



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGON**

61
2ej.

**CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES
EN LA AUTOMATIZACION Y CONTROL DE
PROCESOS INDUSTRIALES.
(CASO:MACHUELADORA PARA VALVULAS DE PRESION.)**

T E S I S
Que para obtener el Título de:
INGENIERO EN COMPUTACION
P r e s e n t a:
NORMA ANGELICA ROMERO BADILLO

Enep Aragón México, 1998

**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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCION

NORMA ANGELICA ROMERO BADILLO
P R E S E N T E .

En contestación a la solicitud de fecha 26 de agosto del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que la profesora, Ing. SILVIA VEGA MUYTOY pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado, "CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES EN LA AUTOMATIZACION Y CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES (CASO: MACHUELADORA PARA VALVULAS DE PRESION)", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México., a 28 de agosto de 1997.
EL DIRECTOR,


M en I CLAUDIO G. MERRIFIELD CASTRO



- c c p Jefe de la Unidad Académica.
- c c p Jefatura de Carrera de Ingeniería en Computación.
- c c p Asesor de Tesis.

CCMC/AIR/vr

DEDICATORIA

A MIS PADRES Y HERMANOS

**ERNESTO ROMERO CEDILLO
CELIA BADILLO RODRIGUEZ
ERNESTO ROMERO BADILLO
JAZMIN ROMERO BADILLO**

*POR BRINDARME SU APOYO EN LOS MOMENTOS MAS CRITICOS,
ASI COMO SU CARINO Y COMPRESION DURANTE TODOS ESTOS AÑOS.*

ESPECIALMENTE A TI MADRE

A MIS AMIGOS

**ING FABIOLA CALDERON
ING RAUL CRUZ ARRIETA
ING ERIKA GARCIA ALVARADO
GERARDO OCON VALDEZ**

*PUEDEN DEFINIRSE COMO NAVEGANTES EN EL MAR DE LO
DESCONOCIDO POR MOVERSE DE UN MUNDO A OTRO SIN PERDER
SOBRIEDAD NI FUERZA.*

CARLOS CASTANEDA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al personal de la empresa **Sharader Bellows Parker** especialmente al departamento de automatización por el apoyo y facilidades otorgadas para el desarrollo del presente trabajo de tesis

DEPARTAMENTO DE AUTOMATIZACION
SHARADER BELLOWS PARKER

ING PEDRO AMBRIS SILVA
ING PEDRO GARCIA VILLAGOMEZ
ING MARIO QUIROZ ORTEGA
ING MARTINIANO JIMENEZ CHAVARRIA
ING ALBERTO JIMENEZ RAMIREZ

Por permitirme forma parte de ustedes y por su invaluable ayuda en todo este tiempo.

ING EVER VARGAS JAIME

Por darme la oportunidad desde el primer día de poder colaborar con ustedes.

Por su confianza, amabilidad y experiencia *mi respeto y admiración.*

A la **Universidad Nacional Autónoma de México (U.N.A.M.)** y en particular a la **Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón** por darme la oportunidad de obtener una formación profesional.

263054

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor:

ING SILVIA VEGA MUYTOY

Por brindarme su tiempo y ayuda para la revisión de este proyecto.

De una manera especial agradezco a las siguientes personas que me hicieron favor de revisar mi trabajo:

**ING NARCISO ACEVEDO HERNANDEZ
ING JUAN GASTALDI PEREZ
ING DAVID MOISES TERAN
ING RODRIGO OCON VALDEZ**

A MIS PROFESORES

**ING RODOLFO BUCHAIN ZARAGOZA
ING HECTOR HERNANDEZ GARCIA
ING MARTIN HERNANDEZ HERNANDEZ
ING ENRIQUE HERRERA HIDALGO
ING EMILIO LUIS FLORES LOPEZ
ING FERNANDO FLORES ZAVALA
ING ADRIAN ISLAS ARGUELLO
ING ALEJANDRO LOREZANA
ING RAFAEL MARQUEZ RAMIREZ
MAESTRO EN CIENCIAS LUIS RAMIREZ FLORES
ING JORGE RODRIGEZ LUNA
ING MARIANO SANTANA COLIN**

Por la invaluable ayuda y amistad otorgada durante mi formación académica.

**CONTROLADORES LÓGICOS
PROGRAMABLES EN LA
AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL DE PROCESOS
INDUSTRIALES**

(Caso: Machueledadora para válvulas de presión).

INDICE

INTRODUCCIÓN

| | |
|-------------------|---|
| INTRODUCCIÓN..... | X |
|-------------------|---|

CAPITULO I
FUNDAMENTOS DE SISTEMAS DE CONTROL

| | |
|--|------|
| 1. EL CONTROL..... | I-2 |
| 1.2. LA ELECTRÓNICA..... | I-2 |
| 1.3. SISTEMAS AUTOMÁTICOS..... | I-3 |
| 1.3.1. Maquinas herramienta de control numérico (nc)..... | I-3 |
| 1.3.2. Controladores programables..... | I-4 |
| 1.3.3. Almacenamiento automático y sistemas de recuperación..... | I-4 |
| 1.3.4. Robots..... | I-4 |
| 1.3.5. Sistemas de fabricación flexibles..... | I-4 |
| 1.4. CLASES DE PROCESOS..... | I-5 |
| 1.4.1. Procesos continuos..... | I-5 |
| 1.4.2. Procesos discontinuos..... | I-6 |
| 1.4.3. Fabricación de piezas discretas..... | I-7 |
| 1.5. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE CONTROL..... | I-7 |
| 1.5.1. Sensores..... | I-8 |
| 1.5.2. Entradas externas..... | I-8 |
| 1.5.3. Preparación de la señal..... | I-9 |
| 1.5.4. Dispositivos de actuación..... | I-9 |
| 1.5.5. Salidas externas..... | I-9 |
| 1.6. CONTROLADOR..... | I-10 |
| 1.7. TIPOS DE SEÑALES EN LOS SISTEMA DE CONTROL..... | I-11 |
| 1.7.1. Señales analógicas..... | I-11 |

| | |
|---|------|
| 1 7 2. Señales digitales | I-12 |
| 1. 8. ESTRUCTURAS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL..... | I-14 |
| 1. 8. 1. Sistema en lazo abierto | I-14 |
| 1. 8. 2. Sistema en lazo cerrado | I-15 |
| 1. 9. TEORÍA Y FUNDAMENTOS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL..... | I-17 |
| 1 9. 1. El transitorio en la respuesta. | I-17 |
| 1. 9. 2. Error del estado estacionario | I-18 |
| 1. 9. 3. Estabilidad. | I-18 |
| 1 9. 4. Sensibilidad | I-18 |
| 1 10 TIPOS DE SISTEMAS | I-19 |
| 10. 1. Tipo 0. | I-19 |
| 10. 2. Tipo 1. | I-20 |
| 10 3 Tipo 2..... | I-21 |
| 1. 11. TIPOS DE CONTROLADORES..... | I-22 |
| 11. 1. Controlador de dos posiciones encendido y apagado..... | I-24 |
| 11 2 Controlador proporcional..... | I-26 |
| 11. 3 Cotrolador integral..... | I-27 |
| 11. 4. Controlador proporcional integral | I-28 |
| 11 5 Controlador proporcional derivativo..... | I-29 |
| 11. 6. Controlador proporcional integral derivativo..... | I-31 |

CAPITULO II
HARDWARE UTILIZADO EN LOS SISTEMAS DE CONTROL

| | |
|---|------|
| 2 COMPONENTES BÁSICOS..... | II-2 |
| 2. 1. Controladores..... | II-2 |
| 2. 2 Tipos de controladores..... | II-4 |
| 2. 2 1. Controlador secuencial..... | II-4 |
| 2. 2. 2 Controladores de procesos | II-4 |
| 2. 3. SENSORES..... | II-7 |
| 2 3. 1. Sensor de temperatura..... | II-7 |
| 2. 3. 2. Sensores de presión | II-8 |
| 2. 3. 3. Sensores de flujo..... | II-8 |

| | |
|---|-------|
| 2. 4. DISPOSITIVOS DE ACTUACIÓN..... | II-9 |
| 2. 4. 1. Solenoide..... | II-9 |
| 2. 4. 2. Relé..... | II-11 |
| 2. 4. 3. Motores eléctricos..... | II-11 |
| 2. 5. CONTROL DE POTENCIA FLUIDA..... | II-16 |
| 2. 5. 1. Definición de potencia..... | II-16 |
| 2. 5. 2. Ventajas de un sistema de potencia fluida..... | II-17 |
| 2. 5. 3. Diferentes tipos de control..... | II-17 |
| 2. 6. TIPOS DE VÁLVULAS..... | II-18 |
| 2. 6. 1. Válvulas de control direccional..... | II-18 |
| 2. 6. 2. Válvulas de control de presión..... | II-18 |
| 2. 6. 3. Válvulas de reguladoras de flujo..... | II-19 |
| 2. 6. 4. Válvulas controladoras direccionales..... | II-20 |

CAPITULO III
EL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

| | |
|--|-------|
| 3. CONTROLADOR PROGRAMABLE..... | III-3 |
| 3. 1. INTRODUCCIÓN AL CONTROL PROGRAMABLE..... | III-3 |
| 3. 2. ¿QUE ES UNCONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE?..... | III-3 |
| 3. 3. CARACTERÍSTICAS MAS SOBRESALIENTES..... | III-4 |
| 3. 4. PROPÓSITO DE UN PLC..... | III-5 |
| 3. 5. TIPOS DE ENTRADAS..... | III-5 |
| 3. 6. TIPOS DE SALIDAS..... | III-6 |
| 3. 7. CONFIGURACIÓN..... | III-8 |
| 3. 7. 1. Base de operación..... | III-9 |

| | |
|---|---------------|
| 3 7. 2. Ciclo de operación interno. | III-9 |
| 3. 7. 3. Procesamiento de programa. | III-9 |
| 3 7. 4. Procesamiento de salida. | III-9 |
| 3 7. 5. Tipos de relevadores y tmers. | III-9 |
| 3 8. ALAMBRADO E INSTRUCCIONES. | III-10 |
| 3. 8. 1. Alambrado | III-10 |
| 3 8. 2. Instrucciones y configuración. | III-10 |
| 3. 8 3 Programa y memoria. | III-11 |
| 3 9. PRINCIPALES HERRAMIENTAS DE PROGRAMACIÓN. | III-13 |
| 3 9 1. El panel de programación. | III-13 |
| 3 9 2 Programador gráfico. | III-13 |
| 3. 9. 3. Programa medoc. | III-14. |
| 3. 10. VENTAJAS DE UTILIZAR UN PLC | III-15 |
| 3. 10. 1. Beneficios de un PLC. | III-15 |
| 3 10. 2. Comparación entre un control tradicional y un control por relevadores. . . | III-16 |
| 3. 11 FORMATO DE INSTRUCCIÓN | III-17 |
| 3.11 1 Formato basico de datos o instrucciones. | III-17 |
| 3. 12. INTRODUCCIÓN A LAS INSTRUCCIONES BÁSICAS DE SECUENCIA. | III-18 |
| 3. 12. 1. Tipo (según su sintaxis). | III-18 |
| 3. 13 LISTA DE INSTRUCCIONES BÁSICAS. | III-18 |
| 3 . 13. 1. Ld (load) | III-19 |
| 3. 13. 2. Ldi (load inverse) | III-20 |
| 3 13. 3. Out (out). | III-21 |
| 3. 13. 4 And (and). | III-22 |
| 3. 13. 5. Ani (and inverse) | III-23 |
| 3. 13. 6. Or(or). | III-24 |
| 3. 13. 7. Ori (orinverse). | III-25 |
| 3. 12. 8 Amb (and block). | III-26 |
| 3. 13. 9. Timers | III-27 |
| 3. 13. 10 Instrucciones inernas. | III-28 |
| 3 13. 11. Mc (master control) | III-29 |
| 3. 13 12. Mcr (master control reset). | III-29 |
| 3 13. 13. Set. | III-30 |
| 3. 13. 14. Rst (reset). | III-31 |

| | |
|--|--------|
| 3 13 15 Out/rst (contadores y timers) | III-32 |
| 3. 13 16. Pls (leading pulse). | III-33 |
| 3 13. 17. Plf (trailing pulse)... | III-33 |
| 3. 13. 18 Nop (no operation)..... | III-34 |
| 3. 13. 19. End (end) | III-34 |
| | |
| 3 14. FAMILIA FX..... | III-35 |
| | |
| 3. 14. 1. Características principales. | III-35 |
| 3 14. 2 Diseño compacto y flexible | III-35 |
| 3. 14 3. Direccionamiento de hasta 256 i/o's. | III-35 |
| 3. 14. 4 Fácil de instalat | III-36 |
| 3. 14. 5. Equipado con fuente interna de 24 vcd... | III-36 |
| 3. 14 6. Memoria expandible desde 2k hasta 8k pasos de programación... | III-36 |
| 3 14. 7 Software de programación amigable | III-36 |
| 3. 14 8. Programación desde una pc o programador manual | III-37 |
| 3. 14. 9. Módulos especiales..... | III-37 |
| | |
| 3. 15. EL NUEVO FXON MICRO_PLC | III-38 |
| | |
| 3. 15. 1. Características del fxon... | III-38 |
| 3 15. 2 Especificaciones | III-38 |

CAPITULO IV MACHUELADORA PARA VÁLVULAS DE PRESIÓN

| | |
|---|-------|
| 4 APLICACIÓN | IV-2 |
| | |
| 4 1. ESTUDIO TECNO-ECONOMICO..... | IV-3 |
| 4 1. 1 Análisis del proceso | IV-3 |
| 4 1. 2. Verificación de requerimiento de entradas y salidas | IV-3 |
| 4. 1 3. Funciones a realizar... | IV-7 |
| 4. 1 4. Asignación de los dispositivos de entrada y salida..... | IV-14 |
| 4. 1. 5. Levantamiento y cotización. | IV-16 |
| | |
| 4 2. PROGRAMACIÓN... | IV-18 |
| | |
| 4. 2. 1 Diagrama de flujo... | IV-18 |
| 4. 2. 2 Pasos de instrucción | IV-18 |
| 4 2. 3. Codificación (diagrama de escalera). | IV-18 |
| | |
| 4 3. ALAMBRADO GABINETE | IV-18 |
| | |
| 4. 4. CONDICIONES DE OPERACIÓN. | IV-18 |

| | |
|--|-------|
| 4. 4. 1 Medio ambiente..... | IV-18 |
| 4. 4. 2. Ergonomia..... | IV-18 |
| 4 5. COMENTARIOS..... | IV-20 |
| 4 5 1. Necesidades y problemas a los que se enfrenta el área de donde se realizo la practica | IV-19 |
| 4 5. 2 Alcances de los proyectos realizados | IV-19 |

CAPITULO V

| | |
|-------------------------------------|-----|
| 5 CONCLUSIONES RECOMENDACIONES..... | V-2 |
| 5 1 CONCLUSIONES PARTICULARES..... | V-3 |
| 5 2. TRABAJOS FUTUROS | V-4 |
| GLOSARIO.. | G-1 |
| BIBLIOGRAFÍA. | B-1 |

ANEXOS

| | |
|---------------------------------|------|
| Diagrama de flujo..... | A-1 |
| Instrucciones del programa..... | A-4 |
| Diagrama de escalera..... | A-9 |
| Alambrado del gabinete..... | A-24 |
| Control hidráulico.. | A-26 |

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 1

| | |
|--|------|
| 1 1. Proceso continuo de aplanamiento de laminas de acero | I-5 |
| 1 2. Proceso discontinuo en la fabricación de café..... | I-6 |
| 1 3. Sistema general de control. | I-10 |
| 1 4. Controlador lógico programable | I-8 |
| 1 5. Sistema de control para abrir una puerta | I-11 |
| 1 6. Señal senoidal | I-12 |
| 1 7. Señal digital | I-13 |
| 1 8. El diagrama de bloque de un sistema de control general..... | I-14 |
| 1 9. Sistema de control de lazo abierto..... | I-15 |
| 1 10. Sistema de lazo cerrado..... | I-15 |
| 1 11. Sistema de llenado de un recipiente | I-16 |
| 1 12. Tipos de respuesta transitoria..... | I-18 |
| 1 13. Sistema tipo 0..... | I-19 |
| 1 14. Sistema tipo 1. | I-20 |
| 1 15. Sistema tipo 2..... | I-21 |
| 1 16. Diagrama a bloques de un sistema de control industrial..... | I-23 |
| 1 17. Diagrama a bloques de un sistema si-no | I-25 |
| 1 18. Sistema de control de nivel de líquidos. | I-25 |
| 1 19. Nivel de $h(t)$ de la función t | I-26 |
| 1 20. Diagrama a bloques de un controlador proporcional. | I-26 |
| 1 21. Diagrama a bloques de un controlador integral. | I-27 |
| 1 22. Diagrama a bloques de un controlador proporcional integral | I-28 |
| 1 23. Diagrama a bloques de un controlador proporcional derivativo | I-30 |
| 1 24. Diagrama a bloques de un controlador proporcional integral derivativo..... | I-31 |

CAPITULO 2

| | |
|---|-------|
| 2 1. Esquema del hardware de control..... | II-3 |
| 2 2. Control del calor mediante ciclo limite..... | II-5 |
| 2 3. Control proporcional de calor | II-6 |
| 2 4. Solenoide..... | II-10 |
| 2 5. Funcionamiento de un motor de cc de dos polos..... | II-12 |
| 2 6. Funcionamiento de un motor sincrónico | II-13 |
| 2 7. funcionamiento de un motor sincrónico CA | II-15 |
| 2 8. Válvula direccional de cuatro vías. | II-20 |
| 2 9. Válvulas direccionales de cuatro vías en un circuito | II-21 |

CAPITULO 3

| | |
|--|--------|
| 3. 1. Ensamble automatizado de televisiones..... | III-5 |
| 3. 2. Etapa de entrada de un plc fx16..... | III-6 |
| 3. 3. Etapa de salida de un plc fx 16..... | III-7 |
| 3. 4. Controlador programable es una minicomputadora industrial..... | III-8 |
| 3. 5. Alambrado de un plc dentro de su gabinete de control en un proceso industrial .. | III-10 |
| 3. 6. Software medoc utilizado para la programación del plc mitsubishi..... | III-11 |
| 3. 7. Memoria ram..... | III-11 |
| 3. 8. Memoria eprom..... | III-12 |
| 3. 9. Memoria eeprom..... | III-12 |
| 3. 10. Software medoc..... | III-13 |
| 3. 11. Software medoc .. | III-14 |
| 3. 12. Alambrado de gabinetes de control para un proceso industrial. | III-15 |
| 3. 13. Diagrama de conversión binario a octal | III-17 |

CAPITULO 4

| | |
|---|-------|
| 4. 1. Botón verde con foco de encendido y apagado. | IV-4 |
| 4. 2. Un botones hongos rojos. | IV-4 |
| 4. 3. Un botón hongo negro..... | IV-4 |
| 4. 4. Un botón rasante rojo..... | IV-4 |
| 4. 4. Un botón rasante azul..... | IV-4 |
| 4. 5. Un selector de tres posiciones..... | IV-4 |
| 4. 6. Diez microswitch | IV-5 |
| 4. 7. El thumbwheel. | IV-5 |
| 4. 8. Un contactor para arranque de la bomba de aceite hidráulico..... | IV-6 |
| 4. 9. Un contactor para distribuir el soluble (refrigerante) | IV-6 |
| 4. 10. Cinco válvulas hidráulicas de doble solenoide, cuatro vías, tres posiciones..... | IV-6 |
| 4. 11. Una válvula neumática de doble solenoide, cuatro vías, tres posiciones..... | IV-6 |
| 4. 12. El botón verde de encendido del motor..... | IV-8 |
| 4. 13. Botón verde de encendido del soluble | IV-8 |
| 4. 14. Selector de tres posiciones (tiro sencillo) | IV-8 |
| 4. 15. Botón hongo negro lado izquierdo. | IV-8 |
| 4. 16. El pistón neumático | IV-9 |
| 4. 17. El botón hongo negro lado derecho..... | IV-8 |
| 4. 18. 5 pistones hidráulicos | IV-9 |
| 4. 19. Microswitch..... | IV-9 |
| 4. 20. Botón hongo rojo..... | IV-8 |
| 4. 21. Los pistones 0, 1, 3 hidráulicos..... | IV-11 |
| 4. 22. Thumbweel..... | IV-11 |
| 4. 23. El botón rasante color azul..... | IV-12 |
| 4. 24. El botón rasante color rojo..... | IV-12 |
| 4. 25. La pieza para válvulas de presión..... | IV-12 |
| 4. 26. Diagrama esquemático de una machueladora..... | IV-13 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|--------|
| 2 1 Comparación entre un sistema neumático y un hidráulico ... | II-16 |
| 3 1 Comparación entre un control tradicional por relevadores y un control lógico programable | II-16 |
| 3 2 Módulos base | III-35 |
| 3 3 Elementos básicos de software.. .. | III-36 |
| 3 4 Especificaciones del FXon | III-38 |
| 3 5 Unidades Base | III-39 |
| 3 6 Bloques de extensión | III-39 |
| 3 7 Unidades de extensión | III-39 |
| 3 8 Módulos especiales | III-40 |
| 4 1 Valores para seleccionar pistones con el thumbweel | IV-10 |
| 4 2 Entradas y salidas que conectan al plc..... | IV-16 |
| 4 3 Requisición. | IV-17 |

INTRODUCCIÓN

Como consecuencia del gran desarrollo tecnológico, así como su aplicación a las diferentes alternativas de producción, la gran demanda de productos y la alta competitividad en el mercado en lo referente a calidad, tiempo de entrega, etc.; han originado otra forma de producción como lo es la Automatización.

El presente proyecto se ha elaborado con base a los trabajos realizados en una empresa líder en Automatización (**SCHRADER BELLOWS PARKER**) en la que por medio del Departamento de Automatización, se efectúan proyectos de automatización de procesos productivos; los cuales inician con la visitas realizadas a las diferentes plantas donde se ha contratado el servicio de Ingeniería y la aplicación de la misma a cada uno de sus requerimientos particulares, así como los seminarios impartidos por la misma sobre estos sistemas, y en particular sobre el Controlador Lógico programable (**PLC MITSUBISHI**).

Este proyecto tiene la finalidad de introducir a toda persona ya sea empresario, estudiante etc., al conocimiento del *control automático de procesos industriales*; y destacar las grandes ventajas que esto proporciona, con el fin de incrementar la productividad y el nivel de competitividad de las industrias manufactureras.

OBJETIVOS GENERALES

- El objetivo principal de realizar este proyecto es el de conocer los dispositivos de control existentes para la automatización de los procesos industriales y en especial analizar el papel del Controlador Lógico Programable (PLC) dentro de esta área..

- Brindar una alternativa de producción a cada empresa que solicita el servicio y equipo, que si bien, no es muy conocida resulta muy provechosa al disminuir los costos de producción, los accidentes laborales y ayuda a generar una calidad uniforme en los productos.

OBJETIVO PARTICULAR

Automatizar el proceso de una machueladora de válvulas de presión a través de un Controlador Lógico Programable (PLC) marca Mitsubishi.

JUSTIFICACIÓN

Aunque la mayoría de los industriales son conscientes de las ventajas que conlleva la automatización de sus procesos productivos e información, la implantación de estas tareas no es fácil. Esto debido a que muchas veces no existe la suficiente información acerca de la forma adecuada en la que debe realizarse el proceso de automatización, y en muchos casos tampoco existe suficiente capacitación hacia personas (ingenieros) que puedan proponer las soluciones más óptimas para algún proceso en particular.

De esta forma el presente trabajo se lleva a cabo dentro de una empresa líder en el campo de la Automatización (**SCHRADER BELLOWS PARKER**), con el objeto de brindar un contenido que sirva como herramienta para que cualquier persona que no conozca sobre el tema, pueda llegar a adquirir los conocimientos básicos necesarios para poder entender la lógica general que se debe llevar al manejar y programar un controlador lógico programable (PLC), mencionando sus ventajas y limitaciones, sin importar el tipo de PLC usado ni su marca.

Particularmente, existía el problema de una Machueladora para reguladores de presión, la cual funciona con una *serie de relevadores y contactores* que hacían funcionar 5 cilindros hidráulicos, los cuales al avanzar hacían las roscas necesarias del regulador de presión; y un cilindro neumático que las sujetaba durante el proceso de perforación. Al observar que estos dispositivos presentaban desventajas en lo referente a su tiempo de vida y costo principalmente, se sugirió la implementación de un PLC por tratarse de un dispositivo que ocasionaría menor problema y con el cual podría darse al proceso la opción de ser Automático o Manual. Dicho sistema es un típico ejemplo de un sistema automático y muestra claramente las ventajas de la aplicación de un "Control Lógico Programable" sobre el uso de un control tradicional por medio de " Relevadores" electromecánicos.

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

En el presente trabajo, en el **Capítulo uno** se analizan los conceptos básicos en los que se basa la teoría de control; dando una introducción a los tipos básicos de dispositivos y sistemas electrónicos de control así como los fundamentos de control industrial, clases de procesos que se van a controlar, tipos de sistemas y los métodos de que se disponen para la realización de las funciones de control y de los componentes y señales presentes habitualmente en los sistema de control. También se mencionan las definiciones de *lazo cerrado* y *lazo abierto* y sus características principales.

En el **Segundo capítulo** se describirá el *hardware* habitualmente utilizado en el diseño de sistemas de control. Este puede dividirse básicamente en cuatro partes fundamentalmente, el controlador, los sensores, los dispositivos de actuación o actuadores y los mandos.

En el **Tercer capítulo** se presenta una breve semblanza acerca del Controlador Lógico Programable (PLC), comenzando por una pequeña introducción acerca de su funcionamiento, para posteriormente mostrar una aplicación, mediante las diferentes formas

de programación que se utilizan para estos dispositivos; como lo son los **MNEMÓNICOS Y LOS DIAGRAMAS DE ESCALERA**.

En el **Cuarto capítulo** se presenta un ejemplo de un control industrial real en donde se aplican prácticamente todos los conceptos mencionados anteriormente.

El **Quinto capítulo** se presenta conclusiones del trabajo y se exponen brevemente las tendencias que se supone seguirá la automatización en un futuro, tanto a nivel Mundial como Nacional.

En la última parte se presentan todos los anexos e información extra relacionada con el proyecto.

Cabe aclarar que gran parte de la información fue recabada durante la estancia dentro de la empresa **SCHRADER BELLOWS PARKER (SBP)**, y corresponde en su mayoría a los seminarios impartidos por la misma, que a su vez son elaborados en base a manuales, folletos, y experiencia propia acerca del uso y aplicación del Controlador Lógico Programable (PLC).

HAZLO O NO
LO HAGAS NO
EXISTE EL
TRATAR

YODA

CAPITULO I

Fundamentos de Sistemas de Control

I. FUNDAMENTOS DE SISTEMAS DE CONTROL

1. EL CONTROL

El control de sistemas automatizados depende de la capacidad de las máquinas para comparar, supervisar y hacer los ajustes necesarios para la consecución de un determinado producto, con escasa o ninguna ayuda humana. A su vez, la capacidad para controlar depende usualmente de las posibilidades que existan para monitorear o medir variables durante el proceso de modo que pueda asegurarse que el producto final es exactamente como se desea. Y esto depende, también a su vez, de la capacidad que exista para comparar el producto real con el que se desea y de realizar en el proceso los ajustes necesarios, si el error rebasa un umbral previamente determinado. Un sistema con todas estas capacidades es lo que se denomina un sistema de control.

1. 2. LA ELECTRÓNICA

Las entradas del sistema de control consisten en sensores capaces de medir el estado de las *variables más importantes del proceso*, pero el auténtico núcleo del sistema es el controlador electrónico. La mayor parte de los sistemas automáticos que existen han sido posibles gracias a los recientes avances en la electrónica.

Los dispositivos electrónicos de control constituyen el núcleo de cualquier sistema automático. Hoy en día la clave de una automatización con éxito y una fabricación competitiva, radica en la utilización de electrónica de alta tecnología, que proporcione un sistema flexible de fabricación por medio de "sistemas electrónicos programables". La revolución en la electrónica de alta tecnología, a permitido a las compañías el diseño de sistemas automáticos complejos y flexibles, de forma rápida y barata.

El conjunto de instrucciones (denominado programa) que controla el funcionamiento del ordenador, esta organizado expresamente para la aplicación. La modificación del programa residente en el chip puede requerir apenas de quince minutos. Por supuesto, la reescritura de dicho programa, antes de introducirlo en el chip de la memoria, puede llevar cierto tiempo; de todas formas, el costo de la operación es muy inferior al que supondría el volver a configurar la máquina.

1. 3. SISTEMAS AUTOMÁTICOS

La aplicación de la automatización electrónica a los procesos industriales ha dado como resultado varios tipos de sistemas automáticos. Estos tipos pueden clasificarse de la forma siguiente:

1. Máquinas herramienta de control numérico.
2. Controladores programables.
3. Sistemas de almacenamiento y recuperación automáticos.
4. Robótica.
5. Sistemas de fabricación flexibles.

Cada uno de estos tipos se describe brevemente a continuación:

1. 3. 1. MAQUINAS HERRAMIENTA DE CONTROL NUMÉRICO (NC)

El primer tipo de sistemas automáticos está formado por las máquinas herramientas de control numérico. Una máquina herramienta es una herramienta (o un conjunto de ellas) movida por energía eléctrica; capaz de eliminar material de una pieza por fresado, modelado, taladrado, afilado, o bien de añadir o insertar nuevas partes a dicha pieza. Este puede controlarse en dos formas:

1. Mediante control continuo de la trayectoria que debe seguir la herramienta, cuando el trabajo sobre la pieza debe ser continuo, o casi continuo.
2. Mediante el control punto a punto de dicha trayectoria cuando el trabajo sobre la pieza debe realizarse únicamente en puntos discretos de la misma.

En cada uno de estos casos es necesario especificar tres coordenadas para posesionar la herramienta en el lugar correcto. Existen programas de ordenador capaces de calcular las coordenadas y de reproducir de forma impresa o en cinta magnética los datos numéricos que se utilizan realmente para el control de la máquina. El aumento que se consigue en la productividad mediante el uso de máquinas NC es de un 300%.

Si en lugar de usar una cinta magnética para controlar la máquina utilizaremos un ordenador dedicado, entonces el sistema se conocería de forma técnica como máquina de control numérico por ordenador (máquina CNC). Esta es capaz de seleccionar entre veinte herramientas diferentes y realizar muchas operaciones complicadas tales como, pulido, roscado de interiores, etc.

Si el ordenador se utiliza para controlar más de una máquina, el sistema se denomina una máquina de control numérico directo (máquina DNC). La ventaja es la capacidad para integrar la producción de varias máquinas en el control general de una cadena de montaje.

La desventaja sería la dependencia de un gran número de máquinas del buen funcionamiento del ordenador.

1. 3. 2. CONTROLADORES PROGRAMABLES.

Los controladores programables son exactamente lo que su nombre implica. Son dispositivos compactos que no sólo son capaces de controlar un proceso o una máquina, sino que también pueden ser programados o reprogramados con rapidez.

Estos dispositivos varían mucho de unos a otros en lo que se refiere a complejidad de las operaciones que son capaces de controlar. Estos pueden ser conectados a un miniordenador o a un microordenador, y funcionar de un modo similar a una máquina DNC, pero teniendo la ventaja de ser más flexibles, económicos, y fáciles de diseñar e instalar.

1. 3. 3. ALMACENAMIENTO AUTOMÁTICO Y SISTEMAS DE RECUPERACIÓN

El almacenamiento y recuperación de objetos de forma automática dispone de un ordenador que controla brazos, elevadores, grúas y transportes similares. En los sistemas automatizados, un ordenador situado en un lugar alejado del almacén puede controlar los elevadores, grúas, etc., y recibir y almacenar los objetos que se inventarían.

1. 3. 4. ROBOTS

Los dispositivos del cuarto tipo consisten habitualmente en aparatos automáticos capaces de realizar movimientos de características similares a los de los seres humanos. Un robot es un dispositivo controlado por ordenador, capaz de moverse en una o más direcciones a la vez, que realiza una secuencia de operaciones dada. Una máquina CNC puede considerarse un robot, pero usualmente la aplicación de dicho término se restringe a aquellos dispositivos que son capaces de realizar movimientos similares a los de los humanos, particularmente a los del brazo y de la mano.

Un robot podría ser la elección adecuada para la realización de una tarea relativamente simple, repetitiva o potencialmente peligrosa para un ser humano.

1. 3. 5. SISTEMAS DE FABRICACIÓN FLEXIBLES

Consisten en una combinación de todo lo expuesto anteriormente. Lo que queda como resultado un sistema de fabricación flexible y potente, válido para todo tipo de industrias. La incorporación de máquinas NC, robots y ordenadores a una cadena de montaje da como resultado un sistema flexible, puesto que pueden realizarse cambios en relativamente tiempos cortos y con poca inversión de dinero.

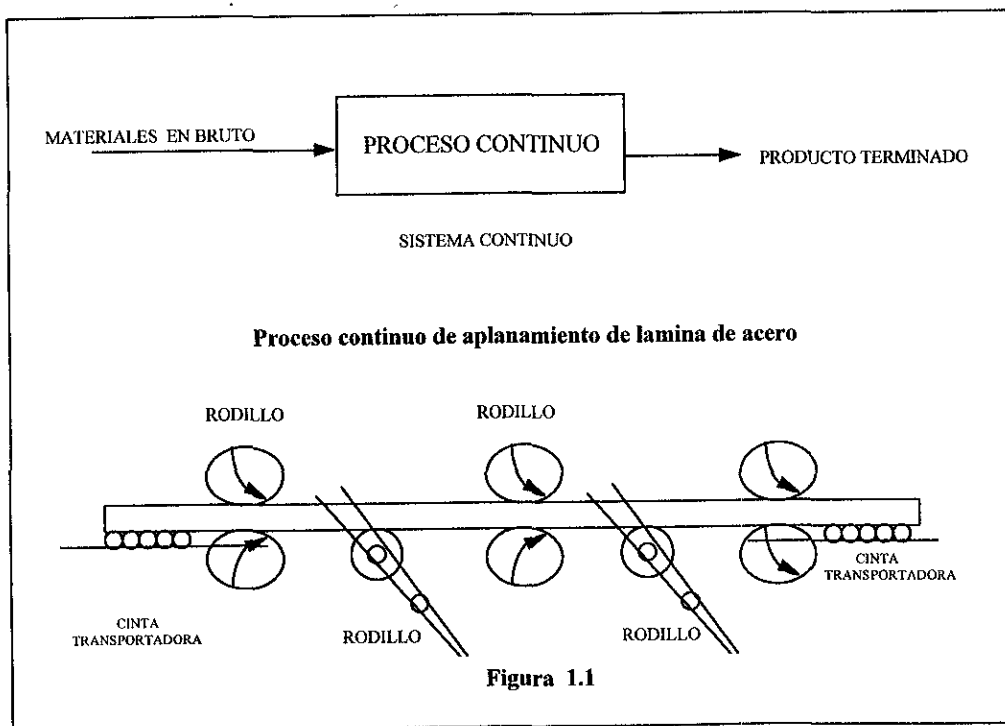
1. 4. CLASES DE PROCESOS

Los procesos tanto industriales como de manufacturación, pueden agruparse en tres áreas generales, en términos de su modo de funcionamiento:

1. Continuos.
2. Discontinuos o por lotes.
3. Discretos.

1. 4. 1. PROCESOS CONTINUOS

En un proceso continuo está constantemente convirtiéndose materia prima en producto acabado, es decir, en este proceso las materias primas están continuamente entrando por un extremo del sistema mientras que por el otro extremo salen continuamente productos acabados. Con la palabra "continuo" queremos decir que el proceso funciona durante un intervalo de tiempo relativamente largo. Este periodo puede medirse en minutos, días o incluso meses según el proceso (Ver figura 1.1).



1. 4. 2. PROCESOS DISCONTINUOS

En este se procesa una cantidad determinada de un material como una unidad a través de todos los pasos que consta su fabricación, completando cada uno de ellos totalmente, antes de hacer pasar la unidad al paso siguiente. Es decir, en un proceso discontinuo o por lotes se recibe en un lote un conjunto de cantidades de cada una de las materias que necesita a la entrada del proceso, y luego se

realizan sobre el lote completo las operaciones necesarias hasta producir un producto acabado completo, o un producto intermedio, listo para procesamientos posteriores (Ver figura 1.2).

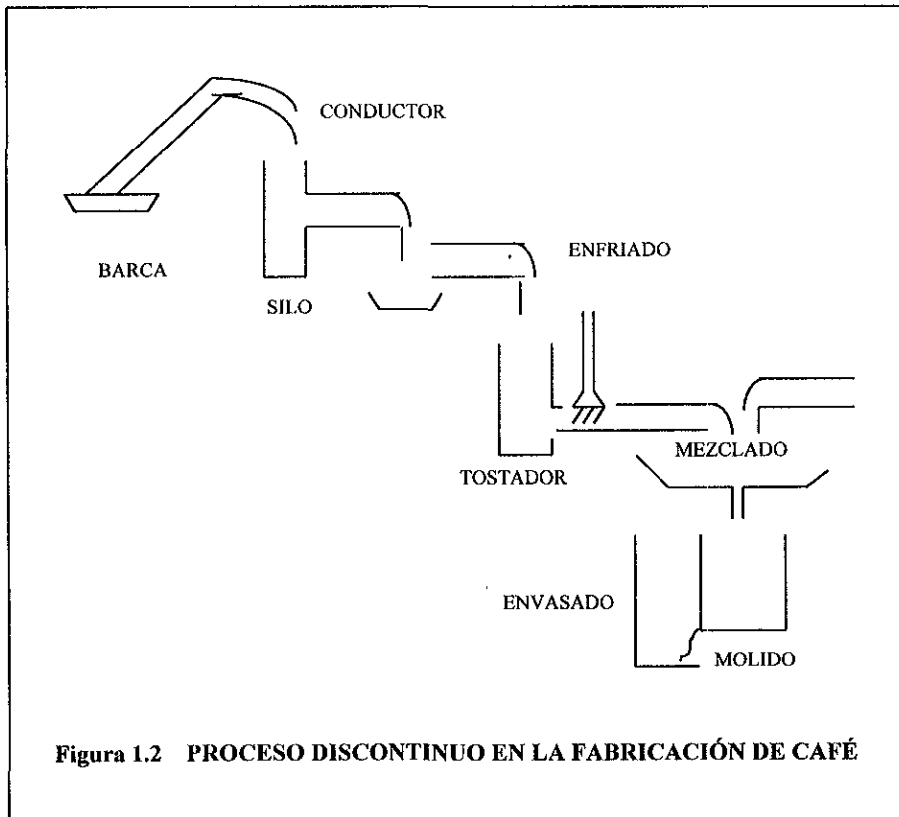


Figura 1.2 PROCESO DISCONTINUO EN LA FABRICACIÓN DE CAFÉ

1. 4. 3. FABRICACIÓN DE PIEZAS DISCRETAS

En el procesamiento en forma discreta, cada objeto que se va a fabricar es procesado en cada etapa de forma separada e individual. Este es el método de procesamiento más común. En este tipo de fabricación el producto de salida se obtiene a través de una serie de operaciones, muchas de ellas con gran similitud entre sí.

1. 5. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE CONTROL

Los componentes de un sistema de control están clasificados según las principales funciones que deben darse en el sistema (Ver figura 1.3).

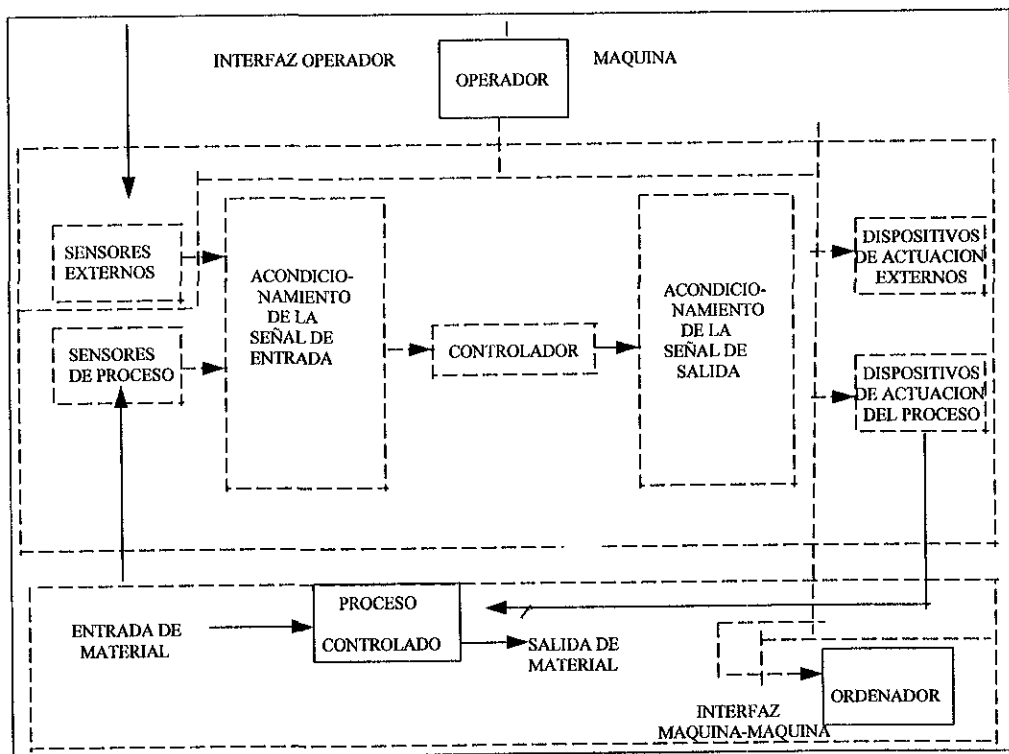


Figura 1.3 SISTEMA GENERAL DE CONTROL

1. 5. 1. SENSORES

Los sensores se utilizan para detectar condiciones físicas y traducir dichas condiciones a señales eléctricas, que se suministran como entradas a un sistema de control. Los sensores son un tipo de traductores que convierten la información física real, como presión, temperatura, tasa de flujo, posición, etc., en señales de tipo eléctrico. Estas señales eléctricas están relacionadas con las variables físicas que representan de un modo conocido, de manera que pueden utilizarse para controlar y supervisar un proceso.

Los sensores suelen clasificarse en función de lo que miden. Por ejemplo en el caso de procesos continuos a menudo es necesario el conocimiento de una o mas de estas magnitudes:

1. Flujo.
2. Temperatura.
3. Presión.
4. Velocidad.
5. Aceleración.

Para el caso de procesos discontinuos, puede ser necesario tener información acerca de otras variables como son:

1. Nivel.
2. Composición
3. Peso
4. Volumen
5. Tensión
6. Compresión
7. Posición
8. Dimensión

En el caso de la fabricación por elementos discretos, los sensores utilizados detectan fundamentalmente estados ON/OFF (condiciones que únicamente pueden adoptar dos posibles valores, considerados como on/off, o si /no).

1. 5. 2. ENTRADAS EXTERNAS

Las entradas externas suelen proceder de un ser humano, con el fin de establecer las condiciones de arranque o de alterar el control de un proceso. Puede incluir, así mismo una parada de emergencia, cambio de velocidad del tipo de proceso que se va ejecutar, número de piezas que van a fabricarse, o instrucciones de mezcla de lotes. A menudo se utilizan tipos diversos de interruptores y conmutadores, controles variables y teclados, para permitir entradas procedentes de los operadores humanos. Estas entradas se denominan el interfaz operador-maquina. También pueden medirse determinadas condiciones externas, como la temperatura, presión y humedad del entorno, y ser utilizadas para alterar el proceso de control.

1. 5. 3. PREPARACIÓN DE LA SEÑAL

Las señales de entrada/salida necesitan a menudo ser convertidas a una forma utilizable, amplificadas o filtradas, antes de que pueda accederse a la información que transportan. A menudo sucede que la señal eléctrica producida por el sensor no está en una forma utilizable directamente por el controlador. Una técnica muy común es la amplificación de la señal ya que es posible que esta no tenga la tensión, la intensidad o la amplitud requerida. La otra técnica es el filtrado de la señal, a fin de conseguir la frecuencia deseada y eliminar ruidos externos (actuadores). Cuando se utiliza un controlador a menudo es necesario cambiar la forma de la señal, de una señal continua a una señal representada por niveles digitales, o viceversa.

1. 5. 4. DISPOSITIVOS DE ACTUACIÓN

Los dispositivos de actuación convierten las señales eléctricas de la salida del sistema en acciones físicas. Estos dispositivos también son denominados actuadores, convierten una señal de control eléctrica en una acción física. En el caso de los procesos continuos, estos dispositivos suelen consistir en válvulas de control de flujo, bombas y dispositivos de posicionamiento. En el caso de los procesos por lotes incluyen motores de velocidad variable, frenos y embragues. En cuanto a los procesos de fabricación de piezas discretas, utilizan solenoides, motores paso a paso, conmutadores paso a paso y relés de potencia.

1. 5. 5. SALIDAS EXTERNAS

En este caso corresponderían a medidores, indicadores, pantallas CRT (tubo de rayos catódicos), impresoras timbres de alambres, luces o cualquier otro dispositivo capaz de interactuar con el operador. Las salidas pueden también dirigirse directamente desde el controlador a un ordenador, para el almacenamiento de datos y el análisis de resultados. En este caso se trataría de un interfaz máquina-máquina.

1. 6. CONTROLADOR

El controlador toma las decisiones acerca del funcionamiento del sistema, basándose en las señales de entrada, y genera señales de salida que controlan el funcionamiento de los dispositivos de actuación, los cuales ejecutan de forma física dichas decisiones. Es decir, el controlador es el cerebro del sistema de control. Recibe las entradas procedentes de los sensores y demás dispositivos externos, y realiza cálculos matemáticos y comparaciones lógicas, a fin de decidir lo que debe realizarse a continuación. Luego, genera las señales de salidas correctas dirigidas a los dispositivos de actuación, que ejecutarán dichas decisiones.

El controlador suele estar compuesto por combinaciones de amplificadores, filtros y circuitos digitales, incluyendo dispositivos lógicos y microprocesadores (Ver figura 1.4 y 1.5).

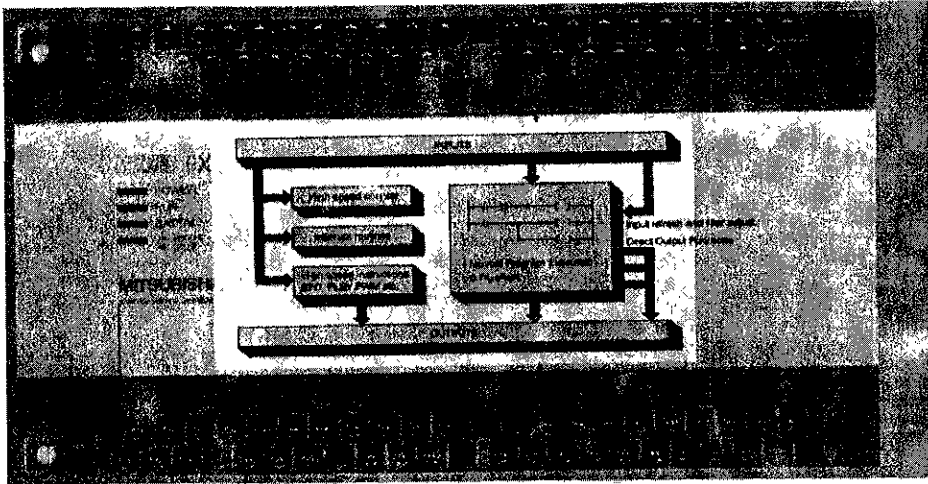


Figura 1.4 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

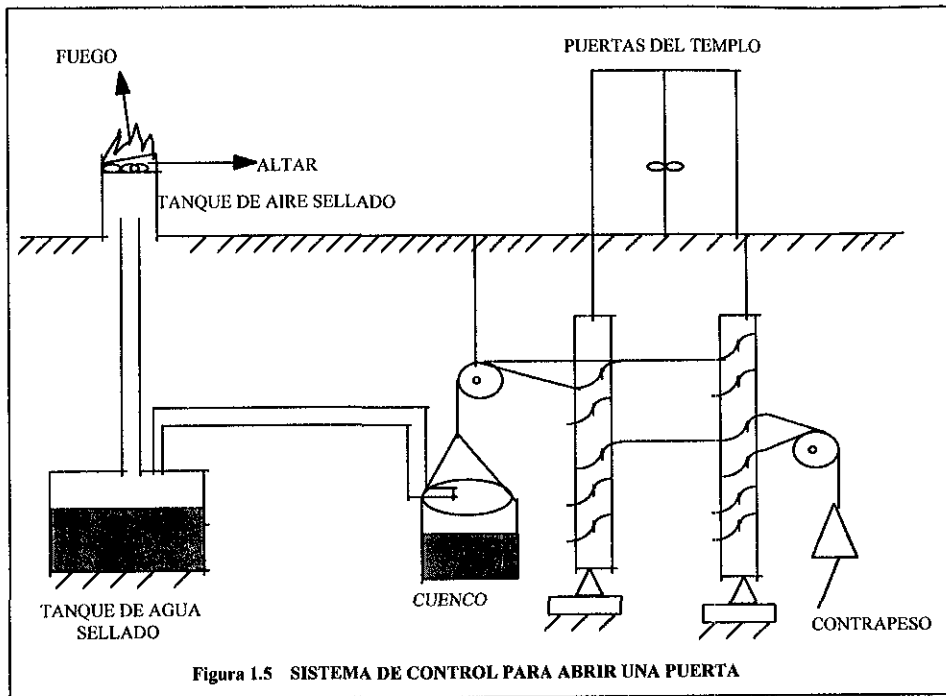


Figura 1.5 SISTEMA DE CONTROL PARA ABRIR UNA PUERTA

1. 7. TIPOS DE SEÑALES EN LOS SISTEMA DE CONTROL

La única clasificación que vamos a realizar de los sistemas de control será entre uno de estos dos tipos: analógicos o digitales. Si las entradas y salidas al controlador son señales continuas, entonces el sistema de control se denomina analógico. Por lo contrario, si dichas entradas y salidas pueden encontrarse únicamente en dos posibles estados, identificados por dos niveles diferentes de tensión o de intensidad, el sistema de control se denomina digital.

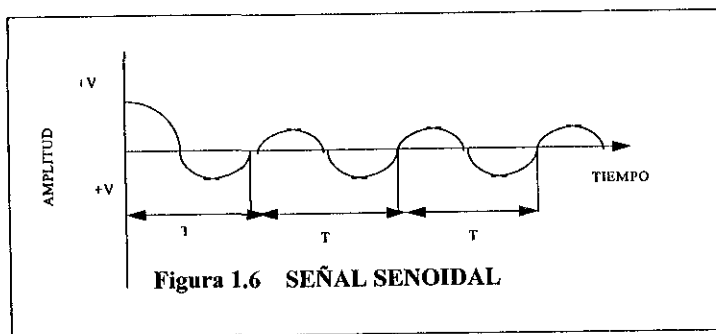
1. 7. 1. SEÑALES ANALÓGICAS

Una señal analógica varía de una forma continua (semejanza a una ola) a lo largo de un período dado de tiempo, y puede tomar un número infinito de valores entre sus límites mínimo y máximo. Habitualmente estas señales varían de forma repetitiva con una frecuencia determinada.

Una señal analógica muy común, denominada senoide u onda senoidal, a causa de la cual su forma ondulada, queda descrita por la función matemática correspondiente al seno. Es lo que se denomina una señal periódica, ya que la forma de la onda se repite cada T segundos. El intervalo de tiempo T, en segundos, es lo que se llama el período de la señal. Si se calcula el inverso del período T (1 dividido por T) se obtiene entonces la frecuencia de la señal, que se representa mediante la letra f. De forma análoga, si se conoce la frecuencia de la señal calculando su inverso puede obtenerse el período. Así pues:

$$f=1/T \text{ y } T=1/f$$

La frecuencia indica cuántas veces se repite la señal por cada segundo, es decir, cuántos ciclos hay por segundo (cps). La unidad de frecuencia es el hercio (Hz), y un hercio equivale a un cps. La señal eléctrica de corriente alterna que se utiliza como toma de tensión en las casas, y a la que se conectan todos los aparatos eléctricos de la misma, es una onda sinusoidal, con una frecuencia de 50 Hz en Europa y de 60 Hz en los Estados Unidos y México. Esto se conoce comúnmente como una señal de C.A. de 50 ó 60 ciclos respectivamente (Ver figura 1.6).



No todas las señales continuas son periódicas, ni todas señales periódicas son sinusoides, pero todas pueden describirse en términos de sinusoides, de acuerdo a la teoría de furier.

1. 7. 2. SEÑALES DIGITALES

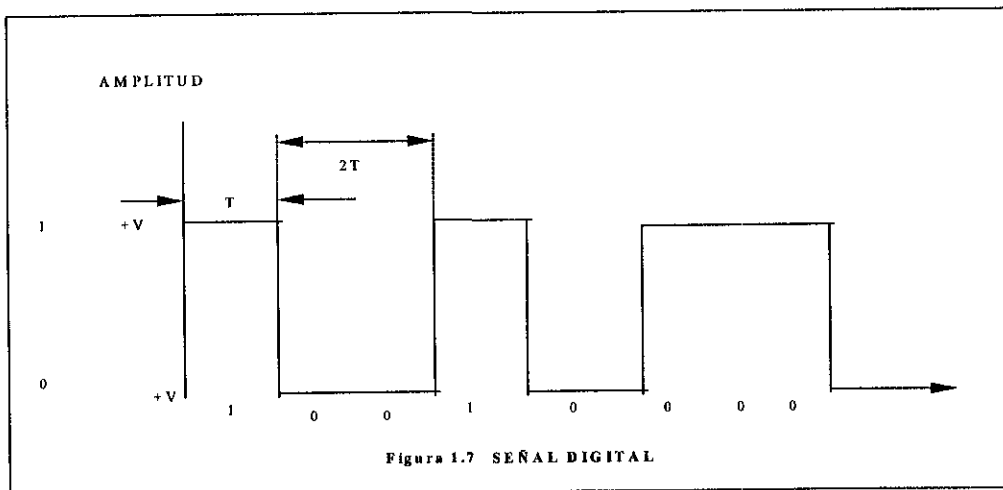
Las señales digitales funcionan de modo binario(únicamente se utilizan dos niveles, 1 y 0). Un agrupamiento de bits representan un código determinado. Podemos representar este tipo de señales de forma numérica, asignando a uno de los valores "1" (alto) y al otro valor "0" (bajo) los dos valores permitidos en el sistema binario de numeración (base 2).

Al igual que las señales analógicas, las señales digitales tienen un período y una frecuencia, pero el período en este caso se mide de manera diferente. El período T es el tiempo durante el cual la señal se encuentra en el nivel correspondiente a un dígito binario (bit).

Este tiempo varía de un sistema a otro, pero, para un sistema completo, deben encontrarse dentro de unos límites especificados. La frecuencia (para la cual se utiliza también el término en inglés "bit rate") es la inversa del período ($1/T$), y se mide en bits por segundo (bps). Puesto que un bit únicamente puede representar dos posibles estados tales como ON/OFF, SI/NO, o A/B.

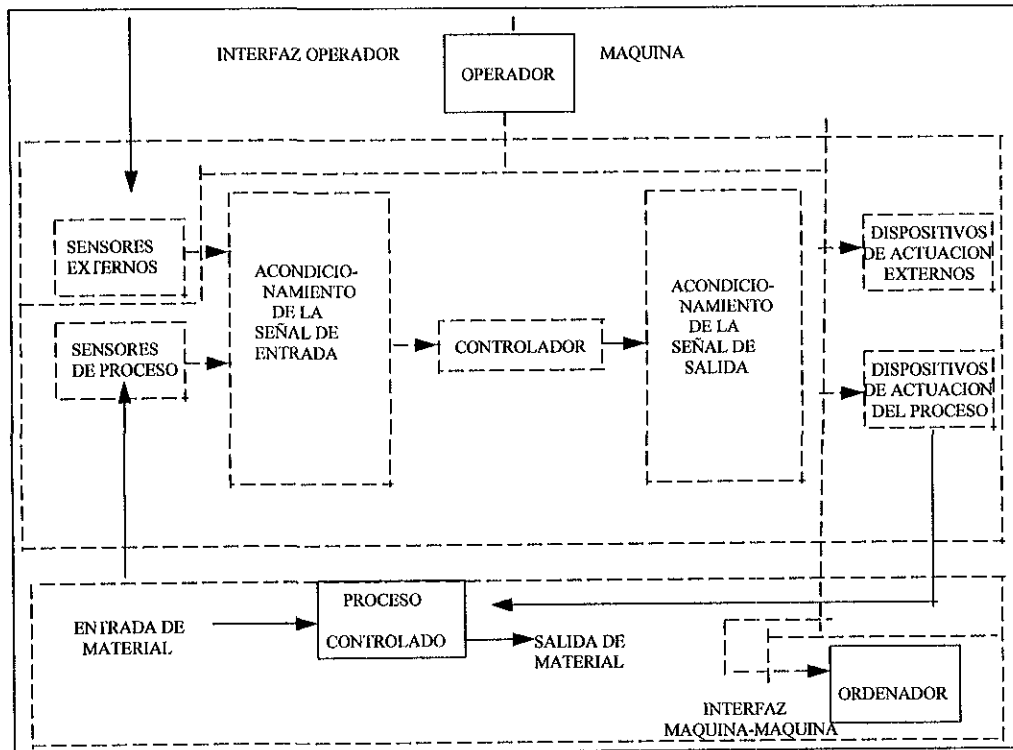
Si los sensores o dispositivos de actuación de un sistema de control generan o hacen uso de señales analógicas, pero, por su parte, el controlador necesita señales digitales, el acondicionamiento o preparación que la señal requiere, para pasar del uno al otro, se denomina conversión analógico-digital, ó, a la inversa, digital-analógico.

Los dispositivos que la realizan se denominan conversores (Ver figura 1.7).



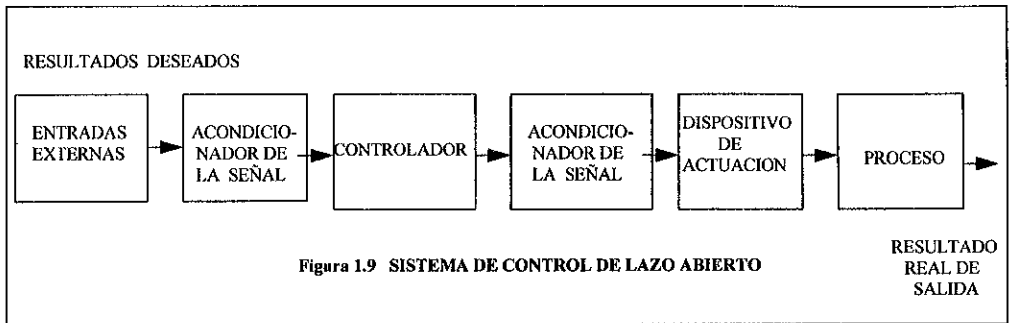
1. 8. ESTRUCTURAS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

En esta figura muestra el diagrama de bloque de un sistema de control general (Ver figura 1.8).



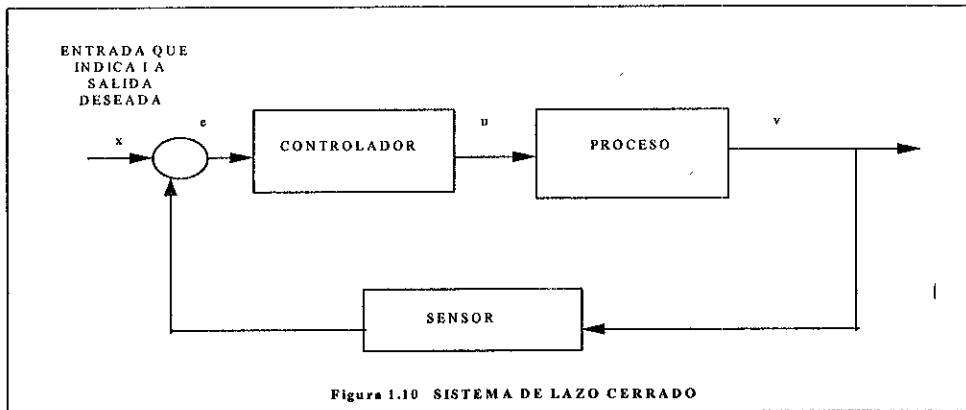
1. 8. 1. SISTEMA EN LAZO ABIERTO

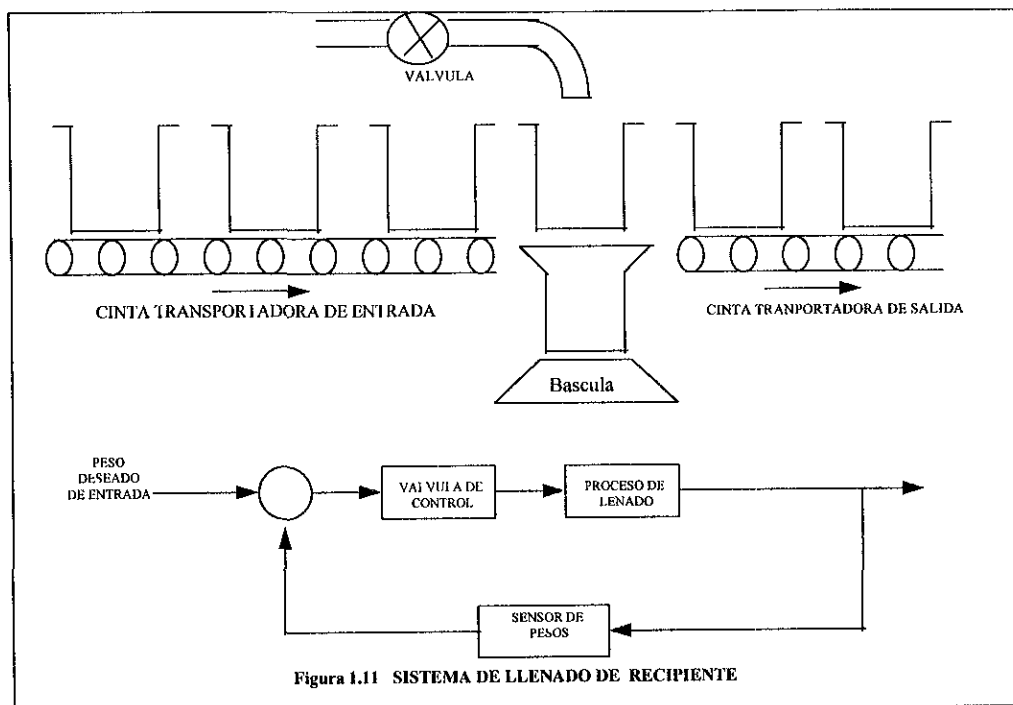
Un sistema de control en lazo abierto no utiliza realimentación a la entrada con información procedente de la salida. Como consecuencia de esto, los estados de las entradas determinan completamente la salida y, dependiendo de la respuesta del sistema, pueden dar como resultado grandes errores en la misma (Ver figura 1.9).



1. 8. 2. SISTEMA EN LAZO CERRADO

En un sistema en lazo cerrado, se realizan continuamente ajustes por parte del sistema de control, hasta que las diferencias entre la salida real y la que se desea se reduce al mínimo (Ver figura 1.10 y 1.11).





La utilización de los sistemas en lazo cerrado no dejan de tener sus inconvenientes, puesto que: Además de ser más complejos y costosos que los sistemas en lazo abierto, son capaces de conducir a la salida hacia una oscilación de amplitud creciente. Un sistema de estas características se dice que es inestable, y si se le permite continuar en este estado acabará por destruirse así mismo.

1. 9. TEORÍA Y FUNDAMENTOS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

El rendimiento de un sistema automatizado se determina midiendo la estabilidad, sensibilidad y rapidez en la respuesta del mismo, además de otros parámetros que afectan igualmente a la salida deseada.

La variable Y que es la salida del proceso, debe equiparar su valor al de la entrada X ; el sistema intentará lograr esto calculando el error $E=(X-Y)$, y generando una señal que envía como entrada al proceso, "u", basada en el valor de "e". El rendimiento del sistema se mide según los siguientes estándares(criterios):

1. La rapidez con la que la variable de salida del proceso, Y , responde a un cambio en la entrada X .
2. El error E entre la señal de entrada X y la variable de proceso, Y , después de un periodo de tiempo.
3. La estabilidad del sistema.
4. La sensibilidad del sistema con respecto a las perturbaciones.

En el caso del control de procesos de sistemas continuos y discontinuos, el control será habitualmente de uno de estos cuatro tipos:

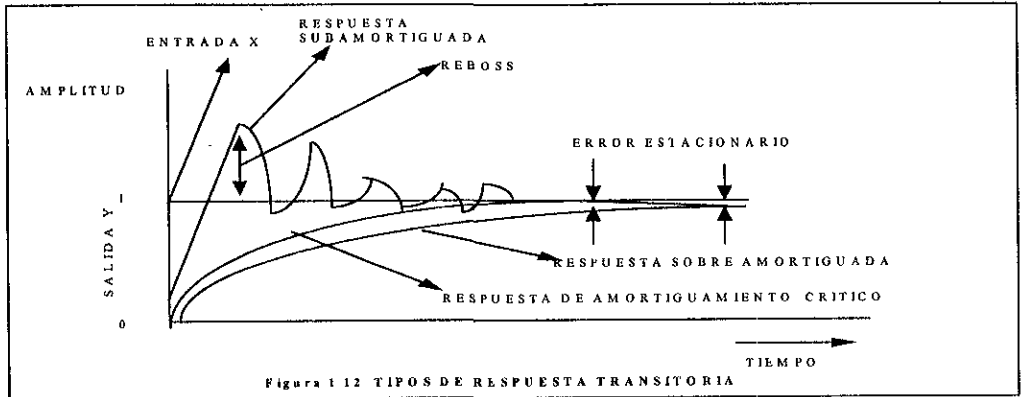
1. Proporcional.
2. Proporcional e integral .
3. Proporcional y derivativo.
4. Proporcional, integral y derivativo(modos triple).

El tipo 1 es el más sencillo y el menos preciso, mientras que el 4 es de gran precisión, pero mucho más complejo, cada uno de ellos se explica brevemente en el punto 9. 1 de este trabajo.

1. 9. 1. EL TRANSITORIO EN LA RESPUESTA

Cuando la entrada X en un sistema de control sufre un cambio brusco, la salida Y , representada en función del tiempo responderá a dicho cambio de un modo determinado que se denomina respuesta en el transitorio o respuesta transitoria. Esta respuesta puede adoptar una de estas tres formas genéricas que se muestran en la **Figura 1.12**.

1. Subamortiguado (oscilaciones en torno al nivel deseado hasta que con el transcurso del tiempo el sistema se estabiliza en el valor deseado).
2. Sobreamortiguado (no llega a rebasarse el valor final, sino que se aproxima lentamente al mismo).
- Crítico (ascenso rápido hasta el nivel deseado sin llegar a superarlo).



1. 9. 2. ERROR DEL ESTADO ESTACIONARIO

Después del período transitorio, la salida Y alcanzará, para una entrada dada X , un valor final estacionario. La diferencia entre la salida final estacionaria y el valor dictado por la entrada es la que se denomina el error del estado estacionario o, simplemente, error estacionario.

1. 9. 3. ESTABILIDAD

Si un sistema se vuelve inestable, puede llegar a dañar de forma considerable a las demás partes del mismo. Si para una entrada o perturbación dada, la respuesta en el transitorio es tal que se alcanza una salida estacionaria, entonces se dice que el sistema es estable. Si el sistema es inestable, la salida seguirá aumentando ilimitadamente hasta que el sistema acabe por autodestruirse; a no ser que se incluyan circuitos de seguridad capaces de parar el sistema.

1. 9. 4. SENSIBILIDAD

La sensibilidad de un sistema es la relación entre el porcentaje de variación de la salida y el porcentaje de variación de las entradas del sistema. Estas entradas pueden ser tanto las normales como perturbaciones no deseadas. Por otra parte, los parámetros del proceso pueden variar debido al envejecimiento, al entorno, o a una calibración incorrecta. Los sistemas en lazo cerrado son mucho menos sensibles a estos cambios que los de lazo abierto, ya que aquellos mantienen la salida bajo control continuo y pueden compensar dichos cambios. Cuando es necesario utilizar sistemas en lazo abierto de mucha precisión (con bajo error estacionario), es necesario seleccionar los componentes del sistema muy cuidadosamente y debido a esto, el costo del mismo se eleva.

1. 10. TIPOS DE SISTEMAS

Los tres tipos de sistemas que vamos a discutir son los siguientes :

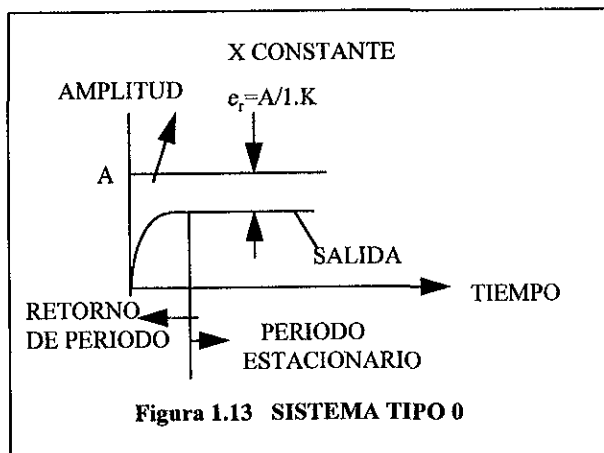
- * Tipo 0: Una señal de entrada X constante da como resultado un valor constante (posición constante) para la variable de salida que se esta controlando, Y.
- * Tipo 1: Una señal de entrada X constante da como resultado un ritmo de variación constante (velocidad constante) para la variable de salida Y.
- * Tipo 2: Una señal de entrada X da como resultado una aceleración constante para la variable de salida Y.

El tipo de sistema queda determinado cuando se considera conjuntamente el controlador y el proceso.

1. 10. 1. TIPO 0

En la siguiente **Figura 1.13** puede verse un sistema de tipo 0, con una entrada tipo escalón. Si el sistema tiene una ganancia K, el error estacionario e_r correspondiente a este tipo de entrada, suponiendo a un salto de la misma a un valor A es:

$$e_r = A/1 + k$$

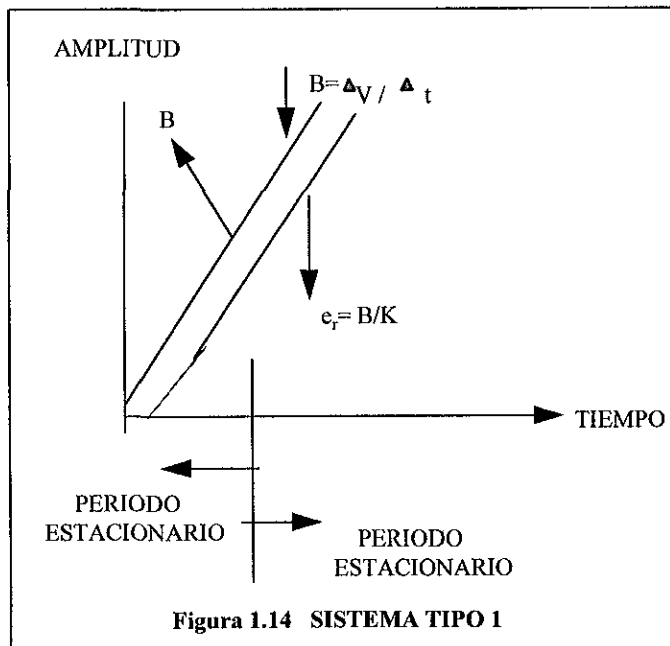


1. 10. 2. TIPO 1

El error estacionario de un sistema de tipo 1, frente a un escalón de entrada, es nulo. Sin embargo, no lo es el que se obtiene cuando la entrada es lo que denominamos una rampa de pendiente B . Si K sigue siendo la ganancia del sistema, el error estacionario sería :

$$e_r = b/k$$

Como antes, un aumento de k hace disminuir el error estacionario. Un sistema de tipo 1 no puede seguir a una entrada con forma de aceleración; si esta se presenta, el error estacionario crece indefinidamente. La salida de un sistema del tipo 1 varía al mismo ritmo al que lo hace la entrada en un error constante (Ver figura 1.14).



1. 10. 3. TIPO 2

Un sistema de tipo 2 tiene un error estacionario nulo, tanto para entradas en forma de escalón como de rampa (entrada de tipo posición y velocidad). Si la entrada es una aceleración de valor C , entonces el error estacionario e_r , se calcula mediante.

$$e_r = c/k$$

Nuevamente un aumento de K hace disminuir el error estacionario, aunque influye también negativamente en la estabilidad del sistema.

La salida de un sistema de tipo 2 tiene una aceleración idéntica a la de la entrada, pero su valor difiere de esta última en un error constante (Ver figura 1.15).

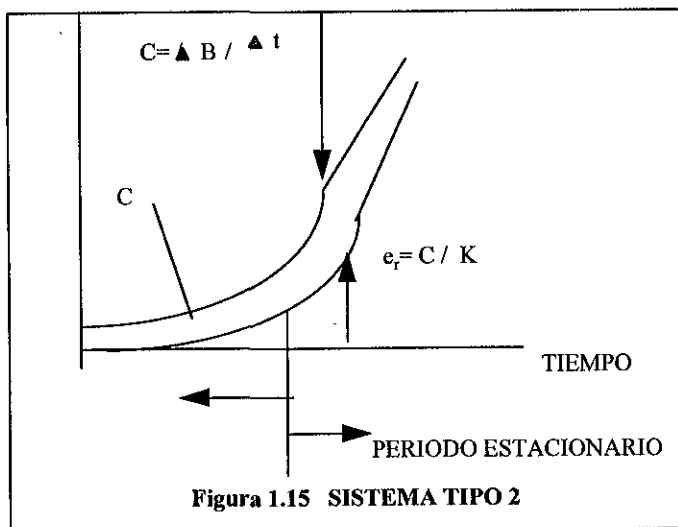


Figura 1.15 SISTEMA TIPO 2

A continuación vamos a examinar los diferentes tipos de controladores que se puede utilizar para mejorar la respuesta de los sistemas .

1. 11. TIPOS DE CONTROLADORES

En esta sección se analizará en detalle las acciones básicas de control utilizadas en los controladores industriales analógicos. Se principiará con la clasificación de los controles analógicos industriales.

Los controladores industriales analógicos, se pueden clasificar de acuerdo con sus acciones de control, de la siguiente forma:^[1]

1. Controladores de dos posiciones, o intermitente (encendido-apagado)
2. Controladores proporcionales
3. Controladores integrales
4. Controladores proporcional - integral
5. Controladores tipo proporcional - derivativo
6. Controladores tipo proporcional - integral - derivativo

La mayoría de los controladores analógicos industriales utilizan electricidad o algún fluido, como aceite o presión a modo de fuentes de potencia. Los controladores analógicos también se pueden clasificar según el tipo de potencia que utilizan en su operación, como neumáticos, hidráulicos o electrónicos.

La clase de controlador a usar se decidirá en base a la naturaleza de la planta y las condiciones de operación, incluyendo consideraciones tales como seguridad, costo, disponibilidad, confiabilidad, exactitud, peso y tamaño.

* CONTROLADOR AUTOMÁTICO ACTUADOR Y SENSOR (ELEMENTO DE MEDICIÓN).

La figura 1.16 muestra un diagrama de bloques de un sistema de control industrial que consiste en un controlador automático, un actuador o accionador, una planta y un sensor (elemento de medición). El controlador detecta el error, que suele estar a un nivel de potencia muy bajo, y la amplifica a un nivel suficientemente alto. (Así, el controlador automático está constituido por un detector de error y un amplificador. También suele haber un circuito de retroalimentación adecuado, junto con un amplificador, que se utilizan para alterar la señal de error, amplificándola, y a veces diferenciándola y/o integrándola, para producir una mejor señal de control). El actuador es un

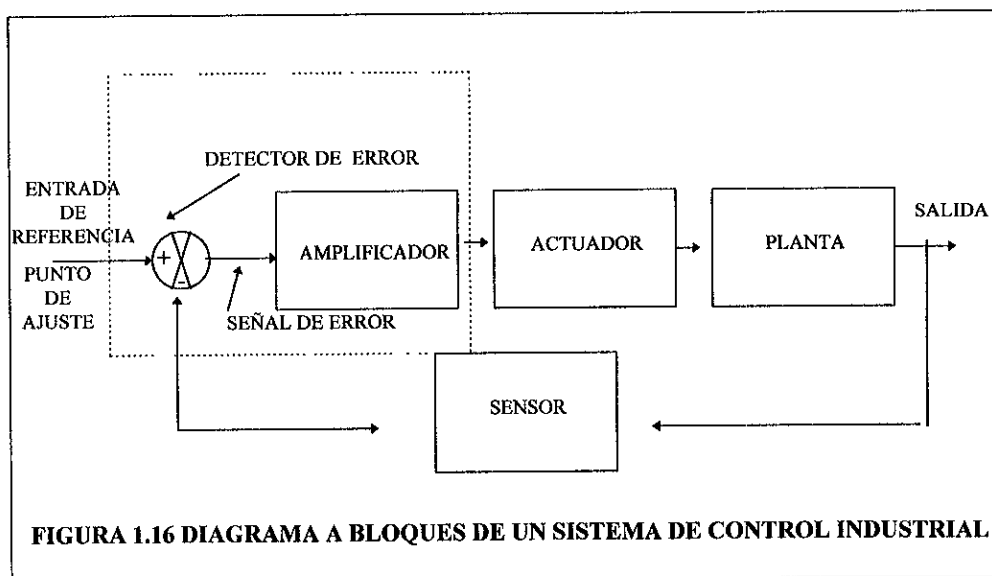
^[1] OGATA, "Ingeniería de Control Moderna", Editorial Hispanoamericana, Segunda edición, Edo de México 1993, Pag 195-200.

dispositivo de potencia que produce la entrada a la planta, de acuerdo con la señal de control, de modo que la señal de retroalimentación corresponda a la señal de entrada de referencia.

La salida de un controlador automático alimenta a un actuador o accionador, que bien puede ser un motor o una válvula neumática, un motor hidráulico o uno eléctrico.

El sensor o elemento de medición es un dispositivo que convierte la variable de salida en otra variable adecuada, como se muestra, como un desplazamiento, presión, o voltaje, que se utilizan para comparar la salida con la señal de entrada de referencia este elemento es el camino de retroalimentación en el sistema de lazo cerrado.

El punto de ajuste del controlador debe convertirse en una entrada de referencia con las mismas unidades que la señal de retroalimentación del sensor o elemento de medición.



* CONTROLADORES AUTO-OPERADOS.

En la mayoría de los sistemas de control industriales se utilizan dispositivos independientes como elemento de medición y como actuador. Sin embargo, en el sistema de control más simple, el controlador auto-operado, ambos dispositivos están integrados en uno solo. Los controles auto-operados utilizan la energía desarrollada por el elemento de medición y son muy simples y económicos.

* ACCIONES DE CONTROL

En controladores industriales es muy común encontrar los siguientes seis tipos de acción básica de control: de dos posiciones o de encendido-apagado, proporcional, integral, proporción e integral, proporción y derivativo, y proporcional, derivativo e integral. En este capítulo se estudiarán los seis. Es importante comprender las características básicas de las diversas acciones de control, para que el ingeniero de control elija la más adecuada a su aplicación.

1. 11. 1. CONTROLADOR DE DOS POSICIONES DE ENCENDIDO-APAGADO.

En un sistema de control de dos posiciones fijas, en que muchos casos son simplemente conectado y desconectado. El controlador de dos posiciones o de encendido-apagado es relativamente simple y económico, y por esta razón se usa ampliamente en sistemas de control tanto industriales como domésticos.

Sea $u(t)$ la señal de salida del controlador y $e(t)$ la señal de error. en un controlador de dos posiciones, la señal $u(t)$ permanece en un valor máximo o mínimo, según sea la señal de error positiva o negativa, de manera que

$$u(t) = U_1 \text{ para } e(t) > 0$$

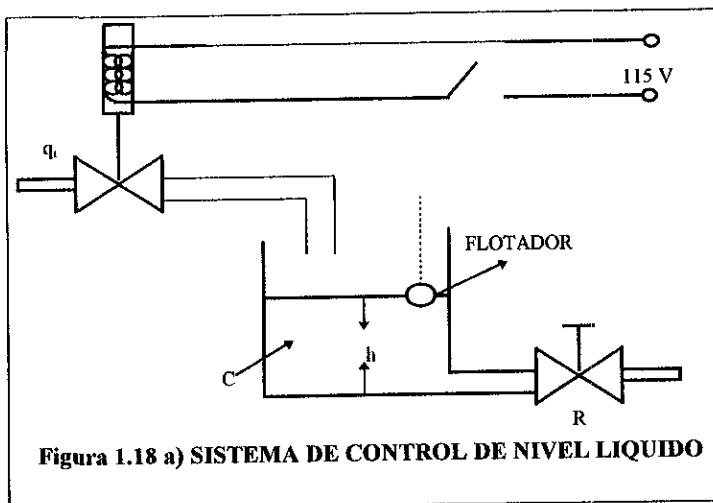
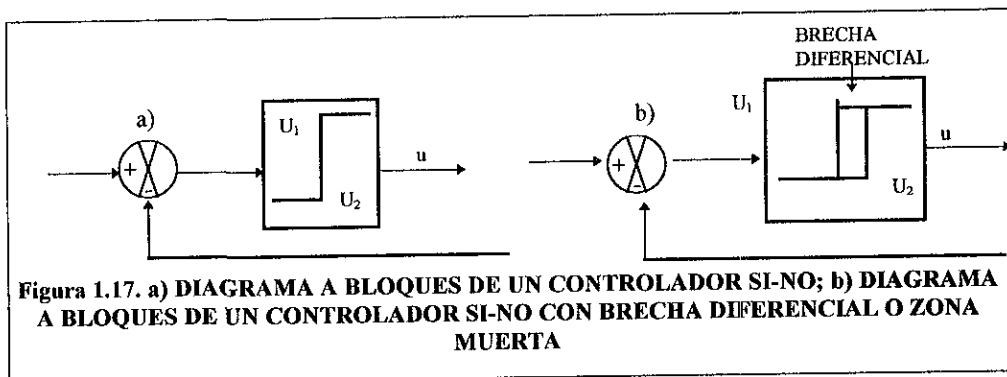
$$u(t) = U_2 \text{ para } e(t) < 0$$

donde U_1 y U_2 son constantes. generalmente el valor mínimo de U_2 puede ser , o bien cero, o $-U_1$. En general los controladores de dos posiciones son dispositivos eléctricos, donde habitualmente hay una válvula accionada por un solenoide eléctrico. Los controladores neumáticos proporcionales con muy altas ganancias también actúan como controladores neumáticos de dos posiciones.

En las figuras 1.17. (a) y (b) se pueden ver diagramas de bloques de controladores de dos posiciones. El rango en el que la señal de error debe variar antes que se produzca la conmutación, se denomina brecha diferencial o zona muerta. En la figura 1.17(b) se indica una brecha diferencial. Tal brecha diferencial hace que la salida del controlador $u(t)$ mantenga su valor hasta que la señal de error haya rebasado ligeramente el valor cero. En algunos casos, la brecha diferencial es el resultado de una fricción no intencional o movimiento perdido; sin embargo a veces se provoca en forma deliberada para impedir la acción excesivamente frecuente del actuador y del elemento final de control. Sea el sistema de nivel líquido que se presenta en la figura 1,18 (a) donde la válvula electromecánica controla el gasto de entrada. Esta válvula esta abierta, o cerrada. con este controlador de dos posiciones, el gasto de entrada es, o bien una constante positiva, o bien cero, como se puede ver en la figura 1-19 La señal de salida fluctúa continuamente entre los dos límites requeridos para producir la acción del actuador

desde una posición fija a otra. Nótese que en la curva de salida sigue una de dos curvas exponenciales, una correspondiente a la curva de llenado, y la otra curva de vaciado. Tal oscilación entre dos límites es una respuesta típica de un sistema bajo la acción de un controlador de dos posiciones.

De la figura 1 19. Se puede deducir que la amplitud de la oscilación de salida puede reducirse disminuyendo la brecha diferencial. Sin embargo, la reducción de la brecha diferencial aumenta la cantidad de conmutaciones por minuto, y por tanto reduce la vida útil de los componentes. La magnitud de la brecha diferencial se debe determinar por consideraciones de exactitud deseada y duración de los componentes.



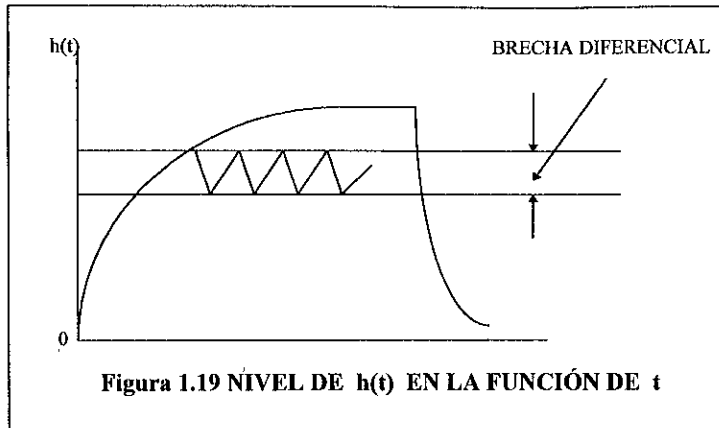


Figura 1.19 NIVEL DE $h(t)$ EN LA FUNCIÓN DE t

1.11. 2. CONTROLADOR PROPORCIONAL

Para un controlador de acción de control proporcional, la relación entre la salida del controlador $u(t)$ y la señal de error $e(t)$, es

$$u(t) = K_p \cdot e(t)$$

o, en la transformada de Laplace,

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p$$

donde K_p se denomina ganancia proporcional.

Sin importar el mecanismo en si y la potencia que lo alimenta, el controlador proporcional es esencialmente un amplificador con ganancia ajustable. En la figura 1.20. Se puede ver un diagrama de bloques de este controlador.

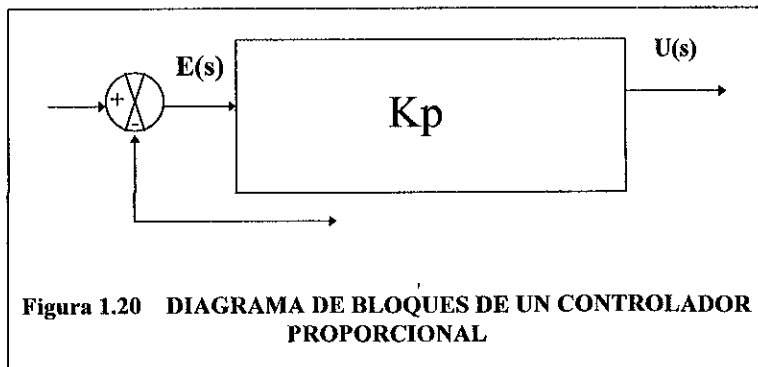


Figura 1.20 DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN CONTROLADOR PROPORCIONAL

1. 11. 3. CONTROLADOR INTEGRAL

En un controlador con acción de control integral, el valor de la salida del controlador $u(T)$ varía en razón proporcional a la señal de error $e(t)$. Es decir:

$$\frac{du(t)}{dt} = K_i e(t)$$

o bien;

$$u(t) = K_i \int_0^t e(t) dt$$

donde K_i es una constante ajustable. La función de transferencia del controlador integral es:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_i}{s}$$

Si se duplica el valor de $e(t)$ el valor de $u(t)$ varía a doble velocidad. Ante un error igual a cero, el valor de $u(t)$ permanece estacionario. En ocasiones la acción de control integral recibe el nombre de control de reposición o restablecimiento. En la figura 1.21 Aparece un diagrama de bloques de este control

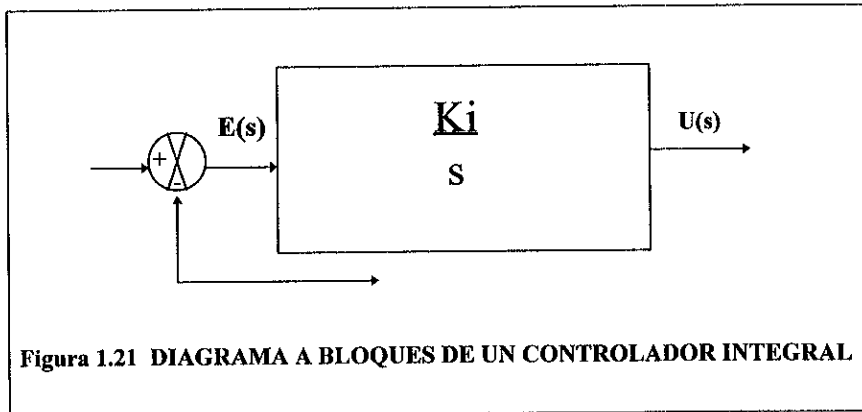


Figura 1.21 DIAGRAMA A BLOQUES DE UN CONTROLADOR INTEGRAL

1. 11. 4. CONTROLADOR PROPORCIONAL INTEGRAL

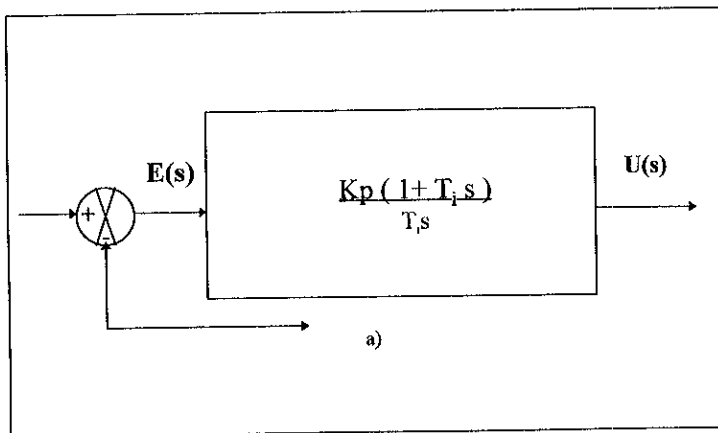
La acción de un controlador proporcional-integral queda definida por la siguiente ecuación:

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^1 e(t) dt$$

y la función de transferencia del controlador es

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right)$$

donde K_p es la ganancia proporcional y T_i se denomina tiempo integral. Ambos valores, K_p y T_i son ajustables. El tiempo integral regula la acción de control integral, mientras que una modificación en K_p afecta tanto a la parte integral como a la proporcional de control. El recíproco del tiempo integral T_i recibe el nombre de frecuencia de reposición. La frecuencia de reposición se mide en términos de repeticiones por minuto. La figura 1.22(a) muestra un diagrama de bloques de un controlador proporcional integral. Si la señal de error $e(t)$ es una función escalón unitario como se ve en la figura 1.22(b) la salida del controlador $u(t)$ pasa a ser la indicada en la figura 1.22(b).



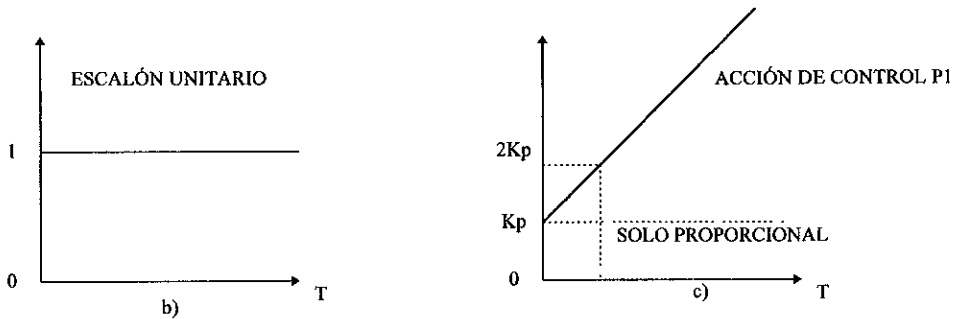


Figura 1.22 a) DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN CONTROLADOR PROPORCIONAL-INTEGRAL; b) Y c) DIAGRAMAS QUE REPRESENTAN UNA ENTRADA ESCALÓN UNITARIO Y SALIDA DEL CONTROLADOR

1. 11. 5. CONTROLADOR PROPORCIONAL DERIVATIVO

La acción de control proporcional derivativo se define por la siguiente ecuación:

$$u(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

y la función de transferencia del controlador es:

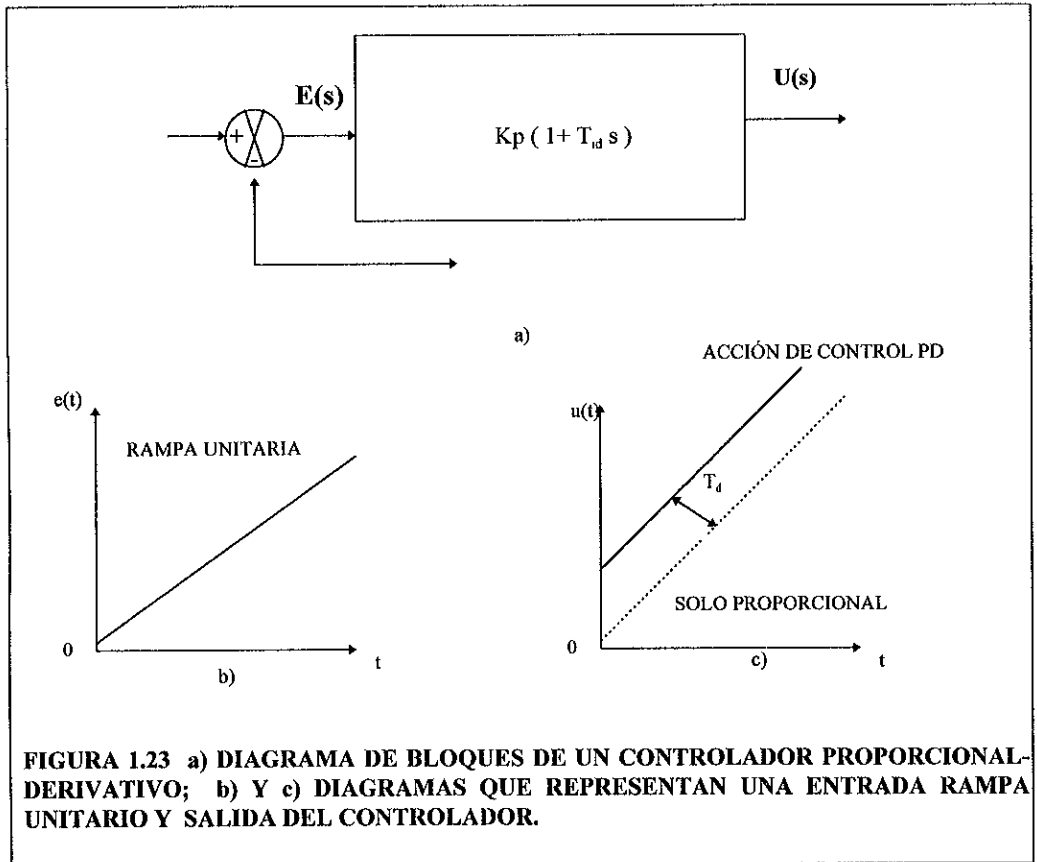
$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p (1 + T_d s) \dots$$

donde K_p es la ganancia proporcional y T_d es una constante denominada tiempo derivativo o tiempo de adelanto. Tanto K_p como T_d son regulables. La acción de control derivativa, a veces llamada control de velocidad de variación de la señal de error. El tiempo derivativo T_d es el intervalo de tiempo en el que la acción de derivativa se adelanta al efecto de la acción proporcional. En la figura 1.23 (a) se puede ver el diagrama de bloques de un controlador proporcional-derivativo.

Si la señal de error $e(t)$ es una función rampa unitaria como se muestra en la figura 1.23(b), la salida del controlador $u(t)$ es la que se ve en la figura 1.23(c). Como se puede ver en la figura 1.23(c). La acción derivativa tiene una característica anticipatoria. Por supuesto, una acción derivativa nunca puede anticipar una acción que aun no acontece.

En tanto acontece la acción derivativa tiene una ventaja al anticipar al error, sus desventajas son que amplifica las señales de ruido y produce un efecto de saturación en el actuador.

Nótese que nunca se usará una sola acción de control derivativo, porque este control es efectivo durante periodos transitorios solamente.



1.11. 6. CONTROLADOR PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO

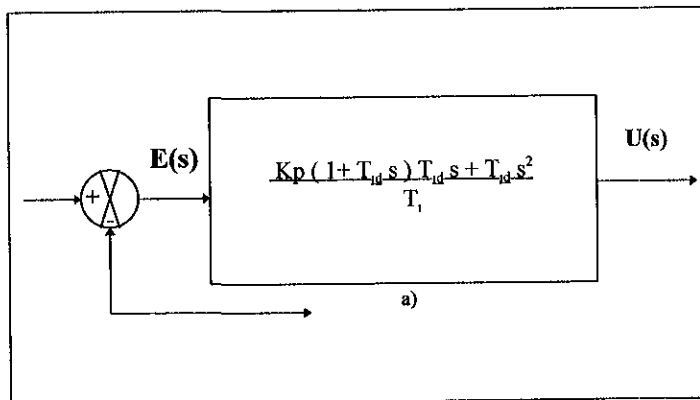
La combinación de los efectos de acción proporcional, integral y derivativa, se denomina acción proporcional-integral-derivativa. Esta combinación tiene las ventajas de cada una de las tres acciones individuales. La ecuación de un control con esta acción de control es.

$$u(t) = K_p e(t) + K_p \int_0^t e(t) dt + K_p \frac{de(t)}{dt}$$

y la función de transferencia del controlador es:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

donde k_p es la ganancia proporcional T_i es el tiempo integral, y T_d es el tiempo derivativo. En la figura 1.24 (a) se puede ver el diagrama de bloques de un controlador proporcional, integral y derivativo. Si $e(t)$ es una función rampa unitaria, como se muestra en la figura 1.24 (c), la salida del controlador $u(t)$ resulta ser la que muestra en la figura 1.24(c).



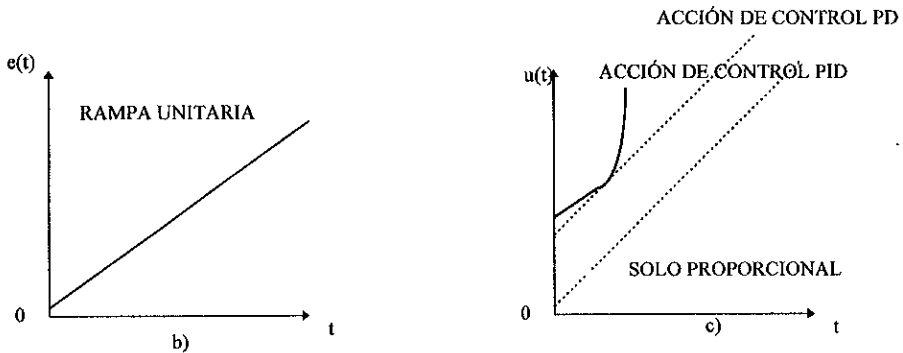


Figura 1.24 a) DIAGRAMA A BLOQUES DE UN CONTROLADOR PROCIONAL-INTEGRAL-DERIVATIVO; b)Y c) DIAGRAMAS QUE REPRESENTAN UNA ENTRADA RAMPA UNITARIA Y SALIDA DEL CONTROLADOR.

En el siguiente capítulo se describirá el hardware utilizado habitualmente en el diseño de sistemas electrónicos de control. Este hardware puede dividirse en tres partes fundamentales: el controlador, que es el que aporta la capacidad decisoria, los sensores, que proporcionan al controlador la información que necesita, y los dispositivos de actuación o actuadores, que proporcionan al controlador los medios para que éste realice acciones de tipo mecánico.

EL AFINAR
EL ESPIRITU
CUANDO
ALGUIEN TE
PISOTEA SE
LLAMA
CONTROL

DON JUAN MARTÍNEZ

CAPITULO II

Hardware Utilizado en los Sistemas de Control

II HARDWARE UTILIZADO EN LOS SISTEMAS DE CONTROL

2. COMPONENTES BÁSICOS

Entre los expertos existe el acuerdo de que el concepto moderno de automatización de procesos industriales debe integrar cuatro componentes básicos: actuadores, mandos, sensores y control.

Los primeros son elementos que transmiten el movimiento, como pistones neumáticos o motores eléctricos.

El mando puede representarse, por ejemplo, con válvulas direccionales, que determinan que un cilindro salga y regrese a su posición original o que gire a la derecha o la izquierda. Es también el caso del contactor, que hace que un motor gire a un lado u otro. Es también el caso del contactor, que hace que un motor gire a la derecha o a la izquierda.

Los sensores retroalimentan al control respecto de las funciones que realizan los elementos motrices: señalan si los equipos o las herramientas están en la posición adecuada, si una pieza está correctamente colocada o, incluso si el operador esta ejecutando una maniobra indebida o peligrosa.

El elemento de control se representa como un grupo de relevadores o microválvulas, un controlador lógico programable (PLC), por su siglas en inglés o una computadora. El PLC ha sido definido como una computadora de objetivos fijos o dedicados, mientras que las estaciones de trabajo (workstations) y las computadoras industriales y personales (PC's) se consideran sistemas de control abierto o de propósitos generales.

2. 1. CONTROLADORES

Los tipos de controladores más usados suelen ser los controladores secuencial y proporcional. Los controladores antiguos están siendo reemplazados a un rápido ritmo por los procesadores electrónicos programables, más pequeños, baratos y fiables.

Un controlador acepta información concerniente a un proceso, adopta unas decisiones basándose en esta información, realiza algún tipo de acción sobre el proceso y supervisa los resultados. La lógica de relés y los controladores neumáticos son tecnologías que han estado vigentes durante muchos años y que aún encuentran campos de aplicación. La primera de ellas es útil en la automatización de máquinas de tipo secuencial, mientras que la segunda sigue utilizando la automatización del control proporcional de procesos antiguos.

Sin embargo, ambos tipos de procesos pueden controlarse mediante la utilización de un tipo de producto relativamente nuevo: los controladores electrónicos programables basados en procesadores programables construidos mediante tecnología de semiconductores.

Este tipo de controladores se ha convertido en el líder de control industrial principalmente al bajo costo, a la fiabilidad y al reducido tamaño de los componentes electrónicos.

Los controladores programables electrónicos son “programables por *software*”; ésto quiere decir que las instrucciones que ejecutan están almacenadas en una memoria, y pueden modificarse rápida y fácilmente.

La modificación de las instrucciones en un controlador neumático o de relés requiere recableado o el cambio de tuberías, procesos que ha menudo resulta caro, difícil y de considerada duración. (Ver figura 2.1).

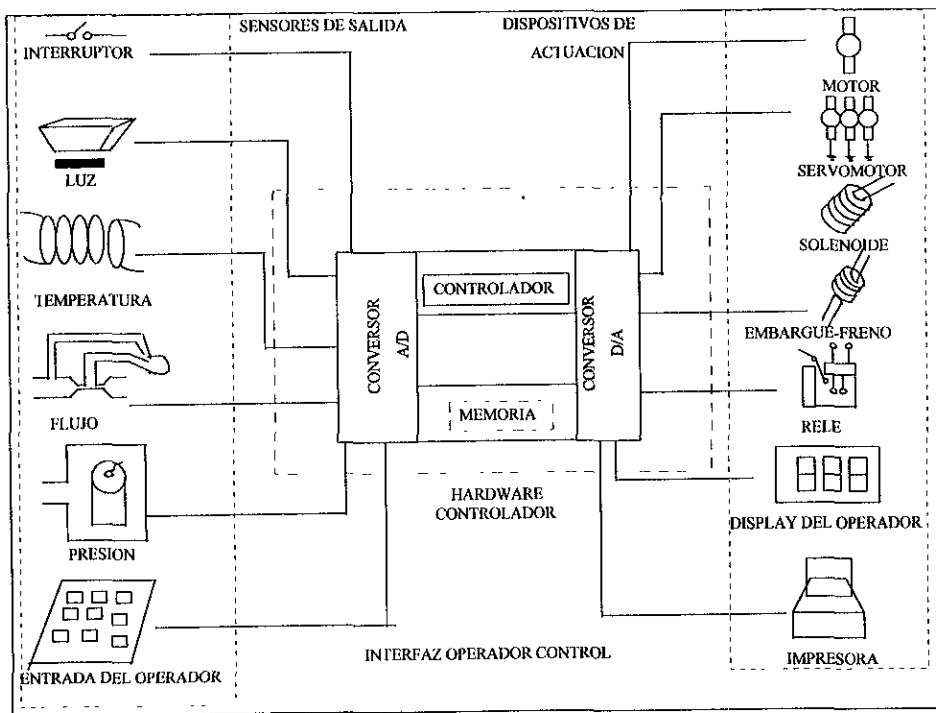


Figura 2.1 ESQUEMA DEL HARDWARE DE CONTROL

2. 2. TIPOS DE CONTROLADORES

Existen dos tipos principales de controladores disponibles para la realización del control industrial. El más básico es el controlador secuencial, que puede utilizarse en el control de procesos en los cuales sea necesario tratar con señales de control de tipo ON/OFF, el cual va teniendo lugar paso a paso, en ciclos que se repiten o en una combinación de ambos con el fin de realizar determinada tarea. El segundo tipo es el controlador de procesos que varían de forma continua, como el que podría encontrarse en un proceso de tipo químico. A continuación se describe cada uno de ellos.

2. 2. 1. CONTROLADOR SECUENCIAL

El controlador secuencial suele utilizarse en los sistemas de lazo abierto, en los cuáles se controlan sucesos que van teniendo lugar en forma secuencial, o se fabrican de forma discreta. El controlador secuencial se utiliza uso para la fabricación en forma discreta, o para el correcto secuenciamiento de un cierto número de sucesos en una planta. Básicamente, puede decirse que realiza funciones de control de tipo ON/OFF. Un controlador electrónico programable es capaz de realizar las operaciones que lleva a cabo este dispositivo mecánico, pero mucho más fácilmente, y además se le pueden añadir muchos rasgos que el temporizador del tambor no posee, por ejemplo, la secuencia de pasos y el intervalo de tiempo que corresponde a cada operación pueden programarse y reprogramarse individualmente sin necesidad de efectuar modificaciones en el cableado, o reposicionamiento de algunas de las levas.

2. 2. 2. CONTROLADORES DE PROCESOS

La tarea de un controlador de procesos consiste en el control de un proceso que varía de forma continua, y que requiere de una supervisión constante, así como de una actualización continua de las entradas y las salidas, con el fin de mantenerse de forma muy precisa, próximo a un determinado valor de referencia. En lugar de actuar mediante niveles discretos de tipo ON/OFF, el controlador de procesos proporciona una salida que puede variar de forma continua entre los valores considerados como correspondientes a los estados de ON y OFF totales.

En gran cantidad de aplicaciones será necesario que el controlador sea capaz de realizar operaciones matemáticas para poder proporcionar el control. La mejor elección para un controlador de procesos continuos sería un controlador proporcional, o un controlador de ciclo límite (Ver figura 2.2 y 2.3).

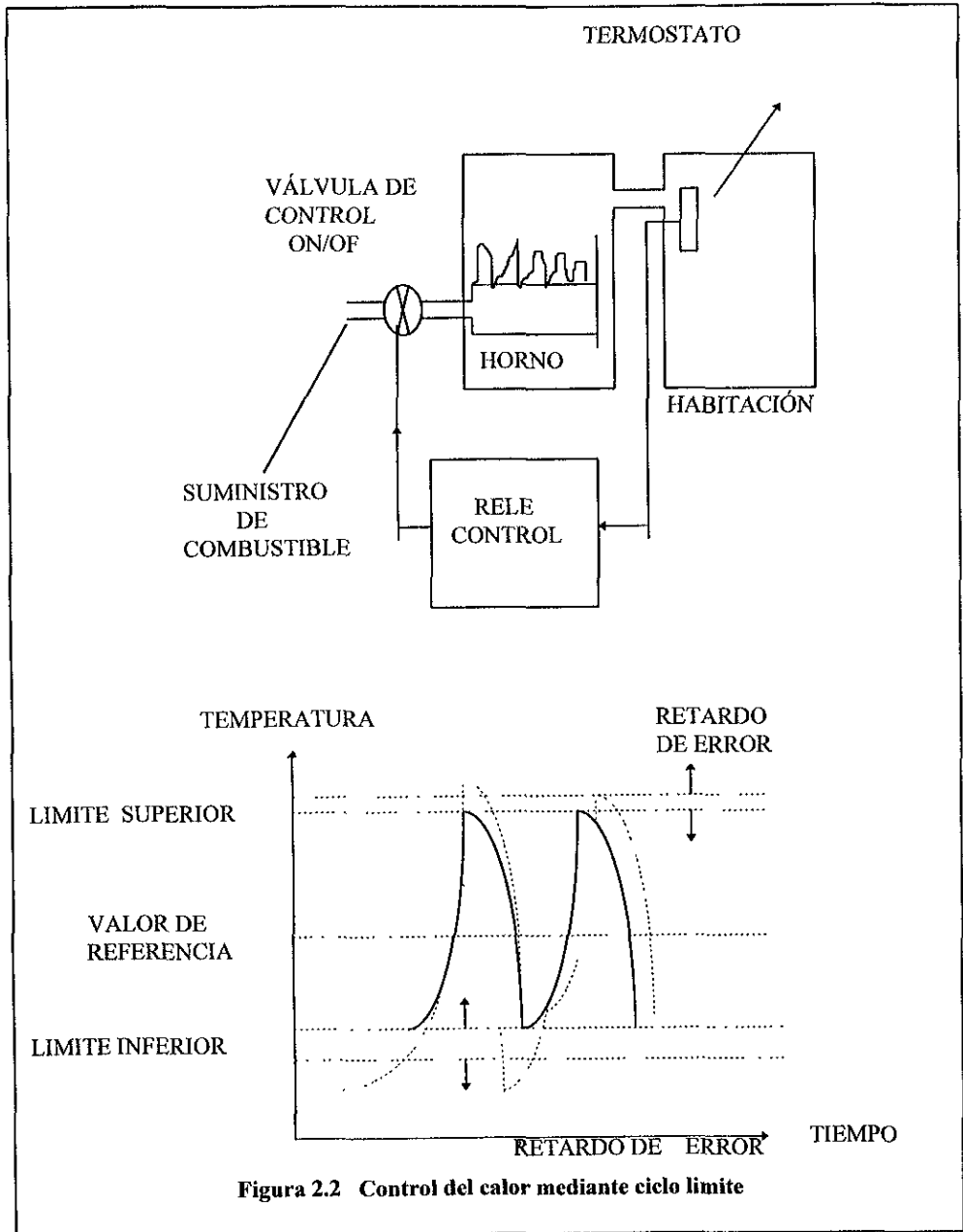
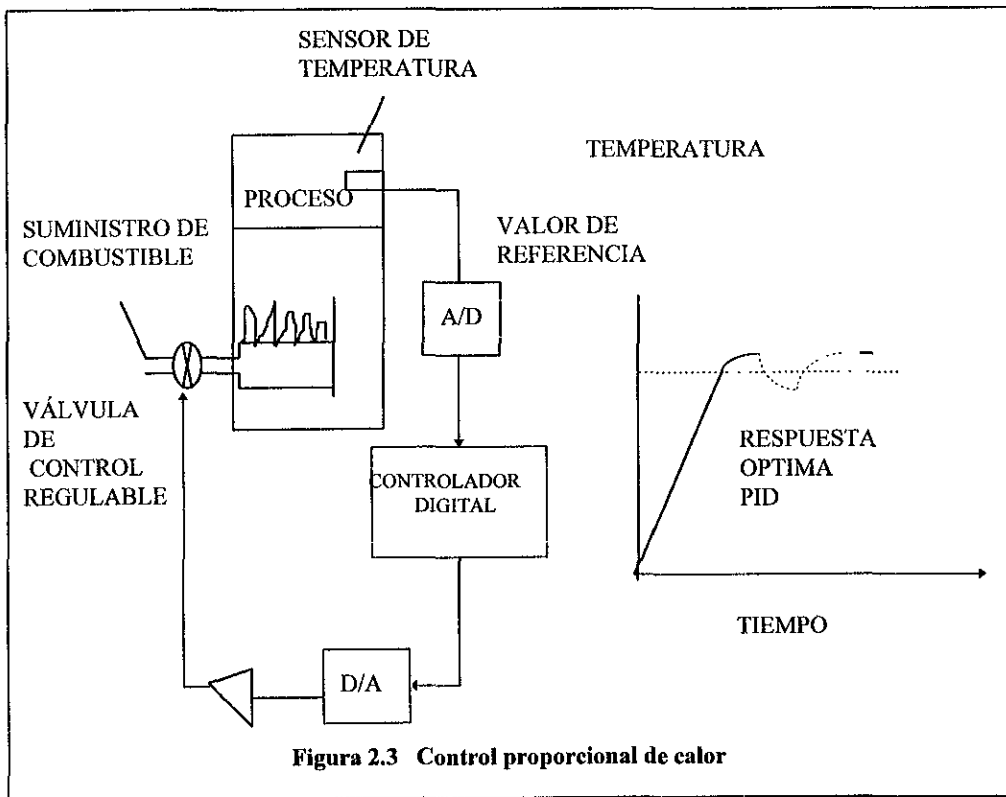


Figura 2.2 Control del calor mediante ciclo limite



2. 3. SENSORES

Los sensores deben tener la capacidad para medir de forma precisa y fiable los parámetros físicos que se manejan durante el proceso. La capacidad para controlar una máquina o un proceso depende en primer lugar de la que se tenga para detectar qué está ocurriendo en cada momento. El sensor ideal sería de reducido tamaño, duradero y fiable, debería tener una precisión y resolución infinitas. Su salida no sufriría desviaciones a causa de la temperatura o de cualquier otro factor ambiental y por supuesto, sería muy fácil de fabricar y tendría un costo reducido. Hay sensores fotoeléctricos, infrarrojos, térmicos, etc., y recientemente se han estado produciendo unos llamados inteligentes, que incluyen un microchip capaz de recoger información, y con base en ella tomar cierto número de decisiones o emitir señales de alerta.

Los sistemas automatizados pueden formularse con arquitecturas de lazo abierto (sistemas de interrupciones) o cerrado. En este último modelo el de mayor complejidad y precisión. Los sensores y otras partes retroalimentan al control sobre la realización de determinadas funciones, información que a su vez es utilizada para girar nuevos comandos.

El control de procesos continuos suele estar relacionado con el mantenimiento de un cierto número de parámetros diferentes dentro de unos determinados límites, previamente establecido. Tres de éstos parámetros posiblemente los más comunes son: la temperatura, la presión y el flujo.^[11]

2. 3. 1. SENSOR DE TEMPERATURA

Los tres sensores de temperatura más usados son termopar, el termistor y el RTD.

* **TERMOPAR:** Un termopar es un sensor de temperaturas, basado en el principio de que si se unen dos metales diferentes y se calienta su unión, se genera un voltaje.

* **TERMISTOR:** Un termistor es un detector de calor capaz de medir la temperatura midiendo el cambio que se produce en la resistividad de un semiconductor.

* **RTD:** Los dispositivos de temperatura resistiva RTD funcionan basándose en el principio de que la resistividad de un metal varía cuando éste se calienta. Su funcionamiento se basa en el hecho de que el metal cuando se calienta, experimenta una variación en su resistencia. Esta variación se denomina coeficiente de temperatura de la resistencia.

[11] DINO ROZERNBERG, "Automatización: El signo de la década", Revista: Manufactura, México, D. F., Marzo de 1997. 11 pp.

2. 3. 2. SENSORES DE PRESIÓN

* **BARÓMETRO ANEROIDE:** En éste las variaciones en la presión son convertidas en señales eléctricas por medio de un diafragma móvil. Cuando el diafragma se deforma como consecuencia de un cambio de presión, mueve el eje y hace que varíe la tensión de salida.

* **SENSOR DE PRESIÓN CAPACITIVO:** Este sensor formado por dos placas situadas una a cada lado de una cámara de vacío. Los cambios presión hacen que las placas se deformen y que varíe la capacitancia.

* **SENSOR DE PRESIÓN POR MEDIO DE TORSIÓN DE ESTADO SÓLIDO:** Este sensor consta asimismo de una cámara de vacío, pero en lugar de hacer uso de un potenciómetro, utiliza un a piezoresistencia, esta al ser sometida a una fuerza de torsión variable su resistencia varía.

2. 3. 3. SENSORES DE FLUJO

Muchos procesos requieren que se conozca el valor del flujo de un material, habitualmente de un líquido o de un gas. Existen dos métodos para medir el flujo. Uno de ellos esta basado en el proceso de Bernoulli, mientras que el otro utiliza una turbina

* **VENTURI:** Es una tubería con un estrangulamiento, cuyo funcionamiento está basado en el principio de Bernoulli. Este principio afirma que la presión, la velocidad y la energía cinética encerradas en el interior de cualquier sistema cerrado permanecen constantes en cualquier punto del mismo. Se deduce entonces que la diferencia entre la presión en el estrangulamiento y la presión en un punto cualquiera situado contracorriente es proporcional a la velocidad del material. Además, puesto que se conocen los diámetros tanto del conductor como del estrangulamiento, es posible determinar la masa del material que está fluyendo

* **TURBINA:** En este caso se sitúa un rotor en el interior del conductor por el cual pasa el material. El eje de la turbina que llega hasta el exterior del conducto, mueve un generador que proporciona una tensión de salida proporcional a la velocidad. Puesto que se conoce cuál es la tensión de salida, en función de la velocidad del generador de turbina y de la sección transversal del conducto es posible determinar el flujo.

2. 4. DISPOSITIVOS DE ACTUACIÓN

Los dispositivos de actuación convierten las señales eléctricas de salida del sistema en acciones físicas. Estos dispositivos también son denominados actuadores, convierten una señal de control eléctrica en una acción física. En el caso de los procesos continuos, estos dispositivos suelen consistir en válvulas de control de flujo, bombas y dispositivos de posicionamiento. En el caso de los procesos por lotes, incluyen motores de velocidad variable, frenos y embargues. En cuanto a los procesos de fabricación de piezas discretas, utilizan solenoides, motores paso a paso, conmutadores paso a paso y relés de potencia. En la siguiente parte se mencionan algunos de los tipos de actuadores mas utilizados.

2. 4. 1. SOLENOIDE

Los solenoides convierten la energía eléctrica (en forma de un campo magnético) en una fuerza mecánica unidireccional capaz de empujar o de tirar de determinados objetos. El solenoide es un dispositivo electromagnético que produce una fuerza mecánica en una dirección fija, que puede utilizarse para mover objetos en esta misma dirección (**Ver figura 2.4**).

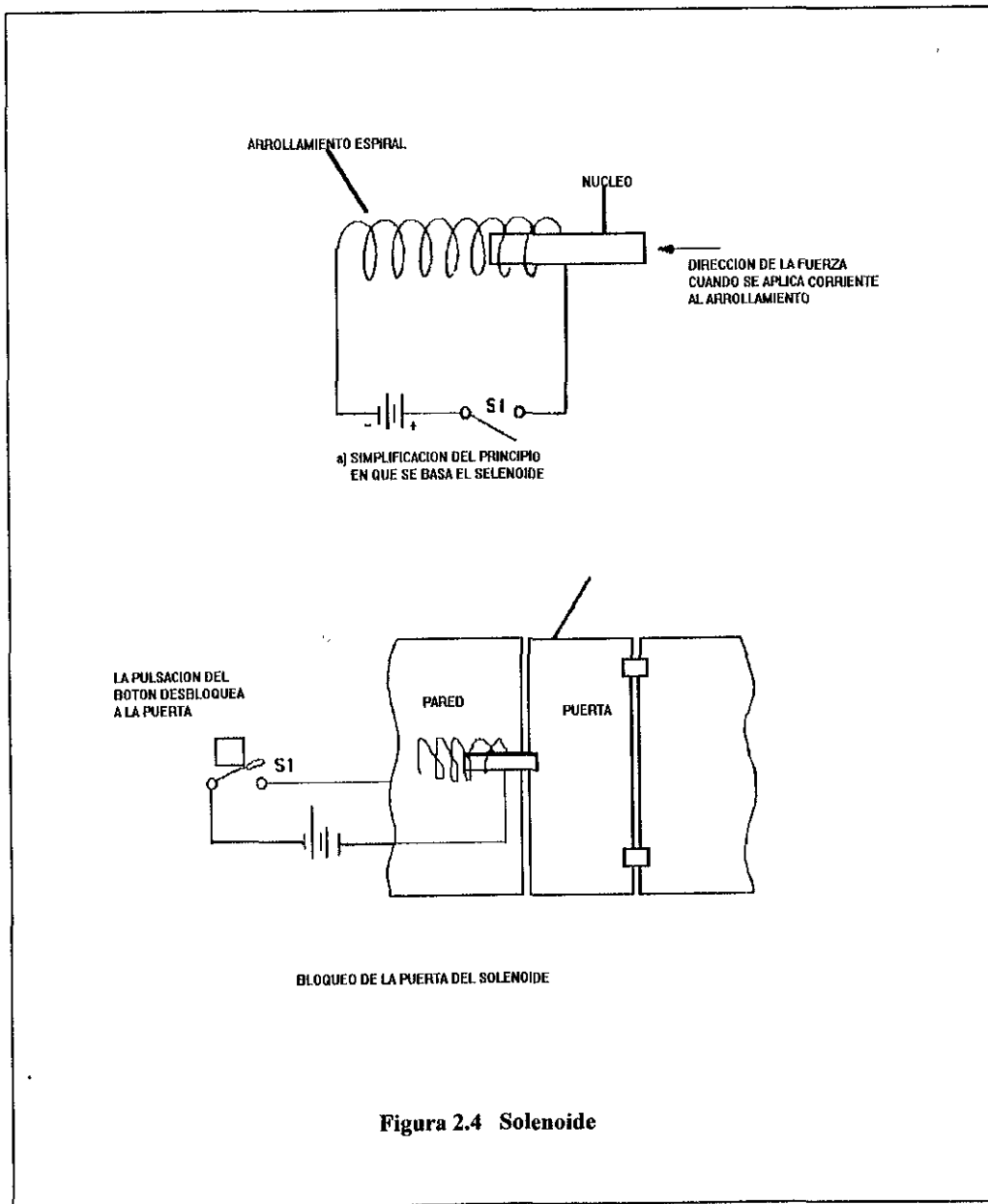


Figura 2.4 Solenoide

2. 4. 2. RELÉ

El funcionamiento del relé es similar al del solenoide. La armadura móvil es atraída hacia un núcleo metálico fijo, y tiene una palanca que cuando se halla pegada al núcleo, presiona una plaquita flexible a la que están conectados los contactos sobre los que actúa. Cuando el relé funciona, los contactos se abren o se cierran.

Los relés son una parte importante de muchos sistemas de control, ya que son interruptores eléctricos que se pueden accionar de forma indirecta, y resultan muy útiles para el control a distancia y para controlar dispositivos que manejan corrientes elevadas mediante señales de control que manejan corrientes mucho más reducidas.

2. 4. 3. MOTORES ELÉCTRICOS

Probablemente el más conveniente de los dispositivos de actuación para sistemas de control sea el motor eléctrico.

Existen diferentes tipos de motores eléctricos; pero sólo vamos a mencionar cuatro de ellos:

* SERVOMOTORES DE CC

En el caso del servomotor de CC se utiliza la variación de una tensión de corriente continua (CC) para controlar la velocidad del mismo. Por medio de un tacómetro accionado por el motor se obtiene una realimentación de la velocidad que se aplica como entrada a un sistema de control denominado lazo servo. Y mediante un sensor de posición rotacional se obtiene otra realimentación, esta vez sobre la posición con lo cual se logra obtener un sistema completo de posicionamiento. Estos motores se utilizan cuando es necesario un control preciso de la posición, con una elevada rapidez de funcionamiento.

El servomotor de CC puede desarrollar un par considerable pero hay que tener cuidado de no sobre cargarlo ya que los imanes permanentes pueden llegar a desmagnetizarse.

Un motor de este tipo necesita de una gran cantidad de circuitos de control, así que no suele utilizarse a menos que vaya a realizarse una operación específica con estas características (Ver figura 2.5).

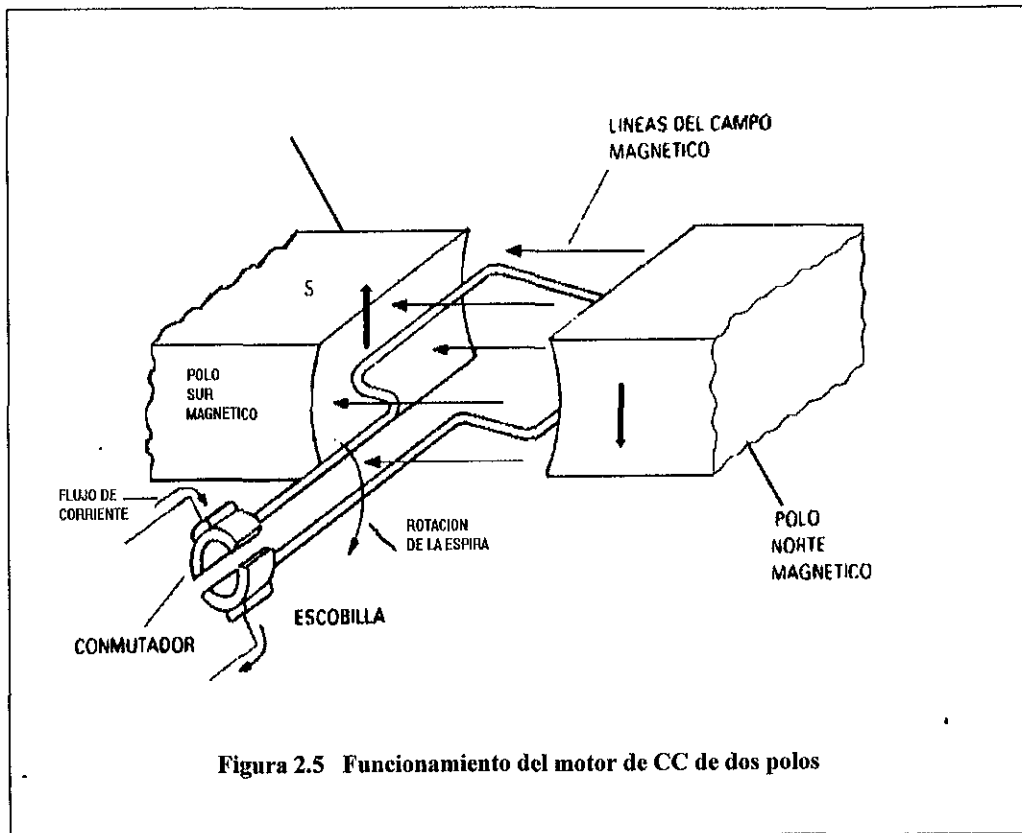


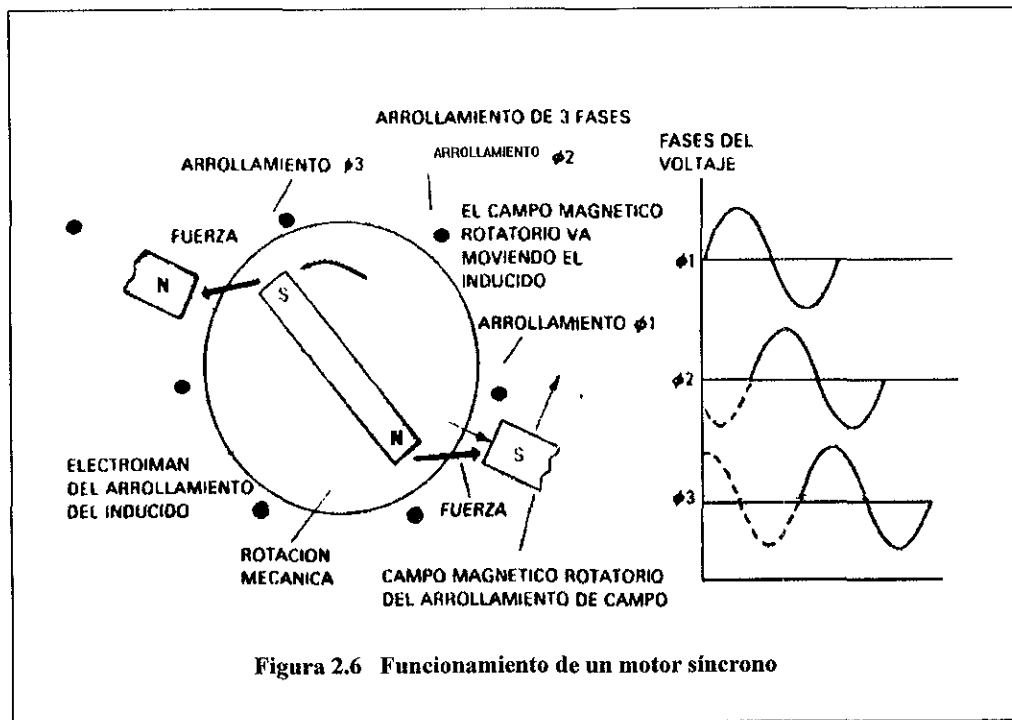
Figura 2.5 Funcionamiento del motor de CC de dos polos

* MOTOR SÍNCRONO DE CA

El motor síncrono requiere muy pocos circuitos de control, es más barato y de menor tamaño que un motor de CC equivalente; pero su flexibilidad también es más reducida. Es muy útil en aplicaciones que requieran una rotación continua especialmente si ésta es de velocidad constante. Esta velocidad es función de la frecuencia de la tensión de entrada, y, puesto que suelen estar conectadas a la tensión proveniente de la red, que posee una frecuencia estable, la velocidad del motor permanece constante.

Cuando las fuerzas son mayores se utiliza un motor síncrono trifásico para precisar una potencia de más de un caballo de vapor. Su ventaja es que es de menor tamaño, más ligero, más barato y es muy fácil aplicarlo a controles proporcionales de velocidad.

El motor monofásico no dispone de auto arranque por sí mismo y generalmente se suele proporcionar un pequeño giro de arranque, por medio de una red de condensadores de cambio de fase, a fin de desarrollar un par de fuerzas iniciales (Ver figura 2.6).



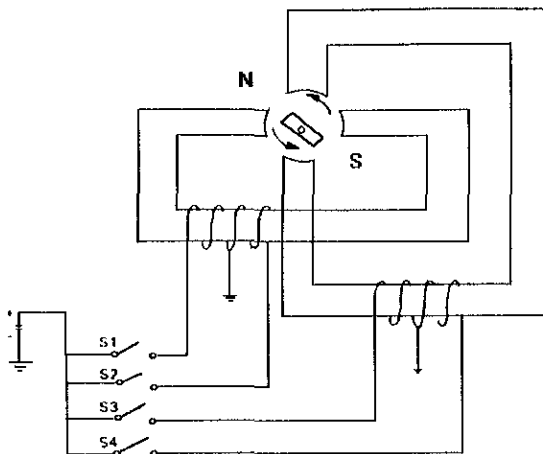
* MOTOR UNIVERSAL

El motor universal puede funcionar tanto con una tensión de CA como de CC. Este debe su nombre al hecho que funciona tanto con una tensión de CA como de CC. En un motor de arrollamiento serie la corriente inducida fluye a través del arrollamiento del campo, a fin de desarrollar el campo magnético estacionaria, sí pues, en este motor no son necesarios imanes permanentes. También se usa en ocasiones junto con un mecanismo de embrague, o un tren de engranaje.

* MOTOR PASO A PASO

Debido a su arrollamiento de campo, el motor paso a paso funciona en una serie de pasos en vez de hacerlo en forma continua. Este motor es de construcción similar a un motor síncrono de CA.

Los arrollamientos de campo no son movidos por una onda senoidal continua, como sucede en un motor de CA síncrono, sino por una secuencia discreta de niveles de voltaje, los cuales van rotando alrededor del arrollamiento de campo paso a paso; de ahí el nombre del motor. El resultado es que se va haciendo rotar un campo magnético alrededor del inducido (que esta compuesto por imágenes permanentes). Ésto hace que el propio inducido vaya rotando a pequeños intervalos, es decir, paso a paso. Para que funcione este motor se necesitan circuitos externos, pero su funcionamiento puede controlarse directamente de forma digital, otra ventaja de estos motores es que proporcionan un preciso control proporcional del movimiento, lo cual es un requisito importante en aquellas máquinas que utilizan movimiento indexado (**Ver figura 2.7**).



| CODIGO | S1 | S2 | S3 | S4 |
|--------|----|----|----|----|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 1 | 1 | 0 |

1 INDICA INTERRUPTOR CERRADO
0 INDICA INTERRUPTOR ABIERTO

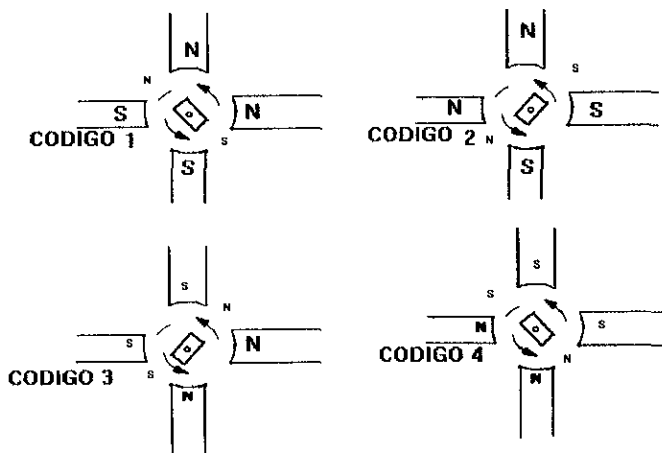


Figura 2.7 Funcionamiento de un motor síncrono CA

2. 5 CONTROL DE POTENCIA FLUIDA

2. 5. 1. DEFINICIÓN DE POTENCIA FLUIDA

La potencia fluida es un método para controlar y transmitir energía a una carga, partiendo de una fuente (un motor eléctrico o un motor de combustión interna), y de esta forma obtener un resultado mecánico, utilizando como medio de transmisión un fluido. Los dos sistemas más usuales para transmitir la energía por medio de fluido son: la Neumática, en la cual se utiliza aire a presión; y la Hidráulica que utiliza aceite a presión.

Los sistemas de potencia fluida se emplean en cualquier área y los podemos encontrar en equipo industrial (prensas, máquinas de inyección de plástico, máquinas herramientas) equipo móvil (excavadora, tractores, grúas), equipo marino (hélices de barcos, direcciones hidráulicas) y equipo aerospacial (trenes de aterrizaje, alerones).

En la siguiente tabla se resumen las diferencias entre un sistema neumático y uno hidráulico:

| | HIDRÁULICA | NEUMÁTICA |
|------------------|---|---|
| FLUIDO | ACEITE. | AIRE |
| FUENTE DE FLUIDO | DEPOSITO DE LA UNIDAD DE POTENCIA HIDRÁULICA. | ATMÓSFERA |
| COMPRESIBILIDAD | PRÁCTICAMENTE INCOMPRESIBLE. | COMPRESIBLE |
| PRESIÓN | 500 A 3000 PSI. LOS SISTEMAS MAS COMUNES TRABAJAN EN ESTE RANGO. | 25 A 150 PSI. POR LA COMPRESIBILIDAD DEL AIRE ES DIFÍCIL MANEJAR PRESIONES MAYORES. |
| FUERZA | MUY GRANDE | BAJA Y MEDIANA |
| | CONTROL DE MOVIMIENTO | |
| VELOCIDAD | SE PUEDEN MANEJAR MOVIMIENTOS MUY LENTOS FÁCILMENTE. | DIFÍCIL MANEJAR BAJAS VELOCIDADES. |
| POSICIÓN | SE PUEDEN CONSEGUIR MOVIMIENTOS DE GRAN PRECISIÓN. | GENERALMENTE SE UTILIZA PARA MOVIMIENTOS RÁPIDOS Y QUE NO REQUIEREN GRAN PRECISIÓN. |

TABLA 2.1

2. 5. 2. VENTAJAS DE UN SISTEMA DE POTENCIA FLUIDA

Los fluidos son un medio versátil para transmitir energía, debido a que los componentes de entrada y salida pueden separarse a una gran distancia, y la energía generada puede transmitirse con pérdidas pequeñas. Las fuerzas se pueden llevar a través de tuberías pequeñas. La potencia fluida es considerada la segunda forma de transmitir energía, después de la electricidad, considerando su facilidad para generarla y usarla.

2. 5. 3. DIFERENTES TIPOS DE CONTROL

Existen tres elementos que se deben controlar en un sistema de potencia fluida: la dirección del fluido, la presión del sistema o de una rama del sistema y la cantidad de fluido que deseamos que pase cada uno de éstos se explica brevemente a continuación:

*** CONTROL DIRECCIONAL**

Este tipo de control consiste principalmente en dirigir al fluido hacia un determinado punto o detenerlo, sin ejercer un cambio apreciable en su presión y en su caudal. Existen diferentes tipos de válvulas que realizan esta función, considerándose que las válvulas tipo carrete son las más comunes.

*** CONTROL DE PRESIÓN**

Este tipo de control consiste en regular el nivel de presión del sistema y es un elemento indispensable para evitar una falla en el mismo, ya que las bombas hidráulicas son de desplazamiento positivo (ésto quiere decir que no pueden aliviar por sí mismas la presión del sistema). También el control de presión se utiliza para secuencias de operaciones, ayudar a contrabalancear una carga o descargar una bomba. El control de presión se relaciona con la fuerza resultante de un actuador.

*** CONTROL DE FLUJO**

Este tipo de control se relaciona a la velocidad de un actuador ya que la velocidad depende de la cantidad de caudal que se suministre. Al disminuir el caudal, disminuye la velocidad.

2. 6 TIPOS DE VÁLVULAS

Los siguientes conceptos se aplican principalmente a sistemas hidráulicos:

2. 6. 1. VÁLVULAS DE CONTROL DIRECCIONAL

Las válvulas direccionales manejan dos conceptos: vías y posiciones.

- * Una vía es cualquier puerto al que se puede dirigir el fluido.
- * Una posición se refiere a las diferentes rutas que puede tomar el fluido en un momento dado.

Existen válvulas de 2, 3 o 4 vías de dos o tres posiciones. Para poder cambiar de una posición a otra se requiere actuar la válvula. Existen diferentes formas de hacerlo: manualmente, mecánicamente, por pilotaje (línea de aire o de aceite) eléctrica o electrónicamente.

Las válvulas operadas con solenoides (eléctricamente) se conocen como tipo de posición discreta. La válvula típica operada por un solenoide con señal discreta funciona en una de dos direcciones: cero o flujo completo.

Durante la década pasada, el empleo de las válvulas proporcionales se ha incrementado en una gran variedad de aplicaciones hidráulicas, debido a sus altos niveles de funcionamiento, a su tolerancia al medio ambiente industrial y a su facilidad de uso.

Las válvulas electrohidráulicas proporcionales, son válvulas de control direccional de 4 vías 3 posiciones que tienen la capacidad de controlar el rango de flujo de salida de un fluido hidráulico al aplicar una señal variable de voltaje o corriente. Dichas válvulas realizan esta tarea junto con una combinación de carretes, bobinas y controles electrónicos.

2. 6. 2. VÁLVULAS DE CONTROL DE PRESIÓN

Las válvulas de control de presión se pueden clasificar en tres grupos de acuerdo a su función general:

La primera de estas funciones es la de regular la presión general del sistema con el fin de prevenir que en la línea principal o en algún ramal la presión exceda a un nivel máximo deseado. Las válvulas que realizan esta función se conocen como válvulas de alivio o válvulas de seguridad, y pueden ser de accionamiento directo o actuadas por piloto.

La segunda función comprende a las válvulas de derivación las cuales se subdividen en :

* **VÁLVULAS DE SECUENCIA.** Estas válvulas se encuentran normalmente cerradas y al aumentar la presión a la que están calibradas se abren para permitir la siguiente operación.

* **VÁLVULAS DE CONTRABALANCE.** Su función es la de ayudar a un cilindro colocado en posición vertical a soportar una carga pesada cuando desciende, ya que debido a la gravedad se puede desbocar.

* **VÁLVULAS DE DESCARGA.** Generalmente se utilizan en circuitos con bombas dobles, donde la suma de caudales provoca un movimiento rápido del actuador en una carrera de acercamiento, sin realizar trabajo y por lo tanto a baja presión. En el momento en que se alcanza la pieza o la carga, aumenta la presión, es cuando la válvula descarga el caudal de una de las bombas al tanque. También se utiliza para descargar bombas en circuitos con acumuladores hidráulicos.

La última de las funciones comprende a las válvulas reductoras de presión y su propósito es, precisamente, el establecer un nivel menor de presión principal del sistema.

2. 6. 3. VÁLVULAS REGULADORAS DE FLUJO

La velocidad de un actuador se puede variar sólo de una manera: regulando el volumen de fluido que se le suministra o que sale de éste.

Dentro de las válvulas reguladoras de flujo se encuentran las siguientes:

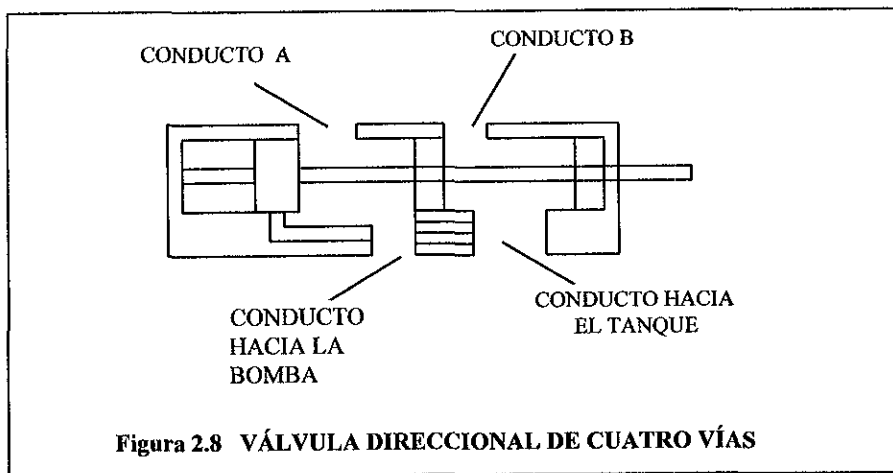
* **NO-COMPENSADA.** Consiste generalmente en una válvula de aguja la cual bloquea parcial o totalmente un orificio y de esta manera pasa mayor, menor o nulo caudal.

* **COMPENSADA.** Una válvula de control de flujo compensada está diseñada para un control preciso de la velocidad de un actuador, eliminando las variaciones debidas a los cambios en la carga. Uno de los problemas que se presentan con las válvulas No-compensadas es que si varía la carga existirá un cambio en el caudal y por lo tanto en la velocidad del actuador.

* **VÁLVULA DE TRES VÍAS O DE SANGRADO.** La diferencia con las válvulas anteriores es que cuenta con un puerto extra el cual es conectado al tanque. El exceso de aceite (debido a la estrangulación) se regresa al tanque a través de este puerto y no por la válvula de alivio. Es muy eficiente para desperdiciar menos energía y generar menor calor al sistema siempre y cuando el actuador trabaje a una velocidad lenta y se maneje un solo ramal. En caso contrario no ofrece mejores ventajas que las válvulas anteriores.

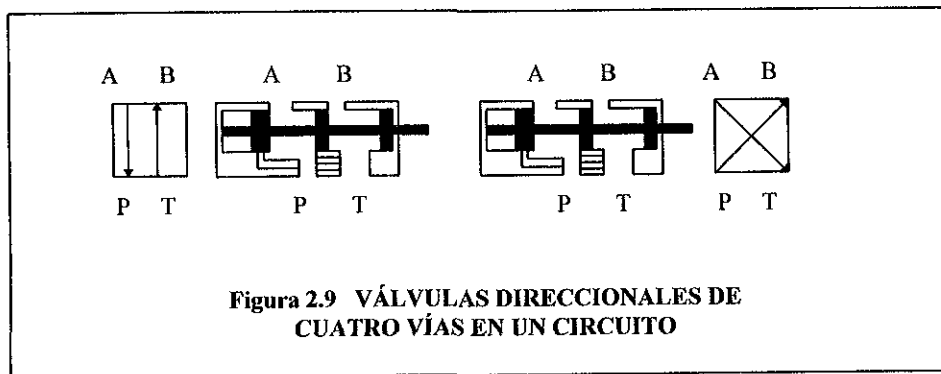
2. 6. 4. VÁLVULAS CONTROLADORAS DIRECCIONALES

Una válvula controladora direccional consiste de un cuerpo, con una serie de conductos internos, y una parte móvil. La parte móvil puede adoptar diferentes posiciones, desconectar o comunicar entre sí los conductos internos. En la válvulas direccionales, como ocurre en la mayoría de las válvulas hidráulicas industriales, la parte móvil se asemeja a un grupo de varios émbolos, unidos a un eje que los atraviesa por el centro y que los mantiene separados entre sí, como carretes de hilo. En inglés, este tipo de obturador recibe el nombre de SPOOL carrete, nosotros lo llamaremos conmutador de émbolos. Las válvulas direccionales con conmutador de émbolos son las más usadas en la industria hidráulica. Por esta razón, nos enfocaremos a estudiar su operación y sus tipos constructivos (Ver figura 2.8).



La válvula direccional que vimos anteriormente tiene un conducto hacia la bomba, otra hacia el tanque y dos más hacia el actuador. Esta válvula es llamada "válvula de 4 vías", pues posee cuatro conductos distintos en el interior de su cuerpo.

La función de esta válvula es invertir el movimiento de un cilindro o motor hidráulico. Para realizar esta función cuando el conmutador se encuentra en una de sus dos posiciones el conducto hacia la válvula se conecta con uno de los conductos hacia el actuador. Al mismo tiempo, el conmutador canaliza hacia el tanque la descarga que llega a través del otro conducto que va hacia el actuador (Ver figura 2.9).



Puesto que todas las válvulas consisten de una parte interna móvil, la ésta móvil tiene al menos dos posiciones. En el caso de una válvula direccional, estas dos posiciones se representan mediante dos cuadros separados.

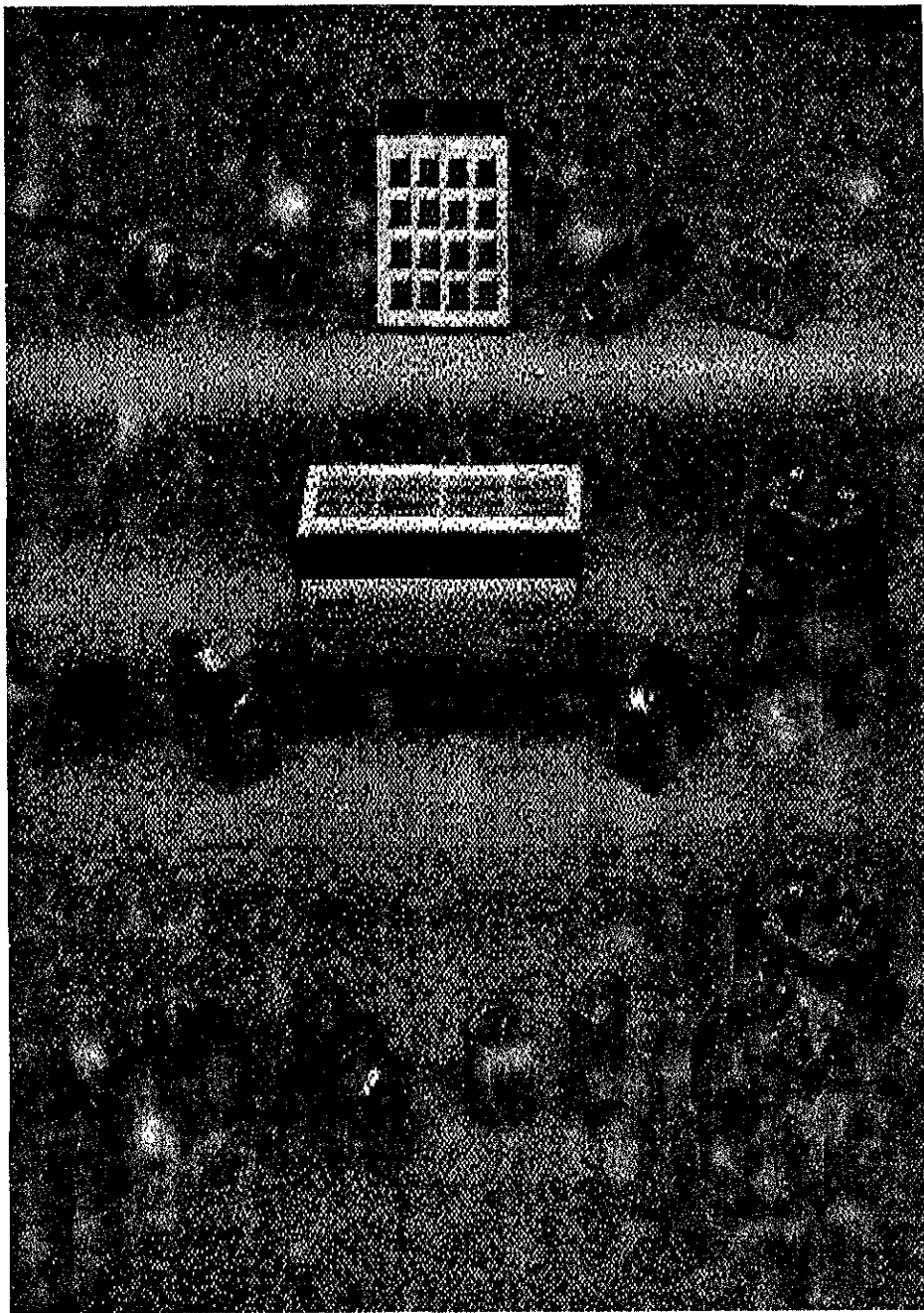
En el siguiente capítulo vamos a tratar el uso de los controladores programables para la fabricación de piezas discretas. En la primera parte vamos a explicar el funcionamiento del controlador programable en función de la lógica de réles; posteriormente se muestra una aplicación actual utilizando un controlador programable explicando su funcionamiento.

NO CONFIES EN
AQUELLOS QUE
LLOTRAN CON
EMOCION DE
COMPRENDER
PORQUE NO HAN
COMPRENDIDO
NADA

DON JUAN MATIS

CAPITULO III

El Controlador Lógico Programable



III. EL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

3. EL CONTROLADOR PROGRAMABLE

Muchos de las proceso de fabricación de piezas conlleva la realización de operaciones de tipo secuencial. Esto fue lo que que hizo posible la aplicación primero de la lógica de relés, y posteriormente la del controlador programable.

3. 1. INTRODUCCIÓN AL CONTROL PROGRAMABLE

La mayor parte de los procesos de fabricación que tienen como finalidad la creación de un producto, requieren la ejecución de una secuencia de operaciones. Ésto es cierto en la fabricación de piezas discretas.

El secuenciamiento de las operaciones puede realizarse manualmente o con ayuda de algún tipo de controlador. Este secuenciamiento se realizaba mediante un banco de relés conectados de modo que realicen una sola tarea. A causa de ello, en gran número de industrias se tenía conocimiento de este tipo de lógica, sin embargo, puesto que esta lógica tiene serios inconvenientes, como la dificultad para el análisis y diagnóstico de fallos y para la modificación, se hizo evidente la necesidad de un sistema más estandarizado y fiable. Estos hechos, junto con la aparición y extensión de las funciones lógicas implementadas mediante tecnología de semiconductores dieron como resultado el desarrollo del *controlador programable*. Puesto que se conocía tan bien la lógica de relés, los técnicos que diseñaron el controlador programable lo hicieron de modo que pudiera utilizarse el mismo "lenguaje" y los mismos diagramas serie-paralelo de la lógica de relés. Ésto les permitió a los técnicos empezar a programar y utilizar el controlador programable (CP) con muy poco entrenamiento previo.

3. 2. ¿QUE ES UN CONTROLADOR PROGRAMABLE?

Un controlador programable puede ser definido como un dispositivo electrónico con una memoria interna en la cuál se pueden almacenar instrucciones mediante programación, para controlar varias máquinas y/o procesos a través de sus módulos de entrada y salida.

Los controladores programables son empleados ampliamente como los principales dispositivos en sistemas de automatización. Son esenciales para la producción automatizada, el ahorro de trabajo, seguridad en su operación, abatimiento y alto rendimiento en los costos de producción y un mejoramiento en la calidad del producto final. Los controladores programables pueden ser utilizados en una amplia gama de configuraciones desde el control sistemático de una planta de producción, hasta incluso configuraciones aisladas de máquinas de control individual.

Un controlador programable opera con dos tipos de entradas de instrucciones procedentes de: botones, selectores y switches que en general se encuentran en el panel de operación, y las entradas

por sensores son procedentes de interruptores de límite, sensores de proximidad y fotosensores, los cuales determinan el estado de operación de la máquina. En respuesta a estas entradas el controlador programable controla dos tipos de cargas:

1. Cargas de control como electroválvulas motores contactores y clutches electromagnéticos.
2. Cargas indicadoras como lámparas piloto y displays digitales.

La relación entre las señales de entrada y las señales de salida es determinada por el contenido del programa almacenado en el controlador programable, éste es capaz de manejar directamente pequeñas cargas como las mencionadas anteriormente, sin embargo, para activar una carga mayor como un motor trifásico se debe emplear un relevador o contactor intermedio.

Un controlador programable dentro de si mismo tiene capacidad para manejar relevadores internos, timers, contadores, secuenciadores, y registros de corrimiento como funciones básicas.

Los controladores cuentan con LED'S indicadores del estado de sus entradas y así el diagnóstico del estado de los elementos asociados como son los pushbottons, sensores, bobinas de electroválvulas, arrancadores etc. Por otra parte, también cuentan con led's indicadores de estado de los principales elementos del PLC, como son el estado de la batería que respalda la memoria RAM, o bien, si existe un error del programa, éste será indicado por otro led e incluso se indicará cuando se detecte un problema en la unidad central de proceso.

Con respecto a su programación podemos decir que realmente es fácil poder hacerlo, ya que desde su diseño se penso en que el personal directamente relacionado con ello serían eléctricos y personal de mantenimiento, y un elemento en el cual están familiarizados ellos es el tradicional diagrama de escalera, por esta razón se diseño el modo de programación basado en diagramas de este tipo, y realizando su codificación a funciones de lógica booleana.

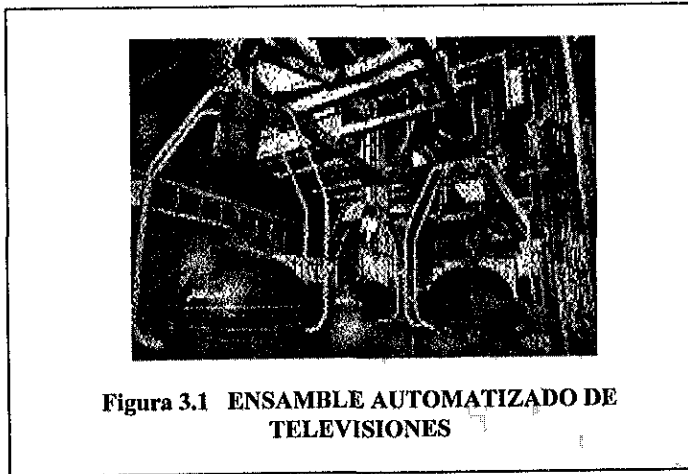
3. 3. CARACTERÍSTICAS MAS SOBRESALIENTES

1. Poseen un tamaño menor a los que están siendo controlados con relevadores.
2. Gran flexibilidad para efectuar modificaciones y actualizaciones
3. Es sumamente sencillo detectar y corregir fallas.
4. Resulta más económico sistemas mayores de 10 E/S (Entradas y Salidas).
5. Capacidades adicionales.
 - * **Comunicación.**
 - * **Control de servomotores.**
 - * **Variables analógicas.**
6. Programación desde una computadora personal.

3. 4. PROPÓSITO DE UN PLC

Un cerebro flexible compacto y confiable.

...Para la automatización de las operaciones de maquinado, ensamble, transporte, prueba y empaque (Ver figura 3.1).



3. 5. TIPOS DE ENTRADAS

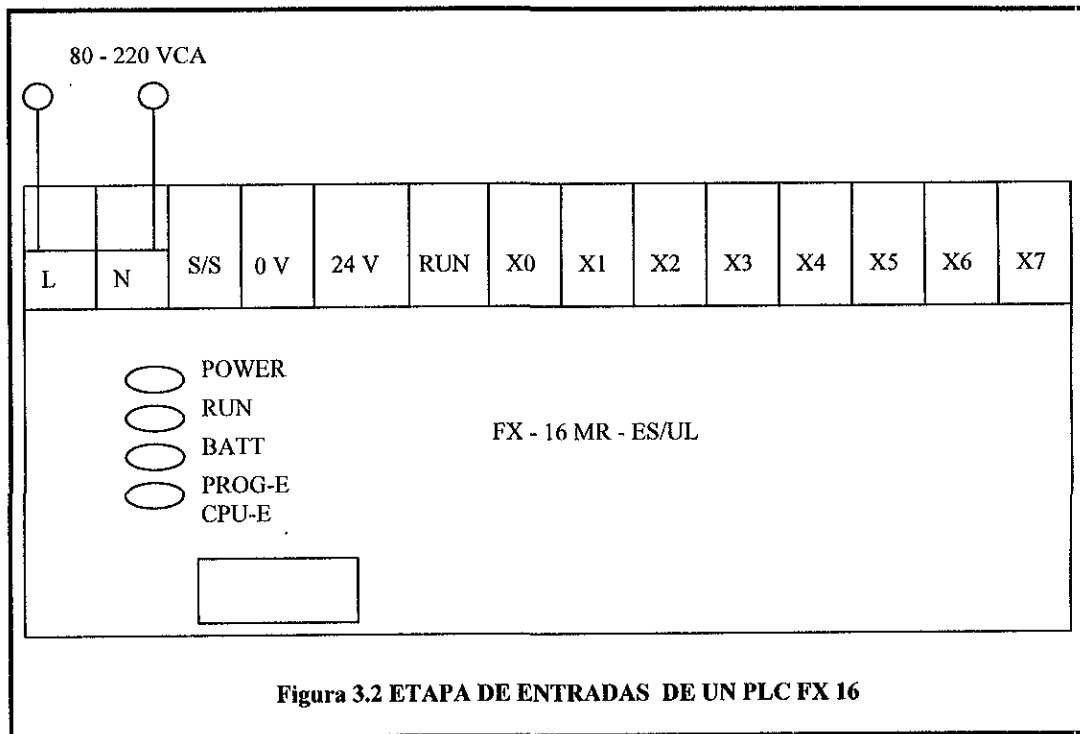
Un controlador programable funciona de acuerdo a dos tipos de entradas:

***ENTRADAS POR INSTRUCCIONES**

Generadas de botones, switches, selectores y switches digitales desde panel del operador.

***ENTRADAS POR REGISTRO DE EVENTOS**

Tales como switchwes de límite, de proximidad, fotosensores, los cuales detectan el estado de operación de una máquina en un momento dado (Ver figura 3.2).



En respuesta a estas entradas, los controladores programables controlan dos tipos de respuesta:

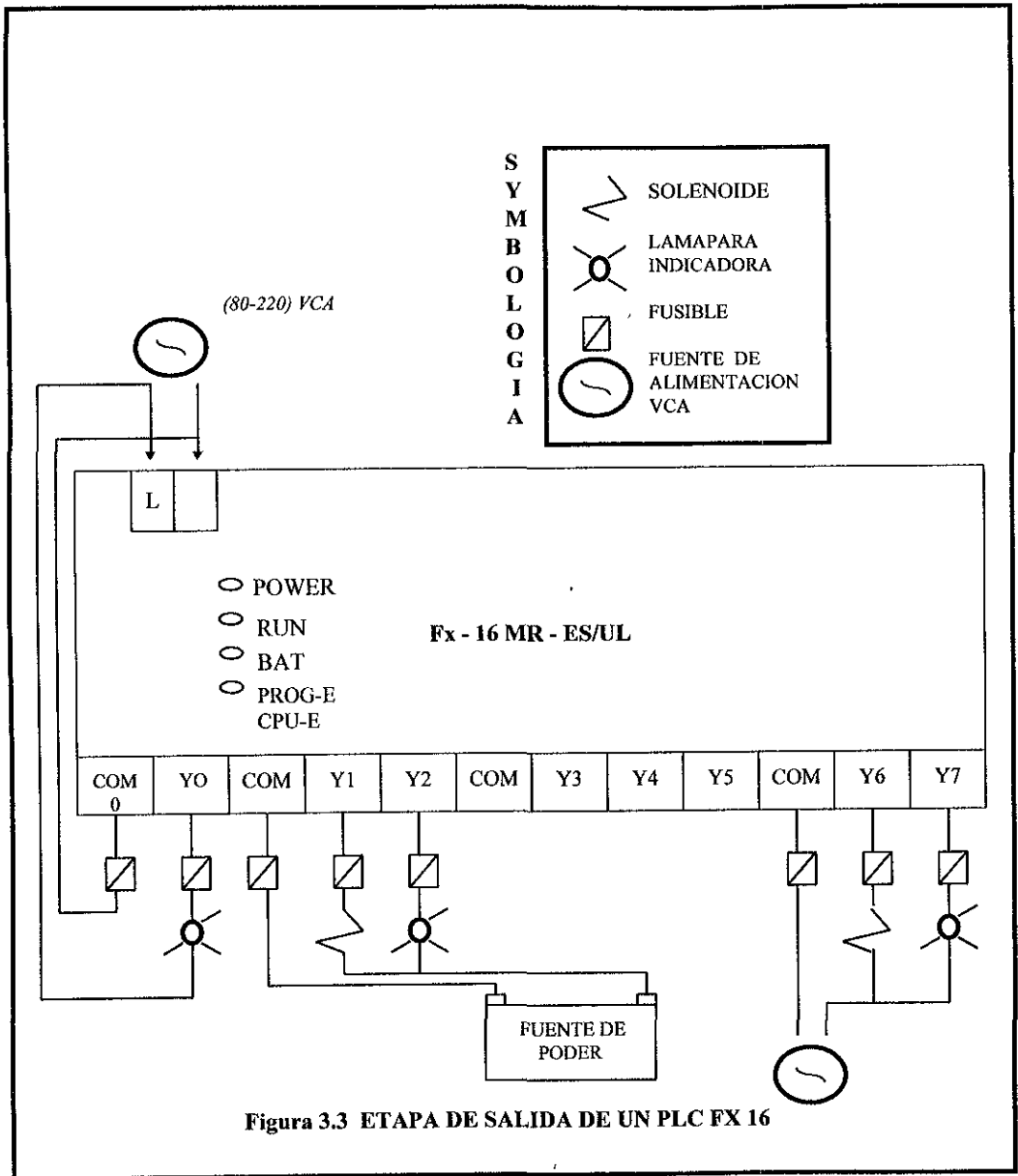
3. 6. TIPOS DE SALIDAS

* RESPUESTA DE MANEJO

De válvulas, solenoides, motores, y clutch electromagnéticos.

* RESPUESTA DE INDICADORES

Como en lamparas piloto y desplegados digitales (Ver figura 3.3).



La relación entre las señales de salidas y las de entradas. Es determinado por el contenido de un programa almacenado en el controlador programable. El controlador programable es capaz de manejar directamente cargas de luz, pequeñas válvulas solenoides, y lamparas piloto. Sin embargo, una gran carga como por ejemplo la de un motor eléctrico de tres fases o un válvula solenoide de mayor capacidad, es necesario manejarla utilizando un contacto o relevador intermedio.

Los contactores, relevadores intermedios y el interruptor de carga son montados junto con el controlador programable dentro de un gabinete de control.

3. 7. CONFIGURACIÓN

Un controlador programable es una minicomputadora industrial que costan de bases de operación, ciclo de operación interno, procesamiento de programa, procesamiento de salida, tipos de relevadores y timers (Ver figura 3.4).

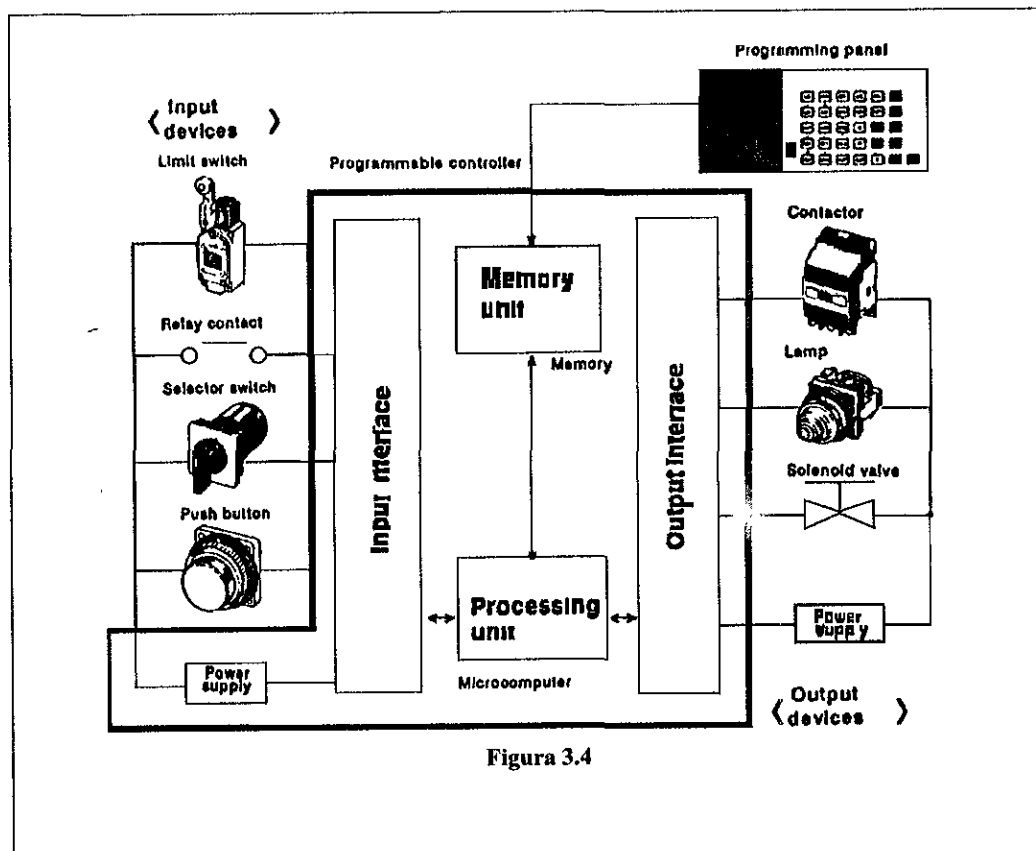


Figura 3.4

3. 7. 1. BASES DE OPERACIÓN

1. Un controlador programable esta constituido de circuitos electrónicos, los cuales están basados en una unidad de memoria y un microcomputador.
2. Las interfaces (o canales de comunicación)de entrada y salida han sido diseñadas e instaladas para entrelazar los dispositivos de entrada y salida de los circuitos eléctricos internos.
3. El programa se escribe en la memoria del controlador programable por el programador.

3. 7. 2. CICLO DE OPERACIÓN INTERNO

Antes de que las instrucciones del programa sean ejecutadas, el PLC lee el estado (ON/OFF) de todas las terminales de entrada y crea una imagen de estas condiciones (entradas) en sus localidades de memoria.

Cuando un contacto de entrada cambia de OFF a ON y luego de ON a OFF existe un retardo en la respuesta de aproximadamente 10 mseg debido a la existencia de un filtro de entrada.

3. 7. 3. PROCESAMIENTO DE PROGRAMA

El PLC lee la condición de todos los elementos de la imagen de memoria de entrada y además de otros elementos internos, y luego ejecuta las operaciones y registra los resultados de acuerdo a las instrucciones del programa.

Como resultado, el valor de la imagen de cada uno de los elementos cambia según el programa que va siendo ejecutado.

Las operaciones de salida de los relevadores internos son determinadas por los contenidos de la imagen de memoria de salida.

3. 7. 4. PROCESAMIENTO DE SALIDAS

Cuando todas las instrucciones han sido ejecutadas, las condiciones (ON/OFF)de la imagen de memoria de salidas, son transferidas al contacto de salidas del PLC.

3. 7. 5. TIPOS DE RELEVADORES Y TIMERS

Un PLC es como una colección de timers y relevadores.

Un gran número de relevadores, timers y contadores están interconstruidos dentro del controlador programable, cada uno con un número de contactos limitados; normalmente abiertos y normalmente cerrados. La secuencia del circuito esta compuesta por conexiones entre estos contactos y las bobinas.

3. 8. ALAMBRADO E INSTRUCCIONES

3. 8. 1. ALAMBRADO

El alambrado de entradas y salidas a de ser conectado en la forma tradicional, utilizando pinzas y desarmadores.

Por otro lado, el complejo alambrado interno es fácilmente manejado, almacenando un programa desde el teclado (Ver figura 3.5).

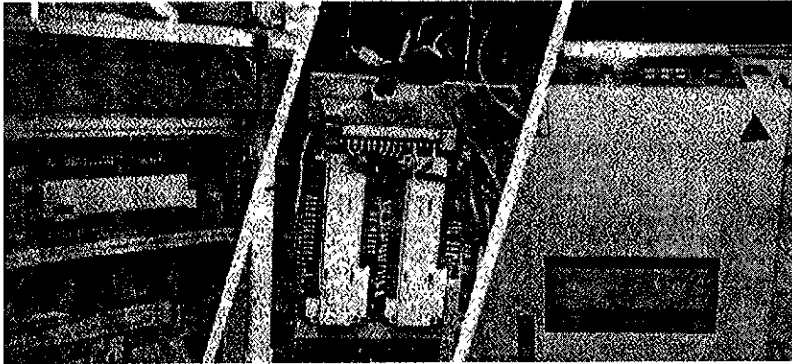


Figura 3.5 ALAMBRADO DE UN PLC DENTRO DE SU GABINETE DE CONTROL EN UN PROCESO INDUSTRIAL

3. 8. 2. INSTRUCCIONES Y PROGRAMAS

* CONFIGURACIÓN DE UN PROGRAMA

- Un programa esta conformado de muchas instrucciones. Las instrucciones están ordenadas por número de pasos. La secuencia de ejecución se basa en el número de paso.
- Una instrucción en su mayoría esta compuesta por dos elementos, estos son un “mnemónico” de la instrucción y un número de elemento. El mnemónico es también conocido simplemente como instrucción.
- Todas las instrucciones que se encuentren entre el paso cero y la instrucción END son ejecutadas repetidamente. Esto se conoce como “ciclo de procesamiento” y el tiempo necesario para acompletar estos ciclos es el “tiempo de rastreo”.
- La serie FX maneja 2000 pasos, expandibles hasta 8000. Esta característica es conocida como capacidad de programación (Ver figura 3.6).

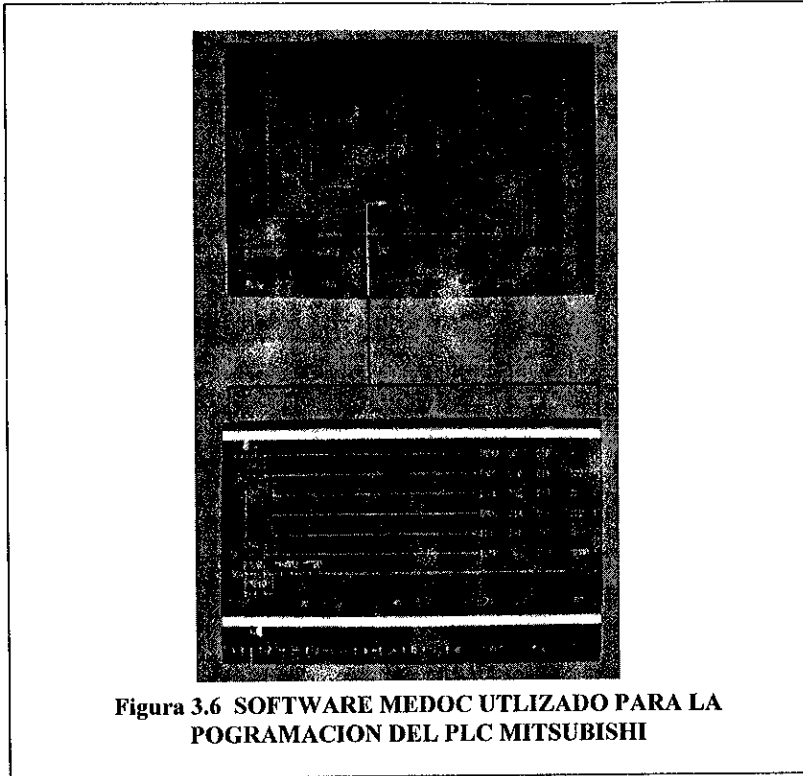


Figura 3.6 SOFTWARE MEDOC UTILIZADO PARA LA PROGRAMACION DEL PLC MITSUBISHI

3. 8. 3. PROGRAMA Y MEMORIA

La parte del controlador programable que almacena las instrucciones es la memoria del programa. Los siguientes son los tres tipos de memoria para programa (Ver figura 3.7).

* **MEMORIA RAM** (respaldada por una batería interna)

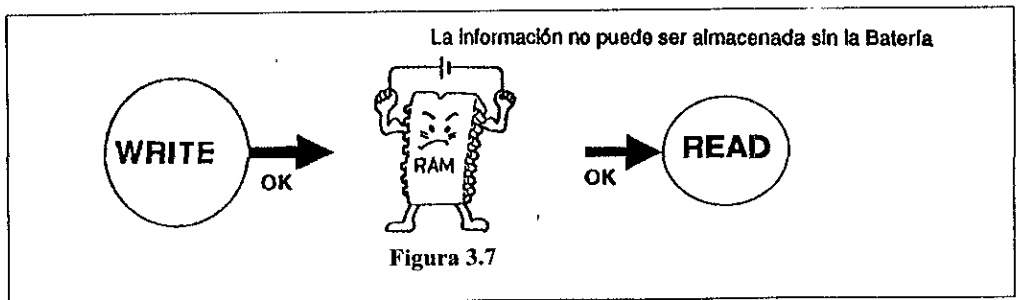
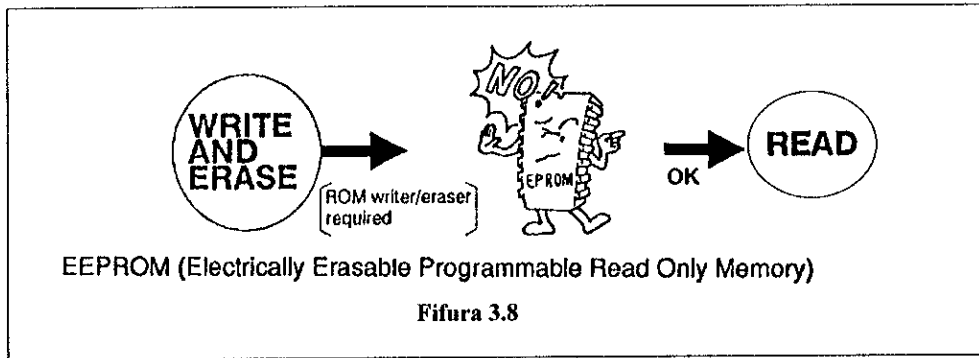


Figura 3.7

Tanto la memoria Ram como la batería se encuentra dentro del PLC. Este tipo de memoria de lectura y de escritura, de tal forma que los cambios de un programa dentro de sus ejecuciones de prueba son realmente simple operaciones (Ver figura 3.8).

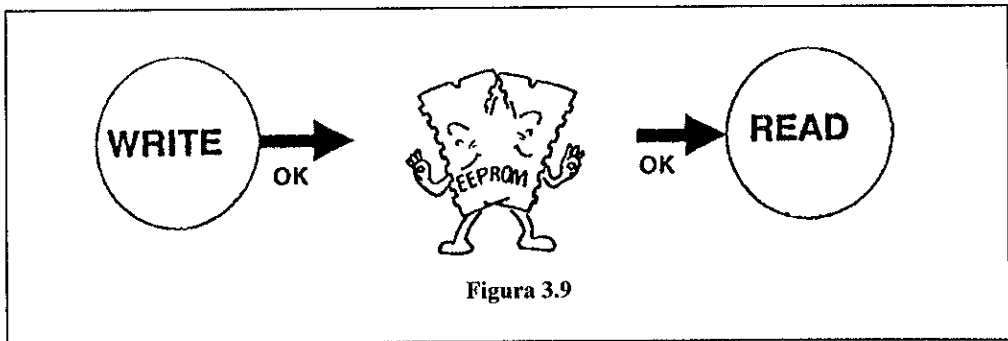
* **MEMORIA EPROM** (Erasable Programmable Read Only Memory)



Este tipo de memoria requiere de un dispositivo especial para grabar el contenido de la misma. No requiere de una batería para su funcionamiento. Esta memoria viene en forma de chip, así la operación de un PLC puede ser modificada, simplemente cambiando el chip.

* **MEMORIA EEPROM**(Electrically Erasable Programmable Read only Memory)

Este otro tipo de memoria no requiere de un dispositivo especial para escribir o borrar la información, y tampoco requiere de una batería para mantener la información almacenana; también viene en forma de chip (Ver figura 3.9).



3. 9. PRINCIPALES HERRAMIENTAS DE PROGRAMACIÓN

3. 9. 1. EL PANEL DE PROGRAMACIÓN (PP).

Este puede ser conectado directamente al PLC o conectado a través de un cable de extensión. Contiene funciones de monitoreo para revisar el estado interno del PLC durante su operación.

3. 9. 2. PROGRAMADOR GRÁFICO (GRAPHIC PROGRAMAR).

Este es un dispositivo que utiliza un monitor "Tubo de Rayos Catódicos" (CRT) y puede contener funciones de grabado de chips. Esta basado en un sistema operativo parecido al MSDOS que utilizan las computadoras personales, el CPM, además tiene un interfaz a impresora.

Algunas características sobresalientes son:

- De uso rudo o de ambiente industrial.
- Almacenamiento del programa en diskette de 3 1/2.
- Funciona para todos los PLC's.
- Excelente en arranque de nuevas instalaciones.
- Capacidad para detección de errores.
- Configuración de memoria. (Ver figura 3.10).

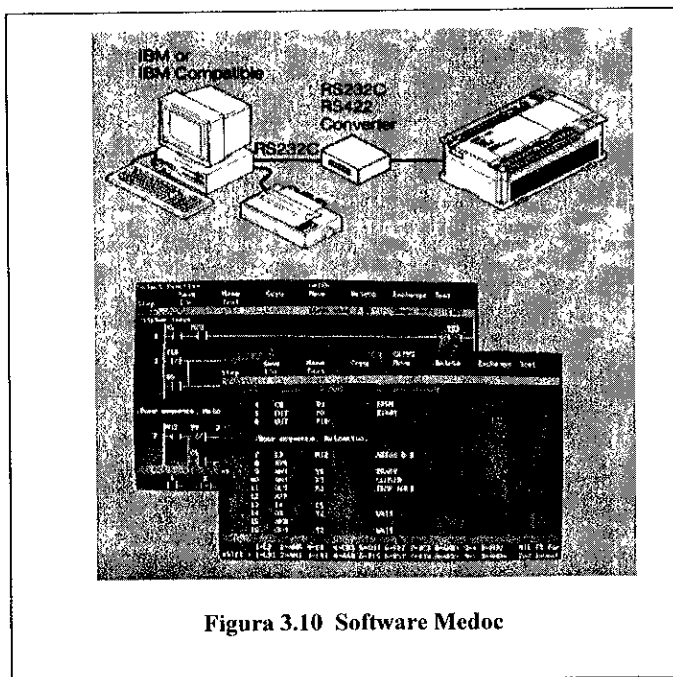


Figura 3.10 Software Medoc

3. 9. 3. PROGRAMA MEDOC (MITSUBISHI ELECTRONICS DOCUMENTATION PROGRAM).

Para ambientes MSDOS, totalmente gráfico, además posee funciones de inclusión de comentarios ,administración de proyectos, útilerías de transferencia de y hacia el PLC, además de las ventajas de la documentación de cada programa. Contiene un procesador de textos, monitoreo en un tiempo real de la operación del PLC, forzamiento de E/S's (Ver figura 3.11).

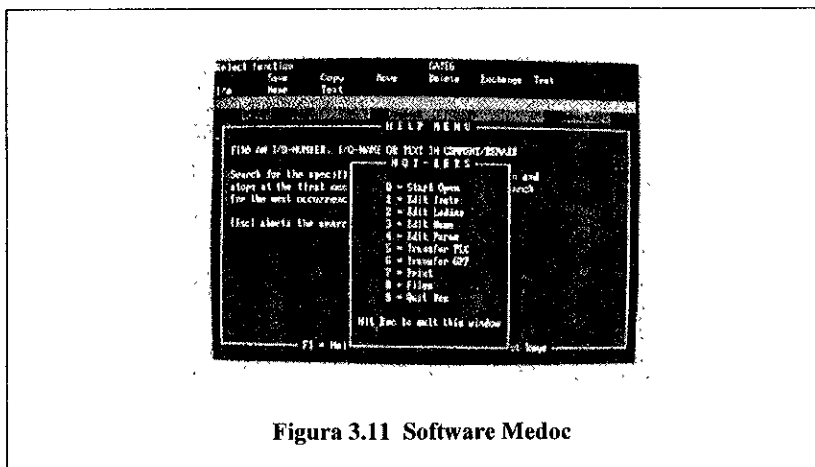


Figura 3.11 Software Medoc

3. 10. VENTAJAS DE UTILIZAR UN PLC

3. 10. 1. BENÉFICO DE UTILIZAR UN PLC

* **ECONOMÍA** : Comparativamente a una caja de controles actual, de más de 10 reguladores, un PLC resulta más económico

* **DISEÑO SIMPLIFICADO** : Poseedor de un diseño altamente reducido gracias a las reducciones de sus componentes, facilidad en las secuencias de programación y menos tiempos de ajuste durante las corridas de prueba.

* **RÁPIDA INSTALACIÓN** : Una significativa reducción en el tiempo debido al vano número de componentes, obtención en paralelo del control tanto del PLC como de la máquina y operaciones simplificadas de alambrado.

* **COMPACTO Y ESTANDARIZADO** : Considerablemente más compacto que la caja del control actual. Es posible producir en serie, debido a la repetición en el uso del programa.

* **CONFIABILIDAD MEJORADA** : Reduce tiempos de falla de timer's y relevadores. Uso confiable después de los ajustes finales en un programa.

* **REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE MANTENIMIENTO** : Muy pocas partes son sujetas, además de que han adicionado funciones de diagnóstico. Esto generalmente reduce el tiempo requerido (Ver figura 3.12).



Figura 3.12. ALAMBRADO DE GABINETES DE CONTROL PARA UN PROCESO INDUSTRIAL

3. 10. 2. COMPARACIÓN ENTRE UN CONTROL TRADICIONAL POR RELEVADORES Y UN CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE (Ver tabla 3.1).

TABLA COMPARATIVA

| CARACTERÍSTICAS | CONTROL POR RELEVADORES | CONTROL MEDIANTE UN PLC |
|---------------------------------|--|---|
| FUNCIONES | ? Sólo un gran número de relevadores permiten un control complejo. | Si Un control por programación permite cualquier grado de complejidad. |
| FLEXIBILIDAD | No El alambrado interno debe ser cambiado. | Si La parte de control puede ser libremente alterada, simplemente modificando el programa. |
| CONFIABILIDAD | ? Sujeto a contactos eléctricos defectuosos y restricciones de vida útil, pero ésto puede ser aceptable. | Si Alta confiabilidad ya que sólo puede ser libremente alterada, simplemente modificando el programa. |
| ADAPTABILIDAD | No Una vez completado un sistema de este tipo, no puede ser usado para ,otra aplicación de control. | Si Adaptable a cualquier sistema de control mediante un nuevo programa. |
| EXPANDIBILIDAD | No Dificultad para su expansión o modificación. | Si Puede ser libremente expandido hasta su capacidad total. |
| FACILIDAD EN SU MANTENIMIENTO | ? Requiere de inspecciones regulares y del reemplazo de partes dañadas o por dañarse. | Si Las reparaciones se completa simplemente reemplazando la unidad dañada, sin tener |
| TAMAÑO | ? Normalmente muy grande | Si Unidades complejas y sofisticadas, por diseño muy reducidas. |
| DISEÑO Y PERIODO DE MANUFACTURA | No Largos periodos son requeridos para la producción de un gran número de diagramas complejos, partes en almacén y operaciones de prueba. | Si Un diseño simple aun para un control complejo prácticamente no es requerida la participación del fabricante en el arranque de un sistema. |
| CONSUMO DE ENERGÍA | Calentamiento excesivo | De 20 a 60 wats. |

TABLA 3.1

3. 11. FORMATO DE INSTRUCCIÓN

3. 11. 1. FORMATO BÁSICO DE DATOS E INSTRUCCIONES

* BINARIOS Y OCTALES.

El binario como se explico es perfecto para las máquinas, pero tanto "1s" y "0s" nos hacen difícil y confuso el trabajar con ellos. Un método intermedio es el de utilizar un sistema octal.

Un dígito octal tiene solo 8 guarismos (del 0 al 7), los números mayores son llevados al siguiente dígito. Por ejemplo, para el caso del octal 8, su representación en octal es 10. Este sistema tiene la ventaja de que cada dígito octal puede ser representado por un grupo de 8 bits binarios (1 palabra de 8).

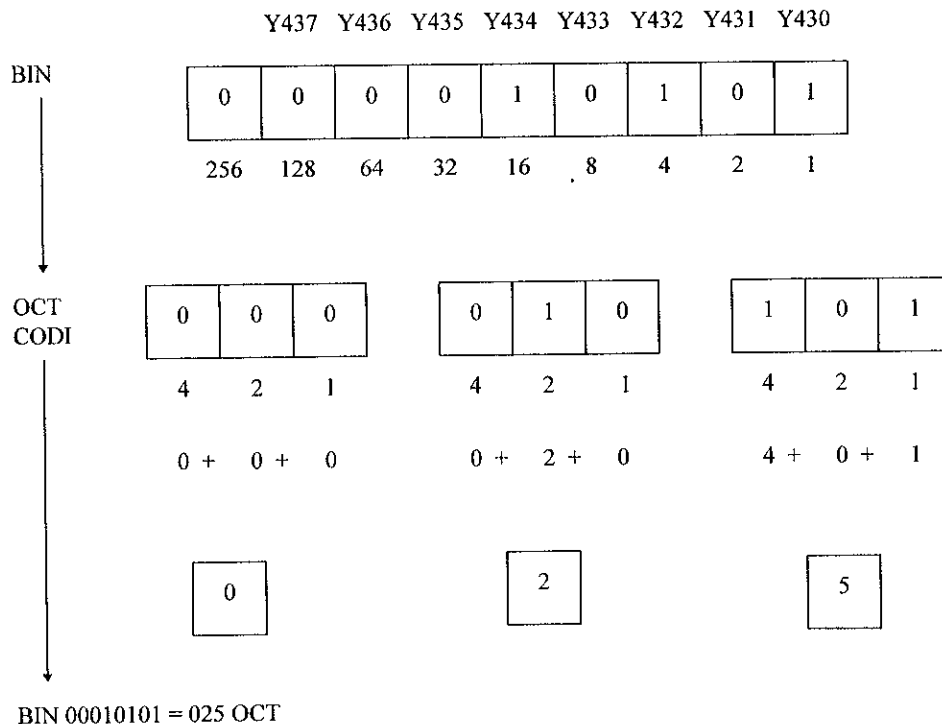


Figura 3.13 DIAGRAMA DE CONVERSIÓN BINARIO A OCTAL

Como se muestra en la **figura 3.13**, la conversión a octal desde un número binario se realiza sumando el peso de cada uno de los bits, arreglados en grupos de 3. Así al escribir el octal 25 a las

salidas Y0-Y7 provoca que switches Y0, Y2 y Y4 sean encendidos (o energizados). Trabajar con el número 25_8 es mucho más fácil que con el 00010101_2 .

3. 12. INTRODUCCIÓN A LA INSTRUCCIONES BÁSICAS DE SECUENCIA

3. 12. 1. Tipo (según su sintaxis)

- 1.- Instrucciones de “contactos”(incluye un número de elementos).
- 2.- Instrucciones de “bobina”(incluye un número de elemento).
- 3.- Instrucciones sin número (de elemento).

3. 13. LISTA DE INSTRUCCIONES BÁSICAS

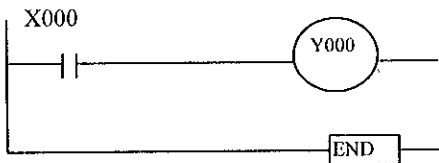
LD
LDI
OUT
AND
ANI
OR
ORI
ORB
ANB
MPS
MRD
MPP
MC
MCR
SET
RST
PLC
PLF
NOP
END

3. 13. 1. LD (LOAD)

Esta función sirve para unir un contacto normalmente abierto al bus. Aplicable a dispositivos X (entradas), Y (salidas), M (bobinas auxiliares), S, T (timers) y C (contadores).



| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| X | Y | M | S | T | C |
| | | | | | |



| Program step number | Instruction | Device number |
|---------------------|-------------|---------------|
| 0 | LD1 | X000 |
| 1 | OUT | Y000 |
| 2 | END | |

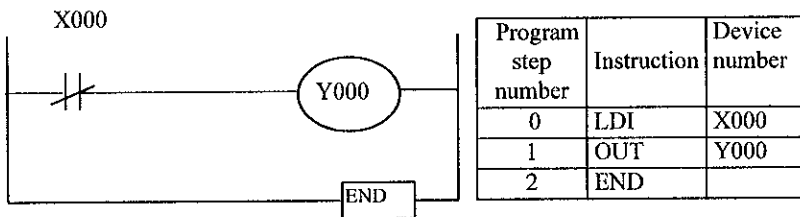
3. 13. 2. LDI (LOAD INVERSE)

Esta función sirve para unir a un contacto normalmente cerrado al bus. Aplicable a dispositivos X (entradas), Y (salidas), M (bobinas auxiliares), S, T (timers) y C (contadores).

LDI



| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| X | Y | M | S | T | C |
| | | | | | |



| Program step number | Instruction | Device number |
|---------------------|-------------|---------------|
| 0 | LDI | X000 |
| 1 | OUT | Y000 |
| 2 | END | |

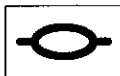
3. 13. 3. OUT (OUT)

Esta función sirve para energizar una bobina o una salida de PLC.

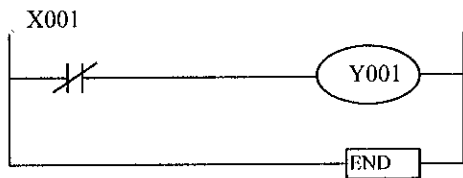
Notas:

- LD y LDI se aplican a los tipos de contactos, X (entradas), Y (salidas), M (bobinas auxiliares), S, T (timers) y C (contadores).
- OUT se aplica a los tipo, X (entradas), Y (salidas), M (bobinas auxiliares), S, T (timers) y C (contadores).

OUT



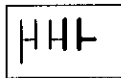
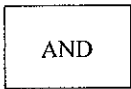
| X | Y | M | S | T | C |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |



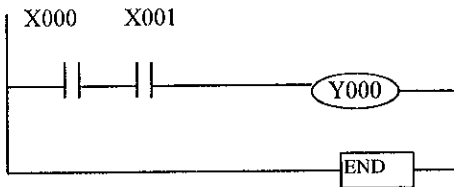
| Program step number | Instruction | Device number |
|---------------------|-------------|---------------|
| 0 | LDI | X001 |
| 1 | OUT | Y001 |
| 2 | END | |

3. 13. 4. AND (AND)

Esta función sirve para unir un contacto normalmente abierto en serie. Aplicable a dispositivos X (entradas), Y (salidas), M (bobinas auxiliares), S, T (timers) y C (contadores).



| X | Y | M | S | T | C |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |



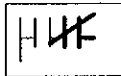
| Program step number | Instruction | Device number |
|---------------------|-------------|---------------|
| 0 | LD | X000 |
| 1 | AND | X001 |
| 2 | OUT | Y000 |
| 3 | END | |

3. 13. 5. ANI (AND INVERSE)

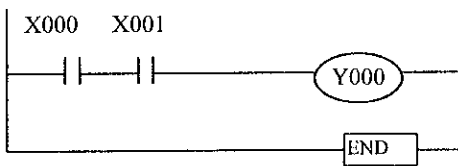
Esta función sirve para unir un contacto normalmente cerrado en serie. Aplicable a dispositivos X (entradas), Y (salidas), M (bobinas auxiliares), S, T (timers) y C (contadores).

Aunque no existe limitación en el número de contactos a conectar en serie, se recomienda que cada línea contenga hasta 10 contactos y una bobina y que el número de líneas para las salidas continuas sea de 24 líneas.

ANI



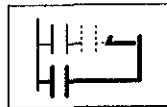
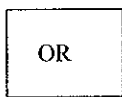
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| X | Y | M | S | T | C |
| | | | | | |



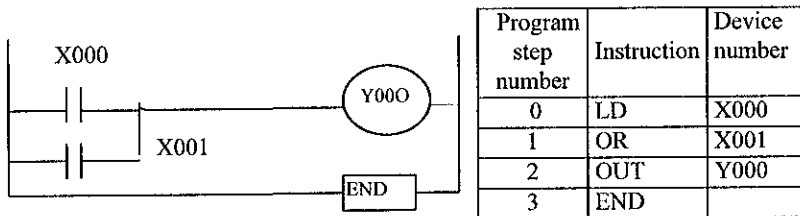
| Program step number | Instruction | Device number |
|---------------------|-------------|---------------|
| 0 | LD | X000 |
| 1 | AND | X001 |
| 2 | OUT | Y000 |
| 3 | END | |

3. 13. 6. OR(Or)

Esta función sirve para unir un contacto normalmente abierto en paralelo. Aplicable a dispositivos X (entradas), Y (salidas), M (bobinas auxiliares), S, T (timers) y C (contadores).



| X | Y | M | S | T | C |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |



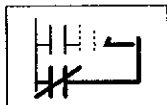
| Program step number | Instruction | Device number |
|---------------------|-------------|---------------|
| 0 | LD | X000 |
| 1 | OR | X001 |
| 2 | OUT | Y000 |
| 3 | END | |

3. 13. 7. ORI (Or inverse)

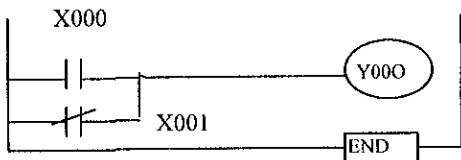
Esta función sirve para unir un contacto normalmente cerrado en paralelo. Aplicable a dispositivos X (entradas), Y (salidas), M (bobinas auxiliares), S, T (timers) y C (contadores).

Aunque no existe limitación en el número de conexiones en paralelo, la pantalla de programación o la impresora no será capaz de desplegar o imprimir el programa si se excede el límite del hardware, es decir 24 líneas.

ORI



| X | Y | M | S | T | C |
|---|---|---|---|---|---|
| ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ |

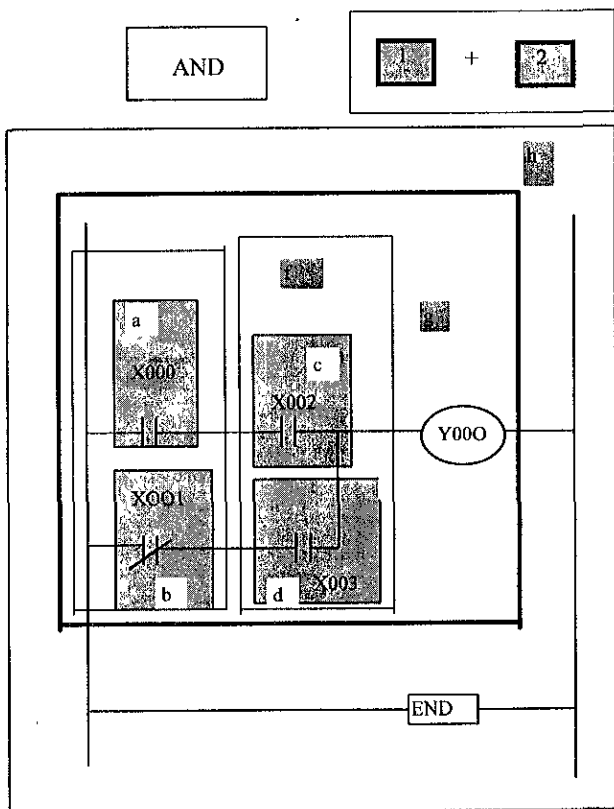


| Program step number | Instruction | Device number |
|---------------------|-------------|---------------|
| 0 | LD | X000 |
| 1 | ORI | X001 |
| 2 | OUT | Y000 |
| 3 | END | |

3. 12. 8. ANB (And block)

Conecta bloques de circuitos paralelos, una de estas instrucciones se utiliza para el bloque de circuitos precedente, esta instrucción puede ser utilizada tantas veces sea necesaria. Cada instrucción OR (ORI) conecta el número de elementos especificados en paralelo con el de LOAD INVERSE (LDI) la cual le precede inmediatamente.

Aplicable a dispositivos X (entradas), Y (salidas), M (bobinas auxiliares), S, T (timers) y C (contadores).



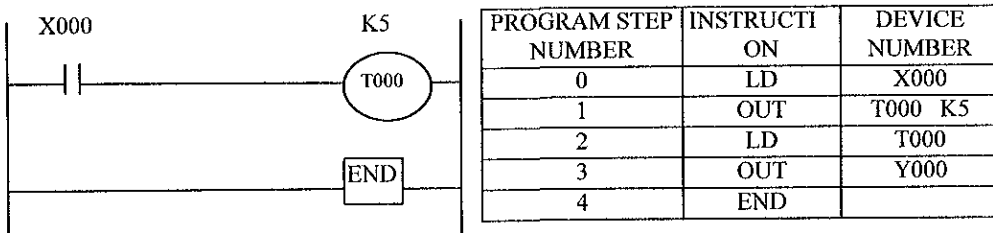
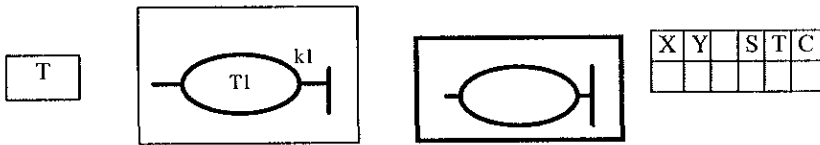
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| X | Y | M | S | T | C |
| | | | | | |

| BLOCK IDENTIF | NUMBER | Instruction | Device number |
|---------------|--------|-------------|---------------|
| a | 0 | LD | X000 |
| b | 1 | ORI | X001 |
| c | 2 | LD | X002 |
| d | 3 | OR | X003 |
| e+f=g | 4 | AND | |
| h | 5 | OUT | Y000 |
| | 6 | END | |

3.13.9. TIMERS

Un timer es un dispositivo, el cual permite un retardo de tiempo entre dos eventos, antes de su activación. Un timer contará un número predeterminado de unidades de tiempo antes de activar los dispositivos a controlar.

Aplicable a dispositivos X (entradas), Y (salidas), M (bobinas auxiliares), S, T (timers) y C (contadores).



3. 13. 10. Instrucciones internas

* MPS (Push-empuja)

Push Down stack

*MRD (Read-Lee)

Read From stack

*MPP (Pop-Saca/Bota)

Pop Up stack

Este grupo de instrucciones permite que condiciones del circuito sean almacenadas en un área de memoria temporal de forma que su utilización en conexiones posteriores del circuito puedan efectuarse.

El PLC tiene 11 áreas de memoria llamadas STACK, en donde el resultado de estas operaciones es almacenado temporalmente. Cuando se ejecuta una instrucción MPS el resultado de la operación en este momento es almacenado en la primera posición del stack. Cuando se ejecuta otra instrucción MPS, nuevamente el resultado actual es puesto en la primera posición de stack. El valor previamente contenido es desplazado a la siguiente posición. Esto permite manejar salidas múltiples anidadas.

El dato en esta primera posición, indica al PLC en donde el siguiente dispositivos deberá ser conectado dentro del circuito de escalera.

Una instrucción MMP desplaza los datos al stack hacia la última posición, por lo que los datos leídos en la primer posición son leídos y eliminados en la misma operación.

Una instrucción MRD se usa para leer el último dato del stack. Al usarla se ejecuta algún corrimiento ante los registro de stack. No existe número de dispositivos asociados a estas instrucciones.

3. 13. 11. MC (Master Control)

Indica el inicio de conexión en serie común con un contacto normalmente abierto.

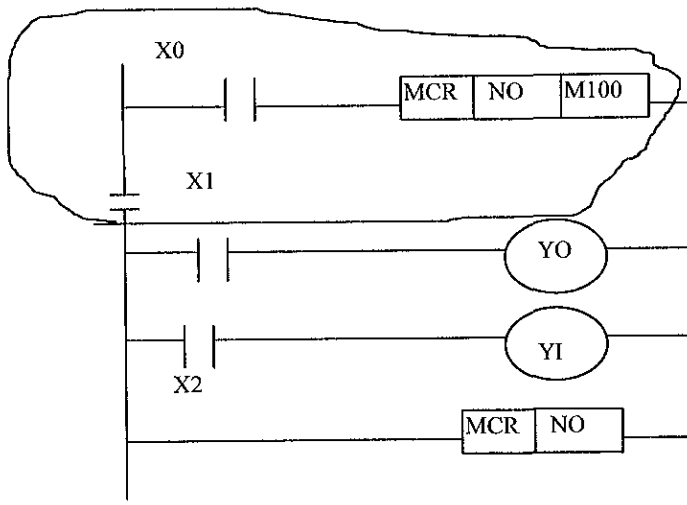
3. 13. 12. MCR (Master Control Reset)

Indica el final de un bloque de circuito conectado MASTER DE CONTROL.

Si una instrucción de master control se usada, subsecuentemente LD (LDI) se mueve después que el MC hace contacto. LD (LDI) puede ser regresado a su posición original con la instrucción MCR.

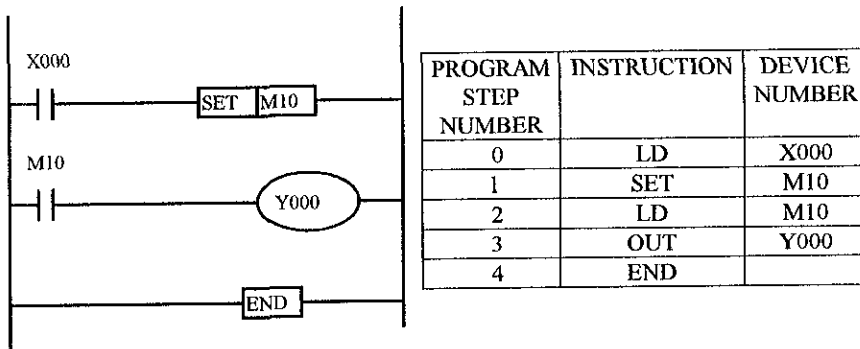
NOTA: La instrucción MC actúa como un grupo de interruptores los cuales pueden apagar (OFF) todo el equipo eléctrico en un cuarto por ejemplo. Notese aquí que es una buena costumbre de programación, el separar un grupo de operaciones de otro.

Una instrucción MC puede ser usada tanta veces como sea necesario cambiando números de dispositivos Y y M.



3. 13. 13. SET

Esta función sirve para establecer una condición de encendido que debe sostenerse mientras que no aparezca ninguna instrucción de RESET. Aplicable a dispositivos Y (salidas), M (bobinas auxiliares), S (registros), T (timers) y C (contadores)

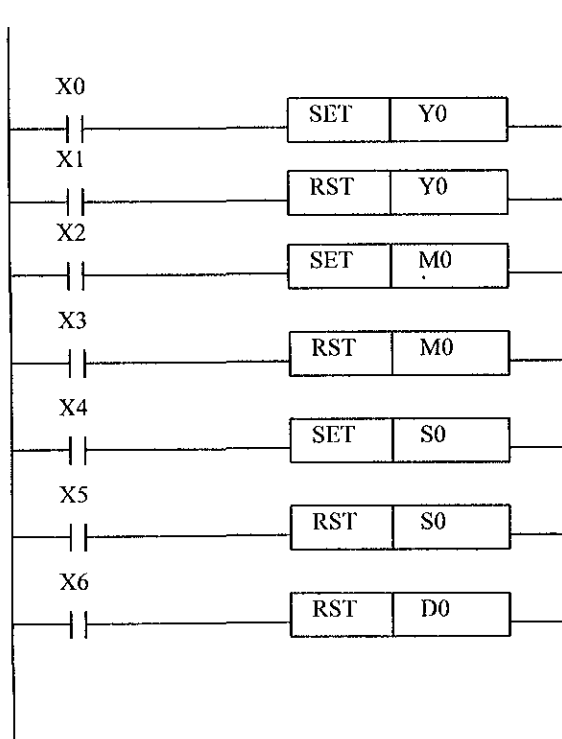


3. 13. 14. RST (RESET)

Esta función sirve para restablecer registro y para poner a OFF las condiciones de los dispositivos actuados y mantenidos con la instrucción SET.

Ambas instrucciones pueden ser utilizadas con el mismo dispositivo tantas veces sea necesario. Aunque existe orden para utilizarlo, la última instrucción ejecutada es la efectiva.

La instrucción RST puede ser usada para limpiar (llenar a ceros) el contenido de los siguientes registros D, V y S (ejemplo).

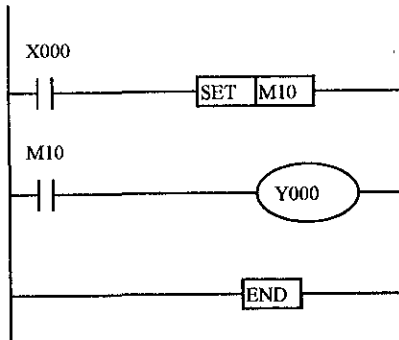


3. 13. 15. OUT/RST (contadores y timers)

* **OUT** : activador de una bobina de timers o contador.

* **RST** : restablecedor de la bobinas de timer o contador Los valores actuales (current values) son puestos a cero

Aplcable a dispositivos , Y (salidas), M (bobinas auxiliares), S, T (timers) y C (contadores)



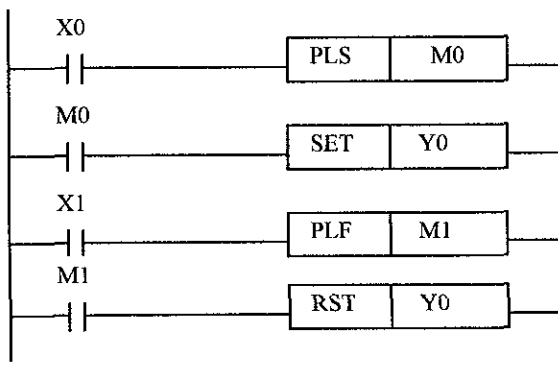
| PROGRAM STEP NUMBER | INSTRUCTION | DEVICE NUMBER |
|---------------------|-------------|---------------|
| 0 | LD | X000 |
| 1 | SET | M10 |
| 2 | LD | M10 |
| 3 | OUT | Y000 |
| 4 | LD | X001 |
| 5 | RST | M10 |
| 6 | END | |

3. 13. 16. PLS (leading pulse)

Esta función sirve para aplicar un pulso en una bobina es posible aplicarlo para el frente de subida de cualquier pulso de entrada. Aplicable a bobinas (M)

3. 13. 17. PLF (trailing pulse)

Esta función se aplica cuando se desea un pulso para el frente de bajada de un pulso de entrada. Aplicable a las misma bobinas (M).



3. 13. 18. NOP (no operation)

Cuando un programa se borra de la memoria del PLC, todas las instrucciones se convierte en NOP. El PLC ignora estas instrucciones, si están insertadas en medio de algún programa Sin embargo, las instrucciones NOP entre las instrucciones de un programa consumen pasos del programa (memoria) y por lo tanto deben ser evitadas en lo posible

NOP

NO AVAILABLE

NO AVAILABLE

| X | Y | M | S | T | C |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

3. 13. 19. END (end)

Esta función sirve para indicarle al PLC en donde acaba nuestro programa Las instrucciones posteriores a este elemento son ignoradas por el PLC

END



NO AVAILABLE

| X | Y | M | S | T | C |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

A continuación se hará una breve descripción de las características de los PLC marca Mitsubishi y en especial de la familia FX con el objeto de poner en manifiesto sus principales características técnicas.

3. 14. FAMILIA FX.

Para familiarizarse con los principios básicos de funcionamiento de los distintos tipos de PLC's que componen la familia FX.

3. 14. 1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- COMPACTO Y FLEXIBLE.
- DIRECCIONAMIENTO DE HASTA 256 I/O'S.
- FÁCIL DE INSTALAR.
- EQUIPADO CON FUENTE INTERNA DE 24VCD.
- MEMORIA EXPANDIBLE DE 2 HASTA 8K STEPS DE PROGRAMACIÓN.
- SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN AMIGABLE.
- PROGRAMACIÓN DESDE UNA PC O PROGRAMADOR MANUAL.
- MÓDULOS ESPECIALES.

3. 14. 2. DISEÑO COMPACTO Y FLEXIBLE

Su alta tecnología y diseño compacto dan como resultado un PLC de alta funcionalidad, flexible y de fácil manejo.

Gracias a su flexibilidad es posible configurar sistemas que van desde 14 I/O's hasta un máximo de 256 I/O's; todas direccionadas desde una unidad base.

3. 14. 3. DIRECCIONAMIENTO DE HASTA 256 I/O'S

Con la ayuda de módulos de expansión los PLC's FX pueden direccionar un máximo de 256 I/O's. Para ampliar la capacidad de su PLC, MITSUBISHI ofrece las siguientes opciones:

| MÓDULOS BASE | MÓDULOS DE ENTRADAS | SALIDAS: | MIXTOS: |
|--------------|---------------------|----------|------------------|
| FX16MR | FX8EX | FX8EY | FX8EYX |
| FX24MR | FX16EX | FX16EY | 4 / I'S -4 / O's |
| FX32MR | | | |
| FX48MR | | | |
| FX64MR | | | |
| FX128MR | | | |

TABLA 3.2

3. 14. 4. FÁCIL DE INSTALAR

La instalación requiere de pocos elementos externos ya que el programa de un PLC MITSUBISHI sustituye gran parte de dispositivos tales como:

- Relevadores auxiliares.
- Timers.
- Contadores.

Dando como resultado una instalación menos compleja, más confiable y de bajo costo eliminando costosas y molestas instalaciones de control a relevador.

3. 14. 5. EQUIPADO CON FUENTE INTERNA DE 24 VCD.

Todos los PLC's de MITSUBISHI de la familia FX-ES a 200 mA. Gracias a ésto es posible excitar dispositivos externos que proporcionen señales de entrada al PLC.

Cabe mencionar su flexibilidad en la instalación, debido a que estos PLC's pueden recibir señales de dispositivos tipo PNP o NPN.

3. 14. 6. MEMORIA EXPANDIBLE DESDE 2K HASTA 8K PASOS DE PROGRAMACIÓN

Toda la serie FX cuenta con un comportamiento interno en el cual se coloca un pequeño cassette de memoria, estas memorias son intercambiables y tienen capacidades de almacenamiento que van desde 200, 400 hasta 8000 pasos de programación.

3. 14. 7. SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN AMIGABLE.

El software de programación Mitsubishi (MEDOC) cuenta con más 60 instrucciones de programación de uso sencillo y rápido.

A continuación enlistamos algunos elementos básicos de software:

| ELFEMENTO | CANTIDAD |
|----------------------|----------|
| Timers | 256. |
| Contadores | 256. |
| Registros de Datos | 512. |
| Registros Especiales | 2000. |
| Bobinas Auxiliares | 1024. |
| Bobinas Especiales | 256. |

TABLA 3.3

3. 14. 8. PROGRAMACIÓN DESDE UNA PC o PROGRAMADOR MANUAL

Los PLC's de Mitsubishi familias FX, cuentan con un puerto 422 para realizar comunicación con una PC. Vías internas (PCXKIT) 422-232.

La PC debe cumplir con los siguientes requisitos:

- 640 Kb de RAM.
- 10 Mb de Disco duro..
- Compatible con IBM..
- Sistema Operativo versión 3.2 en adelante.

Cumpliendo los requisitos anteriores el software de programación (MEDOC), puede ser cargado en su PC.

El programador manual es otra opción para programar, ya que cuenta con display de cristal líquido y un teclado que contiene todas las instrucciones de programación, adicionalmente permite monitorear y cambiar variables o modificar parte del programa si así lo desea.

3. 14. 9. MÓDULOS ESPECIALES

- Entradas Analógicas
- Salidas Analógicas.
- Entradas para Termopar tipos J, K y RTD PT100.
- Enlace Red.
- Contadores de Alta Velocidad 50khz.
- Conexión Puerto Paralelo.
- Control de Posición (Servo y Pasos).
- Comunicación con Cam Switch Electrónico (interruptor electrónico accionado por leva).

3. 15. El Nuevo Fxon MICRO_PLC

3. 15. 1. CARACTERÍSTICAS DEL FXON:

- Contadores de alta velocidad

5KHz. max. para 1 fase.

2KHz. max . para 2 fases.

- Fácil montaje a través de riel din.
- Alimentación de 120-240 VCA.
- Fuente de alimentación integrada que proporciona 24 VCD y 200 mA.
- Memoria EEPROM que elimina el uso de baterías.
- Cassettes de memoria tipo EPROM y EEPROM.
- Software de programación MEDOC, el cual es usado para programar todas las familias de PLC de Mitsubishi.

3. 15. 2. ESPECIFICACIONES

FXon

| ESPECIFICACIONES | FX0n |
|--------------------|------------|
| Max.I/O | 128 |
| Memoria | 2000 pasos |
| Cassettes de mem. | si |
| Relevadores aux. | 512 |
| Timers | 64 |
| Contadores | 32 |
| registros de datos | 256 |

TABLA 3.4

* Unidades base.

| | I | O | Tipo de I | Tipo de O |
|-----------------|----|----|------------------|-------------------|
| FXon-24MR-ES/UL | 14 | 10 | sink/source e | relevador |
| FXon-24MT | 14 | 10 | sink | transistor (sink) |
| FXon-40MR-ES/UL | 24 | 16 | sink/source e | relevador |
| FXon-40MT | 24 | 16 | sink | transistor (sink) |
| FXon-60MR-ES/UL | 36 | 24 | sink/source e | relevador |
| FXon-60MT | 36 | 24 | sink | transistor (sink) |

TABLA 3.5

* Bloques de extensión:

| | I | O | TIPO DE I | TIPO DE O |
|------------------|----|----|-------------|---------------------|
| FXon-8EX-ES/UL | 8 | -- | sink/source | |
| FXon-8EYR-ES/UL | -- | 8 | -- | relevador |
| FXon-8EYT-ESS/UL | -- | 8 | -- | Transistor (source) |
| FXon-EYT | -- | 8 | -- | Transistor (sink) |

TABLA 3.6

* Unidades de extensión:

| | I | O | TIPO DE I | TIPO DE O |
|-----------------|--------|----|------------------|-----------|
| FXon-40ER_ES/UL | 2 4 | 16 | sink/source e | relevador |

TABLA 3.7

*** Módulos especiales:**

| | DESCRIPCIÓN |
|-------------|----------------------------------|
| FXon-3A | 2 I / 1 O Analógica |
| FXon-16NT | Enlace con la red MELSECNET/Mini |
| FXon-232ADP | Puerto adicional RS-232 |
| FXon-65EC | Cable de extensión CPU ---> I/O |

TABLA 3.8

En el siguiente capítulo se mostrará una aplicación real de una machueladora para válvulas de presión con todos los pasos que se deben seguir en un proyecto de automatización, se debe conocer las fases del proceso en turno, así como la factibilidad, análisis de costos, relación costo-beneficio, entre otras, para poder saber si un PLC es la mejor opción para el proyecto.

ENOJARSE ES
FACIL, LO
DIFICIL ES
SABER
CUANDO
ENOJARSE

CAPITULO IV

Ejemplo de Automatización de un Machueladora para de Válvulas de Presión

IV EJEMPLO DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA MACHUELADORA PARA VÁLVULAS DE PRESIÓN

4. APLICACIÓN

Para llevar a cabo un proyecto de automatización es necesario conocer las fases del proceso en turno, así como la factibilidad, análisis de costos, relación costo- beneficio, entre otras.

Para ésto es necesario contemplar lo siguiente:

*** ESTUDIO TECNO-ECONÓMICO.**

- **Análisis del proceso.**
- **Verificación de requerimiento de (entradas y salidas).**
- **Funciones a realizar.**
- **Asignación de entradas y salida**
- **Levantamiento y Propuesta económica.**

2.- PROGRAMACIÓN.

3.- GABINETE Y ALAMBRADO.

4.- CONDICIONES DE OPERACIÓN.

5. NECESIDADES Y PROBLEMAS A LOS QUE SE ENFRENTA EL ÁREA DE DONDE SE REALIZO LA PRÁCTICA.

4. 1. ESTUDIO TECNO-ECONOMICO

4. 1. 1. ANÁLISIS DEL PROCESO

En este caso el proyecto se lleva a cabo dentro SCHRADER BELLOWS PARKER S.A. DE C.V. En el departamento de producción. Se trata de una Machueladora para reguladores de presión. El funcionamiento de esta aplicación consiste en automatizar la Machueladora que en un principio funcionaba con una serie de relevadores, y contactores que hacían funcionar 5 cilindros hidráulicos, los que al avanzar, hacían la rosca que debe llevar el regulador de presión, así como un cilindro neumático que la sujeta durante el proceso de perforación. Al observar que estos dispositivos presentaban desventajas en lo referente a su tiempo de vida y costo principalmente, se sugirió la implementación de un PLC por tratarse de un dispositivo que ocasionaría menor problema y con el cual podría darle a su proceso la opción de ser automático o manual.

4. 1. 2. VERIFICACIÓN DE REQUERIMIENTO DE ENTRADAS Y SALIDAS

*ELEMENTOS DE CONTROL

La Machueladora consta de un botón de encendido y apagado del motor hidráulico (Figura 4.1).

Un botón de encendido y apagado del soluble (Figura 4.1).

Dos botones hongos rojos para paro de emergencia. (Figura 4.2).

Un botón de hongo negro de inicio de proceso (Figura 4.3).

Un botón hongo negro para accionamiento del pistón neumático (Figura 4.3).

Un botón rasante rojo para entrada de pistón manual (Figura 4.4).

Un botón rasante azul para salida de pistón manual (Figura 4.4).

Un selector de tres posiciones (automático 1, automático 2, manual) (Figura 4.5).

Diez microswitch, dos por cada cilindro hidráulico, colocados uno para indicar la carrera máxima del pistón y otro para la carrera mínima del mismo (Figura 4. 6).

Un thumbweel que en modo manual active el cilindro indicado. El thumbwheel funciona básicamente convirtiendo un valor decimal dado (0-9) en un valor binario (1-0) (Figura 4.7).

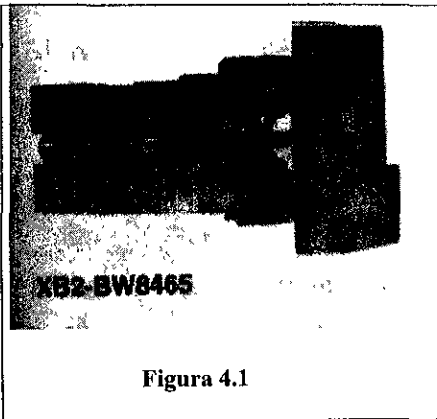


Figura 4.1

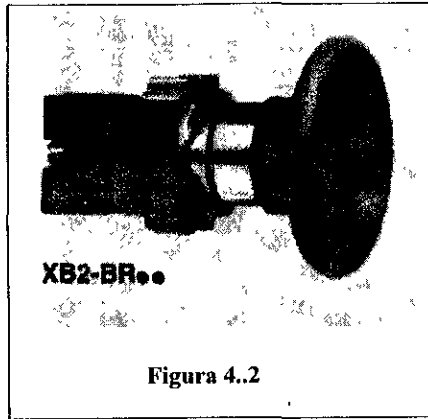


Figura 4.2

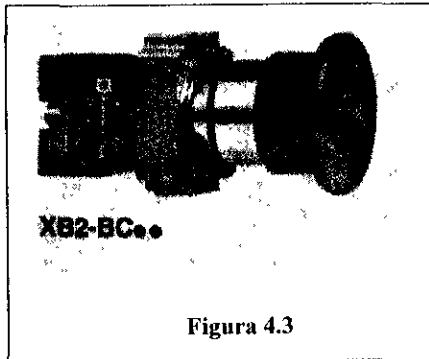


Figura 4.3

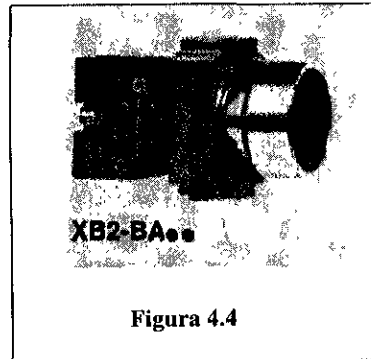


Figura 4.4

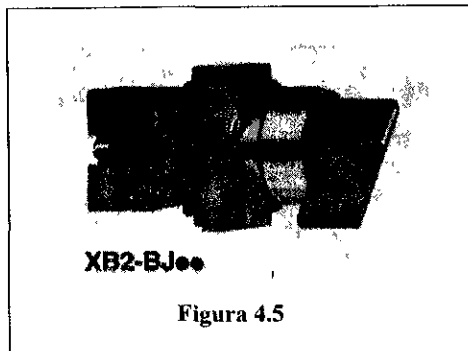
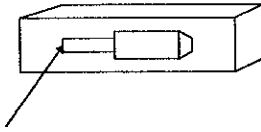
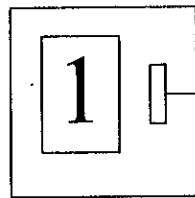


Figura 4.5



PLACA QUE AL PRESIONARSE
ACTIVA UN CONTACTO

Figura 4.6 MICROSWITCH



BOTÓN SELECTOR
PARA CAMBIAR EL NUMERO
DE PISTÓN

THUMBWEEL

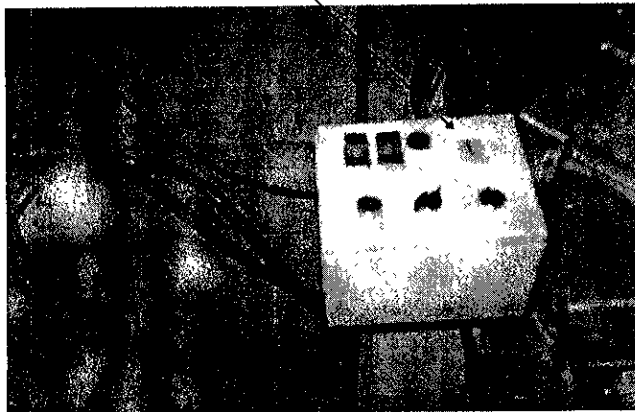


Figura 4.7

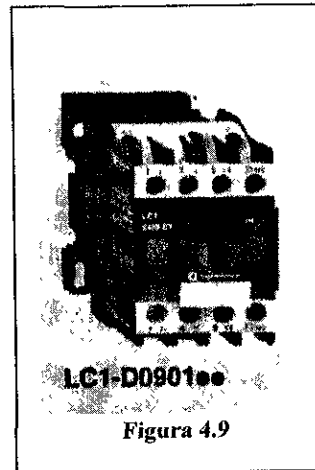
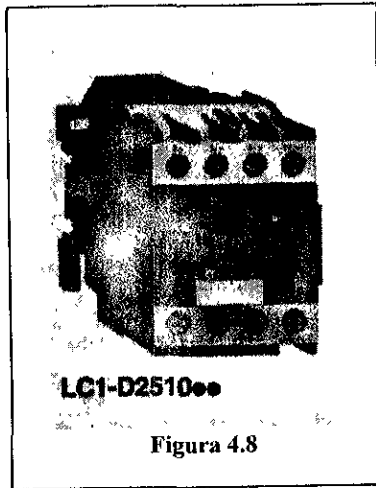
***ELEMENTOS DE MANDO**

Un contactor para arranque de la bomba de aceite hidráulico (Figura 4.8).

Un contactor para distribuir el soluble (refrigerante) (Figura 4.9).

Cinco válvulas hidráulicas de doble solenoide, cuatro vías, tres posiciones (Figura 4.10).

Una válvula neumática de doble solenoide, cuatro vías, tres posiciones (Figura 4.11).



VÁLVULA 4 VÍAS 3 POSICIONES
DOBLE SOLENOIDE

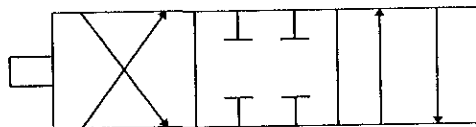


Figura 4.10

VÁLVULA 4 VÍAS 2 POSICIONES
DOBLE SOLENOIDE

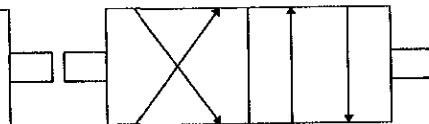


Figura 4.11

4. 1. 3. FUNCIONES A REALIZAR

El proceso en sí es muy sencillo y es el siguiente:

El encendido del PLC y todo el sistema se realiza al accionar las cuchillas del gabinete de control de la máquina. El PLC una vez encendido debe estar listo para ejecutar el programa (en modo run).

Al activar el botón verde de encendido del motor (Ver figura 4.12), se activan los contactores que arrancan al mismo, al igual el soluble (refrigerante) comienza a caer cuando se activa el segundo botón verde (Ver figura 4.13). De esta forma se inicia el proceso de perforación de las válvulas de presión.

La máquina esta diseñada para machuelar las piezas en tres modos de operación diferentes con la siguiente lógica: Automático 1, Automático 2 y Manual, controlado por medio un selector de tres posiciones (tiro sencillo) como indica la Figura 4.14.

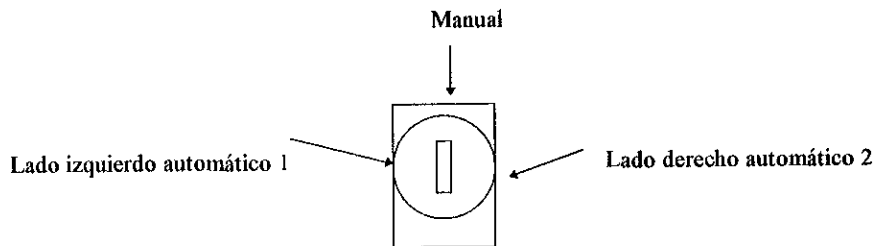


Figura 4.14

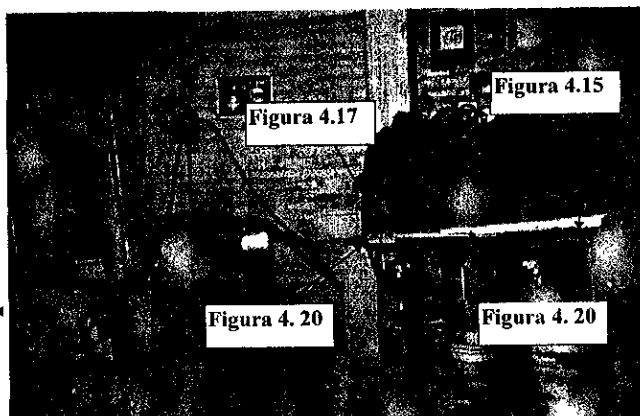
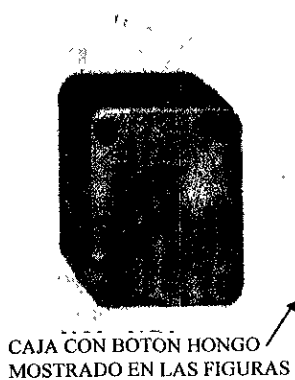
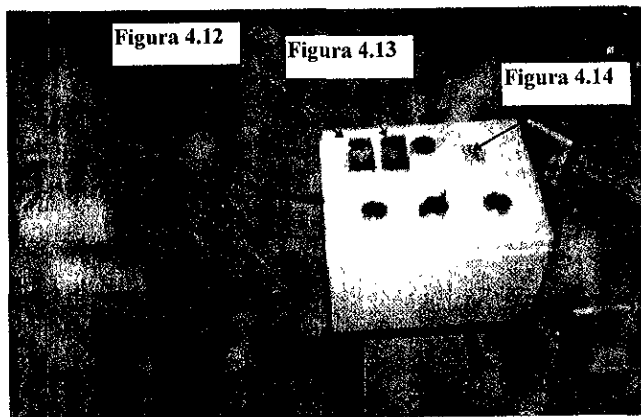
* AUTOMÁTICO 1

Al colocar el selector en la posición 1(lado izquierdo) se activa la forma “automático 1” (Ver figura 4.14), al presionar el botón hongo negro (Ver figura 4.15) lado izquierdo activara el pistón neumático (Ver figura 4.16) que al bajar sostiene la pieza en el proceso de perforación. A continuación se pulsa el botón hongo negro (Ver figura 4.17) lado derecho que activa la forma Automático 1.

La secuencia de operación consiste en que los 5 pistones hidráulicos (Ver figura 4.18) salen al mismo tiempo a perforar la pieza para válvulas de presión, y regresaran a su posición inicial. Al termino de la acción se pulsa el botón hongo negro (lado izquierdo) y el pistón neumático sube quedando la pieza libre para que sea secada y armada consecutivamente. Dentro de cada uno de los pistones esta un dispositivo llamado microswitch (Ver figura 4.19), al accionarse estos detienen automáticamente la carrera de las roscas en la posición requerida, para las diferentes perforaciones que debe tener dicha pieza, inmediatamente regresaran a su posición inicial donde se encuentra otro microswitch para detener el regreso de la rosca, cabe mencionar que sin estos dispositivos la rosca que se encuentran en el pistón, saldría fuera de éste causando que la pieza se dañara , o regresará y la rosca quedara atorada dentro del mismo pistón.

se encuentran en el pistón, saldría fuera de éste causando que la pieza se dañara , o regresará y la rosca quedara atorada dentro del mismo pistón.

Al lado de cada botón hongo negro se encuentra un botón hongo rojo (Ver figura 4.20) que representa el paro de emergencia .Este tiene la finalidad de parar el proceso inmediatamente por algún posible accidente.



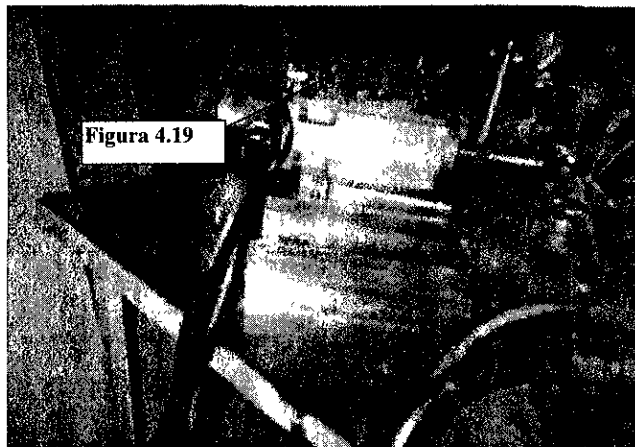


Figura 4.19

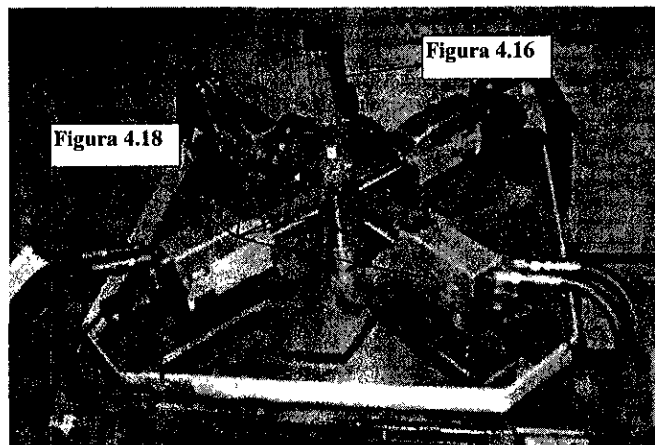


Figura 4.16

Figura 4.18

* AUTOMÁTICO 2

Al colocar el selector en la posición 2 (lado derecho) (Ver figura 4.14) se activa la forma automático 2, al presionar el botón hongo negro lado izquierdo activará el pistón neumático que baja para sostener la pieza en el proceso. A continuación se pulsa el botón hongo negro lado derecho (Ver figura 4.17) que activa la forma Automático 2.

El proceso consiste en que sólo los pistones 0, 1, 3 hidráulicos (Ver figura 4.21) salen al mismo tiempo a perforar la pieza para válvulas de presión, y regresan a su posición inicial, ya que este tipo de válvulas sólo requieren de tres perforaciones. Al término de la acción se pulsa el botón hongo negro del lado izquierdo y el pistón neumático sube quedando la pieza libre para que sea secada y armada consecutivamente.

* MANUAL

Al colocar el selector de tres posiciones en medio se activa la forma manual (Ver figura 4.14), al presionar el botón hongo negro lado izquierdo (Ver figura 4.15) activara el pistón neumático que sostiene la pieza en el proceso.

Existe un dispositivo llamado thumbweel (Ver figura 4. 22) que tiene la finalidad de activar el cilindro indicado. Es un dispositivo que al asignarle un valor decimal (0-9) lo convierte a un valor binario (0 y 1).

| THUMBWEEL | PISTÓN No. |
|-----------|---------------|
| 0 | 0 |
| 1 | 1 |
| 2 | 2 |
| 3 | 3 |
| 4 | 4 |

TABLA 4.1

Al seleccionar en el thumbweel el número 1 y presionar el botón rasante color azul (Ver figura 4.23) que se encuentra en la botonera se activará la salida del pistón número 1, y al presionar el botón rasante color rojo (Ver figura 4.24) que también se encuentra en la botonera el pistón regresará a su posición inicial. Así como sea requerida la salida de cada pistón, en el thumbweel se debe seleccionar el número del pistón deseado (Ver tabla 1) Al término de la acción se pulsa el botón hongo negro del lado izquierdo y el pistón neumático sube dejando la pieza libre para que sea secada y armada consecutivamente (Ver figura 4.25).

El Software de programación es el MELSEC MEDOC de Mitsubishi. En la páginas posteriores se presentan algunas ilustraciones, así como el diagrama de escalera y el listado de instrucciones por mnemónicos con la finalidad de complementar la información y mejor entendimiento del proceso.

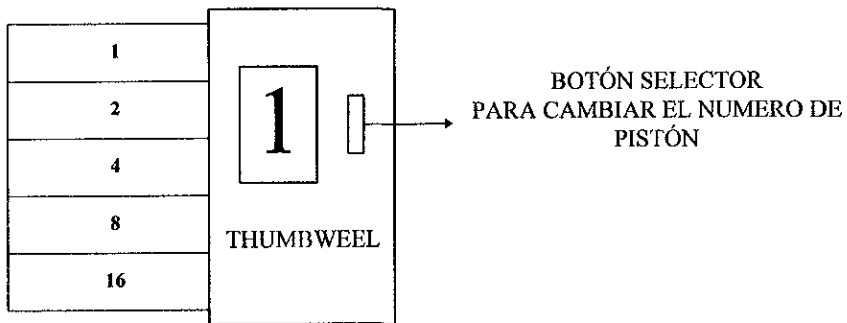
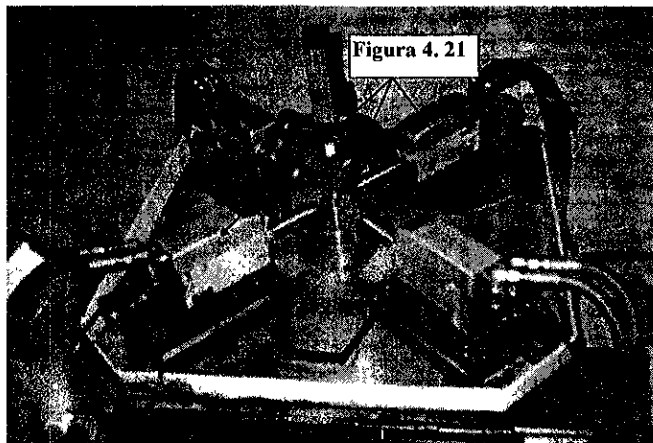
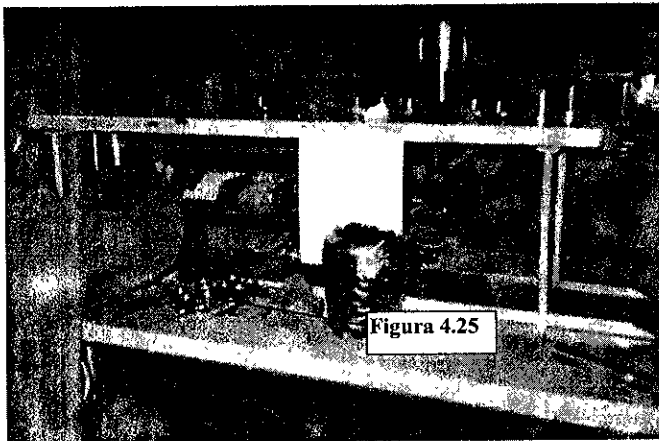
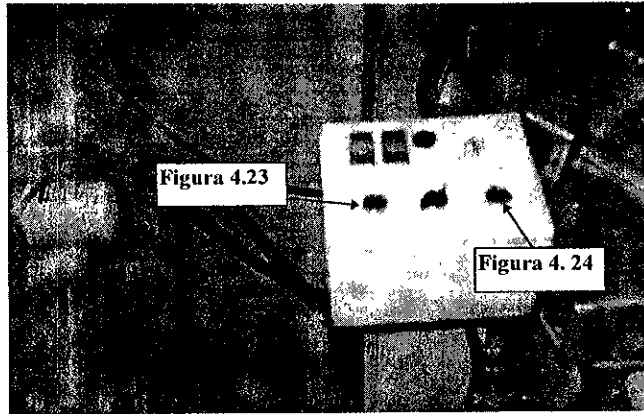


Figura 4. 22



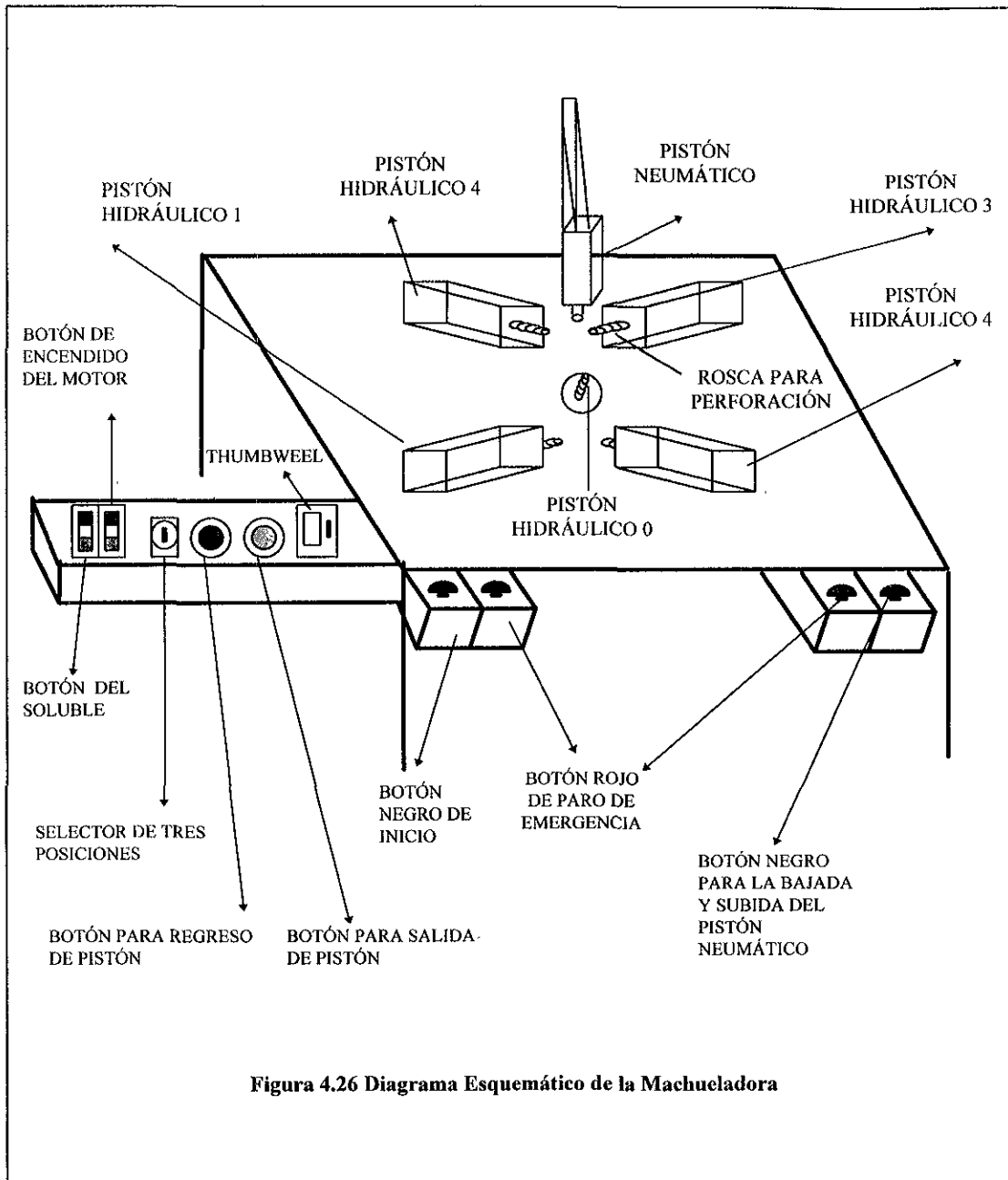


Figura 4.26 Diagrama Esquemático de la Machueladora

4. 1. 4 ASIGNACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE ENTRADA Y SALIDA.

Es muy importante determinar que entradas y que salidas son requeridas. Después, asigna éstas a números de terminales del PLC.

En la tabla 4.2 siguiente se muestran las entradas y salidas que se conectan al PLC. En el punto 4.3 se manda al ANEXO 2 que muestra el alambrado eléctrico del gabinete de control.

| ACCIÓN | DISPOSITIVO TERMINAL DE ENTRADA | NO.DE TERMINAL DE ENTRADA | DISPOSITIVO DE SALIDA. | NO.DE SALIDA |
|----------|---------------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------|
| PISTÓN 0 | MICROSWICHT (PARO DE SALIDA) | X0 | CONTACTOR DE BOBINA HIDRÁULICA | Y6 |
| PISTÓN 0 | MICROSWICHT (PARO DE REGRESO) | X1 | CONTACTOR DE SOLUBLE | Y7 |
| PISTÓN 1 | MICROSWICHT (PARO DE SALIDA) | X2 | VÁLVULA HIDRÁULICA | Y4 |
| PISTÓN 1 | MICROSWICHT (PARO DE REGRESO) | X3 | VÁLVULA HIDRÁULICA | Y5 |
| PISTÓN 3 | MICROSWICHT (PARO DE SALIDA) | X4 | VÁLVULA HIDRÁULICA | Y10 |
| PISTÓN 3 | MICROSWICHT (PARO DE REGRESO) | X5 | VÁLVULA HIDRÁULICA | Y11 |
| PISTÓN 2 | MICROSWICHT (PARO DE SALIDA) | X6 | VÁLVULA HIDRÁULICA | Y12 |
| PISTÓN 2 | MICROSWICHT (PARO DE REGRESO) | X7 | VÁLVULA HIDRÁULICA | Y13 |
| PISTÓN 4 | MICROSWICHT (PARO DE SALIDA) | X10 | VÁLVULA HIDRÁULICA | Y2 |
| PISTÓN 4 | MICROSWICHT (PARO DE REGRESO) | X11 | VÁLVULA HIDRÁULICA | Y3 |

| | | | | |
|-----------------------------|--|-----|-------------------|-----|
| PISTÓN 5 | BOTÓN NEGRO IZQUIERDO BAJA PISTÓN(NEUMÁTICO) | X12 | VÁLVULA NEUMÁTICA | Y14 |
| PISTÓN 5 | BOTÓN NEGRO IZQUIERDO SUBE PISTÓN(NEUMÁTICO) | X12 | VÁLVULA NEUMÁTICA | Y15 |
| INICIO | BOTÓN HONGO NEGRO DERECHO | X13 | | |
| PARO DE EMERGENCIA | BOTÓN HONGO ROJO | X14 | | |
| PARO DE EMERGENCIA | BOTÓN HONGO ROJO | X15 | | |
| ENCENDIDO MOTOR HIDRÁULICA | PULSADOR VERDE CON PILOTO INDICADOR | X16 | | |
| APAGADO MOTOR HIDRÁULICA | PULSADOR VERDE CON PILOTO INDICADOR | X17 | | |
| ENCENDIDO SOLUBLE | PULSADOR VERDE 2 CON PILOTO INDICADOR | X20 | | |
| APAGADO SOLUBLE | PULSADOR VERDE CON PILOTO INDICADOR | X21 | | |
| SALIDA PISTÓN MANUAL | PULSADOR RASANTE ROJO | X22 | | |
| SELECTOR POSICIÓN IZQUIERDA | SELECTOR DE TRES POSICIONES | X23 | | |
| SELECTOR POSICIÓN DERECHA | SELECTOR TRES POSICIONES | X24 | | |
| SALIDA PISTÓN MANUAL | BOTÓN RASANTE AZUL | X25 | | |

| | | | | |
|-----------------------|------------|-----|--|--|
| ENTRADAS THUMWUEEL | THUMBWEELL | X26 | | |
| ENTRADAS THUMWUEEL | THUMBWEELL | X27 | | |
| ENTRADAS THUMWUEEL | THUMBWEELL | X30 | | |
| ENTRADAS THUMWUEEL | THUMBWEELL | X31 | | |

TABLA 4.2

4. 1. 5. LAVANTAMIENTO Y COTIZACIÓN

Para poder iniciar un proyecto de automatización dentro de la empresa es necesario hacer el levantamiento de éste, comenzando por dar el presupuesto al cliente del costo de su proyecto.

Es decir:

- 1.- Realizar la requisición del material con el que se va a trabajar.
- 2.- Dar la lista del material y el costo de éste.
- 3.- Al termino de la requisición se informa al cliente del costo de su proyecto. Si el cliente esta de acuerdo, se inicia el proyecto comprometiéndose la empresa a entregarlo en la fecha pedida por el cliente.

4. 2 PROGRAMACIÓN

4. 2. 1. DIAGRAMA DE FLUJO

VER ANEXO 1

4. 2. 2. SECUENCIA INTERNA (CODIFICACIÓN)

El diseño de la secuencia de un circuito para un PLC es idéntico a aquel que se hace para una caja de relevadores. La codificación es el proceso de elaborar una lista de instrucciones basada en una secuencia de escalera.

El listado del código del programa utilizado es presentado en el **Anexo1**.

VER ANEXO2

4. 2. 3. PASO DE INSTRUCCIÓN

VER ANEXO 3

4. 3. ALAMBRADO GABINETE

VER ANEXO 4

4. 4. CONDICIONES DE OPERACIÓN

4. 4. 1. MEDIO AMBIENTE

Una de las cosas más importante en un proceso a automatizar es tomar en cuenta las condiciones de operación a los que va estar expuesto, si hablamos de **Medio ambiente** debemos tener cuidado en elegir los gabinetes y el lugar en donde se instalara el proyecto, para que condiciones como **humedad, ruidos, calor, etc.** no dañen a los dispositivos y provoquen un problema en la operación del proceso.

4. 4. 2. ERGONOMÍA

La ergonomía (**forma de distribución de las cosas en función de los movimientos de los seres humanos**) es otra parte importante que debe tenerse en cuenta ya que sin ella, el lugar de operación sería incomodo además de tener mas posibilidades de accidentes laborales.

4. 5. COMENTARIOS

4. 5. 1. NECESIDADES Y PROBLEMAS A LOS QUE SE ENFRENTA EL ÁREA DE DONDE SE REALIZO LA PRACTICA.

El departamento de automatización de la compañía PARKER se enfrenta a los siguientes problema y necesidades:

* Uno de los principales problemas a los que se enfrenta el departamento de automatización es el tiempo de entrega de los principales dispositivos de control que se utilizan en los procesos de automatización (PLC's, DRIVES, SERVOMOTORES, MOTORES A PASOS ETC.), ya que estos tiene un tiempo de entrega para el cliente de alrededor de dos o tres semanas, mientras que los de otras compañías son de entrega inmediata.

* La disposición de equipo de programación de los PLC's y de los DRIVES de los SERVOMOTORES de tipo portátil (PC).

* La debida organización y programación de las actividades a desarrollar por parte del personal del departamento de Automatización.

* El suficiente medio de transporte del personal del Automatización hacia el lugar de la aplicación o proyecto.

Todos estos problemas y necesidades se reflejan en un mal servio al cliente, pese a ello en lo que se refiere a programación, instalación y puesta en marcha, así como servicio es muy eficiente.

4. 5. 2. ALCANCES DE LOS PROYECTOS REALIZADOS

Los alcances y profundidad de los proyectos varían según la aplicación que se trate, así como la disponibilidad económica del solicitante, ya que una aplicación sencilla, por ejemplo, no contará con el mismo tamaño de PLC que cuando se trate de un proyecto más complejo. Además de tener en cuenta la ergonomía.

LA REALIDAD
DEL SER
HUMANO ES
DIFERENTE EN
CADA UNO Y
DEPENDE DE
SUS
PERSEPCION

NARB

CAPITULO V

CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La alta competitividad debido al Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos y Canadá, han originado que las empresas mexicanas opten por automatizar sus procesos productivos, sin embargo, el bajo costo de mano de obra en nuestro país impide la aplicación de esta tecnología. La implementación bajo esta circunstancia puede justificarse para evitar los altos índices de accidentes de trabajo debido al ausentismo, por trabajos rutinarios; así también puede justificarse para obtención de una calidad uniforme de los productos. La convivencia entre los equipos automáticos y el trabajador ofrecerían un sistema global productivo más eficiente.

En México, debido a las crisis presentadas en años anteriores, así como el bajo costo de mano de obra y a la escasa información sobre formas alternas de producción, hacen que la automatización se encuentre prácticamente en una etapa de inicio al emplear en sus sistemas relevadores principalmente. Como se ha observado, el ambiente competitivo requiere de procesos más rápidos y flexibles para cada uno de los diferentes productos, la modernización industrial avanza cada vez más a pasos agigantados.

Los procesos actualmente utilizan en sus sistemas automatizados los relevadores, sin embargo, como se ha hecho énfasis, el PLC se ha convertido en una alternativa más viable a las condiciones que se requieren en los procesos, como lo son el volumen del sistema de control, el bajo costo, facilidad de hacer cambios y modificaciones, así como para detectar fallas, etc.

Es de gran importancia que nuestro país se desarrollen proyectos de automatización. A realizar un estudio de una implementación de producción por medio de un PLC es necesario considerar la factibilidad, tanto técnica como económica. Dentro de la factibilidad técnica se encontrarían la descripción funcional de los requerimientos del sistema (diagrama a bloques, descripción de los subsistemas). En la factibilidad económica se considera la relación costo-beneficio. Es necesario considerar ésta alternativa de producción con la finalidad de encontrar opciones más redituables para los empresarios y los trabajadores. Es recomendable, por lo anterior, tener en cuenta la alternativa de automatización, y más cuando se trate de un dispositivo cuya rentabilidad es muy alta.

5. 1.CONCLUSIONES PARTICULARES

Con respecto a la automatización de la machueladora para válvulas de presión podemos concluir lo siguiente:

a) El costo total (ver pag 17 cap IV) al implantar controlador lógico programable, sustituyendo el control existente por medio de relevadores electromecánicos, resulto ser bastante bajo, comparado con los repetitivos gastos realizados en el mantenimiento del sistema electromecánico. Es decir, para este caso en particular la solución de automatizar este proceso utilizando un PLC, resulto ser considerablemente más viable a largo plazo.

b) Con la inclusión del PLC en el proceso de machuelado de las válvulas de presión, fue posible lograr varios modos de operación (Automáticos y manuales), de una forma más sencilla y eficiente, y los cuales pueden ser modificados a futuro, sin la necesidad de hacer cambios físicos en el sistema. Sólo será necesario modificar el código del programa (Anexo 2) para obtener los cambios deseados.

Esta es una de las grandes ventajas que presentan un PLC, con respecto a un sistema electromecánico clásico.

c) El caso de la machueladora para válvulas de presión muestra claramente la lógica general que se debe de seguir al automatizar cualquier proceso industrial, utilizando un controlador lógico programable sin importar la marca del PLC ni el software utilizado para su programación.

En lo personal puedo decir que el PLC resulto ser una buena opción de automatización para este proceso en particular, sin embargo, puesto que cada proceso tiene sus etapas muy particulares, es necesario siempre realizar un estudio previo del sistema a automatizar para estar seguro de que esta técnica es la mejor opción

5. 2. TRABAJOS FUTUROS

El trabajo actual pretende dar una visión general de la forma en que se realiza la automatización de un proceso utilizando un controlador lógico programable si embargo como se menciona en el capítulo 1 existen muchas otras formas de automatizar procesos industriales

Por otra parte la tecnología esta continuamente avanzando y generando nuevas y más eficientes formas de automatización tal es el caso de la tecnología conocida como **ASI(Actuador-sensor-interfase)** permite conectar mediante dos hilos, y a través de una interfase, actuadores y sensores. Aunque tiene limitantes en términos de longitud (rango al rededor de 100 metros), hace posible instalar y controlar válvulas y sensores en forma aislada o por grupos, incluso en ausencia de una terminal de válvulas

Una tendencia nueva, menos conocida, es que los elementos de campo, como válvulas o sensores, se vuelven inteligentes y tienen cierta capacidad de procesamiento gracias a la integración de un pequeña pastilla o chip. Ya no se trata de una válvula tonta, a la que hay que suministrarle instrucciones, sino que cuenta con cierto grado de inteligencia y se puede programar para que se abra o cierre, dependiendo de variadas circunstancias, sin intervención del PLC

En años recientes se a discutido sobre la formulación de los procesos bajo los esquemas de lazo abierto y lazo cerrado. La gran mayoría de los robots funcionan en sistemas de interrupción de (lazo abierto) y que justamente para resolver los problemas de movimiento y vibración, han debido diseñarse con base en grandes masas metálicas, lo que los hace más costoso.

Señala que una de las tendencias actuales es mejorar los diseños mecánicos y reducir los volúmenes, y que esto hará necesario recurrir al modelo de lazo cerrado. Pensar en sistemas de lazo cerrado implica un gran aporte de contenido científico, matemático y tecnológico, y el personal para diseñar, implantar y echar a andar uno de ellos implica tiempo y fuertes inversiones de dinero.

Buena parte de los esfuerzos de las empresas van dirigidos a la obtención y manejo automatizado de la información, así como a la automatización de sistemas de control y monitoreo de los procesos industriales.

FALTA PAGINA

No. V-5

El elemento electrónico de control encargado del control puede ser un PLC, que es una computadora de propósito dedicado, o una computadora industrial o de oficina. Se trata del elemento inteligente, que tiene memoria, puede correr un programa y tomen decisiones. Es posible destinarlo a cuestiones básicas como seguir un lazo de control que mida temperaturas y abran y cierre válvulas.

El uso de PCs ha permitido superar una de las limitaciones de muchos PLCs, como su reducida capacidad para producir información y su incapacidad para comunicarse con las computadoras, factores que tienden a superarse en versiones recientes.

Las computadoras pueden sustituir por completo a los PLCs, y con una inversión moderada, una empresa pequeña puede echar a andar un sistema de automatización donde la computadora haga las dos funciones: El control típico del PLC y el de manejo de información

Una tendencia que lleva a la simplificación de las tecnologías y la otra a la incorporación de la llamada inteligencia artificial. Utilizar robots no para presumir de un adelanto tecnológico, sino en busca de mejores estándares de producción

Las pregunta que se plantean en éste punto son si este modelo es una exageración del concepto de automatización y si estos son los objetivos que persigue la sociedad en su conjunto.

Como respuesta preliminar se puede citar el caso de una planta de motores de la firma francesa CITROEN, 100% automatizada y que fue cerrada por cuestiones que podrían llamarse tecnosociales. Algunos estudios ha sugerido que la automatización se debe realizarse por dos únicas razones: una es la seguridad industrial y ambiental, y la otra, cuando el ser humano no es capaz de hacer una tarea o cuando ésta lo denigra como persona y lo obliga a hacer durante horas operaciones rutinarias o incompatible con sus dignidad. ^[1]

Con base a lo anterior queda abierto el campo de investigación sobre las tecnologías mencionadas anteriormente para la realización de futuros trabajos en este campo.

[1] DINO ROZERNBERG, "Automatización El signo de la década", Revista .Manufactura, México, D F , Marzo de 1997. 11 pp.

GLOSARIO

GLOSARIO

Acondicionamiento de la señal: Cambio o alteración que se efectúa sobre la salida de un dispositivo de E/S, de modo que la señal quede en una forma tal, que pueda ser manipulada por circuitos electrónicos.

Actuador: Dispositivo que realiza una acción en respuesta a una señal eléctrica

Amplificador: Un dispositivo utilizado para aumentar la potencia o la amplitud de una señal.

Amplificador operacional: Un bloque analógico estándar con dos entradas y una salida, capaz de proporcionar una ganancia de tensión muy elevada.

Amplificador proporcional: Componente de un sistema de control que produce una salida de control proporcional a su entrada.

APT: Lenguaje para herramientas programadas de forma automática, que se utiliza para controlar operaciones de posicionamiento, el movimiento y el contorno en una máquina herramienta

Automática: Aplicación de la energía eléctrica, electrónica y/o mecánica para controlar los procesos automatizados

Bit: Un dígito binario; la más pequeña cantidad de información que puede manipular un ordenador.

Búsqueda: La fase del ciclo de instrucción de un ordenador durante la cual se extrae de la memoria del sistema la siguiente instrucción que se va a ejecutar.

Byte: Un grupo de 8 bits, que se manipulan en grupo

Ciclo límite: Un modo de funcionamiento de los sistemas de control en el cual la variable controlada oscila de forma cíclica entre límites extremos, manteniéndose el valor medio de la misma próximo al valor deseado

Circuitos digitales: Circuitos electrónicos cuyas salidas únicamente pueden cambiar en instantes específicos, y entre un número limitado de voltajes diferentes.

Circuitos lógicos: Circuitos electrónicos digitales denominado habitualmente "puertas", que llevan a cabo operaciones lógicas tales como NO, Y, O, y determinadas combinaciones de éstas

Control analógico: Un tipo de control, cuya variable de control varía de forma suave y continua, en amplitud.

Control continuo: La capacidad para hacer variar un parámetro de entrada, entre su valores mínimo y máximo.

Control digital: Aplicación de circuitos técnicas digitales a la resolución de aplicaciones de control

Controlador: El elemento de un proceso de control que evalúa el error de la variable controlada, e inicia las acciones correctoras oportunas enviando una señal a la variable controlada (manipulada)

Controlador programable (CP): Un dispositivo de estado sólido programable, capaz de controlar un proceso o una máquina.

Converso analógico-digital (A/D): Un dispositivo que convierte un código digital en la señal analógica equivalente.

CPU: Unidad central de procesamiento

Diagrama serie-paralelo (en escalera): Es el tipo de diagrama que se utiliza para describir las interconexiones de tipo lógico o eléctrico, en algunos sistemas de control

Dispositivos de actuación: Dispositivo capaz de realizar alguna acción en respuesta a una señal eléctrica.

EPPROM: Una memoria borrable de sólo lectura, que puede borrarse y reprogramarse.

Error estacionario: La diferencia entre la salida de un sistema y la entrada al mismo, después de que se ha mantenido ésta última aplicada durante un intervalo de tiempo relativamente largo.

Función de transferencia: La respuesta de un elemento del lazo de control de un proceso, que especifica cómo queda determinada la salida, en función de la entrada

Ganancia: La relación de entre magnitud de la salida de un sistema y la de su entrada

Lenguaje de programación: Un conjunto de reglas que controlan la forma en que se escriben las instrucciones

Lenguaje ensamblador: Un lenguaje de ordenador abreviado que se hace uso de mnemónicos, y puede ser utilizado por los humanos para programar ordenadores

Lenguaje máquina: El lenguaje de programación de más bajo nivel. Las intrusiones codificadas consisten en cadenas de dígitos binarios.

Máquina de control numérico directo (DNC): Un sistema en el cual se utiliza un ordenador para controlar una o más máquinas herramientas.

Máquina herramienta de control numérico directo (NC): Herramienta o conjunto de herramientas accionadas mediante algún tipo de energía, cuyo funcionamiento se controla mediante un ordenador, almacenado en una cinta magnética, o de papel continuo

Memoria: Uno de los subsistemas del ordenador, utilizado para el almacenamiento de instrucciones y de datos, en forma de código binarios

Memoria de sólo lectura (ROM): Un tipo de memoria a cuyas posiciones se puede acceder de forma directa para leer su contenido, pero no para escribir en ellas.

Microordenador: Un ordenador de tamaño físico reducido, cuya CPU es un microprocesador, y que incorpora todas las funciones de un ordenador.

Microprocesador: Un circuito integrado que incorpora todas las funciones de una CPU

Modo de control proporcional: Un modo de control, en el cual la salida del controlador es directamente proporcional al error de la variable controlada

Periférico: Un dispositivo externo de entrada/salida, que se conecta al ordenador

PI: Nombre con que se designa a un controlador que funciona en un modo combinado de los modos proporcional, integral

PID: Nombre con que se designa a un controlador que funciona en un modo combinado de los modos proporcional, integral y derivativo. Se denomina también modo triple.

Proceso: Cualquier sistema que consta de variables dinámicas, relacionado habitualmente con operaciones de fabricación y producción.

Proceso discontinuo o por lotes: Un proceso en donde se realiza alguna operación con una o más entradas, con el fin de producir un producto acabado.

Programa: Conjunto de instrucciones utilizado por el ordenador para la realización de determinada tarea

Respuesta en frecuencia: Representación gráfica de la respuesta de un sistema, frente a señales de entrada de diferentes frecuencias (véase Función de transferencia).

Respuesta transitoria: La respuesta inmediata de un sistema a un cambio en su entrada.

Robot: Un manipulador programable, diseñado para mover material, piezas o herramientas mediante movimientos variables.

RTD: Detector de temperatura resistivo. Elemento de cobre, plata o platino, cuya resistencia varía de forma lineal con la temperatura.

Sensor: Un dispositivo conversor de energía, que mide una determinada magnitud física y la convierte en una magnitud eléctrica.

Señal digital: Información en forma cuantificada o discreta, discontinuada. Las señales digitales binarias únicamente pueden tener uno de dos estados posibles (0 ó 1), definidos por niveles de tensión o de corriente.

Sistema en lazo abierto: Un sistema de control cuya salida es función únicamente de las entradas del sistema.

Sistema en lazo cerrado: Un sistema de control en el cual la salida se utiliza como realimentación, y se compara con la entrada a fin de generar una señal de error. Esta señal se utiliza para generar la nueva señal de salida.

Sistema de código de numeración binaria: Un método de escritura de números mediante dos cifras, 0 y 1. Cada posición de bit consecutiva en un número binario representa el 1, el 4, el 8, etc.

Software: Instrucciones del programa de ordenador, que le indican a éste qué debe hacer.

Termistor: Un transductor de temperatura, hecho de material semiconductor, que transforma las variaciones de temperatura en variaciones de una resistencia.

Termopar: Unión de dos metales diferentes, que produce un voltaje prácticamente lineal, en función de su temperatura.

Unidad central de procesamiento (CPU): Parte de un ordenador que contiene la memoria principal, la unidad aritmético-lógica, y grupo especial de registros. Realiza operaciones aritmético lógicas, procesamiento de las instrucciones de control, y proporciona señales de sincronización.

Valor de referencia: El valor que se desea conseguir para una determinada variable controlada en un lazo de control de un proceso.

Variable controlada: La variable de proceso regulada por el lazo de control.

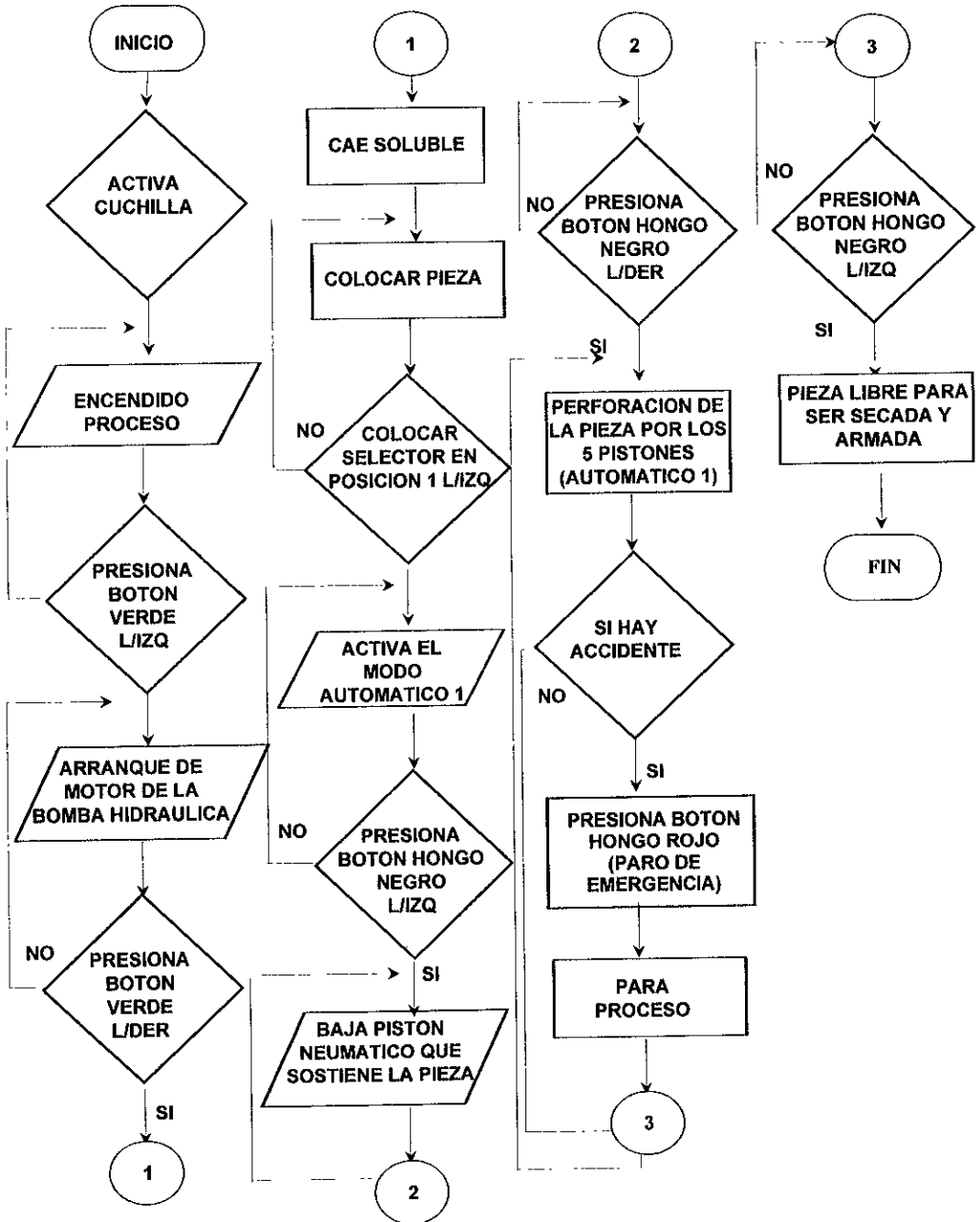
Variable de carga: Cambio similar a una perturbación, pero que se espera, a causa de la propia naturaleza del proceso controlado.

Variable manipulada: La variable o variables manipuladas son aquellos parámetros que el controlador modifica, con el objetivo de mantener la variable controlada próxima al valor deseado.

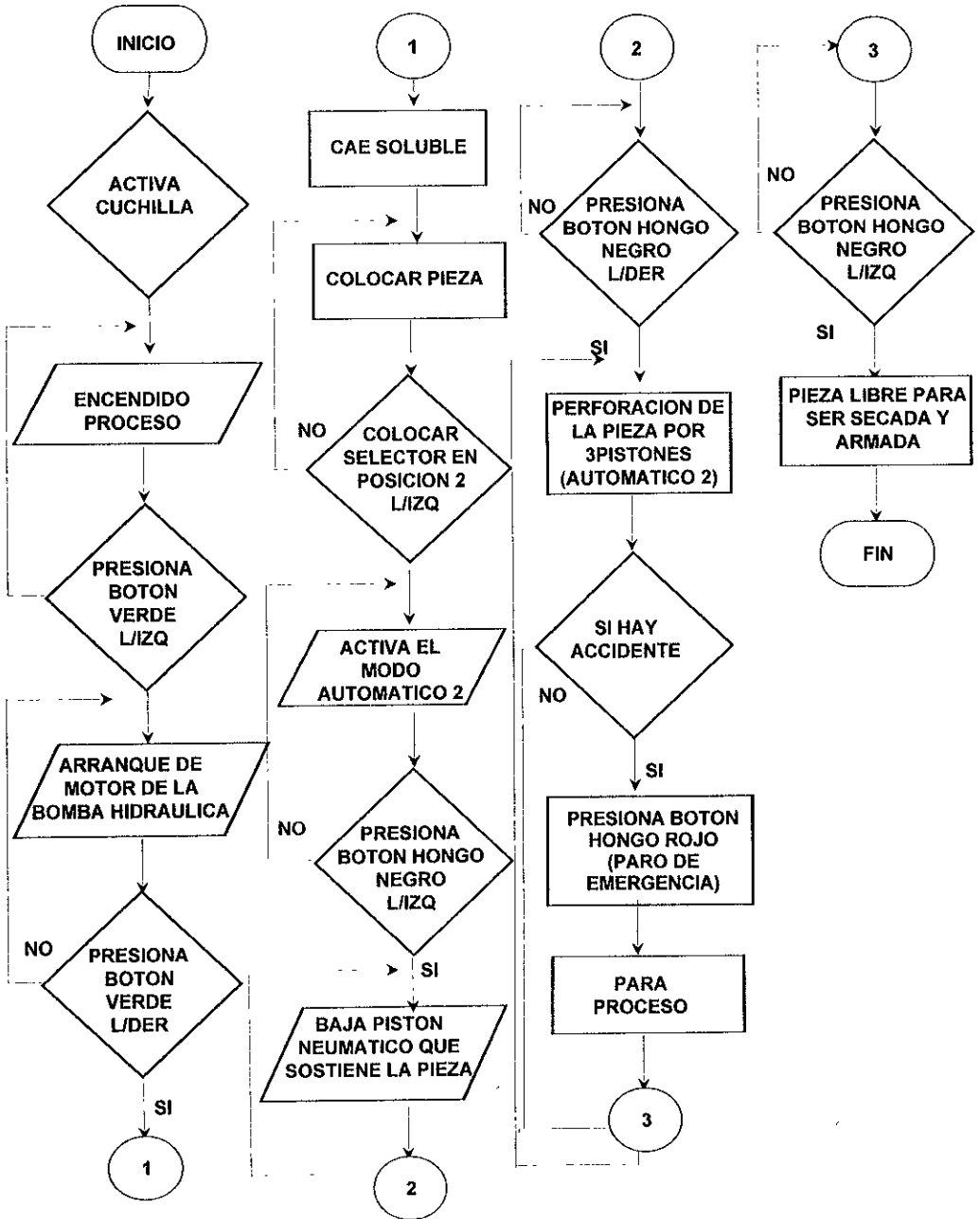
Venturi: Un tipo de limitación utilizado en los sistemas en donde se manejan en donde se manejan flujos, para facilitar la medida de los mismo a través de la medida de la caída de presión a lo largo de la limitación.

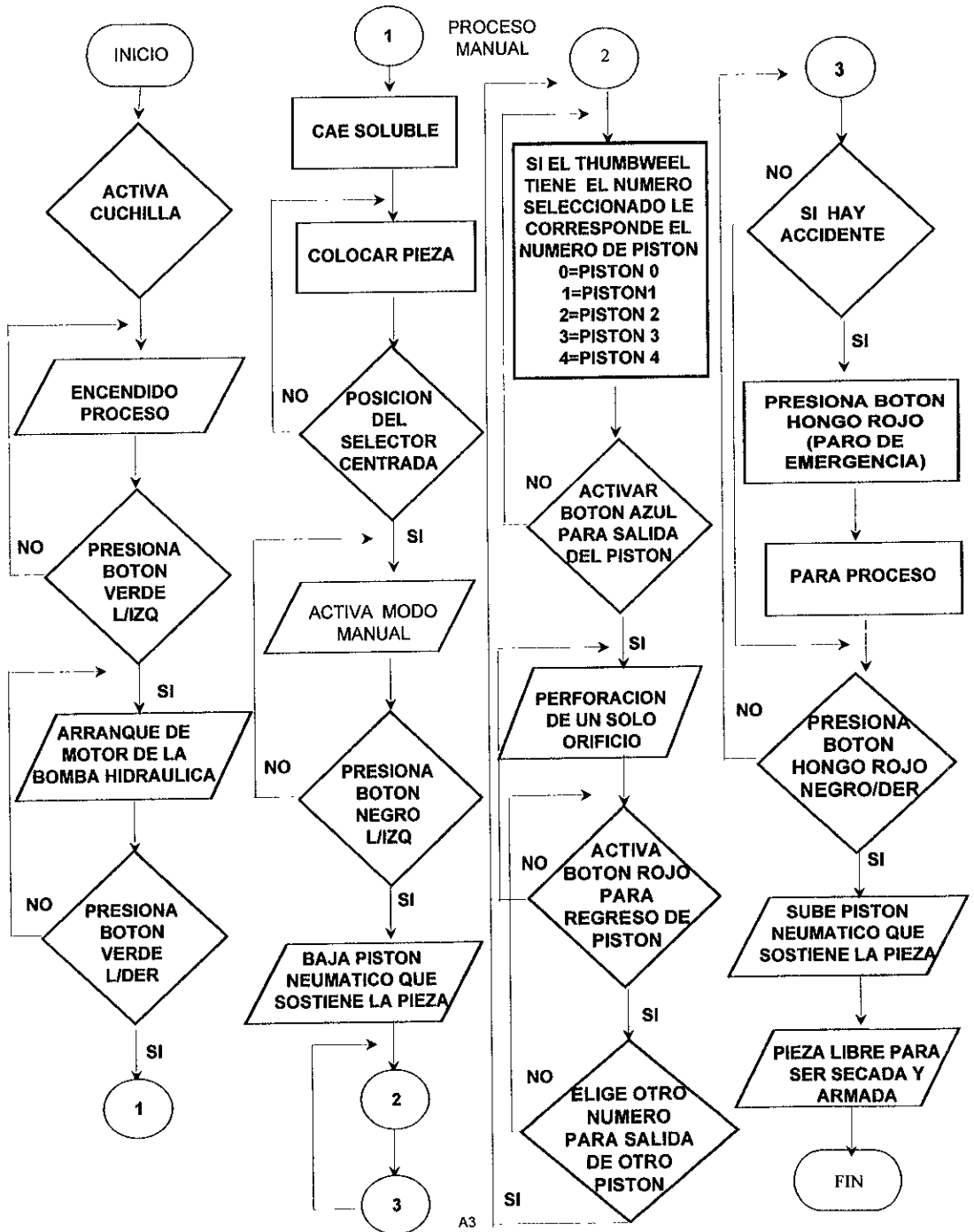
ANEXO

PROCESO AUTOMATICO 1



PROCESO AUTOMATICO 2





90 ANI X1
 91 OUT M33
 92 MPP
 93 AND M13
 94 ANI X7
 95 OUT M34

106 ANB
 107 AND X21
 108 OUT Y1

CONTROL CON SELECTOR

NUMERICO

SOLUBLE

Y0 - HIDRAULICO Y1 -

96 LDI X14
 97 MPS
 98 LD X16
 99 OR Y0
 100 ANB
 101 AND X17
 102 OUT Y0
 103 MPP
 104 LD X20
 105 OR Y1

109 LDI X24
 110 ANI X23
 111 ANI X14
 112 OUT M100

ACTUADOR NEUMATICO BAJA

113 LD

M100

114 AND X12
 115 OR M35
 116 OR M50
 117 OUT Y14

ACTUADOR NEUMATICO SUBE

118 LD M100
 119 AND X13
 120 OR M49
 121 OR M66
 122 OUT Y15

139 ANI X4
 140 OUT Y13

ACTUADOR 1 REGRESA

141 LD M100
 142 AND M31
 143 OR M43
 144 OR M60
 145 ANI X5
 146 OUT Y12

ACTUADOR 0 SALE

123 LD M100
 124 AND M20
 125 OR M39
 126 OR M53
 127 ANI X10
 128 OUT Y2

ACTUADOR 2 SALE

147 LD M100
 148 AND M22
 149 OR M55
 150 ANI X2
 151 OUT Y5

ACTUADOR 0 REGRESA

129 LD M100
 130 AND M30
 131 OR M42
 132 OR M59
 133 ANI X11
 134 OUT Y3

ACTUADOR 2 REGRESA

152 LD M100
 153 AND M32
 154 OR M61
 155 ANI X3
 156 OUT Y4

ACTUADOR 1 SALE

135 LD M100
 136 AND M21
 137 OR M40
 138 OR M54

ACTUADOR 3 SALE

157 LD M100
 158 AND M23

INSTRUCCIONES DEL PROGRAMA

159 OR M41
 160 OR M56
 161 ANI X0
 162 OUT Y7

ACTUADOR 3 REGRESA

163 LD M100
 164 AND M33
 165 OR M44
 166 OR M62
 167 ANI X1
 168 OUT Y6

ACTUADOR 4 SALE

169 LD M100
 170 AND M24
 171 OR M57
 172 ANI X6
 173 OUT Y11

ACTUADOR 4 REGRESA

174 LD M100
 175 AND M34
 176 OR M63
 177 ANI X7
 178 OUT Y10

AUTOMATICO 2

179 LD X23
 180 AND X12
 181 OR M101
 182 ANI M100
 183 ANI X24
 184 ANI X14
 185 OUT M101

CONDICION PARA ACTIVAR

SECUENCIA

186 LD M101
 187 LD X12
 188 OR M35
 189 ANB
 190 ANI T0
 191 OUT M35
 192 OUT T0
 K10

ACTUADORES 0,1 Y 3 SALE

195 LD M101
 196 LD X13
 197 ANI M45
 198 OR M37
 199 ANB
 200 ANI X10
 201 ANI X4
 202 ANI X0
 203 OUT M37
 204 LD M101
 205 LD M37
 206 OR M39
 207 ANB
 208 ANI X10
 209 OUT M39
 210 LD M101
 211 LD M37
 212 OR M40
 213 ANB
 214 ANI X4
 215 OUT M40
 216 LD M101
 217 LD M37
 218 OR M41
 219 ANB
 220 ANI X0
 221 OUT M41

ACTUADORES 0,1 Y 3

REGRESAN

222 LD M101
 223 MPS
 224 LD X10
 225 OR M42
 226 ANB
 227 ANI X11
 228 OUT M42
 229 MRD
 230 LD X4
 231 OR M43
 232 ANB
 233 ANI X5
 234 OUT M43
 235 MPP
 236 LD X0
 237 OR M44
 238 ANB
 239 ANI X1
 240 OUT M44

| | | | |
|---------|--------------|---------|------------------------|
| 241 LD | M101 | 292 RST | M58 |
| 242 MPS | | 293 RST | M51 |
| 243 AND | M44 | 294 RST | M64 |
| 244 AND | M43 | | |
| 245 AND | M42 | | ACTUADOR NEUMATICO |
| 246 SET | M45 | BAJA | |
| 247 MRD | | 295 LD | M110 |
| 248 AND | X12 | 296 LD | X12 |
| | | 297 OR | M50 |
| 249 RST | M45 | 298 ANB | |
| 250 MPP | | 299 MPS | |
| 251 AND | M45 | 300 ANI | T5 |
| 252 PLS | M46 | 301 OUT | M50 |
| 254 LD | M101 | 302 OUT | T5 |
| 255 MPS | | | K7 |
| 256 LD | M46 | 305 MPP | |
| 257 OR | M47 | 306 SET | M51 |
| 258 ANB | | 307 LD | M110 |
| 259 ANI | M48 | | |
| 260 OUT | M47 | 308 AND | M51 |
| 261 MPP | | 309 AND | X13 |
| 262 AND | M47 | 310 OUT | M52 |
| 263 AND | X11 | 311 RST | M51 |
| 264 AND | X5 | 312 RST | M70 |
| 265 AND | X1 | | ACTUADORES TODOS SALEN |
| 266 PLS | M48 | | |
| 268 LD | M101 | 313 LD | M110 |
| 269 LD | M48 | 314 MPS | |
| 270 OR | M49 | 315 LD | M52 |
| 271 ANB | | 316 OR | M53 |
| 272 ANI | T4 | 317 ANB | |
| 273 OUT | M49 | 318 ANI | X10 |
| 274 OUT | T4 | 319 OUT | M53 |
| | K7 | 320 MRD | |
| | AUTOMATICO 1 | 321 LD | M52 |
| | | 322 OR | M54 |
| 277 LD | X24 | 323 ANB | |
| 278 AND | X12 | 324 ANI | X4 |
| 279 OR | M110 | 325 OUT | M54 |
| 280 ANI | X23 | 326 MRD | |
| 281 ANI | M100 | 327 LD | M52 |
| 282 ANI | X14 | 328 OR | M55 |
| 283 OUT | M110 | 329 ANB | |
| 284 LD | M110 | 330 ANI | X2 |
| 285 PLS | M80 | 331 OUT | M55 |
| 287 LD | M80 | 332 MRD | |
| 288 SET | M81 | 333 LD | M52 |
| 289 LD | X23 | 334 OR | M56 |
| 290 OR | M100 | 335 ANB | |
| 291 OR | X14 | | |

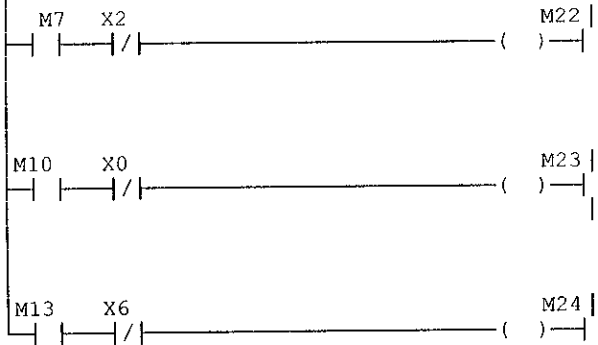
| | | |
|-----|-----|------|
| 336 | ANI | X0 |
| 337 | OUT | M56 |
| 338 | MPP | |
| 339 | LD | M52 |
| 340 | OR | M57 |
| 341 | ANB | |
| 342 | ANI | X6 |
| 343 | OUT | M57 |
| 344 | LD | M110 |
| 345 | AND | M53 |
| 346 | AND | M54 |
| 347 | AND | M55 |
| 348 | AND | M56 |
| 349 | AND | M57 |
| 350 | SET | M58 |
| 351 | SET | M70 |

ACTUADORES TODOS

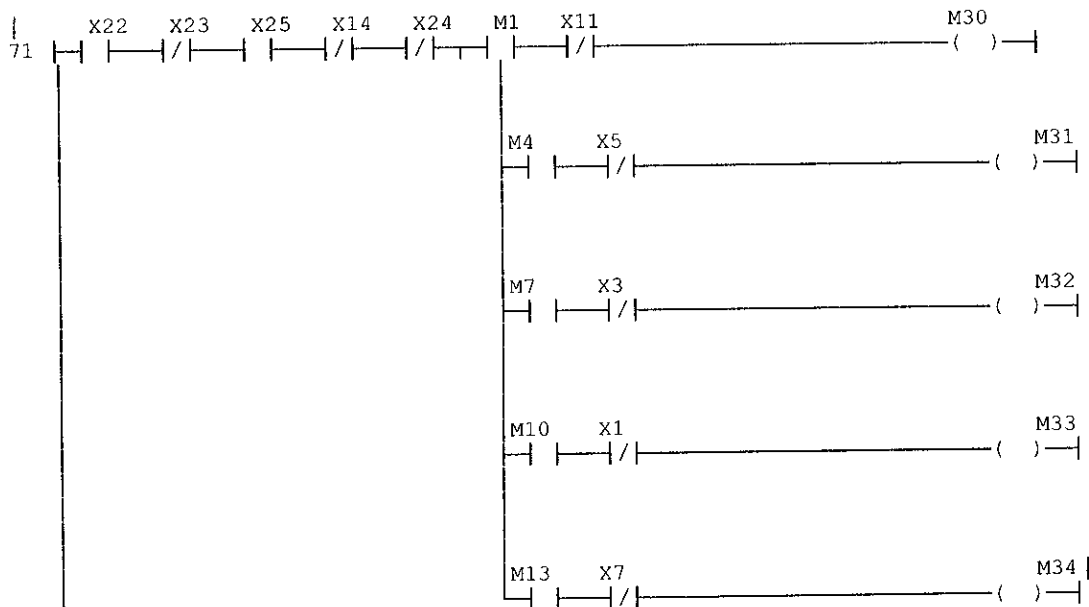
REGRESAN

| | | |
|-----|-----|------|
| 352 | LD | M110 |
| 353 | AND | M58 |
| 354 | MPS | |
| 355 | LD | X10 |
| 356 | OR | M59 |
| 357 | ANB | |
| 358 | ANI | X11 |
| 359 | OUT | M59 |
| 360 | MRD | |
| 361 | LD | X4 |
| 362 | OR | M60 |
| 363 | ANB | |
| 364 | ANI | X5 |
| 365 | OUT | M60 |
| 366 | MRD | |
| 367 | LD | X2 |
| 368 | OR | M61 |
| 369 | ANB | |
| 370 | ANI | X3 |
| 371 | OUT | M61 |
| 372 | MRD | |
| 373 | LD | X0 |
| 374 | OR | M62 |
| 375 | ANB | |
| 376 | ANI | X1 |
| 377 | OUT | M62 |
| 378 | MRD | |
| 379 | LD | X6 |
| 380 | OR | M63 |
| 381 | ANB | |

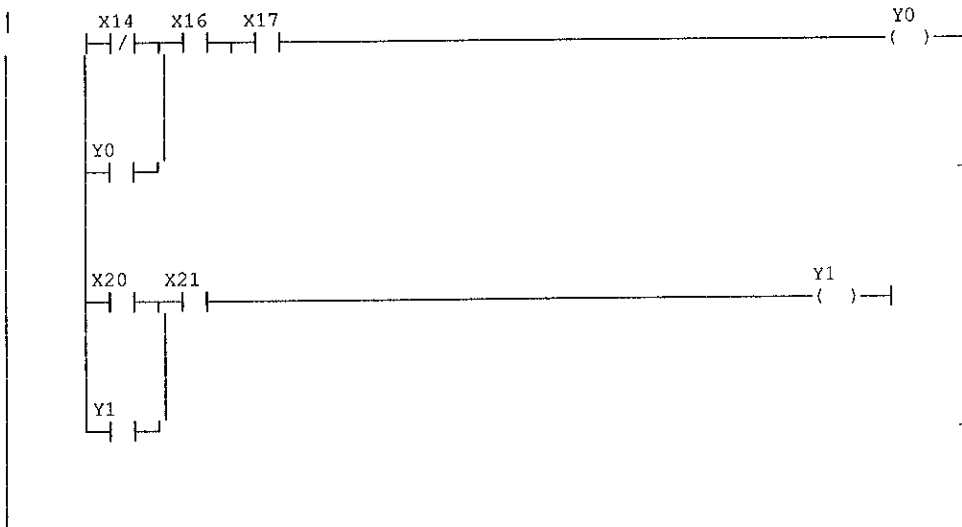
| | | |
|-----|-----|------|
| 382 | ANI | X7 |
| 383 | OUT | M63 |
| 384 | MPP | |
| 385 | RST | M70 |
| 386 | LD | M110 |
| 387 | AND | M59 |
| 388 | AND | M60 |
| 389 | AND | M61 |
| 390 | AND | M62 |
| 391 | AND | M63 |
| 392 | RST | M81 |
| 393 | LD | X24 |
| 394 | AND | M110 |
| 395 | PLS | M71 |
| 397 | LD | M110 |
| 398 | AND | X11 |
| 399 | AND | X5 |
| 400 | AND | X3 |
| 401 | AND | X1 |
| 402 | AND | X7 |
| 403 | ANI | M81 |
| 404 | PLS | M64 |
| 406 | RST | M58 |
| 407 | LD | M110 |
| 408 | ANI | M81 |
| 409 | MPS | |
| 410 | AND | M64 |
| 411 | PLS | M65 |
| 413 | MRD | |
| 414 | LD | M65 |
| 415 | OR | M66 |
| 416 | ANI | T6 |
| 417 | ANB | |
| 418 | OUT | M66 |
| 419 | OUT | T6 |
| | | K7 |
| 422 | MPP | |
| 423 | AND | T6 |
| 424 | RST | M64 |
| 425 | RST | M70 |



CONTROL DE SELECTOR NUMERICO - ENTRAN



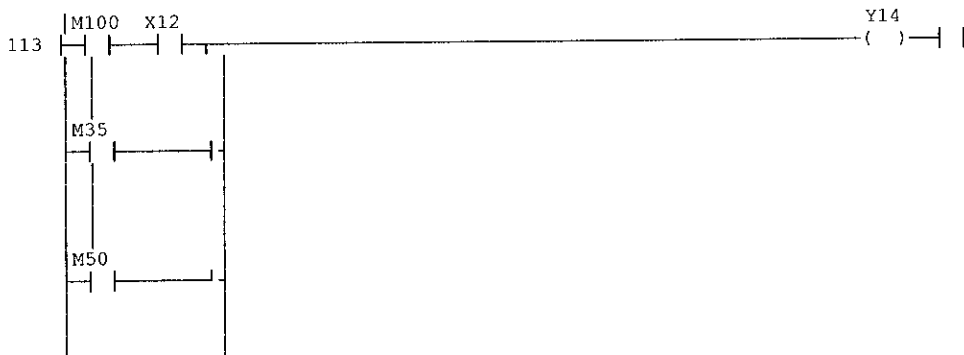
Y0 - HIDRAULICO Y1 - SOLUBLE



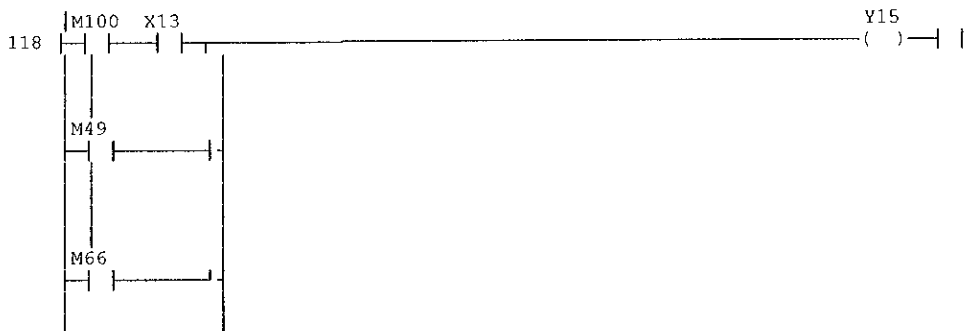
CONTROL CON SELECTOR NUMERICO



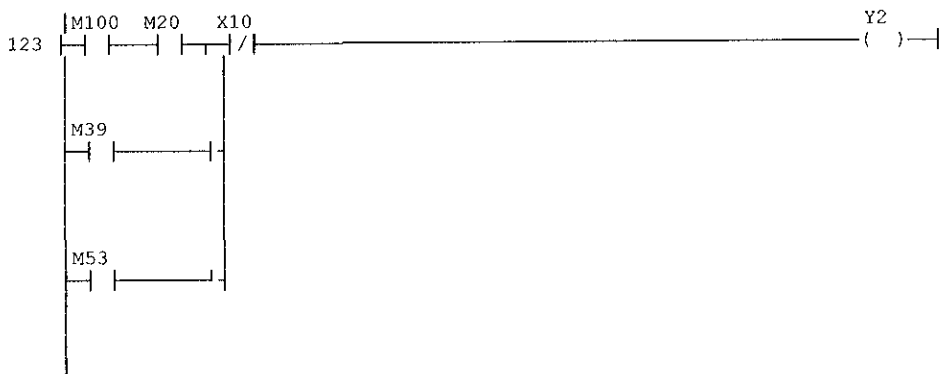
NEUMATICO BAJA



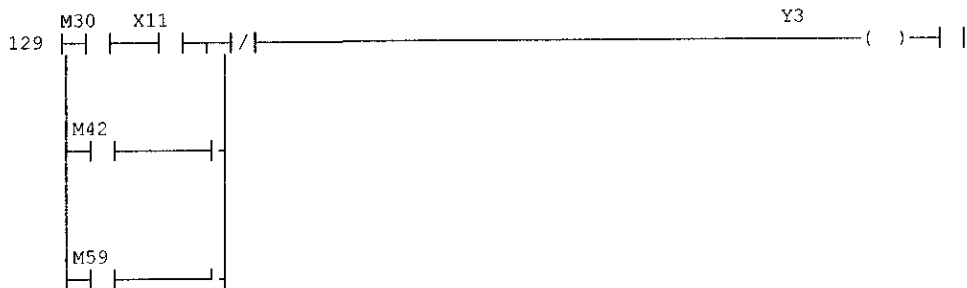
ACTUADOR NEUMATICO SUBE



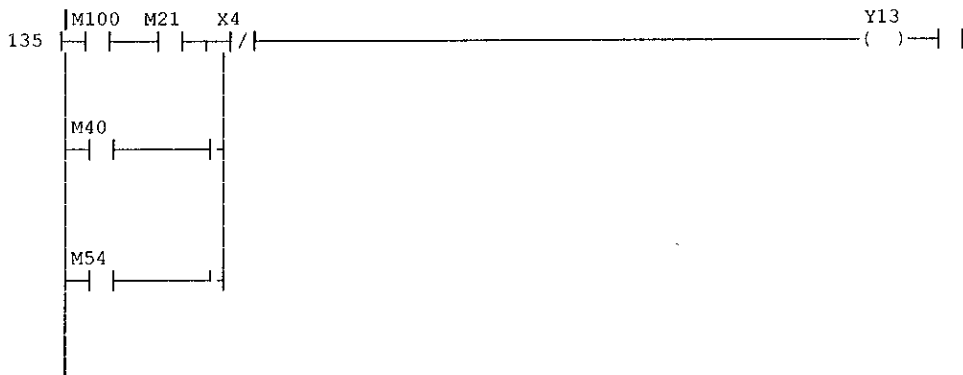
ACTUADOR 0 SALE



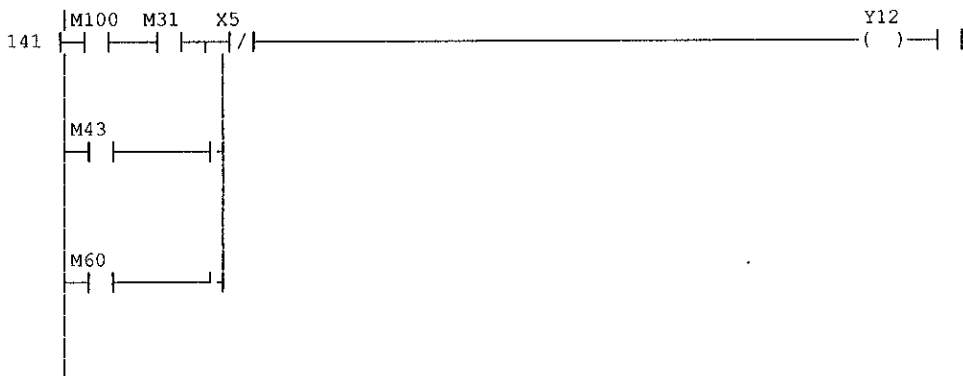
ACTUADOR 0 REGRESA



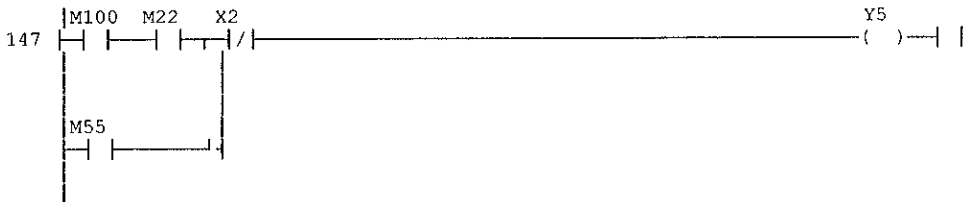
ACTUADOR 1 SALE



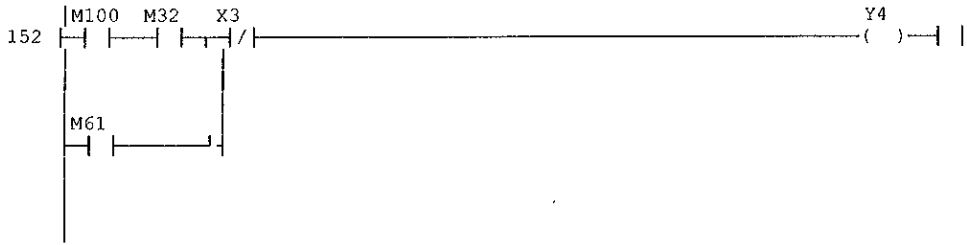
ACTUADOR 1 REGRESA



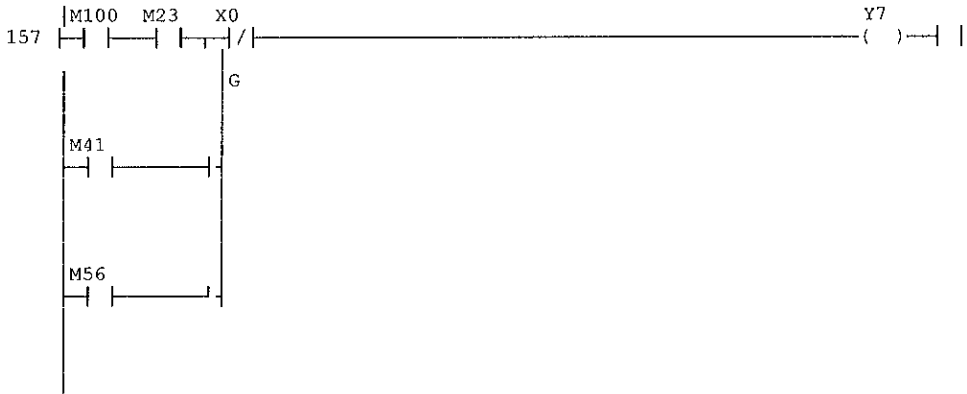
ACTUADOR 2 SALE



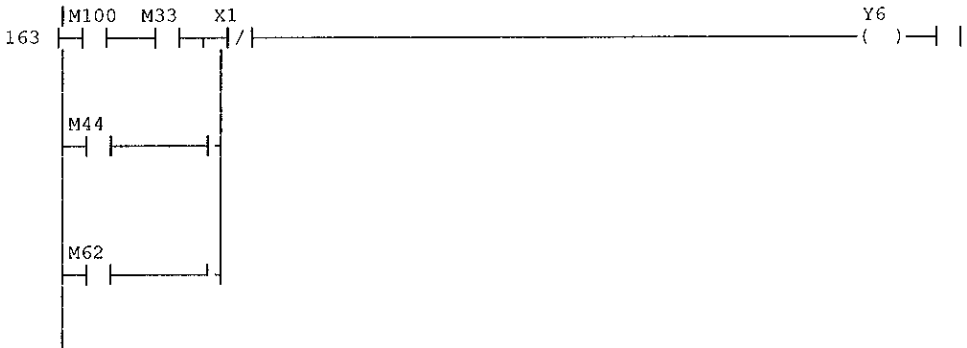
ACTUADOR 2 REGRESA



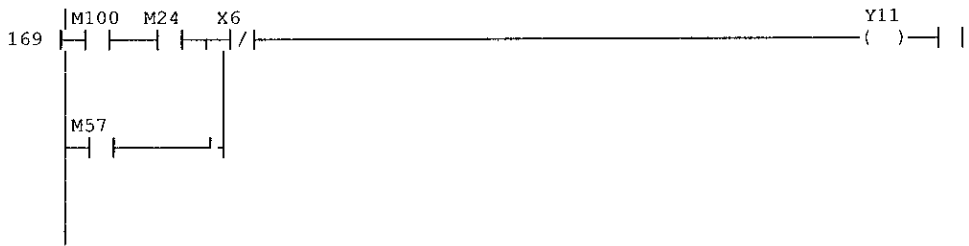
ACTUADOR 3 SALE



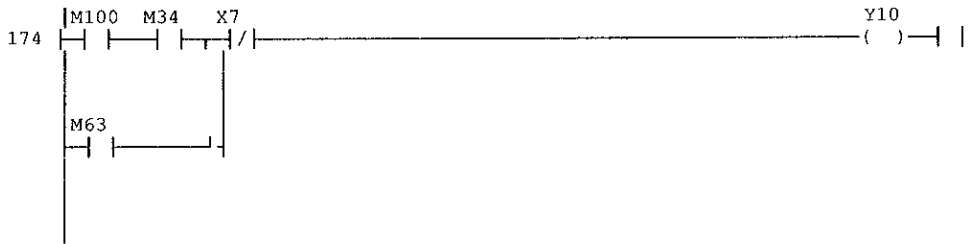
ACTUADOR 3 REGRESA



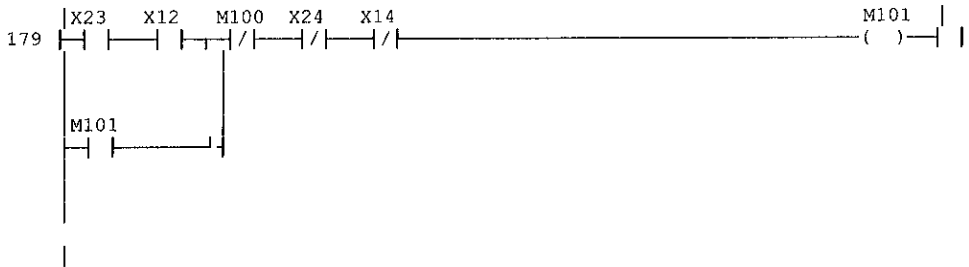
ACTUADOR 4 SALE

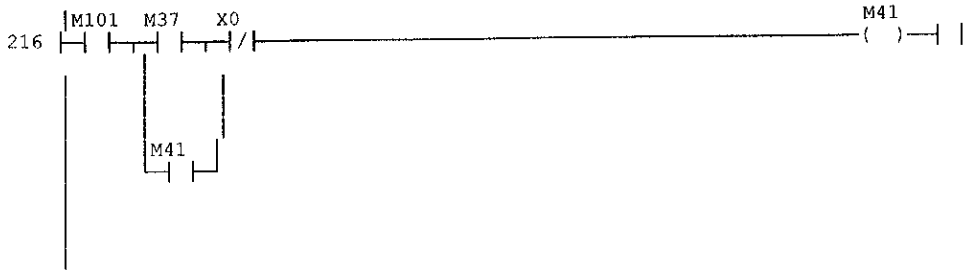


ACTUADOR 4 REGRESA

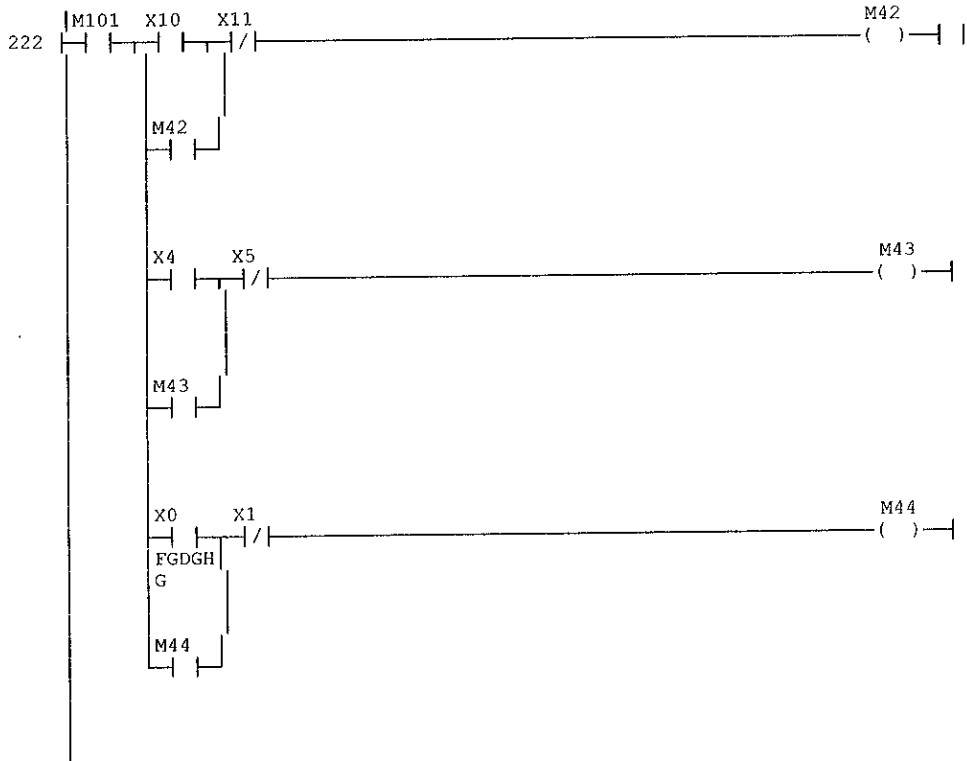


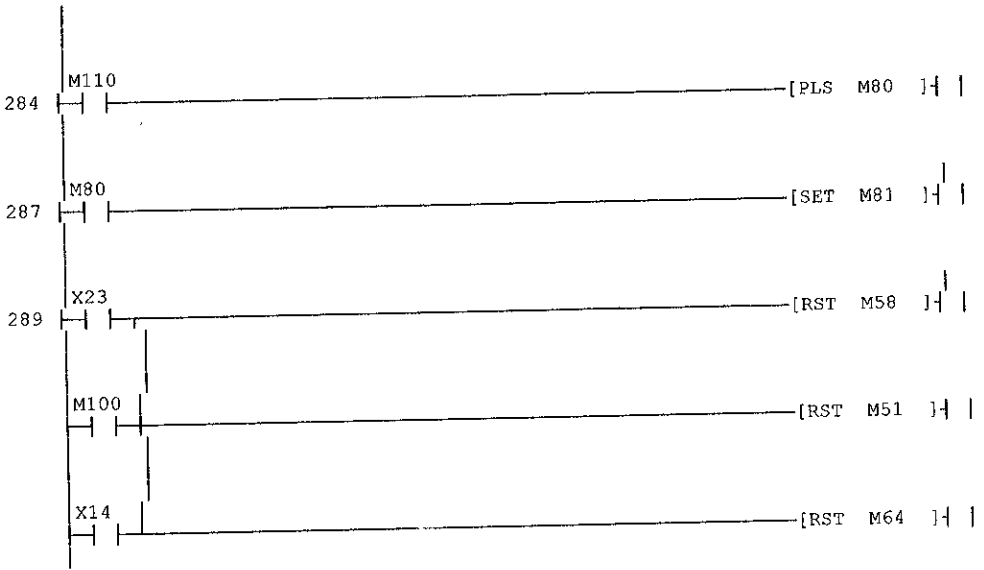
AUTOMATICO 2



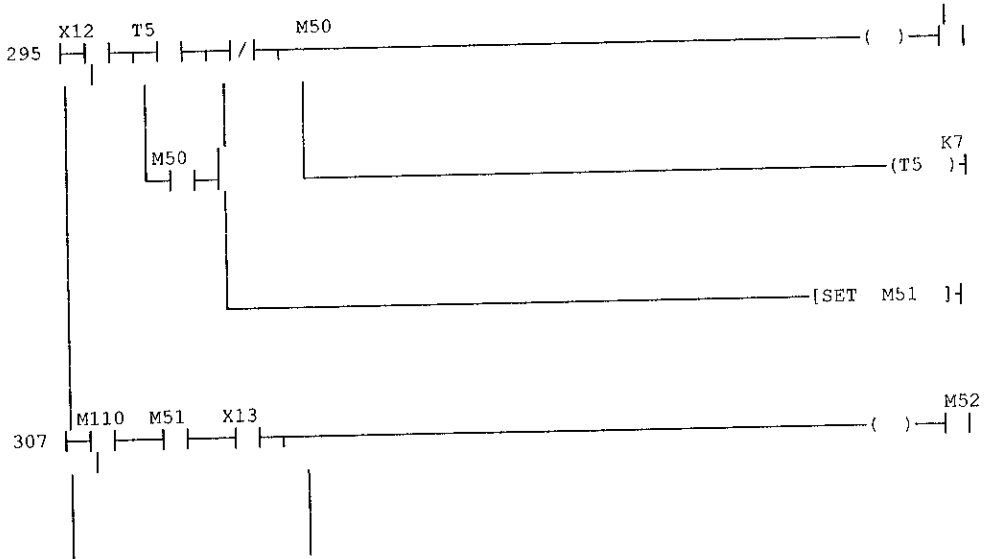


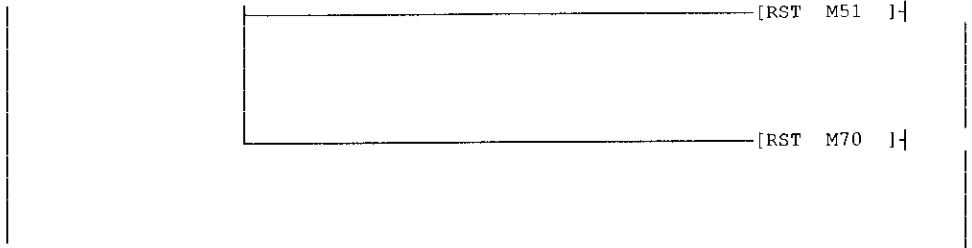
ACTUADORES 0, 1 Y 3 REGRESAN



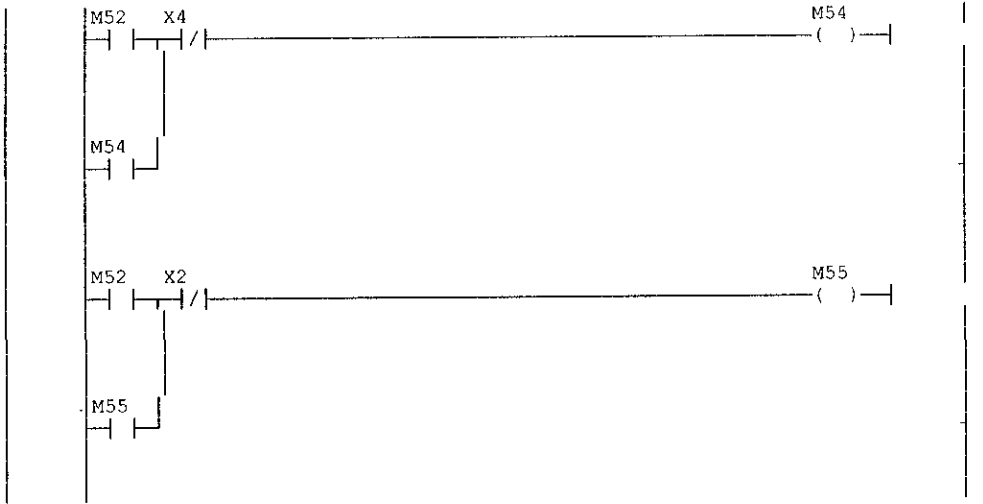
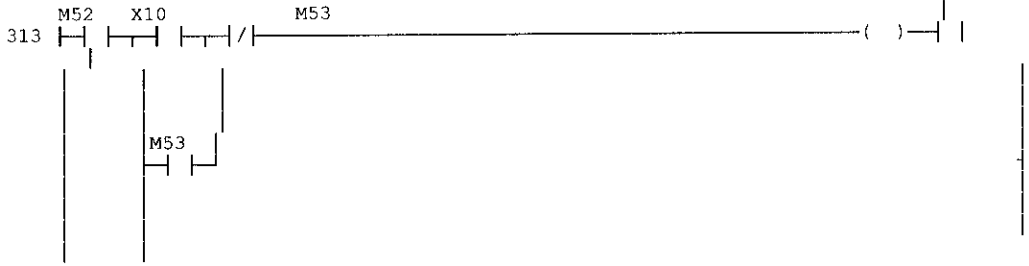


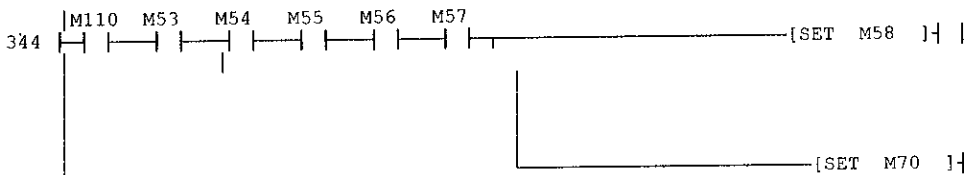
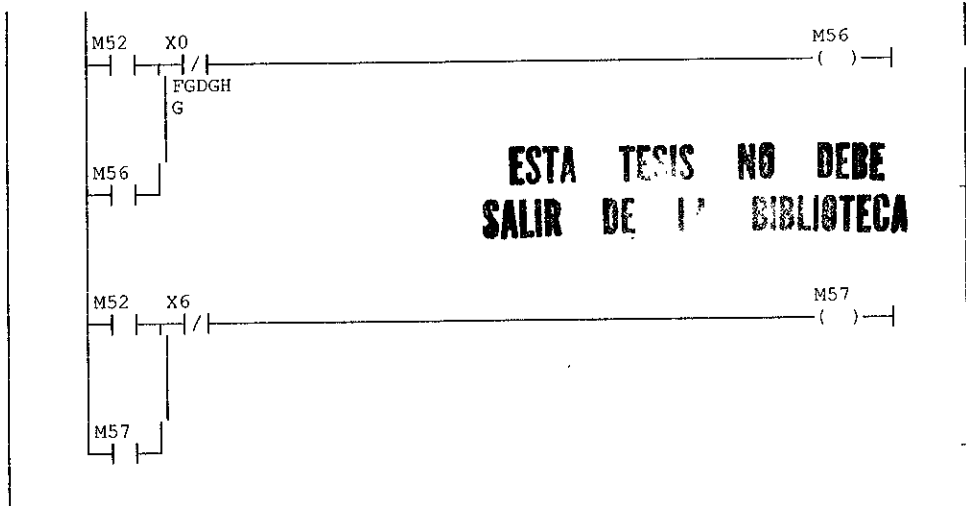
ACTUADOR NEUMATICO BAJA



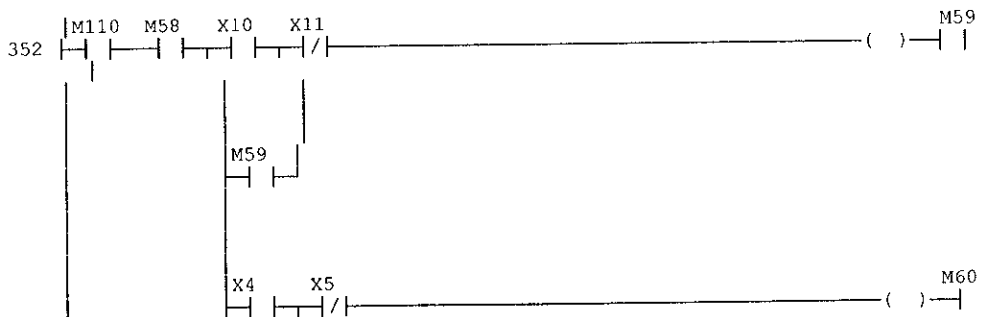


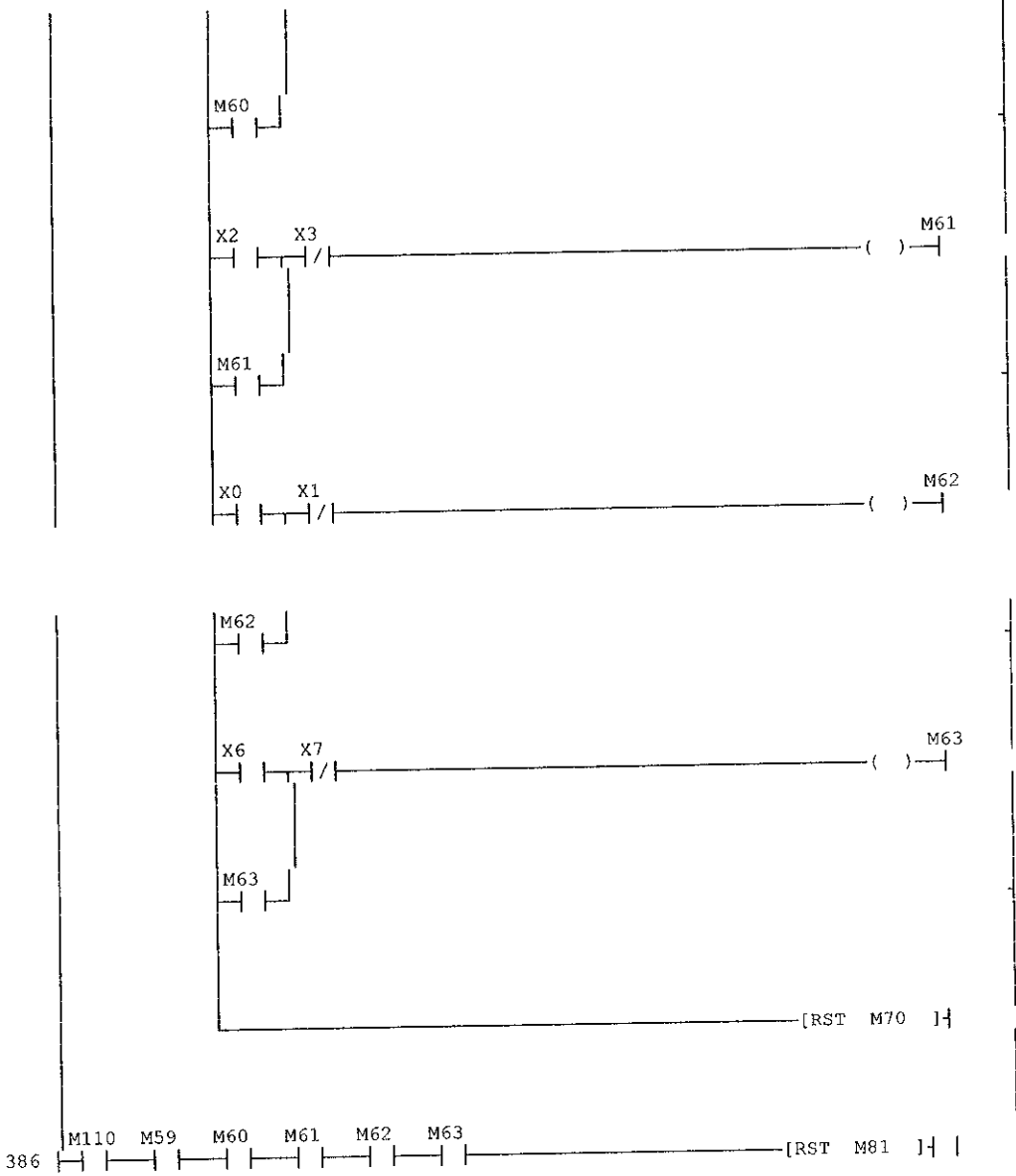
ACTUADORES TODOS SALEN

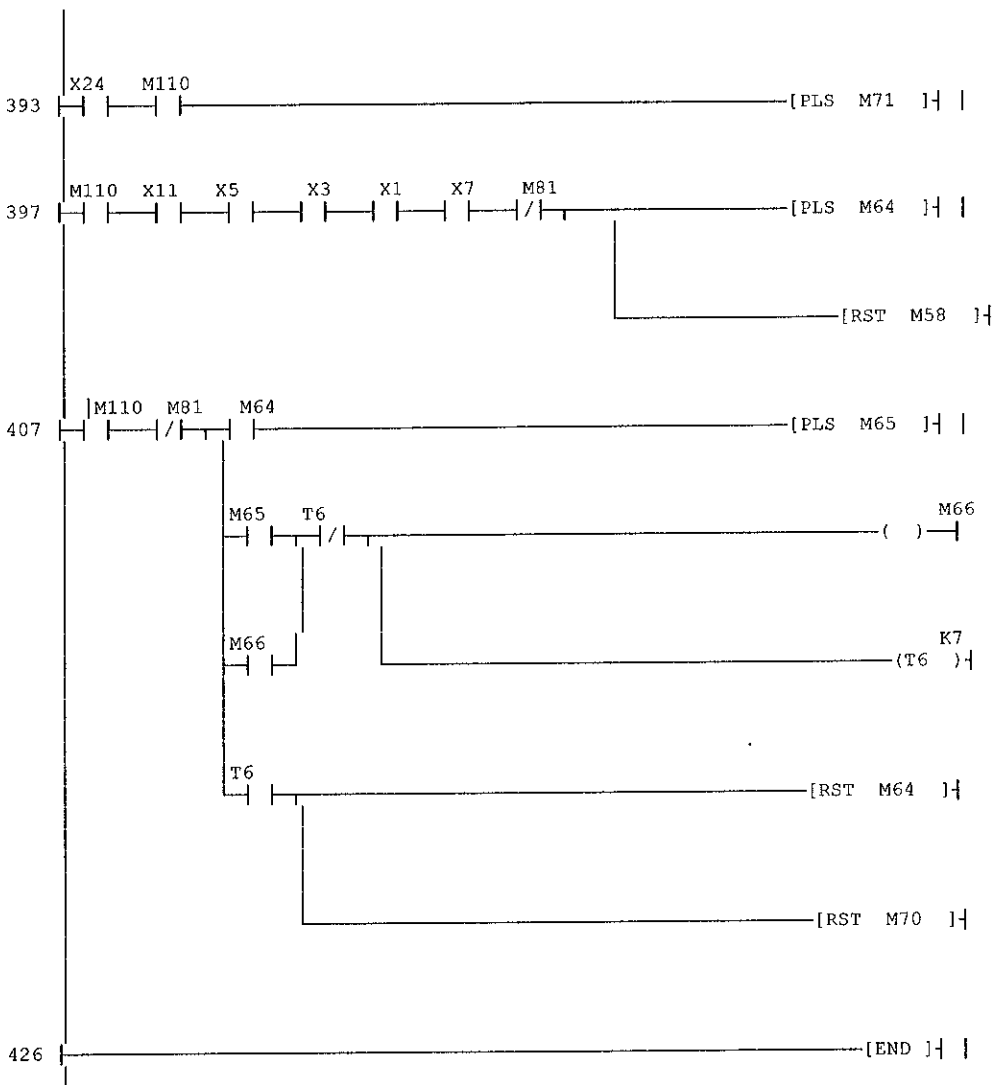


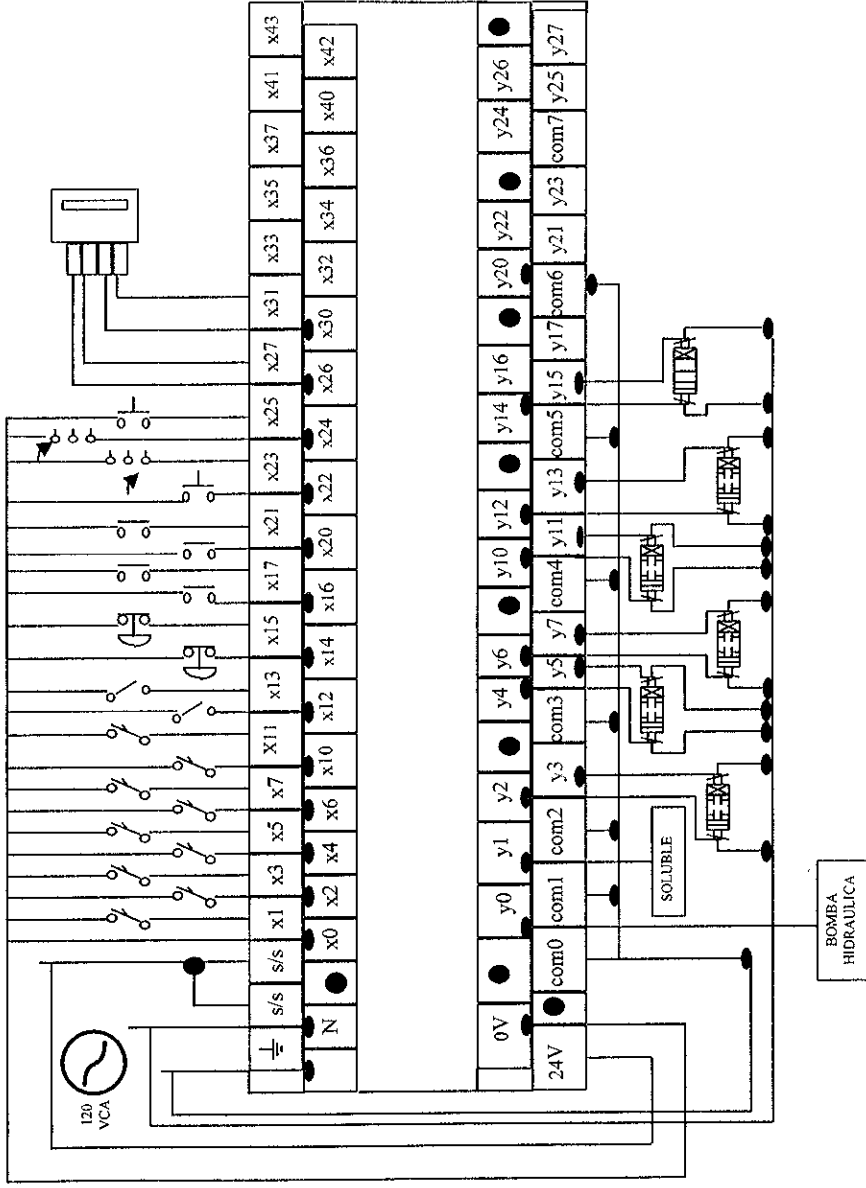


ACTUADORES TODOS REGRESAN









SIMBOLOGIA



MICROSCHWICH



BOTON PARA SUBIR Y BAJAR PISTON NEUMATICO



PARO DE EMERGENCIA



BOTON DE ENCENDIDO Y APAGADO DEL MOTOR
HIDRAULICO Y DEL SOLUBLE



BOTON DE SALIDA DE UN SOLO PISTON



SELECTOR DE TRES POSICIONES



VALVULA NEUMATICA



VALVULA HIDRAULICA

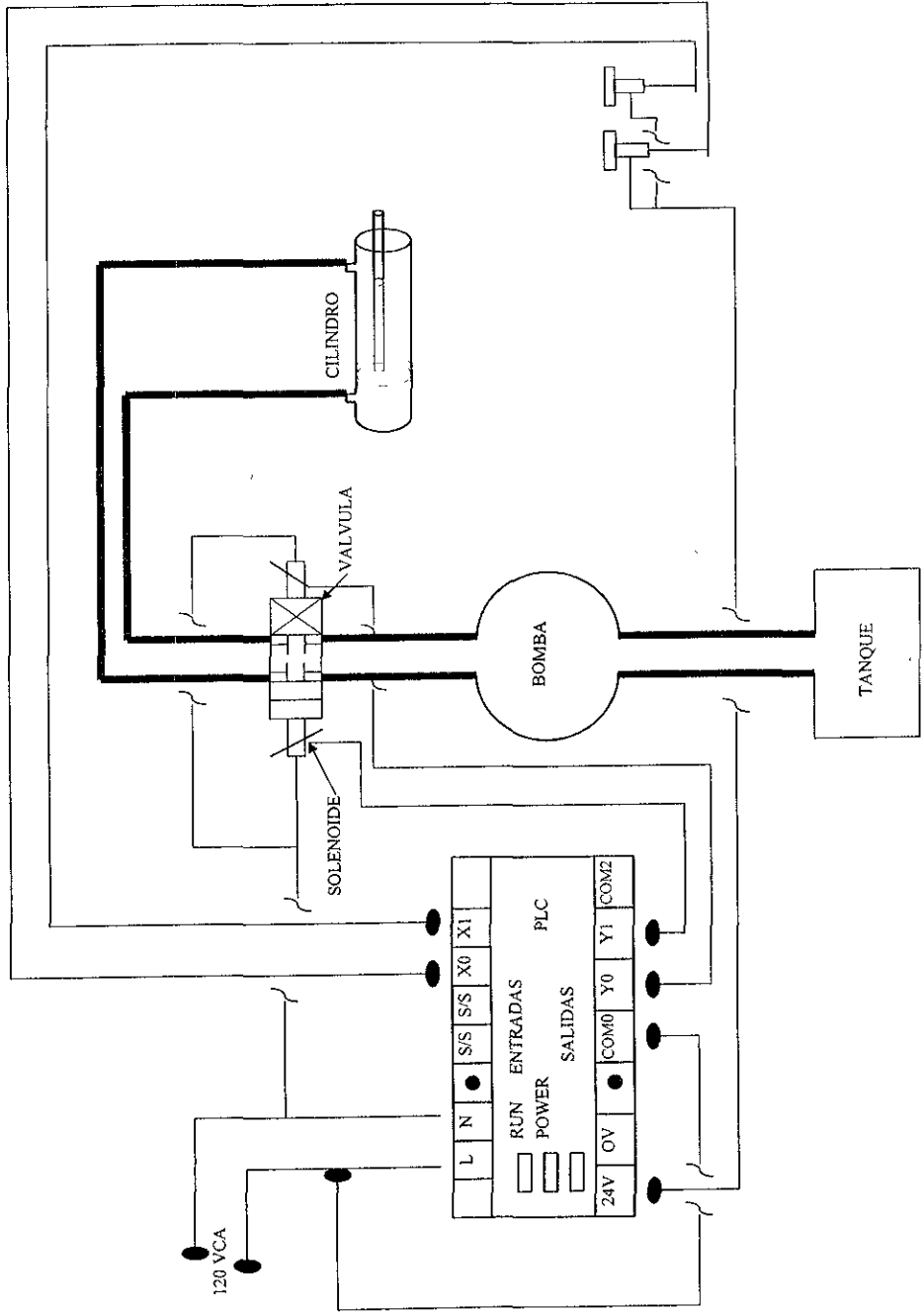


THUMBWHEEL



FUENTE DE ALIMENTACION VCA

CONTROL HIDRAULICO MEDIANTE UN PLC



BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- [1] PARKER, "Seminario de cursos de PLC", México, D F. 1997 41 pp
- [2] MITSUBISHI, "Programmable Controller", Melsec-F2 Series; Programming Manual; Enhanced F2 series, MITSUBISHI CORPORATION Tokyo, 1988. 152 pp.
- [3] MITSUBISHI, "Programmable Controller" , Melsec-F; Hardware Manual, Fx Series Programmable Controllers; Mitsubishi Electric. Tokyo. 1993. 53 pp.
- [4] MITSUBISHI, "Programmable Controller" , Melsec-F; Hardware Manual, Fx0, Fxon Series Programmable Controllers, Mitsubishi Electric. Tokyo, 1996 84 pp.
- [5] MITSUBISHI, "Catálogo de Controladores Lógicos Programables Familia FX" , Melsec FX Mitsubishi. México, D.F. 12 pp.
- [6] MITSUBISHI, "Catálogo de Controladores Lógicos Programables " , Melsec FX Mitsubishi. México, D F. 12 pp.
- [7] MITSUBISHI, "Manual de Programación Medoc para Controladores Lógicos Programables FX (FX0, Fxon, FX)" , MITSUBISHI CORPORATION. Tokyo..
- [8] SCHARADER BELLOWS PARKER, "Hidráulica Industrial", U A.M. AZCAPOTZALCO México, D F. (Programa de desarrollo Profesional en automatización.)
- [9] NEIL M. SCHMIT, ROBERT F. FARWEL, "A Fondo: Robótica y Sistemas Automáticos" , Ediciones Anaya Multimedia, S. A. , México, D.F. 1988.
- [10] TIMOTHY J MALONEY, "Electrónica Industrial Dispositivos y Sistemas" , Hispanoamericana. México, D.F. ,

- [11] PARKER, "Seminario de Cursos de Principios Básicos de la Neumática" , Estado de México, México. 1989. 25 pp
- [12] ALARCON DÍAZ C., SERGIO R., "Seminario de Cursos de Principios Básicos de Hidráulica" ; PARKER. Estado de México, México. 1997. 4 pp.
- [13] DINO ROZENBERG, "Automatización: El signo de la década" , Revista: *Manufactura*, México, D.F., Marzo 1997. Pág 6-19.
- [14] PARKER, "Seminario de cursos de PLC Fxon" ; Estado de México, México 1997
11 pp.
- [15] AMBRIZ SILVA, PEDRO , "Controladores Lógicos Programables"; PARKER
Estado de México, México 1997. 11 pp
- [16] HARRISON, "Controles Automáticos" , Editorial Trillas, Segunda edición, México
1985, 213-235 pp.
- [17] OGATA, "Ingeniería de Control Moderna" , Editorial Hispanoamericana, Segunda
edición, Edo México 1993, 1020 pp.