

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Tema:

**“Análisis y Aplicación de los Controladores
Programables en la Industria”**

TESIS DE GRADO

**Previa a la obtención del Título de
INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

Especialización: Potencia

Presentada por:

Alfonso Córdova Bermeo


Guayaquil - Ecuador

1.992

Ing. JORGE FLORES M.
SUB-DECANO DE FIE
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. CARLOS DEL POZO C.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. JORGE CHARIBOGA
VOCAL PRINCIPAL



Ing. OTTO ALVARADO
VOCAL PRINCIPAL

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres Alfonso Córdova y Elvia Bermeo de Córdova, a mis hermanos Silvia y Patricio, y finalmente sin ser la última Ana que han tenido que soportar mis malos ratos y darme todo su apoyo para alcanzar todas mis metas.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Carlos Del Pozo C. director de esta Tesis por todo el apoyo y confianza brindado para poder culminar esta obra.

Un especial agradecimiento a los Ingenieros Eléctricos Victor Espinoza y César Brocel por su ayuda desinteresada en la realización del presente trabajo.

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Titulos profesionales de la ESPOL).



ALFONSO JOSUE CORDOVA BERMEO

RESUMEN

En el presente trabajo procuraremos introducir y mostrar en forma sencilla lo que es un controlador programable y sus usos.

Iniciaremos explicando los aspectos de conocimientos básicos de los controladores para así ubicarnos en una situación real de lo que es un autómata programable.

Para el capítulo segundo nos encontraremos con los equipos adicionales que forman parte de los circuitos de control que servirán a los controladores programables para cumplir con sus objetivos, aquí conoceremos y estudiaremos transductores que son de importancia para poder mediante señales enviar información importante en el funcionamiento normal del controlador. Además se estudiarán los equipos de interfase que servirán en proceso de transferencia de información y finalmente tendremos los módulos de salida que es sitio de inicio de las aplicaciones de los controladores.

En el capítulo tercero se profundiza en el tema al comparar a los sistemas convencionales de control con respecto a un sistema controlado por autómatas. Estaremos iniciándonos en la programación del controlador al conocer los lenguajes de programación y las formas gráfica y escrita en que puede ser cargada la información a un controlador.

Al llegar al cuarto capítulo ya estaremos en posibilidad de realizar un estudio de marcas muy representativas en el medio y mundialmente, ya que en conclusiones podríamos estar en capacidad de recomendar algún determinado sistema dependiendo de las necesidades del usuario.

Finalmente, en el quinto capítulo podremos aplicar muchos conceptos expuestos a lo largo del trabajo que nos permitirán entender un sistema eléctrico industrial en el que se emplean los controladores programables, en donde se incluirá información sobre características del sistema contratado, lenguaje de programación utilizado, posibilidades de ampliación ventajas del sistema actual sobre un sistema convencional, directamente en sitio de la utilización.

INDICE GENERAL

RESUMEN	V
INDICE	VII
INDICE DE FIGURAS	XIV
INDICE DE TABLAS	XVII
INTRODUCCION	XVIII
CAPITULO I	
INTRODUCCION AL CONTROLADOR PROGRAMABLE	1
1.1 EVALUACION HISTORICA DE LOS CONTROLADORES	1
1.2 CARACTERISTICAS GENERALES	8
1.3 SISTEMAS NUMERICOS	11
1.3.1 Sistema Decimal	13
1.3.2 Sistema Binario	14
1.3.3 Sistema Octal	17
1.3.4 Sistema Hexadecimal	19
1.4 CODIGOS BINARIOS	21
1.4.1 ASCII	22
1.4.2 BCD	25
1.4.3 GRAY	27

1.5	FUNCIONES LÓGICAS	28
1.5.1	Función AND	29
1.5.2	Función OR	29
1.5.3	Función NOT	30
1.6	ALGEBRA DE BOOLE	31
1.7	CARACTERÍSTICAS INTERNAS	33
1.7.1	Procesadores o Microprocesadores	34
1.7.2	Sistema de Memoria	36
1.7.3	Sistema de Alimentación de Energía	44

CAPITULO II

	ELEMENTOS DE ENTRADA Y SALIDA, INTERFASES Y TRANSDUCTORES	54
2.1	MODULOS DE ENTRADA	55
2.1.1	Entradas Digitales o Discretas	55
2.1.2	Entradas Analógicas	56
2.1.3	Equipo de Entrada	60
2.1.3.1	Interruptores	60
2.1.3.2	Sensores Ópticos	61
2.1.3.3	Interruptores de Límite	63
2.1.3.4	Decodificadores	64
2.2	INTERFASES DE ENTRADA DIGITALES	65
2.2.1	Interfases AC/DC	65
2.2.2	Interfase DC (Receptor/Fuente)	66

2.2.3	Interfase AC/DC Aislados	67
2.2.4	Interfase TTL y BCD	68
2.2.5	Interfase de Voltaje Cero	68
2.3	MODULOS DE SALIDA	69
2.3.1	Módulos de Salida Discretos	70
2.4	INTERFASE DE SALIDA DISCRETOS	70
2.4.1	Interfase AC	70
2.4.2	Interfase DC	71
2.4.3	Interfase AC/DC Aislados	72
2.4.5	Interfase de Contactos de Salida	73
2.5	TRANSDUCTORES	74
2.5.1	Transductores Activos	77
2.5.2	Transductores Pasivos	78
CAPITULO III		
PROGRAMACION DEL CONTROLADOR PROGRAMABLE		90
3.1	COMPARACION DEL CONTROLADOR PROGRAMABLE CON OTROS SISTEMAS DE CONTROL CONVENCIONALES	92
3.1.1	Controladores Programables versus Control por Relés	92
3.1.2	Controladores Programables versus Control por Computadores	95
3.1.3	Controladores Programables versus Control por Computadores Personales	96

3.2	EQUIPO DE PROGRAMACION	97
3.2.1	Tubo de Rayos Catódicos (CRT)	99
3.2.2	Mini-Programadores	101
3.2.3	Computadores Personales	102
3.3	DIRECCIONAMIENTO Y MAPEO	103
3.3.1	Direccionamiento y Mapeo de los Módulos I/O	105
3.3.2	Direccionamiento y Mapeo de las Clavijas I/O	110
3.4	SIMBOLOGIA DE PROGRAMACION	114
3.5	LENGUAJE DE PROGRAMACION	117
3.5.1	Lenguaje de Diagrama de Contactos	119
3.5.2	Nemotécnia Booleana	124
3.5.3	Lenguaje de Instrucciones de No-Contactos	125
3.6	ELABORACION DEL PROGRAMA DE CONTROL PARA UN CONTROLADOR PROGRAMABLE	127
3.7	INSTALACION, MANTENIMIENTO Y PUESTA EN MARCHA DE UN CONTROLADOR PROGRAMABLE	129

CAPITULO IV

	ESTUDIO DE LAS MARCAS DE LOS CONTROLADORES PROGRAMABLES MAS REPRESENTATIVOS EN EL MEDIO	144
4.1	SIEMENS : SIMATIC S5	145
4.1.1	Técnicas de Programación	146
4.1.2	Módulos Funcionales	149
4.1.3	Funciones Especiales	151

4.1.4 Estudio de los Miembros de la Familia Simatic S5	152
4.1.4.1 S5 100	152
4.1.4.2 S5 115	153
4.1.4.3 S5 135	155
4.1.4.4 S5 155	156
4.2 TELEMECANIQUE : TSX-7	157
4.2.1 Módulos de Interfase Especiales	159
4.2.2 Equipos de Programación	162
4.2.3 Técnicas de Programación	163
4.2.3.1 Lenguaje de Instrucciones PL7-1	165
4.2.3.2 Lenguaje Gráfico PL7-2	167
4.2.3.3 Estructura Lógica PL7-3	168
4.2.4 Estudio de los Miembros de la Familia TSX-7	171
4.2.4.1 TSX 17	171
4.2.4.2 TSX 27	173
4.2.4.3 TSX 47	174
4.3 SQUARE D : SY/MAX Y MICRO-1	175
4.3.1 Evolución Histórica	176
4.3.2 Técnicas de Programación	177
4.3.3 Módulos Funcionales	178
4.3.4 Estudio de los Miembros de la Familia SY/MAX Y MICRO-1	179
4.3.4.1 SY/MAX 50	179
4.3.4.2 SY/MAX 100	181

4.3.4.3 SY/MAX 300	182
4.3.4.4 SY/MAX 500	184
4.3.4.5 SY/MAX 700	185
4.3.4.6 MICRO-1	186
4.4 AGUT : SATTCON Y EX	187
4.4.1 Familia SATTCON	187
4.4.2 Familia EX	189

CAPITULO V

EJEMPLO DE APLICACION DEL CONTROLADOR PROGRAMABLE APLICADO A UN PROCESO INDUSTRIAL	201
5.1 INTRODUCCION AL PROCESO ANALIZADO	201
5.2 ESQUEMA Y DESCRIPCION DEL PROCESO	203
5.2.1 Diagrama de Fuerza	205
5.2.2 Listado de Sensores	206
5.2.3 Diagrama del Proceso	207
5.3 LISTADO DE SEÑALES DE ENTRADA Y SALIDA	207
5.3.1 Señales de Entrada	208
5.3.2 Señales de Salida	209
5.4 PROGRAMA DE CONTROL	210
5.4.1 Listado del Programa	211
5.4.2 Detalle del Programa en Lenguaje de Instrucciones	214
5.4.3 Explicación del Programa del Proceso de Control	220

5.5	CONSIDERACIONES DE INSTALACION, MANTENIMIENTO Y COSTOS	225
5.5.1	Instalación	227
5.5.2	Mantenimiento	228
5.5.3	Análisis de Costos de Instalación	230
	CONCLUSIONES	237
	BIBLIOGRAFIA	242

INTRODUCCION

Desde el principio de la humanidad, el Hombre siempre ha procurado encontrar satisfacción y comodidad en todas las cosas que realiza, es así que siempre se encuentra tratando de mejorar lo ya existente en busca siempre de la perfección y autorealización.

Como resultado de aquella continua búsqueda llegamos hasta nuestros días en el que el desarrollo de sistemas eléctricos que hagan la vida más cómoda y más fácil se desarrollaron los sistemas de control para poder ejecutar acciones con absoluto conocimiento de los resultados y con casi un 100 % de seguridad.

Es así que a medida que se desarrolló la computadora como herramienta útil y totalmente dominada por el Hombre para encontrar confort y ayuda a muchas actividades que por requerir gran cantidad de procesamientos de datos lo hacían muy largo y tedioso para ser desarrollado manualmente. Los sistemas computacionales se han desarrollado a tal punto que son capaces de controlar y guiar miles de aplicaciones no solo en el manejo de información

sino inclusive procesos industriales con mayor seguridad y con enormes ahorros de energía y de esfuerzo mental.

Siguiendo con el desarrollo del computador, en la actualidad se han vuelto tan amistosos estos aparatos que han llegado a ser infaltables en todo lugar y es debido a esta popularidad que se han desarrollado elementos eléctricos estáticos de potencia que son capaces de soportar grandes cantidades de corriente lo cual era un limitante de su utilización algunos años atrás, que en la actualidad industrias modernas incluyen a las computadoras como herramientas de trabajo no sólo para procesar datos e información de negocios sino que se los utiliza para control de procesos industriales de fabricación.

Es así como se han desarrollado los nuevos y modernos sistemas de control a la par de mejoras en los sistemas de informática que facilitan procesar información y datos importantes para realizar un buen control de maquinaria que requería de una gran cantidad de maniobras previo a ser puesta en régimen de trabajo normal.

En definitiva un controlador programable es un elemento periférico de un computador en base al cual es posible controlar funciones y tareas de un proceso industrial en el que se involucran máquinas eléctricas. Al igual que la computadora procesa información útil para llevar registros que servirán para realizar mejoras en el proceso y corregir fallas.

Finalmente es importante mencionar que debido a los cambios sustanciales que se suceden el desarrollo de la informática y los computadores es de esperar que el presente informe no sea el de tener las últimas novedades sobre controladores programables, sino la de instruir en lo más importante de lo que es un autómeta programable para que cualquier persona con conocimientos básicos de electricidad y materias afines a los controladores sea capaz de un momento dado entender las aplicaciones del equipo y sugerir y llevar a cabo mejoras. Ya que no es importante para nosotros el tratar de justificar el uso y la disposición de los circuitos internos de un controlador o de la razón por la cual se programa con un determinado lenguaje y no con otro en apariencia más sencillo.

CAPITULO I

INTRODUCCION AL CONTROLADOR PROGRAMABLE

1.1.EVALUACION HISTORICA DE LOS CONTROLADORES

Los controladores programables son un desarrollo reciente en los procesos industriales de control. A pesar que se puede llegar a pensar que son muy complicados, en realidad no lo son. Su nacimiento se debe a un mecanismo muy importante dentro de los circuitos eléctricos de control como es el relé electromagnético. Ver fig. 1.1.a

La función del relé es la de un interruptor electromagnético para controlar cargas a distancia. Los relés no son una invención nueva, su utilización se la tiene presente desde hace algún tiempo.

El problema principal que presentan los relés, y que dió inicio al desarrollo de los controladores programables, es lo complicado que se vuelve el cableado de un circuito de relés al aumentar la complejidad del proceso y al hecho real de la pérdida de tiempo y dinero que representan el querer realizar variaciones en el circuito debido a cambios en la secuencia de control.

Un gran avance para la industria de control, fue el

desarrollo los relés de estado sólido, cuya función es similar a la de un relé electromagnético, pero sin contar con partes móviles que ya constituyen una gran ventaja.

Los controladores programables son elementos electrónicos diseñados para controlar máquinas y procesos automáticamente. Su impacto en la industria es debido a su versatilidad y confiabilidad.

Un controlador programable, cuyo nombre real debería ser controlador lógico programable, debido a las funciones que realiza; puede ser definido como un elemento de estado sólido dentro de la familia de las computadoras, debido a la capacidad de guardar instrucciones para que se puedan implementar funciones de control como son los procesos secuenciales, la temporización, la manipulación de información y comunicación para realizar un control industrial y de procesos. Ver fig. 1.1.b

Se debe entender al controlador programable en forma simple como un computador industrial que cuenta con una arquitectura especial tanto como una unidad central que realiza las funciones ya descritas sino como un circuito de interconexión

para los elementos de campo como lo son las conexiones de entrada y salida con el resto del mundo industrial. Ver fig. 1.1.c

Se tiene constancia del inicio de los controladores programables por el año de 1968 en la que una industria norteamericana (GENERAL MOTORS) deseaba reducir los costos elevados que producian los sistemas de control existentes casi totalmente inflexibles a los cambios y modificaciones en los procesos. Lo que se quería era contar con un sistema de control de estado sólido estático con la flexibilidad de un computador que sea capaz de soportar el ambiente industrial, que sea fácilmente programable y que su mantenimiento pudiera ser hecho por personal capacitado de la planta, finalmente sin ser lo último se quería que fuese reusable para otros proyectos. Con esta clase de sistema de control se pretendia reducir costos al permanecer por menos tiempo una máquina parada y también se tendría la posibilidad de expansión de la industria.

Los primeros controladores programables no eran más que simples reemplazos de los relés cuya función principal era la realizar operaciones secuenciales que se las realizaba utilizando relés. Dichos controladores programables eran de fácil

instalación, ocupaban menos espacio y energía, poseían indicadores de diagnóstico que ayudaban a encontrar problemas y al contrario de los relés eran reusables en caso de tener un nuevo proyecto.

Con el avance de la industria de construcción y elaboración de elementos sólidos estáticos se dió un gran salto en el desarrollo de los controladores programables a los cuales se los dotó de la capacidad de desarrollar operaciones aritméticas y manipulación de funciones de datos, comunicación e interacción con el operario.

Dos hechos muy importantes en el crecimiento de los controladores fueron la aparición en escena de los microprocesadores y del tubo de rayos catódicos (CRT) que prácticamente convirtieron a los controladores programables en elementos sumamente importante en toda gestión industrial, primero debido a que con los microprocesadores se podían incrementar funciones del controlador programable como son la velocidad de operación, los tipos de interfase que se podían conectar y la capacidad de poder manejar procesamiento de datos ; los cuales no hacían al controlador más complicado de operar ó de dar mantenimiento y lo más importante lo volvían más reutilizable.

En un primer momento la programación de los controladores resultaba un poco tediosa porque no existía un medio por el cual observar como se lo estaba programando, es así que aparece el monitor cuya base es el CRT mediante el cual se podía apreciar los pasos en el proceso de indicarle al controlador lo que el proceso quería que se hiciera.

Para los años 70 la innovación de elementos físicos y elementos de programación nos brindaron grandes avances al dotar de características especiales que volvían al controlador programable aún más amistoso y de fácil operación. Entre las mejoras tenemos que la capacidad de memoria se vió incrementada, se tenía la posibilidad de tener entradas y salidas alejadas, control analógico y de posición, posibilidad de comunicación con el operario, detección de fallas en las máquinas y el crecimiento en los programas utilitarios aplicados a los controladores.

De las mejoras antes mencionadas tenemos que al aumentar la capacidad de memoria se podía almacenar aplicaciones de procesos industriales más largos además de cierta cantidad de datos útiles en el proceso. Otra ventaja de este incremento de memoria resultó en la posibilidad de que los programas

no solo tengan faenas lógicas y secuenciales sino que podían almacenar y manejar datos que se producían durante el proceso. Esto resultaba muy importante porque si llegaba a ocurrir algún evento especial un proceso podía ser fácilmente alterado para cubrir las necesidades, así se evitaba parar absolutamente todo y comenzar a realizar las calibraciones y luego puesta a punto del proceso.

Los controladores modernos reúnen muchas de las características que se mencionaron hasta ahora con mejoras tales como las de un computador personal muy común en nuestros días en los cuales se pueden manejar varios lenguajes y sistemas operativos, facilidades de comunicación a distancia y con otros sistemas cercanos, mayor velocidad de proceso, menores costos de reemplazos de relés instalados, mayor cantidad de módulos de entrada y salida, microprocesadores inteligentes con posibilidad de expansión de capacidades de memoria. Ver fig. 1.1.d

Otro avance de los controladores modernos lo tenemos al analizar la producción en serie y en familia. La fabricación en serie permite encontrar repuestos en caso de daños, los cuales son muy raros sabiendo que los elementos estáticos de estado sólido son muy durables. La fabricación en familia nos permite

tener la posibilidad de expansión sin tener que hacer gastos elevados por la compra de todo el equipo nuevo sino que son compatibles entre si y mantienen características similares de operación y programación.

Finalmente lo que depara el futuro de los controladores programables recae no sólo en la fabricación de nuevos productos de desarrollo sino en la posibilidad de integración de los controladores programables con otros equipos de control y manejo industrial. Se espera adicionalmente que el desarrollo de computadores más modernos permita tener en algún momento las memorias inteligentes que se corrijan durante el proceso industrial los parámetros que controlan.

Es de importancia mencionar que el controlador programable que se diseñó en el año 1968, su filosofía y criterio de operación no han cambiado, lo que varió fue el desarrollo posterior de irle añadiendo elementos que lo hicieran más amistoso y de fácil operación para los operarios, aunque es de esperar que sólo personal técnico capacitado se encargue de programar y calibrar a los controladores programables.

1.2. CARACTERISTICAS GENERALES

Una de las muchas ventajas de un sistema programable de control es la de ser modular. Al igual que un sistema de música en los que los componentes pueden ser añadidos, sustituidos y rearrreglados para proporcionar al sistema gran flexibilidad.

Un controlador programable se encuentra formado básicamente por una unidad de procesamiento central (CPU) y un sistema de interfase ENTRADA/SALIDA (I/O).

La sección correspondiente al CPU se encuentra formada por tres componentes : el microprocesador, el sistema de memoria y la unidad de poder o fuente. Estas tres secciones interactúan entre si y se analizará brevemente su funcionamiento más adelante.

La operación de un controlador programable como ya se ha explicado es sencilla ; lo primero que debemos notar es que en el sistema ENTRADA/SALIDA se encuentra físicamente conectados los elementos de campo que se encuentran en las máquinas o son usados en el control del proceso. Estos elementos de campo pueden ser algunos de los que se mencionan a continuación : interruptores de final de carrera , transductores de presión, botoneras,

arrancadores, solenoides, etc. Los interfases de ENTRADA/SALIDA son los que permiten la conexión entre el CPU y la información que se tiene de los proveedores que son las entradas y por los elementos controlados que son las salidas.

En la operación, el CPU lee y acepta la información de entrada o el estado de los elementos de campo que se la obtiene a través del interfase de entrada, ejecuta el programa de control que se encuentra almacenado en la memoria del sistema y escribe o actualiza los elementos de salida a través del interfase de salida. A todo este proceso secuencial de lectura de entradas, ejecución del programa de la memoria y la actualización de las salidas se la conoce como una carrera.

Otro elemento importante es el sistema de interfase de ENTRADA/SALIDA por el cual los elementos de campo se encuentran conectados al controlador. Su principal motivo de ser un interfase es la de condicionar las variadas señales que se reciben o se envían a los elementos externos.

Una similitud básica entre los controladores programables y las computadoras es que ambos requieren de elementos de entrada y salida las

cuales pueden estar formadas por elementos analógicos ó digitales, que se comunican con los circuitos lógicos. Si un elemento recibe información desde el mundo exterior y la coloca en el interior en una forma que es entendible por el circuito lógico debe ser entonces un elemento de entrada. Por otro lado si recibe información de un circuito interno y lo traduce en términos que son entendidos por el mundo exterior entonces debe ser un elemento de salida.

Las señales de entrada desde los sensores como son las botoneras, los interruptores de final de carrera, sensores analógicos, selectores se encuentran cableados a los terminales del interfase de entrada.

Los elementos que se van a controlar como son arrancadores de motores, válvulas solenoide, luces piloto y válvulas de posición se conectan a los terminales del interfase de salida.

La expansión del sistema se la logra añadiendo módulos de entrada/salida a los ya existentes en un "hogar" que es una caja que posee clavijas que sirven para sostener los módulos de entrada/salida. La cantidad de módulos dependerá del tamaño y de la

complejidad del proceso.

Por último está la fuente de suministro de energía que provee del voltaje requerido para la correcta operación de las diferentes secciones del controlador programable.

Otro elemento que se puede considerar como parte del controlador programable es el elemento de programación que se lo requiere para grabar las instrucciones en la memoria. Dicho elemento de programación solo debe ser conectado al controlador cuando se ingresa o monitorea el programa.

Hablando estrictamente, el controlador programable es un elemento que se altera dependiendo del evento, esto quiere decir que el controlador programable responde a los cambios de un estado presente de un proceso, sistema o elemento. Así puede responder por ejemplo a los cambios de temperatura de un fluido de un tanque a medida que el cambio se produce.

1.3. SISTEMAS NUMERICOS

Existen numerosas formas de representar números, algunas de esas formas son más convenientes que otras. La familiarización con los sistemas numéricos probará ser útil cuando se trabaje ya sea

con los controladores programables o con las computadoras digitales. Esto será verdad sabiendo que los requerimientos básicos de estos equipos para representar, almacenar y operar es con números, inclusive para desarrollar las operaciones más sencillas. En general los controladores programables trabajan con el sistema de numeración binario en una forma o en otra para representar varios códigos o cantidades. A pesar de que las operaciones sean sencillas siempre tendremos oportunidad de utilizar los conocimientos de los sistemas numéricos. Antes de proseguir es muy importante tener muy en claro algunos conceptos aplicables a todos los sistemas numéricos:

- Cada sistema tiene una base o raíz
- Cada sistema puede ser usado para contar
- Cada sistema puede ser usado para representar cantidades o códigos
- Cada sistema tiene una serie de símbolos

La base de un sistema numérico determina el número total y único de símbolos usados por ese sistema. El símbolo de mayor valor siempre tiene el valor uno menos que el de la base. Desde que la base define el número de símbolos, es posible tener un sistema numérico de cualquier base. Sin embargo, un

sistema numérico es seleccionado típicamente por su conveniencia; los sistemas numéricos que por lo general se utilizan en los controladores programables son base 2, base 8 y base 16 los cuales también son llamados binario, octal y hexadecimal respectivamente.

1.3.1. SISTEMA DE NUMERACION DECIMAL

El sistema decimal es el más común para nosotros sin duda se usa como resultado de poseer en la generalidad de las personas 10 dedos en la mano y en los pies. La base del sistema decimal es el 10. Los símbolos o dígitos son 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9. Como se mencionó antes el número total de símbolos corresponde al de la base y el símbolo con el mayor valor es uno menos que el de la base. Por ser el sistema decimal de uso muy común, rara vez nos detenemos a pensar en la forma de expresar un número mayor a 9. Es importante mencionar que la técnica de representación de valores mayores a los del símbolo de mayor valor es la misma para los otros sistemas numéricos.

El valor del lugar o el peso es asignado a cada posición que el dígito debe llevar empezando por

la derecha hacia la izquierda. El valor de peso de cada posición puede ser expresada como la base (en este caso 10) elevada a la potencia de la posición (n). Lo entenderemos mejor analizando el siguiente ejemplo : 9876

Posición :	3	2	1	0	
	9	8	7	6	
					$6 \times 10^0 = 6$
					$7 \times 10^1 = 70$
					$8 \times 10^2 = 800$
					$9 \times 10^3 = 9000$
					9876

1.3.2 SISTEMAS DE NUMERACION BINARIA

El sistema de numeración binaria utiliza el número 2 como base. Los únicos dígitos que se aceptan son 0 y 1, no existen 2,3,..,etc. El sistema binario se acomoda a los elementos como los controladores programables y computadoras digitales. Se lo adoptó por conveniencia. Es mucho más sencillo diseñar máquinas que distinguen dos entidades o números en lugar de 10 como en el sistema decimal.

La mayoría de los fenómenos físicos tienen dos estados solamente : un bombillo de luz está

encendido o apagado, una válvula está abierta o cerrada, un interruptor está encendido o apagado, una puerta está abierta o cerrada y así muchos fenómenos.

Como el sistema decimal, expresar números mayores que el mayor de los símbolos es alcanzado asignando un valor de peso a cada posición de derecha a izquierda. El decimal equivalente en número binario es calculado en forma similar que un número decimal, solamente que en lugar de ser 10 elevado a la potencia de la posición, se eleva 2 a la potencia de la posición. Analicemos el siguiente ejemplo para tener la idea clara : 10110110

Posición :	7	6	5	4	3	2	1	0	
	1	0	1	1	0	1	1	0	
									$0 \times 2^0 =$
									0
									$1 \times 2^1 =$
									2
									$1 \times 2^2 =$
									4
									$0 \times 2^3 =$
									0
									$1 \times 2^4 =$
									16
									$1 \times 2^5 =$
									32
									$0 \times 2^6 =$
									0
									$1 \times 2^7 =$
									128
									<hr/>
									182

El número binario 10110110 equivale a 182 en decimal.

Contar en número binario resulta ser más molesto que en decimal por una simple razón que no estamos acostumbrados. Esto es verdadero porque el sistema

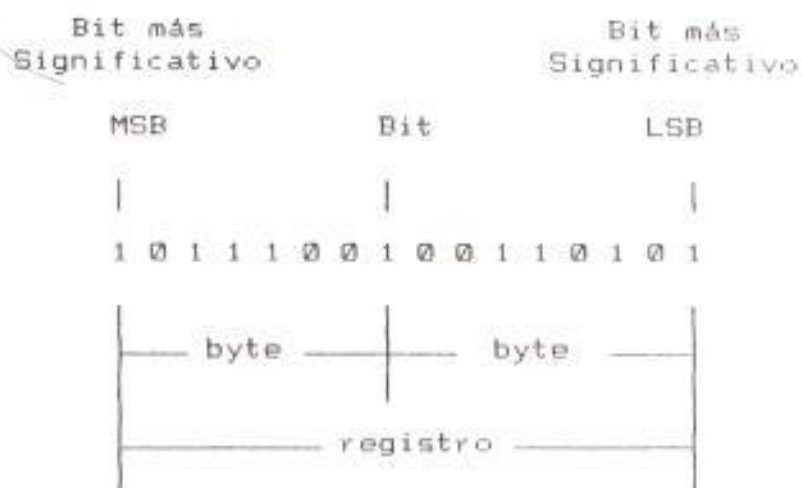
de numeración binario usa solamente dos dígitos 0 y 1, haciendo solamente posible contar desde 0 hasta 1. Solamente un cambio toma lugar en una ubicación de un dígito (OFF hacia ON). En el sistema decimal estamos acostumbrados a contar desde 0 hasta 9. Existen 10 transiciones o cambios antes que un nuevo dígito sea añadido.

La tabla siguiente ilustra la equivalencia del 0 al 10 entre el sistema decimal y el binario.

	DECIMAL	BINARIO
	0	0000
	1	0001
	2	0010
	3	0011
	4	0100
	5	0101
	6	0110
	7	0111
	8	1000
	9	1001
	10	1010

Tabla 1.3.2 Representación Decimal y Binaria

Cada dígito en numeración binaria se lo conoce como un "bit", un grupo de cuatro bits se lo conoce como "nibble", un grupo de ocho bits se lo llama "byte" y uno o más bytes es un registro. En el siguiente esquema se explica los términos recién analizados:



1.3.3 SISTEMA DE NUMERACION OCTAL

Expresar un número en binario obviamente requiere sustancialmente más dígitos que en el sistema decimal. Muchos dígitos binarios pueden llegar a convertirse en algo incómodo para leer y para escribir especialmente para las personas que los leen o que los escriben. El sistema octal tiene como base al número 8 y posee 8 dígitos que son 0,1,2,3,4,5,6,7. El sistema octal se lo utiliza por su forma distintiva de representar números binarios utilizando menos dígitos.

La siguiente tabla muestra una comparación entre los sistemas numéricos descritos entre sí del 0 al 15.

DECIMAL	BINARIO	OCTAL
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	10
9	1001	11
10	1010	12
11	1011	13
12	1100	14
13	1101	15
14	1110	16
15	1111	17

Tabla 1.3.3 Representación Decimal-Binaria-Octal

Como en los otros sistemas cada dígito en numeración octal tiene un valor de peso en decimal de acuerdo a su posición, así por ejemplo tenemos el siguiente número en base 8:

Posición :	3	2	1	0	
	1	7	6	7	
					$7 \cdot 8^0 = 7$
					$6 \cdot 8^1 = 48$
					$7 \cdot 8^2 = 448$
					$1 \cdot 8^3 = 512$
					1015

Como se puede notar el sistema octal como una forma conveniente de escribir o manejar numeración binaria. Si el número binario es muy grande con muchos unos y ceros, se lo puede representar por su

equivalente octal.

El sistema octal tiene como base el número 8, que es lo mismo que dos elevado a la tercera potencia, haciendo esto posible de representar cualquier número octal agrupando bits binarios en grupos de tres. De esta manera, un número binario muy grande puede ser fácilmente representado por un número octal con muy pocos dígitos.

A continuación podremos observar mediante un ejemplo como convertir un número binario en un número octal en forma directa.

1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1	Num. Binario
1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1	Grupos de tres bits
1 6 1 7 5 3	Dígitos Octal

2.2.4 SISTEMA DE NUMERACION HEXADECIMAL

El sistema de numeración hexadecimal o simplemente hex utiliza el 16 como base. Consiste en 16 dígitos, números del 0 al 9 y de las letras A hasta la F, los cuales son sustituidos por los números 10 hasta el 15 respectivamente.

El sistema hex es utilizado por la misma razón que el sistema octal es empleado, para representar números binarios con menos dígitos. El sistema de numeración hex usa un dígito para representar cuatro dígitos binarios en lugar de tres como lo hacía el sistema octal.

A continuación en la siguiente tabla se muestra la equivalencia entre el sistema decimal, binario y hex.

	<u>DECIMAL</u>	<u>BINARIO</u>	<u>HEX</u>
	0	0000	0
	1	0001	1
	2	0010	2
	3	0011	3
	4	0100	4
	5	0101	5
	6	0110	6
	7	0111	7
	8	1000	8
	9	1001	9
	10	1010	A
	11	1011	B
	12	1100	C
	13	1101	D
	14	1110	E
	15	1111	F

Tabla 1.3.4 Representación Decimal-Binaria-Hex

Al igual que en los otros sistemas de numeración, los números hexadecimales pueden ser representados por sus equivalentes decimales usando el método de la suma de sus pesos. Tal como lo podemos apreciar

en el siguiente ejemplo:

Posición : 3 2 1 0

F	1	A	6	
				$6 \times 16^0 = 6$
				$10 \times 16^1 = 160$
				$1 \times 16^2 = 256$
				$15 \times 16^3 = 61440$
				61862

Como en el sistema octal, los números hexadecimales pueden ser convertidos fácilmente en números binarios sin realizar conversión matemática. La conversión se logra escribiendo el equivalente de cuatro bits binarios de el dígito hexadecimal de cada posición. Por ejemplo:

1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0
F	1	A	6											

1.4 CODIGOS BINARIOS

Un requerimiento importante de los controladores programables es el de comunicación con varios elementos externos que suministran información al controlador o para recibir información del controlador. Esta función de ENTRADA/SALIDA involucra la transmisión, manipulación y almacenamiento de información binaria que, en algún momento, deberá ser interpretada por los humanos. A

pesar de que la máquina puede manejar la información binaria, nosotros requerimos que la información pueda convertirse a una forma más interpretable.

Una forma de satisfacer estos requerimientos es el de asignar una única combinación de unos y ceros para cada número, letra o símbolo que deba ser representado. Esta técnica se la conoce como codificación binaria. De manera general se tienen dos categorías de códigos, aquellos que solo sirven para representar números y aquellos que nos sirven para representar letras, símbolos y decimales.

Algunos códigos para representación de números, símbolos y letras han sido instituido y son de uso común en la industria.

2.4.1 Código ASCII

Códigos alfanuméricos como son las letras, símbolos y números decimales son usados cuando equipo de procesamiento de datos como las impresoras o los monitores deben manejar el alfabeto al igual que los números y símbolos especiales. Dichos caracteres pueden ser representados usando un código de seis bits (aquí se incluye las letras, los números, signos de operación matemática). El código de más común uso para representar caracteres alfanuméricos

Los tres últimos dígitos
leídos de derecha a izquierda

Primeros cuatro dígitos leídos de derecha a izquierda	000	001	010	011	100	101	110	111	
	0	1	2	3	4	5	6	7	
---- 0000	0	NUL	DLE	SPACE	0	@	P		p
---- 0001	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
---- 0010	2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
---- 0011	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
---- 0100	4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
---- 0101	5	ENQ	NAX	%	5	E	U	e	u
---- 0110	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
---- 0111	7	BEL	ETB	*	7	G	W	g	w
---- 1000	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
---- 1001	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
---- 1010	10	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
---- 1011	11	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
---- 1100	12	FF	FS	,	<	L	\	l	:
---- 1101	13	CR	GS	-	=	M	]	m	}
---- 1110	14	S0	RS	.	>	N	^	n	~
---- 1111	15	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

Tabla 1.4.1 Tabla del Código ASCII

se lo conoce como el Código Americano Común para Intercambio de Información.

El código ASCII puede ser de 6,7 u 8 bits, a pesar de que el alfabeto, números y símbolos especiales pueden ser acomodados en código de seis bits; pero lo más común es encontrar el código ASCII representado por códigos de siete bits. Se debe principalmente porque con este código de siete bits es posible cubrir todas las posibles combinaciones de caracteres utilizados en la comunicación de periféricos e interfases.

El código ASCII de ocho bits se lo usa cuando se añade el bit de paridad para revisión de errores en la transmisión de datos. Notamos que no se sobrepasa el valor de bits para formar un byte.

En la Tabla 1.4.1 es posible encontrar abreviaturas de lo que significa la combinación de ceros y unos en la transmisión de mensajes utilizando el código ASCII, su traducción es la siguiente:

NUL : Nulo
SOH : Comienzo de Encabezado
STX : Comienzo de Texto
ETX : Fin de Texto
EOT : Fin de Transmisión
ENQ : Pregunta
ACK : Reconocer
BEL : Timbre
BS : Un Espacio Hacia Atras

HT : Salto Horizontal
LF : Alimentación de Línea
VT : Salto Horizontal
FF : Alimentación de Forma
CR : Regreso de Carro
SO : Cambio Afuera
SI : Cambio Dentro
DLE : Unión de Información de Escape
DC1 : Control Directo 1
DC2 : Control Directo 2
DC3 : Control Directo 3
DC4 : Control Directo 4
NAK : Reconocimiento Negativo
SYN : Sincrónico
ETB : Fin de Bloque de Transmisión
CAN : Cancelar
EM : Final de Medio
SUB : Substituto
ESC : Escape
FS : Separador de Forma
GS : Separador de Grupo
RS : Separador de Archivo
US : Separador de Unidad
DEL : Borrar

2.4.2 Código BCD

El código binario codificado decimal (BCD) fue introducido como una solución conveniente para manejo de los humanos de números que debían ser ingresados a máquinas digitales y para interpretar la salida de números desde la máquina.

La mejor solución para este problema es el significado de convertir un código listo manejado por el hombre (decimal) a un código listo manejado por el equipo (binario), como resultado se obtuvo el código BCD.

En sistema decimal, nosotros tenemos números del cero al nueve, mientras que el código BCD cada uno de estos números es representado por un número binario de cuatro bits.

A continuación se muestra la tabla en donde se aprecia la relación entre numeración decimal, binaria y BCD.

DECIMAL	BINARIO	BCD
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0010
3	0011	0011
4	0100	0100
5	0101	0101
6	0110	0110
7	0111	0111
8	1000	1000
9	1001	1001

Tabla 1.4.2 Representación Decimal-Binaria-BCD

La representación BCD de un número decimal se la obtiene simplemente reemplazando por cada dígito decimal su equivalente BCD. Así tenemos el siguiente ejemplo para poder entender mejor esta representación con el número decimal siguiente:

0 1 1 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1
 7 4 9 3

1.4.3 Código GRAY

El código GRAY es uno de una serie de códigos cíclicos conocidos como códigos reflejados y desarrollados especialmente para posicionar transductores. Es un código binario básicamente que ha sido modificado de tal forma que solamente un bit cambia a medida que la cuenta numérica se incrementa.

La siguiente tabla muestra al código GRAY comparándose con el código binario

	GRAY	BINARIO
0000	0000	0000
0001	0001	0001
0010	0011	0010
0011	0010	0011
0100	0110	0100
0101	0111	0101
0110	0101	0110
0111	0100	0111
1000	1100	1000
1001	1101	1001
1010	1111	1010
1011	1110	1011
1100	1010	1100
1101	1011	1101
1110	1001	1110
1111	1000	1111

Tabla 1.4.3 Representación Gray-Binario

1.5 FUNCIONES LÓGICAS

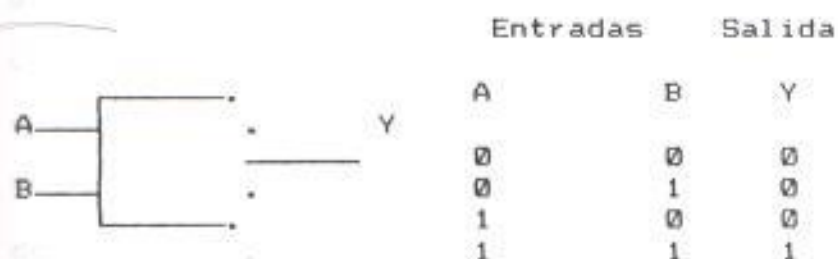
En el concepto binario se mostraba que las variables binarias, que pueden existir en uno de dos posibles estados, es decir puede ser representado por un 1 o 0. Veremos como funciones que combinan dos ó más de estas variables binarias pueden resultar en una condición verdadera o falsa que se la representa por un 1 y un 0 respectivamente. Así el controlador programable eventualmente realizará o tomará decisiones basadas en los resultados de estas funciones.

Las operaciones realizadas por los equipos digitales, como son los controladores programables, se basan en tres operaciones lógicas fundamentales : AND, OR y NOT.

Estas operaciones son usadas para combinar variables binarias para formar funciones. Cada función posee una regla que determinará la salida, ya sea verdadera o falsa. Para efectos de explicación futura a la salida la llamaremos Y y las entradas A, B, C, ..., etc. Las entradas y las salidas nos representan dos estados de variables y su número puede ser el que se desee.

1.5.1 FUNCION AND

En la siguiente figura se muestra el diagrama de representación de una puerta lógica AND. La forma de operar es la siguiente : la salida de una puerta AND es verdadera si y solamente si todas las entradas son verdaderas. A continuación podemos ver una tabla de verdad de la puerta lógica AND.



1.5.2 FUNCION OR

En la siguiente figura se muestra la representación gráfica de una puerta lógica OR. Su operación es como se explica a continuación : La salida de una puerta lógica OR es verdadera si cualquiera de las entradas es verdadera.

El número de entradas es ilimitado, pero la salida es única. Veremos a continuación la tabla de verdad de una puerta lógica OR.

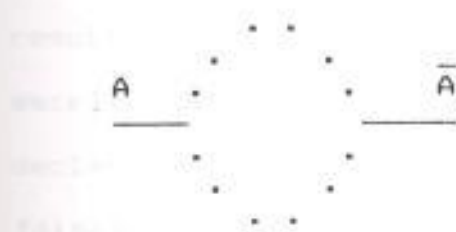


Entrada		Salida
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

1.5.3 FUNCION NOT

En la siguiente figura se muestra la representación gráfica de una función NOT. Su funcionamiento es como sigue : Si la salida NOT es verdadera entonces su entrada es falsa , en caso contrario si la salida NOT es falsa la entrada es verdadera. El resultado de la operación NOT es siempre su inversa de lo que se encuentra en la entrada, otro nombre con el que se conoce a la función NOT es el de inversor.

La entrada de la función NOT es única y se la usa por separado , pero en conjunción con las puertas lógicas AND y OR. Su tabla de verdad es la que se muestra a continuación:



Entrada	Salida
A	\bar{A}
0	1
1	0

La utilidad del símbolo NOT no es tan claro como en el caso de las puertas AND y OR, aunque en realidad son de mucha utilidad cuando se trabaja en la programación de ciertos enclavamientos en el programa de control del autómeta programable.

1.6 ALGEBRA DE BOOLE

El entendimiento de las técnicas de escritura corta de expresiones para funciones lógicas complejas puede ser una herramienta muy útil cuando se está creando un programa de control de declaraciones Booleanas o los diagramas convencionales de contactos, este último es un método de programación gráfica de los controladores programables.

El Algebra de Boole fue desarrollada en el año 1849 por el inglés George Boole. Con este desarrollo algebraico se intentaba ayudar en los razonamientos lógicos; y no precisamente para implementar los propósitos de lógica digital, que para esa época no se los conocía tan siquiera. Apareció como resultado de proporcionar una forma simple de escritura de combinaciones complicadas de declaraciones lógicas que podían ser verdaderas o falsas.

Como todos los sistemas digitales en 2 valores lógicos Verdadero/Falso, donde el valor 1 representa verdadero y el valor 0 representa falso. Como existe mucha relación entre la lógica digital y la lógica Booleana se pueden encontrar en el lenguaje de programación del controlador programable un lenguaje llamado Booleano. Ver fig. 1.6

En las siguientes figuras se resumen los operadores básicos del Algebra de Boole en base a las funciones lógicas AND, OR, NOT.

DECLARACION LOGICA	Ec. BOOLEANA
Y es verdadero si A y B son verdaderas	$Y = A * B$
Y es verdadero si A o B son verdaderas	$Y = A + B$
Y es verdadero si A es falso y viceversa	$Y = \bar{A}$

Las reglas del Algebra de Boole se detallan a continuación :

$A + B = B + A$	Ley Conmutativa
$A * B = B * A$	
$A + (B + C) = (A + B) + C$	Ley Asociativa
$A * (B * C) = (A * B) * C$	
$A * (B + C) = A * B + A * C$	Ley Distributiva
$A + B * C = (A + B) * (A + C)$	
$A * (A + B) = A + A * B = A$	

$$\overline{(A + B)} = \bar{A} * \bar{B}$$

$$\overline{(A * B)} = \bar{A} + \bar{B}$$

$$\bar{\bar{A}} = A, \bar{1} = 0, \bar{0} = 1$$

$$A + \bar{A} * B = A + B$$

$$A * B + A * C + B * \bar{C} = A * C + B * \bar{C}$$

Se debe destacar un aspecto muy importante en el desarrollo de la operación del Algebra de Boole esto es el orden de operación, porque afectará el resultado del valor lógico de una expresión. Así el orden es el siguiente :

1. La expresión NOT
2. La expresión AND
3. La expresión OR

Aunque siempre se debe tener en cuenta que la preferencia mayor la tienen aquellas expresiones contenidas en algún signo de agrupación.

2.7 CARACTERISTICAS INTERNAS

No es objetivo del presente trabajo analizar a fondo aspectos de circuitos internos del controlador programable, pero siempre resultará importante tener una idea más o menos clara del

funcionamiento del equipo. Por ese motivo lo que se realizará es un análisis breve del centro mismo del autómata programable y nos interesará más aspectos relacionados con la selección del controlador en base a características internas sobresalientes.

El circuito interno que se procederá analizar es el CPU o unidad central de procesamiento conformado básicamente por los siguientes elementos :

1. Microprocesador o Procesador
2. Sistema de Memoria
3. Sistema de Alimentación de Energía

2.7.1 LOS MICROPROCESADORES O PROCESADORES

La inteligencia con la que cuentan los controladores programables está formada por muy pequeños circuitos integrados llamados microprocesadores con grandes capacidades de control y computación. Son capaces de realizar operaciones matemáticas, manejo de datos y diagnóstico de rutinas; que para los relés no es posible realizar.

La principal función del microprocesador es el de comandar y gobernar las actividades de todo el sistema, lo cual se lo realiza por interpretación y ejecución de programas del sistema que se conocen

como ejecutables. Los ejecutables son una colección de programas de supervisión que se encuentran permanentemente almacenados y se los considera como parte del controlador.

Por la ejecución de los ejecutables, el procesador podrá desarrollar todo el control, procesamiento, comunicación y las posibilidades de almacenamiento de funciones y datos del proceso. Ver fig. 1.7.1

Debido a las múltiples funciones que se realizan en el controlador programable se tienen multiprocesadores que se encargan cada uno a una función específica para tener un proceso rápido y dinámico.

Por ejemplo, los programas ejecutables realizan una comunicación entre el controlador programable y el usuario o programador a través de un equipo de programación.

Debido a los requerimientos del proceso, en la actualidad se incluyen en los módulos de entrada/salida microprocesadores y memorias para realizar un mejor control. Los microprocesadores son clasificados o categorizados según el tamaño del término registro o el número de bits que se usan simultáneamente para realizar alguna operación.

La longitud de cada registro afecta la velocidad de operación del procesador, así tenemos que procesador de 16 bits procesa información a mayor velocidad que uno de 8 bits, también nos sirve para tener una idea de la capacidad y grado de sofisticación del controlador programable.

1.7.2 SISTEMA DE MEMORIA

La característica más importante de los controladores programables es la de otorgar al usuario la habilidad de hacer cambios a un programa de control rápidamente y fácilmente. Esta característica de programabilidad es posible debido a la arquitectura del controlador programable. El sistema de memoria es el área en el CPU en donde todas las instrucciones de secuencia o programas son almacenadas y ejecutadas por el procesador para proveer el deseado control de campo sobre los elementos. Las secciones donde se almacenan los programas de control pueden ser cambiadas o reprogramadas para corregir los cambios en los procedimientos de la línea de manufactura.

En un sistema de memoria tenemos dos memorias virtuales, la primera se llama EJECUTIVA y la otra MEMORIA DE APLICACIONES. La memoria ejecutiva se

compone de una serie de programas almacenados permanentemente que son parte del controlador programable. Estos son programas de supervisión que dirigen todas las actividades del sistema tales como la ejecución del programa de control, comunicación con elementos periféricos y otras actividades del sistema; en esta sección de memoria se encuentra almacenada y disponible las instrucciones de los programas del sistema como son las instrucciones de los relés, bloque de transferencia, instrucciones matemáticas, etc. Esta área del sistema no es accesible para el usuario.

La otra memoria virtual de aplicaciones nos permite contar con un área de almacenamiento para las instrucciones programadas ingresadas por el usuario, las cuales forman el programa de aplicación.

Los requerimientos de almacenamiento y recuperación no son los mismos para la memoria ejecutiva como para la memoria de aplicación, por esa razón no siempre pueden ser almacenados en el mismo tipo de memoria. Es el caso de memoria de ejecución que requiere una memoria que permanentemente guarda sus contenidos y que bajo ninguna circunstancia se altere o pierda debido a fallas eléctricas o por errores del usuario; por lo tanto tratar de aplicar

este mismo sistema de memoria para la memoria de aplicación resulta no ser muy cómodo, porque en esta sección de memoria se deben de realizar cambios en el programa de control y en la información que debe manejar.

Otra forma de clasificar las memorias es por la característica de ser memorias volátiles o no permanente y memoria permanente o no volátil.

Además de acuerdo a la operación dentro del CPU, las memorias pueden ser ROM (Lectura Solo Memoria) en la que el procesador es el único que tiene acceso y RAM (Sin Restricción Acceso Memoria) en las que se posee acceso desde el usuario a su contenido.

Al igual que procesadores, las memorias ha mantenido un desarrollo increíble que las hacen cada vez ser de menor tamaño, pero a la vez de mayor capacidad.

Las memorias de los controladores programables pueden ser visualizados como un gran arreglo bi-dimensional de celdas de almacenamiento unitarias, cada una de las cuales puede guardar un solo pedazo de información en forma de 1 o 0. Por eso es que el sistema de numeración binaria es usada para representar cualquier información guardada en memoria. Un bit es la unidad estructural de memoria

más pequeña y guarda información en forma de 1 y 0.

Para volver más eficiente a un procesador no es conveniente que maneje la información bit por bit, sino que lo debería hacer en grupo de bits al transferir información desde y hasta la memoria.

Así es que se requiere la agrupación de bits en números estandarizados para que al grupo de bits manejados simultáneamente se lo llama byte que por lo general se encuentra formado por 6,7 o hasta 8 bits. La tercera y final estructura de información que es usada por el controlador programable se llama registro que se encuentra formado por 8, 12 o hasta 16 bits.

La capacidad de memoria es vital cuando se considera las aplicaciones de los controladores programables. Especificar la cantidad de memoria requerida puede representar ahorros en elementos físicos y tiempo en caso de que se requiera mayor memoria en el futuro.

Conocer los requerimientos de memoria por adelantado puede significar evitar la posibilidad de comprar un controlador programable que no sea apropiado o que no sea expandible.

La memoria de los controladores programables pequeños, aquellos de hasta 64 I/O, no poseen posibilidad de expansión. Esto se debe a que por lo general se los provee de una capacidad mayor a la que normalmente utilizarían para los programas que deben almacenar para las aplicaciones pequeñas.

Los controladores grandes sí poseen una memoria expandible, porque las limitaciones de aplicación y la cantidad de I/O de control poseen menor significado para estos controladores.

La cantidad de memoria de aplicación se la especifica en términos de K unidades que representan 1024 registros. Esto significa que 1K de memoria contiene 1024 ubicaciones de almacenamiento.

La capacidad de memoria es solamente una indicación del número total de ubicaciones de almacenamiento disponibles. Este máximo número solo no es suficiente cuando se quiere determinar los requerimientos de memoria. Información adicional concerniente a como las instrucciones del programa son almacenadas ayudarán a realizar una mejor decisión.

La utilización de memoria se refiere a la cantidad de información que se puede almacenar en una

ubicación de memoria requerida para almacenar cada tipo de instrucción.

Consideremos el caso de tener dos clases de memoria una que maneje registros de 16 bits y otra que maneja registros de 8 bits, ambas tienen una capacidad de 4 Kregistros. Se requiere para alguna aplicación 16 bits para almacenar cada instrucción de contacto normalmente abierto y normalmente cerrado. Para almacenar un mismo programa de control para la memoria de 8 bits por registro se requerirá un espacio equivalente al doble comparado con la memoria de 16 bits por registro.

A continuación analizaremos un ejemplo de aplicación de como calcular la capacidad de memoria para un controlador programable dependiendo de los requerimientos del proceso. Se requiere de 70 salidas, en donde para cada salida se le asigna un promedio de 10 elementos contacto. Además de las salidas se requieren 11 temporizadores y 3 contactores, cada uno con aproximadamente 8 y 5 elementos contactos respectivamente. Se estima que existirán aproximadamente 20 instrucciones que incluyen adición, resta y comparación cada una con 5 elementos contacto.

Consideremos la siguiente tabla dada por un fabricante de algún autómata programable que nos indica el consumo de memoria por elemento de control.

Instrucción	Registros Memoria Requeridos
Examine Contactos Entrada/Salida	1
Bobina de Salida	1
Suma/Resta/Comparación	1
Temporizador/Contador	3

Primeras estimaciones de memoria:

- a) Control Lógico : 10 elementos contactos /rama de salida
Número de salidas por rama = 70
- b) Control Lógico : 8 elementos contactos/
temporizador
Número de temporizadores = 11
- c) Control Lógico : 5 elementos contacto/ contador
Número de contadores = 3
- d) Control Lógico : 5 elementos contacto/matemát.
comparadores.
Num. matemática y comparación=20

Basado en la utilización de memoria, el número total de registros :

a) Total elementos contactos	10*70	= 700
Total de salidas	1*70	= 70
Total registros.....		770

b) Total elementos contactos	11*8	= 88
Total temporizadores	11*3	= 33
Total registros.....		121

c) Total elementos contactos	3*5	= 15
Total contadores	3*3	= 9
Total registros.....		24

d) Total elementos contactos	5*20	= 100
Total matemát/comparadores	1*20	= 20
Total registros		120

 1035

Así tenemos que el número total de registros de memoria requerido para almacenar estas instrucciones será 1035 registros, algo más de un K de memoria. Los cálculos realizados en el ejemplo previo son una aproximación, porque se deben considerar otros factores como futuras expansiones y adicionalmente otros contactos de salidas internas que aparecen en los diagramas de

control . Se debe tener en mente que los requerimientos de memoria son afectados por la sofisticación del programa de control , si se requiere manipulación de información y almacenamiento se requerirá memoria adicional.

Además siempre debemos considerar un margen de tolerancia de entre un 25 % hasta un 50 %, dependiendo de la capacidad del autómeta.

1.7.3 SISTEMA DE ALIMENTACION DE ENERGIA

El sistema de alimentación juega un rol muy importante en la operación total del sistema, se lo puede llegar a comparar como el jefe de la confiabilidad e integridad del sistema debido a que debe suministrar energía a los elementos internos , pero también monitoriar y regular el voltaje para proteger al CPU si no se encuentra todo bien. En definitiva tiene la función de brindar una potencia bien regulada y proteger a los demás componentes del sistema. Ver fig. 1.7.3

Lo que se desea es mantener una alimentación a los equipos dentro de un rango de tolerancia si no es posible lograr esto se recomienda la protección extrema del sistema para evitar daños. No es

recomendable colocar equipo que podrían estar parando a cada momento el sistema por las consecuencias de las pérdidas en la producción. Por lo general se usa transformadores cuyo secundario mantenga siempre el mismo voltaje.

Los problemas que se suelen presentar en las industrias son debidos principalmente a :

- * Arranque de cargas pesadas muy cercanas a los controladores
- * Pérdidas propias de las líneas
- * Malas conexiones internas en la planta

El sistema de suministro de energía o simplemente la fuente provee la energía DC para los circuitos lógicos del CPU y los circuitos I/O. Cada fuente tiene un máximo de cantidad de corriente que puede proveer a un nivel de voltaje dado, por ejemplo 10 amps a 5 volts. La cantidad de corriente que una fuente es capaz de suministrar no es siempre la suficiente para una mezcla particular de módulos de I/O. En estos casos se producirían condiciones de subamperaje cuyas consecuencias no son predecibles en la operación del sistema de I/O.

La situación de subamperaje no es usual, ya que las fuentes se las diseña para acomodarse a las mezclas

más comunes que se suelen utilizar en los módulos I/O. La aparición de este subamperaje aparece en aplicaciones donde un excesivo número de módulos I/O para usos especiales son usados, por ejemplo circuitos salidas de contactos de fuerza, entradas/salidas analógicas, debido a que estos módulos demandan mayor corriente que los módulos digitales.

La condición de sobrecarga no es sencilla de detectar ya que puede ocurrir cuando al mismo tiempo se encuentren una combinación especial de salidas encendidas por lo cual la sobrecarga se presenta en forma intermitente. Cuando la capacidad de carga de una fuente es excedida lo normal es añadir una fuente adicional u obtener una fuente de mayor capacidad y reemplazar la existente.

Debe estar seguro que la información provista por el fabricante incluye punto por punto los requerimientos de corriente para los estados de encendido y apagado. Si la suma de corriente suministrada por la fuente es insuficiente, será necesario instalar una fuente auxiliar.

Consideremos el siguiente ejemplo para tratar de explicar los requerimientos de energía de un

controlador programable de alguna marca del mercado.

La mejor solución de un problema potencial es su anticipación, cuando sea el momento de escoger una fuente, lo primero es tener una visión global de los requerimientos de corriente que se tendrán dependiendo de la suerte que se tenga.

En alguna aplicación donde el controlador programable ha sido seleccionado para controlar 50 entradas discretas y 25 salidas discretas. Cada módulo discreto de entrada y salida es capaz de conectar hasta 16 y 8 elementos de campo respectivamente. Además se requiere un módulo de tiempo real, y 5 contactos de fuerza de salida. Se utilizan en el sistema tres entradas y tres salidas analógicas.

La disposición de los equipos en el hogar es como sigue. El primer módulo enchufable es la fuente, luego el módulo del procesador y luego los módulos de entrada y salida. Lo primero es conocer cuantos módulos se requieren y los requerimientos de corriente de estos módulos para trabajar apropiadamente.

A continuación veremos un listado de los requerimientos y la corriente necesaria por cada

módulo.

Tipo Módulo	I/O Conec.	Conec./ Módulo	# Mód. Requeri.	Corriente @ 5V Mód.	Total
Entr. Disc.	50	16	4	250mA	1000mA
Sali. Disc.	25	8	4	220mA	880mA
Cont.	5	64	1	575mA	575mA
Entr. Anal.	3	4	1	600mA	600mA
Sali. Anal.	3	4	1	1200mA	1200mA
Reloj	1	1	1	400mA	400mA

Total : 4655 mA

Corriente del Procesador : 1200 mA

Fuentes Disponibles	A	3 Amps
	B	5 Amps
	C	6 Amps
Fuentes Auxiliares	AA	3 Amps
	BB	5 Amps

En esta tabla se detallan los requerimientos de corriente de todas las entradas y salidas encendidas al mismo tiempo, y las fuentes disponibles para este autómata programable.

La fuente de corriente total requerida por el

sistema de entrada/salida es 4655 mA o 4.655 A, a este valor debemos añadir el valor de corriente requerido por el procesador 1200 mA, lo que indica que la mínima cantidad de corriente que la fuente debe proveernos para asegurar una operación apropiada es 5.855 A. Esta cantidad de corriente indica el peor caso ya que asumimos que todas las entradas y salidas están operando en la condición de encendido al mismo tiempo.

Tendremos algunas opciones en lo que respecta a fuente que puede ser usada. Entre las opciones tenemos la fuente de 6 A o una combinación de las fuentes más pequeñas con las fuentes auxiliares. Si no se considera futuras expansiones la fuente de 6 A será la apropiada, pero si hay cambios en los módulos de entrada/salida o se producen expansiones se requerirá la fuente auxiliar la cual debe ser colocada en la ranura de la mitad. Finalmente debemos tener en mente que cuando se configura el sistema y se realiza el direccionamiento de memoria cualquier cambio de ubicación de los módulos implica cambios en los direccionamientos y en lo que respecta a las fuentes mientras más grandes, más caras.

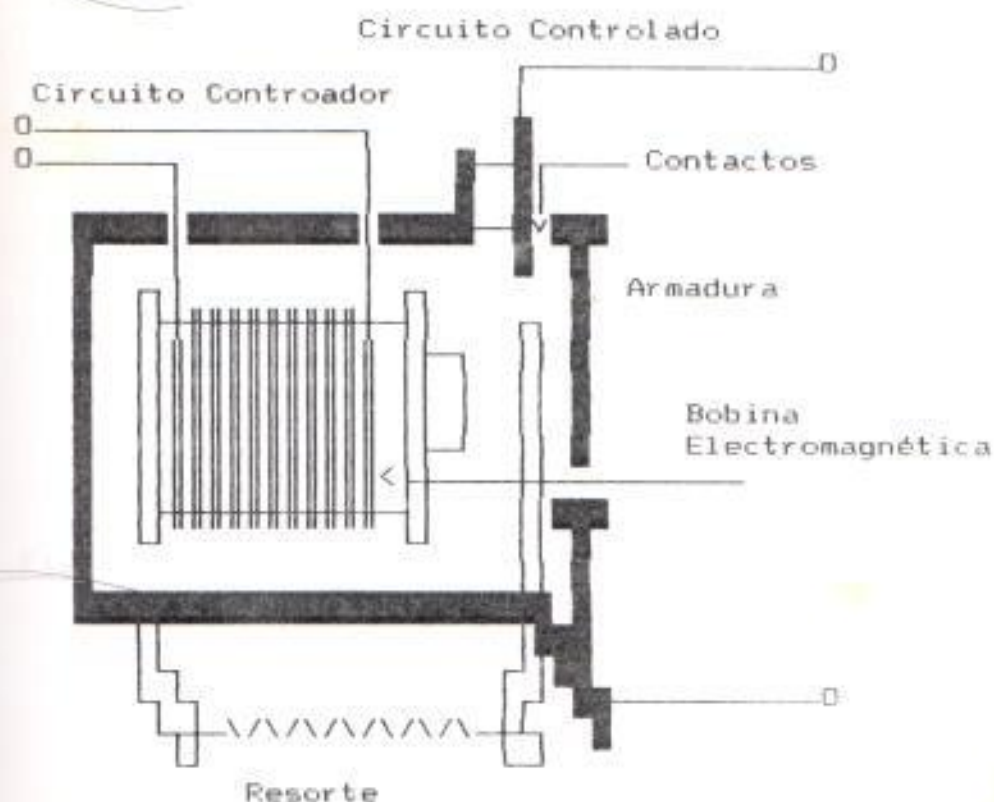


Fig. 1.1.a Esquema de un Relé Electromagnético

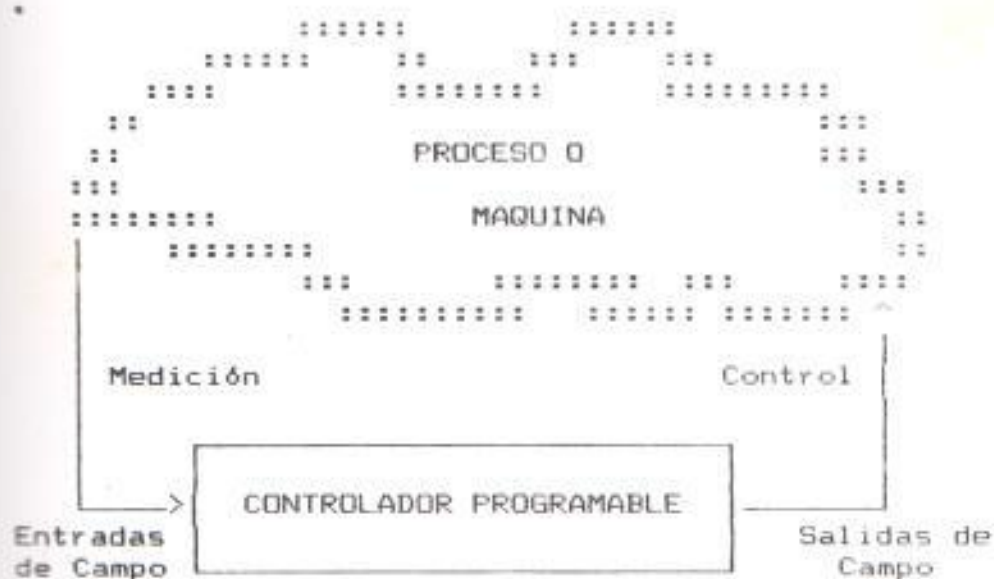


Fig. 1.1.b Visión General del Controlador Programable en un Proceso o Máquina



Fig. 1.1.c Esquema General de un Controlador Programable

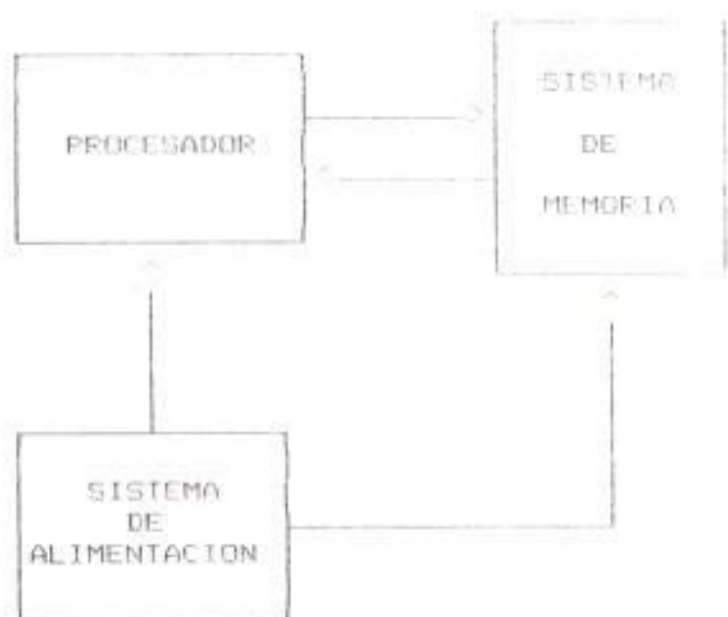


Fig. 1.1.d Esquema General del CPU del Controlador Programable

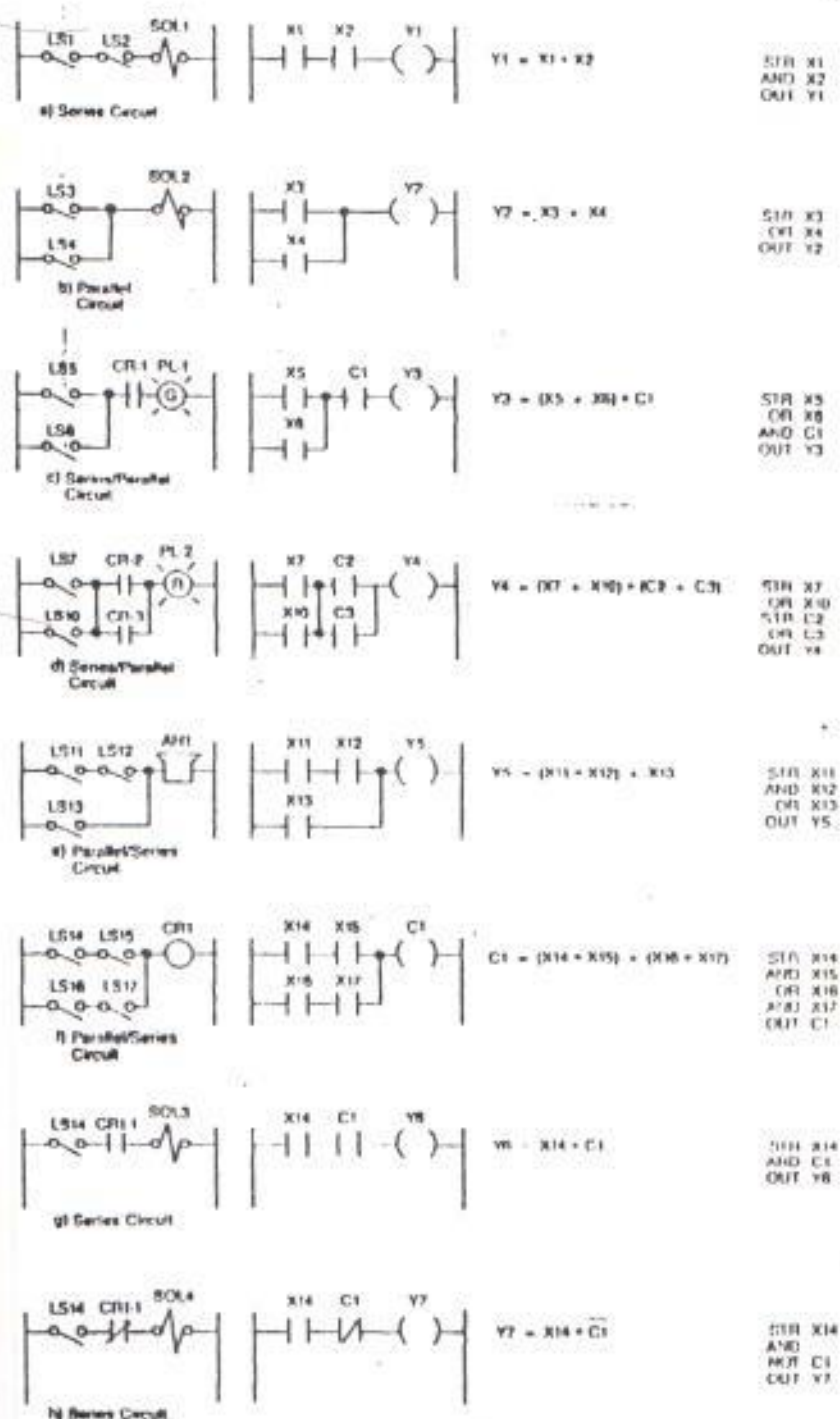


Fig 1.6 Ejemplo de Traducción de un circuito de relé a una lógica de programación.

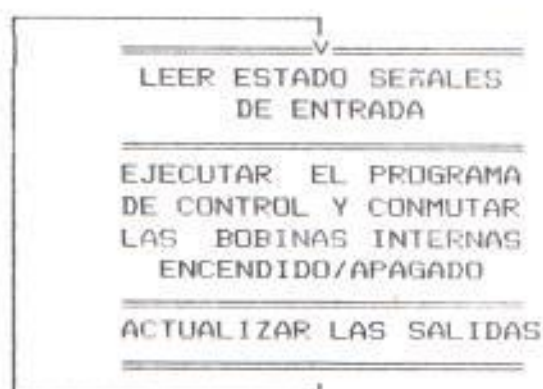


Fig. 1.7.1 Esquema del Funcionamiento del Microprocesador del Controlador Programable

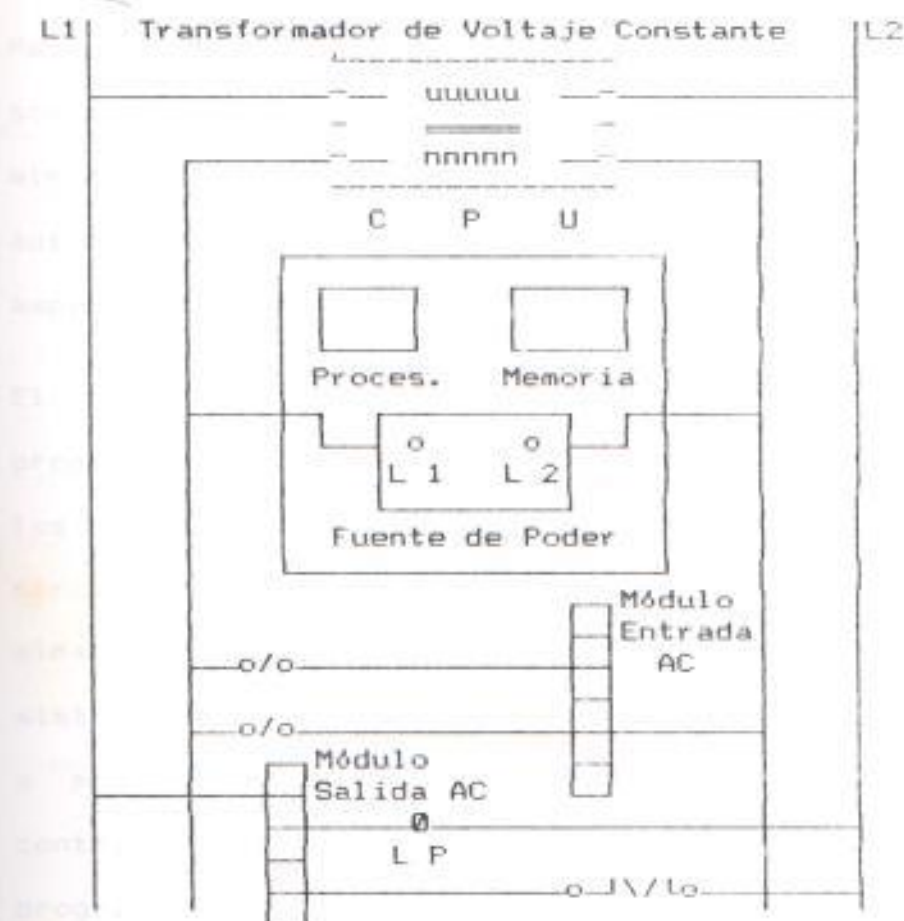


Fig. 1.7.3 Esquema de un Sistema de Alimentación

CAPITULO II

ELEMENTOS DE ENTRADA/SALIDA, INTERFASES Y TRANSDUCTORES

Los elementos de entrada/salida, o simplemente I/O, son cualquier parte del equipo que sirve para intercambiar señales con el controlador programable.

Para aclarar un poco esto, los elementos de entrada son aquellos que envían señales al autómata y los elementos de salida son los que reciben señales del autómata y con estas señales, cambia algunos aspectos o situaciones del ambiente.

El elemento I/O es la sección del controlador programable que maneja el trabajo de interfase de los equipos industriales de alta potencia con el circuito electrónico de baja potencia que almacena y ejecuta los programas de control. El sistema de I/O funciona transfiriendo, condicionando o modulando señales entre la entrada y el controlador programable y entre el controlador programable y la salida.

Cada elemento de entrada está diseñado para sensar una condición particular en el ambiente en el que se

incluye temperatura, movimiento mecánico, presión e interruptor de posición. Las señales pueden ser fácilmente enviadas e interpretadas por el procesador y si no ocurre así se requieren de interfases. Los interfases no son solo alambres y conectores que nos comunican con los módulos I/O a equipo complicado, sino que son módulos con complicados circuitos electrónicos a cuyo funcionamiento profundo no nos ocupará en el presente trabajo.

2.1 MODULOS DE ENTRADA

Cada tipo de módulo de entrada o de ingreso posee su circuito electrónico de estado sólido que condiciona la señal de ingreso y así poderla tener aceptable a la unidad procesadora. Así podemos tener módulos diseñados para reemplazar el nivel de voltaje de campo, incrementar la señal de voltaje, en otros casos tener digitalizadores de señales o también la rectificación de señales alternas.

2.1.1 ENTRADAS DIGITALES O DISCRETAS

Se trata de la clase de interfase de entrada más comúnmente utilizada, su función es la de conectar elementos de entrada de campo que tienen señales de entrada separadas y de naturaleza distinta a los

módulos de entrada y por lo tanto al controlador programable. Como se puede notar esto limita la capacidad de sensor señales de apagado/encendido, abierto/cerrado o sus equivalentes. Podemos mencionar entre los elementos de entrada de campo discretos los siguientes :

- * Selectores
- * Botoneras
- * Detectores fotoeléctricos
- * Interruptores limitadores
- * Interruptores de proximidad
- * Interruptores de nivel
- * Contactos de arrancador
- * Contactos de relé

Todos presentan la característica de entrada discreta por ser esencialmente todos interruptores que pueden estar abiertos o cerrados.

Cuando se encuentran en operación, si una señal de entrada es energizada, el interfase de entrada sensor el voltaje suministrado por el elemento de campo y lo convierte a una señal de nivel lógico aceptable para el CPU que nos indicará el estado del elemento.

Así un lógico 1 indicará encendido o cerrado y un lógico 0 indicará apagado o abierto.

2.1.2 ENTRADAS ANALOGICAS

Se las utiliza cuando en la aplicación se tienen señales que presentan formas continuas; al contrario

que las señales discretas, las señales analógicas están presentes en diferentes niveles. Tomemos el caso de la temperatura que es una señal que continuamente cambia, el cambio de un grado de temperatura es el producto de muchos cambios pequeños. Sin embargo estas señales son continuas en la naturaleza, por lo que un controlador programable no puede interpretar estas señales en su forma analógica, porque solo es capaz de entender ceros o unos.

Una de las propiedades de los interfases de entrada analógicas es la de traducir las señales continuas analógicas en valores discretos los cuales pueden ser interpretados por el procesador del controlador programable y en un momento dado inclusive utilizado por el usuario en una forma importante en el programa de control.

A continuación se detallan algunos ejemplos representativos de esta clase de entradas :

- * Transductor de Temperatura
- * Transductor de Presión
- * Transductor de Celda de Carga
- * Transductor de Humedad
- * Transductor de Flujo
- * Potenciómetro

Cuando nos referimos a los elementos de campo que

suministran una salida analógica como señal, esto nos indica que es muy probable encontrar al elemento de campo conectado a un transductor o a un transmisor el cual en cambio nos proveerá la señal analógica al módulo. Estos transductores se encargan de convertir las variables de los elementos de campo en señales eléctricas que pueden ser ingresadas al interfase analógico.

Dado el hecho de tener muchos tipos de transductores capaces de convertir la variable que se mide en una señal eléctrica, se poseen tablas de promedios eléctricos de ingreso para los módulos de entrada analógicas.

La señal de entrada de interfase analógica es digitalizada mediante la conversión de corriente o voltaje en un número binario el cual es proporcional a la entrada del módulo. Así el número binario que fue convertido por el módulo es por lo tanto proporcional a la variable a ser medida.

La conversión numérica se la logra utilizando un convertidor analógico a digital (A/D o ADC). La señal de entrada es dividida o digitalizada en muchas cuentas digitales que representan la magnitud de voltaje o de corriente, la cantidad de divisiones

en partes de la señal de entrada se refiere a la resolución.

El significado que tiene el término resolución de un módulo es el de indicar en cuantas partes el módulo A/D o ADC dividirá la señal de entrada y está dada en función del número de bits que el módulo A/D o ADC utiliza en la conversión.

Los valores binarios que provee el módulo A/D se los transfiere al procesador en el que se lo tiene a disposición para ser usado como un registro.

Durante el período de ingreso en la sección de lectura, el procesador lee desde el módulo y transfiere la información a la ubicación que el usuario desee. Esta ubicación es por lo general un un registro de almacenamiento o un registro de entrada. El valor contado es ingresado a la memoria utilizando instrucciones que difieren de aquellos usados en los módulos de entrada discretos o digitales.

Los módulos analógicos permiten tener más de un canal o entrada por interfase y por eso se puede conectar algunas señales de entrada mientras sean compatibles con módulo. Esto permite que puedan traer o ingresar varios valores a los registros

mediante instrucciones usadas en los controladores programables.

Las instrucciones se las denomina bloque de transferencia de entrada, entrada analógica, entrada de bloque, etc.

2.1.3 EQUIPO DE ENTRADA

2.1.3.1 Interruptores

Se trata del equipo de entrada más comúnmente utilizado de tipo real, en otras palabras físicamente podemos observar que podemos ingresar una señal al controlador a través de un interruptor. Un interruptor básicamente es un equipo que abre o cierra un circuito eléctrico.

Existen interruptores que se los clasifica como de contactos secos porque manejan muy pequeñas corrientes, por eso requieren contactos de material especial como oro platinado para evitar la corrosión de la superficie de contacto y para mantener una gran conductividad entre los contactos. Cabe destacar que en la mayoría de los sistemas se energizan los interruptores desde fuentes externas.

2.1.3.2 Sensores Opticos

Otro tipo de equipo de entrada que en la actualidad está alcanzando una mayor utilización por las facilidades que brinda en las aplicaciones industriales es el sensor óptico. Se puede encontrar una gran variedad de estos sensores tales como un simple fototransistor hasta un detector óptico de imágenes, que se caracterizan por tener elementos sensitivos de estado sólido y con la forma de un transistor.

Los transistores modernos son todos sensibles a la luz por lo que se acostumbra a llamarlos fototransistores en los que su cubierta opaca es reemplazada por una cubierta transparente. Cuando un transistor se encuentra en un ambiente de poca luz o en la oscuridad, no circulará corriente del emisor-colector y por lo tanto tampoco circulará corriente por la resistencia del emisor, así que el voltaje que cae es cero y por lo tanto la salida será cero.

Cuando la luz incide sobre el fototransistor, fluye corriente por el emisor-colector y con esto se desarrolla una caída de voltaje en la resistencia del emisor, la cantidad de caída de voltaje depende

de la intensidad de luz, por lo que el voltaje de salida puede ser usado para indicar la cantidad de luz que incide sobre el fototransistor.

La versatilidad del fototransistor nos permite utilizarlo como una entrada analógica o digital. Cuando se la usa como entrada digital, el controlador programable sensa si el ambiente se encuentra oscuro o iluminado. Cuando es utilizado como una entrada analógica el fototransistor puede determinar la intensidad de luz.

Si se lo diseña al sensor óptico para medir la intensidad de la señal luminosa, el voltaje de salida del fototransistor es alimentado a un convertidor analógico a digital el cual se encarga de convertir la señal de voltaje en una señal binaria de acuerdo a su magnitud.

Tenemos otro tipo de sensor de luz que es el fotodiodo que al igual que el fototransistor permite que fluya corriente cuando detecta la luz. La diferencia radica en el hecho que el fototransistor amplifica la señal de luz, mientras que el fotodiodo no es capaz de actuar como un amplificador.

2.1.3.3 Interruptores de Limite

Es un equipo de entrada muy común en las aplicaciones industriales. Su ubicación en un proceso puede ser muy variada, pero por lo general se los coloca en sitios claves cercanos a cada proceso que se encuentra bajo control. Se caracteriza por convertir un movimiento mecánico en una señal eléctrica de control, en las que limita el movimiento usualmente abriendo el circuito.

Es utilizado en rutinas de aplicaciones de control, aunque también se los puede utilizar para evitar situaciones peligrosas como la de impedir que una máquina exceda sus límites. Se puede programar al autómeta para que detenga todo el proceso si una máquina alcanzó su límite y existe probabilidad cierta de que si continua puede herir al operario o causar su destrucción.

Encontramos otros muchos tipos de equipos de entrada alimentando información a los controladores programables. Algunos de estos equipos son variaciones de los interruptores comunes tales como los interruptores de presión o los termotatos. Existen otros casos en los que se incluye detectores de radiación y contadores.

Lo importante que se debe tener en cuenta es que a pesar de la cantidad de tipos o clases de equipo de entrada toda la información que es alimentada desde un sensor al controlador programable debe ser una señal eléctrica.

2.1.3.4 Decodificadores

Los decodificadores son equipos mecánicos-eléctricos que reportan la posición mecánica de un objeto. El decodificador más sencillo es el potenciómetro que es alambrado de tal forma que es posible extraer una señal de salida proporcional a la posición del eje de la máquina que se está controlando.

La señal de salida de un potenciómetro es analógica, así que para ser útil para el controlador programable debe ser digitalizada.

Otros tipos de decodificadores pueden ser clasificados como rotatorios y lineales, de acuerdo al su movimiento, en el cual su diferencia radica en la forma como se mueve el elemento sensor. Así en el decodificador rotatorio el eje es libre de rotar y en el decodificador lineal se sensa la ubicación de la cabeza de lectura.

También es posible encontrar decodificadores ópticos

y magnéticos que son del tipo no-contacto que hacen uso de principios eléctricos para reportar una posición mecánica.

2.2 INTERFASES DE ENTRADA DIGITALES

2.2.1 INTERFASES AC/DC

En general se tiene muchas variaciones de esta clase de circuitos para ser aplicados en todas las variedades de los controladores programables, pero en general todos cumplen con la existencia de tres etapas claramente distinguidas. Estas etapas son : potencia, aislamiento y lógica. Ver fig. 2.2.1.a

La función de estas etapas se describe como sigue. La sección de potencia recibe una señal de voltaje que dependerá del sistema así tenemos a 230 o 115V, de alguno de los equipos de entrada ya mencionados. Lo convierte a una señal de nivel lógico DC para ser leída por el procesador en su sección de entrada de información. La conversión de señales alternas en señales continuas se la logra utilizando un puente rectificador, luego esta señal se la pasa a través de un filtro que se encarga de proteger al sistema de señales malas de voltaje y de ruido eléctrico.

Luego pasará por un circuito que se encarga de sensar el estado de la señal en cuanto a lo que

tiene que ver si es de un valor aceptable para operar el procesador, en el caso que la señal se mantiene sobre un cierto valor de referencia asignado para su operación la señal se la reconocerá como válida. Ver fig. 2.2.1.b

Se posee de un aislamiento eléctrico para evitar la conexión entre los elementos de campo (potencia) y el controlador (lógico). La separación o aislamiento es utilizado para evitar picos que podrían dañar la parte lógica del interfase o inclusive al mismo controlador programable.

Para lograr el acoplamiento entre las partes de fuerza y lógica se suele utilizar acoplamiento óptico o un transformador de pulsos. Ver fig.2.2.1.c

2.2.2 INTERFASE DC (RECEPTOR/FUENTE)

Esta clase de módulo nos sirve de interfase de elementos de campo que envían señales de voltaje DC. La diferencia con el módulo AC/DC es que no requiere un puente rectificador porque solo es capaz de sensar señales DC.

Los módulos generalmente reconocen una señal de entrada de encendido si el nivel de voltaje de entrada es un 40% del voltaje de referencia de

suministro. La condición de apagado se detecta cuando el voltaje de entrada cae por debajo de un 20% del voltaje de referencia de suministro.

Este módulo puede ser encontrado en elementos de campo que operan como receptores o fuentes, lo cual no es posible conseguirlo con el módulo AC/DC. La operación de receptor y fuente se refiere a la configuración eléctrica de el circuito electrónico en el elemento. Si el elemento, en su operación de encendido provee corriente se lo llama fuente de corriente. Ver fig. 2.2.2.a. Si el elemento recibe corriente se lo denomina receptor de corriente. Ver fig. 2.2.2.b

2.2.3 INTERFASE AC/DC AISLADAS

Los interfases de entrada aislados operan de la misma forma que el módulo AC/DC patrón. La diferencia radica en que para cada entrada se tiene un retorno o común individual, aunque para un 95% de las aplicaciones se puede utilizar un común o retorno para todas las entradas, en el resto de las aplicaciones se requieren retornos aislados o individuales. Entre esas aplicaciones tenemos elementos de entrada que están conectados a diferentes fases llegando de diferentes centros de

distribución de potencia. Ver fig. 2.2.3

Es posible utilizar los módulos normales para ser usados como del tipo aislado, pero se perderán muchas entradas porque solo se puede emplear un terminal de entrada por cada retorno o común.

2.2.4 INTERFASE TTL Y BCD

El interfase TTL (conocido también como TRANSISTOR-TRANSISTOR-LOGICO) y el interfase BCD permiten al controlador aceptar señales de equipos compatibles con TTL, en los que se incluye controles de estado sólido e instrumentos para sensar. Cuentan con una configuración similar a la del módulo AC/DC. Se caracterizan por recibir señales en forma de pulsos o bits en otras palabras directamente en sistema de numeración binaria, por lo cual trabajan con niveles de voltaje bajos y corriente continua.

2.2.5 INTERFASE DE VOLTAJE CERO

Puede recibir señales de los equipos de entrada digitales ya mencionados. Su diferencia con respecto a los otros elementos de entrada ya mencionados y relatados es que no necesitan que el elemento de campo le provea energía para encenderse, en otras palabras, los elementos de campo no necesitan ser

energizados por una fuente externa. Como un ejemplo típico de estos equipos de entrada se incluyen los contactos secos de relés, algunos tipos de interruptores proximidad y fotoeléctricos y relés de estado sólido o instrumentación que nos dan una salida de colector abierto. Ver fig. 2.2.5

Las entradas de voltaje cero pueden detectar las entradas de tipo de contacto de cierre sensando los niveles de tierra o común.

2.3 ELEMENTOS DE SALIDA

Como ya se mencionó el relé electromagnético está diseñado de tal forma en que sus circuitos controladores se encuentran aislados eléctricamente de sus circuitos controlados. Esta cualidad hace que el relé sea un equipo de salida ideal para un controlador programable.

En algunos casos es necesario para el autómata el controlar niveles de voltaje y corriente que podrían ser peligrosos para la integridad del controlador programable.

Utilizando los relés como equipo de salida, el controlador programable mantiene una separación eléctrica que es muy importante para su correcto

funcionamiento y protección.

2.3.1 MODULOS DE SALIDA DISCRETOS

Como en los interfases de entrada, los interfases de salida son los de mayor uso en los módulos de salida de los controladores programables. Estas salidas proveen conexiones entre el controlador programable y los elementos de campo de salida.

Los equipos controlados son discretos o digitales si muestran alguno de dos estados posibles como abierto/cerrado o encendido/apagado. A continuación se muestra una lista de los elementos de salida más comúnmente utilizados:

- * Alarmas
- * Relés de Control
- * Ventiladores
- * Luces
- * Pitos
- * Válvulas
- * Arrancadores de Motores
- * Solenoides

2.4 INTERFASE DE SALIDA DISCRETOS

2.4.1 INTERFASE AC

Como ocurría con el interfase de entrada AC, puede variar de un constructor a otro la arquitectura interna del interfase, pero de manera general se lo puede entender su funcionamiento de la siguiente manera en la que se poseen las tres etapas que son

lógica, aislamiento y de potencia. Ver fig. 2.4.1.a

La operación sigue el mismo procedimiento que en el interfase de entrada, lo que cambia es que a este módulo se lo puede considerar como un interruptor simple a través del cual la potencia puede ser provista para controlar el elemento de salida.

Durante la operación normal, el procesador envía al circuito del módulo lógico el estado de la salida de acuerdo al programa lógico. Si la salida debe ser energizada, reflejando la presencia de un "1", la sección lógica del módulo "empujará" un 1 y la señal de encendido será pasada a través del circuito de aislamiento el cual en cambio conmutará el voltaje al elemento de campo a través de la sección de potencia del módulo.

2.4.2 INTERFASE DC

Se lo utiliza para controlar cargas DC discretas conmutando el encendido y apagado. La operación funcional de la salida DC es similar a la de la salida AC. Sin embargo, el circuito de potencia generalmente utiliza transistores de potencia para conectar la carga. Como los transistores y triacs son susceptibles a la aplicación de un excesivo voltaje o a la circulación de grandes corrientes,

las cuales pueden resultar en una sobre disipación y en una condición de cortocircuito respectivamente.

A fin de evitar el peligro de que ocurran cualquiera de estas anomalías, el transistor de poder normalmente será protegido por un diodo de paso libre colocado a través de la carga.

Se puede tener módulos de salida DC como receptor o como fuente. En caso de ser receptor la corriente fluye de la carga al terminal del módulo conmutando el retorno en la carga, la corriente fluye desde el terminal positivo a través de la carga y por el transistor de potencia al común. Ver fig. 2.4.2

La configuración de módulo fuente se la usa cuando la corriente fluye desde el módulo hasta la carga conectando el voltaje positivo a la carga.

2.4.3 INTERFASE AC/DC AISLADOS

Las salidas aisladas operan en la misma forma que los interfases de salida comunes AC y DC, su diferencia se encuentra en que para cada salida se debe tener una línea de retorno independiente o aislada de cualquier otra salida.

Esta configuración permite el control de los elementos de salida energizados por fuentes diferentes que pueden tener diferentes niveles de aterrizamiento. Ver fig. 2.4.3

Se pueden usar módulos de salida AC y DC comunes, pero como necesitamos para cada terminal de salida un común diferente se desperdician los otros terminales de salida.

2.4.5 INTERFASE DE CONTACTOS DE SALIDA

El interfase de contacto de salida permite que los elementos de salida puedan conmutarse los contactos del relé por un normalmente abierto o un normalmente cerrado. El aislamiento eléctrico entre la señal de salida de potencia y la señal lógica es provista por separado no solamente entre los contactos, pero también la bobina y los contactos.

La operación básica del módulo es el mismo que para los módulos de salida normal AC y DC. Cuando un procesador envía el estado lógico cero o uno al módulo durante la actualización de la salida, el estado de los contactos cambiará. Ver fig. 2.4.5

Si el procesador envía un 1 al módulo un contacto normalmente abierto se cerrará y uno normalmente

cerrado se abrirá. Si un 0 es enviado no ocurrirán cambios en el estado normal de los contactos.

Se puede usar para conmutar cargas AC y DC , pero normalmente usados en aplicaciones tales como la transmisión de múltiples mensajes independientes o combinar señales analógicas, conmutar pequeñas corrientes a bajos voltajes y servir de interfase de conductores DC para controlar diferentes niveles de voltaje.

2.5 TRANSDUCTORES

Tome una estructura simple que se encuentre manifestando algún efecto o ley física, calíbrelo, acoplelo a un objeto examinador y permita que ambas estructuras interactuen naturalmente. Lo que acaba de realizar una medición utilizando un transductor.

El proceso de sensado es llamado transducción, que es la naturaleza de las estructuras para interactuar. La interacción entre las estructuras ocurre a medida que existe una transacción de transferencia de energía. La transducción emplea un proceso de transferencia de energía para sensar y comunicar información.

Todo el control industrial depende de la habilidad para medir el valor de una variable controlada precisa y rápidamente. Se ha encontrado que la mejor forma de medir el valor de una variable controlada es el de convertirla en una señal eléctrica de alguna clase y para detectar una señal eléctrica con un equipo de medición eléctrica.

Es preferible realizar conversión de señales eléctricas en lugar de las señales mecánicas debido a las siguientes consideraciones :

- 1.- Las señales eléctricas pueden ser transmitidas desde un lugar a otro mucho más fácil que las señales mecánicas. Solo se requiere de un par de alambres.
- 2.- Las señales eléctricas son más sencillas de amplificar y filtrar que las señales mecánicas.
- 3.- Las señales eléctricas son sencillas de manipular para encontrar cosas como el promedio de cambio de variable, el tiempo integral de la variable, ya sea que la variable haya excedido algún límite, etc.

Como los transductores extraen energía del objeto examinador , el proceso de la transducción cambia no solo la cantidad medida, pero la estructura y proceso examinado.

Los sensores generalmente se clasifican de acuerdo a la variable a ser medida, el tipo de estructura, el

tipo de elemento examinador y la conducta de la estructura.

Un transductor es un elemento que convierte una forma de energía o una cantidad física en otra. La energía o estímulo determina la cantidad de la señal. Un sensor es un elemento utilizado para detectar, medir o registrar un fenómeno físico como calor, radiación y responder transmitiendo información, iniciar cambios o controles operativos. Un detector es un elemento utilizado para sensar la presencia de algo como calor, radiación u otro fenómeno físico.

El sensor responde a algunas cantidades físicas. La respuesta está acoplada a un transductor compatible el cual convierte la señal del sensor a una señal eléctrica. La señal eléctrica es transmitida por un cable a un puntero indicador, el cual responde a los cambios en una cantidad física detectada por el sensor.

Los transductores pueden ser categorizados básicamente en dos grandes grupos, los transductores activos y los pasivos. Los transductores activos son aquellos que generan un voltaje o corriente como resultado de alguna forma de energía o cambio

forzado. Los transductores pasivos cambian sus propiedades cuando se los expone a algún esfuerzo.

2.5.1 TRANSDUCTORES ACTIVOS

Como ya lo mencionamos, los transductores activos generan un voltaje como resultado de alguna energía o cambio forzado, así encontramos una serie de elementos transductores que se cubrirán brevemente.

El elemento ELECTROMECHANICO funciona bajo el siguiente proceso en el que el movimiento relativo a través de un campo magnético producirá un voltaje en los terminales de un conductor, esto es válido si el conductor pasa a través de un campo o el campo se está moviendo a través del conductor.

El elemento FOTOELECTRICO funciona bajo el efecto de la luz incidiendo sobre un material conductor para producir el efecto fotoeléctrico. En este efecto se tiene la liberación de electrones de la superficie del detector cuando la luz incide sobre éste. La corriente fluye desde el terminal negativo al positivo.

En el elemento PIEZOELECTRICO se utilizan cristales sintéticos o naturales como el cuarzo que poseen cualidades físicas especiales. Cuando alguno de

estos materiales cristalinos es sometido a un esfuerzo, un voltaje se produce en su superficie.

En el elemento TERMoeLECTRICO se lo utiliza para sensor temperatura para lo cual se utilizan termocuplas, resistencias detectoras de temperatura o simplemente un termistor. Cualquiera de estos elementos poseen ciertos efectos que se detallan a continuación :

- a) El efecto Seebeck en el que se funden dos metales no similares, luego se los calienta por una de las juntas y se puede medir una circulación de corriente de un lado al otro de la junta.
- b) El efecto Peltier en el que se funde una lámina de cobre con una de hierro, se aplica una corriente que produce un calentamiento en la junta cuando la corriente circula de la lámina de cobre a la de hierro y se enfría cuando circula en sentido contrario la corriente.
- c) El efecto Faraday en la que se obtiene que algunos materiales aumentan su resistencia eléctrica a medida que la temperatura aumenta. Los materiales termoeléctricos son seleccionados por la habilidad de darnos una relación uniforme entre voltaje y temperatura.

2.5.2 TRANSDUCTORES PASIVOS

Los transductores pasivos poseen un elemento el cual bajo algún esfuerzo, responde mediante un movimiento mecánico para causar un cambio eléctrico. Al igual que los transductores activos tenemos algunos

elementos pasivos que se detallan a continuación.

El elemento capacitivo consiste en un par de láminas hechas de un material conductor colocado a cada lado de un material no conductor que se lo reconoce como dieléctrico. Mediante una fuerza externa se mueve una o ambas láminas, lo que produce un cambio en la capacitancia.

El elemento inductivo consiste en un diafragma llamado armadura que es movida por una fuerza ser medida. Si se aplica una fuerza que hace rotar la armadura causando así un cambio en la inductancia del flujo magnético en un alambre por la variación del espacio libre en el camino del flujo magnético.

El elemento potenciómetro que es un transductor resistivo, estos transductores son equipos mecánicos con un elemento resistivo que posee una corredera que al actuar una fuerza sobre ésta provoca un desplazamiento haciendo que la salida sea una señal de voltaje proporcional al esfuerzo externo.

También se cuenta con otros elementos transductores especiales que emplean las acciones básicas combinadas de los transductores activos y pasivos.

Solo para mencionarlos tenemos : elementos electrocinéticos , elementos de balance forzado, elementos osciladores, elementos de transformador diferencial, etc.

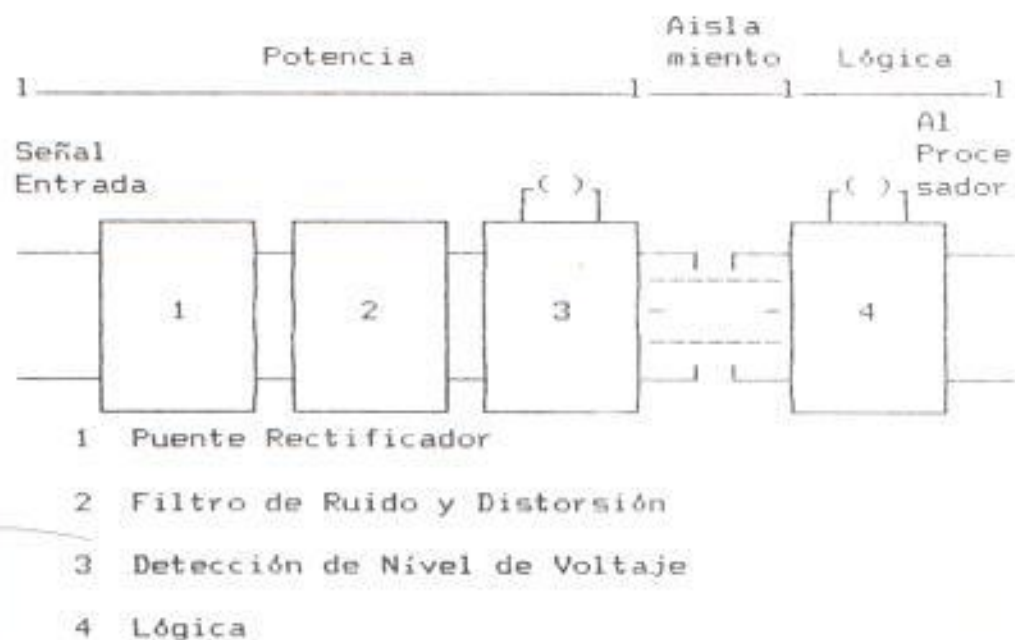


Fig. 2.2.1.a Diagrama de Bloque de un Circuito de Entrada AC/DC

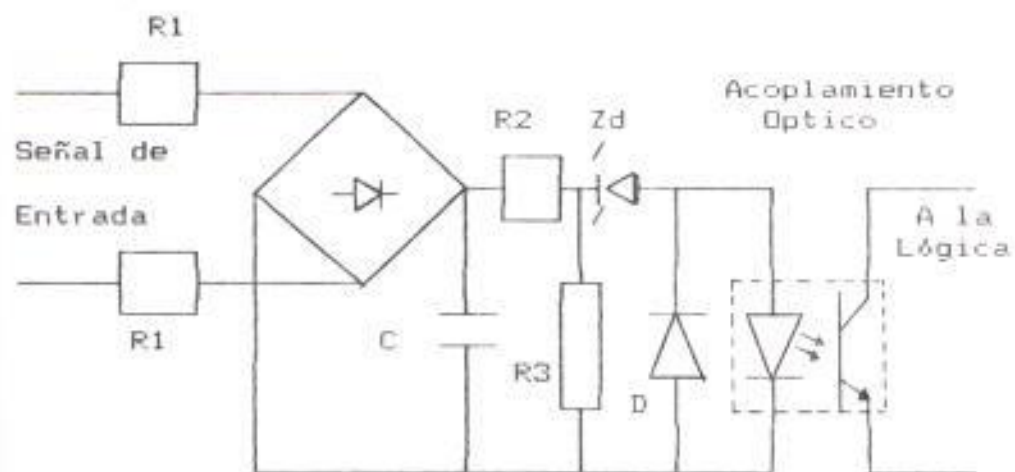


Fig. 2.2.1.b Circuito Típico de Entrada

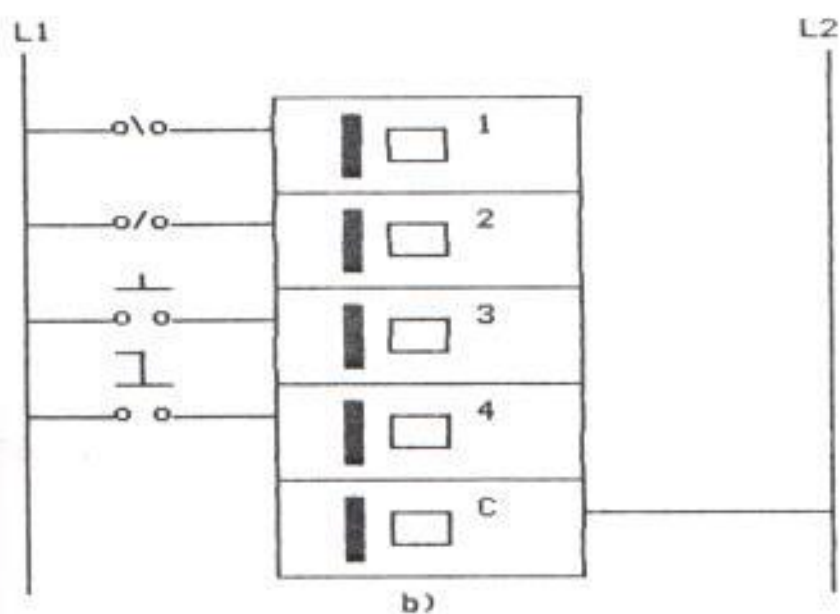
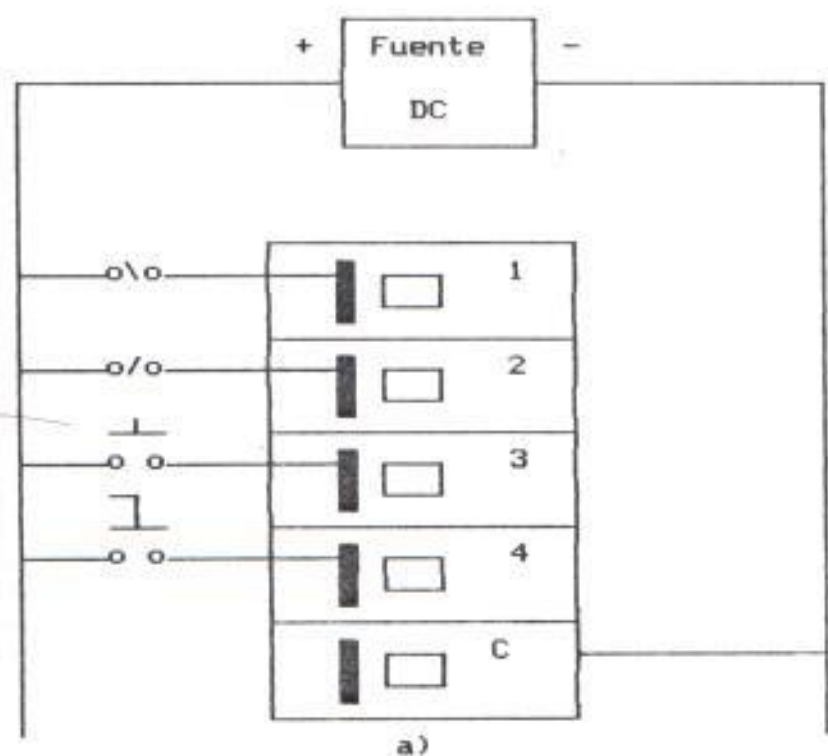


Fig. 2.2.1.c Esquema de Conexión de Equipos para señales DC a), y para señales AC b)

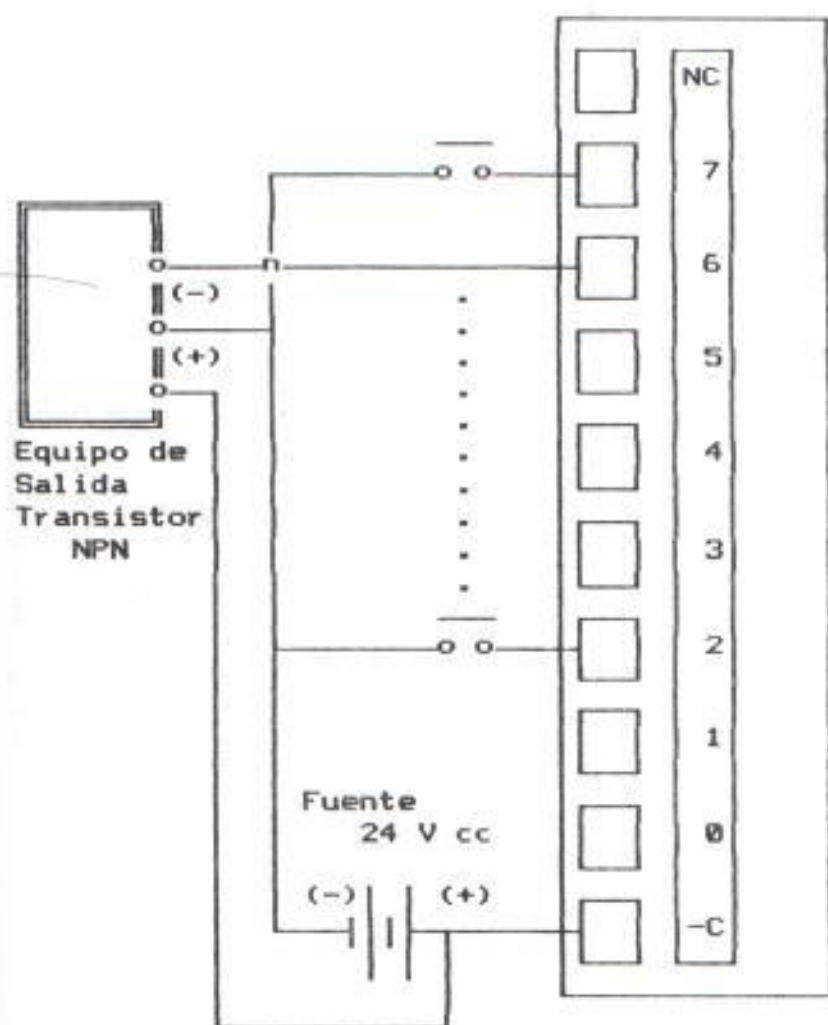


Fig. 2.2.2.a Interfase de Entrada DC Tipo Fuente

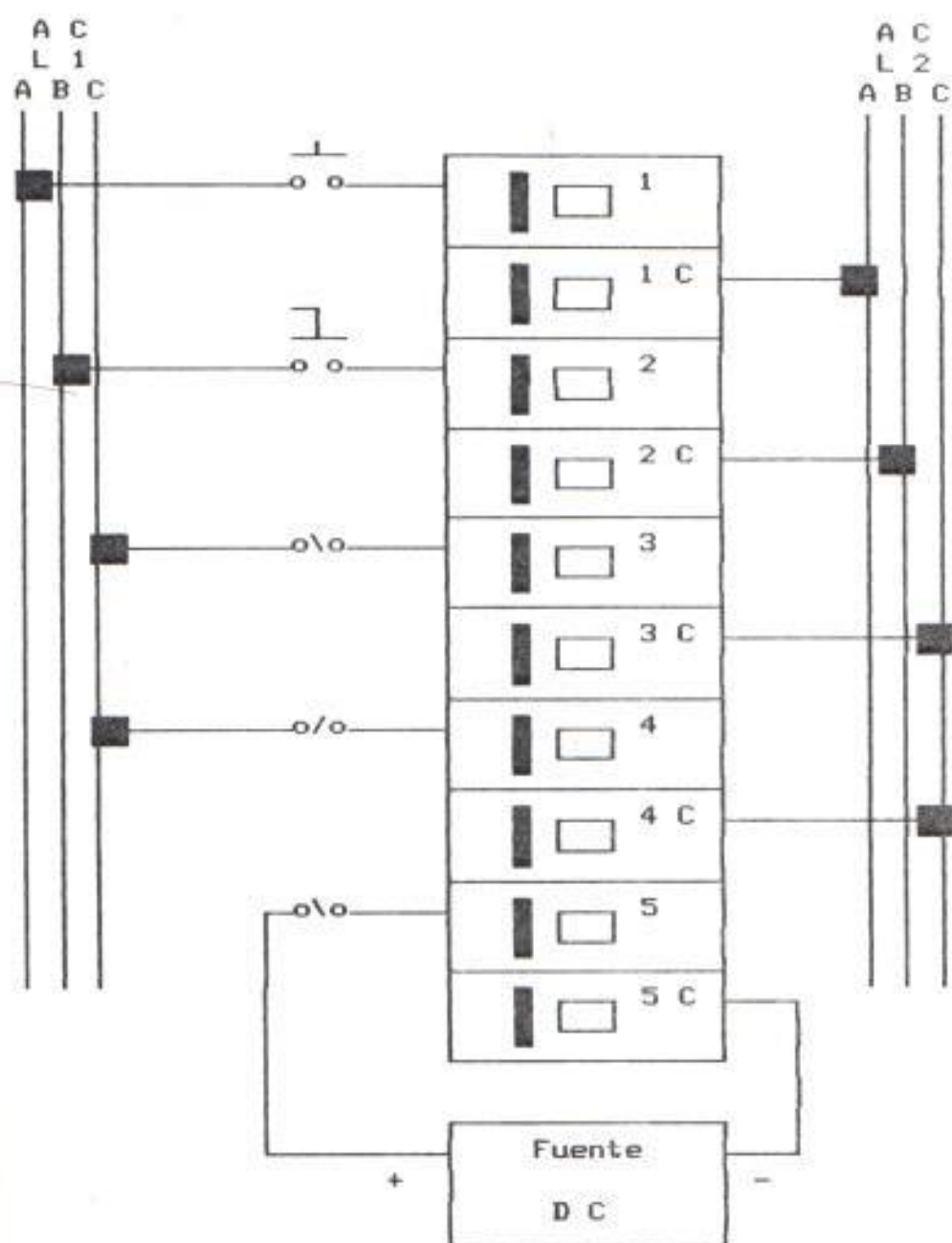


Fig. 2.2.3 Conexión de Equipo para Entradas AC/DC Aisladas



Fig. 2.4.1.a Diagrama de Bloque de una Salida AC

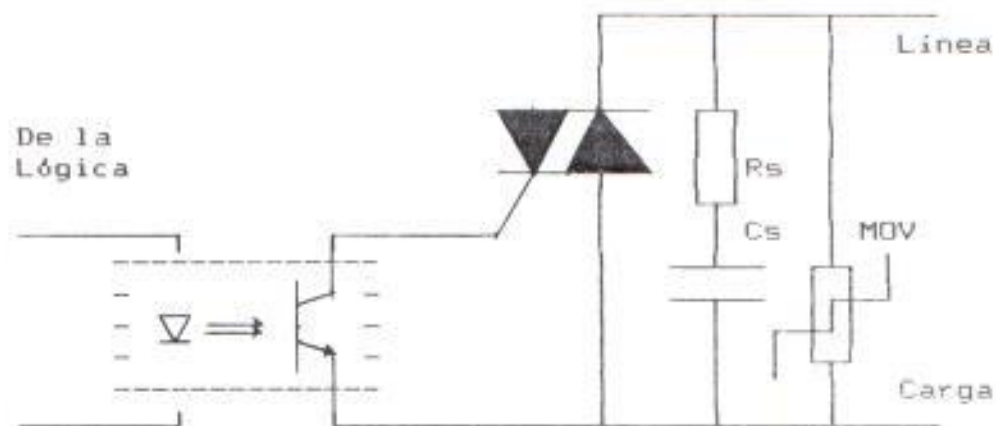


Fig. 2.4.1.b Circuito de Salida AC

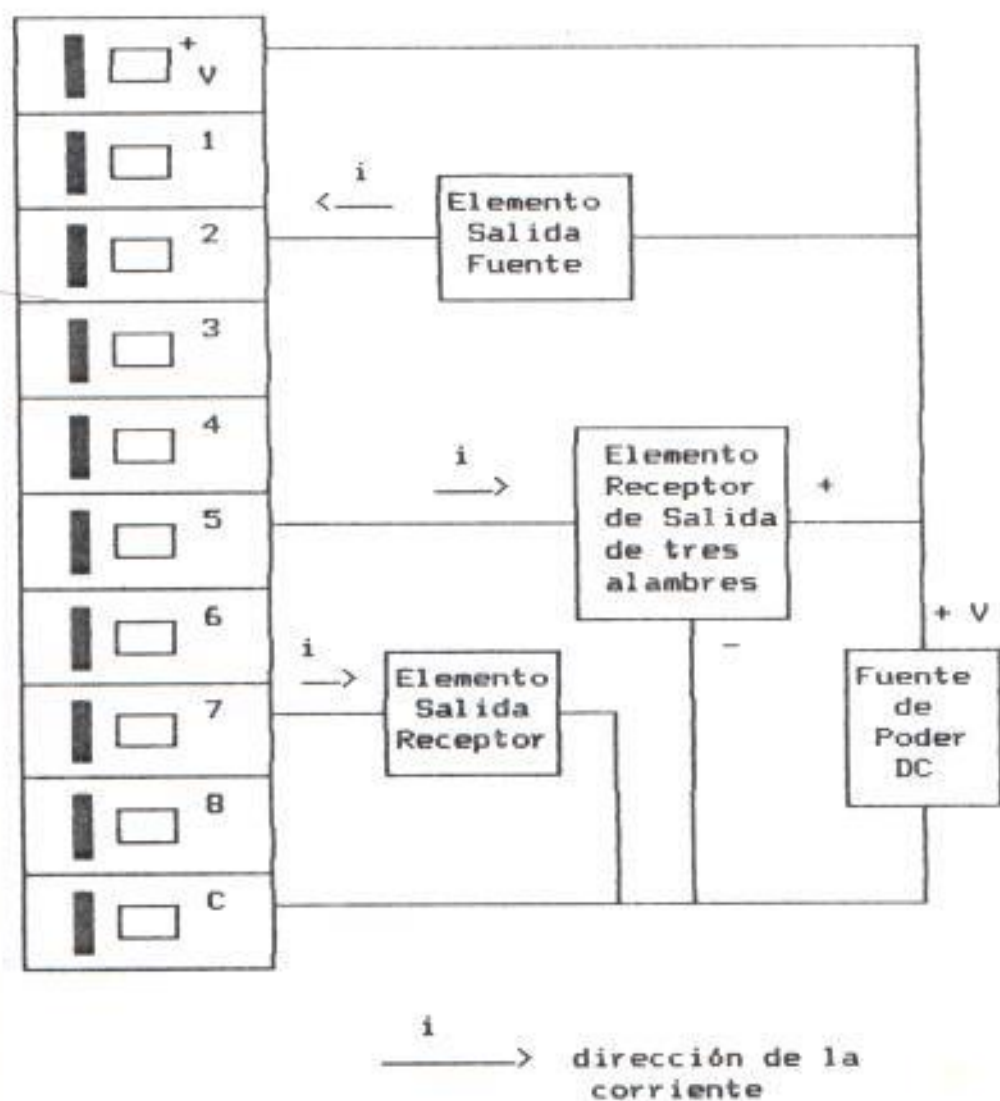


Fig. 2.4.2 Conexiones del módulo de Salida DC con capacidades de funcionamiento tipo Fuente y tipo Receptor

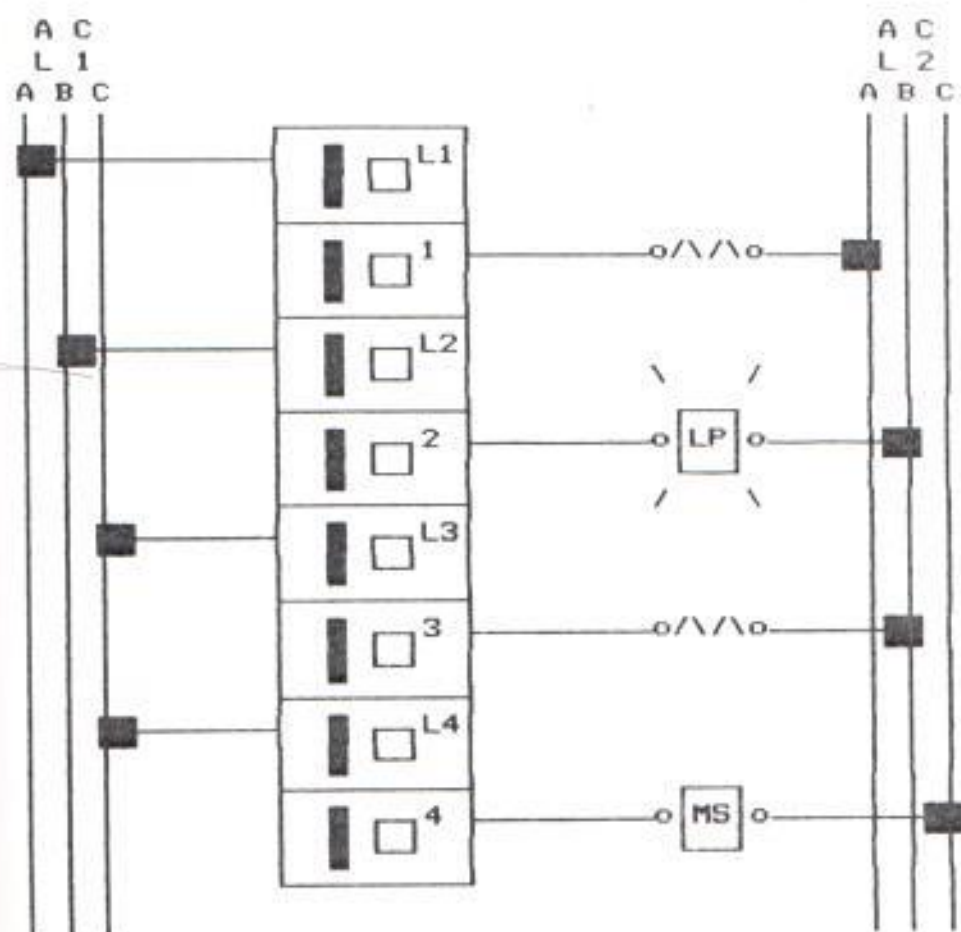
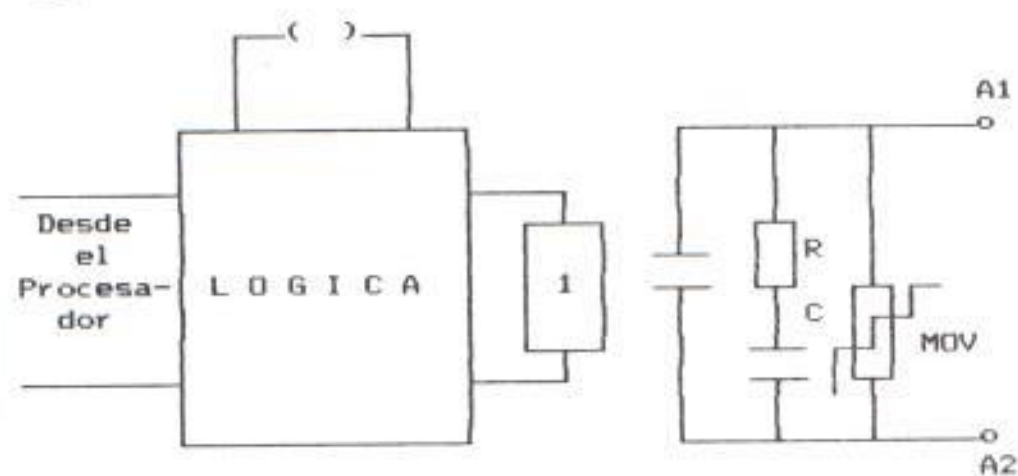


Fig. 2.4.3 Esquema de Conexión de Salidas AC Aisladas



1.- Relé

Fig. 2.4.5 Circuito Típico de Salida de Contactos

CAPITULO III

PROGRAMACION DEL CONTROLADOR PROGRAMABLE

A pesar que los controladores programables poseen un "cerebro", a la unidad central de procesamiento, es necesario "decirle" todo lo que debe hacer. Al controlador programable es necesario darle explicitas instrucciones paso a paso tales como "examina esto", "coloca aquello", "empieza a contar" y asi instrucciones por el estilo.

Darle forma y diseñar estas instrucciones paso a paso es lo que se conoce como programación de un controlador programable.

Debemos tener en cuenta que el CPU no posee oídos, asi que en forma hablada no podemos decirle las instrucciones. No puede leer una hoja impresa, asi que deberá recibir sus instrucciones en una forma electrónica desde un equipo que se lo conoce como el programador. Las señales electrónicas generadas por un programador que debe pasar a través de un cable hacia un puerto de programación en la unidad de procesamiento. Dentro del procesador, las señales

son dirigidas a la ubicación apropiada en la memoria utilitaria o de ejecución.

La unidad de procesamiento debe acomodar las funciones del proceso y la memoria. En la memoria se incluye el almacenamiento de información y las instrucciones del programa; el procesador se encuentra involucrado en la revisión y ejecución de las instrucciones del programa.

Además la unidad de proceso debe proveer el circuito necesario para comunicarse con el interfase I/O y el programador. Dependiendo de lo complicado de la asignación de control en ocasiones el procesador requiere de una unidad aritmética.

Lo que se presentará en el presente capítulo es un análisis de lo que hace y como se hace para lograr que el controlador programable sea útil para las aplicaciones industriales, al incluir información técnica que nos permitirá en base a las necesidades de un proceso proceder a construir un programa de instrucciones o mediante el método de programación de contactos indicarle al controlador las funciones que queremos que realice.

3.1 COMPARACION DEL CONTROLADOR PROGRAMABLE CON OTROS SISTEMAS DE CONTROL CONVENCIONALES

3.1.1 CONTROLADORES PROGRAMABLES VERSUS CONTROL POR RELES

Por años una pregunta muy importante se han hecho los ingenieros, los jefes de planta y los constructores de equipo eléctrico, la cual se refiere al uso de los controladores programables en la industria. Muchas horas hombre fueron utilizadas para tratar de determinar el costo efectivo de los autómatas programables versus la utilización de los relés. Aún en nuestros días algunos constructores de tableros eléctricos y diseñadores de sistemas de control dedican tiempo para considerar la decisión de utilizar a los autómatas programables o seguir utilizando los relés. Ver fig. 3.1

Lo importante es tener en cuenta que la demanda actual de productividad y alta calidad es muy difícil de lograr en forma económica sin la utilización de sistemas electrónicos de control.

Consideremos el rápido desarrollo y la competencia creciente, han provocado que los costos de la compra e instalación de los controladores programables tiendan a bajar hasta llegar a un punto que el análisis económico que se realizaba para escoger

entre un sistema de control por relés o la utilización de los controladores programables se vuelve inútil o no necesario.

Las aplicaciones de los controladores programables pueden ser evaluadas sobre sus propios méritos. En caso de persistir la duda sobre la utilización de sistemas de control por relés o en base a los controladores programables deberíamos tener en mente algunas consideraciones como :

- 1) Existe la necesidad de flexibilidad para cambios en el control lógico.
- 2) Existe la necesidad de un sistema de control altamente confiable.
- 3) Los requerimientos de espacio son muy importantes.
- 4) Se necesitará un aumento de capacidad y salidas.
- 5) Se requerirá la recolección de información del proceso para mejoras futuras.
- 6) Existirán frecuentes cambios en el control lógico.
- 7) Existirá la necesidad de rápidos cambios o modificaciones.
- 8) Se requerirá control lógico similar para controlar diferentes máquinas.
- 9) Existirá necesidad de crecimiento futuro
- 10) Serán los costos globales de todas estas situaciones aceptables como para decidir el uso de los autómatas programables.

Los méritos de los sistemas de controladores programables los hacen perfectos para las aplicaciones en los cuales los requerimientos que se listaron arriba son particularmente importantes para la viabilidad económica de máquinas y operación de procesos.

Si un sistema requiere flexibilidad o un crecimiento futuro, un controlador programable traerá de regreso en exceso cualquier beneficio de costo inicial que un sistema de control por relés podría tener. Inclusive en los casos en los que no se requiera flexibilidad o expansión futura, un sistema de control grande puede beneficiarse tremendamente de encontrar problemas y ayudas en el mantenimiento que nos brindan los controladores programables. Se incrementará la productividad de las máquinas al tener un ciclo de tiempo de revisión más corto del sistema por parte del procesador del autómata que en los sistemas bajo control electromagnético, ya que el tiempo en el que pasan paradas las máquinas es mucho menor que para los sistemas con relés electromagnéticos.

A pesar que el costo inicial de instalación de los sistemas con relés es mucho menor, esta ventaja se puede desaprovechar si el tiempo perdido en la

producción, debido a fallas, es alto.

3.1.2 CONTROLADORES PROGRAMABLES VERSUS CONTROL POR COMPUTADORES

La arquitectura del CPU de un controlador programable es básicamente la misma que la utilizada en las computadoras de uso general. Sin embargo, algunas características que diferencian al controlador de las computadoras se detallan a continuación:

Primero, a diferencia que los computadores, los controladores programables están específicamente diseñados para soportar las ásperas condiciones del ambiente industrial. Un controlador programable bien diseñado y construido puede ser colocado en áreas con considerable ruido eléctrico, interferencia electromagnética, vibraciones mecánicas, inclusive temperaturas extremas y humedad.

Segundo, es una distinción de los controladores programables de poseer elementos físicos y elementos de programación diseñado para ser de fácil uso por los técnicos o electricistas de planta. Los interfases para conectar los equipos de campo forman parte del controlador programable y son fácilmente conectables.

Los programas usan símbolos convencionales de relés u otros lenguajes que son de fácil aprendizaje para el personal de planta.

Finalmente una distinción muy importante es que los controladores programables se están volviendo más "inteligentes". Mientras que las computadoras son máquinas complejas que realizan o ejecutan algunas tareas o programas simultáneamente y en cualquier orden, los controladores programables ejecutan un solo y simple programa en orden y secuencialmente desde la primera a la última instrucción. Aunque en años recientes mayor flexibilidad se le ha añadido al controlador programable en el que se le han incluido instrucciones que permiten llamar subrutinas, interrumpir rutinas y saltar algunas instrucciones.

3.1.3 CONTROLADORES PROGRAMABLES VERSUS CONTROL POR COMPUTADORES PERSONALES

Con la proliferación de los computadores personales, muchos ingenieros han encontrado que su computador no es un directo competidor de los controladores programables en las aplicaciones de control, sino más bien un aliado en la implementación de soluciones de control.

Los computadores personales poseen características similares en lo que a la arquitectura del CPU concierne con los controladores programables, pero su diferencia se encuentra en la forma en que los dos se conectan a los elementos de campo.

Mientras los nuevos computadores personales son contruidos más robustos y pueden soportar hasta cierto grado ambientes industriales todavía se presentan dificultades en la conexión de los elementos de campo.

Las computadoras personales se las usa cada vez más como un elemento de programación para los controladores programables, que como un elemento de control. Se las utiliza también para obtener información del controlador y almacenarla para futuro análisis.

2.2 EQUIPO DE PROGRAMACION

Desde la puesta en marcha de los controladores programables, avances y desarrollos en el diseño de los elementos de programación han estado en la mente de los constructores de los controladores programables. Nuevos y mejores métodos de entrada, recuperación y monitoreo de las actividades internas del autómata han provocado beneficios del

controlador programable en virtualmente todas las industrias.

Debido a lo simple que significa ingresar un programa, el usuario no deberá dedicar mucho tiempo aprendiendo como hacerlo y podrá dedicar más tiempo en la programación y en la solución de problemas de control.

Entre los más importantes equipos de programación se incluye el CRT (tubo de rayos catódicos), los mini-programadores y las computadoras personales. Los equipos de programación permiten al usuario crear nuevos programas de control. Esto puede ser muy útil para el personal de mantenimiento cuando se quiere detectar problemas en los sistemas de controladores programables.

Una forma de clasificar los elementos de programación es en base a una característica del proceso, así tendremos programadores "bobos" e "inteligentes". Un programador bobo no puede procesar información, solo la transfiere directamente desde el usuario al controlador programable. Un programador bobo consiste en una pantalla y teclado sin CPU.

Un programador es inteligente si posee memoria

interna, además debe poseer su propio CPU, el cual le permite manipular información antes que un programa sea enviado al controlador programable. Esta capacidad de pre-procesamiento permite que el usuario pueda editar y modificar un programa fuera de línea.

3.2.1 TUBO DE RAYOS CATODICOS (CRT)

Es uno por no decir el más común de los equipos utilizados para programar al controlador programable. Se trata de un equipo que contiene una unidad de video exhibición con teclado y los suficientes circuitos electrónicos para comunicarse con el CPU del autómata y exhibir información.

El CRT nos ofrece una ventaja de exhibir una gran cantidad de información lógica en la pantalla lo cual ayuda y simplifica en gran forma la interpretación de los programas. Ver fig. 3.2.1

La programación lógica exhibida en el terminal puede ser en forma gráfica (diagrama de contactos) o cualquier lenguaje utilizado por el controlador programable.

Los CRT bobos han sido utilizados extensamente por años por ser un equipo de programación barato, su

uso en la actualidad ha decrecido por causa de los avances en la tecnología de los computadores personales. Como su nombre implica, estos CRT no poseen microprocesador, elementos de programación para crear programas; la exhibición y actualización de la pantalla está contenida en la memoria usuaria o ejecutiva del controlador programable. Los requerimientos de comunicación constante con el procesador para programación se la conoce como " en línea ".

La ventaja principal que presenta el uso de los CRT bobos es que pueden ser usados con una gran variedad de controladores programables con los que tenga compatibilidad.

Los CRT inteligentes poseen un microprocesador que muestra redes lógicas y provee capacidad de edición de programas y otras funciones independientes del CPU del controlador programable. Posee su propia memoria, elementos de programación para crear, alterar y monitorear programas.

La capacidad de editar y guardar información y programas sin estar conectado al controlador programable se lo conoce como programación " fuera de línea ".

Su costo es mayor que los CRT bobos, pero en cambio permite ser operado con controladores de una misma familia, y no es capaz de siquiera ser compatible con controladores de otras marcas, aunque en un futuro se espera poder estandarizarlos a todas las marcas tomando en cuenta que las grandes empresas multinacionales de controles industriales forman parte de un solo grupo económico que busca que toda la producción sea homogénea y de fácil reemplazo.

3.2.2 MINI - PROGRAMADORES

Conocidos como programadores de mano, son baratos y portables para programar pequeños controladores programables de hasta 128 I/O. Físicamente tienen apariencia de una calculadora de bolsillo, pero posee una pantalla un poco más grande y un teclado diferente. Ver fig. 3.2.2

Su función actual es la de editar e ingresar un programa de control, aunque también es posible usarlo para realizar cambios y monitoreo en el control lógico.

Son diseñados para ser compatibles con algunos productos de una misma familia de controladores programables. Su real capacidad lo limita a no enfrentar sistemas grandes de control los cuales son

programados básicamente por los equipos CRT, pero si se requieren hacer cambios o monitoreo en alguna zona específica del proceso de control se utiliza el mini-programador que es más liviano y manejable que el equipo CRT cuando las variaciones son muy elementales y no se justifica mover el programador principal.

3.2.3 COMPUTADORES PERSONALES

El uso muy común de los computadores personales han dirigido nuestra atención hacia una nueva raza de equipos de programación de los controladores programables. Debido al avance de las computadoras, a su arquitectura y al sistema operativo, muchos fabricantes de controladores programables han comenzado a desarrollar un sistema de programación especial necesario para implementar las acciones de programación tales como entrada de programa ya sea en forma gráfica, editar y monitorear el programa de control del autómata programable.

Ver fig. 3.2.3

Los computadores personales dentro de muy poco tiempo serán la primera opción como un elemento de programación no sólo por su capacidad de programación, sino porque las computadoras se

encuentran prácticamente en todo lugar en donde se realiza la programación.

Una gran ventaja que encontramos en los computadores personales es que puede ser conectado a una red de área local de controladores programables para juntar y guardar en disco duro la información del proceso de producción que será vital para analizar en periodos de mantenimiento y estudio de futuras ampliaciones.

Por último una gran ventaja que encontramos en los computadores personales modernas es que se han vuelto equipos portables que no pierden cualidades sino que los han vuelto aún más poderosos que muchos computadores personales para el hogar.

3.3 DIRECCIONAMIENTO Y MAPEO

En la distribución de la memoria se debe dar a cada símbolo un número de referencia, el cual es el direccionamiento en la memoria del controlador programable, donde el estado presente, que puede ser 1 o 0, para la entrada de referencia es almacenada.

Cuando la señal de campo es conectada a un interfase de entrada o salida, el direccionamiento será relacionado al terminal donde la señal es conectada.

El direccionamiento para una señal de un interfase de entrada/salida puede ser usada en todo el programa tantas veces como se requiera por el control lógico. Ver fig. 3.3.a

Esta configuración del controlador programable es una ventaja cuando se lo compara con el cableado de los relés, donde contactos adicionales significan equipo y cableado adicional.

Vemos a continuación un ejemplo en el que se compará el circuito electromecánico con lo que se requiere ingresar a un controlador programable. Ver fig.3.3.b

La figura anterior ilustra un simple circuito de relé electromagnético y su equivalente para implementación en los controladores programables. Cada elemento de campo real como botoneras e interruptor de límite están conectados a los módulos de entrada de los controladores programables los cuales tienen un número de referencia que es el direccionamiento. La forma como esos símbolos están normalmente referenciado dependiendo del controlador, pero la mayoría de los direccionamientos utilizan una referencia numérica octal.

Veamos el ejemplo de la gráfica presentada

previamente, para energizar la salida 15 la energía debe fluir a través de 10 y 12 o a través de 11, lo cual energizará la luz piloto que se conecta al interfase de salida con direccionamiento 15.

La misma lógica que se aplica al circuito electromagnético es aplicado al circuito del controlador programable para proveer energía para las direcciones 10, 11 o 12, el equipo conectado a estos interfases de entrada direccionado en 10, 11 y 12 deben activarse presionando las botoneras o cerrando el interruptor de límite.

3.3.1 DIRECCIONAMIENTO Y MAPEO DE MODULOS I/O

El propósito del procesador en un sistema de controladores programables es el de sensar las condiciones de entrada, tomar decisiones basadas en estas condiciones, y conmutando la salida encendido y apagado respectivamente.

Para realizar esta función el procesador debe conocer el sitio en el que puede obtener información o dirigir información de los elementos de entrada y salida. En otras palabras sin ese "mapa" el procesador no podrá leer las entradas, cambiar el estado de la salida o comunicarse con los módulos de registro I/O.

Los registros utilizados para intercambio de información son utilizados por el procesador en una de las siguientes formas:

- 1) Representar el estado de encendido o apagado de terminales I/O individuales (externos I/O).
- 2) Representar el estado de encendido o apagado de control de relés (internos I/O).
- 3) Como ubicación de almacenamiento de registro de información.

Los programadores requieren asignación de direccionamiento antes de que puedan ser programados, aunque ya en los equipos más modernos se incluye un direccionamiento por omisión.

El entendimiento de la organización de la memoria y especialmente la interacción entre el mapeo de I/O y el área de almacenamiento ayuda a comprender totalmente la operación funcional del controlador programable.

Entender profundamente el mapeo de memoria provee una mejor percepción no solo para la operación del controlador programable, sino que también nos permitirá entender como el programa de control será organizado y desarrollado.

Para entender mejor el asunto del direccionamiento desarrollaremos un ejemplo, ya que entender el mapeo de memoria resulta ser un poco abstracto y sin mayor sentido cuando no se tiene la práctica en el manejo de características de la memoria.

Tomaremos para el ejemplo un controlador programable de 4 Kregistros de 16 bits de aplicación total de memoria. El sistema es capaz de conectar 256 equipos I/O, 128 entradas y 128 salidas, además de 128 salidas internas disponibles.

Tenemos la capacidad de tener hasta 256 registros almacenados los cuales son seleccionados en grupos de ubicación de 8 registros. Para este caso usaremos el sistema de numeración octal y la longitud de un registro es 16 bits o 2 bytes.

En este momento no se conoce el direccionamiento de partida del controlador programable, no es realmente importante para el programa, pero sí para el direccionamiento de registros de referencia a ser utilizado. Estos direccionamientos de registros son los que se refieren al programa de control. Con esto en mente fijemos los límites de la tabla I/O a ser mapeada.

Asumiendo que las entradas son primeros los I/O en

ser mapeados, la tabla de entrada comenzará en la dirección 0000 y terminará en 0007. Las salidas comenzarán en 0010 y terminarán en 0017. Al tener 16 bits por cada registro de memoria ocho entradas en la tabla de registro comprenden las 128 entradas y lo mismo las salidas.

Comenzando por la dirección para el almacenamiento de las salidas internas las tenemos en la ubicación 0020 hasta 0027. Ocho registros de 16 bits cada una para un total de 128 bits de salidas internas. La dirección 0030 indica el comienzo del área de almacenamiento de registros y finalizan en la dirección 0037. Lo mínimo de registros posibles son 8.

A pesar que la mayoría de los controladores permiten que el usuario pueda cambiar el rango de límites de registro sin depender del contenido del direccionamiento de memoria para los programas, el usuario deberá conocer de antemano el número de registros que necesitará. Esto probará ser muy útil cuando se realice la asignación de direccionamiento de los registros en el programa.

Veamos como nos es útil al aplicarlo al siguiente ejemplo conociendo y considerando que la operación

del controlador programable simplemente consiste en leer entradas, resolver la lógica de contactos en la memoria usuaria y actualizar las salidas.

La estructura entrada/salida de un controlador programable ha sido diseñada con algo en mente que sea muy simple. La ubicación de los I/O en su percha está mapeada en la tabla I/O en la que su localización definirá la dirección de los equipos conectados al módulo.

Veamos el siguiente circuito eléctrico que contiene un interruptor de límite y una luz piloto. El interruptor de límite es conectado al módulo de entrada del controlador programable y la luz piloto al módulo de salida del controlador programable.

Tomamos un módulo que contiene 16 posibles canales de entrada o salida. El interruptor de límite es conectado en el terminal octal número 13 del módulo de entrada mientras que la luz piloto se la conecta en el terminal octal 6 en el módulo de salida. Digamos que el direccionamiento para el módulo de entrada es 0000 y para el módulo de salida es 0010. Sin embargo, el interruptor de límite se lo conocerá por el procesador como la entrada 000013

y la luz piloto como la salida 001016, la entrada está mapeada en el registro 0000 bit 13 y la salida mapeada en el registro 0010 bit 16.

Ver fig. 3.3.1.b

Cada vez que el procesador lee la entrada actualizará la tabla de entradas y convertirá en lógico 1 (encendido) aquellos bits cuyo elemento de entrada, mapeado en la tabla, están encendido, cerrado o señal 1 lógico. Cuando el procesador comienza la ejecución del programa de control, proveerá continuidad o energía al elemento del programa que deba hacerlo, en este caso al switch de contacto normalmente abierto porque su direccionamiento de referencia es 1 o encendido. En este momento, colocará la salida 001016 encendido, la luz piloto se encenderá después que todas las instrucciones hayan sido evaluadas. Esta operación se repite después de cada revisión.

3.2 DIRECCIONAMIENTO Y MAPEO DE LAS CLAVIJAS I/O

Sin importar el tipo de interfase usado, los módulos I/O deben ser colocados o insertados en las clavijas. La ubicación de donde el módulo es insertado, para la mayoría de los controladores programables define el direccionamiento para

referenciar cada elemento conectado. Muchos controladores permiten que el usuario pueda definir el direccionamiento para cada módulo. Una clavija reconoce el tipo de módulo conectado a él, ya sea una entrada o una salida y la clase de interfase (discreto, analógico, numérico, etc.).

La configuración de la clavija es un detalle muy importante cuando se realiza la configuración del sistema. Debemos recordar que cada elemento conectado es referenciado en el programa de control, por lo que si no entiende la ubicación o dirección del módulo I/O creará confusión durante y después de cada estado de programación.

De manera general se conocen tres categorías de recintos, la clavija maestra, la clavija local y la clavija remota o a distancia. La clavija maestra se refiere al recinto en el que se encuentra el CPU o módulo del procesador, puede ser que contenga ranuras para módulos I/O. La clavija local es aquella que se encuentra en el mismo sitio que la clavija maestra, además contiene un procesador I/O local el cual recibe y envía información desde y hasta el CPU. La clavija remota enfatiza una ubicación física lejana del CPU, en esta clavija se encuentra un procesador

I/O el cual comunica información I/O y realiza un diagnóstico como la clavija local.

El punto importante es que cada módulo en la clavija sea discreto, analógico, o especial deberá tener un direccionamiento por el cual ser referenciado.

Cada constructor de controladores programables especifica las reglas que el usuario debe seguir cuando coloca un módulo I/O. Por eso no es posible interpretar la gama de instrucciones para cada programador, así que lo que se hará es interpretar y remarcar la forma genérica de como se mapea cada clavija y cuales deberían ser las restricciones impuestas en nuestro ejemplo de un controlador programable construido por alguien.

Ver fig. 3.3.2.b

Las instrucciones con las que contamos para este tipo de controlador programable son las siguientes :

- 1.- Solo puede existir hasta 7 clavijas; la primera clavija (0) es la clavija maestra. Las clavijas 1 al 7 pueden locales o remotos. Se cuenta con 8 ranuras por clavija para los módulos I/O.
- 2.- Los módulos discretos del controlador programable son de 4 u 8 puntos de conexión por módulo. La máxima capacidad de I/O es de 512 puntos con cualquier mezcla.
- 3.- La tabla imagen de I/O es de 8 bits.

4.- El tipo de módulo, entrada o salida, es detectado por el circuito de la clavija. Si el módulo es una entrada, un 1 debe ser colocado en frente de los tres dígitos de direccionamiento. Si el módulo es una salida, un 0 debe ser colocado en frente de los tres dígitos de direccionamiento.

5.- El sistema de numeración usado es el octal.

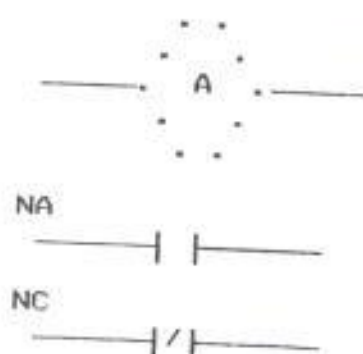
Como se puede apreciar de las instrucciones anteriores, algunos factores determinan el direccionamiento de la ubicación para cada módulo. El tipo de módulo, entrada o salida, determina el primer direccionamiento de la ubicación de izquierda a derecha (0 para la salida y 1 para la entrada). Los siguientes dos números de direcciones son determinados por el número de la clavija y la ubicación de la ranura donde el módulo es colocado. El último dígito es representado por el terminal conectado al módulo I/O (0 al 7). A continuación se muestra gráficamente el mapeo de la tabla de I/O y los módulos colocados en la clavija 0. Note que las salidas se las mapea desde el registro 000 hasta 077 y las entradas desde el registro de direccionamiento 100 hasta 177. Ver fig. 3.3.2.c

La máxima capacidad del sistema es 152 puntos I/O de conexión lo cual se deriva de tener 64 registros de dirección de entradas de 8 bits y 64 registros de

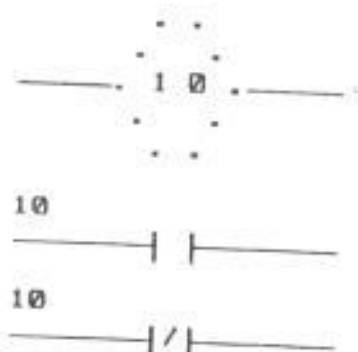
direccionamiento de salidas de 8 bits. La capacidad es para ambos entradas y salidas juntos, no significa que son 512 para cada uno.

3.4 SIMBOLOGIA DE PROGRAMACION

Los contactos de los controladores programables y los contactos de los relés operan en forma similar, consideremos el ejemplo de un relé de bobina A que posee dos juegos de contactos normalmente abiertos (NA) y normalmente cerrado (NC). Si el relé A no está energizado o apagado, los contactos NA continuarán abiertos y los contactos NC seguirán cerrados. Por el contrario si el relé A se energiza o se enciende, los contactos NA se cierran y los contactos NC se abren.



Cada juego de bobinas disponibles y sus respectivos contactos en el controlador programable poseen una única referencia de direccionamiento por el cual se identifican.



Para la bobina 10 del ejemplo, tendrán contactos normalmente abiertos y cerrados con el mismo direccionamiento 10 como su bobina, se pueden tener tantos contactos NA y NC como se desee en el controlador programable.

Los siguientes símbolos son usados para traducir la lógica de control de relés a la lógica simbólica de contacto. Estos símbolos son también las instrucciones básicas para Diagramas de Contactos, excluyendo las instrucciones de tiempo/conteo.

Símbolo	Descripción de Funcionamiento
---------	-------------------------------



	<p>Normalmente Abierto. Representa cualquier entrada a la lógica de control. Una entrada puede ser conectada a un sensor o switch de cierre. Cuando interpreta, la entrada o salida de referencia examina una condición de encendido, el contacto se cerrará y permitirá que fluya corriente a través del contacto.</p>
--	--



Normalmente Cerrado. Es cualquier entrada a la lógica de control. Cuando interpreta la referencia entrada/salida es examinada para una condición de apagado. Si el estado es 0 el contacto se mantendrá cerrado por lo que la corriente fluirá a través del contacto. Si detecta un 1 el contacto se abrirá.



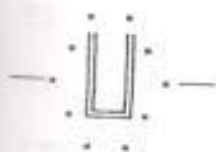
Salida . Representa cualquier salida resultado de algunas combinaciones de entrada lógica. La salida puede conectarse a un equipo o a una salida interna.



No Salida . Es esencialmente lo opuesto a la instrucción de salida. Si la continuidad no está presente, el bit de salida de referencia se enciende, si la continuidad está presente, el bit de salida de referencia se apaga.



Salida de Enclavamiento . Es programada si la salida debe permanecer energizada, apesar que el estado de los contactos causará que la salida a energizar deba cambiar. Si hay un camino lógico de continuidad, la salida se enciende y se mantiene así, si la continuidad o el sistema se pierde . Solo puede apagar con una instrucción de desenclavamiento.



Salida de Desenclavamiento . Es programada para volver a la bobina de enclavamiento a su estado natural, manteniendo la misma dirección de referencia.



Módulo de Entrada de Interfase



Módulo de Salida de Interfase

3.5 LENGUAJE DE PROGRAMACION

Desde la aparición de los controladores programables se han usado los lenguajes de programación. Sin embargo, muchas instrucciones se encuentran muy firmes a pesar del paso del tiempo. Con la proliferación en el mercado nuevos productos, que poseen instrucciones más versátiles, se ha podido apreciar un mayor poder computacional cuyo sentido es el de realizar operaciones mucho más sencillas. Por ejemplo, bloques de información pueden ser transferidos por el usuario desde un bloque de memoria a otro y al mismo tiempo realizar operaciones lógicas o aritméticas con otro bloque. Como resultado de estas instrucciones, la información puede ser manejada más fácilmente por el programa de control.

El controlador programable fue conceptualizado con la facilidad de programación usando una representación efectiva del programa lógico necesario para controlar las máquinas o procesos.

Para la creación del nuevo lenguaje de programación se utilizó el diagrama original básico de relés, el nombre que se le dió a ese lenguaje fue el LENGUAJE de CONTACTOS ; que tras una progresión y evolución permitió que este lenguaje tenga un juego de instrucciones más poderosas.

Además en los actuales momentos ya es común observar en el mercado de los controladores programables la aparición de otros lenguajes de tipo escrito en el que se le instruye al controlador programable las acciones y procesos que se desea que realice mediante palabras o sentencias que describen al proceso.

El origen de estos lenguajes escritos se debe al Algebra de Boole y la lógica empleada en la que claramente se le indica al controlador instrucciones lógicas que es capaz de comprender. Otros lenguajes que surgen del desarrollo de los sistemas operativos y lenguajes han sido desarrolladas por los constructores de controladores programables con el fin de aprovechar la presencia de los computadores en todos los sitios en donde se desea tener una producción elevada y de alta calidad.

3.5.1 LENGUAJE DE DIAGRAMA DE CONTACTOS

El lenguaje conocido como diagrama de contactos es un juego de instrucciones simbólicas que son usadas para crear un programa de control aplicable a los autómatas programables. Los símbolos de instrucciones de contactos puede dársele un formato para obtener la lógica de control deseada que será ingresada a la memoria.

Como este tipo de instrucciones se encuentran formadas por símbolos de contactos, también nos referiremos a este lenguaje como simbología de contactos.

La función principal del programa de diagramas de contactos es la de controlar salidas y realizar operaciones funcionales en base a las condiciones de entrada. Este control se lo logra a través del uso de una técnica llamada escalones o pasos de una escalera.

En general los escalones consisten en un juego de condiciones de entrada representadas por instrucciones de contactos y una instrucción de salida al final del escalón.

Se dice que una rama de contactos es verdadero

cuando se encuentra energizando una salida o instrucción lógica y la lógica continuamente posee un camino. Se dice que la lógica existe cuando hay un camino por el que pueda fluir la energía de izquierda a derecha.

Los diagramas de contacto han sido y por cierto tiempo serán la forma tradicional de representación eléctrica de secuencias de operación. Estos diagramas son usados para representar la interconexión de elementos de campo en tal forma que la activación o el encendido de un elemento encenderá otro de acuerdo a una predeterminada secuencia de eventos. Ver fig. 3.5.1

Como no se puede realizar un diagrama de programación en forma indiscriminada debemos tener en cuenta unas cuantas reglas generales para programar. Así tenemos que tan sólo se pueden tener un máximo de 10 contactos en serie y 7 líneas de contactos en paralelo por bobina, la cual debe ser programada al final de la primera línea (una sola bobina por camino).

Una brecha puede existir en el paso de un diagrama de contactos, pero no puede ser la ausencia de un símbolo de contacto, deberá ser programado usando la

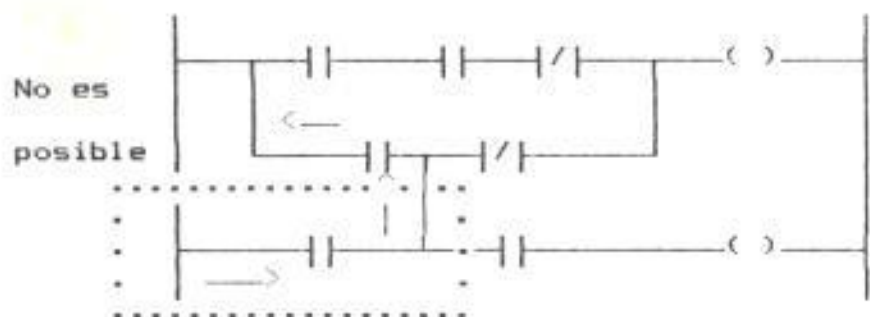
instrucción "ABIERTO".



Un corto puede existir en el diagrama de contactos, pero no puede ser conectado en paralelo con un contacto, deberá ser programado usando la instrucción "CORTO".



No es posible programar circuitos que permitan un camino de continuidad de flujo desde la derecha a la izquierda (camino de corriente reversa) a través de un contacto.



Debido a los desarrollos tecnológicos en la actualidad se pueden encontrar circuitos digitales que nos permite implementar instrucciones y funciones al controlador aumentando así las mejoras

con respecto a su principal competidor que son los relés. Estos circuitos vienen a manera de bloques en los que se pueden encontrar muchas funciones que se comenzarán a detallar en breves párrafos más.

Al implementar bloques funcionales, las condiciones de entrada están también representados por instrucciones de contactos. El formato del bloque puede tener una o más bobinas de salida lo cual significa el estado de la función que está desarrollando. El bloque funcional puede tener uno o más entradas habilitadas controladoras de la operación del bloque funcional.

Cuando se programa, cada contacto y bobina es referenciada con un direccionamiento numérico que lo identifica, que es lo que se está evaluando y que es lo que se está controlando.

Comenzaremos por analizar muy brevemente un par de bloques funcionales muy comúnmente utilizado como son los temporizadores y los contadores. Estos bloques son instrucciones internas que proveen la misión de activar o desactivar un equipo después de que un intervalo de tiempo expire o que la cuenta alcanzará algún valor deseado. Se los considera salidas internas.

Los temporizadores se los añade a los programas de control para proveer retardos para que un sistema se encienda o se apague. Los contadores se los utiliza en general para contar eventos, como partes que pasan, el número de ocasiones en que un solenoide es energizado, el número de maniobras, etc.

Las instrucciones del programa de control se las usa para dirigir el flujo de operaciones y ejecuciones de instrucciones dentro del programa de control.

Estas operaciones se las consigue usando ramas e instrucciones de retorno dentro del programa que se está ejecutando.

Entre las instrucciones importantes que podemos encontrar tenemos las siguientes :

Zona de Control de Ultimo Estado	ZCL
Salto	JMP
Envio a Subrutina	GOSUB
Etiquetar	LBL
Bobina de Retorno	RET
Fin	END

Una de las mejoras que hallamos en los modernos controladores programables es que ya nos es posible encontrar que son capaces de desarrollar instrucciones aritméticas en las que se incluye las cuatro operaciones básicas e inclusive encontrar la instrucción de operación de raíz cuadrada.

3.5.2 NEMOTECNIA BOOLEANA

Es un lenguaje de los controladores programables que está basado en los operadores Booleanos AND, OR y NOT. Un juego completo de instrucciones Booleanas consiste en operadores y otras instrucciones que implementarán todas las funciones del juego de instrucciones de los diagramas de contactos.

Una instrucción nemotécnica es escrita en forma abreviada, usando tres o cuatro letras que generalmente implica la operación de instrucciones. A continuación se mostrarán un juego de instrucciones Booleanas y su simbología equivalente en diagramas de contactos. Ver fig. 3.5.2.a

El lenguaje Booleano es generalmente usado para entrar la lógica requerida dentro de la memoria del controlador programable.

Partiendo de esta base de una lógica escrita en términos de instrucciones que actúan de la misma forma que la programación gráfica ya que en definitiva se está diciendo lo que representa cada rama del gráfico de contactos, se ha llegado hasta los modernos lenguajes de programación fruto del desarrollo de sistemas operativos y de la facilidad de encontrar computadoras personales lo que

provocaría que la compra de un CRT para realizar la programación del autómata eleve los costos. Así fue como se dió origen a otros lenguajes que nos sirven para que a través de un computador cualquiera se pueda instalar en el controlador programable instrucciones detallando lo que se quiere en el proceso de producción. Ver fig. 3.5.2.b

3.5.3 LENGUAJE DE INSTRUCCIONES DE NO-CONTACTOS

Encontramos otros lenguajes en los que se provee instrucciones similares a lenguajes como el Pascal o el Basic, los cuales se los está utilizando por algunos constructores de controladores programables, en adición a las instrucciones del lenguaje de contactos en los que se incluyen instrucciones de los bloques funcionales.

La capacidad de estos lenguajes de no-contactos se lo puede apreciar cuando se requiere por parte del usuario el realizar operaciones matemáticas complejas, análisis estadístico e implementación de estrategias de control avanzado.

La implementación de estos lenguajes en un controlador programable es muy similar a tener funciones dedicadas al Basic o los módulos I/O del

computador en la clavija del controlador programable. Sin embargo, la mayor diferencia es que todo lo ejecutable para el procesador se encuentra residente en el sistema de memoria del controlador programable y las instrucciones y métodos son más sencillas en la interacción del programa.

Contamos con otras instrucciones de no-contactos que nos brindan la facilidad de programar a los bloques funcionales, esto se lo logra con ayuda de un editor de bloques funcionales los cuales definen especificaciones de entrada y salida e ingresa instrucciones que forman el bloque.

Para el futuro se espera debido al crecimiento de las aplicaciones de los controladores programables y la necesidad para implementar funciones más complejas y operaciones nos guiará a nuevos tipos de lenguajes, los cuales no cambiarán al lenguaje de contactos ya existente.

Para que un lenguaje sea aceptado deberá cumplir con algunas normas como las que detalla :

- 1.- Sean fáciles de implementar
- 2.- El tipo de problema a resolver
- 3.- Las características primarias del lenguaje
- 4.- Los requerimientos de tiempo de ejecución que le será impuesto al programa.

3.6 ELABORACION DEL PROGRAMA PARA UN CONTROLADOR PROGRAMABLE

Programar un controlador programable es un proceso muy lógico y no es difícil si se lo realiza en forma ordenada. Demanda solamente que se tenga el rastro o la pista de las identidades de entrada y salida, y conocer cuales entradas sirven como fuentes alternativas de continuidad (función OR), y cuales deben ser colocadas en serie (función AND). También se debe poseer un entendimiento del proceso a ser controlado y tener un inventario de todos los equipos de entrada y salida que deben estar bajo el control de los autómatas programables.

Antes de cumplir los requerimientos del programa para un equipo de salida dado, se deberán tener en mente algunas interrogantes básicas.

- * Qué equipos de entrada afectan directamente la operación de cada equipo de salida ?
- * Se requieren que los equipos de entrada se encuentren encendidos o apagados ?
- * Si un equipo de entrada se encuentra en el estado opuesto al que se requiere, otros elementos pueden proveer continuidad alternativa al sistema ?

- * Se necesita que otros equipos se encuentren encendidos antes que la salida se encuentre con energía o sin energía ?

Para evitar cometer errores costosos, diagrama su programa en papel y con un lápiz antes de que lo introduzca al programador. Los pasos requeridos para el diseño de un diagrama de contactos son :

- 1.- Liste todas las salidas que necesitan ser activadas o desactivadas por el controlador programable.
- 2.- Para cada salida , escriba las entradas controladas y el estado requerido de estas entradas. Se listarán todas las posibles condiciones para activar o desactivar salidas.
- 3.- Dibuje un diagrama de contactos para la primera salida y coloque su símbolo de salida tan lejos como le sea posible hacia la derecha.
- 4.- Coloque las entradas AND para esta salida en el mismo paso de la salida. Use símbolos de contactos NA para entradas que deben estar encendidas y contactos NC para elementos que deban estar apagados.
- 5.- Coloque las entradas OR en circuitos paralelos conectándolos en la forma como lo indica la condición de funcionamiento.
- 6.- Chequee la lógica de la rama y construya la tabla de verdad y compare con lo que espera del proceso.
- 7.- Repita los pasos anteriores para el resto de salidas.

3.7 INSTALACION, MANTENIMIENTO Y PUESTA EN MARCHA DEL CONTROLADOR PROGRAMABLE

Algunos de los atributos que hacen cada instalación un proyecto efectivo es su costo y su sencillez. El relativamente pequeño tamaño de los controladores programables permite que sean colocados convenientemente, ya que en la mayoría de los casos requieren la mitad del espacio que un panel equivalente de relés.

Actualmente los cambios pueden ser hechos rápidamente simplemente conectando los elementos de entrada/salida a los terminales. En grandes instalaciones, estaciones remotas entrada/salida son colocadas en ubicaciones óptimas. La estación remota es conectada al CPU a través de un cable coaxial. Ver fig. 3.7

Gracias a su diseño los controladores programables brindan una gran facilidad de mantenimiento. Al estar formado en la mayoría de sus componentes por elementos de estado sólido, el mantenimiento muchas veces se reduce a reemplazar un elemento modular de tipo enchufable. Además una característica de los elementos semiconductores es la de tener una vida útil superior a algunos millones de años por lo que si contamos con un equipo enteramente probado en

fábrica, estaremos instalando un equipo en el cual su cambio obedecerá al avance tecnológico más que a un deterioro interno.

Los circuitos de detección de falla y los indicadores de diagnóstico que se han incorporado a cada elemento mayor, nos indicarán si ese elemento trabaja apropiadamente o no. Es posible monitorear cualquier proceso lógico programado con la ayuda de los programadores que son capaces de realizar un seguimiento del estado de las entradas y las salidas.

Estos atributos acompañados de los ya mencionados son muy importantes en cualquier sistema de control. Una vez instalado su contribución se notará y su inversión inicial se recuperará rápidamente. Sus beneficios potenciales, como cualquier elemento inteligente, dependerá de la creatividad con la que se lo aplique.

Antes de proceder a cargar el programa que se ha creado o editado es conveniente y saludable realizar una inspección de los sistemas externos para notar si se presenta algún problema físico. Se deberá notar que todos los módulos se encuentren en el lugar apropiado, que los módulos se encuentren en su

ranura correcta y ajustados sus conectores.

Una vez cargado se recomienda usar una de las funciones que presentan los autómatas programables; aquella que tiene que ver con la ejecución del programa, pero que a la salidas sólo se observa la indicación que cada salida está operando correctamente.

Al presentarse problemas siempre se debe pensar en forma lógica, recuerde que encuentra trabajando con equipo lógico, así que para encontrar las fallas debe realizar un proceso de eliminación. Aíse el problema por zonas y así podrá encontrar y saber el sitio de la falla y solucionarla.

Una indicación muy importante es llevar una documentación muy clara y actualizada de todos los procesos, si es posible explicando en detalle lo que realiza cada rama de contactos del programa o cada grupo de instrucciones o sentencias, esto dependerá del sistema utilizado para programar al controlador programable.

Siempre es bueno curarse en salud por eso un cronograma de mantenimiento del controlador programable no le hace daño a nadie. En realidad en lo que se refiere al mantenimiento más tiene que ver

con el conjunto que rodea al controlador programable ya que como éste cuenta con elementos de monitoreo y diagnóstico es posible estar al tanto de lo que sucede dentro del autómata, más importante es estar seguro que las señales de entrada proveniente de sensores, detectores, transductores y elementos reales de campo sean enviadas en forma correcta y apropiada. Dependiendo del ambiente se suele realizar una limpieza de los terminales de entrada y salida de los módulos del controlador y cada 6 meses realizar una inspección visual interna del controlador programable para limpieza más que para cualquier otra cosa. No olvidarse de la revisión y prueba periódica de la fuente de suministro de energía y del paquete de baterías de emergencia de la memoria del controlador programable, se pierde inútilmente tiempo programando cada vez que falla la energía por no contar con una fuente de energía de emergencia en buen estado.

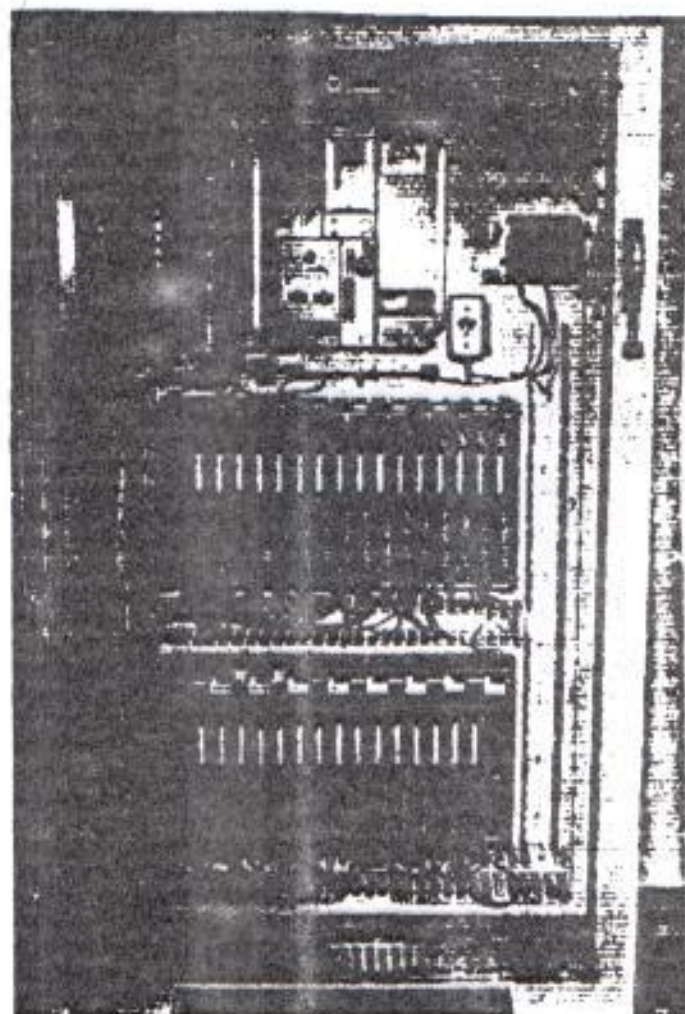


Fig. 3.1 Esquema de un Tablero de Control con Controladores Programables



Fig. 3.2.1 Tubo de Rayos Catódicos (CRT)

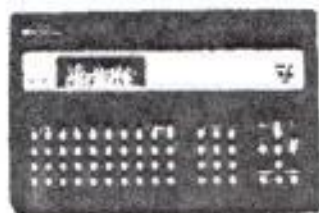


Fig. 3.2.2 Mini-Programadores



IBM PC/PS

Fig. 3.2.3 Computador Personal

AREA DE ALMACENAMIENTO

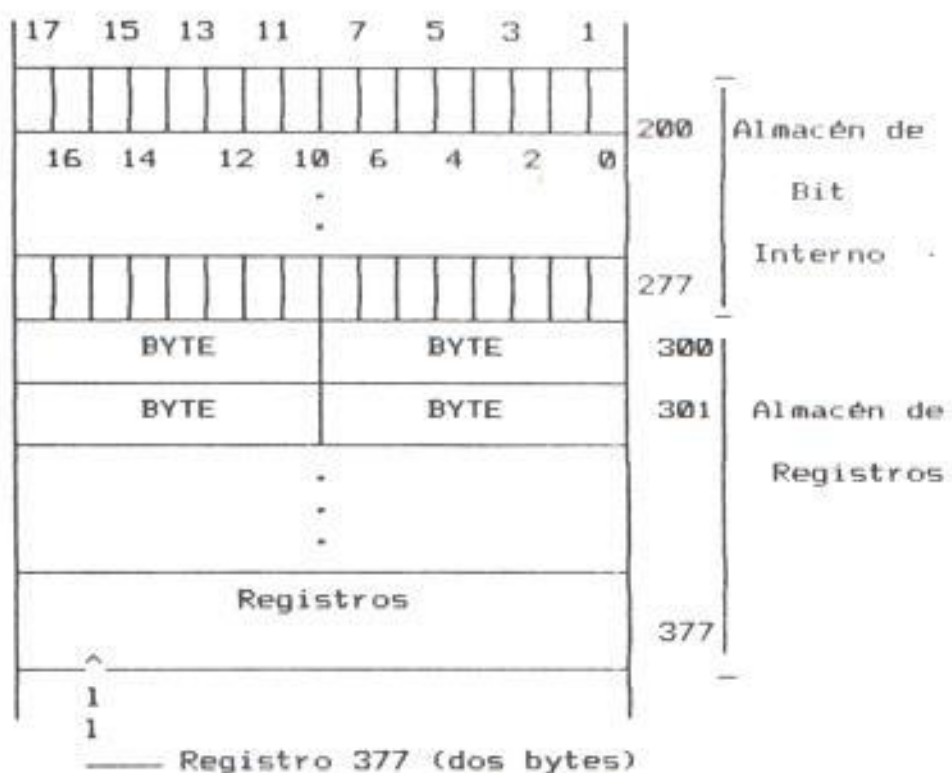


Fig. 3.3.a Area de Almacenamiento en Memoria de una Tabla de Datos



Fig. 3.3.b Esquema de un Circuito con Lógica de Rélés

Direccionamiento
Octal del
Registro

	17	15	13	11	9	7	5	3	1		
0000											
	16	14	12	10	8	6	4	2	0	Tabla de Entrada 128 bits	
0007											
0010											Tabla de Salida 128 bits
0017											
0020											128 bits Internos
0027											
0030											Regis- tros
0427											
0430											Memoria Usuaría
7777											

Fig. 3.3.1.a Tabla de Mapeo de Memoria

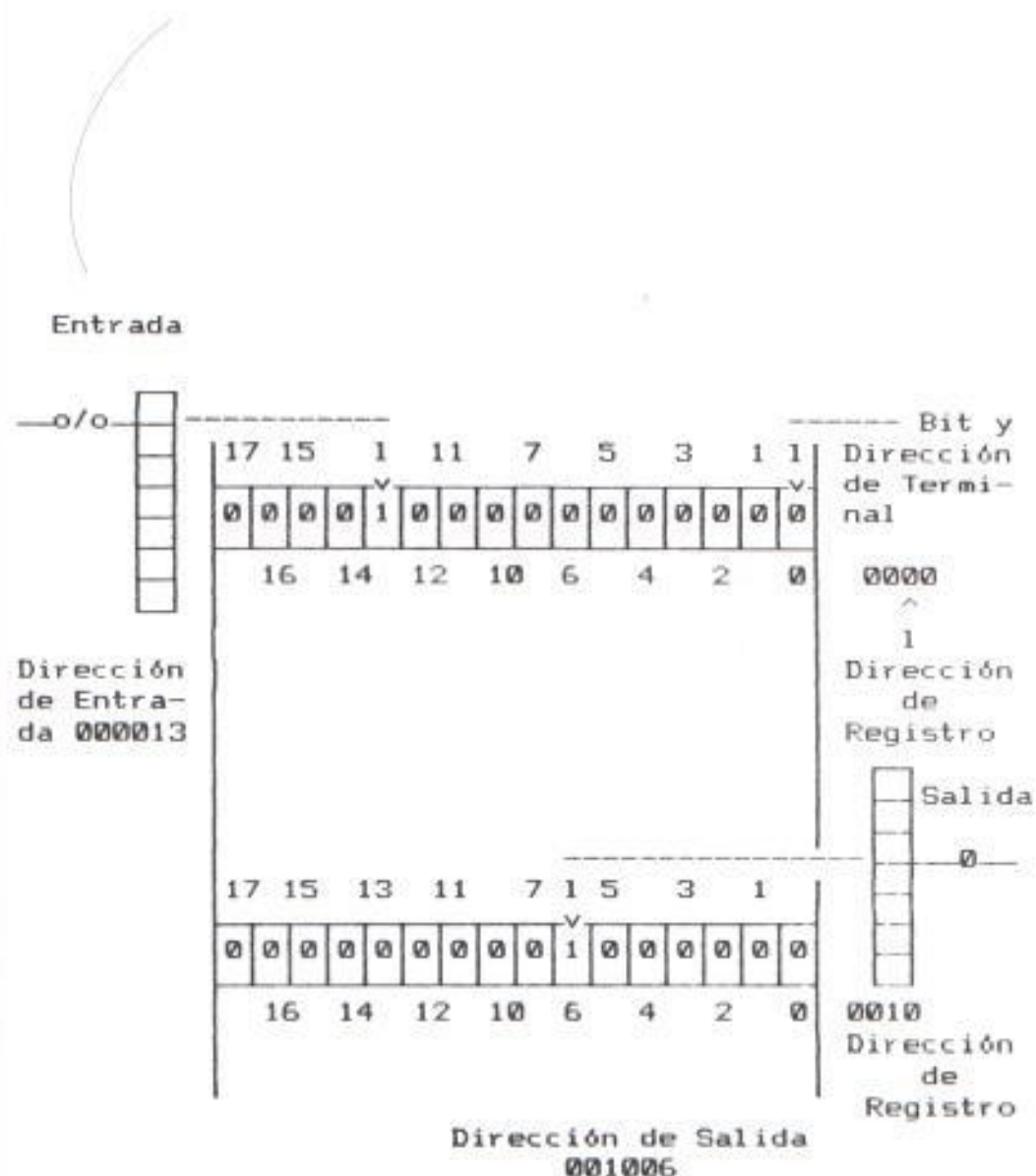


Fig. 3.3.1.b Interacción de los Elementos de Campo y la Tabla de Entrada y Salida

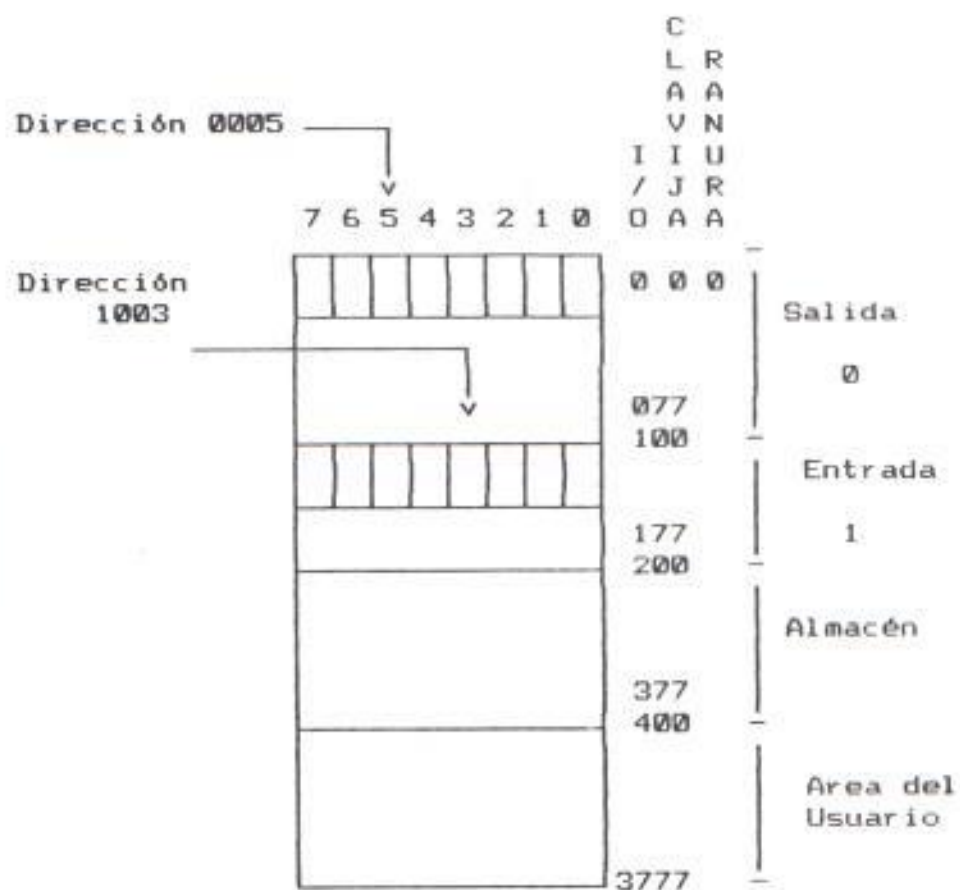


Fig 3.3.2.a Especificaciones para Colocar los Módulos de I/O

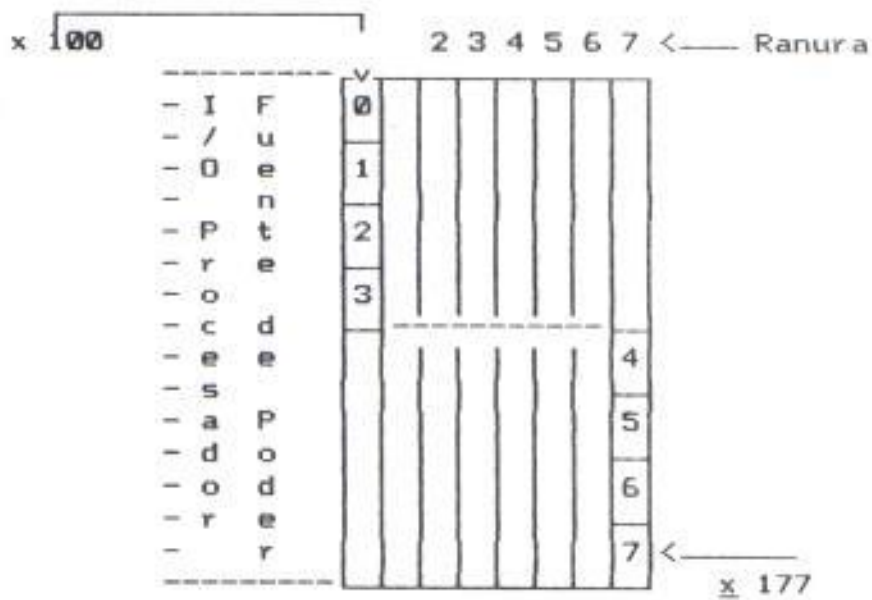
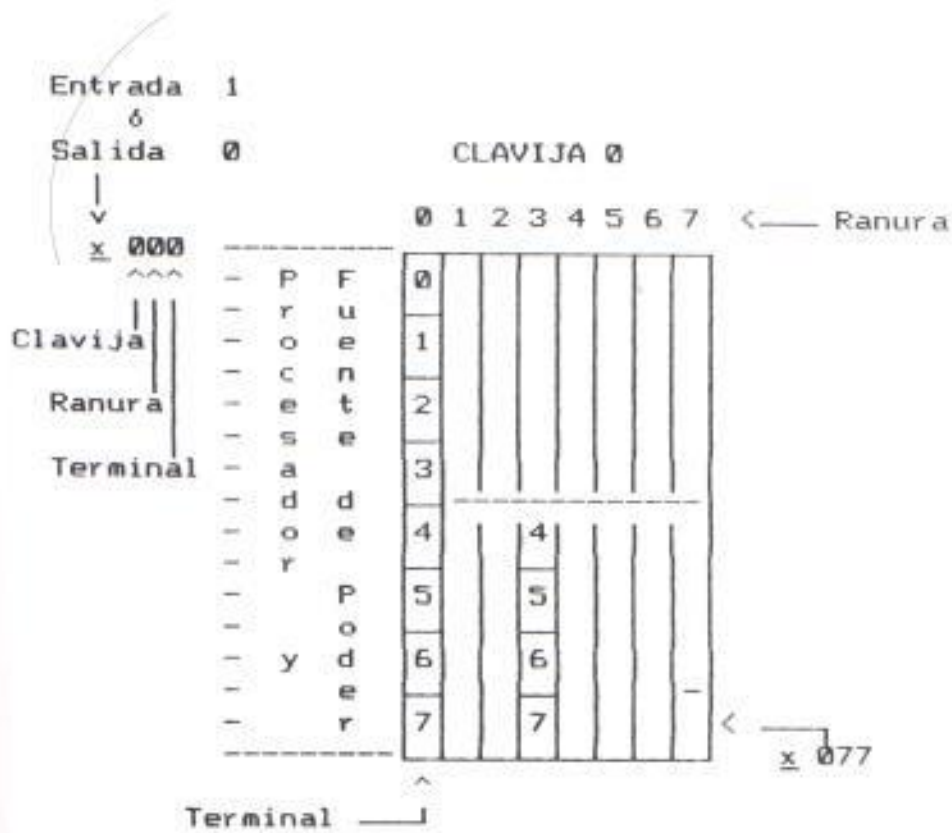


Fig. 3.3.2.b Hogar con Ranuras Disponibles

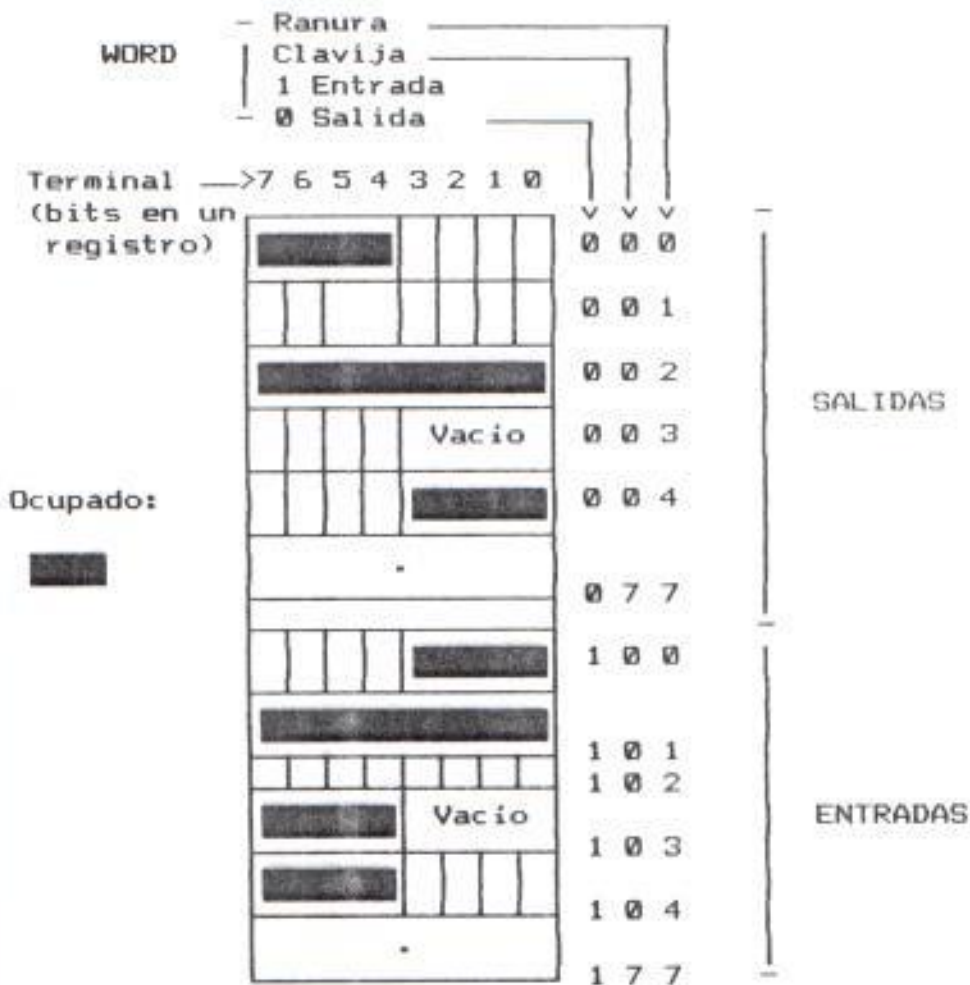
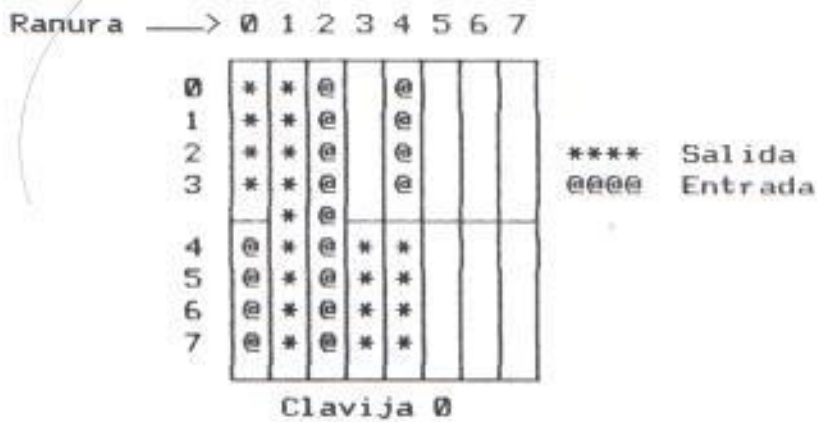


Fig. 3.3.2.c Mapeo del Hogar de los Módulos I/O

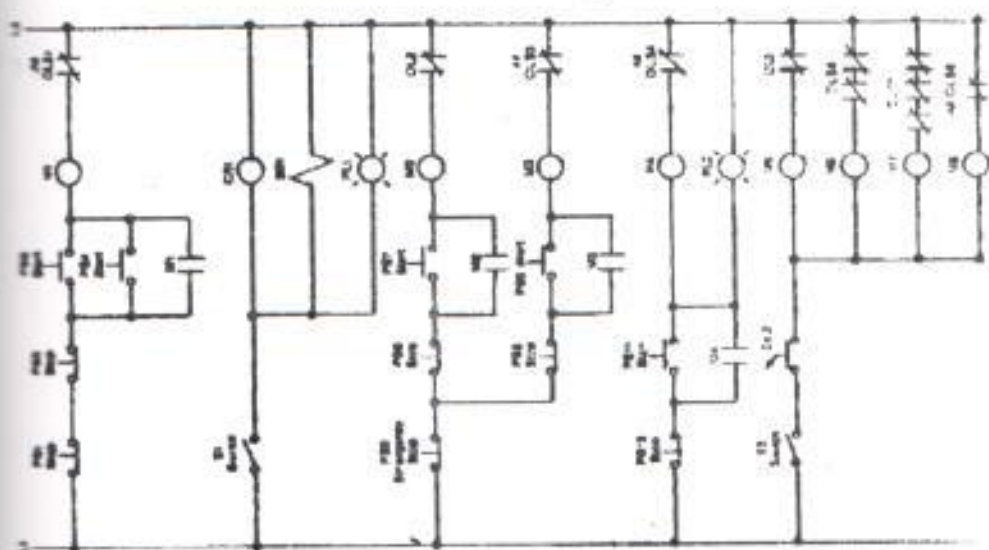
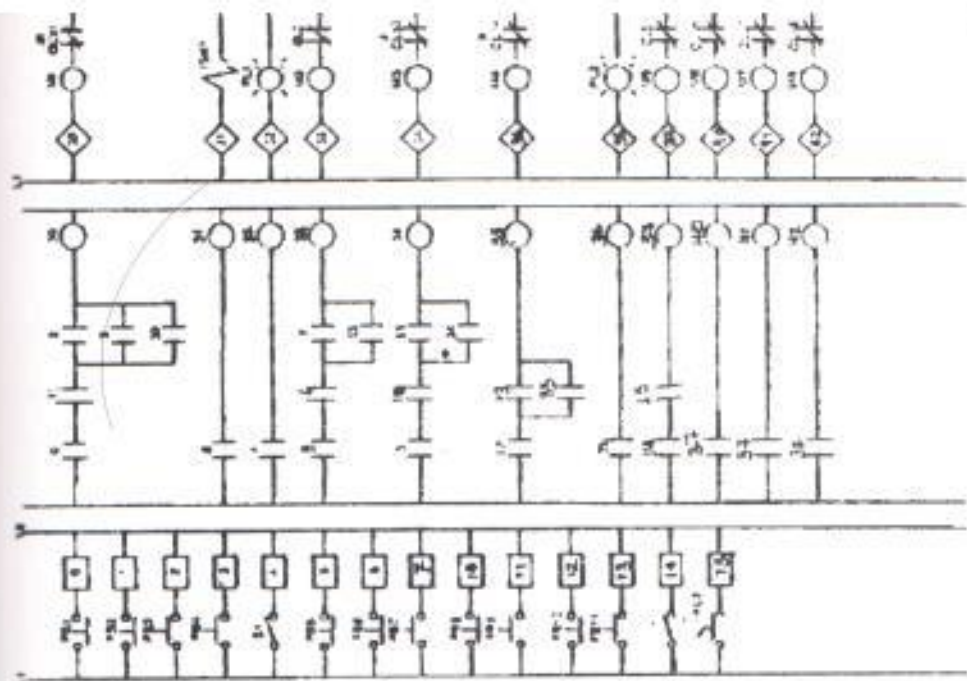


Fig. 3.5.1 Ejemplo de Programación con Lenguaje de Contactos

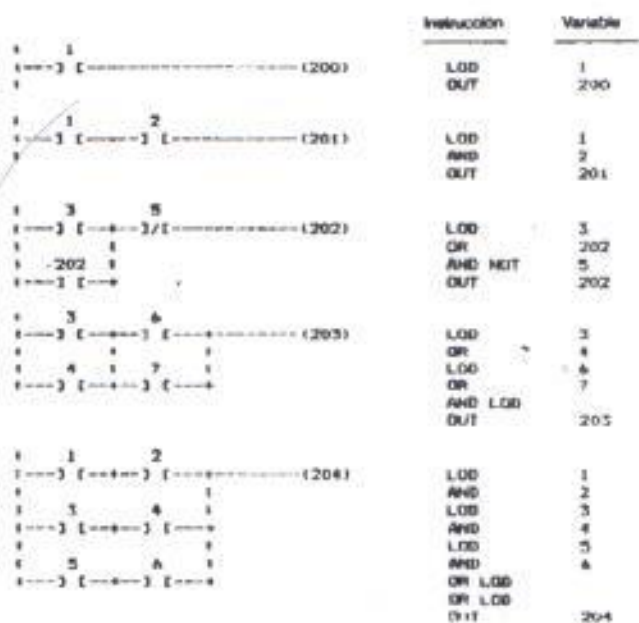


Fig. 3.5.2.a Comparación entre Lenguaje de Contactos y de Instrucciones Booleanas

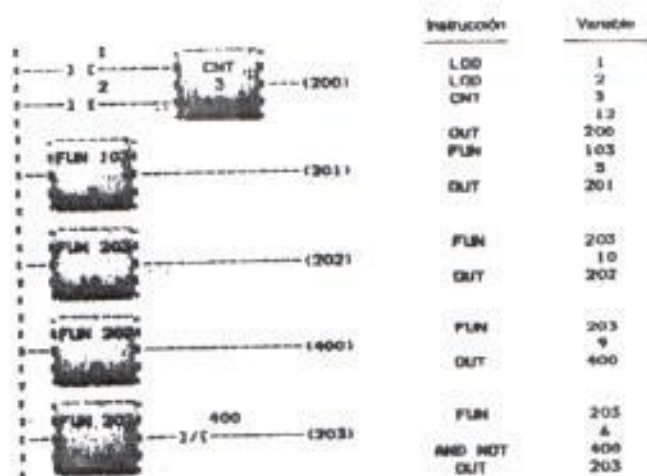


Fig. 3.5.2.b Ejemplo de Programación de Funciones

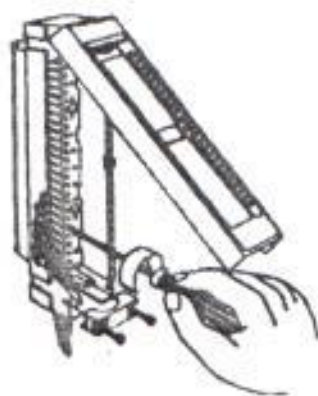
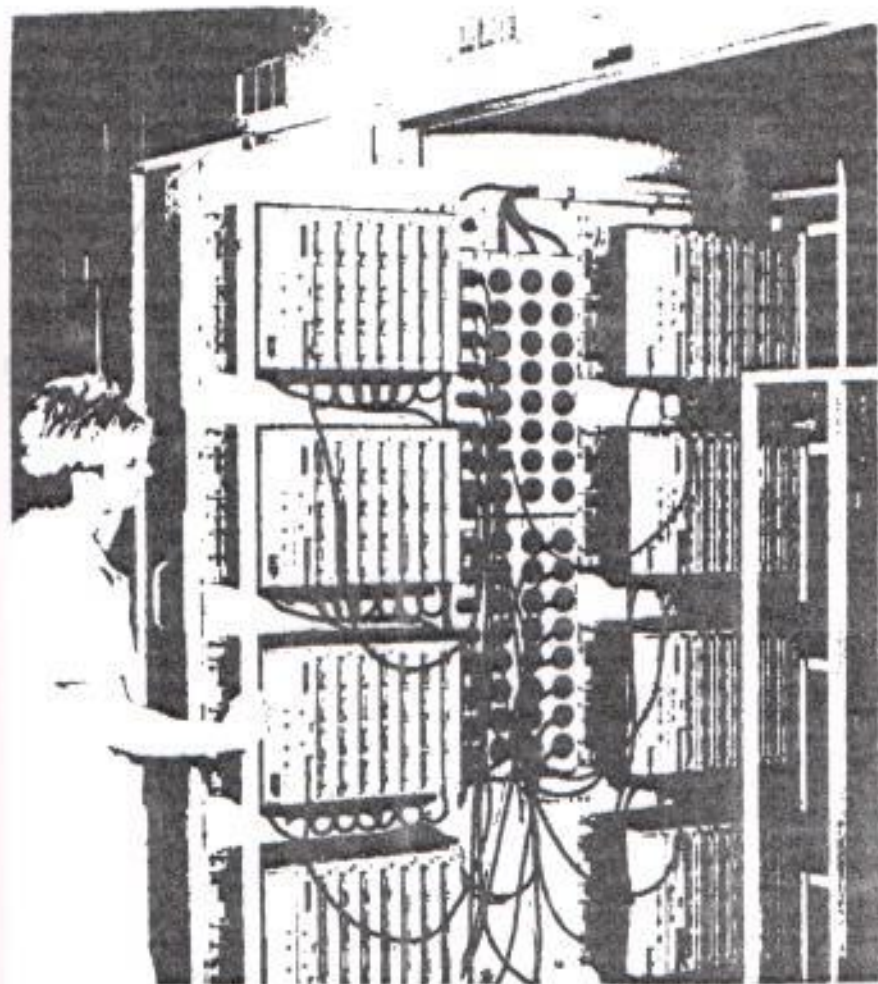


Fig. 3.7 Esquema de Instalación del Controlador Programable en un Tablero

CAPITULO IV

ESTUDIO DE LAS MARCAS DE CONTROLADORES PROGRAMABLES MAS
REPRESENTATIVOS EN EL MEDIO

Sin pretender ser un estudio profundo o un catálogo informativo y de propaganda publicitaria se procurará en este capítulo exponer características y configuraciones especiales de las diversas familias de controladores programables que son representativos en el medio local.

No es tarea primordial dirigir nuestros sentidos a los circuitos y tarjetas periféricas especiales que proponen los fabricantes. Más bien se trata de un estudio de las bondades que nos permiten tener los controladores programables de alguna marca y familia en especial, que en un momento dado de necesidad nos permitiría seleccionar el equipo más adecuado para las necesidades que se presenten.

En este estudio no se presentan todas las marcas de controladores programables que es posible conseguir en el medio o importarlo del exterior, tan sólo se desea que el usuario de este informe pueda conocer lo que el mercado ofrece.

Los controladores programables que se analizarán constituyen muestras muy representativas de las tendencias de los autómatas programables provenientes de países en donde el automatismo es una cuestión muy importante y como tal se la afronta con mucha responsabilidad. Las marcas que se estudian con la correspondiente denominación de las familias de autómatas son las siguientes :

1.- SIEMENS : SIMATIC S5

2.- TELEMECANIQUE : TSX-7

3.- SQUARE D : SY/MAX

4.- AGUT : SATTCON Y EX

4.1 SIEMENS : SIMATIC S5

Para describir una de las marcas, que personalmente considero una de las más avanzadas se lo debe realizar como se lo haría en su país de origen esto es con orden.

Los autómatas SIEMENS conocidos como miembros de la familia SIMATIC S5 constituyen la última moda en lo que respecta a desarrollo de controladores programables no solo por su excelente presentación sino por su gran poder en el área de control lo

presentan como uno de los equipos de mayor uso en el mundo.

El desarrollo alcanzado por esta marca es tan notable que presentan tal modularidad, tanta flexibilidad y tanta potencia que es muy difícil imaginar que tal desarrollo pudo ser alcanzado en corto tiempo de vida de los autómatas programables.

Antes de entrar en el tema es importante presentar a los miembros de tan ilustre familia SIMATIC cuyos miembros son :

- a) S5-100U
- b) S5-115U
- c) S5-135U
- d) S5-155U

4.1.1 TECNICAS DE PROGRAMACION

Una característica muy importante de los controladores programables SIMATIC-55 es el desarrollo de programas utilitarios de programación con la ayuda de computadoras personales utilizando el lenguaje STEP 5 cuyas formas de representación son :

- FUP - esquema de funciones.
- KOP - esquema de contactos.
- AWL - lista de instrucciones.

Los programas para mandos secuenciales pueden ser cargados de una forma más clara utilizando el GRAPH 5.

Un sistema de contactores y relés es un sistema de cableado complicado. Sus funciones son definidas por conexiones físicas uniendo los variados elementos de conmutación. Los elementos como contactores y relés son instalados en un gabinete y cableados entre sí de acuerdo a un diagrama de circuitos esquemático.

Las funciones del controlador programable son almacenadas en la memoria en forma de programas, consistiendo de instrucciones individuales. El controlador programable examina el estado de las señales de los sensores con las sentencias individuales o programas y asigna los resultados a los elementos de conmutación.

El lenguaje STEP 5 que sirve para programar los controladores programables SIMATIC-SS. Dependiendo de las preferencias del usuario se puede escribir los programas de la forma de representación que ya se mencionó previamente.

En el listado de instrucciones se describe el problema de automatización usando designaciones de

funciones nemotécnicas. Las instrucciones son las más pequeñas componentes del programa STEP 5 consistiendo en :

- * Una operación en la cual se especifica lo que debe ser hecho, A = AND (conexiones en serie).

- * Una operación en la cual se especifica lo que debe ser hecho con, I 2.3 (señal de entrada 2.3).

El operando comprime lo siguiente : identificación del operador I = entrada y el parámetro el número de entrada o salida a ser referenciado por la operación.

El esquema de contactos es una operación gráfica de la tarea de automatización usando símbolos que representan el diagrama del circuito de control. El programador convierte el esquema de contactos en una lista de sentencias. El programa es almacenado en la memoria del controlador programable en forma de un código de máquina.

Otra forma de programación es el caso de programación lineal en donde el programa es escrito en forma de un arreglo de sentencias una después de la otra. Los bloques de información y los bloques funcionales no pueden ser usados en la programación lineal.

El programa usuario puede ser hecho más manejable y mejorado, para el efecto se dispone de bloques de elementos de programación que contienen el programa usuario descrito en funciones de secciones relacionadas como transporte y monitoreo.

El bloque de organización determina el orden en el cual el bloque de programa es ejecutado, estos bloques de programas pueden ser llamados condicionalmente dependiendo de las situaciones, el usuario puede interrumpir el programa.

Es irrelevante para el controlador programable que la entrada se encuentre conectada a un sensor con un contacto NC o un sensor conectado con un contacto NA. Al escribir el programa, solamente el estado de la señal resultante en la entrada debe ser considerada como una señal 1 ó 0.

4.1.2 MODULOS FUNCIONALES

Son módulos que incluyen elementos de programación, es decir que poseen un programa en su interior, que pueden unirse a los programas de aplicación para los autómatas programables SIMATIC S5. Contienen desarrollos funcionales complejos y cerrados que son necesarios con frecuencia al confeccionar los programas de aplicación.

Los módulos se depositan en la memoria usuaria de los autómatas programables, y el usuario se encarga de intercalarlos en su programa cuando sean necesarios.

Con la utilización de los módulos funcionales normales se pueden implementar de forma muy sencilla funciones complejas en el programa de aplicación. Con el empleo de los módulos funcionales normales, el usuario accede a un potencial de experiencia muy grande.

Un módulo funcional está estructurado de tal forma que el usuario es guiado por el aparato programador al ensamblar el módulo en su programa. El módulo funcional es llamado con una instrucción entonces aparece con su nombre de módulo y sus operandos formales. Los operandos formales son abreviaturas nemotécnicas con las cuales se expresa el tipo y función de las entradas y salidas así como los datos prescritos para el módulo.

Entre los módulos funcionales para los autómatas programables SIMATIC 55 tenemos los siguientes:

ADD	Suma binaria
SUB	Resta binaria
MUL	Multiplicación binaria
DIV	División binaria
RAD	Radicación binaria

RAD	GP	Radicación con coma flotante
REG	SCHB	Registro de desplazamiento (bits)
REG	SCHW	Registro de desplazamiento (registros)
REG	FIFO	Memoria tampón
REG	LIFO	Memoria de pila
SON	WS	Buscar palabra
RLG	AE	Lectura de valor analógico
RLG	AA	Salida de valor analógico

1.1.3 FUNCIONES ESPECIALES

La aplicación de automatización exigen hoy en día de los autómatas programables no sólo funciones de mando, sino también de funciones de regulación y funciones de vigilancia.

No se debe perder de vista un aspecto, en muchos casos es demasiado complejo configurar la representación y la vigilancia de los reguladores en pantalla. Los controladores programables SIMATIC 55 presentan el sistema PMC que es una solución rentable para mandar, regular y vigilar.

Con este sistema se puede configurar cómoda y rentablemente la visualización de las funciones de mando y regulación así como su manejo y vigilancia por pantalla y teclado.

Configurar rentablemente significa reducir decisivamente la fase de configuración gracias al uso de módulos que incluyen elementos de

programación, ya no se programa sino que se define parámetros.

El sistema PMC abre unas perspectivas totalmente nuevas para el control de procesos puesto que éstos se visualizan ocupando un espacio mínimo comparado con sistemas convencionales. El sistema da avisos, muestra rápida y puntualmente los errores y averías apreciados, así es posible localizar con mayor rapidez, con lo que el tiempo de parada es menor.

4.1.4 ESTUDIO DE LOS MIEMBROS DE LA FAMILIA SIMATIC S5

4.1.4.1 S5 100 .- Es el primer miniautómata realmente modular. Este miniautómata constituye una alternativa barata y actual a los contactores auxiliares y a los relés que puede actuar también de forma extremadamente eficaz en el campo del control de máquinas y de automatización de procesos. Ver fig. 4.1.4.1

La transmisión interna de las señales entre los módulos periféricos y el CPU está integrada en secciones individuales. Cada elemento dispone de dos puestos de enchufe para módulos.

El sistema modular del S5-100U nos permite elegir entre tres unidades centrales. El CPU 100

nos brinda la posibilidad de ampliar la capacidad del autómata programable hasta un máximo de 128 entradas/salidas discretas y 8 entradas/salidas analógicas, una memoria de 2 Kbytes. El CPU 102 ejecuta el programa en menor tiempo, ofrece una ampliación de hasta 256 entradas/salidas discretas y 16 entradas/salidas analógicas, con una memoria de 4 Kbytes. El CPU 103 ofrece hasta 256 entradas/salidas discretas y 32 analógicas con una memoria de 20 Kbytes.

Programar en vez de cablear de forma muy sencilla y sistematizada. Para programar e introducir los programas, para modificar las funciones y para efectuar las pruebas y puesta en marcha se dispone de los aparatos de programación que cada empresa distribuye.

4.1.4.2 S5 115 .- El controlador de gama media. El SIMATIC S5-115U conquista fábricas y máquinas, con una filosofía de automatización que se ha impuesto de una forma tan convincente en todos los sectores industriales.

Gracias a la posibilidad de expansión modular usando cuatro CPU de diferente potencia por lo tanto ha establecido un nuevo patrón de versatilidad, que se caracteriza por la precisión

con la que se adapta a las tareas más diversas. La característica más destacada del autómata es su capacidad de expansión. Ver fig. 4.1.4.2

Entre las prestaciones más relevantes tenemos:

- * Posibilidad de elegir entre cuatro CPU diferentes.
- * Diversas fuentes de alimentación.
- * Tarjetas de entrada/salida analógicas y digitales.
- * Tarjetas especiales para diferentes funciones como regular posicionar, contar, etc.
- * Extensas posibilidades de expansión.

El SIMATIC S5-115U abarca del pequeño control individual hasta el extenso sistema de control de procesos con monitor, acoplamiento a computador, tratamiento de valores analógicos y funciones de regulación.

La clave de la flexibilidad en sus aplicaciones está en el uso de coprocesadores, adicionales a los procesadores, que usan puertas de arreglos de alta velocidad que ejecutan operaciones que se utilizan con mayor frecuencia en los programas de aplicación. Todos los CPU utilizan las mismas operaciones, sólo se diferencian en la velocidad a la que son ejecutadas.

El CPU 941 posee una memoria de 18 Kbytes, el CPU 942 usa una memoria de 42 Kbytes, el CPU 943 usa una memoria de 48 Kbytes y el CPU 944 usa una memoria de 96 Kbytes.

4.1.4.3 S5 135 .- Es un autómata compacto y con capacidad multiprocesamiento para todas las tareas de gama media. El SIMATIC S5-135U es un autómata que aúna una potencia extrema con una gran flexibilidad, es tan compacto que un solo aparato central puede alojar hasta 640 entradas/salidas digitales. Ver fig. 4.2.4.3

El SIMATIC S5-135U cuenta hasta con cuatro potentes CPU, esto le permite separar limpiamente las tareas. Cada CPU individual dispone de su propia memoria de programa, datos y trabajo así como de una gran cantidad de funciones especiales que simplifican la programación como son los registros de desplazamiento y algoritmos PID.

Posee tarjetas periféricas inteligentes, se denominan así porque aportan potencia de procesamiento adicional alrededor del procesador central, la inteligencia proviene de que incorporan en su mayoría procesador propio que les permite ejecutar autónomamente tareas especiales. Así el procesador central queda

aliviado y puede resolver a su velocidad habitual las tareas para las que ha sido diseñado.

Posee comunicación abierta para sacar el máximo partido para comunicación con el exterior. El acoplamiento se establece vía procesadores de comunicación para conectar computadoras, impresoras, lectoras de código de barras y con otro SIMATIC SS.

Los CPU que se utilizan son : El CPU 928 que se lo utiliza para tareas de mando puro como para funciones complejas tales como cálculo, regulación y comunicación. El CPU 922 calcula, regula, vigila y señala . El CPU 920 logra la completa integración entre los lenguajes de programación de alto nivel para el sistema SS, ya que comprende el ensamblador, BASIC y C.

4.1.4.4 SS 155 .- El superautómata con alta velocidad de procesamiento, gran capacidad de memoria y potente juego de instrucciones. Los autómatas programables deben hacerse cargo de tareas cada vez más variadas. Estas abarcan desde las clásicas funciones de mando y regulación hasta el procesamiento masivo de datos de producción. En consecuencia los programas se

hacen cada vez más complejos y más extensos.

Entre las características sobresalientes del autómata SIMATIC S5-155U tenemos su gigantesca memoria de 128 Kbytes y su alta velocidad de procesamiento lo que significa tiempos de ciclo muy cortos, inclusive con programas de gran extensión. Ver fig. 4.1.4.4

Con el SIMATIC S5-155U es posible hacer funcionar en paralelo varios procesadores centrales, repartiendo la tarea entre varios procesadores se logra un alto grado de multiprocesamiento.

Las combinaciones de las tres características destacadas del autómata (extenso juego de instrucciones, capacidad de memoria grande y cortos tiempos de ciclo de ejecución) le predestinan para realizar funciones de control primario. Desde este puesto manda, regula y supervisa todas las partes del proceso.

4.2 TELEMECANIQUE : TSX-7

La marca francesa TELEMECANIQUE constituye una de las mejores alternativas en lo que automatismo con controladores programables se refiere. Es un equipo que presenta muchas ventajas en su utilización

además de ser considerada una de las mejores alternativas en cuanto a calidad .

Como se podrá notar en el análisis que se realiza a continuación ofrece ciertas ventajas en lo tiene que ver con los elementos de programación utilitarios para el mejor manejo de los controladores programables de la familia TSX-7.

Algo que es muy importante es siempre poder encontrar soporte de accesorios, lo cual es una de las ventajas que ofrece la familia TSX-7 por poseer una característica de modularidad que no tienen competencia es así como se ofrecen para cada miembro de la familia TSX-7 la posibilidad de adicionarle mejores características de funcionamiento con la ayuda de paquetes de memorias y módulos inteligentes intercambiables que nos permiten configurar un sistema de control casi insuperable.

A continuación detallaremos los nombres componentes de la familia TSX-7 de la marca TELEMECANIQUE son :

- * TSX 17
 - a) TSX 17-10
 - b) TSX 17-20
 - c) TSX 17-20I

- * TSX 27
- * TSX 47
 - a) TSX 47-10/20
 - b) TSX 47-40/67-40/87-40/107-40

4.2.1 MODULOS DE INTERFASE ESPECIALES

a) Interfase Detectores de Señales Analógicas :

Los interfase TSX ADT ofrecen una respuesta simple y adaptada a la necesidad de vigilancia de un gran proceso analógico por rendimiento de los límites o el umbral de arreglos para la utilización.

Estos interfase están compuestos de 2 vías de entrada analógicas; cada vía compara permanentemente el valor de su señal de entrada producto de los dos umbrales alto y bajo, que son arreglos de potenciómetro.

El resultado de la comparación, un bit de dato por umbral, es transmitido al programa usuario y visualizado por un display en el frente del autómeta.

b) Acoples de Cadena de Medidas Industriales :

Los acoples TSX AEM entran señales analógicas por 4 u 8 vías, por medio de la capacidad de tratamiento de ellos, realizando la conversión de unidades eléctricas en unidades físicas y suministrando así las medidas directamente exploradas para el programa usuario.

Estos acoples TSX AEM poseen además la capacidad de

conversión A/D entre sus funciones de :

- * Adquisición
- * Tratamiento
- * Explotación
- * Verificación

c) Interfase de Cuenta/Posicionamiento :

Las funciones de cuenta con las entradas TDR (Todo O Nada) de los autómatas, son limitadas a algunas decenas de Hz. El interfase TSX AXT200 permite, por cada una de estas dos vías independientes, el reponer a las funciones de conteo hasta 2 KHz y de posicionamiento hasta 200 Hz (con la utilización del modo de tarea rápida).

A cada ciclo o tarea el programa usuario memoriza los impulsos de contaje adquirido por el módulo y realiza la suma.

d) Acoples de Contaje Rápido Multifunción :

Los acoples TSX CTM/DTM 100, para la utilización en la autonomía de contaje, permiten franquear los límites impuestos para los tiempos de ejecución de las tareas del autómata. Esto se logra permitiendo que el contaje se lo realice a una frecuencia de 40 KHz.

Estos poseen las propiedades de entrada/salida y disponen de una autonomía por terminal o proceso del autómata.

e) Acoples Coprocesador de Entrada/Salida Rápidas:

El acople TSX DMR 1652 es un coprocesador de 8 entradas y 8 salidas TDR rápidas, 24 voltios continuos destinado a las aplicaciones cuyas necesidades de tiempo de respuesta sea corto de 1 a 10 ms.

Entre las funciones presentes en este acoplador tenemos :

- * Adquisición
- * Comando
- * Funciones Parametralizadas por grupos

f) Acoples de Posicionamiento :

Los acoples TSX AXM 171/1711 son destinados a las aplicaciones tales como el tratamiento de superficies, mantenimiento, movimiento de máquinas, etc, que necesitan de funciones de posicionamiento de un equipo móvil sobre ellos.

Estos acoples poseen la facultad de posicionamiento del móvil a través de su linealidad a partir de un código incremental y según un programa definido para la utilización.

4.2.2 EQUIPOS DE PROGRAMACION

Las características que se detallan a continuación son de los equipos de programación comúnmente utilizados por los controladores programables de la marca TELEMECANIQUE de la familia TSX en esta lista de características se detallan cuestiones que interesan en el momento de la programación y no se incluye información sobre su arquitectura interna.

Ver fig. 4.2.2

a) Terminal de bolsillo TSX T317 :

1. Programación, arreglos y diagnóstico.
2. Registra los programas en cinta magnetofónica o en memoria EEPROM.
3. Permite la edición de programas en diskette.
4. Maneja el lenguaje de programación PL7-1.

b) Terminal gráfico portable TSX T407

1. Programación, puesta a punto, arreglo y diagnóstico.
2. Programación directa a partir de los esquemas de contactos.
3. Registra los programas en cinta magnetofónica o memorias EPROM/EEPROM.
4. Permite impresión gráfica de los programas.
5. Maneja el lenguaje PL7-2

c) Puesto de trabajo portable FTX 507

1. Programación, arreglo y/o diagnóstico.

2. Registra programas en diskette, disco duro, cartuchos de memoria EEPROM o EPROM.
3. Programación simbólica.
4. Documentación en línea.
5. Maneja el lenguaje de programación PL7-1 y PL7-2.

4.2.3 TECNICAS DE PROGRAMACION

Con el controlador programable TSX-7 ha sido desarrollado un paquete de programas utilitarios diseñados para ser usados tanto en la programación como en el monitoreo y comunicación de información entre los controladores programables y con un centro de CPU maestro.

Como lo que nos compete mayormente es la programación sólo y a manera de descripción para aportar con las características que en momento nos podrían ayudar a seleccionar el autómata programable que deseamos mencionaré los nombres y una muy breve descripción del programa.

Uno de estos programas se lo conoce con el nombre de TELWAY al igual que los otros controladores que se analizan, estos equipos poseen características similares a las de los computadores personales como es la comunicación local y remota para así formar

redes de área local para transmisión y recepción de datos. Como ya se mencionó al controlador programable se lo ha dotado de características que ya no solo sirven para abrir o cerrar contactos sino que es posible el manejo de información por ésta razón siempre deben tener medios de enviar y recibir datos para llevar un correcto control de los procesos industriales.

El otro programa utilitario es más bien un taller de herramientas lógicas llamado X-TEL que se adapta al contexto de poder escoger la utilización que se desee de una amplia variedad que presenta su Menú principal.

Conforme al tipo de autómeta TSX - 7, sólo las lógicas disponibles son accesibles, los servicios propuestos dependen del tipo de autómeta.

Con este tipo de programa se puede tener acceso a toda la planta industrial vía los controladores programables, además de poder realizar un estudio minucioso del estado de funcionamiento de todo el equipo es posible realizar pequeños cambios a los programas usuarios de los controladores programables. También se incluye la posibilidad de realizar comunicación de información a través del

programa de comunicación y transmisión de datos ya mencionado.

A continuación detallaremos las más sobresalientes características de los lenguajes de programación utilizados por el controlador programable TSX-7.

4.2.3.1 LENGUAJE DE INSTRUCCIONES PL7-1

El lenguaje de instrucciones PL7-1 es una lista de instrucciones utilizadas para programar los autómatas compactos de la serie 7 (TSX 17-10, TSX 17-20, TSX 27). Nos permite la transcripción directa a manera de una lista de instrucciones desde un esquema de contactos Grafcet, diagrama lógico o ecuaciones Booleanas. Ver fig. 4.2.3.1

Incluye las funciones de automatismo tales como temporizadores , contadores , registros de desplazamiento. Presenta además una estructura de monotarea y bitarea.

Un programa en lenguaje PL7-1 se compone de un juego de instrucciones señaladas por una dirección. Una instrucción se compone de :

- Un código de operación indicando el tipo de operación a ejecutar

- Un operando indicando el objeto al que se le efectúa la operación, el nombre compuesto de 2 partes :

- * Su tipo : entrada (I), salida (O)

- * Su dirección : 0,03

Sus códigos de operación de examen son :

L (LOAD) : carga un bit
 A (AND) : contactos en serie
 O (OR) : contactos en paralelo
 XO (OR) : exclusivo
 P (PULSE) : elaboración de un pulso
 IM : memoria intermedia
 N (NOT) : negación o inversión de una variable

Códigos de operación de acción son :

= : arreglo de un resultado de un operando
 =N : arreglo de un resultado inverso
 R : poner un 0 condicional
 S : poner un 1 condicional
 SET* : poner un 1 a un grupo de 8 bits
 RST* : poner un 0 a un grupo de 8 bits
 CU : cuenta incremental
 CD : cuenta decremental
 H : temporización
 JUMP : saltar a un cierto arreglo en el programa
 LAB : definición de un arreglo
 EP : fin de programa
 NOP : instrucción nula o inoperante

La cantidad de memoria se la especifica a continuación dependiendo del autómata :

Autómata	Líneas de programa	Memoria
TSX 17-10/20	925 (1 Kinstrucción)	8 Koct
	2973 (3 Kinstrucción)	24 Koct

TSX 27	713 (.75 Kinstrucción)	8 Koct
	1532 (1.5 Kinstrucción)	16 Koct
	3171 (3 Kinstrucción)	32 Koct

4.2.3.2 LENGUAJE GRAFICO PL7-2

Es un lenguaje enteramente gráfico. Ofrece no solamente las ventajas de la similitud con un tratamiento real con relés, a más de la posibilidad de utilizar los bloques funcionales de la evolución de automatismo y de los bloques de operación.

Los programas escritos en lenguaje de contactos, son fuente de llamado a una estructura bitarea. La tarea principal ejecuta el tratamiento secuencial del automatismo. La tarea rápida está reservada a tratamientos auxiliares de corta duración y frecuente ejecución. Ver fig. 4.2.3.2

Los programas escritos en lenguaje de contactos se componen de una sucesión de contactos cuyos máximos son :

Cuatro líneas de nueve contactos

Cuatro bobinas

El lenguaje Grafcet se lo destina a la descripción de la parte secuencial del cuaderno de cargos de un automatismo. Los bloques funcionales son

preprogramados permitiendo la instalación de los programas de aplicación en las funciones del autómata, como son :

- * Temporizador
- * Contador
- * Registros
- * Programación cíclica
- * Reloj/Calendario

4.2.3.3 ESTRUCTURA LOGICA PL7-3

La lógica PL7-3 ofrece una estructura completa de jerarquía, generada automáticamente para la supervisión de las funciones prioritarias del autómata de manera periódica, propia de las diferentes funciones.

Aquellas en el sistema multitarea, que se encuentra constituido por tareas independientes incluyendo los módulos de programación, programa principal y sin programas asociados.

Este tipo de estructura aporta las siguientes ventajas :

1. Simplicidad de concepción, cada tarea está programada independientemente de las otras y dentro del lenguaje apropiado.
2. Incremento del funcionamiento global del sistema para la estructuración y el paralelismo de los tratamientos.

3. Facilidad de puesta a punto de las tareas.

A continuación veremos algunas de las características que se pueden ejecutar en la programación con el PL7-3 :

- * Tarea de Interrupción (IT) .- En esta tarea de utilización asincrónica, no se ejecuta el enclavamiento por orden de señales externas. Esta tarea es tratada en forma prioritaria sobre todas las otras tareas. Es conveniente no relacionarla con tareas que contengan retardo. Se la puede programar en lenguaje literal o de contactos.

- * Tarea Rápida .- Es la más prioritaria de las tareas periódicas. La creación de una tarea rápida es necesaria si las evoluciones rápidas y periódicas de las entradas Todo o Nada (TON) se las desea un paso adelantado al proceso. La tarea rápida se programa en lenguaje literal o de contactos.

- * Tarea Principal .- Es la tarea periódica obligatoria, la ejecución del tratamiento secuencial es programado principalmente en lenguaje Grafset. Se realiza esta actividad sistemáticamente para la supervisión y permite la

activación de las otras salidas por intermedio de un bloque funcional comandado por CTRL.

La tarea principal, destinada a un tratamiento secuencial presenta una estructura apropiada con sus tres módulos de tratamiento :

- Tratamiento Preliminar (PRL) : programado en lenguaje de contactos o literal permite :
 - Inicialización de repetición de sector.
 - Las modificaciones del modo de mando.
 - La lógica de entradas.

- Tratamiento Secuencial (SEQ) : permite la transcripción gráfica y la gestión del Grafset que es independiente a las conexiones.

- Tratamiento Posterior (POST) : permite la ejecución de ordenes emanadas de 2 tratamientos precedentes.

* Tarea Auxiliar .- Son las tareas periódicas destinadas al tratamiento más lento que las medidas, regulación, diálogo con el operador, diagnóstico. Las tareas auxiliares son programadas usando lenguaje de contactos o el literal.

4.2.4 ESTUDIO DE LOS MIEMBROS DE LA FAMILIA TSX-7

4.2.4.1 TSX 17

1.a. TSX 17-10 : El autómata simple.

El lenguaje de programación que utiliza es el PL7-1, los criterios de selección que se presentan tenemos las funciones de automatismo y temporización analógica. La información es manejada mediante una combinación secuencial y tratamiento con bits.

Entre sus características principales tenemos el número de entradas/salidas es de 120 con dos bloques o módulos extensiones. Para la programación se utiliza una memoria RAM interna de 8 Koctetos. Sus variables internas son 256 bits internos, 24 bits del sistema y 62 etapas del Grafcet. Sus funciones de automatismo son 32 temporizadores, 15 contadores, 8 registros de desplazamiento. Ver fig. 4.2.4.1.a

En este modelo de autómata se presentan los siguientes niveles de alimentación que comprenden 110/240 volts alternos a 50-60 Hz y 24 volts continuos. Se cuenta con un espacio para cartuchos de memoria EEPROM o EPROM de 20, 34 o 40 E/S Todo o Nada (TOR) enchufables en borneras con borneras a la vista.

1.b. TSX 17-20 : El autómata Rápido.

El lenguaje que utiliza es el PL7-1, los criterios de selección muestran las siguientes funciones: entradas de elementos reales, tarea rápida, eventual o periódica. Contador rápido multipreselección de 2 KHz. En las funciones de automatismo tenemos 32 temporizadores, 15 contadores, 8 registros de desplazamiento, 1 contador/temporizador rápido.

El programa usuario puede ser programado en memorias RAM interna de 3 Koctetos. Ver fig. 4.2.4.1.b

1.c TSX 17-20 I : El autómata inteligente.

El lenguaje que utiliza es el PL7-2 (con un cartucho micro-lógico). Los criterios de selección nos presentan un tratamiento numérico, cálculos con las cuatro operaciones, reloj interno para marcar hora y fecha, gestión con módulos inteligentes de comunicación punto a punto o multipunto con UNI TELWAY, entradas y salidas analógicas, comunicación serie asincrónica. Ver fig. 4.2.4.1.c

Nos presenta una capacidad de un máximo de 160 E/S con tres extensiones, cuyas variables internas nos muestran 256 bits internos, 1024 registros internos y constantes, 24 bits del sistema, 64 registros del sistema, 96 etapas de Grafcel.

Las funciones de automatismo tenemos 32 temporizadores, 31 contadores, 4 registros, 8 bloques de textos. Las funciones numéricas nos presentan bloques aritméticos, lógicos, conversión, bloques de comparación.

4.2.4.2 TSX 27

Los autómatas compactos TSX 27 con 20, 40, 60 y 80 E/S TOR se presentan en configuraciones prestas a ser empleadas. Sus configuraciones ofrecen una opción entre una alimentación de corriente alterna de 110/240 volts a 50-60 Hz o corriente continua de 24 volts.

Las memorias de programación utilitarias en inventario se presenta en capacidades desde los 8 K, 16 K o 32 K octetos implantados en cartuchos, que pueden ser EPROM o RAM. Si se usa cartuchos de memoria EPROM se lo emplea para programar con el PL7-2 y no es factible variarle la información por cualquier medio lo que nos brinda una seguridad de modificaciones en el programa de control. Si se utiliza los cartuchos de memoria RAM se puede realizar modificaciones frecuentes al programa de control.

4.2.4.3 TSX 47

3.a TSX 47-10/20

Son constituidos por una base de 8 sitios con posibilidad de expansión, llegando hasta un máximo de 256 E/S TOR. Los autómatas TSX 47-10/20 vienen ensamblados con interfase de entrada/salida (TOR, analógico y compacto). Estos autómatas vienen con dos acoples inteligentes.

Poseen una alimentación de corriente alterna de 110-127/220-240 volts a 50-60 Hz o de corriente continua de 24/48 volts. El procesador incluye una memoria de 2 Koctetos en RAM y un lugar para colocar un cartucho de memoria usuario que puede ser otra RAM o una EPROM.

3.b. TSX 47-40/67-40/87-40/107-40

Los procesadores de estos autómatas son muy sencillos. Poseen una memoria RAM interna con una fuente de respaldo de memoria con los procedimientos que maneja le permiten la modificación de programas en línea, poseen un reloj/calendario.

Es posible la expansión de memoria al existir un espacio para colocar un cartucho de memoria utilitaria de 32 Kregistros a 256 Kregistros de

16 bits, según el tipo de procesador el autómata puede utilizar memoria RAM con seguridad o EPROM.

Nos muestran además cuatro o cinco señales que nos indican el estado de funcionamiento del autómata :

- * RUN : ejecución del programa
- * CPU : falla en el procesador
- * MEM : falla en la memoria
- * I/O : falla en la entrada/salida
- * UTW : falla en la unión con el
UNI TELWAY

4.3 SQUARE D : SY/MAX y MICRO-1

La marca SQUARE D posee un lema que bien puede ser aplicado a sus autómatas o controladores programables, ese lema es : " Dedicados al crecimiento, comprometidos con la calidad ".

Los autómatas programables SQUARE D constituyen una buena alternativa para los procesos de automatización en nuestro medio, ya que poseen características que se acomodan a nuestras necesidades. No se trata de un equipo que en apariencia luzca muy estilizado, pero en cambio es un equipo que en su país de origen constituye una de las marcas de mayor uso.

4.3.1 EVOLUCION HISTORICA

Los autómatas programables SQUARE D aparecieron por primera ocasión en 1973 con el SQUARE D Clase 8883 que fue diseñado con una memoria no volátil lectura/escritura con núcleo magnético y un procesador con lógica de transistores, poseía una capacidad de 2047 I/O y 32 K de memoria.

Ver fig. 4.3.1.a

En 1977, el controlador programable SQUARE D tomó por primera vez el nombre de la familia de autómatas que hasta la fecha se siguen desarrollando el nombre que se le dió fue SY/MAX-20 Clase 8884 en el que se le introdujo características de la nueva tecnología de microprocesadores y además se lo dotó de un sistema de memoria dual, que consistía en una memoria usuaria no volátil EAROM (lectura memoria solo alterable eléctricamente), mientras que la memoria RAM permitía la programación "fuera de línea" (programación con el proceso de control apagado), poseía una capacidad de 511 I/O y 2 K de memoria. Ver fig. 4.3.1.b

A partir de este modelo se desarrolló la familia de controladores programables marca SQUARE D SY/MAX que en la década de los ochenta creció. Finalmente al

inicio de los noventa la firma SQUARE D dió origen a un nuevo miembro de autómatas programables diseñado para necesidades pequeñas y de presupuestos pequeños, así nació el MICRO-1.

En la actualidad con los controladores programables SQUARE D ofrece un arreglo de procesadores compatibles, módulos I/O, y programadores con los que el usuario es capaz de armar un sistema de controladores programables que se acomode a las necesidades del usuario.

Los elementos de la familia SY/MAX de los controladores programables de la marca SQUARE D se encuentra formada por los siguientes modelos :

SY/MAX MODELO 50
SY/MAX MODELO 100
SY/MAX MODELO 300
SY/MAX MODELO 500
SY/MAX MODELO 700
MICRO-1

4.3.2 TECNICAS DE PROGRAMACION

Los autómatas programables de la marca SQUARE D pueden ser programados utilizando el lenguaje de contactos , como también puede utilizar la lógica

Booleana. A estas técnicas de programación se le añaden un programa desarrollado en base a instrucciones de la lógica de Boole en la que tenemos las siguientes instrucciones :

INSTRUCCION	DEFINICION
LOAD	Carga instrucción
AND	Lógica AND
OR	Lógica OR
OUTPUT	Salida
MASTER CONTROL SET	Comienza función de control maestro
MASTER CONTROL RESET	Finaliza una función de control maestro
TIMER	Temporizador
COUNTER	Contador (incremento y reversa)
SHIFT REGISTER	Registro desplazamiento
END	Finaliza un programa
SET	Fija salida, relé interno o registro de desplazamiento
RESET	Fija nuevamente la instrucción SET
JUMP	Salta a un área de programa que se desea
JUMP END	Finaliza un programa saltando hasta el FIN
NOT	Invierte
FUN	Fija una función para comparación

Adicionalmente es posible observar en la fig. 4.3.2 el equipo de programación utilizado para incluir las instrucciones del programa de control.

4.3.3 MODULOS FUNCIONALES

Adicionalmente a los procesadores SY/MAX con los modelos que se estudiarán a continuación se les

agrega módulos de interfase digitales y analógicos, cuyo funcionamiento específico se lo detalló en el Capítulo 2.

En los módulos que se analizan se tiene que su mayor diferencia se encuentra en la capacidad de procesamiento y características especiales que presentan.

Así podemos contar con el módulo Controlador de Información D-Log que es capaz de generar documentación como reportes y mensajes de alarmas y mensajes gráficos. Este módulo posee capacidades computacionales programables con el lenguaje Basic. Cuenta con una capacidad de memoria de 9 Kbytes. Con comandos especiales es posible establecer comunicación entre el controlador de información D-Log con uno ó varios procesadores a través del SY/NET LAN.

4.3.4 ESTUDIO DE LOS MIEMBROS DE LA FAMILIA SY/MAX Y

MICRO-1

4.3.4.1 SY/MAX 50 .- Es un controlador programable muy flexible que presenta una configuración multi-función con un tamaño adecuado para ahorrar espacio. Ver fig. 4.3.4.1

La unidad procesadora del SY/MAX MODELO 50 posee una fuente propia y paquetes de memoria que pueden ser intercambiados y programados con equipos programadores de la marca SQUARE D y con computadoras IBM o sus compatibles.

El modelo 50 viene con una configuración similar a la lógica de relés, control y lectura de bits, temporizadores, contadores, registros sincrónicos, transferencia de información, comparación de información y control maestro de relés.

Una característica especial del procesador que posee este modelo de autómatas programables es la posibilidad de conversión binaria a BCD y BCD a binaria, las cuatro funciones fundamentales matemáticas y revisión de control. Se posee características especiales como conteo reversible, registro de desplazamiento bidireccional, temporizadores, contadores.

En sus características físicas tenemos que posee una expansión de tipo modular con un sistema enchufable de módulos I/O que pueden ser aumentado hasta 256, con 128 entradas y 128 salidas.

4.3.4.2 SY/MAX 100 .- Es un controlador programable pequeño, poderoso y barato que puede ser usado para aplicaciones económicas en las que se requiere pocos relés. Entre sus características podemos mencionarlas en la siguiente lista :

- * Comunicación con otros procesadores
- * Programable con CRT o Mini-Programadores
- * Bajo costo
- * Dos opciones de memoria
- * Equivalente a 64 relés
- * Memoria de 420 registros (16 bits)
- * 40 I/O
- * 38 Registros de tiempo, contadores y datos

Consideremos que todas estas características se encuentran contenidas en un solo sitio, el procesador , el sistema de entrada/salida y fuente.

Las dos opciones de memoria son la memoria RAM y la memoria UVPR0M (lectura memoria solo programable con luz ultravioleta). La memoria RAM se caracteriza por ser de rápida y fácil edición. La memoria UVPR0M ofrece seguridad de programación en aquellas aplicaciones donde los

cambios de memoria están restringidos a personal autorizado. Ver fig. 4.3.4.2

Los módulos de memoria son removibles y permiten cambiar programas operativos sin utilizar el equipo de programación ya que son fáciles de instalar sin necesidad de personal especializado.

El procesador presenta una seguridad de funcionamiento y programación con el uso de un interruptor con llave de tres posiciones, las posiciones son las siguientes : **HALT**, **DISABLE OUTPUTS**, **RUN**.

La posición **HALT** cesa la operación del procesador y vuelve a las salidas a una posición de apagado. La posición **DISABLE OUTPUTS** permite al procesador realizar una revisión del programa, manteniendo todas las salidas en estado apagado mientras las luces de salida representen a las salidas en un estado de operación normal.

La posición **RUN** es el modo de operación total con las salidas controladas por el programa.

4.3.4.3 SY/MAX 300 .- Es un modelo que nos permite tener mejoras como la de contar con un aumento de memoria y reemplazo de módulos del procesador .

Las características más sobresalientes que se puede apreciar son :

- * Opciones de memoria RAM/ UVPRDM
- * Equivalente a 250 reles.
- * 2 Kregistros de memoria (16 bits)
- * Posee las cuatro funciones matemáticas
- * Posee control PID
- * 250 I/O
- * Total de 112 registros (16 bits)

Este modelo de autómeta programable nos brinda una mayor capacidad de memoria que nos permite guardar circuitos críticos como enclavamientos de seguridad y secuencias de emergencia para que sean programadas en una memoria UVPRDM donde no puede ser cambiada. Al manejar información de 16 bits por registro se posee un sistema de memoria más eficiente. Ver fig. 4.3.4.3

Al igual que el modelo 100 el procesador posee una llave de seguridad de tres posiciones que ya fueron descritas.

Una mejora con respecto al modelo anterior es su mayor capacidad de módulos I/O con un sistema de direccionamiento más flexible al no tener una capacidad definida . Cada uno de los 112

registros de 16 bits puede ser asignado con 16 direcciones I/O. La capacidad práctica de I/O es de cerca de 250, permitiendo al usuario realizar las mezclas que mejor se acomodan a las necesidades del proceso.

4.3.4.4 SY/MAX 500 .- Es un modelo que posee un procesador que nos permite una memoria amplia para sistemas de tamaño medio, este modelo es completamente compatible con todos los equipos, módulos y programadores SY/MAX. Los paquetes de memoria intercambiables pueden ser encontrados en tamaños de 2 K, 4 K u 8 K registros. Tiene al igual que los otros modelos una llave de seguridad que en la posición RUN se permite una opción adicional de poder realizar cambios al programa sin interrumpir la operación de la máquina o el proceso.

Para mayor flexibilidad el modelo 500 no posee una capacidad fija de I/O, en su lugar el número exacto de entradas y salidas es determinada por el usuario. Cada uno de los 2008 registros pueden ser asignados con 16 direccionamientos de I/O. La capacidad real de las entradas/salidas es de 2000 la mezcla precisa de relés y registro de información puede ser variada para conectarse a

una aplicación específica. Ver fig. 4.3.4.4

4.3.4.5 SY/MAX 700 .- Es el modelo de autómeta programable de la marca SQUARE D que se encuentra en la cima de los requerimientos para procesos industriales. Entre sus características más sobresalientes podemos mencionar las siguientes :

- *Un controlador programable compacto
- *Capacidad de 14000 I/O
- *64 Kregistros de memoria
- *Total de 944 registros internos
- *Control PID
- *Posibilidad de trabajar con procesadores en paralelo

La principal característica de este modelo es la posibilidad de transferir el sistema en situaciones críticas a un procesador de respaldo si el principal falla, esto se logra sin interrumpir el proceso o pérdida de información.

El procesador del modelo 700 es capaz de realizar operaciones con matrices y una revisión de control. Las operaciones con matrices son muy útiles cuando se maneja gran cantidad de información que debe ser comparada o movida, tal es el caso de un diagnóstico de una máquina. Al poder realizar la función de revisión la ejecución de programas puede ser alargada ya que podemos saltarnos de una porción de programas

a otra. Ver fig. 4.3.4.5

El juego de instrucciones que maneja el modelo 700 lo hacen ideal para control de adaptación y aplicaciones que requieren análisis estadístico. El diseño de la memoria en forma de burbuja aseguran que el programa de control y la información del proceso y de la máquina se encuentren seguros.

4.3.4.6 MICRO-1 . - Es el más pequeño y flexible sistema de control de multi-función con ahorro de espacio. El modelo MICRO-1 es un sistema expandible hasta 28 I/O en el que se tiene 16 entradas y 12 salidas.

Es el controlador programable más pequeño de su clase y con un costo similar al de tres relés. Su lógica interna nos permite almacenar 80 temporizadores, 2 contadores reversibles, 45 contadores, posee 160 relés internos, con una capacidad de hasta 600 pasos de programa. Posee su propia fuente de corriente DC. Ver fig. 4.3.4.6

Los programas son almacenados en una memoria EEPROM por lo cual se elimina la necesidad de una batería auxiliar, además permite que las unidades de memoria sean programadas y luego enviadas al

sitio en que se las requiera.

4.4 AGUT : SATTCON Y EX

La marca española AGUT ha desarrollado en unión con la empresa japonesa TOSHIBA dos familias de controladores programables. El uso de estos equipos es mínimo mayormente se utilizan los modelos de pequeñas capacidades.

Al igual que los fabricantes de controladores programables de otras marcas desarrollan equipos con características funcionales que permiten su utilización en nuestras industrias.

Para esta marca tenemos dos clases de familias que se caracterizan por tener equipos de programación similares que trabajan en base a las instrucciones de la lógica de Boole.

Por lo cual pasaremos directamente a describir las características de estos autómatas programables diferenciándolos por su familia.

4.4.1 FAMILIA SATTCON

Dentro de la familia SATTCON encontramos varios modelos desde pequeñas unidades de tamaño reducidos, que caben en la mano fáciles de programar y capaces

de solventar los pequeños problemas de control, hasta aquellos modelos que presentan sistemas muy potentes de supervisión basado en los computadores personales para visualizar control, ejecución de reportes y archivos. Los sistemas grandes pueden manejar base de datos que le sirven en los sistemas de automatización.

Los sistemas SATTCON poseen una gran variedad de cartas interfase que le permiten manipular todo tipo de señales de los controladores programables. Con ayuda de estos interfases se puede manipular señales analógicas y digitales y otras funciones como conteo de pulsos, detección de niveles, controles de posición, alarmas, etc.

Dentro del sistema SATTCON el sistema más utilizado es el SATTCON 05 que presenta prestaciones de programación utilizando su unidad de programación incorporada. Con la pantalla de programación se puede visualizar el estado del sistema, el estado de las entradas y salidas, así como los valores de temporización y conteo.

A pesar de su tamaño posee una potente capacidad para enclavamientos, secuencias, control analógico, comunicaciones, listado de alarmas, etc.

Cada unidad es completamente autónoma teniendo entradas y salidas, fuente de alimentación, unidad de programación y una salida para comunicación. En el teclado se incluyen potentes instrucciones que permiten la programación de enclavamientos, secuencias y registros de desplazamiento. Los valores de los temporizadores pueden ser programados y visualizados.

Con este equipo es posible realizar un control horario pudiendo arrancar y parar diferentes partes de una planta, permitiendo así una racionalización de la energía que se utiliza en la industria.

4.4.2 FAMILIA EX

La serie de controladores programables EX-20 y EX-40 proporcionan una alternativa funcional, económica y compacta a los paneles convencionales de relés así como a autómatas de elevado costo. Son sistemas de construcción flexible para la ampliación de entradas y salidas.

Entre sus características principales tenemos que poseen entradas de alta velocidad, fácil comunicación con computadores, sistemas de programación de altas prestaciones, temporizadores,

contadores , registros de desplazamiento bidireccionales, actualización de entradas/salidas.

Se posee una variedad de dispositivos periféricos como son los programadores de mano, unidad de acceso a temporizador y contadores y almacenamiento de programas en memorias EEPROM.

Se les ha desarrollado un lenguaje de programación de alto nivel llamado EX-PAL que permite la integración de los autómatas programables con los computadores personales. A este lenguaje se le ha incorporado funciones como el procesamiento de datos, entrada de operador y displays de gráficos.

El autómata EX-100 es un equipo programable de tamaño reducido , capaz de efectuar maniobras de relés y aplicaciones complejas de control. Este autómata posibilita una solución económica para un amplio campo de aplicaciones.

Sus característica más sobresalientes son las siguientes: el módulo CPU tiene 4 K de memoria de programas, se le incluye una protección de escritura mediante una clave, su memoria es una EEPROM, ideal cuando no hay confiabilidad en el sistema eléctrico.

Posee elementos de programación de altas prestaciones que nos da una fácil programación con diagramas de contactos, además es posible utilizar bloques funcionales dentro del diagrama de contactos y finalmente una gran velocidad de procesamiento.

El programa de desarrollo de documentación para escribir y grabar programas mediante un computador personal se llama EX-PDD que trabaja con cualquier computador IBM o compatible con los sistemas IBM.

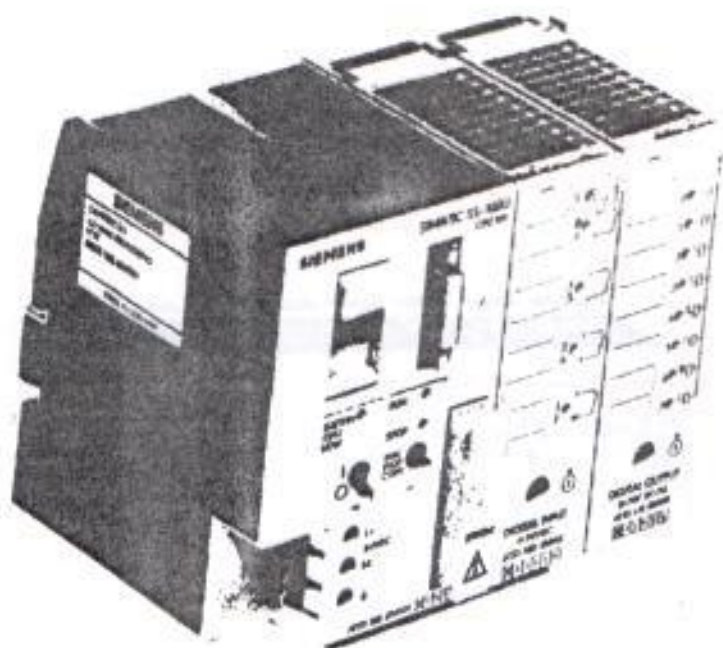


Fig 4.1.4.1 SIMATIC S5 100U



Fig. 4.1.4.2 SIMATIC S5 115U

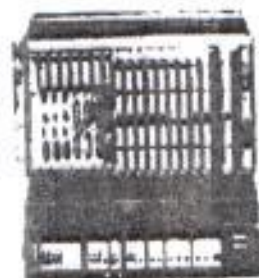


Fig. 4.1.4.3 SIMATIC S5 135U

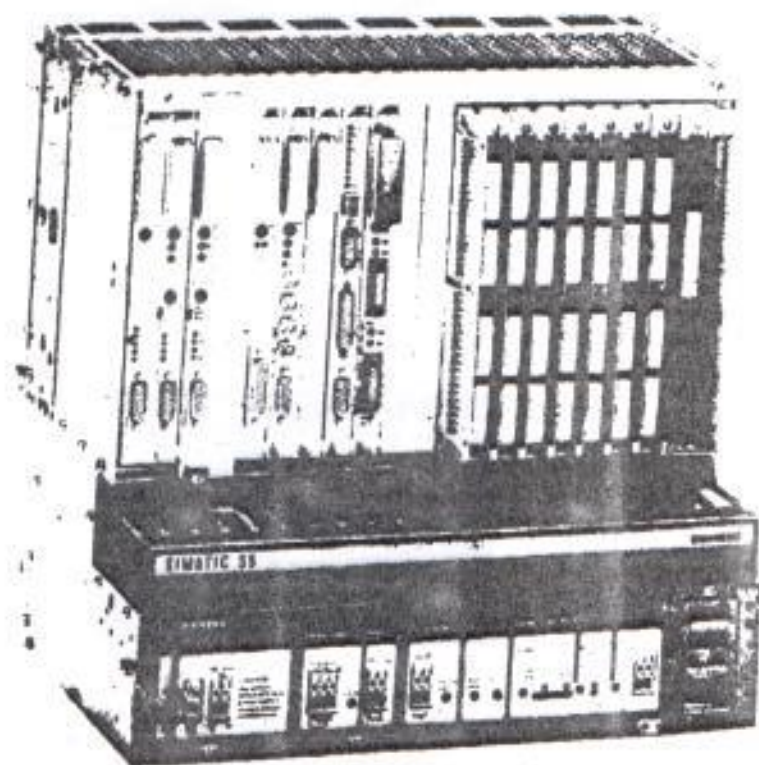


Fig. 4.1.4.4 SIMATIC SS 155U

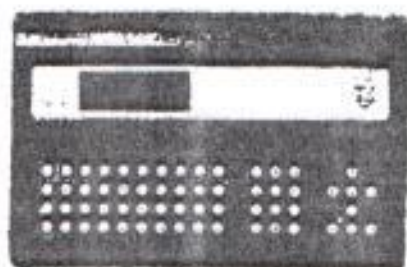
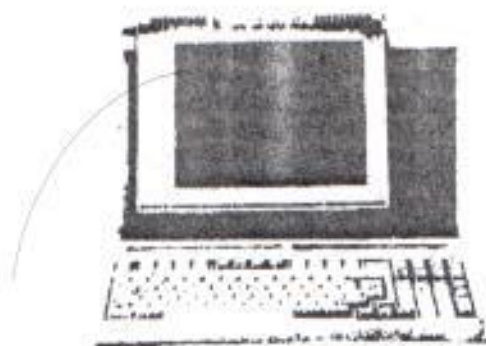


Fig. 4.2.2 Equipo de Programación

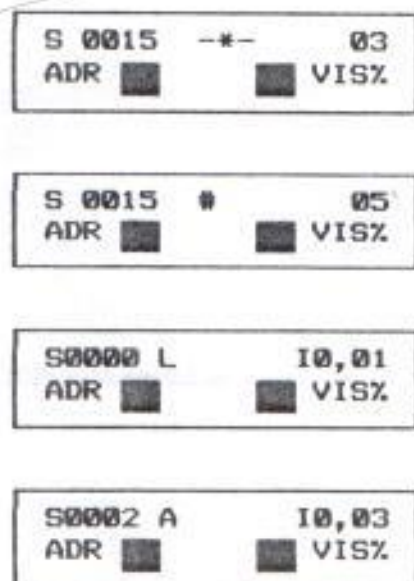


Fig. 4.2.3.1 Lenguaje de Instrucciones PL7-1

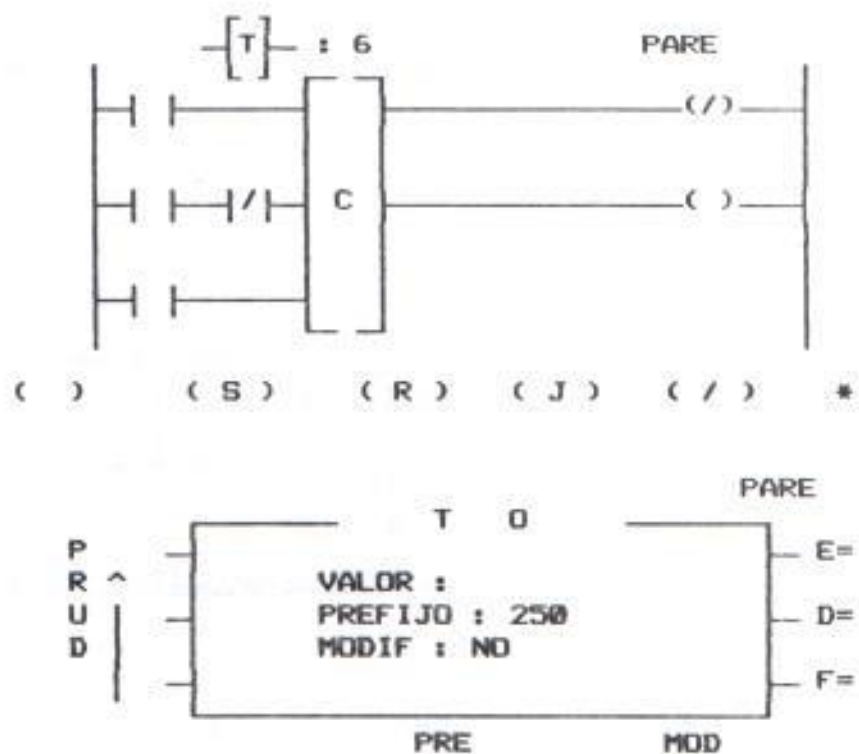


Fig. 4.2.3.2 Lenguaje Gráfico de Contactos PL7-2

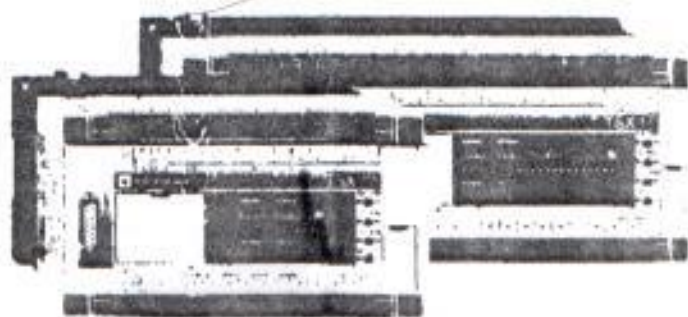


Fig. 4.2.4.1.a TSX 17-10

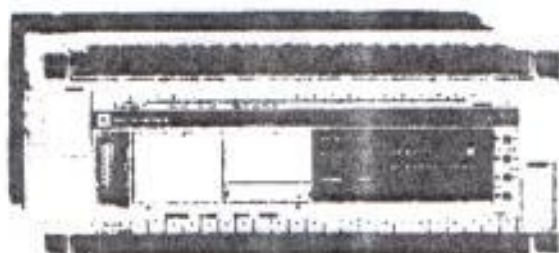


Fig. 4.2.4.1.b TSX 17-20

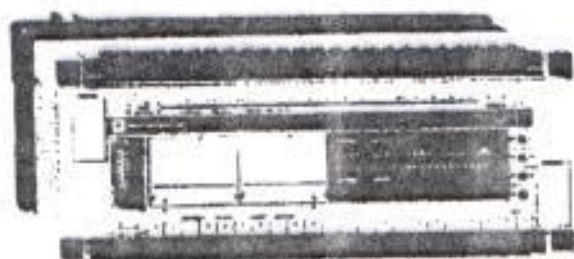


Fig. 4.2.4.1.c TSX 17-201

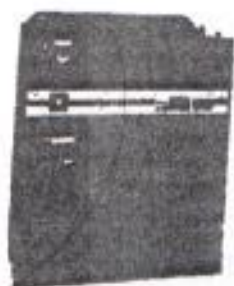


Fig. 4.3.1.a Clase 8883



Fig. 4.3.1.b SY/MAX 20



Fig. 4.3.2 Equipo de Programación

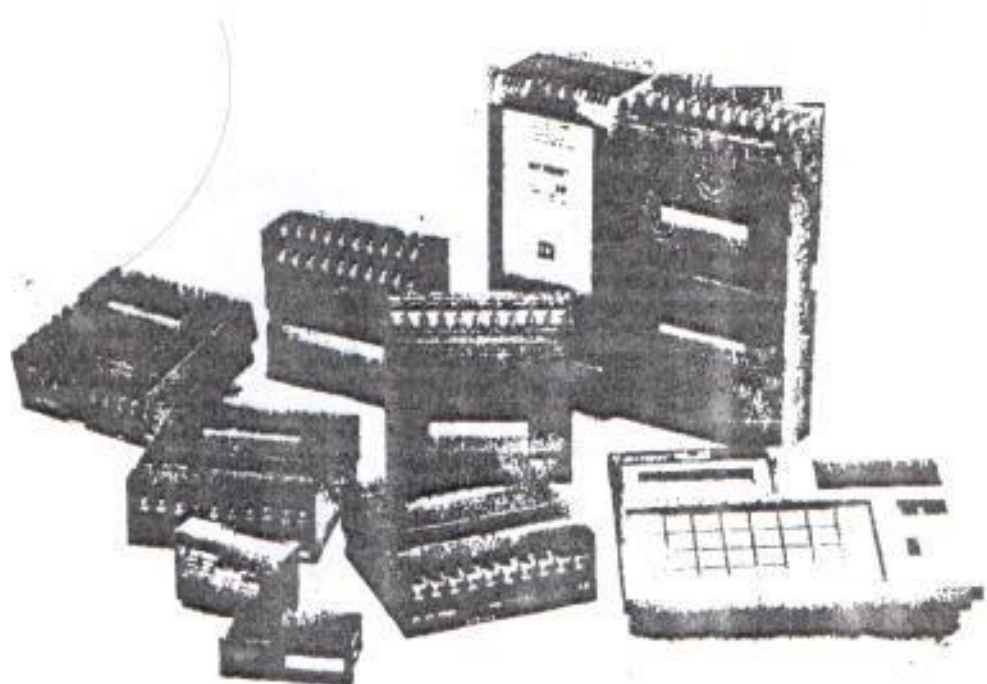
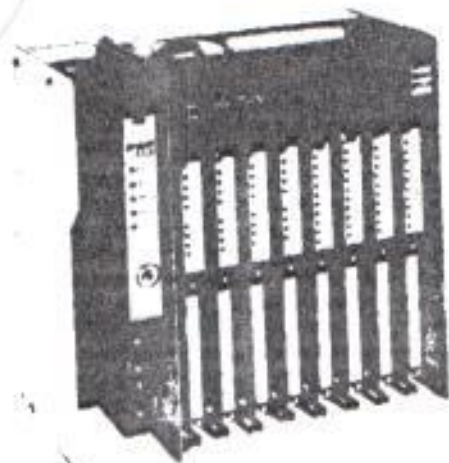


Fig. 4.3.4.1 SY/MAX 50



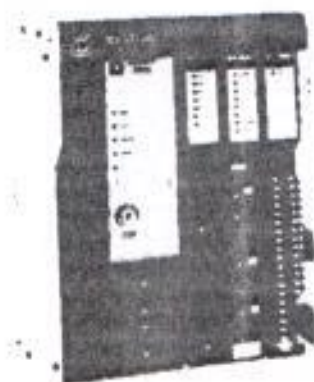
SY/MAX MODEL D100

Fig. 4.3.4.2 SY/MAX 100



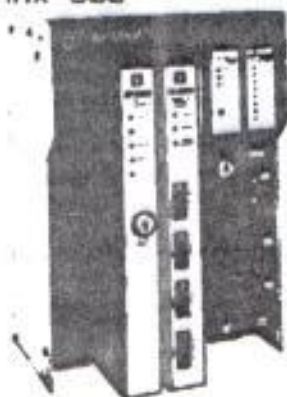
SY/MAX MODEL D300

Fig. 4.3.4.3 SY/MAX 300



SY/MAX MODEL D500

Fig. 4.3.4.4 SY/MAX 500



SY/MAX MODEL D700

Fig. 4.3.4.5 SY/MAX 700

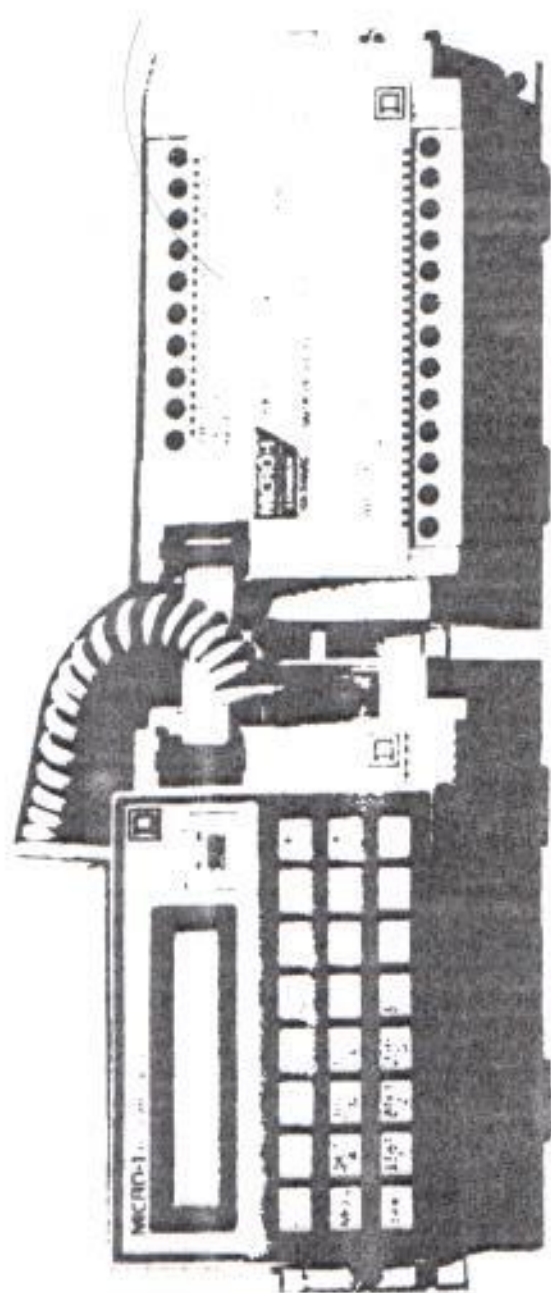


Fig. 4.3.4.6 MICRO-1

CAPITULO V

EJEMPLO DE APLICACION DEL CONTROLADOR PROGRAMABLE APLICADO A UN PROCESO INDUSTRIAL

5.1 INTRODUCCION AL PROCESO ANALIZADO

El ejemplo de aplicación que será analizado se lo desarrolló en la Compañía de Cervezas Nacionales en su planta Pascuales ubicada en el Km 16 de la vía a Daule. El proceso que se estudió fue la automatización de la etiquetadora de botellas de cervezas.

En términos generales el proceso completo de embotellado de la cerveza es el siguiente, una vez que las jabas con las botellas ingresan a la planta se procede a ingresarlas en la lavadora de botellas en donde se comienza a realizar varios tratamientos físicos y químicos, luego se llena y se coloca la tapa a las botellas para pasar a la pasteurización del contenido de las botellas continuando hacia la etiquetadora (que será objeto de nuestro análisis) y finalmente serán colocadas las botellas en sus jabas y poder ser comercializadas.

La Cervecería Nacional al igual que otras grandes industrias de gran poderío económico han realizado grandes inversiones económicas para alcanzar elevar sus niveles de producción sin descuidar la calidad. Con los sistemas de automatización utilizando los controladores programables lógicos, se han logrado grandes beneficios al volver un proceso de producción mucho más eficiente.

En La Cervecería Nacional se utilizan los controladores programables de la marca TELEMECANIQUE modelos TSX-47 y TSX-17. Después de un estudio realizado en cuanto a las necesidades y sin olvidar el aspecto económico se concluyó que con estos dos modelos se alcanzaba la automatización de todos los procesos industriales de una forma económica y eficiente.

Para el ejemplo de aplicación que se analizará el controlador programable empleado en la automatización es el modelo TSX-17 en consideración de ser un proceso pequeño y sencillo en el que es posible visualizar casi todas las bondades del controlador programable, además debido a las necesidades no se justifica una inversión en un autómeta más costoso y de excesiva capacidad.

Realizar una inspección a un tablero de control de cualquier proceso cuando se emplean los controladores programables resulta ser algo que impresiona por el orden y por la economía en el espacio, además que es mucho más sencillo realizar cambios y mantenimiento cuando se utilizan estos equipos.

5.2 ESQUEMA Y DESCRIPCION DEL PROCESO

Cuando las botellas ya han sido llenadas y su contenido pasteurizado el paso previo a ser devueltas a las jabs es el proceso de etiquetado.

El estudio de la etiquetadora fue realizada en la línea de embotellado número 1. En la banda transportadora hay una zona ancha antes de llegar a la etiquetadora que sirve para acumular botellas; aquí se encuentran dos detectores, el primero sirve para enviar una señal que indica que se encuentra una suficiente cantidad de botellas como para trabajar en el etiquetado a una velocidad alta, el segundo detector se encuentra al iniciar la parte angosta de la banda transportadora y le indica al controlador programable que existen botellas listas para ingresar al carrusel de etiquetado.

Un tercer detector es colocado a la entrada del carrusel que sirve para asegurar que hay botellas y pueda arrancar el motor principal del carrusel, un cuarto detector es colocado en el ingreso mismo del carrusel para verificar la entrada de la botella al carrusel y maniobrar el carro portaetiquetas.

Los detectores quinto, sexto y séptimo se encuentran dentro del carrusel y sirven para verificar la integridad de las botellas es decir que se encuentren completas, con tapas o en un caso extremo en caso de destrucción de alguna botella que puede estorbar y detener el proceso. Con estos detectores se detiene totalmente el proceso de etiquetado para poder retirar las anomalías ya descritas.

Finalmente tenemos dos detectores a la salida del carrusel de etiquetado que sirven para enviar señales de la posible acumulación de botellas y así permitir o no la operación del motor principal a una velocidad alta o baja según sea el caso que se presente.

En definitiva contamos con cuatro detectores de acumulación de botellas que regulan una electroválvula que hace que cambie la posición de un sistema de poleas y así poder variar la velocidad

del proceso. Por lo tanto a pesar de tener un motor de inducción trifásico de 3 Hp de una sola velocidad mediante el sistema de poleas tenemos dos niveles de velocidad del motor del carrusel de etiquetado.

En términos generales es así como opera la máquina de etiquetado, se verifica su existencia, su integridad y la posible acumulación para poder etiquetar a la botella.

5.2.1 DIAGRAMA DE FUERZA

En la figura que se indicará es posible apreciar el diagrama de fuerza del proceso analizado, como se puede apreciar es sumamente sencillo, en el diagrama se detallan el relé térmico (I 0,0) como una señal de entrada del controlador programable y los contactos de salida (O 2,3) proveniente del controlador programable. Además es posible apreciar el accionador de electroválvulas que son las encargadas de efectuar los cambios de velocidad del proceso y de la desconexión del proceso del motor principal de 3 Hp. Ver Fig. 5.2.1

El accionamiento del circuito de fuerza del proceso de la etiquetadora es sencillo porque para efectos del presente trabajo lo principal es el programa de control que será estudiado posteriormente.

5.2.2 LISTADO DE LOS SENSORES

SENSOR UBICACION Y FUNCION

- | | |
|-------|---|
| 1 | Acumulación de botellas a la entrada de la parte ancha de la banda transportadora ayuda a regular la velocidad. |
| 2 | Acumulación de botellas a la entrada de la parte angosta de la banda transportadora ayuda a regular la velocidad. |
| 3 | Sensor de existencia de botellas condición para arranque del motor del carrusel a poca distancia del carrusel. |
| 4 | Verifica la entrada de la botella maniobra el carro portaetiqueta se ubica en la entrada del carrusel. |
| 5,6,7 | Calidad de la botella dentro del carrusel nos sirve para seguridad de la máquina. |
| 8 | Acumulación de botellas a la salida de la etiquetadora al iniciar la parte ancha de la banda transportadora regula la velocidad del motor del carrusel. |
| 9 | Acumulación de botellas al finalizar la banda transportadora previo a su colocación en las jabs regula la velocidad del motor del carrusel. |

Se cuenta con tres electroválvulas que funcionan durante el proceso de etiquetado dependiendo de las señales que envíen los detectores al controlador

programable. Las válvulas son:

- Y1 Cambio de Velocidad del Motor del Carrusel.
- Y2 Control del Carro Portaetiquetas.
- Y3 Tope de Botellas para impedir su ingreso al carrusel de etiquetado.

5.2.3 DIAGRAMA DEL PROCESO

En la introducción realizada al título del esquema y descripción del proceso se realizó una muy buena explicación de la parte visual del etiquetado en la que se indica en detalle los sensores y de forma general como funcionan para que el programa que se implantó en el autómata programable pueda operar leyendo entradas, ejecutando el programa y actualizando las salidas.

En la figura que se adjunta sobre la descripción del proceso es posible observar la ubicación de los sensores que se indicaron previamente. Ver Fig. 5.2.3

5.3 LISTADO DE LAS SEÑALES DE ENTRADA Y SALIDA

En el proceso industrial de control de la etiquetadora y de las máquinas de todo el proceso de elaboración de la cerveza se cuenta con sensores,

detectores y transductores; que son vitales para el proceso de control con los autómatas programables.

Como ya fue analizado en capítulos previos, el controlador programable puede aceptar señales digitales y analógicas dependiendo de lo que se está controlando. Para el proceso de etiquetado las entradas todas son de naturaleza digital así que sólo encontramos botoneras, sensores, detectores, etc; sólo señal discreta.

Las salidas son un arrancador de motor principal, electroválvulas de control de velocidad del motor, carro portaetiquetas y tope de botellas y finalmente lámparas indicadoras de funcionamiento.

5.3.1 SEÑALES DE ENTRADA

CODIGO	FUNCION
I 0,0	Térmico motor principal (e 1.1)
I 0,1	Desbloqueo de seguridad (s 1)
I 0,2	Pulsador de marcha paso a paso (s 19)
I 0,3	Pulsador parada de máquina (s 17)
I 0,4	Pulsador marcha de máquina (s 18)
I 0,5	Detector de botellas sin tapas (b 2)
I 0,6	Acumulación botellas salidas de banda (b3)
I 0,7	Detección de botellas rotas dentro del calderín

I 0,8	Contador de botellas (b 23)
I 0,9	Bloqueo de botellas (b 9)
I 0,10	Bloqueo de botellas (b 10)
I 0,11	Bloqueo de botellas (b 11)
I 1,0	Automático auxiliar "selector"
I 1,1	Rápido, lento " sensor " (b 12)
I 1,2	Control de etiquetas (b 13)
I 1,3	Parada emergencia puerta calderín "interruptor" (s 5)
I 1,4	Parada de emergencia carrusel de etiquetas "pulsador" (s 6)
I 1,5	Parada de botellas rotas (s 2)
I 1,6	Parada de emergencia (s 3)
I 1,7	Termistor motor principal

5.3.2 SEÑALES DE SALIDA

CODIGO	FUNCION
0 0,0	Indicación parada de emergencia "lámpara"
0 0,1	Botellas rotas dentro del calderín "lámpara"
0 0,2	Detecta botellas sin tapa "lámpara"
0 0,3	Detecta acumulación de botellas salidas de la banda "lámpara"
0 0,4	Cambio de velocidad alta-baja "electroválvula"
0 0,5	Libera pistón tope de botellas "electroválvula"

0 0,6	Activa	carro	portaetiqueta
	"electroválvula"		
0 0,7	Seguridad	carrusel	de etiquetadora
	"lámpara"		
0 2,0	Indicación de botellas rotas		"lámpara"
0 2,1	Contador de botellas		
0 2,2	Contador de horas		
0 2,3	Motor principal		
0 2,4	Motor paso a paso		
0 2,5	Indicación falla de motor principal		"lámpara" (h B)

5.4 PROGRAMA DE CONTROL

En esta sección se analizará el programa de control utilizado para la automatización de la etiquetadora y que se ingresa al controlador programable TSX 17.

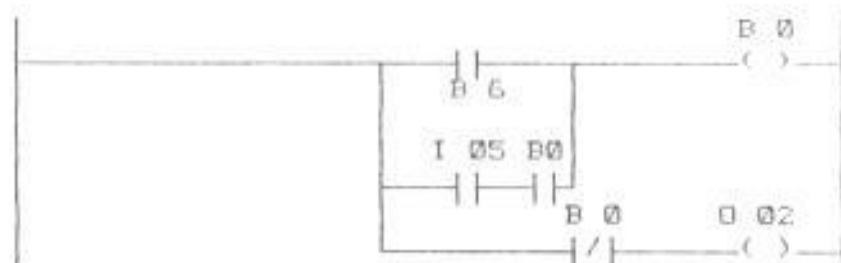
Como se podrá notar el programa se encuentra escrito en lenguaje de contactos y si recordamos del capítulo previo que se estudió los lenguajes por marcas, el lenguaje que se utiliza es el PL7-2 por lo tanto para ser más específico en el controlador que se emplea encontramos que por el número de entradas/salidas y por el lenguaje que se emplea es el TSX 17-20.

En esta misma sección se podrá apreciar la diferencia que se presenta en el campo práctico

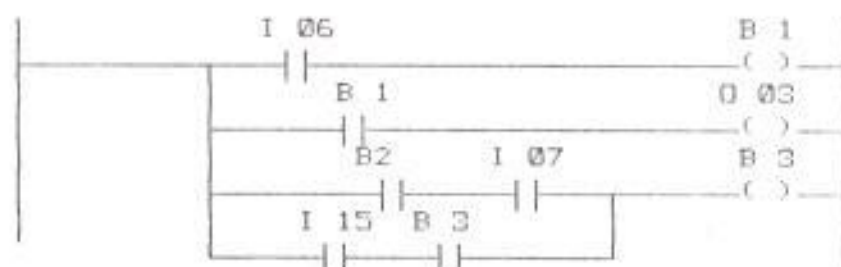
de implementación de un programa de control al utilizar el lenguaje de instrucciones el cual también puede ser utilizado, pero como criterio personal para procesos muy grandes y complejos se debe emplear mucho más tiempo en su implementación que utilizando el lenguaje de contactos que es una simple transcripción del proceso de control del cual se parte para seleccionar el equipo y sus capacidades.

5.4.1 LISTADO DEL PROGRAMA DE CONTROL

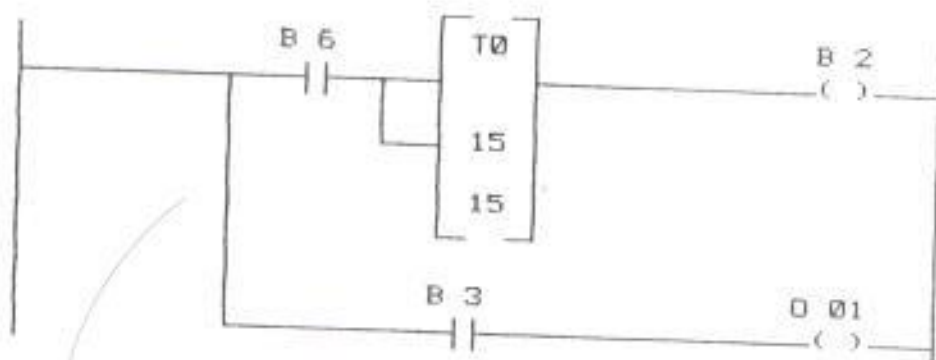
P-1



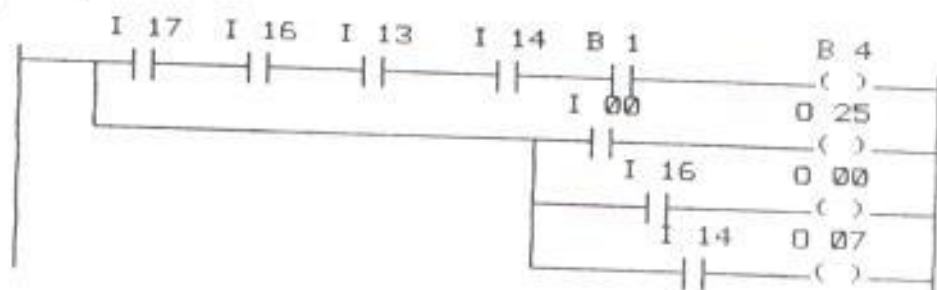
P-2



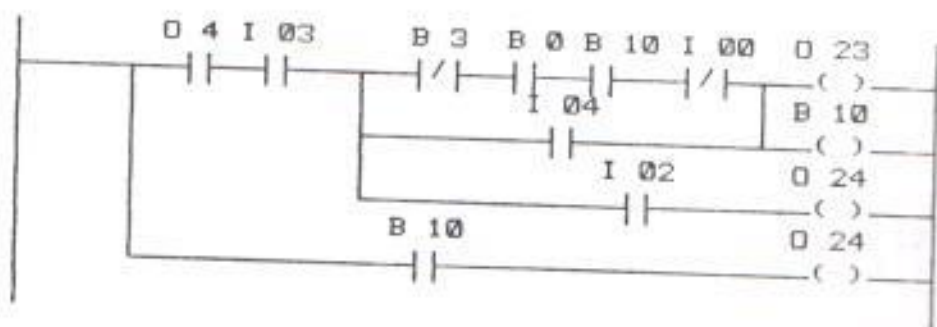
P-3



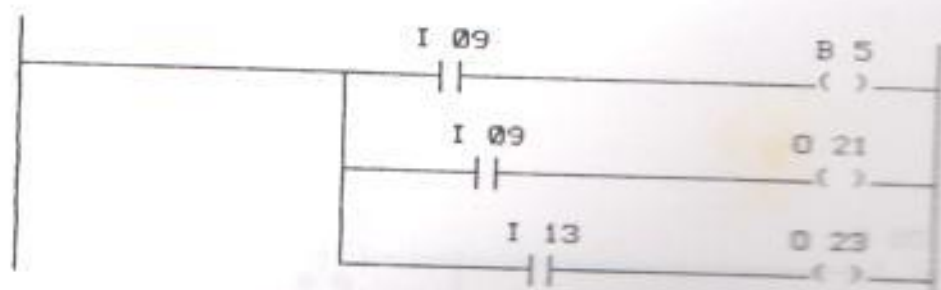
P-4



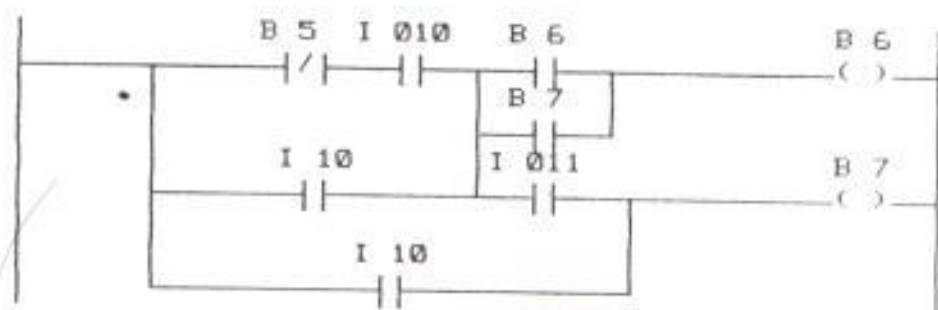
P-5



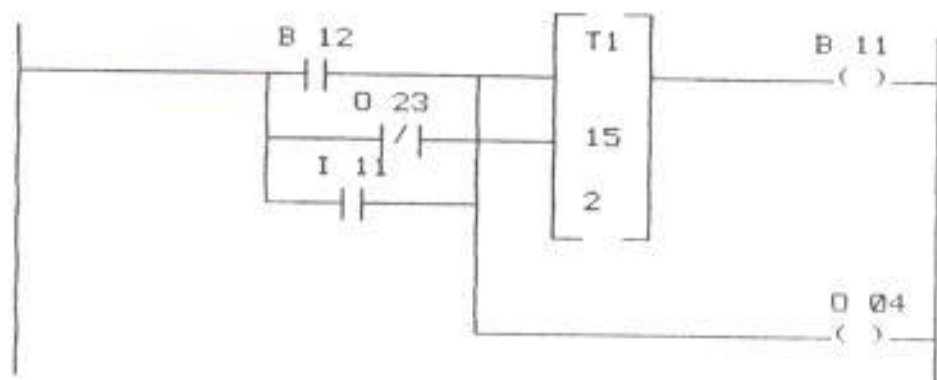
P-6



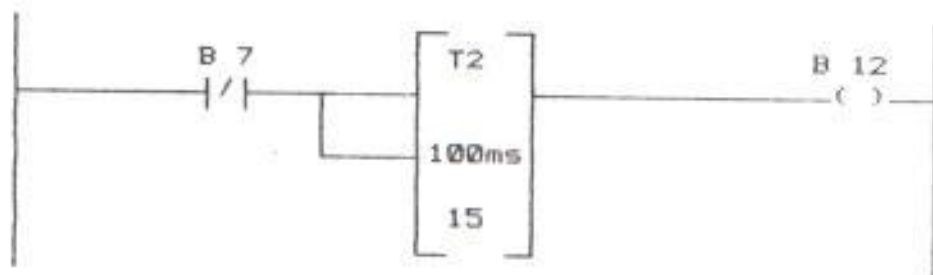
P-7



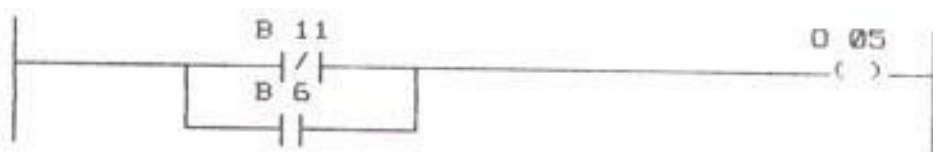
P-8

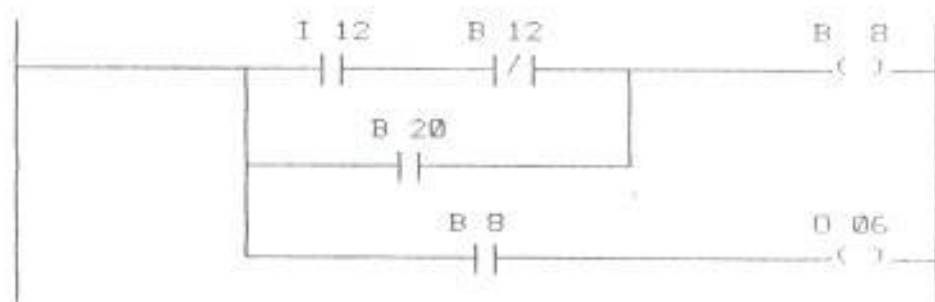
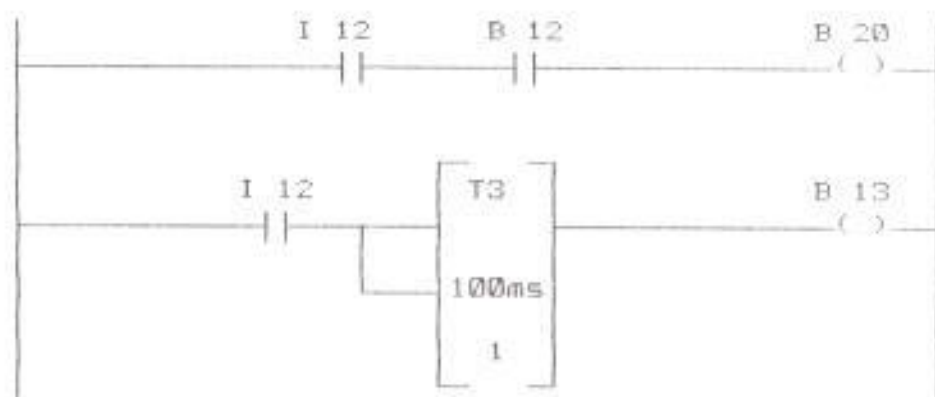
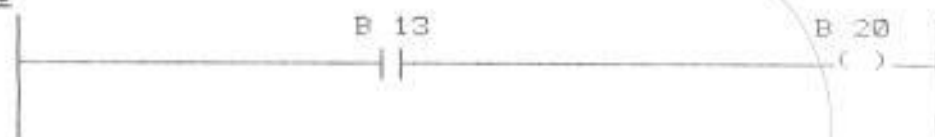


P-9



P-10



P-11P-12P-13

5.4. DETALLE DEL PROGRAMA EN LENGUAJE DE INSTRUCCIONES

P-1

STR B6

OR (I 0,5 AND B0)

OUT B0

STR NOT B0

OUT O 0,2

P-2

STR I 0,6

OUT B1

STR B1

OUT O 0,3

STR B2

AND I 0,7

OR I 1,5

AND B3

OUT B3

P-3

STR B6

AND TIM T0

OUT B2

STR B3

OUT O 0,1

P-4

STR I 1,7

AND I 1,6

AND I 1,3

AND I 1,4

AND B1

OUT B4

P-4

```
STR I 1,7
AND I 1,6
AND I 1,3
AND I 1,4
AND B1
OUT B4
STR I 0,0
OUT O 2,5
STR NOT I 1,6
OUT O 0,0
STR I 1,4
OUT O 0,7
```

P-5

```
STR B4
AND I 0,3
AND B3
AND B0
AND B10
AND NOT I 0,0
OUT O 2,3
STR B4
AND I 0,3
AND I 0,4
OUT O 2,3
STR B4
```

AND I 0,3

AND I 0,4

OUT B10

STR B4

AND I 0,3

AND I 0,2

OUT 0 2,4

STR B10

OUT 0 2,4

P-6

STR I 0,4

OUT B5

STR I 0,8

OUT 0 2,1

STR I 1,3

OUT 0 2,0

P-7

STR NOT B5

AND I 0,10

AND B6

OUT B6

STR NOT B5

AND I 0,10

AND B7

OUT B6

STR I 0,10

AND B6

OUT B6

STR I 0,10

AND B7

OUT B6

STR I 1,0

AND I 0,11

OUT B7

STR I 1,0

OUT B7

P-8

STR B12

OR O 2,3

OR I 1,1

AND TIM T1

OUT B11

STR B12

OR O 2,3

OR I 1,1

OUT O 0,4

P-9

STR NOT B7

AND TIM T2

OUT B12

P-10

STR NOT B11
OR B6
OUT O 0,5

P-11

STR I 1,2
AND B12
OR B20
OUT B8
STR B8
OUT O 0,6

P-12

STR I 1,2
AND B12
OUT B20
STR I 1,2
AND TIM T3
OUT B13

P-13

STR B13
OUT B20

5.4.3 EXPLICACION DEL PROGRAMA DE CONTROL

Para entender un programa de control para los autómatas programables en un principio puede resultar un poco complicado por tener que manejar información con entradas y salidas internas lo cual es algo que no se manifiesta hacia el exterior que nos pueda proporcionar alguna señal física, son señales que se utilizan como ayuda a la programación del controlador programable.

El programa de control tal y como se puede apreciar puede ser descrito en dos formas en la lógica de contactos y en la lógica de instrucciones.

Dependiendo del equipo de programación que se posea se puede implementar el programa de control utilizando la lógica que más convenga.

Como comentario personal seleccionaría la lógica de contactos que me permite en forma casi idéntica programar al controlador programable con el proceso que se desea ejecutar.

En los esquemas de control que se detallaron se muestran los formularios de programación de esquemas de contactos para la etiquetadora. En estos esquemas se sigue un formato de páginas de programación de 4

líneas por 9 columnas siendo la última columna para las salidas sean internas o externas.

El análisis que se realizará del programa se lo realizará en forma general detallando por páginas los aspectos más importantes de indicación de salidas externas, ya que las salidas internas no es posible detallar por no existir más que como contactos auxiliares.

En el programa de control se han etiquetado contactos y salidas en base a un código de letras y números para tener más claro esto se indicarán como contactos y salidas internas mediante la letra B junto con un número de direccionamiento, la letra I indica un contacto de señal de entrada externa junto con un número de direccionamiento y finalmente las salidas externas O con un número de direccionamiento.

En la página P-1 se puede apreciar que sirve para sensar y controlar que las botellas ingresan con tapas, es decir es una etapa de preparación, en caso de que se reciba la señal del sensor que hay alguna botella sin tapa se activará la salida O 0,2; para que desaparezca esta señal se debe energizar B0, lo cual ocurre enclavando la señal proveniente de B6 en P-7.

En la página P-2 se lleva el control de las botellas fuera de la banda transportadora y de botellas rotas dentro del calderín que son situaciones peligrosas para el normal funcionamiento de la máquina por lo que al activarse estos contactos se indicará por medio de la salida O 0,3 que indica las botellas fuera de banda.

Luego en la interacción de P-2 y P-3 vemos que en P-3 opera un temporizador que cuenta un ciclo de etiquetado al terminar el ciclo se energiza B2, con lo cual si recibe de I 0,7 señal de botellas rotas, se energiza B3 para parar máquina por botellas rotas señalando con la salida O 0,1.

En la página P-4 tenemos un estado de indicación de la operación de la máquina en la que se tiene parada de emergencia al recibir señales de anomalías tanto en el motor como en la operación de etiquetado si se encuentra botellas rotas.

En la página P-5 se encuentra un estado de prueba y arranque del motor principal al tener la posibilidad de tener una marcha paso a paso ó en operación normal como lo podemos notar al tener las salidas O 2,3 y O 2,4.

Para que funcione en operación normal se requiere de señales que provengan de otros estados del programa como la condición de operación normal del motor o que todas las botellas se encuentran en buen estado.

En la página P-6 se encuentra una situación de enclavamiento siempre y cuando se reciba señales como botellas rotas en calderín o de condición de funcionamiento anormal del motor principal y aquí se activarán señales de salidas 0 2,1 y 0 2,0.

En la página P-7 si se ha detectado problemas con las botellas se ordena parar el proceso al indicar la salida B6 que cambien de estado sus contactos. Además tenemos la presencia de un selector que permite la operación en automático al proceso.

En la página P-8 notamos que se presenta el segundo temporizador el cual permite energizar la salida B11 mientras cuenta un tiempo de operación a una cierta velocidad por parte del motor principal.

En la página P-9 vemos que para que opere la salida B12 que enclavará un contacto en la página previa se debe recibir señales externas de como se encuentra funcionando el motor y de si se encuentra bloqueada la entrada del carrusel.

En la página P-10 vemos que la salida a energizar es la 0 0,5 la cual liberará el tope de entrada al carrusel por lo que su resultado es producto de dos condiciones primero que el pistón se encuentre obstruyendo la entrada de botellas y de que las botellas se encuentren en buen estado y completas.

En la página P-11 tenemos que se cuenta con la señal B20 para energizar la salida B8 y así poder activar el carro portaetiquetas, por otro lado se puede energizar el carro portaetiquetas si se recibe la señal de que existe etiquetas y de que las botellas se encuentren en buenas condiciones.

En la página P-12 se recibe las señales de existencia de etiquetas y de que las botellas se encuentren en buenas condiciones y completas para energizar salidas internas que se emplean en el programa de control.

Finalmente en la página P-13 se debe energizar la salida B20 como resultado de recibir la señal de B13, la cual se energiza mientras se cuenta una operación de etiquetado y se comprueba que existen etiquetas.

Como se podrá notar interpretar un programa de control no se lo puede realizar en forma aislada siempre y durante la ejecución del programa de control se puede apreciar que interactúan varias páginas a la vez y que existen páginas exclusivamente para enclavamientos internos para realizar luego funciones que se aprecian en forma física.

5.5 CONSIDERACIONES DE INSTALACION, MANTENIMIENTO Y COSTOS

Durante el desarrollo del presente trabajo se ha manifestado la conveniencia de la utilización de los controladores programables en las industrias locales. El análisis que se desarrolló detalla muchas ventajas de la utilización de una tecnología relativamente nueva en nuestro medio.

La realidad que asoma es que no es posible competir internacionalmente si no se encuentra preparado para hacerlo, con la tecnología presente en nuestro país no es posible alcanzar las metas de competición.

En un capítulo previo se analizó las marcas de controladores programables más representativas en nuestro medio. Se debe destacar que por causa de los precios y de que los controladores programables no

son un equipo de amplia difusión se debe realizar pedidos especiales para montar en tableros eléctricos los autómatas programables.

Un breve sondeo a las empresas tableristas nos mostró que únicamente bajo pedido de algún cliente, previo el pago del 50% del valor del tablero que incluya el controlador programable, es posible su construcción. Este es el caso de la empresa TABLISIT SA la cual importa equipo de la marca TELEMECANIQUE y que facilitó información concerniente a los autómatas programables TSX - 7.

Para encontrar una justificación a la ausencia casi total de los controladores programables en nuestro medio se debe pensar en dos motivos realmente importantes. El primer motivo es la falta de profesionales capacitados para poner a punto y en operación los equipos de controladores programables para controlar los procesos industriales. Con esto quiero aclarar que la carencia casi total de material bibliográfico hace imposible que se puedan interesar los profesionales de las ramas eléctricas porque como ya indique al iniciar el presente trabajo el manejo y programación de un controlador programable es un proceso muy sencillo. El segundo aspecto tiene que ver con situaciones económicas

que por tratarse de un equipo cuyo costo es elevado no es posible realizar una promoción importante para su venta. En realidad se empieza con el proceso de promoción de muchas marcas que compiten con marcas tradicionales por los precios que presentan.

5.5.1 INSTALACION

El ejemplo de aplicación que se analizó en la Cervecería Nacional fue la etiquetadora de botellas. En su proceso de control se utiliza el micro autómatas programable TSX 17-20 cuyo número de catálogo es TSX 1723428 que presenta la característica de tener 34 I/O con una alimentación a 110 o 240 V AC.

Se cuenta con equipo de entrada convencional utilizado en los circuitos de control por relés como son botoneras, interruptores, sensores detectores, térmicos, etc.; como se podrá notar todos son de naturaleza discreta. Las salidas también son discretas y básicamente constituidas por lámparas, electroválvulas y arrancadores.

Su ubicación se encuentra dentro de tablero eléctrico convencional evitando que cualquier líquido o suciedad ingrese al interior y pueda

causar problemas. La instalación además incluye traer los cables de las señales de entrada los cuales se ubican en el sitio que previamente se seleccionó en el mapeo de las entradas. Al igual que las entradas se debe colocar en el sitio correcto las salidas, lo cual es bastante sencillo solo se requiere de un desarmador y se ajusta.

Luego viene la implantación del programa de control el cual puede haber sido instalado en el mismo sitio con el programador de mano o en la oficina de monitoreo de los controladores programables con un computador personal o con un CRT que vende el fabricante.

Como se puede apreciar la instalación de un controlador que incluye la puesta en marcha es muy sencilla y rápida, no se requiere de mayor experiencia. Tanto así que el personal de la planta lo puede realizar.

5.5.2 MANTENIMIENTO

Contrario a lo que se piense, el mantenimiento de un controlador programable y sus elementos asociados (botoneras , sensores , detectores , interruptores , etc) no es complicado ni laborioso . Primero se trata de un equipo

compacto que posee elementos de estado sólido no posee partes móviles que se gasten por el uso; cuyo único mantenimiento que se exige es la continua revisión del ajuste de los cables de las señales de entrada y salida, la limpieza de los terminales de entrada y salida.

Además de revisar, en caso de poseer el controlador programable, el estado de los fusibles y otros elementos de protección que pueda poseer el equipo.

Control del estado de la fuente de alimentación y de la batería de respaldo de memoria para evitar sorpresas en caso de falla de la energía.

La recomendación que hace el fabricante es la de evitar ponerse a realizar reparaciones en los circuitos integrados se puede provocar mayor daño y pérdida de tiempo, es mejor tener tarjetas de respaldo para que en caso de algún daño en alguna parte del equipo simplemente se proceda a cambiar y luego revisar en un laboratorio para detectar el daño el cual por lo general suele ser alguna resistencia, capacitor o transistor que son fácilmente retirados y reemplazados.

5.5.3 COSTOS

Un aspecto que mencioné para que los controladores programables no se hayan difundido ampliamente todavía tenía que ver con la situación financiera.

Es un análisis muy importante es nuestro medio porque debemos importar todo el equipo cotizando en dólares, francos franceses y alemanes; que varían su precio a diario con respecto al sucre.

Como se verá para el ejemplo analizado en la lista de precios que se detallará la inversión inicial es elevada, pero el solo hecho de considerar todos los beneficios que se derivan de su utilización bien vale la pena buscar los mecanismos de financiamiento mediante el arrendamiento, por ejemplo porque lo importante es el reto actual de competir con países industrializados utilizando métodos artesanales no sirve.

Como veremos el equipo que cotizaremos presenta precios presentes de venta al público proporcionada por la empresa vendedora de equipo TELEMECANIQUE, en esta cotización incluiremos lo siguiente:

1	Autómata TSX 17-20	341/0	\$2071200
1	Bloque de Extensión	TSX DEFB12 BE	\$392400

1 Cartucho de memoria EEPROM 8Koct TSXMC70E38	\$360360
1 Terminal de Programación TSXT3170F	\$1133200

TOTAL \$ 3957160

Como se puede apreciar en el detalle anterior se requiere hacer una inversión de casi 4 millones de sucres para instalar un equipo de pequeña capacidad sin mayores artefactos adicionales para volver mucho más amistoso el equipo comparando estos precios de venta al público con los costos de utilización de relés tenemos lo siguiente. Tenemos que instalar aproximadamente unos 10 relés de 4 contactos cada uno y además 4 temporizadores lo que en precio nos daría lo siguiente :

10 relés	10 * 50000 = \$500000
4 temporizadores	4 * 100000 = \$400000
TOTAL	\$900000

Como podemos notar el mismo proceso lo podemos representar con relés a un costo mucho menor, pero aquí debe intervenir otros aspectos como el hecho que la inversión en memorias y en los terminales de programación solo se los realiza una vez porque pueden ser utilizadas en los otros autómatas de la misma marca.

Así que al seleccionar un controlador no solo hay que mirar los precios sino también las demás facilidades que se obtienen al instalar éstos equipos.

A continuación veremos una lista de equipos de la marca TELEMECANIQUE en la que se detallan los equipos de la familia TSX - 7 con sus precios para configurar un sistema de control de acuerdo a las necesidades.

FAMILIA TSX 17:

Familia	Número de I/O	Precio (\$)
TSX 17-10	20	1228400
TSX 17-10	34	1800000
TSX 17-20	20	1423600
TSX 17-20	34	2071200

Módulos de Extensión :

8 Entradas	392400
16 Entradas	404000

Cartuchos de Memoria

EEPROM	8 Koct	360360
	24 Koct	720800

EPROM	8 Koct	158640
	24 Koct	339960

Visualización numérica PL7-2 para TSX 17-20		417200
--	--	--------

FAMILIA TSX 27

Alimentación a 110/240 VAC 50-60 HZ

Familia	Número de I/O		Precio (\$)
TSX 27-20	20	8 RELES	1947200
TSX 27-40	40	16 RELES	2894000
TSX 27-60	60	24 RELES	3455600
TSX 27-80	80	16 RELES	4150800

Alimentación a 24 VDC

TSX 27-20	20		2290800
TSX 27-80	80		4883600

Memorias

EEPROM	8 Koct	309000
	32 Koct	824000
RAM	16 Koct	977600
	32 Koct	1333200

FAMILIA TSX 47

Familia	Número de Módulos		Precio (\$)
---------	-------------------	--	-------------

Alimentación a 110/240 VAC 50-60 Hz

TSX 47-10	8		3108400
TSX 47-20	8		4070800

Alimentación a 24 V DC y a 48 V DC

TSX 47-10	8	3108400
TSX 47-20	8	4070800

Se usan las mismas memorias empleadas en la familia TSX 27.

Bases de extensión

Utilización	Formato	Barra	Precio (\$)
TSX 47-40	Standard	Completa	933200
TSX 87-40	"	"	1555600
TSX 107-40	"	"	2004000

Alimentadoras para bases de Automatas

TSX SUP 40	\$ 933200
TSX SUP 70	\$ 2310800

Procesadores

Familia	Núm. I/O	Mem. RAM	Mem. Max.	Precio (\$)
TSX 47	512	24 K	32 K	2644000
	1024	48 K	64 K	4244000

Terminales de Programación Manuales

Lenguaje	Utilización	Precio (\$)
PL7-1	TSX 17-10/20	1133200
PL7-2	TSX 17-20	1133200
PL7-2	TSX 27	1133200
	TSX 47-10/20	1016000

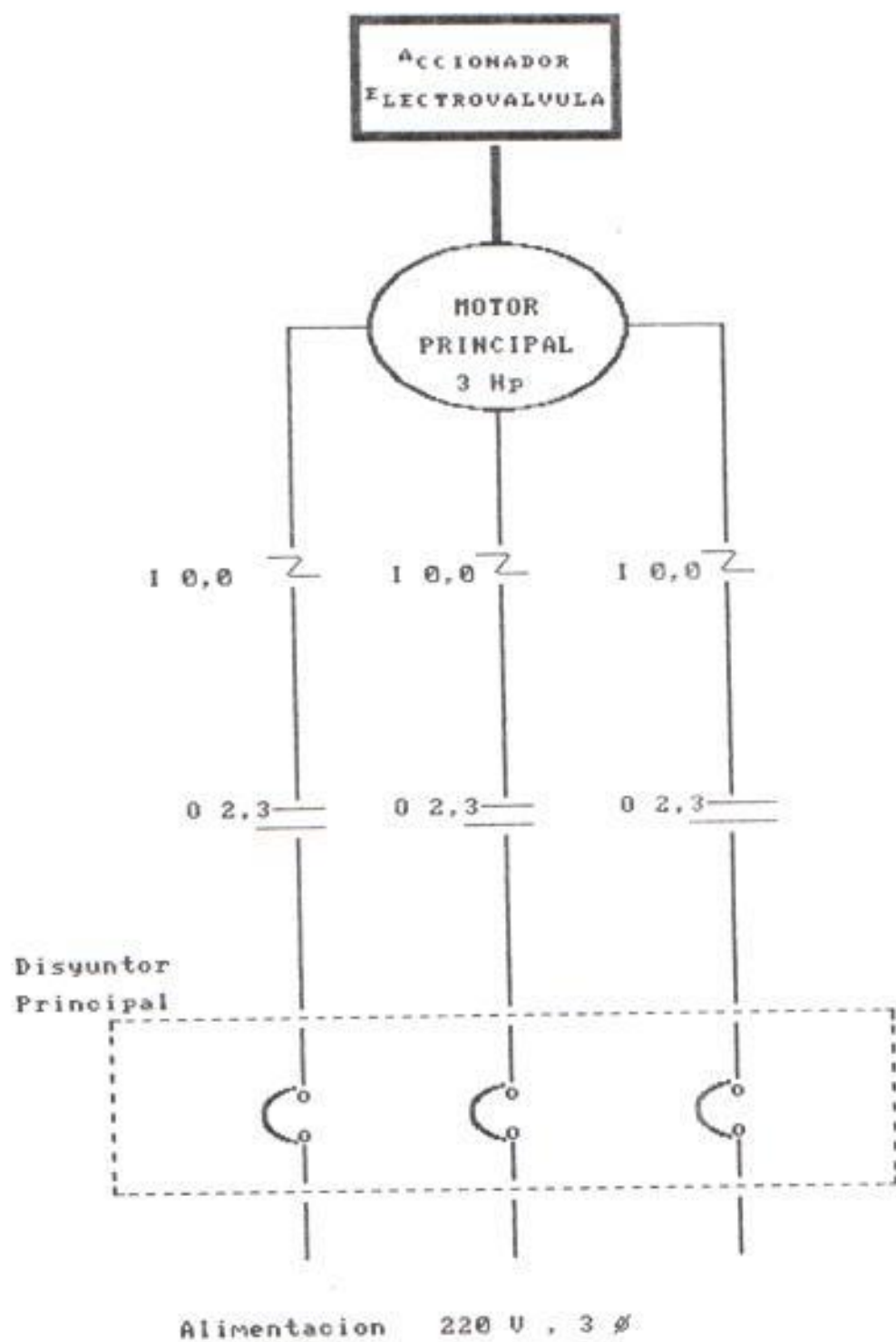


Fig. 5.2.1 Diagrama de Fuerza

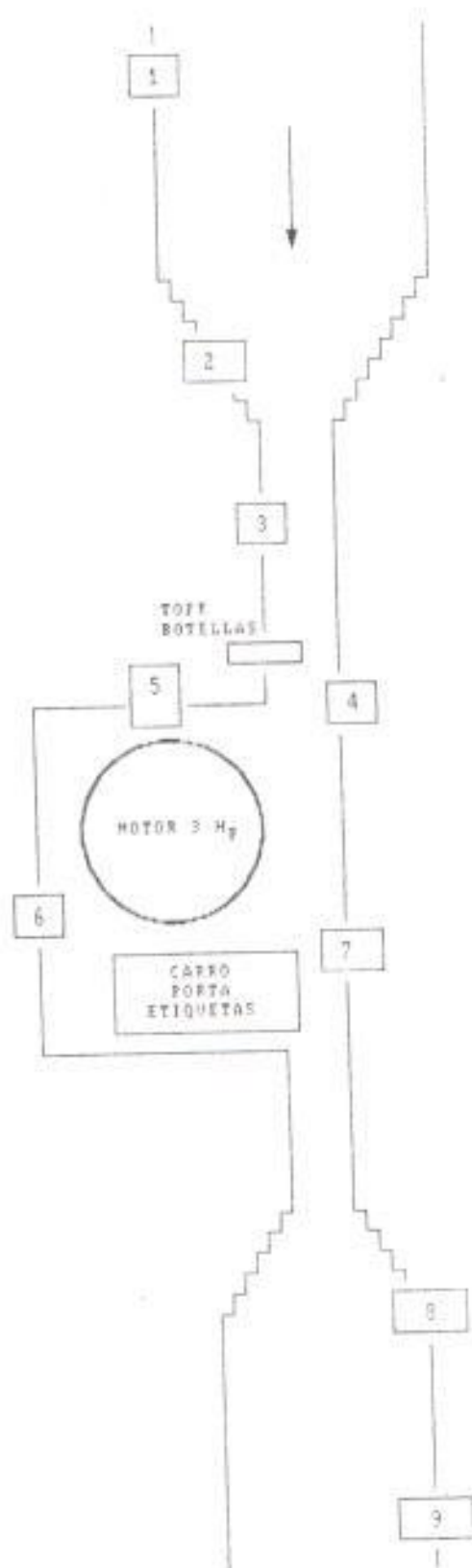


Fig. 5.2.3 Diagrama del Proceso Analizado

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El resultado del avance tecnológico alcanzado por la industria de semiconductores ha originado el gran desarrollo que es posible apreciar en los controladores programables, aunque el avance no sólo ha sido en elementos físicos sino que se presenta un gran desarrollo en sistemas de programación lo cual permite ejecutar complicados y complejos procesos de control que provocarían grandes dolores de cabeza si su implementación se la efectuará utilizando circuitos con relés.

El aspecto de inversión inicial se lo podría considerar como desventaja si sólo tomamos en cuenta el precio, pero si al análisis económico le añadimos las ventajas notaremos que redundan los beneficios que permitirán recuperar la inversión realizada.

Como resultado de una investigación en algunas empresas se puede notar en muy pocos casos la utilización masiva de los controladores programables, en algunos casos la utilización marginal y en procesos pequeños adquiridos

recientemente que incluyen al controlador programable como parte integral del equipo, y en la mayoría de los casos no se conoce al controlador programable.

Es un hecho la casi ausencia de los controladores programables en las industrias locales, lo que se viene dando es la implantación escalonada de éste equipo, es decir comenzar su uso poco a poco según se vaya modernizando la maquinaria que se adquiera. La razón principal es la falta de recursos disponibles lo que se logra es hacer pequeñas inversiones en la compra de equipo que posea al controlador programable.

Por la forma como ha evolucionado el controlador programable en estas dos décadas, nos hace suponer que en un futuro muy cercano y debido a la alta competencia que se presenta los precios de estos equipos se reducirán y se volverán accesibles a las industrias locales.

Una conclusión importante que he encontrado al desarrollar el presente trabajo es la ausencia casi total de profesionales o de personal capacitado para poder manejar este equipo, con esto no quiero contradecir lo expuesto sobre el

manejo sencillo que poseen los controladores programables, pero es una realidad que debido al desconocimiento de las bondades del controlador programable ha permitido su ausencia en los procesos de control modernos.

Otro resultado interesante es el hecho del conocimiento de técnicas de programación enormemente sencillas y claras que permiten que la tarea de programación sea un trabajo que con la práctica se convierta en algo tan sencillo como la suma de dos números.

Durante la elaboración del presente trabajo se ha detallado características especiales que presentan los controladores programables que no son posibles de ejecutar a los relés, por lo tanto los vuelven una herramienta imponente en la ejecución de los procesos de control.

Nos permitimos asegurar grandes beneficios por la utilización de los controladores programables para control de los procesos industriales, no sólo del orden de tener un proceso más seguro y confiable, sino que nos permitirá ahorros económicos importantes al tener algún proceso parado por menos tiempo si se exige una

reconfiguración.

La utilización del controlador programables se convierte en una necesidad imperiosa para poder competir a la altura de otros países. La competencia exige grandes sacrificios y grandes inversiones, pero trae consigo grandes beneficios.

Recomiendo la actualización de las materias de controles eléctricos para que en lo posible se incluya más información sobre los controladores programables para que dado el caso estar preparados para poder manejar estos equipos en los lugares de trabajos o de prácticas vacacionales.

Se debería solicitar el dictado de seminarios instructivos de los controladores programables a las empresas distribuidoras de estos equipos, en los que no sólo se debe exhibir el producto que promocionan, sino que debe incluirse las bases teóricas para el mejor entendimiento del funcionamiento y de las características técnicas del producto que se analiza.

Se debería solicitar a los distribuidores boletines explicativos de sus productos, además de catálogos y material bibliográfico que posean para

familiarizar al estudiante con este equipo que pronto revolucionará los procesos industriales de control.

Se debería solicitar el apoyo técnico a las instituciones relacionadas con el desarrollo de la tecnología de los controladores programables en el exterior , solicitando además material bibliográfico casi inexistente en la ESPOL.

BIBLIOGRAFIA

1. Charles J. Baer y John R. Ottaway, *Electrical and Electronic Drawing*, 5 ta edición, Mc Graw Hill Inc, 1986.
2. Richard Pearman, *Solid State Industrial Electronics*, Reston Publishing Company Inc., 1984.
3. Arthur H. Serdman y Jack L. Waintraub, *Electronics Devices Discrete and Integrated Circuits*, Charles Menill Publishing Company, 1977
4. Robert Seippel, *Transducers, Sensors and Detectors*, Reston Publishing Company, 1983.
5. Timothy J. Maloney, *Industrial Solid - State Electronic Devices and System*, 2da Edición, Prentice Hall Inc., 1986.
6. Fredrick W. Hughes, *Illustrated Guidebook to Electronic Devices and Circuits*, Prentice Hall, 1983.