



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS

Las autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

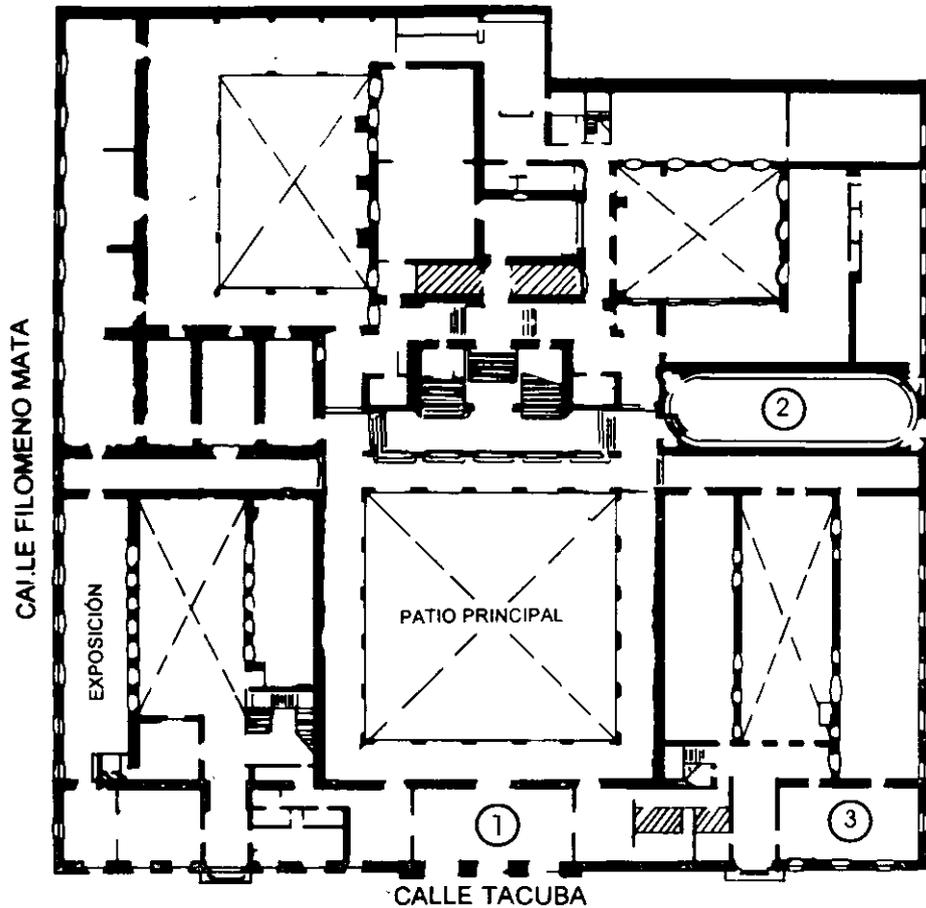
Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

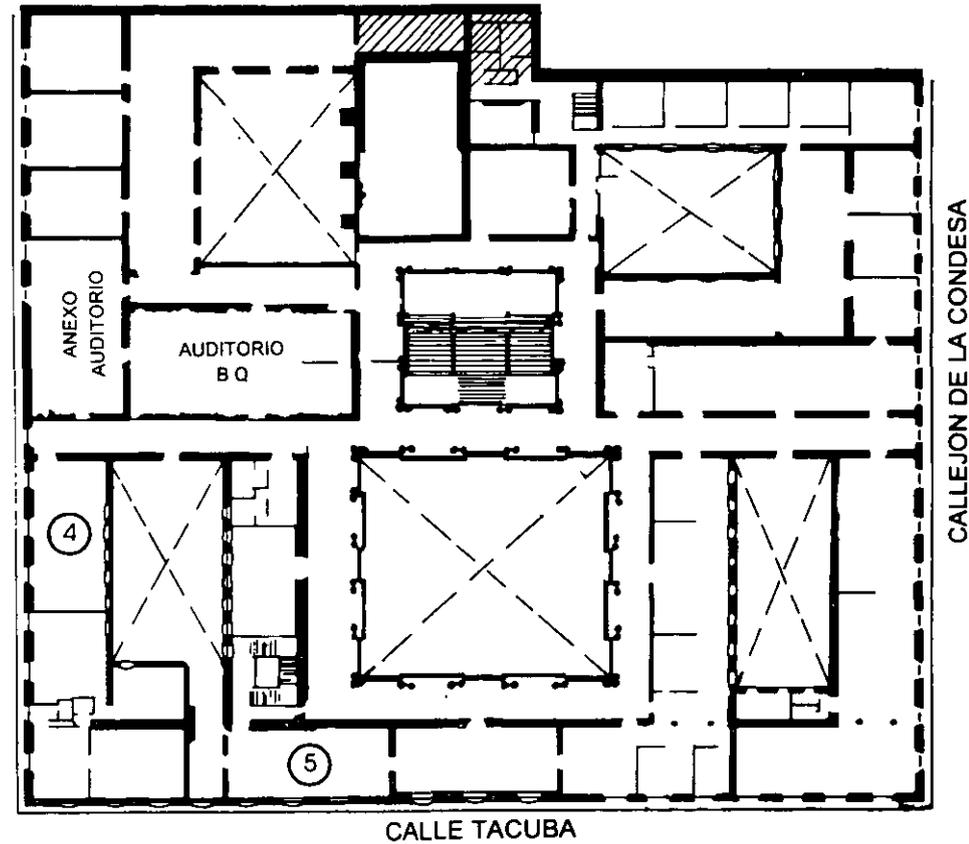
Atentamente

División de Educación Continua.

PALACIO DE MINERIA

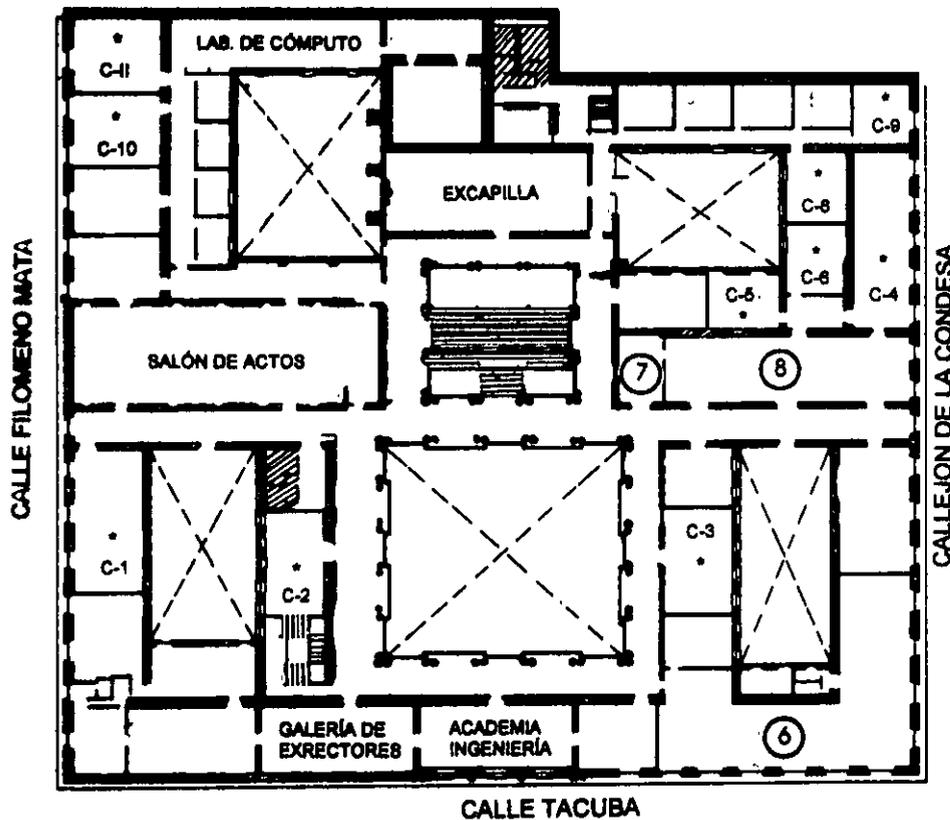


PLANTA BAJA



MEZZANINNE

PALACIO DE MINERIA



GUÍA DE LOCALIZACIÓN

1. ACCESO
 2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
 3. LIBRERÍA UNAM
 4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN "ING. BRUNO MASCANZONI"
 5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
 6. OFICINAS GENERALES
 7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
 8. SALA DE DESCANSO
- SANITARIOS
- * AULAS

1er. PISO



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.
CURSOS ABIERTOS

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**



COORDINACIÓN DE EDUCACIÓN A DISTANCIA

CURSO “CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES”

***Ing. José Luis Ramírez Gutiérrez
12 al 16 de octubre de 1998.***

Hgc/JVR/AMB

70p

CAPITULO 5

CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES

Introducción.

Los sistemas lógicos basados en transistores poseen generalmente las mismas ventajas de los circuitos electrónicos de estado sólido como son: seguridad, confiabilidad, rapidez, pequeño volumen y baratos. Su única falla, desde un punto de vista industrial, es que ellos no son fácilmente modificables o reconfigurables. Si alguna modificación se requiere, es necesario cambiar el alambrado actual o las conexiones de cableado entre los dispositivos lógicos, o cambiar los propios dispositivos. Tales cambios de hardware son indeseables debido a que requieren de mucho tiempo y su complicación puede ser extrema.

En años recientes, ha surgido una nueva y mejor forma de diseñar e implantar físicamente los sistemas electrónicos de tipo industrial, el cual ha cobrado una gran importancia y popularidad. En este nuevo enfoque, se cuenta con dispositivos y sistemas completos totalmente programables y por tanto ciento por ciento reconfigurables, donde las decisiones que debe tomar el sistema son cargadas desde fuera por un código o lista secuencial de instrucciones, las cuales son grabadas en una memoria de tipo electrónico (chips) y ejecutados por un microprocesador o un conjunto de ellos, según la complejidad del sistema.

Ahora si el sistema debe de ser modificado, únicamente el código de instrucciones deberá de ser cambiado. Tales cambios son llamados modificaciones en software y son fácilmente realizables de una manera rápida cuando se hacen por medio de un teclado.

Evolución Histórica de los Controladores Programables.

Las especificaciones para diseñar el primer controlador lógico fueron establecidas en 1968 por la División Hydromatic de la General Motors Corporation. El primer punto a considerar era eliminar el alto costo asociado con los sistemas poco flexibles basados en relevadores. Las especificaciones requerían de un sistema de estado sólido con la flexibilidad de los equipos de cómputo, capaz de trabajar en ambientes industriales,

que fuera fácilmente programado y mantenido por ingenieros y técnicos de la planta.

Los primeros controladores programables fueron sólo sistemas basados en relevadores con capacidad de control de dos posiciones (encendido/apagado) solamente. De 1970 a 1974, las primeras innovaciones en la tecnología de fabricación de los microprocesadores contribuyó grandemente a incrementar la flexibilidad y capacidad para la toma de decisiones de los controladores programables, así como el contar con una interface con el operador más amigable, funciones aritméticas de mayor sofisticación, manipulación de datos y comunicación con computadoras. El programar apoyado en equipos de cómputo permitió al usuario realizar programas de control utilizando símbolos de relevadores más conocidos por el personal de planta, más que cualquier otro lenguaje de programación.

Los avances obtenidos entre 1975 y 1979, en hardware y software agregan características, tales como gran capacidad de memoria, entradas y salidas remotas, control analógico y de posición, comunicación con el operador y enriquecimiento del software. Estos avances hicieron a los controladores programables apropiados para un rango amplio de aplicaciones y contribuyeron grandemente a la reducción de alambrado y costo de instalación. Los sistemas de expansión de memoria permitieron almacenar grandes cantidades de datos y programas más extensos.

A principios de la década de los '80 se tuvieron grandes avances en los controladores programables en forma paralela a la tecnología de microprocesadores debido a la competitividad de los fabricantes de estos equipos.

Los avances en Hardware en los controladores actuales son:

Tiempos de scan muy cortos utilizando tecnología bit-slice. PLC's pequeños y de bajo costo que reemplazan de 4 a 10 relevadores. Sistemas de entrada/salida de alta densidad que reduce el espacio necesario. Interfaces inteligentes de entrada/salida que posibilitan al equipo para el control de procesos distribuidos, así como la comunicación multicanal en ASCII, etc. Interfaces especiales que permiten a ciertos dispositivos ser conectados directamente al controlador. Otro avance significativo fue el desarrollar

familias de controladores, estas familias consisten de una línea de controladores desde los de pequeña capacidad de apenas 10 entradas/salidas, hasta los de gran capacidad, capaces de manejar unas 8000 entradas/salidas y 128 K palabras de memoria. Los miembros de cada familia utilizan el mismo sistema de entrada/salida y programación de periféricos. Este concepto ayudó a disminuir el costo de desarrollo por parte del usuario.

Los avances en Software son:

Lenguajes de alto nivel tales como BASIC usados para comunicación con equipos periféricos. Lenguajes híbridos de alto nivel para programas de control. Se extiende en el sistema de diagnóstico (el cual verifica el mal funcionamiento del controlador). Cálculos matemáticos complejos de punto flotante. Instrucciones para manipulación de datos.

Como se puede apreciar el controlador programable ahora es un sistema mucho más completo del especificado en el inicio, ahora es capaz de comunicarse con otros sistemas de control, proveer reportes de producción, diagnosticar sus propias fallas y las de máquina o procesos.

5.1 Definición de Controlador Lógico Programable.

Un controlador lógico programable (PLC, del inglés Programmable Logic Controller) está definido por la International Electromechanical Commission como :

* Un sistema electrónico operado digitalmente, el cual está diseñado para su uso en ambientes industriales, contiene una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones (del usuario), para implantar funciones específicas de lógica, secuenciación, temporización, conteo y aritméticas, para llevar a cabo el control de diversos tipos de máquinas y procesos a través de entradas (analógicas y/o digitales), produciendo las correspondientes salidas (analógicas y/o digitales). El controlador lógico programable y sus periféricos asociados han sido diseñados para su fácil integración y uso en sistemas de control a nivel industrial, para llevar a cabo las funciones para las que fue programado*

Principio de Operación

La operación de la mayoría de los controladores programables consiste en un ciclo repetitivo de cuatro pasos principales:

1.- Todas las entradas provenientes de las interfaces, controladores de lazo cerrado o de algún otro dispositivo de control en el bus de entrada/salida son leídas a fin de producir una "imagen" consistente de éstas, denominadas "imagenes de entrada".

2.- Las imagenes de entrada son leídas por el controlador y el programa del usuario, lo que ha sido denominado "ciclo de ejecución o ciclo de scan" para generar las nuevas imagenes, que son las de las salidas deseadas, así como las variables internas del programa. A partir de las imagenes de entrada, las variables internas y las imagenes de salida, el programa en este ciclo de scan genera las variables de salida. Este proceso consiste de varios pasos que enseguida se detallan:

a) Primero se determinan los pasos activos (en este nivel del programa) de la carta secuencial de funciones (SFC, del inglés Sequential Function Chart) si es que existen. Esta información está contenida en el programa.

b) Cálculo de las salidas indicadas en las acciones activas del la SFC, si es que éstas existen (si el programa del usuario no contiene SFC, entonces todas las instrucciones del programa se consideran como acciones activas). La ejecución de programas en diagramas de escalera ò bloques de funciones se lleva a cabo típicamente de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. Algunas instrucciones están situadas de manera tal que ciertas secciones sean saltadas o no ejecutadas o también para forzar las salidas a un estado determinado.

c) Evaluación de las condiciones de transición de la SFC (si existen) al final del ciclo de scan del programa, en preparación del paso 2(a) para el siguiente ciclo de scan.

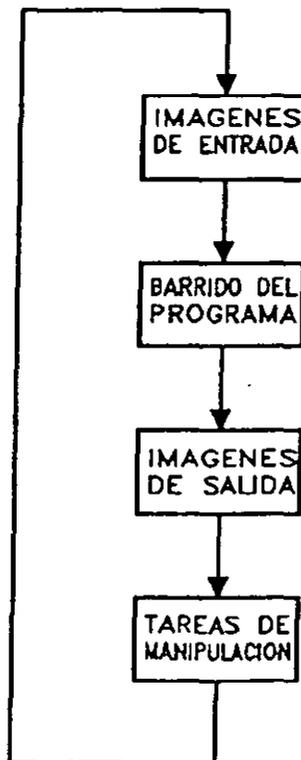
3.- Los datos actualizados de las imagenes de salida se transfieren a las interfaces, controladores de lazo cerrado y/o algún otro dispositivo de control.

4.- Por último se ejecutan las tareas de manipulación final, entre las que se pueden mencionar principalmente las de comunicación con el operador o con un controlador de supervisión o con algún otro dispositivo de control.

Después de llevar a cabo estas tareas de manipulación final la operación cíclica del PLC inicia de nuevo. Esto puede ser inmediatamente después de la ejecución de las tareas o funciones de manipulación final o también puede ser previamente programado.

Algunos controladores programables con secciones de entrada-salida por separado y/o con procesadores de comunicaciones tienen la capacidad de traslapar las funciones de ejecución del programa y lectura de entradas (paso 1) y la generación de las salidas (paso 3) y las funciones o tareas de comunicación. En estos casos, se requerirán de mecanismos de programación especiales para alcanzar la concurrencia y/o sincronización entre la ejecución del programa, la lectura de entradas y/o generación de salidas, y entre la ejecución del programa y las comunicaciones.

El ciclo de operación básico de un PLC se muestra en la siguiente figura:



Interfaces.

La International Electromechanical Commission (IEC) ha especificado estándares en los rangos de voltaje para las fuentes de alimentación, entradas y salidas digitales para los controladores programables. La tabla 1 muestra dichos rangos de operación:

RANGO DE VOLTAJE	FUENTE DE ALIMENTACION	SEÑALES DE E/S	NOTAS
24 V _{CD}	SI	SI	1
48 V _{CD}	SI	SI	
24 V _{CA}	NO	NO	2
48 V _{CA}	NO	NO	
120 V _{CA}	SI	SI	
230 V _{CA}	SI	SI	
400 V _{CA}	SI	NO	

Tabla 1

Notas:

(1) La tolerancia permitida en los voltajes de corriente directa es de -15 a +20%.

(2) La tolerancia permitida en los voltajes de corriente alterna es de -15 a +10 %. Los voltajes de corriente alterna están en V_{rms}.

La IEC también especificó los rangos de voltaje para entradas y salidas analógicas, estos datos se presentan en las tablas 2 y 3, así como los de impedancia de entrada e impedancia de carga, respectivamente.

RANGO DE LA SEÑAL	IMPEDANCIA DE ENTRADA
-10 V a +10 V	$\geq 10 K \Omega$
0 V a +10 V	$\geq 10 K \Omega$
+1 V a +5 V	$\leq 5 K \Omega$
4 mA a 20 mA	$\leq 300 \Omega$

Tabla 2. Entradas Analógicas

RANGO DE LA SEÑAL	IMPEDANCIA DE CARGA
-10 V a +10 V	$\geq 1 K \Omega$
0 V a +10 V	$\geq 1 K \Omega$
+1 V a +5 V	$\geq 500 K \Omega$
4 mA a 20 mA	$\leq 600 \Omega$

Tabla 3. Salidas Analógicas

Estándares para Controladores Lógicos Programables.

La International Electromechanical Commission estableció una serie de estándares, referentes a las funciones estándar que deben contemplarse para el diseño y fabricación de controladores programables. Los rubros que la IEC consideró fueron, los que a continuación se enlistan:

FUNCIONES ESTANDAR DE LA IEC PARA PLC's

Funciones numéricas

Nombre Estándar	Función
ABS	Valor absoluto
SQRT	Raíz cuadrada
LN	Logaritmo natural
LOG	Logaritmo en base 10
EXP	Exponencial natural
SIN	Seno
COS	Coseno
TAN	Tangente
ASIN	Angulo cuyo seno es
ACOS	Angulo cuyo coseno es
ATAN	Angulo cuya tangente es
ADD o +	Adición
SUB o -	Sustracción
MUL o *	Multiplicación
DIV o /	División
MOD	Módulo
EXPT o **	Exponenciación

Funciones con cadenas binarias

Nombre Estándar	Función
SHL	Corrimiento a la izquierda, llenando el espacio con cero
SHR	Corrimiento a la derecha, llenando el espacio con cero
ROL	Rotación circular a la izquierda
ROR	Rotación circular a la derecha
AND o &	And booleana entre cadenas binarias.
OR o = 1	Or booleana entre cadenas binarias
XOR o = 2k+1	Or exclusiva booleana entre cadenas binarias
NOT	Complemento booleano en cadenas binarias

Funciones de comparación y selección

Nombre Estándar	Función
SEL	Selección binaria (1 de 2)
MUX	Multiplexor (1 a N)
MIN	El mínimo entre N entradas
MAX	El máximo entre N entradas
LIM	Limitador fuerte alto/bajo
GT o >	Mayor que
GE o ≥	Mayor o igual a
EQ o =	Igual a
LE o ≤	Menor o igual a
LT o <	Menor que
NE o <>	Diferente

Funciones con cadenas de caracteres

Nombre Estándar	Función
CONCAT	Concatenación de N cadenas.
INSERT	Insertar una cadena dentro de otra.
DELETE	Borrar una porción de una cadena.
REPLACE	Reemplazar una porción de una cadena con otra.
FIND	Encontrar la primera ocurrencia de una cadena en otra.

BLOQUES ESTANDAR DE LA IEC PARA PLC'S

Bloques biestables

Nombre Estándar	Bloque
SR	Flip-Flop (Encendido (SET) dominante).
RS	Flip-Flop (Apagado (RESET) dominante)
TRIGGER	Detección de flanco

Bloques para contadores

Nombre Estándar	Bloque
CTU	Contador hacia arriba
CTD	Contador hacia abajo

Bloques para temporizadores (Timers)

Nombre Estándar	Bloque
TP	Temporizador de un disparo (Pulso)
TON	Temporizador de encendido retardado
TOF	Temporizador de apagado retardado

Bloques para transferencia y sincronización de información

Nombre Estándar	Bloque
SEND	Solicitud de mensaje
RCV	Confirmación de mensaje

TIPOS DE DATOS ESTANDAR DE LA IEC PARA PLC's

Identificador	Tipo	No. de Bits
BOOL	Booleano.	1
EDGE	Flanco de disparo (booleano)	-
SINT	Entero de corta longitud	8
DINT	Entero de doble longitud	16
LINT	Entero de larga longitud	32
USINT	Entero de corta longitud sin signo	64
UINT	Entero de doble longitud sin signo	8
UDINT	Entero de larga longitud sin signo	16
REAL	Número real	32
LREAL	Número real de larga longitud	64
TIME	Hora	-
DATE	Fecha (únicamente)	-
TIME_OF_DAY	Hora del día	-
DATE_AND_TIME	Fecha y hora	-
STRING	Cadena de caracteres de longitud variable	-
BYTE	Cadena de 8 bits	8
WORD	Cadena de 16 bits	16
DWORD	Cadena de 32 bits	32
LWORD	Cadena de 64 bits	64

5.2 Arquitectura Típica de un PLC.

Un Controlador está compuesto principalmente de dos secciones:

La Unidad de procesamiento Central y la interface de entradas y salidas.



DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE

La Unidad de procesamiento central (CPU) se puede dividir en tres partes principales: el Procesador, la Memoria y la fuente de alimentación. La arquitectura puede diferir de un fabricante a otro, pero conserva la misma configuración.

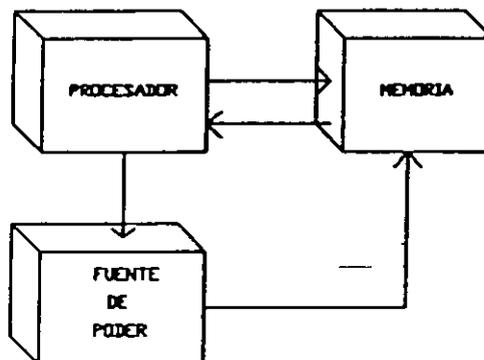


DIAGRAMA DE BLOQUE DEL CPU

El CPU lee y procesa datos de entrada de varios dispositivos externos (como sensores o algún otro dispositivo de control), ejecuta el programa del usuario almacenado en la memoria y envía comandos de salida apropiados a los dispositivos de control. Este proceso continuo de lectura de datos, ejecución del programa y salida de control es llamado ciclo de scan. El tiempo requerido para llevar a cabo este ciclo puede variar desde 1 hasta 100 milisegundos. Los fabricantes generalmente especifican el

tiempo de scan basados solamente en la cantidad de memoria usada para una aplicación, por ejemplo, 10 ms/1K de memoria programada.

La función principal del procesador es el realizar las tareas o funciones de control del sistema completo; estas funciones se llevan a cabo interpretando y ejecutando un conjunto de instrucciones (programas del sistema). Los nuevos procesadores de los controladores programables utilizan más de un microprocesador para control, procesamiento y supervisión, con lo que se reduce el tiempo de ejecución del programa de control.

Periféricos.

Un equipo periférico es aquel que puede enviar o recibir información del PLC. El primer periférico a considerar es el programador del PLC, que normalmente es específico para cada fabricante. En la actualidad la tendencia es la estandarización de programación por medio de una PC compatible con el software respectivo para cada fabricante. En cuanto a programadores el más utilizado es el CRT que van desde los miniprogramadores hasta los programadores con unidad de almacenamiento integrada. Otros periféricos a considerar son: procesadores de comunicación a través del cual el PLC puede comunicarse con otros periféricos tales como: impresoras, terminal de video, caseteras, otros PLC's, unidades de despliegue de mensajes, etc.. Las características de estos últimos periféricos mencionados son estándares, en cuanto a comunicación (RS-232, RS-422 en lo referente a voltaje y el lazo de corriente 4-20MA) por lo que normalmente será muy fácil la integración de estos equipos al proceso y equipos de control adicionales, siendo conectados de acuerdo a lo establecido por la EIA (Electronics Industries Association).

5.3 Configuración Básica de un PLC.

El proceso involucrado en la configuración de un controlador lógico programable, básicamente depende del tipo de aplicación en cuestión. La configuración está directamente relacionada con el proceso de selección del PLC, como una primera aproximación se deben tomar en cuenta los requerimientos de entradas y salidas, así como la magnitud de la aplicación, para escoger el procesador a utilizar y la capacidad de las tarjetas de entrada-salida. Una vez establecidos los requerimientos primarios se procede entonces a investigar lo que el mercado tanto nacional como internacional tiene disponible comercialmente. A continuación se presentan los criterios a seguir para la selección del controlador, así como los factores de los que dependen.

Selección de Controladores Programables.

Actualmente los Controladores Programables cubren una amplia gama de aplicaciones y los podemos encontrar en diferentes tamaños y capacidades. Decidir sobre cual PLC utilizar para una aplicación específica es más difícil debido a la gran oferta de equipos en el mercado, prácticamente todas las marcas se pueden aplicar, sin embargo, es muy importante que el que este elaborando el diseño del sistema determine que características son deseables en el sistema de control y que controlador cumpla mejor con las necesidades presentes y futuras. Existen muchos factores para seleccionar un PLC, para propósitos prácticos se han definido los siguientes pasos:

1.- Descripción del proceso. Conocer el proceso a controlar, es de vital importancia el conocer los objetivos presentes y futuros para evitar una rápida obsolescencia del equipo elegido y poder proveer mayor productividad, flexibilidad, seguridad y administración de información.

2.- Determinar el tipo de control. Control individual: control sobre un proceso o máquina, sin comunicación con otros sistemas de control.

Control centralizado: Controla algunas máquinas o procesos con el PLC; presenta la siguiente desventaja, si el PLC falla, todos los procesos fallan, por lo que se acostumbra utilizar otro PLC de respaldo, pero esto incrementa el costo.

Control distribuido: Consiste en controlar cada proceso con un PLC diferente y entrelazarlos por medio de una red de comunicación. Este sistema es el más apropiado y efectivo, provee un sistema de control tan grande y complejo como el usuario desee, debido a la interconexión posterior a la red de comunicación. También hay que tener en cuenta la dificultad de comunicación que pueda existir con otros fabricantes.

Control Supervisorio: utiliza como base el control distribuido para desarrollar en forma centralizada, funciones de control complejas y de adquisición y manipulación de datos.

3.- Determinar los requerimientos de entradas/salidas (E/S). Estimar el número de entradas y salidas analógicas y digitales para conocer el tamaño del equipo necesario. Checar las especificaciones de E/S que ofrecen los proveedores, poner atención especial en lo siguiente: Protección de E/S contra falsas señales, aislamiento óptico o de transformador entre la etapa de potencia y los circuitos de control. Las salidas deben de tener fusibles de protección, tener en cuenta las corrientes de salida y que se tenga indicación visual del estado de las entradas/salidas en todo momento.

Determinar la necesidad de E/S especiales, tales como acoplamiento con controladores analógicos, contadores especiales, acoplamiento para termopares, etc.. Asegurarse que el sistema permita expansión futura de E/S.

4.- Determinar el lenguaje de programación a utilizar y funciones especiales. Diagrama de escalera, algebra booleana y/o de alto nivel. Instrucciones básicas (Contadores, timers, etc). Instrucciones avanzadas y funciones especiales (matemáticas, algoritmos PID, entre otras).

5.- Determinar los requerimientos de memoria. Dependiendo de que sean necesarios cambios posteriores en línea, requeriremos de una memoria volátil, (con batería de respaldo), en caso contrario se recurrirá a una memoria no volátil.

Algunos controladores ofrecen una combinación de los dos tipos de memoria. Estimar el tamaño basado en el número de elementos de control, apartir del número de salidas y teniendo alguna idea del número de contactos del programa que se requerirán.

Elementos de control = # de salidas + (# de contactos x # de salidas). memoria requerida = elementos de control * 1 palabra/elemento de control.

Permitir memoria extra para programación compleja y futuras expansiones. Normalmente el fabricante puede dar un factor para calcular esta capacidad, que puede consistir en multiplicar el número de entradas por un factor entre 1 y 10, agregando un 25 o 50 % si tenemos funciones aritméticas y

manipulación de datos. Por ejemplo Gould Electronics recomienda los siguientes factores: (10 x Entradas Digitales) + (5 x Salidas digitales) + (100 x Entradas Analógicas)

6.- Evaluar el tiempo de scan requerido por el procesador. Es importante este tiempo y esta en proporción directa al tamaño del sistema, para acercarnos lo más posible a un control en tiempo real.

7.- Definir los requerimientos de equipo de programación, almacenamiento y comunicación. CRT. Computadora. Almacenamiento en cinta y/o disco. Programador de PLC. Sistema de comunicación.

8.- Definir los requerimientos de periféricos.

- Capacidad de graficación.
- Interface con el operador.
- Impresoras de línea y plotters.
- Sistema de documentación.
- Sistema de generación de reportes.

9.- Determinación de necesidades físicas y ambientales. Espacio disponible para el sistema, y poder distribuirlo de la mejor manera. Tener en cuenta las condiciones ambientales.

Es muy posible que al evaluar los puntos anteriores, encontremos más de un fabricante que nos ofrezca el sistema adecuado a nuestras necesidades, por lo tanto la decisión final estará basada en el siguiente punto:

10.- Evaluación de factores intangibles. Soporte del vendedor: se puede evaluar la calidad del soporte técnico desde las platicas preliminares a la compra, considerando la capacidad de responder a todas nuestras interrogantes que la literatura y promoción no detallan. Capacitación: capacidad de ofrecer capacitación en las instalaciones del usuario, identificar el límite de asesoramiento sin costo adicional y costos posteriores. Literatura: que tan complejo son para entender los manuales del usuario para programación, operación y mantenimiento. Tiempos de entrega en equipo y refacciones posteriores. Compatibilidad de equipos nuevos con anteriores y con otros fabricantes.

5.4 Instalación de PLC's.

El layout del sistema.

El diseño del PLC incluye un gran número de características que permite ser instalado en cualquier ambiente industrial. Sin embargo, se tiene que tomar en cuenta algunas consideraciones durante la instalación para asegurar una operación apropiada del sistema. El layout del sistema es una proposición cuidadosa para colocar e interconectar sus componentes y no sólo para satisfacer su aplicación, sino también para asegurar que el controlador pueda operar libre de problemas en el ambiente donde se coloca. Con un diseño cuidadoso del layout, los componentes deben estar accesibles para fácil mantenimiento. También hay que tomar en cuenta los otros componentes que forman parte del sistema completo, éstos incluyen transformadores de aislamiento, control de relevadores y supresores de ruido. El mejor lugar para el PLC es colocarlo lo más cercano a la máquina o proceso que requieren ser controlados. Los efectos de temperatura, humedad, ruido eléctrico y vibración son factores importantes que pueden tener influencia para seleccionar el sitio de colocación del PLC. El PLC generalmente es colocado en un gabinete, para protegerlo contra contaminantes atmosféricos, tales como polvo conductivo, humedad y de cualquier sustancia corrosiva o nociva. Un Gabinete metálico puede ayudar a minimizar los efectos de radiación electromagnética.

Las siguientes reglas se dan para asegurar condiciones ambientales favorables para la correcta operación del controlador:

- * La temperatura en el interior del gabinete no debe exceder la temperatura máxima de operación del controlador que por lo general es de 60 C (140 F).

- * Si el interior del gabinete se calienta, debido al calor generado por la fuente de poder u otro equipo eléctrico presente, se debe colocar un ventilador dentro del mismo, a fin de aminorar dicho problema.

* Un controlador puede trabajar hasta con una humedad relativa del 95% sin condensación; si se produce condensación, se debe instalar dentro del gabinete un termostato.

* Si el área en el cual el sistema es instalado existe equipo que genera excesiva interferencia electromagnética (EMI) o interferencia de radiofrecuencia (RFI), el gabinete debe ser colocado lejos de estas fuentes.

Montaje de los otros componentes.

En general, la colocación de los otros componentes dentro del gabinete debe ser lo más alejado posible de los componentes que conforman al controlador, para minimizar los efectos de ruido y calor generado por estos dispositivos. A continuación se enlistan algunas sugerencias de donde colocar estos componentes.

* Transformadores de voltaje o de aislamiento, supresores de pico, se colocan cerca de la parte superior del gabinete. Esta colocación asume que la línea de alimentación entra por la parte de arriba del gabinete.

* Arrancadores magnéticos, contactores, relevadores y otros componentes electromecánicos deben ser colocados también cerca de la parte de arriba en una área separada de los componentes del controlador. Se recomienda que haya una separación mínima de 6 pulgadas (152.4 mm) de separación entre esta área y el área del controlador.

* Si se utiliza ventiladores para enfriar componentes dentro del gabinete, se debe colocar cerca de los dispositivos que generan calor. Se pueden utilizar filtros para prevenir que entren al gabinete partículas conductivas u otros contaminantes nocivos.

Instalación de entradas y salidas.

La instalación de los módulos de entradas y salidas es quizás el trabajo más crítico cuando se instalan en las ranuras del controlador programable.

La colocación e instalación de los módulos de entrada y salidas, simplemente consiste en insertar los módulos correctos en sus

respectivos lugares. Este procedimiento involucra verificar el tipo de módulo y de cómo fué direccionado la ranura con ayuda del documento de asignación de direcciones de entradas y salidas, cada terminal debe ser conectada con el equipo de campo que le ha sido asignada en esa dirección. El usuario debe asegurarse que la alimentación de la energía de los módulos estén desconectado antes de instalar y alambrear el módulo.

Procedimientos de alambrado.

Los siguientes pasos se recomiendan para alambrear los módulos de entrada y salidas:

- * Remover y vigilar la alimentación de energía del controlador y módulos antes de cada instalación y alambrado.

- * Verificar que todos los módulos estén en las ranuras correctas, verificando el tipo del módulo y número de modelo por inspección y diagramas de alambrado de entrada/salidas. Verificar la colocación de los módulos en la ranura correcta de acuerdo al documento de asignación de dirección de entradas y salidas.

- * Remover todos los tornillos de las terminales de cada módulo.

- * Colocar los alambres correspondientes a cada módulo y colocándole una identificación (etiqueta o bien utilizando código de color) para cada cable. Por lo general se trata de agrupar cada conjunto de alambres de acuerdo al módulo que corresponda.

ARRANQUE DEL SISTEMA.

Procedimientos antes del arranque.

Antes de aplicarle energía al sistema, es recomendable una extensa inspección de los componentes de hardware e interconexiones, esto evidentemente requiere de tiempo, sin embargo, este tiempo invertido asegura y reduce el tiempo de arranque, especialmente en sistemas grandes con muchos dispositivos. A continuación se muestra los procedimientos a seguir antes del arranque:

- * Inspección visual para asegurar que todos los componentes de hardware estén presentes; verificando su número de modelo sea correcto para cada componente.

- * Inspeccionar el CPU y módulos para asegurar que estén instalados en la ranura correspondiente.

- * Checar que estén correctamente conectados los cables de energía (y transformadores).

- * Verificar que cada conexión de los cables en el módulo de entradas y salidas sea correcta. Ese chequeo involucra al documento de asignación de dirección para entradas y salidas

- * Verificar que las conexiones de cables de salidas sean colocadas en las terminales apropiadas en los dispositivos de campo.

- * Para mayor seguridad, la memoria puede ser borrada de cualquier programa de control que haya sido previamente almacenada.

Revisión de las conexiones de entradas.

Esta revisión se realiza aplicando energía al controlador y a los dispositivos de entradas, esta revisión verifica que cada dispositivo esté conectado a la terminal de entrada correcta y que el módulo de entradas o puntos estén funcionando apropiadamente, también se verifica que el procesador y el dispositivo de programación (computadora) están trabajando en buenas condiciones. La conexión apropiada de entradas puede ser verificada usando los siguientes pasos:

- * Colocar el controlador en un modo que inhabilite al PLC de cualquier operación automática.

- * Aplicarle energía a la fuente de alimentación y a los dispositivos de entradas, verificando que los indicadores del sistema de diagnóstico estén indicando operación normal.

* Activar manualmente cada dispositivo de entrada y observar su indicador correspondiente en el módulo de entradas y/o monitorear su estado (en la computadora). Si está bien conectado y la salida del dispositivo es activada el LED indicador debe encenderse, de lo contrario se debe de verificar la conexión.

Revisión de las conexiones de salidas.

La revisión de conexiones de salidas, se realiza aplicando energía al controlador y dispositivo de salidas, (se recomienda no conectar los dispositivos de salida que puedan involucrar movimiento mecánico, tales como motores, drives, solenoides, etc.) para verificar que cada dispositivo de salida está funcionando apropiadamente. Las conexiones de salidas puede verificarse siguiendo los siguientes pasos.

* Desconectar localmente todos los dispositivos que puedan causar movimiento mecánico.

* Aplicar energía al controlador y a los dispositivos de salida.

* La operación de inspección de salida puede realizarse usando uno de los siguientes métodos:

1.- Asumiendo que el controlador tiene una función de forzamiento (en el software de programación del PLC), cada salida puede ser probada con el uso del equipo de programación (computadora) para forzar las salidas en ON (encendido), seleccionando la correspondiente dirección de la terminal (punto) y escribiendo o seleccionando un on (1 lógico), si esta conectada correctamente, el led correspondiente se prenderá y el dispositivo será energizado.

2.- Otra alternativa, es la de programar un renglón en un programa auxiliar que puede ser usado repetidamente para probar cada salida. El Programa es un simple renglón con un contacto normalmente abierto que controla la salida. Para probar, el CPU debe ser colocado en modo RUN. La prueba se realiza simulando el cierre del contacto.

Revisión del programa de control antes del arranque.

Es simplemente una última revisión del programa de control y se realiza en cualquier momento, pero debe ser antes de cargarlo a la memoria del PLC del sistema a controlar. Requiere de una documentación completa que narre el programa de control. Documentos tales como asignación de direcciones y diagramas de conexiones deben reflejar cualquier modificación que pueda ocurrir durante las revisiones de las conexiones. Esta revisión verificará que esta última versión del programa este libre de errores. Los pasos a seguir para llevar a cabo esta revisión son los siguientes:

- * Usando la documentación de conexiones de entradas/salidas, verificar contra el impreso del programa, que cada dispositivo de salida controlado, en su renglón programado tengan la misma dirección.
- * Revisar el impreso de cualquier error de entradas que pudo haber ocurrido al escribir el programa; verificar que todos los contactos y salidas internas del programa tengan una asignación de dirección válida.
- * Verificar que todos los contadores, temporalizadores y otros valores preestablecidos sean correctos.

Revisión Dinámica.

Es un procedimiento por el cual la lógica del programa de control es verificada para operaciones correctas de las salidas. Esta revisión asume que la revisión de conexiones han sido realizadas, los componentes de hardware están operando correctamente y el software haya sido revisado. A continuación se enlistan los pasos para llevar a cabo esta revisión:

- * Cargar el programa de control al PLC.
- * La lógica de control debe ser probada, usando uno de los siguientes métodos:
 - El modo REMOTE, permite al PLC ser ejecutado sin que se habiliten las salidas. La revisión se hace por renglón, observando el estado del

led indicador o monitoreando su correspondiente renglón de salida en el dispositivo de programación (computadora).

- Si el controlador esta en modo RUN, actualiza la salida durante la prueba, las salidas que no han sido probadas (y pueden causar daño), deben ser desconectados hasta que sean probados.

* Checar cada renglón para que su operación lógica sea correcta y si es necesario modificarla.

* Cuando toda la lógica haya sido revisada, se debe remover todos los renglones temporales que se hayan usado. Colocar el PLC en modo RUN y probar la operación total del sistema.

* Toda modificación a la lógica de control debe ser documentada y revisado inmediatamente en la documentación original. Una copia del programa (en disco) debe obtenerse por conveniencia.

Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo del sistema con PLC incluye sólo unos cuantos pasos o revisiones básicas que pueden reducir grandemente el porcentaje de falla de los componentes del sistema. El mantenimiento preventivo para sistemas con PLC pueden ser calendarizado con el mantenimiento regular de la máquina de modo que el equipo y controlador estan parados en un tiempo muy corto. Sin embargo, dependiendo del ambiente en el cual el PLC esta localizado el mantenimiento preventivo requerido puede ser más frecuente que en otros ambientes. Las siguientes medidas preventivas pueden tomarse:

* Cualquier filtro que haya sido instalado en el gabinete debe ser limpiado o reemplazado periódicamente. Esta práctica asegurará que la circulación de aire en su interior sea limpia.

* No se debe permitir que el polvo se acumule en los componentes del PLC. El polvo puede obstruir la disipación de calor, además que si un polvo conductivo alcanza a las tarjetas electrónicas puede producir un corto circuito y causar daño permanente a la tarjeta.

- * Las conexiones a los módulos de entrada/salida deben ser revisados periódicamente para asegurarse que todos los plugs, sockets y conexiones estén bien y que el módulo este fijado firmemente. Esta revisión se hace en situaciones en el que el sistema se coloca en un área que experimenta vibraciones constantes que puede causar que se desconecten las conexiones.

- * El personal que realiza el mantenimiento debe asegurarse que objetos innecesarios se mantengan alejados del chasis del PLC. Objetos como diagramas, manuales olvidados arriba del chasis o racks puede causar obstrucción del aire y provocar mal funcionamiento del sistema.

- * Tener un buen surtido de repuestos minimiza el tiempo que resulta cuando una falla de algún componente se presenta y que se traduce en minutos y no en horas o días buscando el repuesto.

Beneficios al utilizar los PLC's.

En general la arquitectura de un PLC proporciona modularidad y flexibilidad, permitiendo la expansión tanto del hardware, como del software con base en los requerimientos de la aplicación que se esté considerando. En la medida que la aplicación crece y sobrepasa la capacidad del PLC, la unidad puede ser fácilmente reemplazado por otro que cuente con mayor cantidad de entradas-salidas y memoria y el equipo reemplazado se puede utilizar para una aplicación con menores requerimientos. Un sistema basado en un PLC provee muchos beneficios a la solución de un problema de control desde su confiabilidad y repetibilidad hasta su programación.

Enseguida se enumeran algunas de las características y beneficios que se obtienen al utilizar un PLC.

Características inherentes

Componentes de estado sólido
Memoria programable

Tamaño reducido

Está basado en un microprocesador

Temporizadores y contadores programables .

Control de relevadores programables

Arquitectura modular

Gran variedad de interfaces de E/S

Estaciones de E/S remotas

Beneficios

Alta confiabilidad

Simplicidad en los cambios.

Flexibilidad en el control

Requerimientos mínimos de espacio

Capacidad de comunicación.

Alto nivel de desempeño.

Productos de alta calidad.

Capacidad multifuncional

Reducción del hardware

Facilidad de cambio de los parámetros iniciales

Reducción de costo en el alambrado del hardware.

Reducción en los requerimientos de espacio

Flexibilidad en la instalación.

Facilidad en la instalación.

Compra de hardware minimizado.

Expansibilidad.

Controla una diversidad de dispositivos.

Elimina el control personalizado

Simplicidad en el alambrado externo, evitando alambres de gran longitud

Indicadores de diagnóstico

Reduce el tiempo en la localización de fallas.
Apropiada operación de la señalización

Interface E/S modular

Apariencia clara del panel de control.
Facilidad en el mantenimiento.

Conexión y desconexión rápida de E/S

Facilidad de alambrado
Facilidad de servicio de cables dañados

Todas las variables del sistema están almacenadas en memoria mantenimiento.

Facilidad de manejo y
Las variables pueden ser obtenidas en forma de reporte

PROGRAMACION DE PLC's

CAPITULO 6

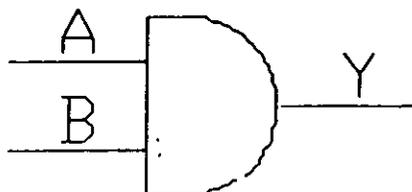
PRINCIPIOS DE PROGRAMACION DE CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES.

Funciones Lógicas

El concepto de señal binaria es el de aquella cantidad física que sólo puede adoptar dos posibles valores, representándolos típicamente como verdadero (o uno), y falso (o cero). Al álgebra que describe este tipo de valores se le llama álgebra booleana en honor a Charles Boole. Este tipo de álgebra describe a través de relaciones simples llamadas funciones booleanas, cómo se combinan dos o más variables binarias para dar como resultado un nuevo valor binario o booleano. Eventualmente el controlador programable tomará decisiones basadas en este tipo de funciones. En esta sección se verán los diferentes tipos de funciones, su definición, su simbología (representación), su significado y el cómo se pueden utilizar para formar relaciones más complejas aún para la toma de decisiones en equipos de tipo digital como los PLC's.

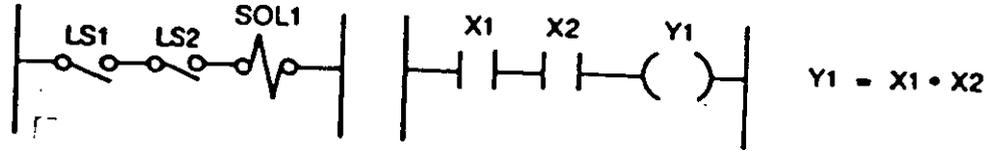
La función AND (Y o producto booleano)

La figura siguiente muestra el simbolo de una compuerta AND empleado para representar graficamente la función AND, así como su tabla de verdad:



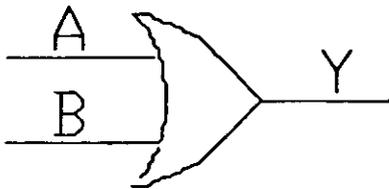
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

La salida de la compuerta AND es verdadera sólo si ambas entradas son verdaderas. El número de entradas de la compuerta AND es ilimitado, pero sólo tiene una salida. La función AND puede ser implantada de varias maneras, la figura que se muestra a continuación es la representación lógica, electrónica y en diagrama de escalera:



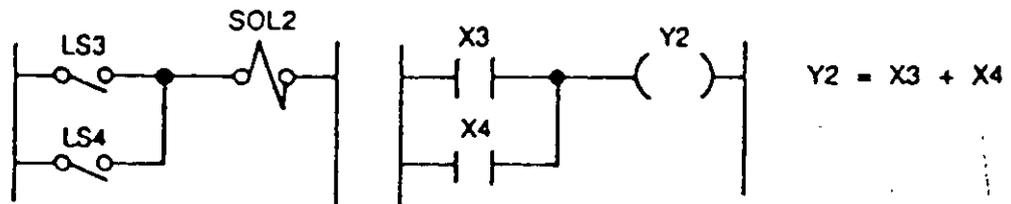
La función OR (O o también suma booleana)

La siguiente figura muestra el simbolo de una compuerta OR así como su tabla de verdad:



A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

La salida de la compuerta OR es verdadera si una o más de sus entradas es verdadera. El número de entradas de la compuerta OR es ilimitado, pero sólo tiene una salida. La función OR puede ser implantada de varias maneras, la figura siguiente muestra la representación lógica, electrónica y en diagrama de escalera.



33

La función NOT (Negación)

La figura siguiente muestra el simbolo empleado para representar graficamente la función NOT, así como su tabla de verdad:



A	Y
0	1
1	0

La salida de la función NOT es verdadera si la entrada es falsa. El resultado de operación NOT es siempre el inverso de la entrada y por lo tanto algunas veces es llamado inversor. La función NOT a diferencia de las compuertas AND y OR sólo tiene una entrada y raras veces se utiliza en forma aislada. En principio la función NOT no es tan fácil de visualizar como las funciones AND u OR. Sin embargo, al examinarla detalladamente es evidente su utilidad. Enseguida se presentan dos ejemplos que ilustran el uso de la función NOT.

En este momento es interesante retomar las tres características mencionadas, esto es:

- 1.- La asignación de "1" o "0" a una condición es arbitrario
- 2.- Un "1" es normalmente asociado con Verdadero, Alto, Encendido, etc.
- 3.- Un "0" es normalmente asociado con Falso, Bajo, Apagado, etc.

Al examinar los puntos 2 y 3, es claro que una salida "1" está relacionado con la activación de algún dispositivo, mientras que una salida "0" con la desactivación del mismo. Esta convención puede ser empleada de manera inversa (lógica negada).

Aunque existen otras funciones como

NAND : hacer una operación AND seguida de una NOT;

XOR : OR exclusivo, en la cual la salida es verdadera cuando sólo una de las entradas es verdadera, (en la OR cuando ambas entradas son verdaderas, la salida es verdadera, mientras que en la XOR es falsa); en realidad estas funciones se construyen a partir de las tres funciones básicas AND, OR y NOT.

Es importante señalar que cualquier función booleana por compleja que sea, puede ser representada únicamente en términos de dichas funciones.

Principios de Lógica y Algebra Booleana.

Operaciones básicas.

1.- Las compuertas básicas llevan a cabo funciones lógicas sencillas. Cada compuerta lógica es presentada a través de un simbolo, tabla de verdad y su expresión booleana.

AND	$Y = A \cdot B$
OR	$Y = A + B$
NAND	$Y = \overline{A \cdot B}$
NOR	$Y = \overline{A + B}$
NOT	$Y = \overline{A}$

2.- Compuertas combinadas.

Cualquier combinación de funciones de control se puede expresar en términos booleanos usando los tres operadores básicos (\cdot), ($+$), ($\overline{\quad}$).

$$Y = A \cdot B + C$$

$$Y = (A + B) \cdot C$$

$$Y = \overline{A \cdot B} + C$$

$$Y = \overline{A + B} \cdot C$$

3.- Reglas del álgebra booleana

Funciones de control lógico pueden ser combinaciones muy simples o extremadamente complicadas de las variables de entrada. Sin embargo, no importando su simplicidad o complejidad deben satisfacer estas reglas básicas:

Ley de conmutatividad.

$$A + B = B + A$$

Ley de asociatividad

$$A + (B + C) = (A + B) + C$$

$$A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C$$

Ley de distributividad

$$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$$

$$A + B \cdot C = (A + B) \cdot (A + C)$$

Ley de absorción

$$A \cdot (A + B) = A + A \cdot B = A$$

Leyes de Morgan

$$\overline{(A + B)} = \overline{A} \cdot \overline{B}$$

$$\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$$

$$\overline{\overline{A}} = A,$$

$$\overline{1} = 0,$$

$$\overline{0} = 1$$

$$A + \overline{A} \cdot B = A + B$$

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

4.- Precedencia de los operadores y agrupación de signos.

El orden de prioridad en expresiones booleanas es :

i) NOT (inversión)

ii) AND (·)

iii) OR (+)

A menos que se haya indicado la agrupación de signos mediante el uso de paréntesis, corchetes o llaves.

Cuando se usa una agrupación de signos para asegurar el orden apropiado de evaluación de una expresión primero se evalúan las expresiones entre paréntesis (), después las expresiones entre corchetes [] y finalmente las expresiones entre llaves {}.

El concepto de señales binarias

El concepto de las señales binarias no es una idea nueva, de hecho es una concepción que se ha presentado desde hace mucho tiempo. Básicamente se refiere a la idea de muchas situaciones en las que señales sólo presentan dos estados, encendido-apagado, abierto-cerrado, activado-no activado, alto-bajo, etc. sólo por mencionar algunos ejemplos.

Estos dos estados pueden ser la base para la toma de decisiones, y puesto que se pueden relacionar fácilmente con el sistema de numeración binaria, constituyen uno de los bloques funcionales fundamentales de los controladores programables. Los dos elementos básicos del sistema de numeración binaria son: "1", el cual representa la presencia de la señal o la ocurrencia de un evento, por el contrario el "0" representa la ausencia de señal o la no ocurrencia de un evento. Enseguida se presentan algunos ejemplos de la utilización del concepto de señales binarias:

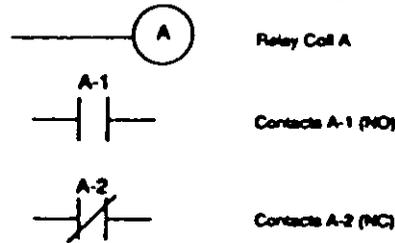
"1"	"0"	Ejemplo
Encendido	Apagado	Alarma
Abierto	Cerrado	Válvula
Suena	No suena	Campana
Presencia	Ausencia	Indicador límite
En marcha	Detenido	Motor
Ilumina	No ilumina	Lámpara

Los ejemplos anteriores están definidos desde el punto de vista de la lógica positiva. Desde el punto de vista de la lógica negativa, se tiene:

"0"	"1"	Ejemplo
Encendido	Apagado	Alarma
Abierto	Cerrado	Válvula
Suena	No suena	Campana
Presencia	Ausencia	Indicador límite
En marcha	Detenido	Motor
Ilumina	No ilumina	Lámpara

Simbología de contactos

Los elementos empleados para formar circuitos lógicos de control tanto en controladores programables como en sistemas de lógica alambrada con relevadores, conceptualmente operan de una manera similar. Entre estos elementos básicamente se tienen contactos de dos tipos, normalmente abiertos (NO) y normalmente cerrados (NC) y bobinas, estas últimas se utilizan para abrir o cerrar contactos (activar y/o desactivar dispositivos conectados a las mismas, según sea el caso). La simbología utilizada en ambos casos es exactamente la misma, aún cuando no se cuenta con estándares y/o normas para ésta. La diferencia esencial estriba en que para los relevadores los contactos son físicos y en los PLC's son lógicos. Los símbolos comúnmente empleados se muestran en la siguiente figura:



Los contactos y las bobinas representan el conjunto básico de instrucciones para formar los diagramas de escalera, con excepción de las referentes a temporización y conteo.

Contacto normalmente abierto

Estos contactos representan cualquier tipo de entrada a la lógica de control, y pueden ser el cierre de un interruptor, algún sensor conectado, un contacto conectado a una de las salidas o un contacto de alguna de las salidas internas. Su principio de operación es como sigue: cuando la entrada o salida asociada al contacto es referida se busca una condición de "encendido", si su estado lógico es "1" el contacto se cerrará permitiendo así el flujo de corriente a través de él. Contrariamente si su estado lógico es "0" el contacto se abrirá con lo cual no habrá flujo de corriente a través del mismo.

Lenguajes de programación

Existen básicamente cuatro tipos de lenguajes de programación, comúnmente utilizados para desarrollar aplicaciones con controladores programables:

- a) Diagramas de escalera
- b) Bloques de funciones
- c) Lista de instrucciones
- d) Alto nivel (BASIC específicamente)

Estos lenguajes pueden ser agrupados en dos categorías. El diagrama de escalera y el de bloques de funciones, forman los lenguajes básicos del PLC, mientras los otros dos son considerados como lenguajes de alto nivel.

Los diagramas de escalera se pueden considerar como el lenguaje básico (de bajo nivel), el cual consiste de un conjunto de símbolos que permiten formar expresiones lógicas para llevar a cabo la toma de decisiones. Los bloques de funciones y la lista de instrucciones están en la categoría de lenguajes funcionales (simbólicos), el primero de ellos está formado por un conjunto de bloques que realizan funciones y expresiones lógicas (AND, OR, NOT, etc.) y la lista de instrucciones consiste de un grupo de enunciados (statements), del tipo AND, OR, IF, IF-THEN, IF-THEN-ELSE, SET, RESET, etc. Con los tres tipos de lenguaje se pueden formar funciones lógicas de control, pudiendo ser desde muy simples hasta altamente complejas según las necesidades y/o requerimientos de la aplicación considerada.

Estos lenguajes varían en extensión y diversidad de un controlador a otro, así como sus opciones y facilidades para desarrollo. En este último rubro se cuenta desde los programadores portátiles de mano hasta las sofisticadas interfaces a través de computadoras personales, mediante el uso de compiladores cruzados (cross-compilers) en los que el desarrollo y la programación de aplicaciones se lleva a cabo en lenguajes algorítmicos de alto nivel, como C, C++, PASCAL, etc.

En este momento es necesario hacer mención que los lenguajes simbólicos (tales como diagrama de escalera y bloques de funciones) cuentan con bloques y/o funciones para conteo, temporización y comparación, pudiendo tener una buena variedad de opciones, tales como contadores hacia arriba, hacia abajo, distintas unidades básicas de tiempo, típicamente desde milisegundos hasta segundos dependiendo del tiempo de scan del controlador, así como comparaciones del tipo, mayor que, menor que, mayor o igual a, menor o igual a, etc..

Lenguaje Diagrama de escalera.

El lenguaje Diagrama de escalera constan de un conjunto de instrucciones simbólicas que son usadas para crear el programa del PLC. Se compone básicamente de 5 tipos de instrucciones que incluyen símbolos tipo relevador, timers/contadores, aritméticos, manipulación de datos, transferencia de datos y control de programa. La función principal del

programa en diagrama de escalera es controlar las salidas basado en condiciones de entrada. El control es llevado a cabo por el uso de r

englones de escalera; un renglón de escalera consiste de un conjunto de condiciones de entradas por símbolos de contacto y una instrucción de salida al final del renglón, representado por símbolos de bobina (terminales). Cuando se programa, cada contacto y bobina se hace una referencia con un número de dirección, el cual identifica cual entrada esta siendo evaluada o que salida esta siendo controlada. Los contactos pueden ser colocados en configuración serie, paralela o una combinación de serie y paralelo. Para que una salida sea energizada o activada, al menos un camino de contactos debe ser cerrado, es decir, que las condiciones del renglón son verdaderas. A un camino completamente cerrado se le denomina lógica continua. Cuando existe una lógica continua en por lo menos un camino se dice que la condición del renglón es verdadera y si no existe un camino continuo se dice que la condición del renglón es falso.

Aunque las instrucciones y símbolos pueden diferir de un controlador a otro, las instrucciones que a continuación se describen son genéricas y pueden aplicarse prácticamente a todos los PLC's.

INTRODUCCION AL MANEJO Y PROGRAMACION DE PLC'S DE LA FAMILIA S5-100

Un PLC es un Controlador Lógico Programable que funciona como una herramienta útil en el control de procesos, y que tiene la ventaja de poder modificar las condiciones de control con sólo modificar su programación.

La programación de un PLC tiene una estructura parecida a la de una computadora. Step 5 es el lenguaje de programación que Siemens ha desarrollado para la programación de sus propios PLC's. La estructura de este lenguaje cumple con la lógica del PLC y facilita el desarrollo de programas aplicables a él.

– Estructura de un programa en STEP5.

En STEP5 existen dos grupos de programas: programas de sistema y programas de aplicación.

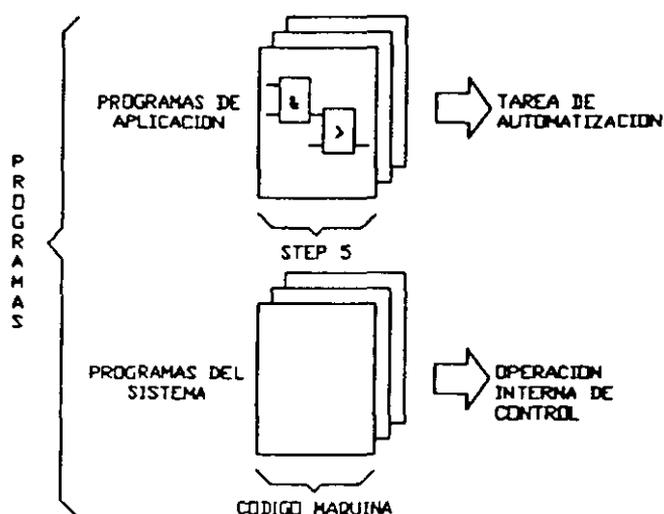


Figura 1. Tipos de programas en STEP 5.

– Programas de Sistema

Los programas de sistema son los que contienen las instrucciones internas que manejan el funcionamiento principal del PLC, se encuentran contenidos en memoria EPROM dentro del CPU, y no se tiene acceso a ellos.

Los programas de aplicación son creados por el usuario para algún fin específico. Pueden ser almacenados en disco flexible, disco duro o memoria externa.

– **Programas de aplicación.**

Un programa de aplicación se subdivide en bloques, los cuales son partes pequeñas del programa y contienen finalidades específicas.

Los bloques se clasifican en dos grupos: bloques de procesamiento y bloques de almacenamiento.

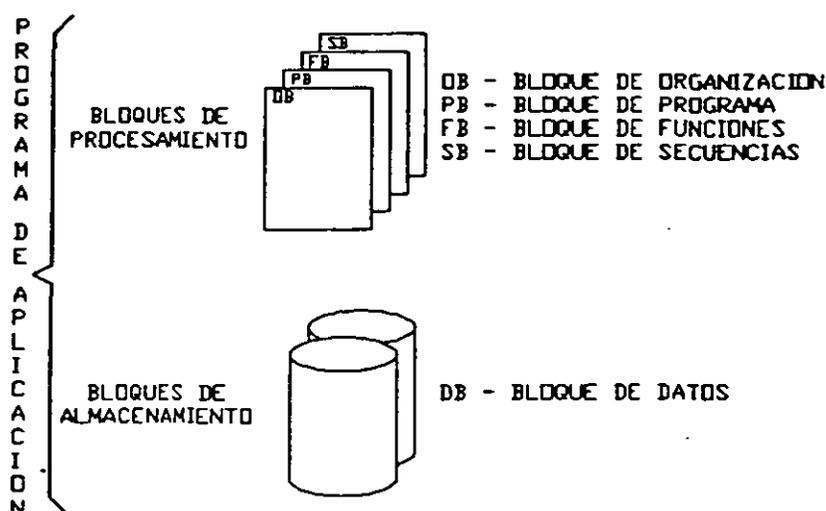


Figura 2. Tipos de bloques en los programas de aplicación.

– **Bloques de Procesamiento.**

Los bloques de procesamiento son los que contienen todas las instrucciones que se deben seguir dentro del programa, y existen diferentes tipos:

- Bloques de Organización (OB's).
- Bloques de Programa (PB's).
- Bloques de Funciones (FB's).
- Bloques de Secuencia (SB's).

Bloques de Organización (OB's). Sirven para organizar el orden en el cual se van a ejecutar los diferentes bloques de procesamiento. Dentro de los OB's se encuentra el OB1; bloque que se ejecuta cada vez que el PLC se encuentra funcionando, es lineal, cíclico controlado por tiempo, y es el encargado de mandar a ejecutar, otros bloques de procesamiento que

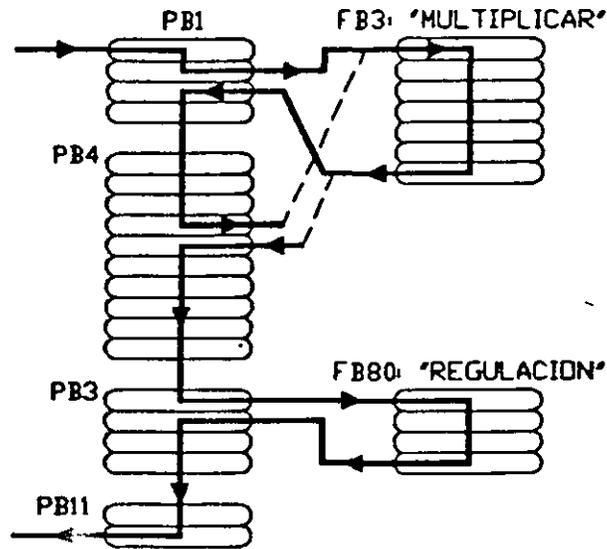


Figura 5. Bloques de funciones.

Bloques de Secuencia (SB's). Son bloques de funciones que se encargan de organizar la ejecución de una secuencia, esto es, implementar funciones o tareas en forma secuencial.

— **Bloques de Almacenamiento.**

Los bloques de almacenamiento no continene instrucciones, sirven únicamente para almacenar información. Existe un solo tipo de bloques de almacenamiento denominado Bloque de Datos (DB). Por medio de este bloque el usuario archiva en memoria datos fijos o variables.

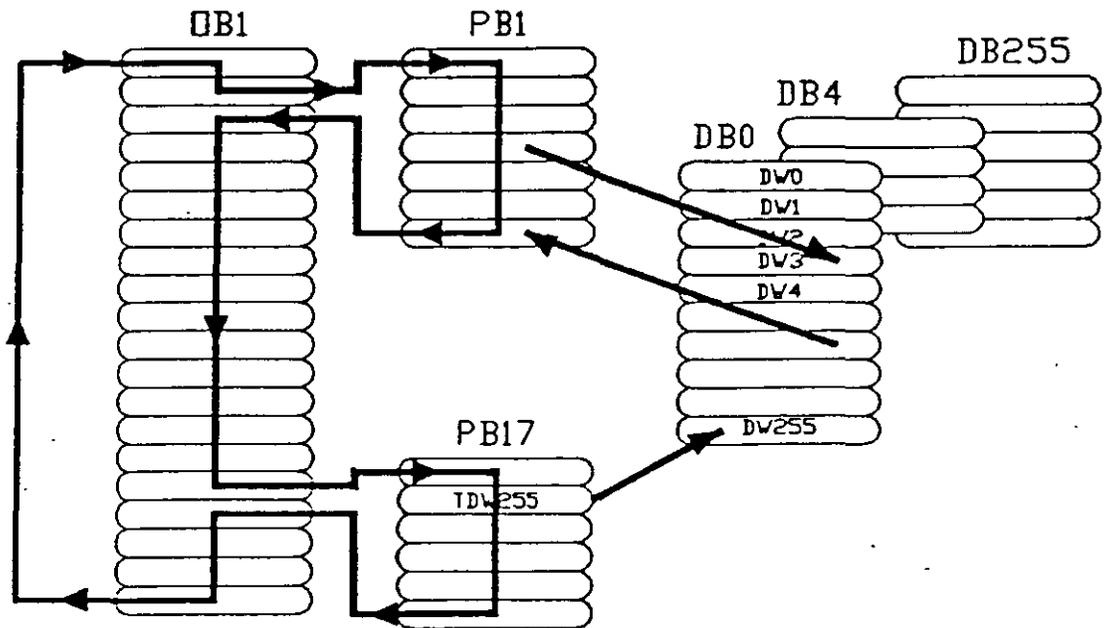


Figura 6. Bloques de datos.

forman parte del programa. El tiempo máximo de ejecución del OB1 es de 500 mseg.

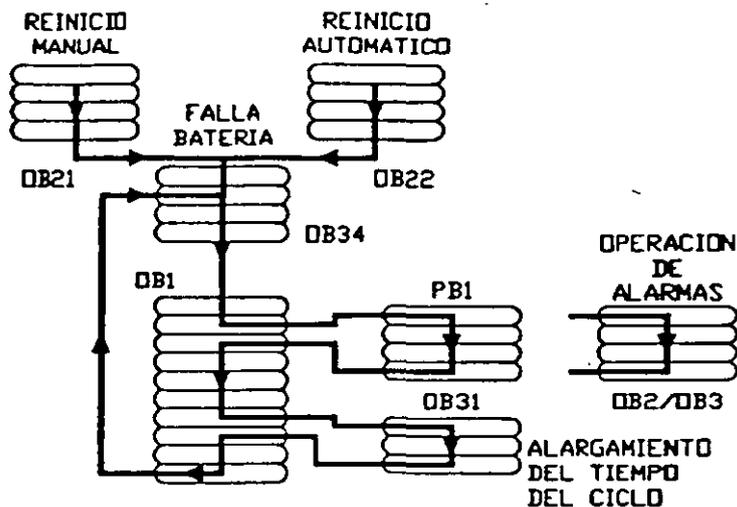


Figura 3. Bloques de organización.

Bloques de Programa (PB's). Se encargan de realizar una tarea específica dentro de un programa. Los PB's se dividen en segmentos los cuales facilitan la simulación del programa y la detección de fallas en el mismo.

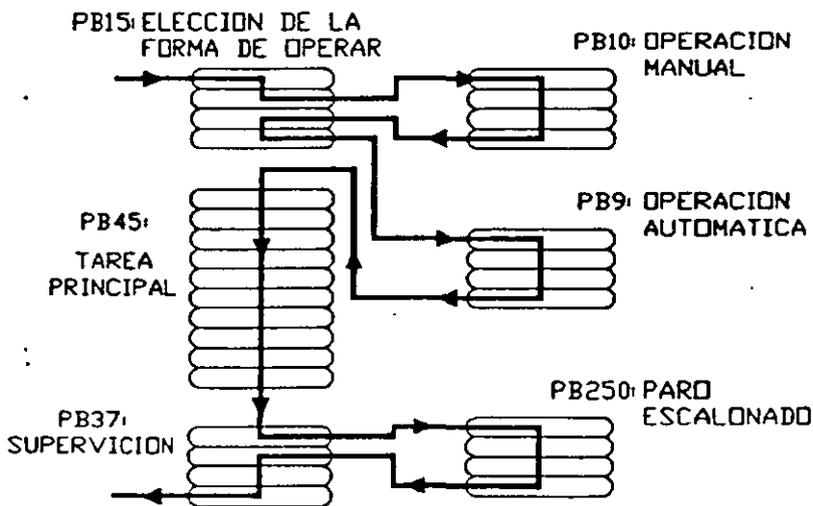


Figura 4. Bloques de programa.

Bloques de Funciones (FB's). Sirven para implementar funciones repetitivas o muy complejas. Existen FB's de dos tipos: los FB's estandar y los FB's de usuario; los primeros vienen contenidos dentro del CPU del PLC y se pueden utilizar con sólo llamarlos, los segundos se pueden crear para que realicen una función específica que no este contenida dentro de los FB's estandar.

– Programas de Aplicación.

Un programa de aplicación en STEP5 debe contener al menos dos tipos de bloques. Uno de ellos siempre es el OB1. Los otros OB's, FB's y SB's del programa deben estar contenidos dentro del OB1, para que sean llamados y ejecutados.

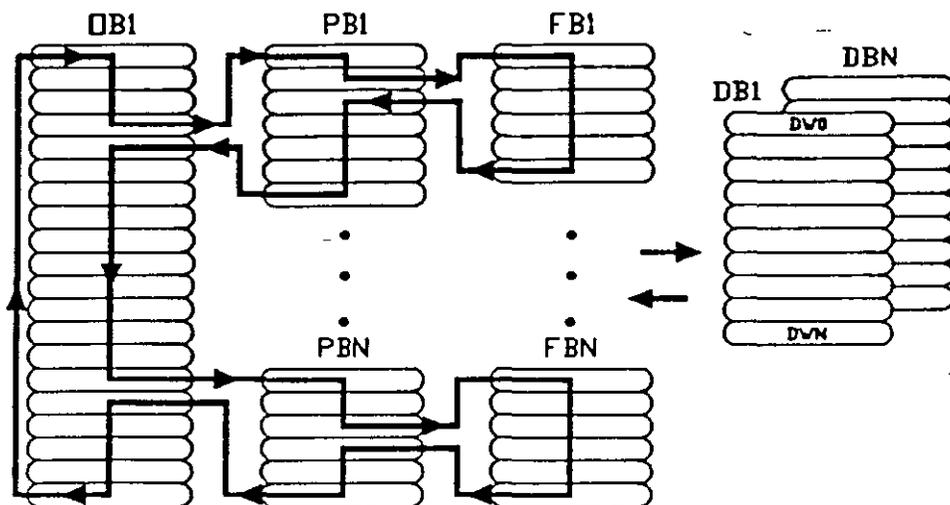


Figura 7. Estructura de un programa de aplicación.

El realizar la programación en bloques presenta una serie de ventajas cuando se tiene un programa de aplicación un tanto grande, ya que cada bloque puede ser probado y corregido independientemente; además, como los bloques se dividen a su vez en segmentos estos también se pueden analizar en forma independiente.

– Formas de representación de un programa en STEP5.

El lenguaje STEP5 tiene tres posibles formas de representación:

CSF (Control System Flowchart). La representación CSF es una manera de programación mediante bloques de funciones lógicas (AND, OR, etc).

LAD (Ladder Diagram). LAD es la forma de representar un programa mediante símbolos eléctricos (bobinas, contactos, etc), es decir, mediante diagramas de escalera.

STL (Statement List). El tipo de representación STL es mediante lista de instrucciones, es decir, mnemónicos que indican el tipo de operación que se

desea realizar. Este tipo de programación es similar al lenguaje ensamblador utilizado en programación de microprocesadores.

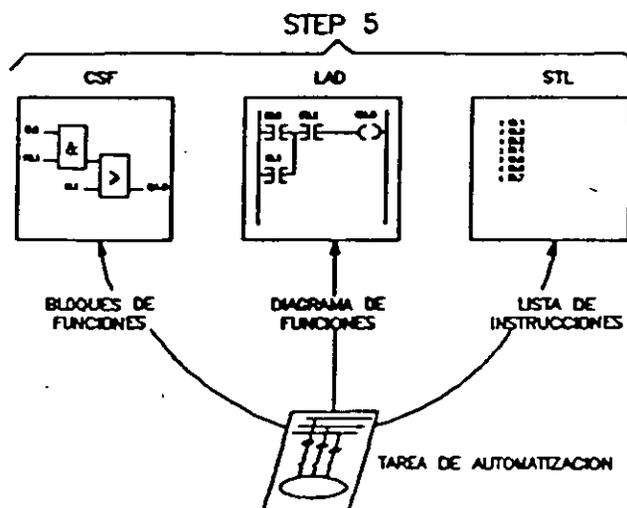


Figura 8. Formas de representación en STEP 5.

– Instrucciones básicas en STEP5.

Una instrucción en STEP 5 se compone de una parte operacional, y un operando. Los operandos son utilizados en los tres tipos de representaciones e indican con que parámetro se va a ejecutar la operación. Por ejemplo:

I 1.1	Señal de entrada tipo bit localizada en el byte 1, bit 1 del mapa de memoria.
FW 3	Bandera tipo palabra localizada en el byte 3 y 4 del mapa de memoria.
Q 2.3	Señal de salida tipo bit localizada en el byte 2, bit 3 del mapa de memoria.
C 4	Contador no. 4.
T 5	Temporizador no. 5.
PB	20 Bloque de programa no. 20.

Un operando queda identificado por dos informaciones, la etiqueta del tipo de operando o tipo de señal y su dirección. Ejemplos de tipos de operandos son:

I	Entrada.
Q	Salida.
F	Bandera.
D	Dato.
T	Temporizador.
C	Contador.
P	Periferia (tarjetas analógicas).

K Constante.
 OB, PB, etc. Bloques.

La parte operacional de una instrucción es utilizada en conjunto con los operandos cuando se programa en representación STL; y es la que describe el trabajo o función a realizar. Por ejemplo:

A And.
 O Or.
 = Asignar un resultado,
 C Llamar un bloque de datos.
 JU Saltar incondicionalmente a un bloque determinado.

Ejemplos de instrucciones pueden ser:

A I 1.1
 O F 3.0
 = Q 2.3
 JU PB20.

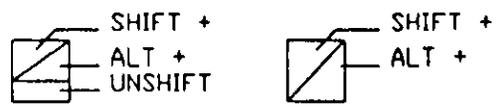
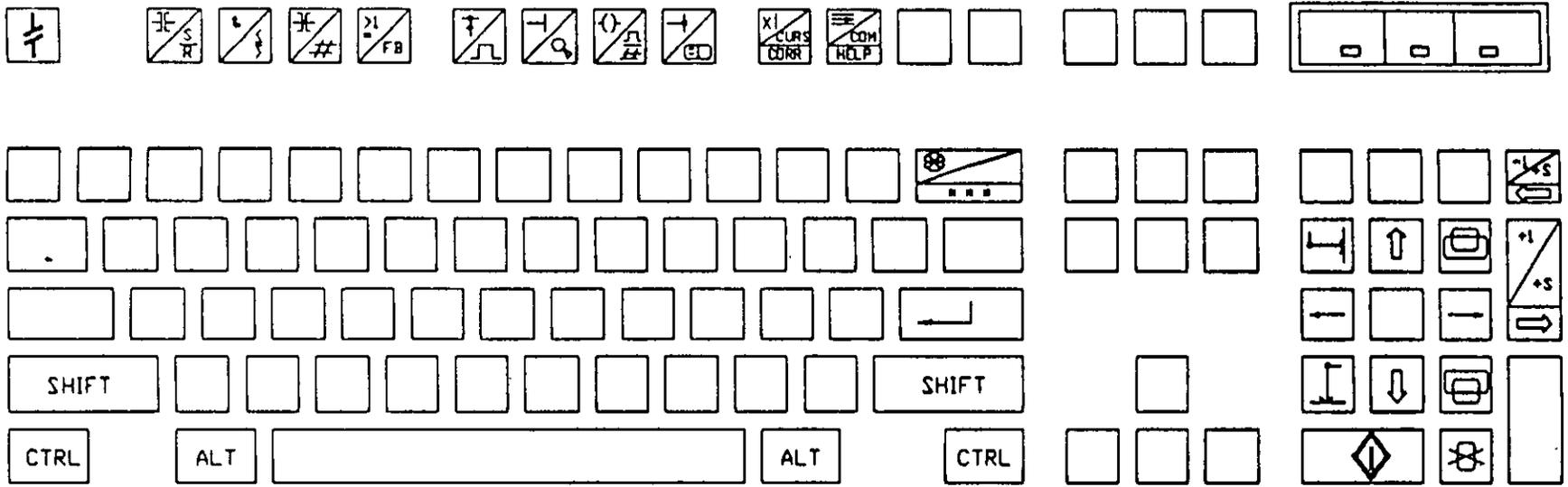
$\overline{A} \quad \overline{I \ 0.1}$

Figura 9. Constitución de una instrucción en STL.

— Programador.

El programador de PLC's disponible consiste de una microcomputadora, la cual tiene cargado el lenguaje de programación STEP 5, y cuenta con la interfase necesaria para tener comunicación con el PLC.

El teclado de la computadora será la herramienta mediante la cual se accesarán los comandos de programación. Dicho teclado presenta una correspondencia tecla-función diferente a la que se puede observar. La configuración del teclado para STEP 5 es el mostrado en la siguiente figura.



4

– Acceso a STEP 5.

Dentro del sistema operativo de la microcomputadora, se escribe el comando S5 para acceder a STEP 5. A continuación aparecerá la primera pantalla de trabajo, la cual recibe el nombre de KOMI, y es donde se presentan todas las opciones con que cuenta el programador. La selección de una tarea determinada se realiza posicionando el cursor delante de la opción deseada y presionando la tecla funcional F1 (PACKAGE).

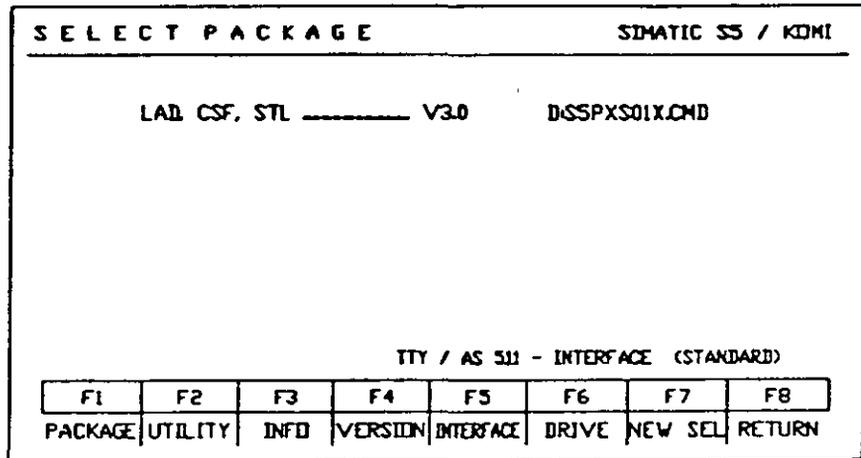


Figura 11. Pantalla de selección de opciones (KOMI).

Todo el software S5 que se utilice a partir de este punto se caracteriza por el uso de pantallas con una misma estructura. En la parte superior de la pantalla se indica en todo momento la función que se está realizando y la información, si es necesario, del archivo correspondiente. En la parte inferior se encuentra la región de diálogo con el usuario, compuesta básicamente de dos subregiones: el menú con la correspondencia de función-tecla de función; y la línea de avisos y mensajes de error. En la parte central de la pantalla se desarrolla propiamente la función de programación.

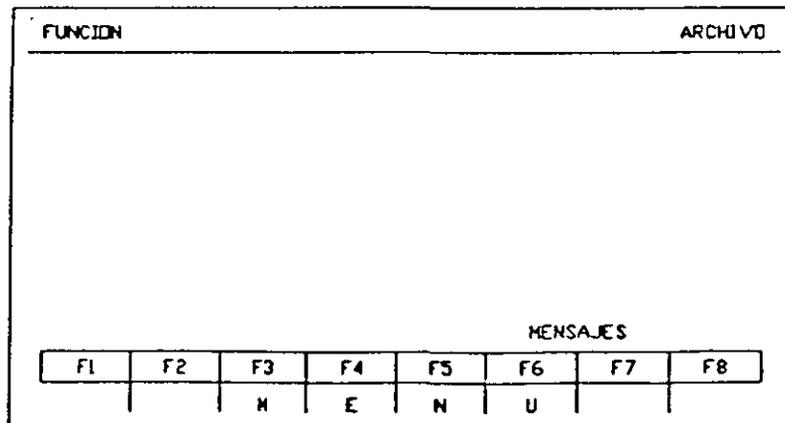


Figura 12. Estructura de las pantallas de STEP 5.

Nota: En todo momento de la programación se puede recurrir a la tecla de ayuda **HELP** que se encuentra en la parte superior derecha del teclado (F10).

Para desarrollar los programas de aplicación S5 en cualquiera de sus tres formas de representación se selecciona la opción LAD, CSF, STL que aparece en la pantalla KOMI.

A continuación aparece una pantalla denominada máscara de ajustes previos (PRESETS). En ella se fijan las condiciones de trabajo: nombre del archivo, tipo de representación, modo de operación, etc.

P R E S E T S				SIMATIC S5 / PES01			
REPRESENT. : (LAD, CSF STL)				PROGRAM FILE : D:#####ST.SSD [RV]			
SYMBOLS : (NO, YES)				SYMBOLS FILE :			
COMMENTS : (YES, NO)				FOOTER FILE :			
FOOTER : (NO, YES)				PRINTER FILE :			
CHECKSUM : (NO, YES)							
MODE : (OFF, ON)							
PATH NAME :				PATH FILE :			
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
		SELECT			ENTER	INFO	

Figura 13. Máscara de ajustes previos (PRESETS).

S E L E C T F U N T I O N				SIMATIC S5 / PES01			
REPRESENT. : (LAD, CSF STL)				PROGRAM FILE : D:#####ST.SSD [RV]			
SYMBOLS : (NO, YES)				SYMBOLS FILE :			
COMMENTS : (YES, NO)				FOOTER FILE :			
FOOTER : (NO, YES)				PRINTER FILE :			
CHECKSUM : (NO, YES)							
MODE : (OFF, ON)							
PATH NAME :				PATH FILE :			
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
INPUT	OUTPUT	TEST	PC FCT	PC INFO	PRESETS	AUX FCT	RETURN

Figura 14. Máscara de Selección de Funciones.

El nombre del archivo debe tener como máximo 6 caracteres. El tipo de representación se selecciona presionando la tecla F3.

El modo de operación tiene dos opciones ON y OFF. ON indica que la comunicación programador-PLC está activada y OFF que se encuentra desactivada. Al igual que para el tipo de representación, el modo de operación se selecciona con F3.

Una vez hechos y aceptados los ajustes de la máscara PRESETS aparece en la pantalla el menú principal LAD, CSF, STL. En este punto se puede ejecutar cualquier función disponible en el menú. Por ejemplo: F1 INPUT para empezar a crear un bloque; F2 OUTPUT para acceder un bloque anteriormente realizado; F3 TEST para probar el funcionamiento de bloques;; F8 RETURN para regresar a la pantalla KOMI.

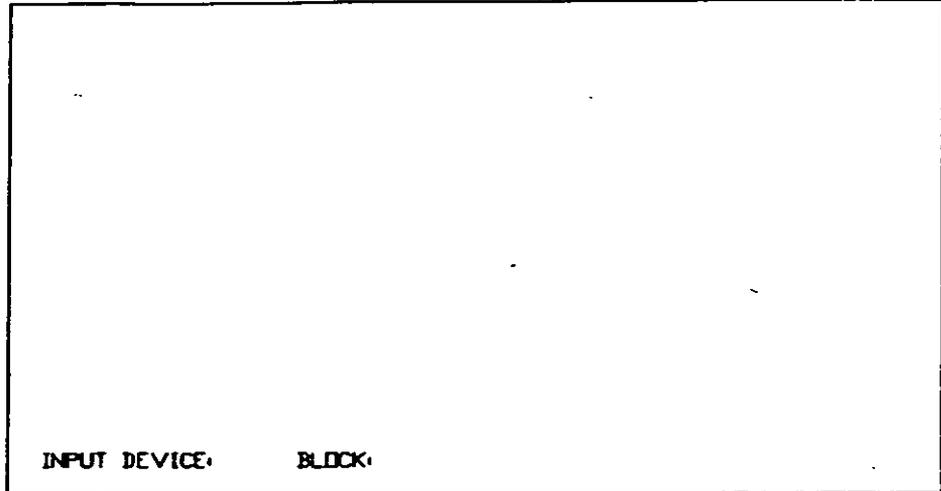
– **Edición de un programa nuevo: modo INPUT.**

Para introducir un programa por primera vez se selecciona en el menú principal la opción F1 INPUT. Esta función tiene a su vez un submenú con las operaciones F1 BLOCK y F4 MASK. Con F1 se pasa a una pantalla donde se selecciona el dispositivo de entrada (PC = PLC, PG = programador o FD = disco duro o flexible), y el tipo y número de bloque a editar (OB, PB, etc.).

I N P U T				SIMATIC S5 / PES01			

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
BLOCK			SCR FORM				RETURN

(a)



(b)

Figura 15. Acceso a modo INPUT (F1).

– Edición en representación CSF.

Para efectos de edición CSF, la pantalla está dividida en 8 niveles horizontales, donde puede situarse un símbolo funcional o un operando. Verticalmente no hay límite de niveles.

Los símbolos básicos que se utilizan son: compuertas AND y OR, complementados con Flip-Flops, Timers, Contadores.

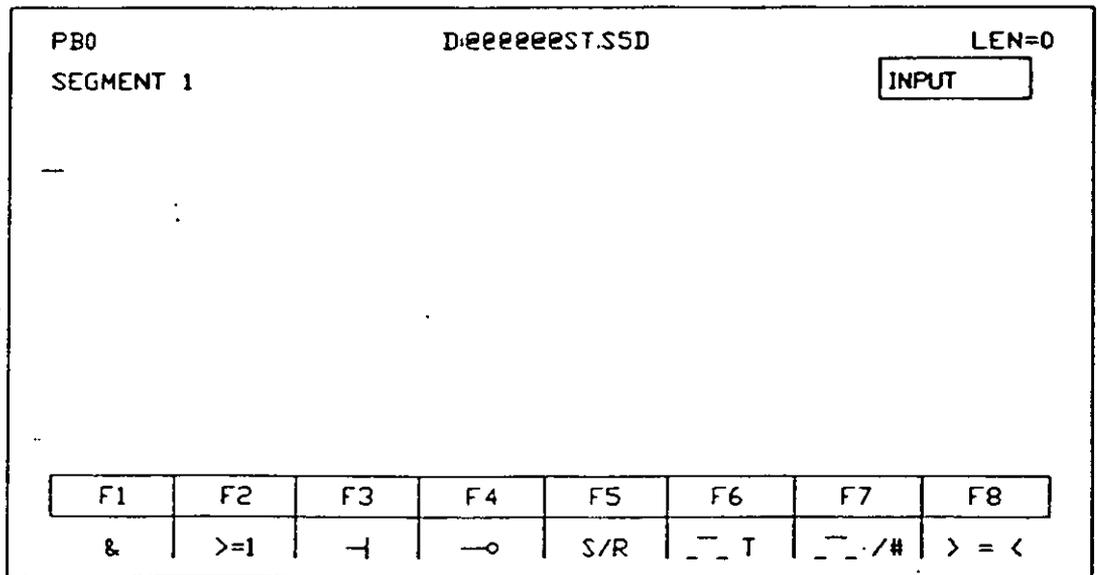


Figura 16. Pantalla de programación en CSF.

– Edición en representación LAD.

La pantalla en una representación LAD se encuentra dividida de la misma manera que para CSF. Los elementos eléctricos característicos de la representación LAD son contactos y bobinas. Los tipos de contactos con los que se cuenta son dos: normalmente cerrados y normalmente abiertos.

De la interconexión de contactos y bobinas se pueden realizar diferentes tipos de operaciones lógicas, como AND's y OR's, ya que los demás símbolos son similares, tanto en edición CSF como en LAD.

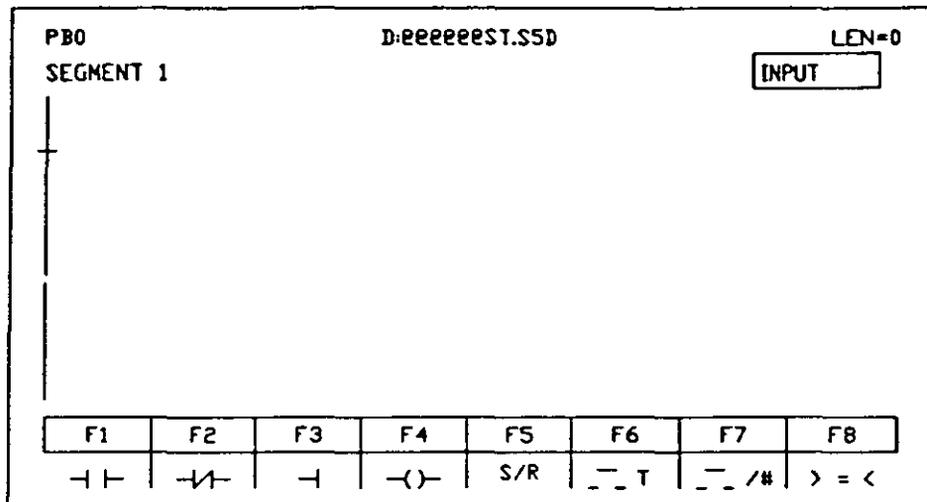


Figura 17. Pantalla de programación en LAD.

– Edición en representación STL.

Cuando se trabaja en representación STL, en lugar de utilizar gráficos se utilizan listas de instrucciones, esto es, mnemónicos similares a los que se utilizan en lenguaje ensamblador.

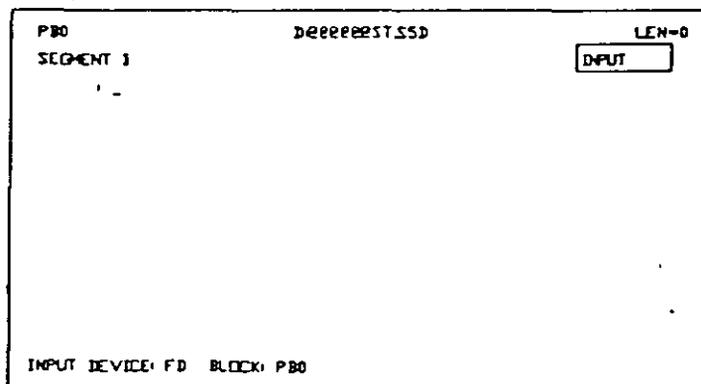


Figura 18. Pantalla de programación en STL.

– Listar programa ya creado: modo OUTPUT.

Para listar un programa ya creado se selecciona desde el menú principal la función F2 OUTPUT. Esta función tiene a su vez un submenú con la opciones F2 BLOCK y F4 MASK. Con F2 se pasa a una pantalla donde se selecciona el dispositivo donde se encuentra almacenado el programa, el tipo y número de bloque, y el número de segmento a visualizar.

O U T P U T				SIMATIC SS / PES01			
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
BLOCK			SCR FORM				RETURN

(a)

OUTPUT DEVICE:	BLOCK:	SEARCH:	PTR:

(b)

Figura 19. Acceso a modo OUTPUT (F2).

– Inserción y borrado de segmentos: modo INSERT y DELETE.

Para insertar segmentos a un programa ya creado se selecciona desde el menú principal el modo OUTPUT. Se posiciona el cursor donde se desea realizar la inserción y se oprime SHIFT F10. En este momento se borra la pantalla y se puede editar el segmento deseado. Una vez editado el segmento se oprime la tecla de aceptación total. El sistema se encarga de

hacer un corrimiento en numeración a los segmentos bajo el segmento insertado.

Para borrar segmentos de un programa ya creado se selecciona desde el menú principal el modo OUTPUT. Se posiciona el cursor al principio del segmento que se desea borrar y se oprime la tecla X, y el sistema pregunta si en realidad se desea borrar. Para aceptar el borrado del segmento se oprime la tecla de aceptación total.

– **Corrección de un segmento: modo CORRECT.**

Para corregir segmentos de un programa ya creado se selecciona desde el menú principal el modo OUTPUT. Se posiciona el cursor en el segmento que se desea corregir y se presiona la tecla CORR. Se realiza la corrección del segmento. La corrección total debe aceptarse con la tecla de aceptación total.

– **Transferencia de un programa: modo TRANSFER.**

Para transferir un programa residente en disco duro o en disco flexible al PLC se selecciona desde el menú principal la función F7 AUX FCT (Funciones Auxiliares), el cual a su vez tiene un submenú conformado por las siguientes opciones: F1 TRANSFER, F2 DELETE, F3 DIR, F6 PRG FIL y F7 RETURN. Con F1 se pasa a una pantalla donde se piden fuente del programa, bloque a transferir, destino de transferencia y nombre del bloque en el destino. La transferencia es realizada cuando se escribe toda la información que el programador requiere y se presiona la tecla de aceptación total. La figura 20 muestra los pasos a seguir (por medio de pantallas) para realizar este procedimiento.

AUXILIARY FUNCTIONS						SIMATIC SS / DES0A	
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
TRANSFER	DELETE	DIR			PRG FILE		RETURN

(a)

TRANS SOURCE:	BLOCK:	TO DEST:	BLOCK:
---------------	--------	----------	--------

(b)

Figura 20. Máscara de Transferencia de un Programa.

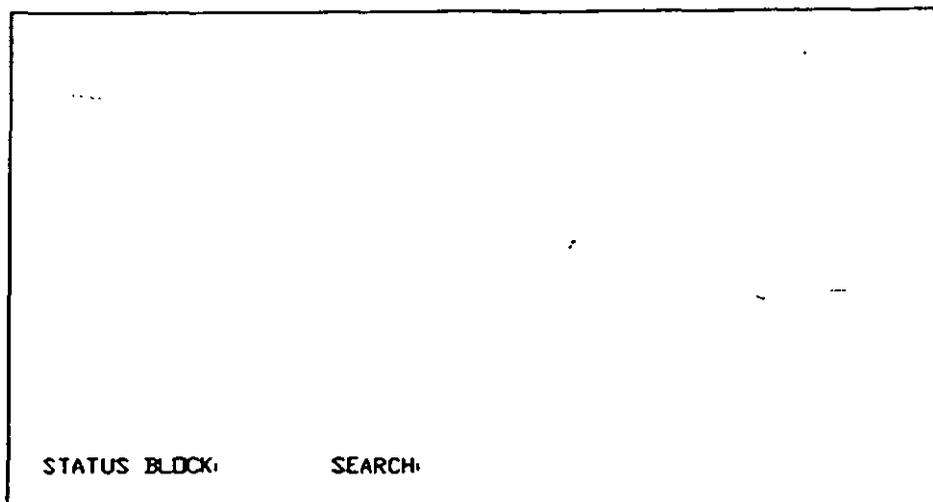
– Prueba de un programa: modo TEST/STATUS.

El programador tiene una función que permite verificar el funcionamiento de un programa residente en el PLC. Esta función consiste en verificar en tiempo real el estado lógico de las diferentes señales involucradas en los bloques que conforman el programa.

Para entrar a dicha función es necesario localizarse en el menú principal y oprimir la función F3 TEST, la cual tiene un submenú con las opciones: F1 PRO CTRL, F2 PRO CTRL, F3 STATUS y F8 RETURN. Con F3 se pasa a una pantalla que pide la información del bloque y el segmento a analizar. Si no se da el número de segmento se empezará a partir del número 1. Con aceptación total se despliega el segmento del bloque solicitado. Dentro de esta función se tiene la posibilidad de realizar correcciones.

TEST FUNCTIONS							SDMATIC SS / PESDI	
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	
PROG TEST	DO TEST	STATUS					RETURN	

(a)



(b)

Figura 21. Función TEST/STATUS (F3).

– **Tipo de operaciones.**

Existen tres tipos de operaciones en STEP5:

- operaciones complementarias
- operaciones sistema
- operaciones básicas

– **Operaciones Complementarias.**

Las operaciones complementarias comprenden funciones complejas tales como instrucciones de sustitución, funciones de prueba de bit, operaciones de desplazamiento y transformación, las cuales sólo pueden programarse en STL.

– **Operaciones de Sistema.**

Las operaciones de sistema accesan directamente al sistema operativo, y también sólo son programables en STL.

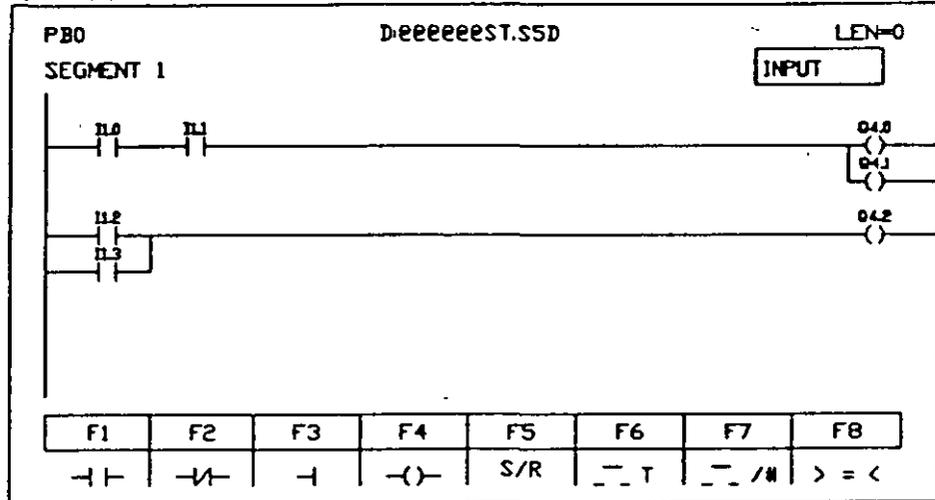
– **Operaciones Básicas.**

Las operaciones básicas comprenden funciones ejecutables en los diferentes tipos de bloques. Pueden ser programadas en los tres tipos de representación.

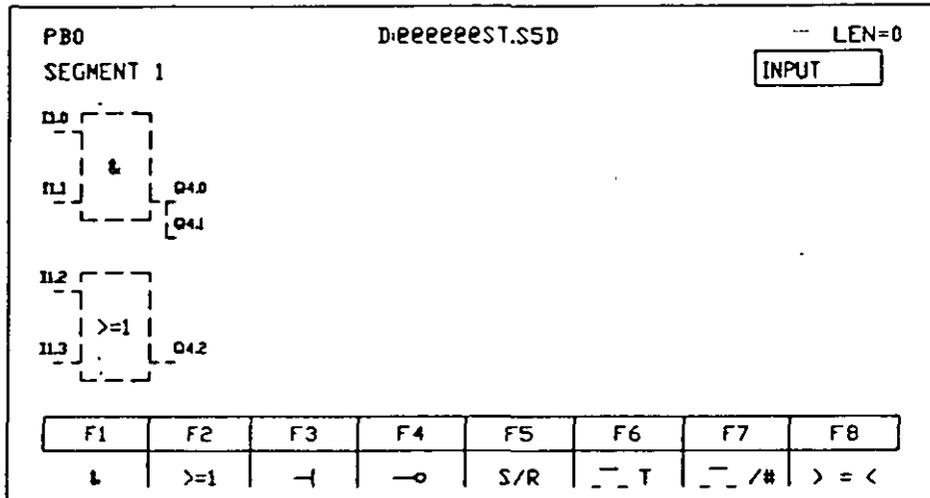
Las operaciones básicas de las tres representaciones son: AND, OR, funciones de memoria R-S, temporizadores, contadores y comparadores.

AND. Ejemplo de una AND en las tres representaciones se puede observar en las figuras 22(a), 22(b) y 22(c).

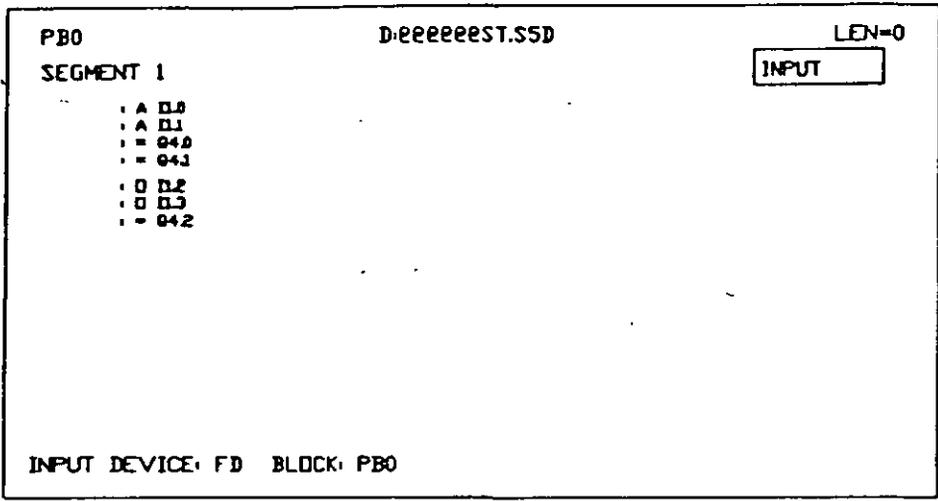
OR. Una OR se puede representar como se muestra en las figuras 22(a), 22(b) y 22(c).



(a) Formas de representación de una Compuerta AND y una OR en LAD.



(b) Formas de representación de una Compuerta AND y una OR en CSF.



(c) Formas de representación de una Compuerta AND y una OR en STL.

Figura 22. Formas de representación de una Compuerta AND y una OR.

Función de memoria R-S. La función de memoria R-S consiste en un flip-flop R-S que funciona con transición de estado bajo a alto. Este dispositivo cuenta con dos opciones de prioridad: prioridad al set y prioridad al reset.

La prioridad al set proporciona un "1" a la salida mientras el set este activado (estado lógico alto). Sin importar la entrada del reset.

La prioridad al reset proporciona un "0" a la salida mientras el reset este activado (estado lógico alto). Sin importar la entrada del set.

Su representación gráfica es la misma para CSF y LAD, mientras que para STL es necesario conocer las instrucciones necesarias para poder programarlo.

S	R	Q
0	0	$Q_t = -1$
0	1	0
1	0	1
1	1	0

(a) Flip-Flop con prioridad al Reset

R	S	Q
0	0	$Q_1 = -1$
0	1	1
1	0	0
1	1	1

(a) Flip-Flop con prioridad al Set

Figura 23. Tablas de verdad de las funciones de memoria R-S.

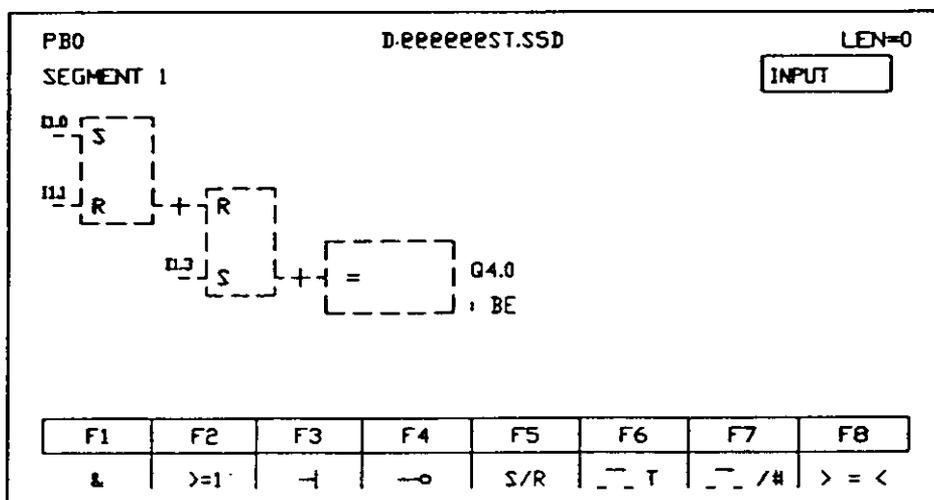


Figura 24. Funciones de memoria R-S.

Temporizadores (Timer's). Un temporizador es un dispositivo que funciona como reloj. La mitad de los que existen dentro del CPU son remanentes y la otra mitad no lo es:

Maneja los siguientes parámetros de programación:

- **I (arranque).** Sirve para inicializar el temporizador. Se habilita con transición bajo alto y tiene que ser una entrada tipo bit, ya sea entrada, salida o bandera.

- **TV (tiempo variable).** Proporciona el tiempo de conteo. Requiere una señal de entrada, la cual puede ser de tipo constante o tipo variable. La entrada de tipo constante tiene la forma $KT \#.*$, donde KT indica que es una entrada tipo constante, $\#$ puede tomar un valor de 0-999, y $*$ es un escalador que puede ir de 0-3 (0=0.01 s, 1=0.1 s, 2=1 s y 3=10 s). De tal forma, que el número $\#$ es multiplicado por $*$.

La entrada de tipo variable puede ser una DW (dato tipo palabra), IV (entrada tipo palabra), QW (salida tipo palabra), o FW (bandera tipo palabra).

- R (reset). Pone en cero la salidas.

- BI (cuenta binaria). Proporciona el conteo en forma binaria. Debe direccionarse a una señal tipo palabra.

- DE (cuenta BCD). Proporciona el conteo en forma BCD. Debe direccionarse a una señal tipo palabra.

- Q (salida). Proporciona un "1" cuando se está realizando el conteo y un "0" antes de empezar o después de terminar.

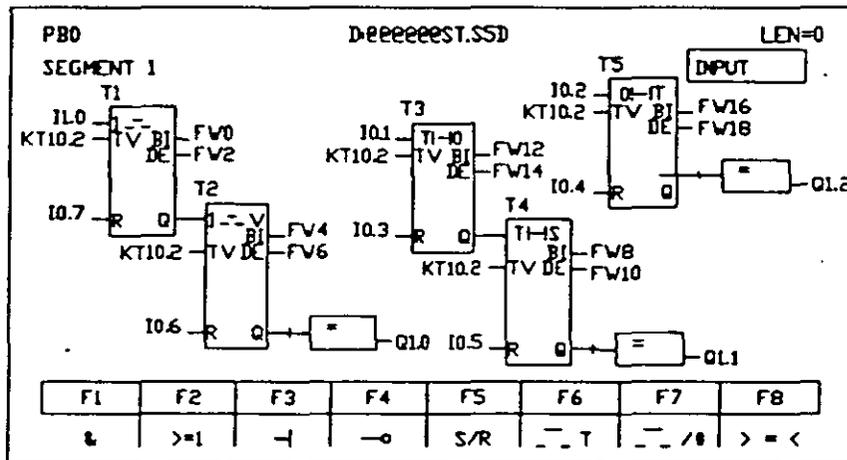


Figura 25. Bloque Temporizador

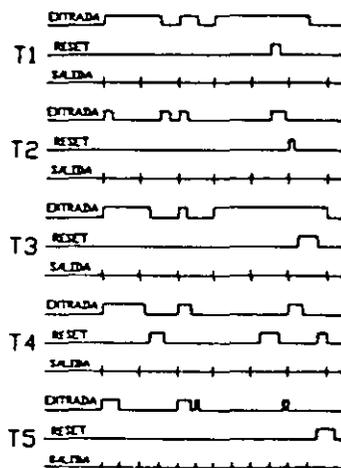


Figura 26. Diagrama de tiempo de los diferentes temporizadores

Existen 5 tipos de temporizadores:

- **SP (impulso)**. Mientras exista un "1" en el arranque el temporizador contará, en el momento que la señal de arranque pase a "0" se inicializará el temporizador. En caso de presentarse un reset el temporizador no contará hasta que se vuelva a arrancar.
- **SE (impulso prolongado)**. Funciona igual que el SP, pero no necesita que el pulso de arranque permanezca en "1" para seguir contando.
- **SR (retardo a la conexión)**. Funciona igual al SP, pero este empieza a contar después de transcurrir la constante de tiempo establecida.
- **SS (retardo a la conexión memorizada)**. Funciona igual que el SR, sólo que no requiere que el pulso de arranque permanezca en "1", durante el conteo.
- **SF (retardo a la desconexión)**. Funciona con un cambio de flanco alto bajo. No necesita que el pulso de arranque permanezca en "1".

Contadores. Es un dispositivo similar de conteo a los que se conocen de electrónica digital, y puede contar hacia adelante o hacia atrás. La mitad de los que existen dentro del CPU son remanentes y la otra mitad no lo es.

Para poder usarlo en forma adecuada es necesario programar los siguientes parámetros:

- **CU (Conteo hacia Adelante)**. Cuando se presenta una señal de tipo bit en la entrada CU, se incrementa la cuenta en 1 hasta un valor máximo de 999; después los cambios de estado en la entrada no afectan más. Esta función se habilita con un cambio de flanco positivo (de "0" a "1").
- **CD (Conteo hacia Atrás)**. Cuando se presenta una señal de tipo bit en la entrada CD, se decrementa la cuenta en 1 hasta un valor mínimo de 0; posteriormente los cambios de estado en la entrada no afectan más. Esta función se habilita con un cambio de flanco positivo (de "0" a "1").

- **S (Carga del Contador).**
- **R (Borrado del Contador).** Sirve para borrar la cuenta existente en el contador, tiene prioridad, ya que mientras exista un 1 en la entrada "R" no se efectúa ninguna función de conteo.
- **BI (Conteo Binario).** Guarda la cuenta en forma binaria, por lo cual se direcciona a una señal tipo palabra.
- **DE (Conteo en BCD).** Proporciona el conteo en forma codificada BCD, por lo cual se requiere direccionar como una señal tipo palabra.
- **Q (Salida).** Proporciona un 1 cuando se realiza la cuenta, en algún otro caso se tiene un 0.

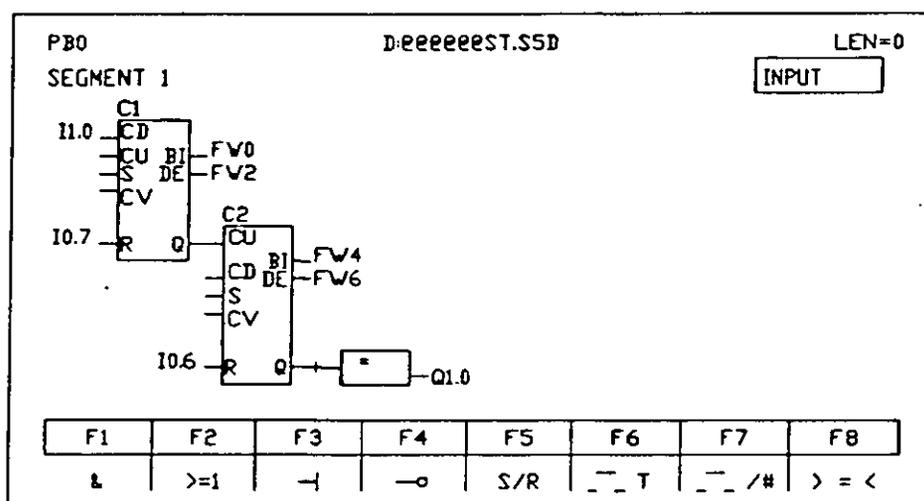


Figura 27. Bloque contador

Comparadores. Esta función como su nombre lo indica sirve para "comparar" el estado de un par de señales, que pueden ser del tipo byte o del tipo palabra, sin importar si son entradas, salidas o banderas.

Un comparador requiere de los siguientes parámetros para funcionar:

- **C1 (valor 1).** Es el valor (tipo byte o palabra) que se va a comparar contra C2.

- **C2 (valor 2).** Es el valor (tipo byte o palabra) contra el que se va a comparar C1.
- **Q (salida).** Proporciona el resultado de la comparación entre C1 y C2.

Existen diferentes criterios de comparar las señales:

- **!= (igual).** En este caso la salida proporciona un 1 sólo si el par de señales en las entradas son iguales, en cualquier otro caso la salida es 0.
- **< > (distinto).** Existe un 1 en la salida cuando el par de señales son diferentes, de alguna otra forma la salida es 0.
- **> = (mayor-igual).** La salida será igual a 1 en el caso en que el valor de C1 sea mayor o igual al valor de C2, de no ser así la salida será 0.
- **> (mayor).** Se tendrá un 1 en la salida en el caso de que C1 sea mayor a C2, de otra manera la salida será 0.
- **< = (menor-igual).** La salida será igual a 1 en el caso en que el valor de C1 sea menor o igual al valor de C2, de no ser así la salida será 0.
- **> (menor).** Se tendrá un 1 en la salida en el caso de que C1 sea menor a C2, de otra manera la salida será 0.

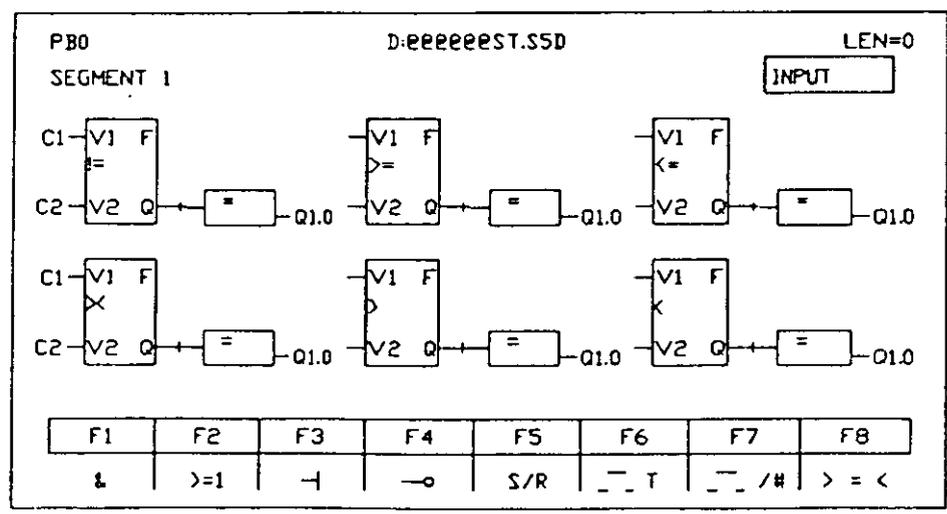


Figura 28. Bloque comparador

APLICACIONES DE PLC's

CAPITULO 7

APLICACIONES DE LOS CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES

Areas Típicas de Aplicación de los Controladores Lógicos Programables

Desde su concepción primaria al final de la década de los años 60 los controladores programables, han sido utilizados prácticamente en todo tipo de industrias. Esto quizá se deba a la facilidad que brindan en su instalación, manejo y programación. Enseguida se listan algunas de las áreas de aplicación:

Industria Química y Petroquímica

- Procesos en lote
- Manejo de materiales
- Pesado
- Mezclado
- Manejo de productos terminados
- Tratamiento de aguas residuales
- Control de tuberías
- Perforación de pozos

Industria Manufacturera y de Maquinado

- Demanda de energía
- Maquinado en tornos
- Bandas transportadoras
- Máquinas de ensamblado
- Molinos
- Desbastado de materiales
- Manejo de grúas viajeras
- Galvanoplastia (electrodeposición)
- Máquinas soldadoras

Pintado
Moldeo por inyección y soplado
Fundición

Industria Minera

Bandas transportadoras de materiales
Procesamiento de minerales
Carga y descarga
Manejo de aguas residuales

Industria de la Pulpa y el Papel

Digestores en lote
Manejo de astillas
Recubrimientos
Empacado y sellado

Industria del Vidrio y Películas

Proceso
Formado
Acabado
Empacado y sellado
Paletizado
Manejo de materiales
Pesado en tolvas

Industria Alimenticia y de Refrescos

Manejo de materiales en masa
Industria cervecera
Destilado
Mezclado de fluidos
Manejo de contenedores
Empacado

Llenado
Pesado
Manejo de productos
Bandas ordenadoras
Bandas acumulativas
Carga de formado
Paletizado
Retiro y almacenamiento en bodegas de materia prima
Enlatado

Industria Metalúrgica

Control de hornos de arco
Formado continuo
Rolado en frío
Cámaras de hidratación (Soaking pit)

Generación de Energía Eléctrica

Manejo de carbón
Control de quemadores
Control de combustibles
Separadores de carga
Ordenadores
Procesos de soplado
Desvastado de madera
Cortadores longitudinales

Aplicaciones Específicas

Industria Hulera y del Plástico

Monitoreo de prensas de neumáticos.- El controlador programable lleva a cabo por tiempo el monitoreo de presión y temperatura en forma individual de las prensas, durante el ciclo de prensado de neumáticos. La información concierne al estado de las máquinas se almacena en tablas, para su posterior uso, a la vez que alerta al operador acerca del mal funcionamiento de las prensas. También genera reportes impresos para cada ciclo, donde se resume las veces en las que el ciclo se terminó satisfactoriamente, así como los tiempos en que la prensa dejó de operar debido a mal funcionamiento.

Fabricación de neumáticos.- En este caso el PLC se puede utilizar en el proceso de curado y prensado de neumáticos, para controlar la secuencia de eventos que deben ocurrir para transformar la materia prima (caucho) en neumáticos listos para ser montados en automóviles. Dicho control incluye el moldeo del patrón de cuerdas y curado del caucho para obtener las características de resistencia al camino. La aplicación del controlador programable reduce sustancialmente el espacio físico requerido e incrementa la confiabilidad y la calidad del producto.

Producción de caucho.- Un controlador programable dedicado provee un control preciso de peso, de las funciones lógicas de mezclado, control la fórmula múltiple de operación del carbón negro, así como la aplicación de aceite y pigmentos usados en la producción de caucho. El sistema maximiza la utilización de las máquinas-herramientas durante la secuencia de producción, así como poder llevar a cabo inventarios en línea, con lo que se ahorra tiempo y se reduce el personal requerido para supervisar la producción evitando la generación manual de reportes al final de cada turno.

Moldeo por inyección de plástico.- El controlador programable se emplea para monitorear variables tales como temperatura y presión, las que son usadas para optimizar el proceso de moldeo por inyección. El sistema provee control de inyección en lazo cerrado, tal que se pueden tener varios niveles de velocidad para mantener un llenado consistente, reduciendo los defectos superficiales y el esfuerzo requerido lo que se traduce en una reducción en el tiempo del ciclo. El sistema también puede acumular datos producción para uso futuro.

Industria Química y Petroquímica

Procesamiento de amoníaco y etileno.- Los controladores programables en este caso monitorean y controlan grandes compresores, que se usan para la manufactura de amoníaco, etileno y otros productos químicos. También se emplean para monitoreo de la temperatura en rodamientos, velocidad de compresores, consumo de potencia, vibración, temperaturas de descarga, presión, flujos de succión y consumo de gases combustibles.

Colorantes (dyes).- Los PLC's monitorean y controlan el procesamiento de colorantes utilizados en la industria textil. Estos proveen un procesamiento preciso de mezclado e igualado de colores.

Reactores continuos en lote.- El PLC controla la relación de dos o más materiales en proceso continuo. El sistema determina la razón de descarga de cada material, así como, lleva a cabo registro de información para inventario y de otros datos de interés. Se pueden almacenar también recetas, las cuales pueden ser reutilizadas automáticamente o por orden del operador.

Control de ventiladores.- El controlador programable opera automáticamente los ventiladores en medios ambientes con atmósferas peligrosas, basandose en los niveles de gases tóxicos. El sistema también provee mediciones efectivas de gases de expulsión cuando un nivel previamente establecido de contaminación se alcanza. También el PLC controla el arranque y paro de ventiladores, así como ciclos preestablecidos de los mismos, además de la velocidad, para mantenerla dentro de ciertos niveles cuando se trata de minimizar el consumo de energía.

Transmisión y distribución de gas.- En este caso el controlador programable monitorea y regula la presión y flujo en sistemas de transmisión y distribución de gases, también puede ser utilizado como colector de datos y mediciones de campo.

Perforación en campos petroleros.- El PLC provee in-situ información acerca de las características tales como, profundidad del pozo y densidad de los lodos extraídos una vez que ha procesado las mediciones de campo. También controla y monitorea las maniobras y operaciones en el proceso de

perforación, pudiendo avisar al operador de cualquier posible mal funcionamiento.

Control de estaciones de tuberías de bombeo.- El PLC controla las bombas principales y de succión empleadas en la distribución de petróleo crudo. También puede llevar a cabo mediciones de flujo, succión, descarga y límites altos o bajos en tanques (sólo por mencionar algunas tareas). También puede establecer comunicación con sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) para tener una supervisión total de las tuberías.

Generación de Energía Eléctrica

Plantas generadoras.- El controlador programable regula la apropiada distribución de la electricidad disponible, gas o vapor. Adicionalmente, el PLC monitorea las facilidades de potencia en la planta, la distribución de energía y puede generar reportes de la misma. El PLC controla la carga durante la operación de la carga, así como, también el proceso automático de tirar carga y reestablecimiento durante salidas de la misma.

Manejo de energía.- A través de la lectura de temperaturas en el interior y exterior de la planta el PLC controla los sistemas de aire acondicionado. El sistema basado en el PLC controla las cargas, pudiendo llevar a cabo ciclos preestablecidos de encendido y apagado de los sistemas de aire acondicionado, pudiendo generar reportes de la cantidad de la energía utilizada por dichos sistemas.

Proceso de pulverización de carbón.- El controlador puede monitorear que tanta energía se genera a partir de una cantidad dada de carbón y regula el triturado y mezclado del mismo en los molinos de bolas. El PLC monitorea y controla a los quemadores, así como, la temperatura en los generadores de vapor, el secuenciado de válvulas y el control analógico de las válvulas a chorro (jet).

Control de eficiencia de compresores.- El PLC controla varios compresores localizados en estaciones típicas de estos. El sistema maneja los interlocks, las secuencias de arranque y paro, los ciclos de los compresores y los mantiene trabajando a su máxima eficiencia utilizando las curvas no lineales de dichos compresores.

Industria Metalúrgica

Producción de acero.- El PLC controla y opera a los altos hornos a fin de que estos produzcan el metal con las especificaciones preestablecidas. El controlador también calcula los requerimientos de oxígeno, adición de chatarra y requerimientos de potencia.

Cargado y descargado de altos hornos.- A través de secuencias precisas de pesado y cargado de materiales el sistema controla y monitorea la calidad del carbón, chatarra y metales a ser fundidos. También puede ser controlada la secuencia de descarga del acero en carros torpedo.

Formado continuo.- El controlador programable direcciona el acero al rojo vivo a través de las guías de transporte hacia las máquinas de formado continuo, donde el acero es vaciado en moldes con agua fría para su solidificación.

Rolado en frío.- Los PLC's en este caso son utilizados para la conversión de productos semiterminados en productos terminados a través de las máquinas de rolado en frío. El sistema controla la velocidad de los motores para garantizar la tensión correcta y proveer un adecuado perfil del material rolado.

Manufactura de aluminio.- El controlador monitorea el proceso de refinación en el que son retiradas las impurezas de la bauxita mediante calor y químicos. El sistema puede mezclar y pulverizar el metal con químicos que posteriormente son bombeados hacia recipientes presurizados, donde son calentados, filtrados y combinados con más químicos para producir el aluminio.

Industria de la Pulpa y el Papel

Mezclado de pulpas.- El PLC controla la secuencia de operación, medición de las cantidades de los ingredientes, así como, de almacenar las recetas para el proceso de mezclado. El sistema permite al operador modificar las entradas de los lotes de cada una de las cantidades, si es necesario, y proporciona reportes impresos para el control de inventarios y para el conteo de ingredientes utilizados.

Preparación de materias primas para el proceso de fabricación del papel.- Este tipo de aplicaciones incluye el control del sistema de

preparación de pulpa para la fabricación de papel. Los procedimientos a seguir para cada uno de los tanques se seleccionan y ajustan desde la consola del operador. El sistema también puede controlar la lógica de realimentación para la adición de químicos basándose en las mediciones de nivel de los tanques. Al término de cada ciclo completo el controlador programable puede proporcionar reportes de manejo y uso de materiales.

Digestores de papel.- Sistemas basados en PLC's llevan a cabo completamente el control de los digestores de pulpa para el proceso de pulpa de papel a partir de astillas de madera. El sistema calcula y controla la cantidad de astillas tomando como base la densidad de la mezcla y el volumen del digestor, también calcula el porcentaje de los licores de cocción y las cantidades requeridas se alimentan en secuencia. El PLC aumenta y mantiene la temperatura de cocción hasta que dicho proceso se ha completado. Toda la información concerniente al proceso es transmitida hacia el PLC para posteriormente generar reportes.

Producción de papel.- El controlador regula la base de peso promedio y humedad para el grado (peso) del papel. El sistema manipula las válvulas de vapor, ajusta las válvulas stock para regular el peso, así como monitorea y controla el flujo total.

Industria de Procesamiento del Vidrio

Mezclado de materias primas.- Los PLC's controlan el pesado de materias primas de acuerdo con las fórmulas de composición del tipo de vidrio que se desee producir. El sistema también controla a los alimentadores electromagnéticos, ya sea para depositar o extraer material de la tolvas de pesado.

Pesado del cullet (pedacería de vidrio).- Los PLC's direccionan los sistemas de pedacería de vidrio controlando los alimentadores vibratorios así como las básculas de banda y las bandas transportadoras. Todas las secuencias de operación e inventario de las cantidades pesadas son almacenadas en el PLC para su uso posterior.

Industria Automotriz

Monitoreo de máquinas de combustión interna.- El sistema adquiere información de los sensores localizados en las máquinas de combustión interna entre las que se pueden considerar, la temperatura del agua de enfriamiento, temperatura de aceite, velocidad angular, par, temperatura de gas de expulsión, presión de aceite, presión en el cigüeñal y tiempo de la máquina.

Prueba de carburadores.- Los PLC's proveen un análisis en línea para carburadores de automóviles en el ensamble. Estos sistemas reducen significativamente el tiempo de prueba, mientras que pueden asegurar un alto nivel de calidad de los carburadores. Algunas de las variables bajo prueba son: presión, vacío, así como el flujo de aire y combustible.

Industria Manufacturera y de Maquillado

Producción de máquinas.- El PLC controla y monitorea la producción de máquinas a altas tasas de rendimiento. El estado de la máquina y el conteo de piezas producidas también se monitorea y se pueden tomar acciones correctivas de manera inmediata si una falla es detectada por el controlador.

Máquinas embobinadoras.- El controlador monitorea el tiempo de los ciclos de encendido y apagado de la máquina embobinadora. El sistema provee el control de sincronización y aumento de velocidad de los drivers de los motores. Todos los ciclos son registrados y se generan reportes sobre la demanda, a fin de obtener la eficiencia de la máquina que previamente ha calculado el PLC.

Intercambio de herramientas de corte.- El PLC controla una máquina de desbastado de metales que cuenta con varios grupos de herramientas de corte. El sistema mantiene la secuencia de cuando es necesario que la herramienta sea reemplazada, tomando como base el número de partes a manufacturar. También puede mostrar la cuenta y número de reemplazos de todos los grupos de herramientas de corte.

Pintado con pistolas de aire.- Los PLC's controlan la secuencia de pintado en armadoras de vehículos automotores. La información de color y estilo es alimentada por el operador y los vehículos transitan a lo largo de una banda transportadora hasta que alcanzan la pistola de aire. El controlador decodifica la información referente a las partes del vehículo y controla las pistolas de aire para que dichas partes sean pintadas. El movimiento de la

pistola de aire se optimiza para mantener un pintado uniforme de todas las partes.

72