



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES CAMPUS ARAGÓN

“PROGRAMACIÓN BÁSICA DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE EX100 CON APLICACIÓN EN LA AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALUMBRADO Y ACCESOS PRINCIPALES DE UN EDIFICIO DE SEIS NIVELES”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N : JORGE MARINO ESPINOSA RIVAS SAMUEL MARTÍNEZ PEÑA

ASESOR DE TESIS ING. RAÚL BARRÓN VERA

SAN JUAN DE ARAGÓN EDO. DE MÉXICO ENERO 2002



TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Raúl Barrón Vera:

Por la asesoría brindada para la elaboración de esta tesis.

A mis padres:

Con profundo agradecimiento por la confianza y apoyo que me brindaron.

A la UNAM:

Por brindarme la oportunidad de estudiar.

A todas las personas que hicieron posible concluir este trabajo.

Jorge Marino Espinosa Rivas

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Raúl Barrón Vera:

Por la asesoría brindada para la elaboración de esta tesis.

A mis padres:

Por su confianza y apoyo para terminar mis estudios.

A la UNAM:

Por brindarme la oportunidad de ser profesional.

A todas las personas que hicieron posible terminar esta tesis.

Samuel Martínez Peña.

PREFACIO

Debido a que los PLC (Programmable Logic Controller) se implantan en las industrias mas variadas y su área de actuación está llegando a ser muy amplia, consideramos que el conocimiento de estos equipos debe ser mas difundido en México. Ya que los PLC están sustituyendo a los equipos cableados basados en relés electromagnéticos, o bien a los ordenadores que regulan una fabricación muy compleja.

En numerosos problemas de control es conveniente que se haga un estudio para determinar el modo de gobierno más apropiado y con esta consideración la elección se torna cada vez más hacia los autómatas programables o PLC. El punto de equilibrio a partir del cual su precio es comparable, o incluso inferior a los tradicionales de lógica cableada disminuye constantemente.

Además, no solo es cuestión de precio, sino una mejora en tiempo, flexibilidad incrementada en el manejo, alta fiabilidad, localización y eliminación rápida de fallos, reducción de espacio ocupado entre las ventajas más importantes. Simultáneamente el producto final, es decir, la máquina o la instalación equipada con uno de tales autómatas alcanza un nivel tecnológico más elevado.

El objetivo del trabajo de tesis que presentamos es mostrar como la utilización de autómatas programables debe estar en la mente de todo futuro ingeniero. Ya que la evolución de la industria en los años venideros nos permite afirmar que la producción al menor costo será, uno de los objetivos más esenciales. Se espera un desarrollo de los sistemas automatizados más intenso para aportar soluciones a problemas de naturaleza técnica, económica o humana.

Puesto que el PLC realiza una función de control, comúnmente se le llama controlador y entre las más frecuentes de estas operaciones se tiene: arranque, parada, inversión de rotación, control de velocidad que son algunas de las más frecuentes. Pero existen muchas otras que son características de los procesos en donde interviene el motor eléctrico. La unidad de control del PLC lee una tras otra las instrucciones almacenadas en la memoria, interpreta su contenido y se encarga de su ejecución. Al hacerlo, el controlador consulta el estado de los emisores y produce resultados a las salidas, tales como conexión o desconexión de bobinas, lámparas, electro válvulas, etcétera.

Una característica muy importante de los PLC, es que, además de gobernar las operaciones de los sistemas de control, deben proporcionar un sistema de seguridad adecuado que permite proteger a la máquina, su carga y al operador de las posibles fallas o perturbaciones a los que se puede ver sometido.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. CONCEPTOS GENERALES DE CONTROL.	
1.1 LOS SISTEMAS DE CONTROL.....	3
1.2 SISTEMAS LINEALES.....	4
1.3 SISTEMAS DE CONTROL RETROALIMENTADO.....	7
1.4 SISTEMAS DE CICLO CERRADO Y DE CICLO ABIERTO.....	9
1.5 SISTEMAS ANALÓGICOS Y DIGITALES.....	10
CAPÍTULO 2. SISTEMAS DE CONTROL ELÉCTRICO.	
2.1 SISTEMAS DE CONTROL CABLEADOS.....	12
2.2 SISTEMA DE CONTROL A RELÉS Y EL SISTEMA DE CONTROL CON CIRCUITOS LÓGICOS.....	13
2.3 EQUIVALENCIAS ENTRE EL SISTEMA DE CONTROL A RELÉS Y EL SISTEMA DE CONTROL CON CIRCUITOS LÓGICOS.....	18
2.4 APLICACIONES DEL SISTEMA DE CONTROL A RELÉS Y EL SISTEMA DE CONTROL CON CIRCUITOS LÓGICOS.....	22
CAPÍTULO 3. SISTEMAS DE CONTROL PROGRAMADOS.	
3.1 SISTEMAS DE CONTROL PROGRAMADOS.....	28
3.2 LENGUAJES DEL PLC.....	30
3.3 LENGUAJE DE CONTACTOS O ESCALERA.....	31
3.4 EQUIVALENCIAS ENTRE LENGUAJE ESCALERA Y DIAGRAMA A RELÉS.....	33
3.5 CONFIGURACIÓN Y EJECUCIÓN DE PROGRAMAS EN ESCALERA.....	37
3.6 TIPOS DE DISPOSITIVOS Y REGISTROS.....	39
3.7 NÚMERO DE DISPOSITIVOS Y REGISTROS.....	41
3.8 PUNTOS DE CONEXIÓN Y PALABRAS EN LOS MÓDULOS.....	43
CAPÍTULO 4. FUNCIONAMIENTO, CONFIGURACIÓN Y ESPECIFICACIONES DE FUNCIONES DEL P.L.C. EX100.	
4.1 FUNCIONAMIENTO DEL PLC.....	48
4.2 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DEL PLC EX100.....	53
4.3 COMPONENTES QUE CONSTITUYEN AL PLC EX100.....	54

4.4 CONFIGURACIÓN DE MÓDULOS E/S (ENTRADA / SALIDA).....	56
4.5 MÓDULO DE LA FUENTE DE PODER.....	57
4.6 MÓDULO DE LA CPU.....	58
4.7 MÓDULOS DE E/S.....	60
4.8 ESPECIFICACIONES DE FUNCIONES DEL EX100.....	61
4.9 ESPECIFICACIONES DE MÓDULOS DE E/S.....	62

CAPÍTULO 5. AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALUMBRADO Y ACCESOS PRINCIPALES DE UN EDIFICIO POR MEDIO DEL P.L.C. EX100.

5.1 INTRODUCCIÓN A LA APLICACIÓN.....	70
5.2 REQUISITOS IMPUESTOS AL CONTROL DE ALUMBRADO.....	72
5.3 SOLUCIÓN CON DIAGRAMA ELÉCTRICO CONVENCIONAL PARA EL CONTROL DE ALUMBRADO.....	72
5.4 DIAGRAMA ESCALERA PARA EL CONTROL DE ALUMBRADO.....	80
5.5 REQUISITOS IMPUESTOS AL CONTROL DE ACCESOS PRINCIPALES.....	87
5.6 SOLUCIÓN CON DIAGRAMA ELÉCTRICO CONVENCIONAL PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE ACCESOS PRINCIPALES.....	87
5.7 DIAGRAMA ESCALERA PARA EL CONTROL DE ACCESOS PRINCIPALES.....	95
5.8 MONTAJE DE MÓDULOS Y ASIGNACIÓN DE REGISTROS.....	99
5.9 AHORRO DE ENERGÍA EN EL SISTEMA DE ALUMBRADO.....	100
CONCLUSIONES.....	102
BIBLIOGRAFÍA.....	104

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

INTRODUCCIÓN

Los autómatas programables aparecieron en los Estados Unidos de América en los años 1969-1970, y más particularmente en el sector de la industria del automóvil; fueron empleados en Europa alrededor de dos años después. Su fecha de creación coincide con el comienzo de la era del microprocesador y con la generalización de la lógica cableada modular.

El autómata es la primera máquina con lenguaje, es decir, un calculador lógico cuyo juego de instrucciones se orienta hacia los sistemas de evolución secuencial. Hay que apreciar que, cada vez más, la universalidad de los ordenadores tiende a desaparecer, el futuro parece abrirse a esta nueva clase de dispositivos: Máquinas para proceso de señales.

El autómata programable es en este sentido un precursor y constituye para la automatización un esbozo de la máquina ideal.

La creciente difusión de aplicaciones de la electrónica, la fantástica disminución de los precios de los componentes, el nacimiento y desarrollo de los microprocesadores, y sobre todo, la miniaturización de los circuitos de memoria permiten presagiar una introducción de los PLC. (programmable logic controller por sus siglas en inglés), cuyo precio es atractivo incluso para equipos de prestaciones modestas en una inmensa gama de nuevos campos de aplicación.

El autómata programable puede utilizarse de forma aislada o insertado en un sistema de control de procesos distribuidos y ello, en instalaciones tan variadas como cerveceras, panaderías, fundiciones, refinerías, teleféricos o instalaciones de calefacción.

Con una combinación de posibilidades de regulación y de control secuencial, el autómata programable satisface las exigencias tanto de procesos continuos como discontinuos. Regula presiones, temperaturas, niveles y caudales, asegurando todas las funciones asociadas de temporización, cadencia, conteo y lógica.

Si se le incluye una tarjeta de comunicación adicional, el autómata se transforma en un poderoso satélite dentro de una red de control distribuida.

El desarrollo de la siguiente tesis, muestra de forma simplificada, la base teórica y práctica, necesaria para el desarrollo de un sistema de control. Tomando como base el PLC.

Esta dividida en 5 capítulos, los cuales, muestran en resumen lo siguiente:

Capítulo 1. En este capítulo se describen los sistemas de control, según su naturaleza como lineales o no lineales. Si tienen retroalimentación (ciclo cerrado) o no (ciclo abierto), analógicos o digitales, dependiendo de la naturaleza de la señal que manejan.

Capítulo 2. Aquí se analizan los diferentes tipos de control eléctrico del tipo cableado. Se detallan los sistemas de control a relés y sistemas de control lógico. Se muestran algunos dispositivos de tipo eléctrico y su equivalente lógico. Se analizan las equivalencias básicas entre ambos sistemas cableados y se realizan algunas aplicaciones en ambos sistemas.

Capítulo 3. Este capítulo aborda los sistemas de control programados principales. El PLC, es considerado como el equipo principal utilizado por los sistemas de control programados (equipo empleado por esta tesis). Se explican las ventajas y desventajas del PLC con respecto a otros equipos y sistemas de control. Se indican los diferentes tipos de lenguajes que utiliza el PLC analizando principalmente al lenguaje escalera por su sencillez para el análisis y diseño de controles programados (este lenguaje es el empleado en esta tesis). Se indican también, algunas equivalencias básicas entre el lenguaje escalera y diagrama a relés. Se muestra la forma de diseñar y ejecutar programas en lenguaje escalera. Se analiza también la forma de configurar registros y celdas, así como la ubicación de puntos y palabras en los módulos del PLC.

Capítulo 4. Trata los diferentes componentes que integran al PLC EX100 (marca TOSHIBA), así como, su funcionamiento y forma de ejecutar un programa. Se muestra la forma de configurar los diferentes módulos de entradas y salidas que integran al PLC, tipos y el funcionamiento de cada uno. Se analizan los tipos de racks que se requieren para acoplar los diferentes módulos, también se especifican las funciones de los módulos.

Capítulo 5. En este capítulo se aplican los análisis anteriormente expuestos. Estos conceptos son aplicados para la automatización del alumbrado y accesos principales de un edificio de 6 niveles. Esta automatización es requerida para el ahorro de energía, y facilidad de acceso a los diferentes pasillos del mismo. Se llegó a la conclusión, por medio de un estudio de que existe un gasto excesivo e improductivo de energía eléctrica por alumbrado, y que existen dificultades para el acceso a los diferentes pasillos del mismo. Primero se analizó y diseño el circuito de control para el área de alumbrado, que posteriormente se programó en lenguaje escalera para el PLC (EX100). Este programa incluyó la planta baja y los seis niveles del edificio. Posteriormente se diseño el circuito y programa para el control de accesos, se incluyeron los seis niveles y la planta baja. Al final se obtuvo un programa general que satisface las exigencias requeridas.

CAPÍTULO 1. CONCEPTOS GENERALES DE CONTROL.

1.1 LOS SISTEMAS DE CONTROL.

Como sabemos la ingeniería trata del conocimiento y control de los materiales y fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad. El ingeniero de sistemas de control está interesado en el conocimiento y control de una parte de su medio, frecuentemente denominado sistema, a fin de proporcionar un producto económico y útil para la sociedad. Los objetivos del conocimiento y del control son complementarios, ya que, para poderlo controlar más efectivamente, el sistema bajo control debe ser entendido y modelado. El desafío para los ingenieros de control es el modelado y control de sistemas interrelacionados modernos y complejos, como los de control de tráfico, los de procesos químicos y los de regulación económica. Quizá la cualidad más característica de la ingeniería de control sea la oportunidad de controlar máquinas, procesos industriales y económicos en beneficio de la sociedad.

La ingeniería de control se basa en los fundamentos de la teoría de la retroalimentación y el análisis de sistemas lineales, e integra los conceptos de las teorías de redes y de comunicación. Por lo tanto, la ingeniería de control no está limitada a ninguna disciplina de la ingeniería, sino que es igualmente aplicable a las ingenierías: aeronáutica, química, mecánica, del medio ambiente, civil y eléctrica. Por ejemplo, un sistema de control incluye con mucha frecuencia componentes eléctricos, mecánicos y químicos. Además, al aumentar el conocimiento de la dinámica de los sistemas comerciales, sociales y políticos, también se incrementa la capacidad de control de estos sistemas.

Un sistema de control es una interconexión de componentes que forman una configuración del sistema que proporcionará una respuesta deseada del sistema. La base para el análisis de un sistema es el fundamento proporcionado por la teoría de los sistemas lineales, la cual supone una relación causa efecto para los componentes de un sistema. Por tanto, un componente o proceso que vaya a ser controlado puede representarse mediante un bloque como el de la figura 1.1.1.

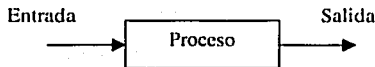


Figura 1.1.1 Sistema de control.

Mientras más complejo sea el sistema bajo control y el interés en obtener su funcionamiento óptimo, crece la importancia de la ingeniería de los sistemas de control. Además, conforme los sistemas se hacen más complejos en el esquema de control deben considerarse las interrelaciones de muchas variables controladas.

Los sistemas de control se emplean para conseguir: 1) un incremento de la productividad y 2) un mejor rendimiento de un aparato o sistema.

Las características que todo sistema de control debe tener son: estabilidad, exactitud y rapidez de respuesta. Necesariamente un sistema debe ser estable y esto significa que la respuesta a una señal, ya sea un cambio del punto de referencia o una perturbación, debe alcanzar y mantener un valor útil durante un periodo razonable. Un sistema de control inestable producirá, por ejemplo, oscilaciones persistentes o de gran amplitud en la señal, o bien, puede hacer que la señal tome valores que corresponden a límites extremos. Cualquier tipo de respuesta característico de un sistema de control inestable es obviamente poco satisfactoria.

Un sistema de control debe ser exacto dentro de ciertos límites especificados. Esto significa que el sistema debe ser capaz de reducir cualquier error a un valor aceptable. Es conveniente hacer notar que no hay sistema de control alguno que pueda mantener un error cero en todo tiempo porque siempre es necesario que exista un error para que el sistema inicie la acción correcta.

Un sistema de control debe completar su respuesta a cierta señal de entrada en un tiempo aceptable. Aunque un sistema sea estable y tenga la exactitud requerida, no tiene ningún valor si el tiempo para responder totalmente a una respuesta es mucho mayor que el tiempo entre las señales. En este caso, puede que el sistema nunca se "ponga en fase".

1.2 SISTEMAS LINEALES.

El estudio de cualquier sistema físico, se puede dividir en dos fases: cálculo y experimentación. En el cálculo, se aplican las leyes físicas que rigen al sistema para obtener un modelo, cuyo estudio permita definir su comportamiento. Este estudio debe hacerse, apoyándose en la fase experimental, en la cual, se somete al sistema a los más variados ensayos tanto en el laboratorio como en el servicio.

Al aplicar las leyes que rigen el comportamiento de los sistemas, se obtienen modelos de ecuaciones, cuya forma matemática puede ser muy diversa, clasificándose a los sistemas dentro de dos grandes grupos:

- a) Sistemas lineales.
- b) Sistemas no lineales.

Los sistemas lineales son aquellos en los que las ecuaciones del modelo son lineales. En estos se acostumbra distinguir entre:

Sistemas invariantes en el tiempo representadas por ecuaciones diferenciales lineales con coeficientes constantes y sistemas variables en el tiempo, representados por ecuaciones diferenciales cuyos coeficientes son funciones del tiempo. Ejemplos de modelos lineales serían:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + 4 \frac{dy}{dt} + y = 10t$$

$$t \frac{dx}{dt} + t^3 x = 0$$

Los sistemas no lineales son todos los demás; regidos por ecuaciones no lineales, por ejemplo ecuaciones diferenciales con coeficientes función de la variable dependiente, ecuaciones diferenciales parciales o cualquier otro tipo de ecuaciones funcionales, por ejemplo:

$$(x^2 - 1) \frac{dx}{dt} + 15x = 0$$

$$\frac{\partial x}{\partial t} + \frac{\partial x}{\partial u} - \frac{\partial x}{\partial u} = 0$$

Antes de proseguir hay que mencionar, que estrictamente en la realidad, todos los sistemas físicos son no lineales, sin embargo, bajo ciertas condiciones algunos de ellos se pueden representar con modelos ideales, facilitando de esta manera el análisis y proyecto, ya que los procedimientos para resolver problemas que involucran no linealidades, suelen ser bastante complicados.

La característica más importante de los sistemas lineales, es que se les puede aplicar el principio de superposición, que posee dos propiedades muy interesantes. Para explicar en que consisten estas propiedades, supóngase un sistema como el que se muestra a continuación:

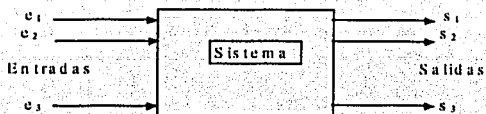


Figura 1.2.1 Sistema lineal.

La primera propiedad dice que si las entradas son multiplicadas por un factor constante k , las salidas aparecen multiplicadas por este factor. Esto es:

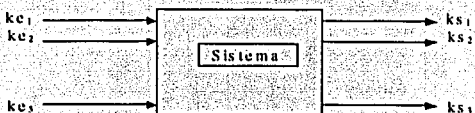


Figura 1.2.2 Primera propiedad del principio de superposición.

La segunda propiedad dice que si se efectúa la suma de las entradas $e_1+e_2+\dots+e_n$, la salida será la suma de las salidas, que resultan de aplicar las entradas por separado, esto es: $s_1+s_2+\dots+s_n$

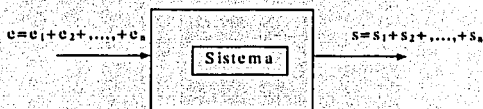


Figura 1.2.3 Segunda propiedad del principio de superposición.

El principio de superposición no es válido, para los sistemas no lineales.

1.3. SISTEMA DE CONTROL RETROALIMENTADO.

De una manera muy general, los sistemas de control pueden clasificarse en sistemas que tienen retroalimentación y aquellos que no la tienen. Actualmente, de estos dos tipos, existen muchos sistemas en operación. En un sistema de control con retroalimentación, la variable controlada (también llamada salida o respuesta) es comparada con la variable de referencia (también llamada entrada, mando u orden) y cualquier diferencia que exista entre ambas (el error) es usada para reducir ésta última. En términos más simples, un sistema de control retroalimentado compara lo que estamos obteniendo con lo que necesitamos y usa cualquier diferencia a fin de poner en correspondencia la entrada con la salida. La característica más importante de un sistema de control retroalimentado es que establece una comparación, y esto es lo que hace que el sistema sea tan efectivo para propósitos de control.

Para ilustrar el funcionamiento de los sistemas de control retroalimentados, consideremos al ser humano como instrumento de control. El manejo de un automóvil es el ejemplo clásico; el objetivo es mantener el automóvil sobre la carretera. La persona que guía compara constantemente la posición del automóvil sobre el pavimento con su propia idea de una posición segura. Cuando la posición controlada no está en correspondencia con la posición de referencia, el piloto observa este error y da vuelta al volante a fin de minimizar el error. En el proceso de manejo, el ser humano actúa como un regulador en un sistema de control retroalimentado, haciendo la comparación necesaria y después iniciando una acción correctora cuando el error sobrepasa los límites apropiados.

Los sistemas de control retroalimentados pueden dividirse en dos amplias categorías: sistemas reguladores y sistemas seguidores (follow-up systems). Un sistema regulador es aquel cuya función principal es mantener esencialmente constante la variable controlada, a pesar de las perturbaciones inconvenientes que pudieran actuar sobre el sistema. En estos sistemas, la variable de referencia se cambia con muy poca frecuencia. Un ejemplo es el sistema doméstico de calefacción cuyo diagrama de bloque se muestra en la figura 1.3.1. Aquí el termostato es el regulador; éste lleva a cabo la comparación entre la indicación en el termostato (la temperatura deseada) y la temperatura real de la casa. Si la temperatura es demasiado baja, el termostato envía una señal al calentador que le indica que debe proporcionar más calor. Entonces, el calentador suministrará más calor a la casa, obteniéndose como resultado un cambio en la temperatura del aire. El diagrama muestra una línea de retroalimentación, la cual sirve para indicar que se está proporcionando información al termostato sobre las condiciones de temperatura de la casa a fin de que pueda establecerse una comparación.

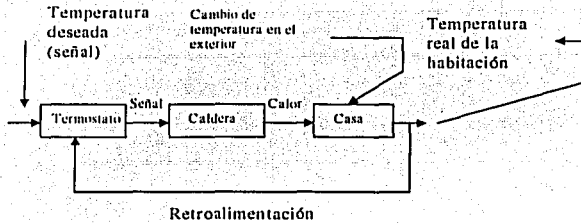


Figura 1.3.1 Sistema de calefacción.

Un cambio en la temperatura del exterior es una perturbación para el sistema de calefacción. Si la temperatura en el exterior disminuye, la temperatura interior de la casa también tenderá a disminuir. Sin embargo, la información sobre la temperatura de la casa retroalimentada al termostato le da la indicación necesaria, para que se vuelva a iniciar un ciclo de calentamiento.

El sistema doméstico de calefacción es un ejemplo de un sistema de regulador porque emplea retroalimentación, aunque responderá a un cambio en la indicación inicial del termostato, su función principal es mantener la temperatura deseada a pesar de los cambios en la temperatura externa.

Un sistema seguidor o de seguimiento (follow-up system) es un sistema de control retroalimentado cuya función es mantener la variable controlada en correspondencia muy próxima con una variable de referencia, la cual es cambiada frecuentemente. El trazador de un torno ilustrado esquemáticamente en la figura 1.3.2, es un ejemplo de dicho sistema. El propósito del sistema trazador es proporcionar a las partes que giran, un contorno que corresponda al del patrón. Tal sistema permite una rápida reproducción de una misma parte con un cierto grado de flexibilidad; también podrá obtenerse un nuevo contorno cambiando simplemente el patrón.

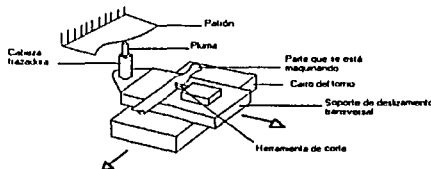


Figura 1.3.2 Trazador de un torno.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Si examinamos la figura 1.3.2, notaremos que el patrón está montado rígidamente al marco del torno. La cabeza trazadora y su pluma, la cual está en contacto con el patrón, esta asegurada al carro y, por tanto se mantiene siempre a una distancia fija con respecto a la herramienta de corte. Mientras la cabeza trazadora sigue fielmente al patrón, la herramienta de corte reproducirá con bastante aproximación el contorno deseado. El movimiento de entrada y salida es controlado por el sistema trazador y el movimiento axial se obtiene del mismo torno.

Observando el diagrama de bloque del sistema, figura 1.3.3, notamos que la cabeza trazadora es el regulador del sistema. Un punto determinado sobre el patrón corresponde a la posición deseada para la herramienta de corte. La cabeza trazadora puede hacer la comparación entre la posición deseada y la posición real, ya que aquella tiene siempre una relación constante con respecto a la herramienta de corte. Si hay un error la cabeza trazadora envía una señal al sistema actuante, el cual mueve el carro y la herramienta de corte a la posición deseada. La retroalimentación también se lleva al cabo debido a que la cabeza trazadora está montada sobre el carro.

El sistema trazador es un ejemplo de un sistema de seguimiento porque es un sistema de control retroalimentado y aunque corregirá toda perturbación, tal como variaciones en la posición causadas por un cambio en la carga de la herramienta, su función principal es mantener la herramienta cortante en correspondencia con el contorno variable del patrón.

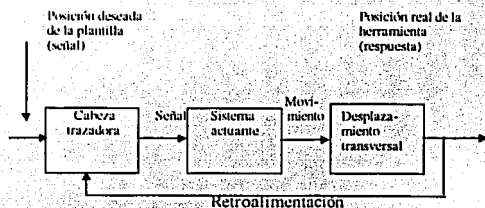


Figura 1.3.3 Diagrama de bloque de un sistema trazador.

1.4 SISTEMAS DE CICLO CERRADO Y DE CICLO ABIERTO.

Los sistemas de control retroalimentados son llamados también sistemas de ciclo cerrado. Cuando la información que obtenemos de la salida es retroalimentada a fin de establecer una comparación con la entrada, el diagrama toma la forma de un

ciclo cerrado y, en realidad, el sistema mismo se convierte en un ciclo completo. De manera que proporcionar retroalimentación es cerrar el ciclo o en otras palabras, un sistema de ciclo cerrado es aquel que está retroalimentado.

Existen también los sistemas de ciclo abierto, es decir, son sistemas que no contienen retroalimentación. Un ejemplo podría ayudar a comprender esta distinción. En el pasado, algunos edificios de departamentos se construían con sistemas de calefacción controlados por un termostato que se encontraba en uno de los departamentos. El departamento que contenía el termostato tenía un sistema de calefacción de ciclo cerrado; el termostato podía comparar la temperatura de dicho departamento con la indicación en el termostato. Lo anterior no ocurría en los otros departamentos, pues sus temperaturas podían tomar cualquier valor sin poder recurrir a una modificación en la salida del calefactor. Estos departamentos operaban en ciclo abierto y con obvias molestias para sus ocupantes.

De lo anterior no deberá concluirse que los sistemas de control de ciclo abierto son malos y que deban evitarse a toda costa. Existen muchos sistemas de ciclo abierto que cumplen con una función útil. Sin embargo, tales sistemas debido a que no llevan al cabo una comparación, deben ser cuidadosamente calibrados y diseñados de manera tal que dicha calibración se mantenga. Las máquinas de lavado automático sirven como ejemplo conveniente de un dispositivo con controles de circuito abierto. La máquina pasará a través de una secuencia de operaciones durante determinado tiempo, sin tener en consideración el grado de limpieza de la ropa que se esté lavando. Naturalmente, cuando es usada por un ama de casa, todo el sistema se convierte en un sistema de control retroalimentado en el cual el ama de casa cierra el ciclo.

1.5 SISTEMAS ANALÓGICOS Y DIGITALES.

Según la naturaleza de las señales que intervienen en un sistema de control, estos pueden dividirse en los siguientes grupos:

- Sistemas analógicos.
- Sistemas digitales.
- Sistemas híbridos analógicos - digitales.

Los sistemas analógicos trabajan con señales de tipo continuo, con un margen de variación determinado. Dichas señales suelen representar magnitudes físicas del proceso tales como: presión, temperatura, velocidad, etc., mediante una tensión o corriente proporcionales a su valor (0 a 10 V, 4 a 20 mA, etc.).

Los sistemas digitales en cambio trabajan con señales todo o nada (llamadas también binarias), que sólo pueden presentar dos estados o niveles: abierto o cerrado, conduce o no conduce, mayor o menor, etc. Estos niveles o estados se suelen representar por variables lógicas o bits, cuyo valor puede ser sólo 1 ó 0 empleando la notación binaria del álgebra de Boole.

Dentro de los sistemas digitales cabe distinguir dos grupos: los que trabajan con variables de un solo bit, denominados habitualmente automatismos lógicos. Y aquellos que procesan señales de varios bits para representar, por ejemplo, valores numéricos de variables, contenido de temporizadores, contadores, comparadores, etc. A estos últimos se les denomina genéricamente automatismos digitales.

Los sistemas de control actuales con un cierto grado de complejidad, y en particular los autómatas programables son casi siempre híbridos, es decir, sistemas que procesan a la vez señales analógicas y digitales. No obstante se tiende a que la unidad de control sea totalmente digital y basada en un microprocesador, que aporta la capacidad de cálculo necesaria para tratar las señales todo o nada en forma de bits y las señales analógicas numéricamente.

Dado que muchos de los sensores habitualmente empleados suministran señales de tipo analógico, las interfaces de estas señales deben realizar una conversión analógico numérica, llamada habitualmente conversión analógico digital (A/D). Dichas señales analógicas convertidas a los valores numéricos digitales se suministran a la unidad de control.

La figura 1.5.1 muestra la estructura de la unidad de control, resaltando las interfaces necesarias para el tratamiento de las señales de entrada y salida comúnmente empleadas en controles industriales.

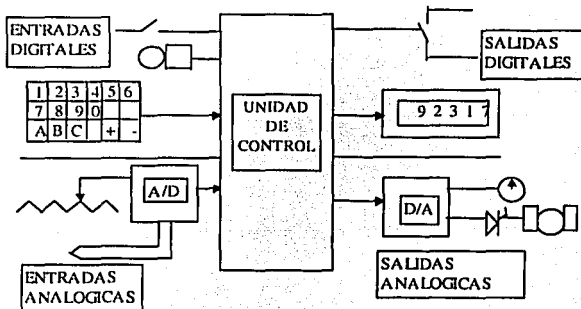


Figura 1.5.1 Unidad de control.

CAPÍTULO 2. SISTEMAS DE CONTROL ELÉCTRICO.

2.1 SISTEMAS DE CONTROL CABLEADOS.

Las tecnologías empleadas en control pueden dividirse en dos grupos: Las tecnologías cableadas y las tecnologías programadas o programables.

Los sistemas de control cableados se realizan tomando como base las uniones físicas de los diferentes elementos tales como botones pulsadores, relés, contactores, etcétera. Esta unión es la que determina la lógica o secuencia según la cual trabaja el control. La forma en que se establece dicha lógica de control se determina por la experiencia en control con relés o por un planteamiento teórico empleando las ecuaciones lógicas de Boole. Los circuitos o esquemas lógicos serán aplicables a dispositivos neumáticos, hidráulicos, eléctricos o electrónicos. Las tecnologías cableadas han sido y son extensamente utilizadas en la industria. Sin embargo, tienen una serie de inconvenientes relevantes, como son:

- En general ocupan mucho espacio en sistemas de mediana complejidad.
- Gran dificultad ante modificaciones o ampliaciones.
- Existe dificultad para su mantenimiento, detección de fallas y averías.
- No son adaptables a sistemas de control de gran complejidad.

Estos sistemas también ofrecen ciertas ventajas como son:

- Bajo costo para sistemas de control de poca complejidad.
- Mayor velocidad de respuesta.

Existen dos grupos de sistemas de control cableados:

- Los sistemas de control convencional con relés.
- Los sistemas de control con circuitos lógicos.

Los sistemas por medio de relés son sistemas que en su mayoría están formados por elementos eléctricos y electrónicos como son: interruptores, sensores, fotoceldas, relés, temporizadores, contadores, etcétera.

Los sistemas de control lógicos son sistemas que están constituidos en su mayoría por elementos lógicos como: compuertas, memorias, temporizadores, registros de desplazamiento, contadores, etcétera.

Normalmente no existen sistemas de control puros, ya que puede existir una combinación entre ambos sistemas de control cableados. Dependiendo de las necesidades del proceso o máquina a controlar y de las posibilidades económicas del usuario se emplea uno u otro sistema cableado o ambos.

Cuando se desarrolla un sistema de control se deben considerar varios factores:

- El costo del equipo.
- Tiempo de desarrollo.
- Complejidad para su mantenimiento.

Tomando como base éstas características se podrá decidir que tipo de tecnología se aplicará.

En los dos tipos de tecnologías (relés y lógicas) también existen ciertas desventajas, por ejemplo:

En sistemas a relés.

- Alto volumen de elementos.
- Alto consumo de energía.
- Alto desgaste de los elementos.
- Elementos demasiado grandes.
- Alto costo de los elementos.

En sistemas lógicos.

- En caso de avería, dificultad para el cambio del elemento dañado.
- Dificultad para la localización de fallas.

A pesar de que son tecnologías diferentes existen ciertas analogías teóricas entre ellas.

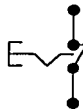
2.2 SISTEMA DE CONTROL A RELES Y EL SISTEMA DE CONTROL CON CIRCUITOS LÓGICOS.

Los sistemas a relés, como ya se mencionó, se encuentran formados por elementos de conmutación. Estos elementos tienen como objetivo principal el abrir o cerrar una serie de contactos, o bien el permitir o no, flujo de corriente tanto en control como en potencia. Cuando existe flujo de corriente, está acción equivale a tener un nivel lógico "alto", o uno "bajo" cuando no existe flujo de corriente. Como los sistemas de control lógicos también manejan señales de este tipo, es posible desarrollar un sistema lógico, comenzando por un sistema a relés. A continuación se muestran algunos de los símbolos más comunes de ambos sistemas.

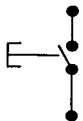
LISTA DE ELEMENTOS DE CONTROL A RELÉS

ELEMENTO

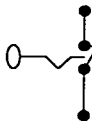
SÍMBOLO

CONTACTO INSTANTÁNEO
NORMALMENTE ABIERTO DE CONTACTOR
O RELÉBÓTON PULSADOR SOSTENIDO
NORMALMENTE CERRADO

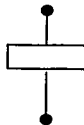
BÓTON PULSADOR N. A.



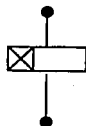
SELECTOR DE LLAVE DE DOS POSICIONES



BOBINA DE CONTACTOR O RELÉ



BOBINA DE TEMPORIZADOR

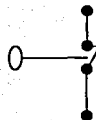


LISTA DE ELEMENTOS DE CONTROL A RELÉS
(CONTINUACIÓN)

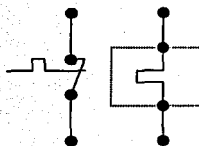
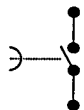
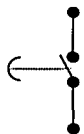
ELEMENTO

SÍMBOLO

INTERRUPTOR DE LÍMITE N. C.






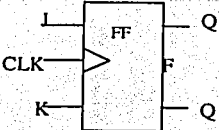

PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA

CONTACTO DE TEMPORIZADOR
AL DEENERGIZAR (OFF-DELAY)CONTACTO DE TEMPORIZADOR
AL ENERGIZAR (ON-DELAY)

SENSOR



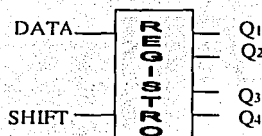
LISTA DE ELEMENTOS DE CONTROL LÓGICO

ELEMENTO	SÍMBOLO
COMPUERTA AND	
COMPUERTA OR	
COMPUERTA NOT	
FLIP-FLOP J-K	
TEMPORIZADOR	

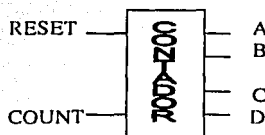
LISTA DE ELEMENTOS DE CONTROL LÓGICO (CONTINUACIÓN)

ELEMENTO

SÍMBOLO

REGISTRO DE CORRIMIENTO
DE 4 BITS

CONTADOR BINARIO DE 4 BITS



Como ya se indicó antes, los elementos que forman en su mayoría los sistemas a relés tienen la función de abrir o cerrar una serie de interruptores independientemente del tipo al que pertenezcan (de posición, pulsador, flotador, etcétera.), contactos que internamente se encuentran dentro de los relés, temporizadores, contadores, etcétera. Éstos pueden ser utilizados para el control de otros dispositivos de mayor potencia. En el sistema de relés se deberán representar los diferentes tipos de interruptores con su respectivo símbolo que se encuentren dentro del control. También existen los sensores que realizan la función de un interruptor. Un interruptor o contacto que se encuentra normalmente abierto, se dice, que se encuentra "no negado" (figura 2.2 (a)), y no permite flujo de corriente mientras "no se active" (esta en 0 lógico) provocando un "bajo" a la salida. Cuando se activa (se coloca en 1 lógico), el interruptor se cierra provocando un "alto" a la salida. Cuando un contacto se encuentra normalmente cerrado, se dice, que se encuentra "negado", y permite flujo de corriente provocando un "alto" a la salida mientras no se active (0 lógico) como se muestra en la figura 2.2 (b). En el momento que se activa (1 lógico) provoca un "bajo" a la salida. Estos sistemas que sólo pueden tener dos valores "1" y "0", contienen variables de tipo lógico o variables de tipo discreto (tienen un valor determinado).

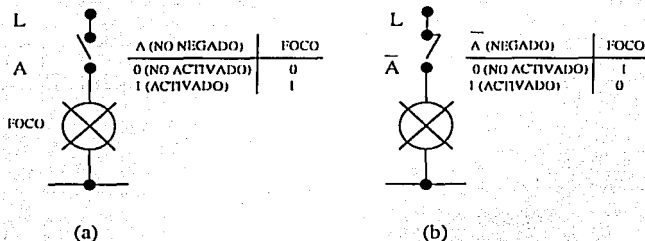
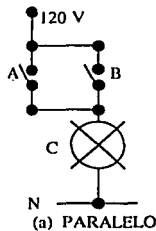


Figura 2.2. (a) En este sistema el contacto A, se encuentra normalmente abierto por lo cual se dice, que es "no negado" (b) Se observa que el contacto A se encuentra normalmente cerrado, por lo que, se dice que A está "negado".

2.3 EQUIVALENCIAS ENTRE EL SISTEMA DE CONTROL A RELÉS Y EL SISTEMA DE CONTROL CON CIRCUITOS LÓGICOS.

Los sistemas lógicos pueden desarrollarse por diversos métodos como son: los teoremas y leyes del Álgebra Booleana, mapas de Karnaugh, etcétera. Para el desarrollo de sistemas por medio de relés, normalmente son útiles los diagramas de flujo, el análisis y la experiencia para poder desarrollar el control.

SISTEMA A RELÉS



EXPRESIÓN BOOLEANA

$$C = A + B$$

A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

(b) EXPRESIÓN BOOLEANA

Figura 2.3.1

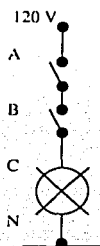
SISTEMA LÓGICO



En la Figura 2.3.1. (a) Muestra un sistema de control a relés con dos contactos N, A, en paralelo, lo cual, equivale a la lógica OR de ambos elementos dando como resultado C. (b) Es la expresión booleana y la tabla de verdad. (c) Es el sistema con símbolos lógicos. La salida del circuito OR estará habilitada cuando alguno o todos los interruptores estén cerrados.

También es posible obtener un sistema a relés partiendo de otro sistema previamente desarrollado, como el sistema lógico o el diagrama escalera. Es factible también partir de la expresión booleana para crear un control. En la figura 2.3.1. se muestra un sistema a relés con contactos en paralelo y su equivalente lógico que es una compuerta OR, así como su respectiva tabla de verdad. En la figura 2.3.2. se muestra un sistema a relés constituido por dos contactos en serie, dando como resultado una lógica AND.

SISTEMA A RELÉS



(a) SERIE

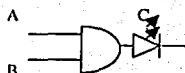
EXPRESIÓN
BOOLEANA

$$C = A \times B$$

A	B	C
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(b) EXPRESIÓN
BOOLEANA

SISTEMA LÓGICO



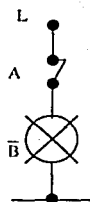
(c) AND

Figura 2.3.2

En la figura 2.3.2. (a) Muestra un sistema a relés, el cuál, cuenta con dos contactos N. A. éstos se encuentran unidos en serie. (b) Se muestra la expresión booleana equivalente a la lógica AND de los contactos de relé. (c) Muestra la lógica de control con compuertas lógicas, se trata de una compuerta AND.

En la figura 2.3.3. se muestra el circuito negado en el sistema a relés, se necesita activar (1 lógico) un contacto "negado" (N.C.) para obtener un "bajo" (0 lógico) a la salida. Cuando es desactivado (0 lógico) se cierra provocando un "alto" (1) a la salida. Este sistema lógico realiza el complemento de la señal de entrada de forma automática, es decir, que cuando existe un 1 se obtiene un 0 y viceversa, tal como se muestra en la tabla 2.3.3.

SISTEMA A RELÉS



(a) CIRCUITO N. C.

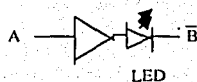
EXPRESIÓN
BOOLEANA

$$A = \bar{B}$$

A	\bar{B}
0	1
1	0

(b) NEGACIÓN

SISTEMA LÓGICO

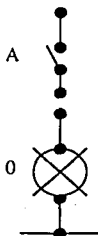


(c) NOT

En la figura 2.3.3. (a) Se muestra un circuito N. C. "negado", si esta "desactivado" (0 lógico), provoca un alto a la salida (1 lógico). Cuando se "activa" (1 lógico) provoca un "bajo" (0 lógico) a la salida. (b) Muestra la expresión booleana y su tabla de verdad. (c) Muestra el equivalente lógico del sistema empleando símbolos lógicos, es una compuerta del tipo NOT.

De la misma forma se pueden desarrollar sistemas secuenciales como son: memorias, temporizadores, registros de corrimiento, contadores, etcétera. En relés estas secuencias se vuelven demasiado complicadas. Normalmente, en los sistemas de control lógicos se requiere de la combinación de los sistemas combinacionales y sistemas secuenciales. Una herramienta para el sistema de control lógico son los postulados y teoremas del Álgebra Booleana de una sola variable. A continuación en la figura 2.3.4. se muestran estos postulados y teoremas relacionándolos con el sistema a relés:

SISTEMA A RELÉS

TEOREMAS
POSTULADOS

$$A \times 0 = 0$$

Teorema

SISTEMA LÓGICO

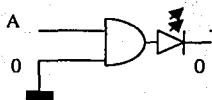


Figura 2.3.4 Postulados y teoremas del Álgebra Booleana.

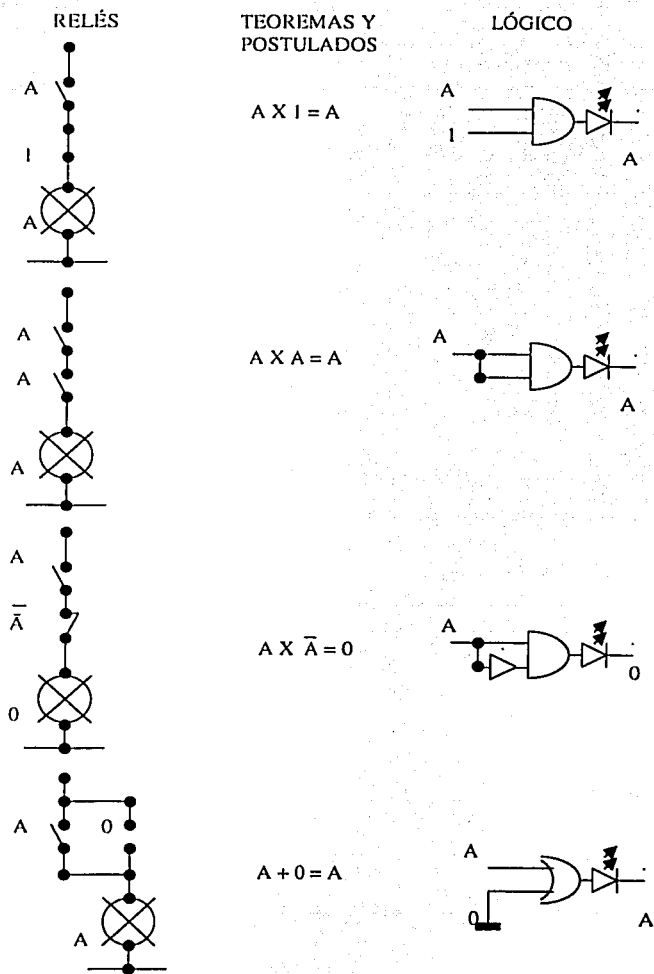


Figura 2.3.4. Postulados y teoremas del Álgebra Booleana (Continuación).

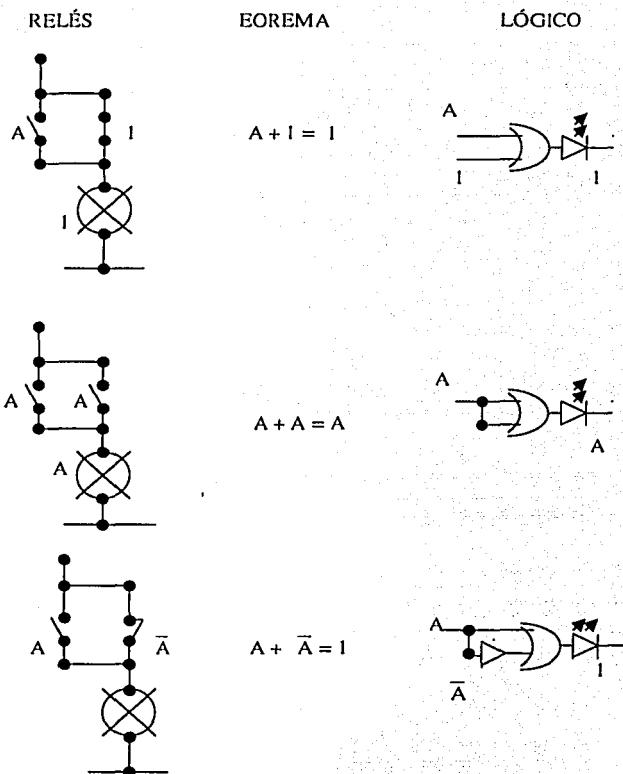


Figura 2.3.4 Postulados y teoremas del Álgebra Booleana (Continuación).

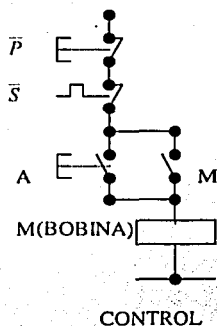
2.4 APLICACIONES DEL SISTEMA DE CONTROL A RELÉS Y EL SISTEMA DE CONTROL CON CIRCUITOS LÓGICOS.

Anteriormente se mostraron los postulados y teoremas del Álgebra Booleana, en el diseño de sistemas lógicos de una sola variable. También se pueden aplicar en el diseño: las leyes multivariables, mapas de Karnaugh, leyes de Morgan, etc. La

importancia de las relaciones existentes entre los sistemas de relés y los sistemas lógicos, es esencial para un mejor entendimiento del comportamiento del sistema de control a desarrollarse o modificarse, y para facilitar el desarrollo de la programación o reprogramación de un sistema de control programable. A continuación se muestran algunos ejemplos de sistemas de control a relés y sus sistemas equivalentes de control lógico, con sus respectivas expresiones booleanas.

En la figura 2.4.1 (a) Muestra un control de arranque - paro, con arranque sostenido o de tres hilos. Cuando existe una activación en A (pulsador no sostenido), se alimenta la bobina del contactor o relé llamada M. Este contactor acciona todos sus contactos N. A. utilizados en fuerza, permitiendo el accionamiento del motor. Y el contacto que se utiliza en control permite el enclavamiento del botón de arranque (A), formando los tres hilos en el nodo de salida. Este enclavamiento es vital si se utiliza un pulsador (no sostenido) al arranque, por que, permite flujo de corriente cuando el pulsador se encuentra abierto. Este control también cuenta con un pulsador de paro N. C. (P) y un contacto N. C. (S) de la protección contra sobrecarga. Ambos elementos permiten el paro del control cuando son accionados. En (b) se observa el sistema de control con símbolos lógicos, indica las señales y los elementos que integran la parte de control. La parte de potencia puede ser electrónica o combinada con elementos eléctricos (sistema híbrido). En (c) se observa el modelo booleano del sistema.

SISTEMA A RELÉS



PROTECCIÓN
SOBRECARGA

L1 L2 L3

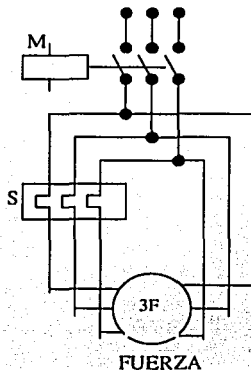


Figura 2.4.1. (a) Control arranque - paro sencillo por medio de relés.

SISTEMA LÓGICO

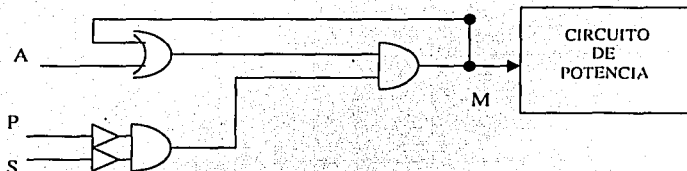
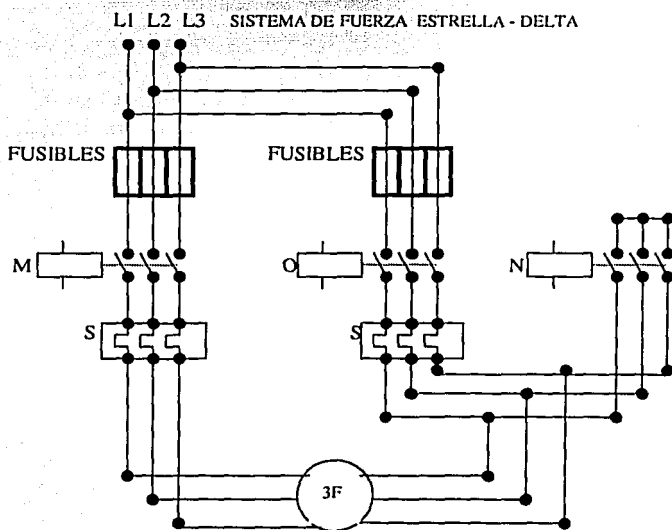
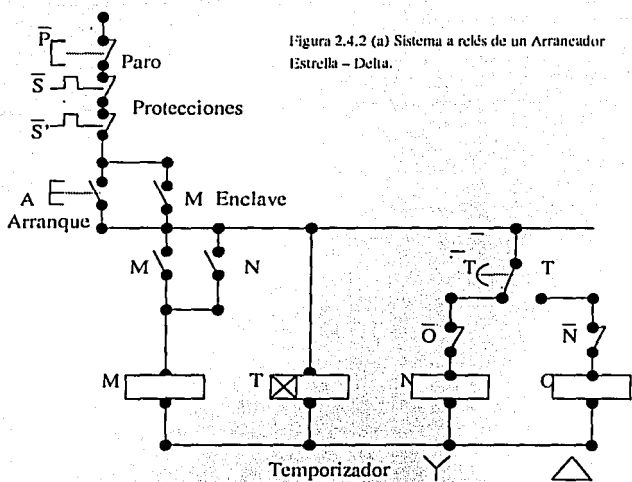


Figura 2.4.1. (b) Circuito equivalente al anterior con compuertas lógicas.

$$(A + M) (\overline{P} \times \overline{S}) = M$$

Figura 2.4.1. (c) Modelo booleano que representa la lógica del sistema.

En la figura 2.4.2 (a) se muestra un arrancador Delta - Estrella (también llamado de arranque suave). Este arrancador está constituido por un pulsador de arranque (A), un pulsador de paro (P) y dos contactos de las protecciones contra sobrecarga (S y S'), que protegen al motor cuando se encuentra en Delta o en Estrella. Cuenta con dos series de fusibles para proteger al motor contra cortocircuito. Existen también tres contactores y un temporizador. Cuando es pulsado A, se inicia el accionamiento del sistema. Primero se acciona el temporizador (T), y se mantiene cerrado su contacto \overline{T} , se acciona inmediatamente el contactor N activando la conexión Estrella, posteriormente se activa M que energiza al motor. Un contacto de M enclava al botón de arranque y otro enclava a su misma rama (aunque el contacto N se abra), para mantenerse activado en todo el proceso hasta que exista un paro (por medio de P o S) del sistema. También existe un contacto \overline{N} en la rama de Delta, que la mantiene desactivada cuando Estrella está activada. Ya transcurrido el tiempo del temporizador (es el tiempo cuando el motor alcanza su velocidad máxima o requerida) este abre el contacto \overline{T} , apagando la Estrella. Transcurre un pequeño tiempo y se cierra T activando a Delta. También existe un contacto \overline{O} en Estrella, para mantenerlo desactivado, cuando Delta esta activado. En esta condición es en la que el motor trabaja de manera normal. El motor no debe de trabajar en períodos largos de tiempo en Estrella, por que, puede sufrir graves daños. El arrancador tiene la función de incrementar la velocidad del motor, lentamente, desde cero hasta su velocidad nominal. Para esto se requiere el arreglo Estrella, en el cual, el motor arranca a baja velocidad con un bajo consumo de corriente y también disminuye el par de arranque. Ya alcanzada la velocidad nominal, entra en funcionamiento el arreglo Delta, para que el motor funcione en condiciones normales de operación.



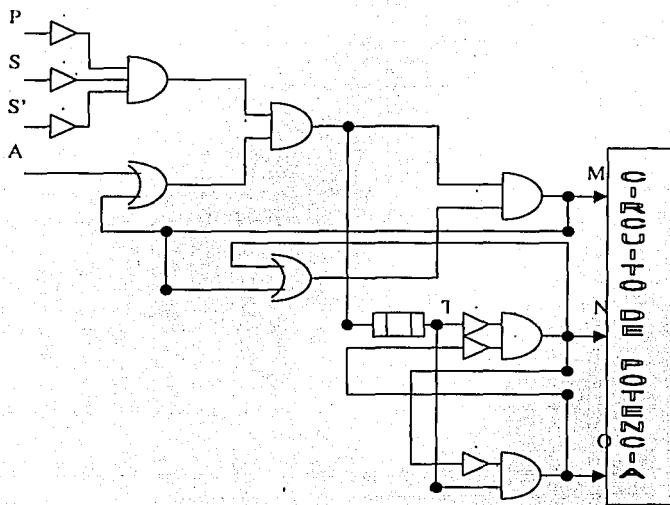


Figura 2.4.2 (b) Representación con circuitos lógicos del control Estrella - Delta.

$$M = (\bar{P} X \bar{S} X \bar{S}') (A + M) (M + N)$$

$$N = (\bar{P} X \bar{S} X \bar{S}') (\bar{T} X \bar{O})$$

$$O = (\bar{P} X \bar{S} X \bar{S}') (\bar{T} X \bar{N})$$

Figura 2.4.2 (c) Expresiones booleanas representativas del control Estrella - Delta.

La figura 2.4.2 (b) Muestra la representación con compuertas lógicas del sistema de control Estrella - Delta. El cual controla un sistema de potencia que hace funcionar un motor. En este caso, al igual que en el circuito a relés existen tres ramas diferentes dentro del sistema que están relacionadas entre sí. Cuando el circuito se pone en marcha, se activa primero el temporizador (T), este activa la rama Estrella (manda a uno a N), y este a su vez activa la rama (manda a uno a M) que energiza una parte del motor. Cada rama tiene sus respectivas protecciones, que impiden una sobrecarga o impiden un cortocircuito por el accionamiento del Estrella y el Delta al

mismo tiempo. Ya transcurrido un período de tiempo, el temporizador manda una señal de activación que manda a cero a N (Estrella) y manda a uno a O (Delta). Estas señales de control son enviadas a un circuito de potencia que hace funcionar el motor. Este circuito puede diseñarse por medio de electrónica de potencia, o por una combinación con elementos eléctricos (Híbridos). La figura 2.4.2 (c) muestra las representaciones booleanas de las tres ramas de control del circuito Estrella - Delta.

CAPÍTULO 3. SISTEMAS DE CONTROL PROGRAMADOS.

3.1 SISTEMAS DE CONTROL PROGRAMADOS.

Como ya se indicó anteriormente, existen algunas ventajas y desventajas entre los sistemas cableados, así como también contamos con ventajas de los sistemas programables con respecto a los sistemas cableados, algunas son:

- Reducción de espacio.
- Independencia con respecto al cableado.
- Requieren de un bajo consumo de energía.
- Facilidad en la prueba y puesta en marcha.
- Capacidad de expansión si se requiere en el proceso.
- Independencia de voltajes.
- Rápida detección de fallas y averías.

Los sistemas programables están basados en microprocesadores para su funcionamiento, los sistemas de control por programa más conocidos son: el control por medio de computadora universal, y el control con PLC (siglas del inglés Programmable Logic Controller) El PLC es un equipo electrónico digital de control especialmente desarrollado para controlar y monitorear cualquier tipo de proceso o máquina y que puede funcionar en complementación con sistemas neumáticos, hidráulicos y electrónicos. Esto hace que el PLC cuente con un óptimo funcionamiento para ser empleado como equipo de control. Debido a sus relevantes ventajas, los PLC están siendo utilizados en medianas y grandes empresas que requieren automatizar sus procesos o máquinas para elevar la productividad. Los PLC no contienen elementos hardware como serían contadores, temporizadores, bobinas de relevador, contactos auxiliares de relevador, etcétera; a diferencia del control convencional. El PLC cuenta con este tipo de dispositivos pero como estructuras software. Además los PLC nos permiten identificar fallas con mucho mayor rapidez y facilidad, que los sistemas de control convencional debido a sus útiles herramientas de diagnóstico y verificación tanto de software como de hardware. El programa de control se puede diseñar de tal manera que el PLC nos indique que elementos emisores o actuadores nos están enviando o recibiendo una señal anormal.

Por lo general, los PLC se clasifican en: PLC de baja, mediana y alta capacidad. Dependiendo de la complejidad del proceso o máquina a automatizar se emplea uno u otro. Aunque no existe una clara diferencia entre el tamaño de los

procesos, los fabricantes de PLC han desarrollado básicamente dos tipos de controladores: los compactos, que cuentan con un máximo de puntos de entrada / salida, instrucciones básicas, menor capacidad de memoria. Los modulares o expandibles, que cuentan con mayor capacidad de puntos entrada / salida, mayor repertorio de instrucciones y mayor capacidad de memoria.

Los procesos a automatizar se dividen en tres, según sea su complejidad: baja complejidad, mediana complejidad y alta complejidad. En un proceso de baja complejidad es útil un PLC del tipo compacto con cierto número de entradas / salidas. Para procesos de mediana complejidad son útiles PLC de mediana capacidad, que cuenten con un número de entradas / salidas suficiente y además se pueda incrementar este número de entradas / salidas. Para procesos de alta complejidad donde se requiere manejar gran cantidad de señales entrada / salida, se emplean PLC de alta capacidad del tipo modular.

Cuando el proceso a automatizar es muy complejo se puede utilizar una estructura del control en red, que consiste en varios PLC los cuales se comunican entre sí y cada uno controla una parte del proceso a automatizar. La estructura que por lo general se utiliza es tener un PLC maestro, el cual gobierna o controla a varios esclavos.

Entre los PLC existen algunas diferencias según el fabricante como son: la capacidad de memoria, tipos de lenguajes utilizados (aunque son básicamente los mismos, cambian en cuanto a la representación de las instrucciones), diversidad de instrucciones, etcétera.

Algunas características principales de los PLC son:

- Programación fácil mediante software.
- Una gran potencia de cálculo.
- Interfaces para conexión a computadora.
- Interfaces de entrada – salida, especialmente adaptados para el control y fuerza.
- Posibilidad de visualizar y aplicar en tiempo real el proceso en algunos tipos.
- Flexibilidad para hacer cambios al proceso.
- Ligación de los sistemas autónomos por medio de software especial.
- El número de contactos internos será prácticamente ilimitado, dependerá de la capacidad de memoria, por lo que, se puede realizar cualquier combinación de control, incluyendo temporizadores, contadores, etcétera.
- Bajo costo.
- Menor tamaño y cantidad de elementos.
- Se puede desarrollar cualquier tipo de proceso.
- Sistemas de protección y detección de fallas.
- Gran velocidad de respuesta.

- Fácil mantenimiento, entre otras.

Estas ventajas se diferencian entre cada tipo de PLC, por lo que son esenciales para la elección del más adecuado.

3.2 LENGUAJES DEL PLC.

El PLC precisa de un lenguaje de comunicación entre la máquina y el usuario. Este lenguaje de programación se encuentra orientado a problemas de control y automatización. Se deberá desarrollar un programa de control, cuando se tenga que automatizar un proceso vía tecnología programada. El proceso a ser automatizado puede ser nuevo, o que ya este implementado por medio de una tecnología cableada (esto facilitará el desarrollo de la lógica de control). El programa deberá contener todos los pasos lógicos del proceso en forma secuencial, y esto se desarrollará por medio de las instrucciones de programación. Sin importar que tipo de lenguaje se utilice, el PLC realiza mediante un programa específico una secuencia de operaciones, la cual se define sobre señales de entrada y salida que envía al mismo proceso o máquina a controlar, cableadas directamente en los bornes de conexión del autómatas.

El PLC contiene de fábrica una serie de programas residentes, que tienen diferentes funciones, entre ellas la de ejecutar el programa de usuario. Como ya se mencionó, los lenguajes de programación dependerán de los modelos de PLC que se utilicen. Pese a la gran cantidad de modelos y marcas en el mercado, la mayoría de los PLC manejan los mismos tipos de lenguajes de programación (algunos manejan más de dos). Las diferencias existentes entre los lenguajes de programación de una misma marca consisten en que algunos son alfabéticos y otros gráficos, sin embargo, la secuencia y desarrollo del proceso es el mismo. Inclusive, los PLC que manejan más de dos lenguajes de programación, tienen la capacidad de representar el programa de usuario en todos sus lenguajes, aún, si sólo ha utilizado un lenguaje para instalar el programa. La diferencia más importante entre lenguajes del mismo tipo de diferentes marcas, es la representación de las instrucciones de un programa (por ejemplo la instrucción LDN en una marca, es la misma que LN de otra marca en lenguaje de instrucciones). Existen otras diferencias entre los diferentes tipos PLC, como son: número de instrucciones, forma de configurar (asignación de registros entradas/salidas) programas, instrucciones para funciones complejas, etcétera.

Sin embargo, pese a las diferencias entre los lenguajes de programación de las diversas marcas y modelos de PLC, existen básicamente cuatro tipos de lenguajes de programación:

- Lenguaje de contactos (o escalera).
- Lista de instrucciones.
- Lista de funciones.
- Lenguaje GRAFCET.

El lenguaje de contactos o también llamado escalera, es un lenguaje gráfico que desarrolla la secuencia de operación de manera escalonada. Este tipo de lenguaje es el más comúnmente utilizado y parecido al control convencional con relés. Este lenguaje fue especialmente diseñado para el PLC y es el que emplearemos en esta tesis.

La lista de instrucciones es un lenguaje alfabético, en el cual se van escribiendo las instrucciones del programa en forma gramática y secuencial.

La lista de funciones es un lenguaje gráfico que emplea símbolos de compuertas lógicas. Ya sea que se utilice un lenguaje u otro, la lógica de control del programa deberá funcionar de igual manera. Se puede partir de un lenguaje para convertirlo en otro.

Lenguaje GRAFCET es un lenguaje gráfico también, creado especialmente para algunos PLC (generalmente de origen francés). En el cual el programa es desarrollado basándose en bloques, que son acomodados en forma secuencial por etapas o estados. Esta secuencia tendrá un orden de ejecución dependiente del proceso.

Todos los lenguajes son equivalentes entre sí y se puede partir de cualquiera para crear otro con distinto lenguaje de programación. La lógica de control debe ser la misma sin importar que tipo de lenguaje se este utilizando.

3.3 LENGUAJE DE CONTACTOS O ESCALERA.

Es el tipo de lenguaje más ampliamente utilizado para la programación del PLC ya que es la representación más parecida a un diagrama de control eléctrico con relés y es muy sencillo su manejo. En este lenguaje cualquier estado de señal de los elementos emisores se representa por contactos, las salidas por bobinas y las instrucciones por letras, facilitando el diagrama de control a utilizar.

A continuación se muestran en la tabla 3.3.1 las instrucciones básicas en escalera del PLC marca Toshiba modelo EX100.



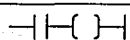
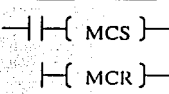
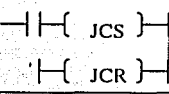
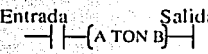
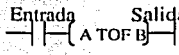
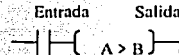
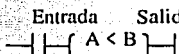
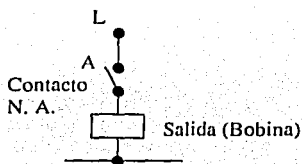
INSTRUCCIONES	REPRESENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
Contacto N. A.	 A	Contacto N. A del dispositivo externo A.
Contacto N. C.	 A	Contacto N. C del dispositivo externo A.
Bobina	 A	Bobina de relé del dispositivo A
Control Maestro		Cuando MCS está activo, todas las instrucciones entre MCS y MCR trabajarán de manera normal. Cuando MCS se desactiva todas las instrucciones entre MCS y MCR se desactivarán.
Control de brinco		Brinca de JCS a JCR cuando JCS es ON
Temporizador On-Delay		Cambia a ON la salida cuando el tiempo especificado por A fue transcurrido después de que la entrada cambia a OFF.
Temporizador Off-Delay		Cambia a OFF la salida cuando el tiempo especificado por A ha transcurrido después de que la entrada cambia a OFF.
Constante de comparación MAYOR QUE		Compara el contenido del registro A con el del registro B y cambia a ON la salida si se cumple la condición lógica.
Constante de comparación MENOR QUE		Compara el contenido del registro A con el del registro B y cambia a ON la salida si el resultado es verdadero.

Tabla 3.3.1 Instrucciones básicas del PLC EX100.

3.4 EQUIVALENCIAS ENTRE LENGUAJE ESCALERA Y DIAGRAMA A RELÉS.

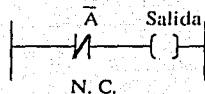
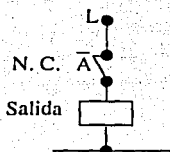
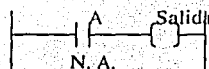
Considerando la similitud entre el lenguaje escalera y los diagramas de control convencional cableados, es posible, como ya se mencionó, partir del planteamiento de uno para poder desarrollar el otro. A continuación en las figuras 3.4.1 (a), (b), (c) y (d), se muestran las equivalencias más importantes entre el lenguaje escalera y el control convencional con relés.

DIAGRAMA A RELÉS

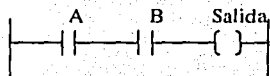
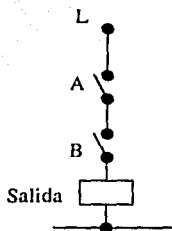


3.4.1. (a) Contacto N.A.

DIAGRAMA ESCALERA



3.4.1. (b) Contacto N. C.



3.4.1. (c) Circuito Serie.



Figura 3.4.1. (d) Circuito Paralelo.

La figura 3.4.1 (a) Muestra un contacto N. A. que controla a una bobina de relé y se observa el circuito equivalente en escalera. (b) Muestra un contacto N. C. en relé y su equivalente en escalera. (c) Muestra un circuito serie de dos contactos N. C. Con salida a una bobina de relé y su equivalente en escalera. (d) Se muestra un circuito con dos contactos en paralelo con salida a una bobina de relé y su equivalente en escalera.

En los diagramas de control convencional, para facilitar el diseño de la lógica de control, hacemos uso de símbolos convencionales como los mostrados en el punto 2.2 de está tesis.

Un sistema de control se puede representar por cuatro tipos de diagramas dependiendo del grado de detalle que se le quiera dar, estos diagramas son los siguientes:

- 1.- Diagrama de bloques.
- 2.- Diagrama unifilar.
- 3.- Diagrama de alambrado.
- 4.- Diagrama esquemático.

De estos diagramas, el más utilizado para diseñar circuitos de control es el diagrama unifilar, el cual hace uso de la simbología simplificada, este tipo de diagrama es similar a un diagrama de bloques, sólo que en lugar de representar a las componentes por un bloque con su descripción, se hace uso de los símbolos de cada componente.

La lógica del diagrama a relés y escalera es equivalente. La simbología de ambos sistemas es la diferencia principal. El diagrama escalera tiene la ventaja de un mayor entendimiento por su sencillez de representación. Esta sencillez radica en que, se requiere de un menor número de elementos para representarlo. Por ejemplo, las bobinas de los relés internos o las salidas se representan por paréntesis. Y otros elementos como: los temporizadores, contadores, etcétera, son representados por bloques o paréntesis, según la marca y tipo de P.L.C. En la fig. 3.4.2 se muestra un ejemplo de aplicación de un circuito de control a relés (ya estudiado anteriormente). En la figura 3.4.3 el diagrama Estrella-Delta es convertido a lenguaje de contactos.

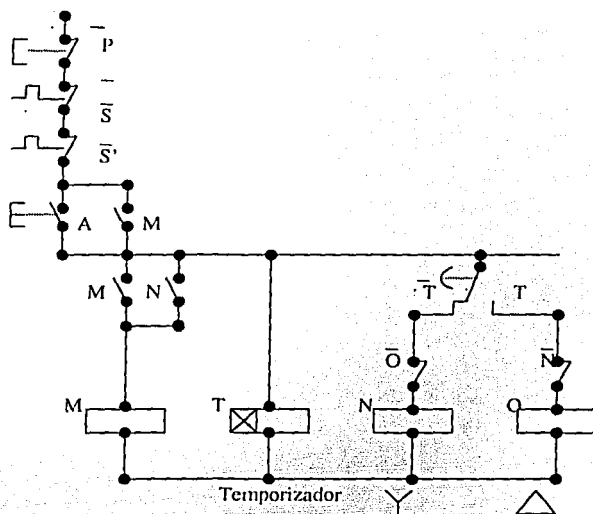
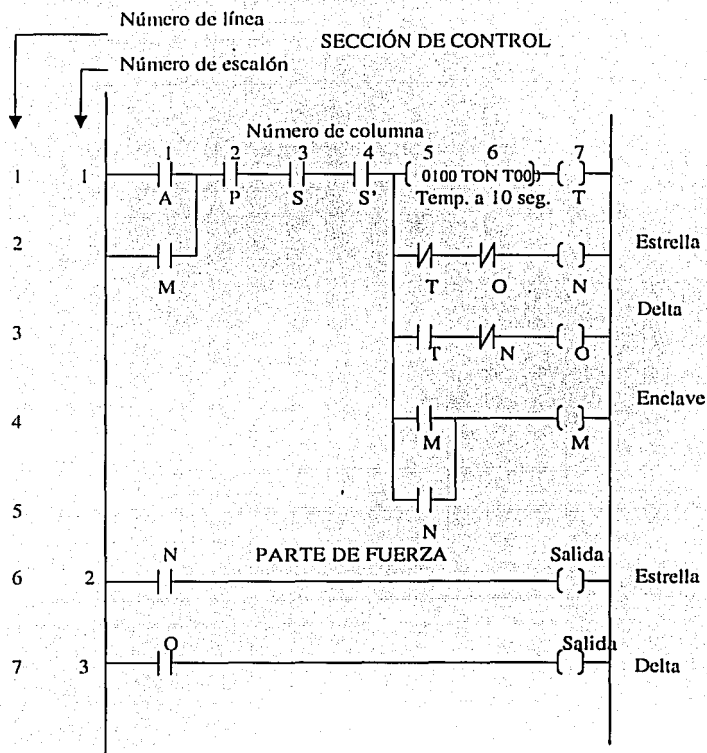


Figura 3.4.2 Muestra un diagrama de control a relés Estrella-Delta (analizado en otra sección de esta tesis)

En la figura 3.4.2 se muestra un control de arrancador Delta-Estrella (también llamado de arranque suave). Este arrancador está constituido por un pulsador de arranque (A), un pulsador de paro (P) dos contactos de las protecciones contra sobrecarga (S y S'), que protegen al motor cuando se encuentra en delta o en estrella. Cuenta con dos series de fusibles para proteger al motor contra cortocircuito. Existen también tres contactores y un temporizador. Cuando es accionado A, se inicia el arranque del sistema. Primero se acciona el temporizador (T), y se mantiene cerrado su contacto T; se acciona inmediatamente el contactor N, activando la conexión estrella, posteriormente se activa M, que energiza al motor. Un contacto de M enclava al botón de arranque y otro enclava a su misma rama (aunque el contacto N se abra), para mantenerse activado en todo el proceso, hasta que exista un paro (por medio de P o S) del sistema. También existe un contacto de N negado en la rama de delta, que la mantiene desactivada, cuando estrella está activada. Ya transcurrido el tiempo de trabajo de estrella el contacto T negado se abre, apagando la estrella; transcurre un tiempo y se cierra T activando a delta.



En la figura 3.4.3 se muestra el equivalente, en diagrama escalera, de la figura 3.4.2. Como se observa, este diagrama realiza la misma función que en diagrama a relés, la diferencia es el cambio en la representación. Los contactos de entrada se deben programar como contactos abiertos, para no afectar la señal que están entregando los dispositivos de entrada (interruptores, sensores, etcétera.), esto facilita el diseño del programa. Si en escalera se utiliza un contacto cerrado como contacto de entrada, se le estaría indicando al P.L.C. que aplique una negación en la señal que esta entregando el dispositivo, provocando un error o un cambio al programa si no se tiene planeada esta acción.

3.5 CONFIGURACIÓN Y EJECUCIÓN DE PROGRAMAS EN ESCALERA.

Existen ciertas reglas de programación que se deben de seguir al elaborar un programa en lenguaje escalera, éstas reglas dependen del fabricante del PLC y son necesarias para el buen funcionamiento del programa.

El programa en lenguaje escalera podrá ser almacenado en cualquiera de dos modos de memoria, 3K o 4K. Si el P.L.C. se encuentra en modo 3K, tendrá la capacidad de aceptar hasta 3K de instrucciones máximo y el contenido de 1024 registros de datos quedaran almacenados en la memoria EEPROM. Si se encuentra en el modo 4K, tendrá la capacidad de aceptar hasta 4K de instrucciones máximo en la memoria EEPROM. La diferencia entre ambos modos es que en el modo 3K el contenido en los registros de datos quedara retenido en la memoria EEPROM en caso de una falla de suministro de energía.

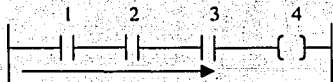
La ejecución del programa se almacena en la memoria de una página a la vez. Cada página tendrá la siguiente capacidad:

- 14 líneas por 11 columnas.
- 154 instrucciones, máximo por pagina.
- 32 instrucciones, máximo por escalón o peldaño (un peldaño, es una línea con varias ramificaciones escalonadas).

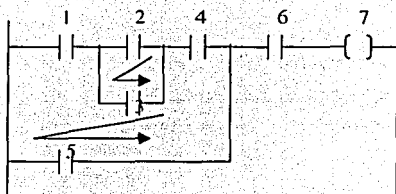
El orden de ejecución del programa se efectuará de la siguiente manera:

- La ejecución se efectúa en forma secuencial desde la primer página hasta la pagina que contenga una instrucción (END).
- En cada pagina, el programa se ejecuta de manera secuencial desde el escalón 1, escalón 2 y así sucesivamente.
- Cada escalón del diagrama escalera es ejecutado de acuerdo a las siguientes reglas.

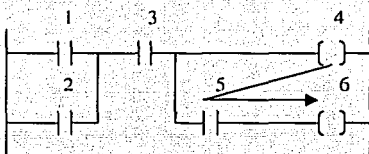
Regla 1. Ejecución de izquierda a derecha en una línea simple.



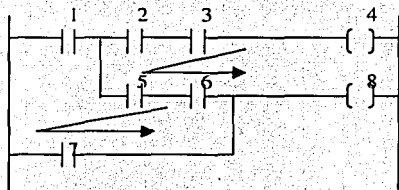
Regla 2. La operación OR se efectúa primero.



Regla 3. Ejecución desde las líneas superiores a las líneas inferiores en ramas.



Regla 4. La ejecución se puede realizar de acuerdo a una combinación de las reglas 2 y 3.



Los números en las figuras representan el orden de ejecución del programa.

3.6 TIPOS DE DISPOSITIVOS Y REGISTROS.

Los programas del EX100, consisten en instrucciones basadas en bits que manejan los estados de señal on/off (1 o 0), tales como instrucciones de contactos y bobinas. También manejan instrucciones basadas en registros de 16 bits, tales como transferencia de datos y operaciones aritméticas. Los dispositivos se utilizan para almacenar el estado on/off de información de contactos y bobinas. Los registros son utilizados para almacenar datos de 16 bits. Los dispositivos que envían información están divididas en 4 tipos:

- X: Dispositivos de entradas externas.
- Y: Dispositivos de salidas externas.
- R: Dispositivos de relés auxiliares.
- Z: Dispositivos de enlace para red.

Los registros de instrucciones están divididos en 4 tipos:

- XW: Registros de entradas externas.
- YW: Registros de salidas externas.
- RW: Registros de relés auxiliares.
- ZW: Registros de enlace a red.
- D: Registros de datos.
- T: Registros de temporizadores.
- C: Registros de contadores.

Dispositivos de entradas externas (X). Estos dispositivos indican el estado on/off de las entradas a través de los módulos de entrada. Este tipo de señal de los dispositivos externos de entrada puede ser usado muchas veces en un programa. La función tipo X es asignada a varios módulos de entrada.

Dispositivos de salidas externas (Y). Estos dispositivos de salida externos almacenan el estado on/off de la señal que va hacia los elementos actuadores vía los módulos de salida. Estas pueden ser usadas para bobinas en un programa. El tipo de función Y es asignada a varios módulos de salida.

Registros de entradas externas (XW). Estos son registros de 16 bits para almacenar números, tales como entradas analógicas, entrada de pulsos, y valores recibidos desde los módulos de entrada. Este tipo de función, XW, es asignada a varios módulos de entrada. El número de registros es determinado por el módulo.

Registros de salidas externas (YW). Estos registros de 16-bits son usados para almacenar números, tales como salidas analógicas y indicadores numéricos para salida vía los módulos de salida.

Dispositivos de relevador auxiliar y registros (R/RW). Los dispositivos de relevador auxiliar, R, son utilizados para almacenar resultados intermedios de la secuencia del programa. Los registros de relevador auxiliar, RW, son usados para almacenar temporalmente resultados de instrucciones de funciones. El dato en R/RW no puede ser sacado directamente de los módulos de salida. Es necesario mover los datos a Y/YW. Es posible especificar estos registros en memoria remanente para retener sus datos en caso de una falla de suministro de energía. El área más alta de los dispositivos, R600 a R63F, es asignada a los relevadores auxiliares.

Registros de datos (D). Los registros de datos están igual que los registros de relevador auxiliar, RW, sólo que los registros de datos no pueden ser usados como dispositivos. Si la memoria se pone en el modo 3K, 1K de los registros de datos (D0512 a D1535) puede ser guardado en la EEPROM como datos fijos. Es posible especificar estos registros en memoria remanente para retener sus datos en caso de falla de energía.

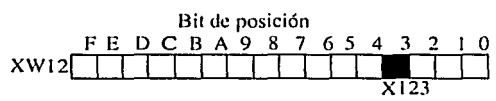
Dispositivos y registros de enlace (Z/ZW). Los Dispositivos y registros de enlace son usados por el sistema de enlace de datos TOSLINE-30. Cada registro esta especificado como un HABLANTE o un OYENTE. Los datos en el registro HABLANTE son enviados a otra estación de la red TOSLINE-30, y los registros OYENTES reciben datos desde otras estaciones en la red. Si la TOSLINE-30 no es usada, esos registros pueden ser usados igual que los registros RW.

Registros de temporizadores (T). Se usan registros de temporizadores para almacenar el tiempo restante de instrucciones de tiempo, tales como temporizadores on y off delay y temporizadores de un solo-tiro. Estos registros no pueden ser usados para almacenar el resultado de instrucciones de funciones. Es posible especificar estos registros en la memoria remanente para retener sus datos en caso de falla de energía. Hay temporizadores de dos tiempos de conteo, T000 a T119: tiempo de 100 ms. T120 a T127: tiempo de 10 ms.

Registros de contadores (C). Son usados para almacenar la cuenta corriente de instrucciones de contador. Estos registros no pueden ser usados para almacenar resultados de instrucciones de funciones. Es posible especificar estos registros en la memoria remanente para retener sus datos en el caso de una falla de energía.

3.7 NÚMERO DE DISPOSITIVOS Y REGISTROS.

Los dispositivos X comparten la misma área de memoria como parte de los registros XW. Por ejemplo, el dispositivo X123, representa el bit dentro de la posición 3 del registro XW12, como se muestra:

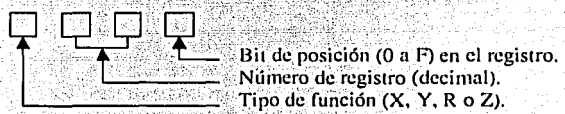


Así, "X123 esta en ON" siempre y cuando el bit 3 del registro XW12 esta en 1. Esto también aplica a dispositivos Y, R; y Z.

Un número de dispositivo consiste de un número de registro y un bit de posición.

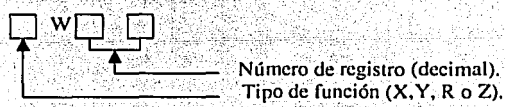
Un dispositivo se refiere a un elemento de señal de entrada, salida, relé auxiliar, o de enlace.

A continuación, se muestra el direccionamiento de dispositivos de señal de entrada externa, salida externa, relevador auxiliar y dispositivos de enlace.



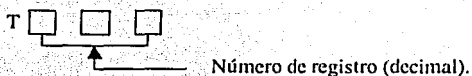
Ejemplo X000, Y027, R10A, Z31F, etcétera.

A continuación, se muestra el direccionamiento de registros: entradas externas, salidas externas, relés auxiliares y enlaces.



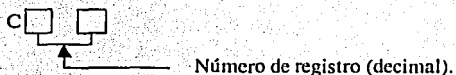
Ejemplo XW00, YW02, RW10, ZW31, etcétera.

Los registros de temporizadores.



Ejemplo T000, T002, etcétera.

Los registros de contadores.



Ejemplo C00, C01, etcétera.

Los registros de datos.



Ejemplo D0000, D0001, etcétera.

El rango de datos disponible en cada registro es de 0 a 65535 (H0000 a HFFFF) excepto para los registros de temporizadores. Los registros de temporizadores tienen un rango de 0 a 32767 (H0000 a H7FFF), porque las instrucciones de tiempo trabajan internamente con doble precisión.

Doble-palabra de datos (32 bits) están disponibles dentro de dos registros consecutivos. Por ejemplo, D0100 y D0101).

La asignación de los dispositivos y registros de las entradas externas (XW/X), salidas externas (YW/Y) y enlaces (Z/ZW), son determinados por los módulos que les corresponden. Estas asignaciones se realizan de forma consecutiva según se

encuentren colocados los módulos en el gabinete. En la tabla 3.7.1. se muestra el número máximo de señales tipo bit o palabra que se pueden direccionar.

Celda/Registro	Símbolo	Número de puntos	Dirección
Celdas de ent. Externas	X	512 puntos totales	X000 - X31F
Celdas de sal. Externas	Y		Y000 - Y31F
Reg. De ent. Externas	XW	64 palabras totales	XW00 - XW63
Reg. De sal. Externas	YW		YW00 - YW63
Celdas de relés Aux.	R	1024 puntos	R000 - R63F
Registros de sal. Aux.	RW	64 palabras	RW00 - RW63
Registros de datos	D	1536 palabras	D0000 - D1535
Celdas de enlace	Z	512 puntos	Z000 - Z31F
Reg. De enlace	ZW	32 palabras	ZW00 - ZW31
Reg. De temporizadores	T	128 palabras	T000 - T127
Reg. De contadores	C	96 palabras	C00 - C95

Tabla 3.7.1 Tabla de dispositivos y registros que se pueden direccionar.

3.8 PUNTOS DE CONEXIÓN Y PALABRAS EN LOS MÓDULOS.

Los puntos se refiere a la cantidad total de señales de entrada / salida que maneja un PLC. El estado on/off de estas señales se almacena en un registro como señal tipo bit. Un registro puede almacenar el estado on/off de 16 señales tipo bit.

Las señales tipo palabra en los módulos, es el conjunto del estado de señal de 16 bits. Por ejemplo, un módulo de 32 puntos de conexión forma 2 palabras (2W). Las palabras también pueden obtenerse por medio de canales, por ejemplo, de un módulo de 4 canales se pueden obtener 4 palabras (4W).

En la tabla 3.8.1. se pueden observar algunos módulos para el EX100, en los cuales se indica el número de palabras que se pueden obtener por modulo.

Número de parte	Descripción	Tipo de módulo
EX10 - MD132	32-Puntos de entrada (24 Vdc)	X2W
EX10 - MD032	32-Puntos de salida por transistor (5 - 24 Vdc)	Y2W
EX10 - MA121	4 canales de entradas analógicas (4 - 20mA/1 - 5V)	X4W
EX10 - MA022	2 canales de salidas analógicas (1-5V/4 -20mA)	Y2W

Tabla 3.8.1 Tabla de Módulos de entradas, salidas y canales.

Reglas para la asignación o distribución de los módulos de entradas y salidas.

Regla 1. Los registros son asignados a los módulos instalados en el EX100, secuencialmente de izquierda a derecha.

Regla 2. Si se conecta una unidad de expansión, se asignan registros secuencialmente a él de la misma manera después de que la unidad básica es asignada.

Regla 3. Con respecto a la asignación de las entradas / salidas, una unidad de 6 ranuras y una unidad de 9 ranuras son asignadas de la misma manera. Esto significa que se proporcionan tres ranuras libres después de la unidad de 6 ranuras.

Regla 4. Ranuras vacantes son asignadas como espacios en blanco durante la asignación automática de los módulos de entradas / salidas. Un registro de salidas externas (YW) es asignado internamente a la ranura en blanco.

Regla 5. Números de registros consecutivos son asignados a módulos de entradas y salidas.

Regla 6. Los registros de enlace (ZW) son asignados a el módulo TOSLINE-30.

Regla 7. La unidad mínima de asignación es un registro, que es de 16 bits. Por consiguiente, por ejemplo, cuando un registro es asignado a un módulo de 12 puntos, los bits C a F son invalidados.

En el modo de operación RUN con ranuras libres entre los módulos asignados es posible si las ranuras tienen que ser designadas como espacios en blanco, SP, OPT. Sin embargo, si las ranuras asignadas son otra cosa que no sean estas tres, la función RUN no es posible debido al chequeo respuesta-módulo. En semejante caso, la operación forzada (RUN-F) puede ser usada para desactivar el chequeo de respuesta de módulo.

A continuación se muestran ejemplos básicos para la asignación de los módulos de entrada / salida para el PLC EX100.

Ejemplo 1: Cuando los módulos del EX100, son montados de la siguiente manera:

	0	1	2	3	4	5	6	7
P S	C P U	E N T	E N T	E N T	E N T	V A C A N T	S A L	S A L
		16 P	16 P	32 P	32 P		32 P	32 P

UNIDAD BÁSICA (0)

	0	1	2	3	4	5	6	7
P S	E N T	S A L	E N T	S A L	V A C A N T	V A C A N T	S A L	S A L
	16 P	16 P	16 P	16 P			12 P	12 P

UNIDAD DE EXPANSIÓN (1)

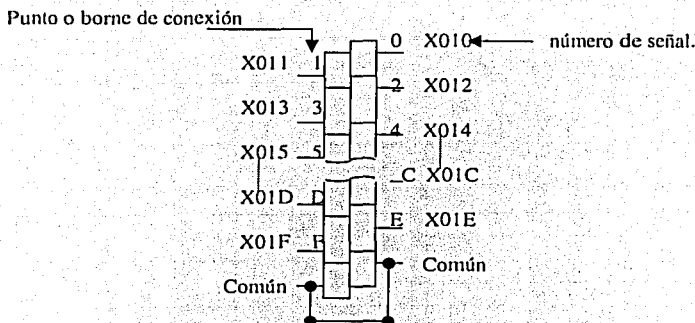
Los registros se asignan de forma automática, según la tabla 3.8.2:

Unidad	Slot	Tipo de módulo	Asignación de registro
0	0	CPU	
	1	X1W	XW00
	2	X1W	XW01
	3	X2W	XW02, XW03
	4	X2W	XW04, XW05
	5	En blanco	(YW06)
	6	Y2W	YW07, YW08
	7	Y2W	YW09, YW10
1	0	X1W	XW11
	1	Y1W	YW12
	2	X1W	XW13
	3	Y1W	YW14
	4	En blanco	(YW15)
	5	En blanco	(YW16)
	6	Y1W	YW17
	7	Y1W	YW18

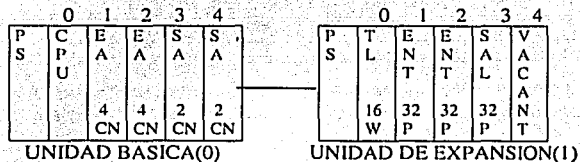
Tabla 3.8.2 Tabla de asignación de registros.

Una vez que un registro se ha asignado a un módulo, los dispositivos dentro del registro son asignados a los módulos de señales externas. La asignación de señales de los dispositivos externos es determinada por una combinación del número de registro y el número de señal, como se indica en el siguiente módulo de ejemplo.

X010: X dispositivo de señal de entrada externa. 01 es el número de registro y 0 es el número de señal. Esta puede ser 0 o 1.



Ejemplo 2: Cuando un EX100 está montado con la siguiente configuración:



EA: Entradas analógicas

SA: Salidas analógicas

TL: Tosline-30

Los registros son asignados de forma automática, como se muestra en la tabla

3.8.3

Unidad	Slot	Tipo de módulo	Asignación de registro
0	0	CPU	
	1	X4W	XW00, XW01, XW02, XW03
	2	X4W	XW04, XW05, XW06, XW07
	3	Y2W	YW08, YW09
	4	Y2W	YW10, YW11
	(5)	En blanco	(YW12)
	(6)	En blanco	(YW13)
	(7)	En blanco	(YW14)
1	0	Z16W	ZW00 a ZW15
	1	X2W	XW15, XW16
	2	X2W	XW17, XW18
	3	Y2W	YW19, YW20
	(4)	En blanco	(YW21)
	(5)	En blanco	(YW22)
	(6)	En blanco	(YW23)
	(7)	En blanco	(YW24)

Tabla 3.8.3 Tabla de registros asignados automáticamente.

Pueden existir hasta 6 módulos vacantes por unidad a los cuales se les asignarán registros. Para entradas y salidas analógicas, o entradas de pulsos, se les asignará un registro por cada canal (se obtiene una palabra) en cada módulo.

Pueden ser montados arriba de 4 módulos TOSLINE-30, estos son montados dependiendo de la capacidad de los registros de red (32 registros).

CAPÍTULO 4. FUNCIONAMIENTO, CONFIGURACION Y ESPECIFICACIONES DE FUNCIONES DEL P.L.C. EX100.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

4.1 FUNCIONAMIENTO DEL PLC.

Un controlador lógico programable (PLC) es un equipo electrónico digital de control que tiene un cableado interno (hardware) independiente del proceso o máquina a controlar, el cual se adapta a dicho proceso o máquina mediante un programa específico (software) que contiene una secuencia de operaciones a realizar. Esta secuencia de operaciones se define sobre señales de entrada y salida que envía el mismo proceso o máquina a controlar, cableadas directamente en los bornes de conexión del controlador. Así mismo, al ejecutarse el programa contenido en la memoria se generan una serie de señales internas auxiliares en la elaboración de la lógica de control o secuencia de operaciones a realizar.

En los sistemas cableados como ya se mencionó, existen uniones físicas entre sus componentes sean estos eléctricos o con circuitos integrados analógicos y/o digitales. También observamos que se puede deducir una expresión matemática que describa la lógica de control, independientemente de la tecnología aplicada. La obtención de la información que se toma del proceso se realiza en paralelo. Los elementos de mando o entrada junto con los elementos de control, son leídos de forma simultánea en todos los circuitos del control, como se observa en la figura 4.1.1.

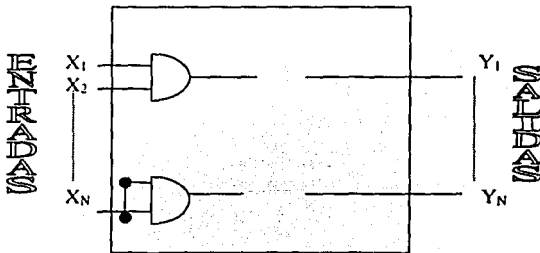


Figura 4.1.1. En los sistemas cableados la información se adquiere en paralelo.

En los P.L.C; el estado de las señales de los elementos emisores, se transfiere en series de bits que son almacenados y posteriormente utilizados por el procesador. El acceso a la información será requerido por una serie de instrucciones ordenadas en forma secuencial llamado programa de usuario. Esta secuencia de instrucciones del mismo modo entregará la información a la salida requerida.

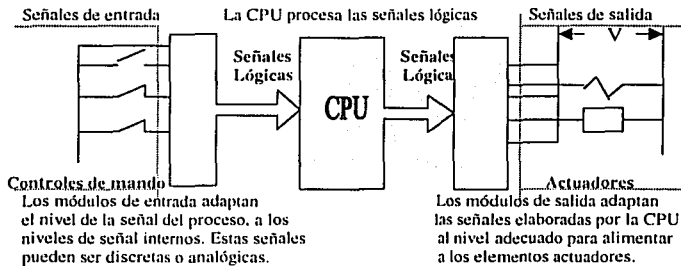


Figura 4.1.2 Diagrama del procesamiento de las señales de entrada y salida.

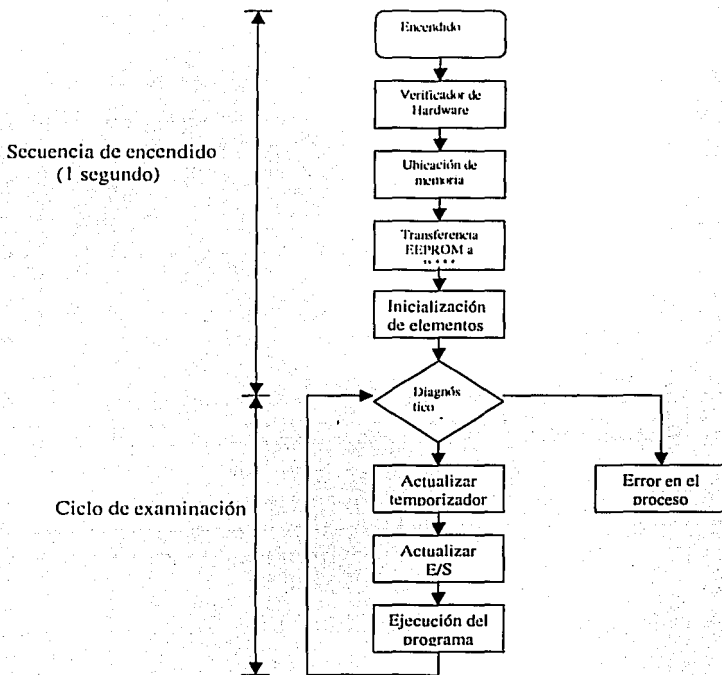
Como se observa en la figura 4.1.2, los módulos de entrada convierten las señales provenientes de los elementos de mando (interruptores, termopares, fotoceldas, etcétera.) a señales lógicas útiles para la C.P.U. Está almacenará y procesará las señales según el programa usuario que contenga. Ya terminado esté proceso la C.P.U. entregará al módulo de salidas, señales lógicas para que puedan ser convertidas a señales con voltajes útiles para los actuadores o elementos de salida.

El organigrama de la figura 4.1.3 muestra las operaciones internas ejecutadas por el P.L.C. EX100 desde el momento en que es encendido el equipo para que se inicie el proceso de la ejecución del programa. Como lo muestra el organigrama la ejecución de un programa consiste de continuas operaciones de examinación. Una examinación es un ciclo comenzando con el mismo diagnóstico y finalizando con la completa ejecución del programa.

Verificador de Hardware: Verifica e inicializa las memorias, los circuitos integrados y los buses de entrada/salida.

Ubicación de memoria: Ubica la memoria del sistema en 3K o 4K de acuerdo a la posición del interruptor que se encuentra en la CPU. La memoria interna del P.L.C. (EX100) consiste de una memoria de programa y una memoria de datos. La memoria de programa es usada para almacenar el programa del usuario. La memoria de datos

es usada para almacenar el estado encendido / apagado de las señales externas entradas / salidas y varios datos de control.



La figura 4.1.3 Muestra la operación interna del P.L.C. EX100.

El controlador EX100 tiene memoria del tipo EEPROM de respaldo. Esta puede ser usada en modo 4K o modo 3K. En el modo 4K, la memoria del programa puede ser almacenada en la EEPROM. En el modo 3K, la memoria de programa y el contenido de 1024 registros de datos (D0512 a D1535) pueden ser almacenados en la memoria EEPROM. En las figuras 4.1.4 (a) y (b) se muestra la configuración interna para cada modo de memoria (4K o 3K).

Modo 4K posición.

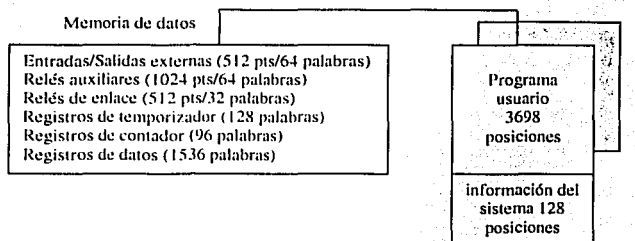


Figura 4.1.4 (a) Configuración de memoria en modo 4K posiciones.

Modo 3K posiciones.

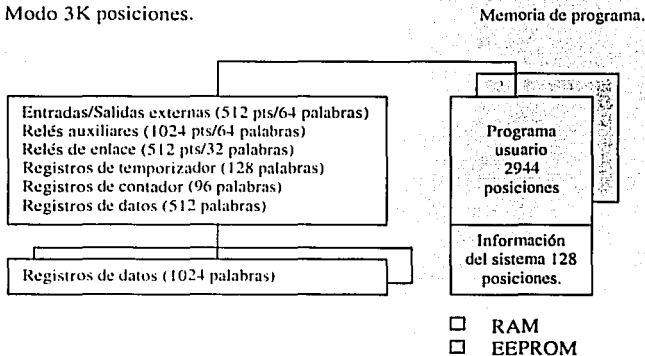


Figura 4.1.4 (b) Configuración de memoria en modo 3K posiciones.

Transferencia de programa: Es cuando se transfieren los datos de la memoria EEPROM a la memoria RAM. Como ya se mencionó el programa usuario se almacena en la EEPROM, por lo que, puede mantenerse grabado sin necesidad de una batería o de mantener encendido el equipo en caso de falla de energía. Cuando se enciende el equipo el programa del usuario es transferido a la memoria RAM y la ejecución del programa es hecha basada en los contenidos de la RAM. Si se desea una edición del programa también es hecha basada en los contenidos de la RAM.

La inicialización de registros / dispositivos: Cuando es encendido el equipo, todos los registros y dispositivos (señales emisoras) que no fueron designados para ser retenidos son puestos a 0. Los registros y dispositivos que son retenidos consisten

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

de señales que son forzadas, y dispositivos y registros especificados en la memoria remanente.

El diagnóstico: Verifica la existencia de errores. Primero, realiza la verificación de la memoria de programa (programa usuario), Segundo se verifica la existencia de la instrucción FIN (END), también verifica la sintaxis de las instrucciones JCS/JCR, MCS/MCR y los operandos de salida. Tercero, chequea el tiempo de verificación del programa. Cuarto, verifica las respuestas de los módulos de entrada / salida. Quinto, verifica la existencia de instrucciones ilegales. Sexto, chequea los datos de los módulos de enlace en red (Tosline), Séptimo, Verifica las interfaces de enlace con la computadora. Octavo, chequea el tiempo de operación del proceso (watchdog timer).

Actualización del cronómetro: Actualiza tiempos de relés y los registros de temporizadores.

Actualización de entradas / salidas: Actualiza los registros de entradas / salidas externos y los registros de enlace.

Ejecución del programa usuario: Ejecuta el programa del usuario, la C.P.U. lee las instrucciones del programa de manera lineal, tomando en consideración los estados de las entradas actualizadas. Terminado este proceso la C.P.U. envía los estados de señal obtenidos a las salidas, volviendo a iniciar el ciclo.

El EX100 tiene básicamente dos modos de operación, el modo RUN y el modo HALT. El EX100 también tiene el modo ERROR, que es usado como un estado anormal.

En el modo RUN lee las señales externas, ejecuta el programa usuario almacenado en la RAM y también envía las señales de salida para los distintos dispositivos externos de acuerdo al programa usuario. Es en el modo RUN que el EX100 realiza una verificación, que es el funcionamiento básico de los controladores programables. Un programa normalmente no es modificable en el modo RUN. Sin embargo el EX100 tiene un programa en línea que permite cambios al programa cuando el sistema está en operación. Esto permite modificar el programa sin necesidad de apagar las salidas externas en el modo RUN.

En el modo HALT, la ejecución del programa usuario es detenida y todas las salidas son conmutadas a off. Este es el modo en el que el programa usuario es normalmente modificado. Escribir el programa dentro de la EEPROM puede realizarse solamente en este modo.

En el modo RUN-P, no se pueden hacer cambios al programa y la operación de escribir en la EEPROM no puede ser realizada. En este modo el programa usuario puede ser protegido de operaciones no autorizadas conmutando el interruptor a la posición RUN-P.

Modo error, en este modo el EX100 es enterado de que existe un problema detectado durante el diagnóstico del proceso, y su funcionamiento normal no puede continuar. La ejecución del programa se detiene y todas las salidas son desactivadas. Para salir del modo error, se introduce un comando de reajuste desde el programador, o apague el equipo y después vuélvalo ha encender.

4.2 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DEL PLC EX100.

A continuación, en la figura 4.2.1. se muestra la configuración del sistema para el EX100.

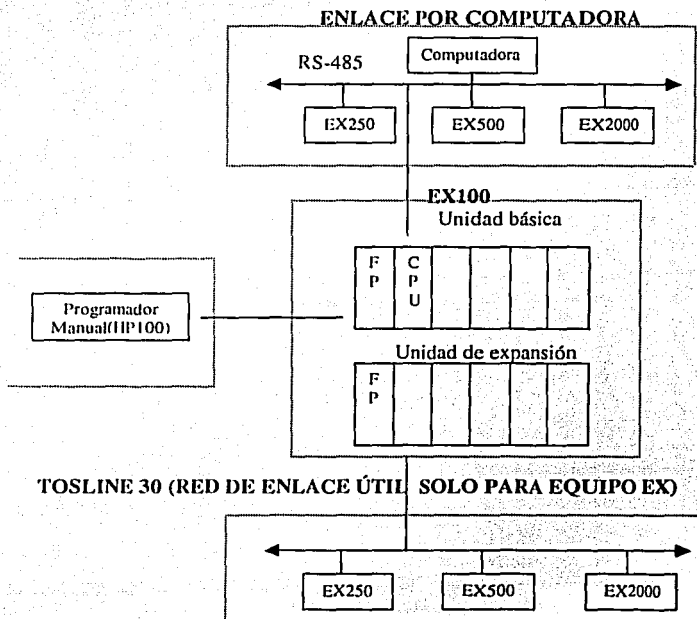


Figura 4.2.1. Configuración del sistema del P.L.C EX100.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1. **Unidad básica.**- La unidad básica consiste del rack (gabinete donde van montados los módulos), el módulo de la fuente de poder, el módulo de la CPU, y los módulos de E/S. La unidad básica es la construcción simple de el EX100.

2. **Unidad de expansión.**- Si el número de E/S no es suficiente, entonces se utiliza la unidad de expansión, esta debe ir acompañada por los módulos de E/S y por su propia fuente de poder. La expansión se conecta directamente a la unidad básica.

3. **Rack o gabinete.**- El rack es el gabinete donde van montados los módulos de E/S, la fuente de poder y la C.P.U.

4. **Conector de expansión.**- El conector de expansión es el socket, con el cual, se conecta la unidad básica con la unidad de expansión.

5. **Módulo de la fuente de poder.**- La fuente de poder proporciona 5 Vdc para la C.P.U. y los módulos de entradas / salidas. Esta fuente puede ser energizada con voltajes de 120 Vac o 240 Vac, según el modelo. Este módulo se coloca en el extremo izquierdo del Rack.

6. **Módulo de la CPU.**- La CPU es el cerebro del EX100 y es montado próximo a la fuente de poder en el rack. Este módulo lee el estado de las entradas, ejecuta el programa usuario y controla el estado de las salidas.

7. **Módulos de E/S.**- Los módulos de entradas convierten las señales de entrada externas a un nivel de señal que pueda ser procesado por la C.P.U. Los módulos de salida convierten las señales de la C.P.U. a un nivel, para que puedan ser útiles para los elementos actuadores.

8. **Cable de expansión.**- El cable de expansión conecta la unidad básica con la unidad de expansión.

9. **Programador.**- El programador es usado para escribir el programa dentro de la CPU y para monitorear el estado de la ejecución del programa. Este programador puede ser sustituido por una computadora carga con el software respectivo para programar el EX100.

10. **Cable del programador.**- Este cable conecta el programador con el módulo de la C.P.U. Este cable puede ser conectado o desconectado incluso cuando este encendido el equipo.

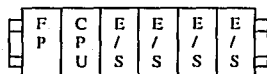
4.4 CONFIGURACIÓN DE MÓDULOS DE E/S (ENTRADA/SALIDA).

El rack o gabinete se divide en dos tipos básicos. El más pequeño que puede acomodar un total de seis módulos, incluido el módulo de suministro de energía y el más grande puede acomodar un total de nueve módulos. Además hay dos tipos de cada gabinete, el tipo inexpandible y el tipo expandible, haciendo un total de cuatro tipos. El gabinete expandible es equipado con un conector de expansión del lado izquierdo. En la configuración de expansión, dos racks expandibles son utilizados: uno para la unidad básica, y uno para la unidad de expansión.

La configuración mínima del EX100 consta de un gabinete de seis ranuras para seis módulos. Esta unidad puede acomodar cuatro módulos de entradas / salidas junto con el módulo de la CPU y el módulo de suministro de energía.

La configuración máxima de el EX100 consta de dos gabinetes de nueve ranuras. Esta configuración puede acomodar arriba de quince módulos de entrada / salida junto con el módulo de la CPU y los dos módulos de suministro de energía. Si módulos de 32 puntos de entrada / salida son montados en todas las ranuras, es posible controlar un máximo de 480 puntos o señales de entrada / salida.

Configuración mínima



Configuración máxima

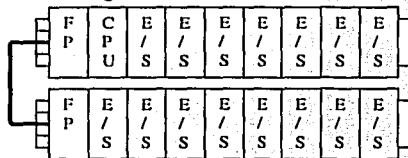


Figura 4.4.1. Configuración mínima y máxima de entradas / salidas.

El EX100 consiste del gabinete, el módulo de suministro de energía, el módulo de la CPU, y varios módulos de entrada / salida, como se describe en la figura 4.4.2. Como mencionamos anteriormente, el gabinete esta disponible en cuatro tipos. Cabe mencionar que los módulos son colocados en el gabinete de izquierda a derecha empezando con el módulo de suministro de energía, la CPU y los módulos de E / S.

Parte No.	Slots		Observaciones
EX10-UBA1	6 slots	1xFP, 1xCPU, 4xE/S	Dedicados para la unidad básica (No expandible)
EX10-UBA2	9 slots	1xFP, 1xCPU, 7xE/S	
EX10-UBB1	6 slots	1xFP, 1xCPU, 4xE/S(Básico)	Para usarse por la unidad básica o la unidad de expansión (Expandible)
		1xFP, 5xE/S(Expansión)	
EX10-UBB2	9 slots	1xFP, 1xCPU, 7xE/S(Básico)	
		1xFP, 8xE/S (Expansión)	

Tabla 4.4.2 Tipos de gabinetes o racks en inglés.

Cabe aclarar que el gabinete tipo inexpandible no cuenta con un conector de expansión a diferencia del tipo expandible.

4.5 MÓDULO DE LA FUENTE DE PODER.

El módulo de la fuente de poder es montado en la ranura del gabinete que se encuentra en el extremo izquierdo. Los siguientes tres tipos de módulos de suministro de energía están disponibles, dependiendo del voltaje que se requiera. En la figura 4.5.1 se muestran los tres tipos de módulos de suministro de energía.

Parte No.	Voltaje de fuente de poder	Rangos de salida
EX10- MPS51	100 Vac a 120 Vac(+10/-15%)	Potencia suministrada para control, 5 V – 2.5 A(max.)
EX10- MPS61	200 Vac a 240 Vac(+10/-15%)	
EX10- MPS31	24 Vdc (+20/-15%)	Poder externo suministrado 24V(+/- 10%)-0.5A(max.)
		Potencia total: 15W

Tabla 4.5.1 Tipos básicos de módulos de suministro de energía.

A continuación se muestra en la figura 4.5.2 un módulo de la fuente de poder del tipo EX10- MPS61.

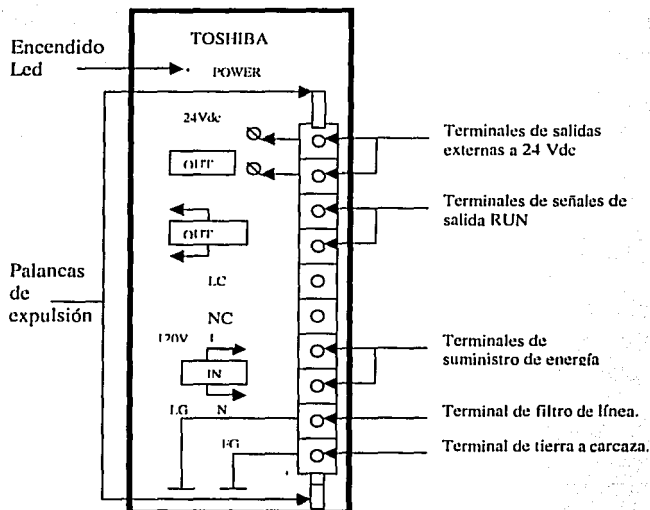


Figura 4.5.2 Módulo de la fuente de poder EX10-MPS61.

4.6 MÓDULO DE LA CPU.

El módulo de CPU es montado en la unidad básica del EX100. Este módulo debe ser montado en la ranura (slot) más próximo a la fuente de poder de izquierda a derecha. Dos tipos de módulos de CPU están disponibles: La versión estándar y la versión mejorada. En la figura 4.6.1, se muestra el módulo de la versión avanzada de CPU del EX100 (el EX10-MPU12A), cabe mencionar que a diferencia de la versión estándar, la versión mejorada incorpora la función de enlace con una computadora y la función de reloj-calendario.

Si un error ocurre en el EX100, el display nos da pistas de cual podría ser la naturaleza del problema.

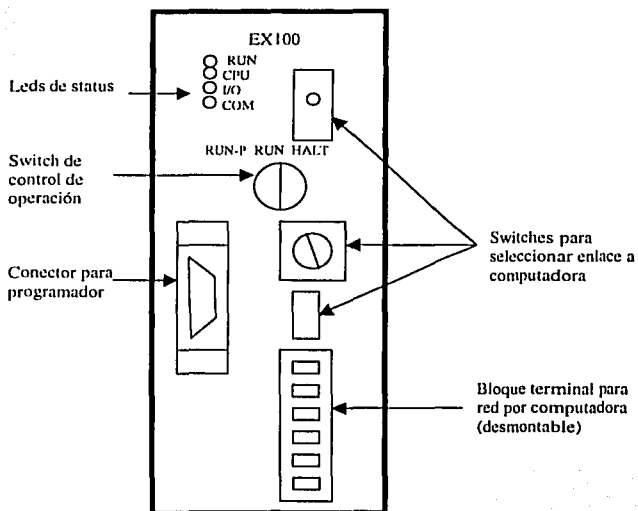


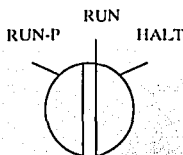
Figura 4.6.1 Módulo de CPU EX10-MPU12A versión mejorada.

El estado que indican los leds en el display indicador del EX100 se muestran en la tabla de la figura 4.6.2

RUN	Encendido	En operación (estado RUN)
	Parpadeando	En estado de espera
	Apagado	En estado de paro o estado de error
CPU	Encendido	CPU normal
	Parpadeando	Error en el programa usuario
	Apagado	Error en CPU
E / S	Encendido	Módulos de E / S normales
	Apagado	Error en las Módulos de E / S.
COM	Parpadea durante la comunicación con los periféricos.	

Tabla 4.6.2 Estado de los leds en el display del módulo de la CPU.

Switch de control de operación. Este switch es usado para el control del estado de operación del EX100. A continuación se muestra la tabla de la figura 4.6.3, la cual indica los diferentes estados de operación de la CPU del EX100.

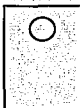


HALT	La ejecución del programa es detenida. Esta es la posición normal para la programación.
RUN	Se efectúa la ejecución del programa. HALT o RUN pueden ser seleccionados desde el programador. La programación y escritura dentro de la EEPROM esta disponible.
RUN-P	Se ejecuta el programa. HALT o RUN pueden ser seleccionados desde el programador. La edición y escritura en la EEPROM esta invalidada.

Tabla 4.6.3 Funciones del switch de control de operación

Switch de selección para enlace a computadora. En esta perilla se selecciona el periférico de programación usado para el P.L.C. (ver tabla 4.6.4).

PROGMR



LINK

PROGMR	Este modo solo puede ser usado por el programador. No puede ser usado para enlace
LINK	Este modo solo puede ser usado para enlace a computadora, y no por el programador.

Tabla 4.6.4. Periféricos de programación para el P.L.C.

La perilla de estación permite seleccionar el número de estación en modo de red por computadora o Tosline (del 0 al 15)



4.7 MÓDULOS DE E/S.

En la tabla de la figura 4.7.1 se muestran los diferentes tipos de módulos disponibles para el EX100, para ser usados por los diferentes tipos de aplicaciones. Los módulos de E/S se montan en una ranura del gabinete y en una secuencia determinada. Aunque aquí se recomiendan algunas configuraciones para evitar el riesgo de interferencias.

No. de parte	tipo	Especificaciones
EX10- MD131	Entradas Dc / Ac	16 puntos (16 puntos comunes), 12 a 24 Vdc/Vac
EX10- MD132	Entradas Dc	32 puntos (8 puntos comunes), 24 Vdc
EX10- MIN51	Entradas de Ac	16 puntos (16 puntos comunes), 100 a 120 Vac
EX10- MIN61		16 puntos (16 puntos comunes), 200 a 240 Vac
EX10- MRO61	Salidas a relés	12 puntos (4 puntos comunes), 240 Vac, +10%/24 Vdc, +20% (max.), 2 A / punto, 4 A/4 puntos (max.)
EX10- MRO62		8 puntos (aislados), 240 Vac, +10%/24 Vdc, +20% (max.), 2 A / punto (max.)
EX10- MDO31	Salidas a transistores	16 puntos (16 puntos comunes), 5 a 24 Vdc, 1A/punto (max.), 1,2 A / 4 puntos (max.)
EX10- MDO32		32 puntos (8 puntos comunes), 5 a 24 Vdc, 0.1 A/punto (max.)
EX10- MAC61	Salidas a Triac	12 puntos (4 puntos comunes), 100 a 240 Vac, 0.5 A/punto (max.), 0.6 A/SSR (max.)
EX10- MAI21	Entradas analógicas	4 canales, 1 a 5 V/4 a 20 mA, 8 bits de resolución.
EX10- MAI22		4 canales, 1 a 5 V/4 a 20 mA, 12 bits de resolución.
EX10- MAI31		4 canales, 0 a +10 V, 8 bits de resolución.
EX10- MAI32		4 canales, -10 a 10 V, 12 bits de resolución.
EX10- MAO31		Salidas analógicas
EX10- MAO22	2 canales, 1 a 5V/4 a 20 mA, 12 bits de resolución.	
EX10- MAO32	2 canales, -10 a +10 V, 12 bits de resolución.	

Figura 4.7.1 Muestra los diferentes tipos de módulos de entrada / salida.

Los módulos de enlace de datos que están disponibles para el EX100 se muestran en la figura 4.7.2, los cuales pueden comunicar todas series de P.L.C. EX (EX100, EX200B, EX250, EX500 o EX2000) y/o las estaciones remotas E/S (en nuestro caso estos módulos no se requieren.

No. de parte	Tipo	Especificaciones
EX10- MLK11	TOSLINE-30 (doble hilo)	8/16/32 palabras en transmisión cíclica, 187.5 kbps, 1mk máx.
EX10- MLK12	TOSLINE-30 (fibra óptica)	8/16/32 palabras en transmisión cíclica, 375 kbps, 2 km máx.

Tabla 4.7.2 Módulos que permiten la comunicación con otros P.L.C. y/o estaciones remotas.

4.8 ESPECIFICACIONES DE FUNCIONES DEL EX100.

En seguida en la tabla 4.8.1. se muestran las especificaciones principales de las funciones que puede realizar el EX100.

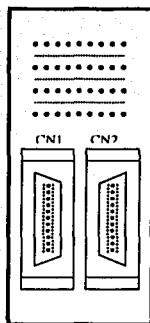
Tema		Especificaciones
Método de control		Programa almacenado de sistema cíclico de escaneo.
Actualización E/S		Lote de E/S (instrucción de E/S disponible inmediatamente)
Lenguaje de programación		Lenguaje escalera con bloques funcionales.
Memoria	Capacidad de programa	3K escalones o 4K escalones, switch de selección. (para 3K escalones, 1K palabras de datos almacenados en la EEPROM.
	Tipo de memoria	EEPROM (transfiere los datos a la RAM cuando es encendido el aparato.
Instrucciones		15 tipos básicos, 67 tipos de funciones.
Velocidad de ejecución.		0.9 μ s / instrucción de contacto 110 μ s / 16 bit de adición
No. De puntos de E/S		Discretos de E/S: 480 puntos Registros de E/S: 60 registros (1 registro = 16 puntos)
Relés internos/ registros internos	Registros de datos	15.36 registros (1 registro = 16 bits)
	Registro de temporizador	120 (0.1 s), 8 (0.01 s) Rangos de selección: 0 a 65535
	Registro de contador	96, rango de selección de valores (conteo): 0 a 65535
	Relés auxiliares	960 puntos / 60 registros
	Relés de enlace	512 puntos / 32 registros
	Relés especiales	Status de enlace, reloj, funciones especiales, diagnosis y otros.
	Memoria retentiva	Registros de datos, registros de temporizadores, registros de contadores y relés auxiliares que pueden ser asignados para la memoria retentiva.
Función reloj – calendario.		Año, mes, día, día de la semana, horas, minutos, segundos.
Datos de enlace	Enlace de computadora	RS-485, 16 estaciones máximo, 1 km máximo.
	Enlace entre P.L.C.	TOSLINE-30, doble hilo/cable de fibra óptica
	E/S remotas	
Diagnóstico		Memoria, bus de E/S, programa, E/S, escaneo, tiempo, transmisión y verificación de temporizador (watchdog).
RAM de respaldo (para memoria retentiva)		Capacitor empotrado: 7 días / 25°C (77°F) Batería opcional: 2 años / 25°C (77°F)

Tabla 4.8.1 Especificaciones de las funciones del P.L.C. EX100.

4.9 ESPECIFICACIONES DE MÓDULOS DE E/S.

Mencionaremos solamente las especificaciones de los módulos de entrada / salida que utilizaríamos en caso de implementar el sistema de control para el alumbrado de pasillos y accesos principales que se menciona en el capítulo 5.

El módulo de 32 puntos de entradas de DC por transistores (modelo EX10- MDI32), se muestra en la figura 4.9.1.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 4.9.1 Módulo de entradas de DC, modelo EX10-MDI32.

ESPECIFICACIONES		D132 (EX10- MDI32)
Voltaje de entrada		24 Vdc. +10/-15%
Voltaje mínimo en ON		18.0 V
Voltaje máximo en OFF		6.0 V
Corriente de entrada		5 mA (24 Vdc)
No. de puntos de entrada		32 puntos
Tiempo de retardo de un ON	Modo N	10 ms o menos
	Modo H	1.5 ms o menos
Tiempo de retardo de un OFF	Modo N	10 ms o menos
	Modo H	1.5 ms o menos
Conexión externa		2 X 24- pin conectores
Sistema común	No. de Comunes	4
	Puntos de entradas comunes	8 puntos / común
Voltaje que resiste		1500 Vac/1 minuto
Corriente de consumo		80 mA (5 Vdc) o menos

Tabla 4.9.1 Especificaciones del módulo EX10-MDI32.

Se utilizan 2 conectores con cable (soldado) de tipo estándar para los canales de comunicación con la CPU. En la figura 4.9.2. se muestra el diagrama interno y el diagrama de conexión de dispositivos externos para el módulo EX10 MDI32.

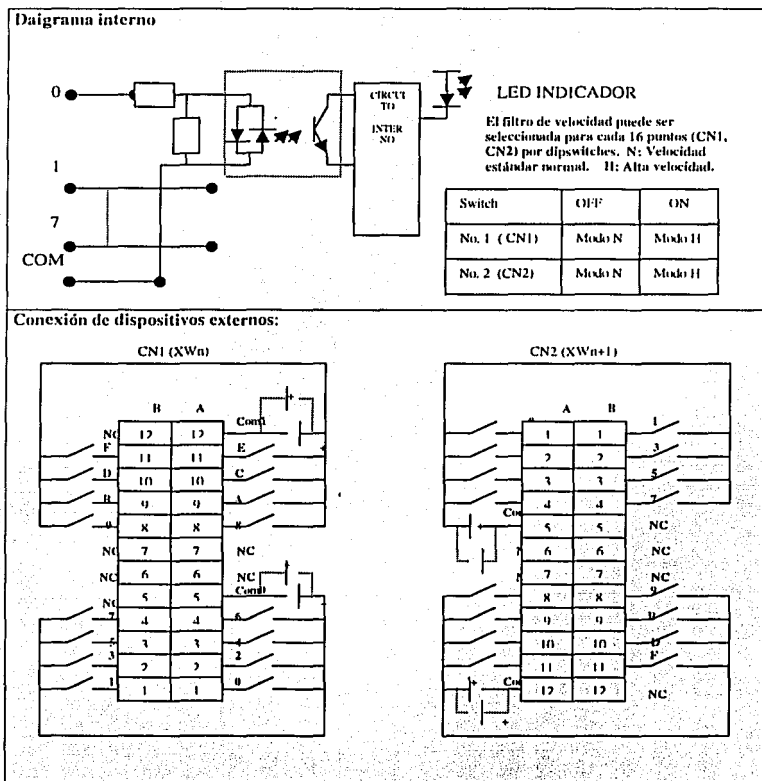


Figura 4.9.2 Diagrama interno y de conexión de dispositivos externos del módulo EX10 MD132

Módulo de 32 puntos de salidas de DC se muestra en la figura 4.9.3 con salidas tipo transistor (modelo EX10 MD032); utiliza un conector por canal tipo estándar de 24 pines.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

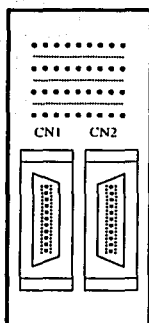


Figura 4.9.3 Módulo de 32 puntos de salida de DC modelo EX10 MD032.

ESPECIFICACIONES		DO32 (EX10- MD032)
Poder de Carga		5 a 24 Vdc. +10/-5%
Corriente de salida en estado ON		100 mA / punto (poder de carga 24 V) 20 mA / punto (poder de carga 5 V) 800 mA / común
Voltaje de saturación en ON		0.4 o menos
No. De puntos de salida		32 puntos
Tiempo de retardo de un ON		1 ms o menos
Tiempo de retardo de un OFF		2 ms o menos
Conexiones externas		2 x 24- pin conector
Sistema común	No. de comunes	4
	Puntos de salidas comunes	8 puntos comunes
Voltaje que resiste		1500 Vdc. 1 minuto
Fusible integrado		4 x 2 A / común
Corriente de consumo		250 mA (5 Vdc) o menos

Tabla 4.9.4 Especificaciones del módulo EX10-MD032.

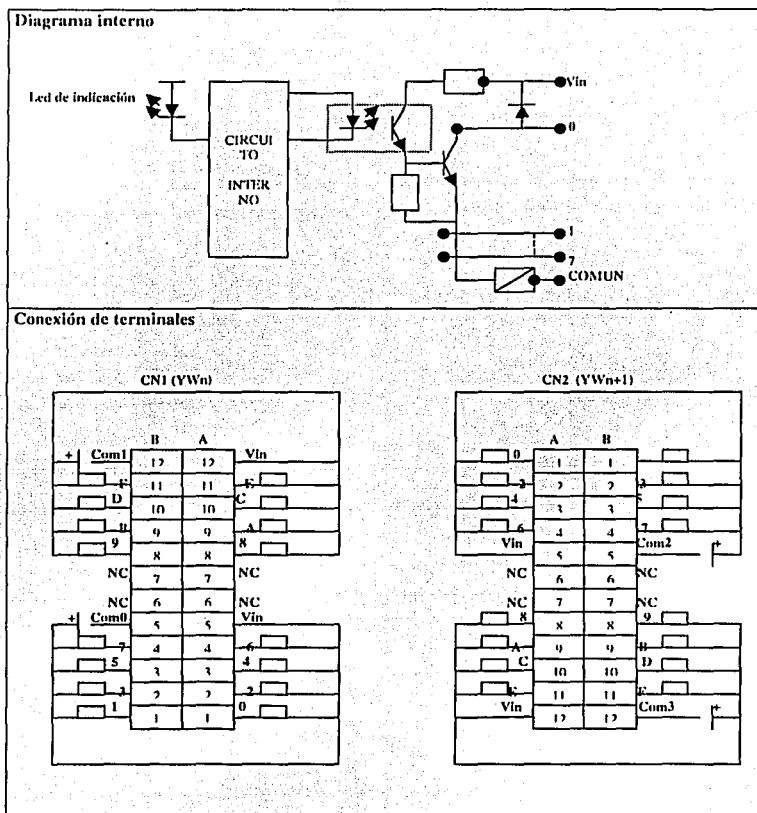


Figura 4.9.4 Diagrama interno y de conexión de los dispositivos externos del módulo EX10-MD032.

Módulo de entradas analógicas de 4 canales (8 bits) (Modelo EX10- MAI21) El rango de entrada para el modelo AI21 es de 4 a 20 mA cuando se utiliza corriente, y

se colocan los interruptores en la posición I. Cuando se selecciona voltaje se colocan los interruptores en la posición V. El rango de voltaje es de 1 V a 5 V.

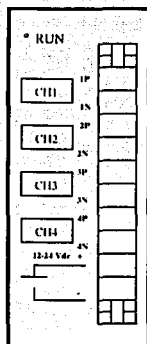


Figura 4.9.5. Módulo de entradas analógicas de 4 canales modelo EX10-MAI21

ESPECIFICACIONES	A121 (EX10- MAI21)
Rango de entrada	1 a 5 V ó 4 a 20 mA.
Impedancia de entrada	1 a 5 V: 500 K Ω o más. 4 a 20 mA: 250 Ω .
No. de puntos de entrada	4 canales, N común
Resolución	1 a 5 V: 0 a 250 4 a 20 mA: 0 a 250
Ciclo de conversión	Aproximadamente 1 ms
Detección de hilo abierto	Sí, para 4 a 20 mA
Detección de pérdida de potencia	Sí
Voltaje que resiste	1500 Vac, 1 minuto
Corriente consumida	50 mA (5 Vdc) o menos.
Potencia externa requerida	12 a 24 Vdc, +10%-50 mA

Tabla 4.9.5 Especificaciones del módulo EX10-MAI21

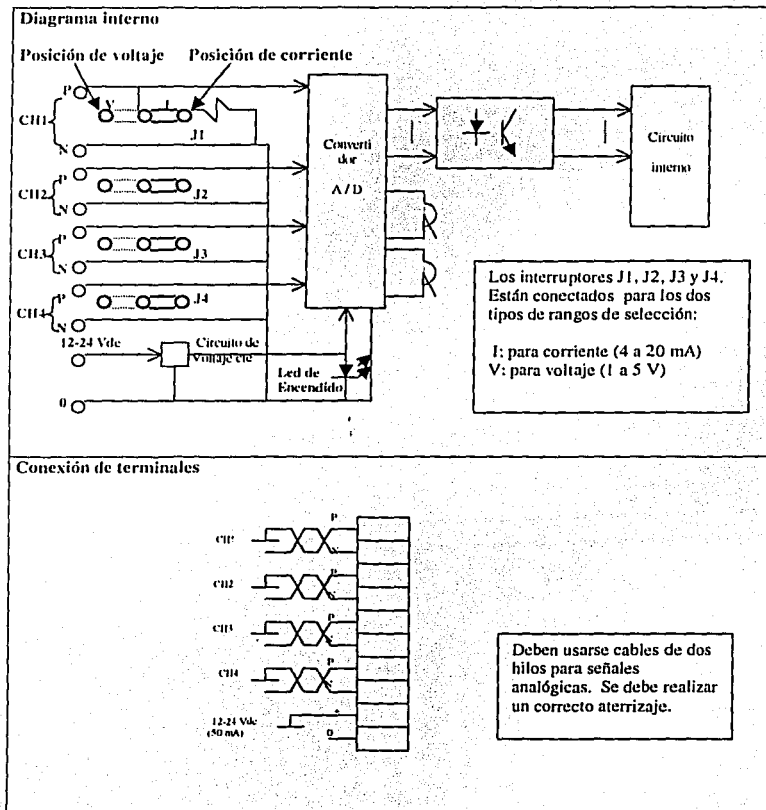
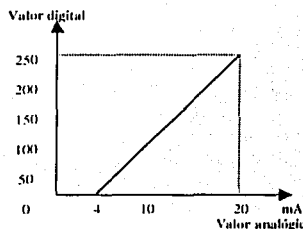


Figura 4.9.6. Diagrama interno y de conexión de terminales del módulo EX10-MAI21

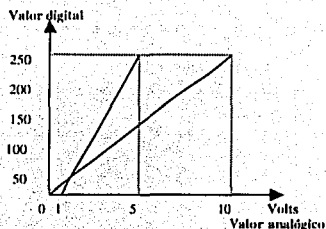
Conversión A/D



(a) 4 a 20 mA: $D = 15.625 A - 62.5$

(b) 1 a 5 V: $D = 62.5 A - 62.5$

(c) 0 a 10 V: $D = 25 A$

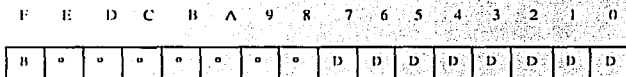


D: Valor digital

A: Valor analógico

Cuando se tiene una señal analógica por el canal es convertida a digital, necesaria por la C.P.U. Y se ocupan las formulas anteriores para conocer la equivalente digital. Esta se maneja como un valor numérico que puede ser procesado por el programa en la C.P.U.

Formato de Datos



D: Datos en bits (8 bits)
0 a 250 (1100 a 1111A)

B: Bit de detección de problemas en el cableado externo.

0: Normal

1: Anormal. Si todos los bits son 0, el cable de corriente de entrada esta abierto (solo en el modo 4 a 20 mA).

Si todos los bits son 1, la fuente de poder esta apagada.

°: Estos bits son siempre 0.

Asignación de registros

	F	0
XWn		
XWn+1		
XWn+2		
XWn+3		

A cada canal se le asigna un registro (16 bits) y este registro recibe la equivalente digital.

Figura 4.9.7 Conversión A/D y formato de datos del módulo EX10-MAI21.

CAPÍTULO 5. AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALUMBRADO Y ACCESOS PRINCIPALES DE UN EDIFICIO POR MEDIO DEL P.L.C EX100.

5.1 INTRODUCCIÓN A LA APLICACIÓN.

La necesidad de administrar racionalmente los recursos energéticos, alcanzar una mayor competitividad, productividad diaria; controlar la generación de los elementos contaminantes y mejorar la calidad de vida, son algunos de los postulados del edificio inteligente.

En la construcción moderna, las reglas fundamentales de la mercadotecnia se vienen aplicando implacablemente ante las nuevas necesidades que se derivan de la lucha por alcanzar una mayor competitividad. El equipamiento de orden electro-mecánico-electrónico y de sus redes e instalaciones en los edificios y construcciones modernas (que repercute en una mayor funcionalidad, confort y seguridad) se emplea cada vez más duplicando el presupuesto que se destina a estas partidas. Éste había venido representando entre un 4 y un 9% en una edificación tradicional de oficinas, departamentos, hoteles, escuelas, con excepción desde luego de las instalaciones hospitalarias, bancarias, aeroportuarias, edificios fabriles, entre otras que han requerido desde siempre de equipamiento muy especializado.

En los últimos años, visionarios inversionistas y constructores de países industrializados, han trabajado muy de cerca con las mejores firmas de instalaciones electromecánicas y de equipos especializados, así como con los productores de aquellos sistemas, artefactos, accesorios y materiales de montaje, logrando avances tecnológicos que facilitan la vida cotidiana en:

- Sistemas de interrupción de energía, control y protección.
- Unidades de alumbrado interior y exterior.
- Equipos de acondicionamiento de aire.
- Calderas generadoras de vapor.
- Unidades de calefacción y ventilación.
- Compresores de aire o agua a presión.
- Plantas de energía supletoria o de emergencia.
- Elevadores de pasajeros o montacargas.
- Redes de seguridad o de acceso selectivo.

- Sistemas de detección y control de incendios.
- Redes de comunicación telefónica, datos e imágenes.
- Instalaciones de energía ininterrumpible imprescindibles para las computadoras o estaciones de trabajo, muchas veces conectadas en red o con las instalaciones de cómputo central gracias a los actuales recursos de conectividad.
- Y con otros edificios o instalaciones a lo largo del planeta por medio de las telecomunicaciones, aprovechando las facilidades de la fibra óptica, de las estaciones de onda portadora, microonda, radioenlaces y en fin, de las modernas aplicaciones de la comunicación vía satélite.

Las nuevas tendencias, promotoras de estas avanzadas modalidades técnicas, comienzan a popularizarse a tal grado que en la actualidad siguen este estándar de construcción un buen número de firmas constructoras en todo el mundo, formando incluso clubes de intercambios de experiencias y asociaciones gremiales o técnicas.

La industria de la construcción, presionada por la necesidad de mejorar la calidad de vida a través de la administración racional de sofisticadas instalaciones para alcanzar un buen nivel de gestión de los recursos energéticos y humanos en un ambiente de mayor productividad y a través del control en la generación de los elementos contaminantes, pugnará por un rápido desarrollo de las instalaciones "inteligentes", que se incrementarán en los años venideros.

En esta aplicación automatizaremos el alumbrado y el acceso principal a cada uno de los pasillos del edificio de 6 pisos.

El alumbrado inteligente es uno de los sectores más prometedores, en nuestro caso consiste en un autómata programable el cual dirige la conexión o desconexión de los circuitos de alumbrado de pasillos para el edificio de 6 pisos. Éste mismo autómata controla el acceso principal a cada uno de los pasillos de los diferentes pisos del edificio, el precio de dicho autómata podría amortizarse a medida que es posible realizar economías sobre el factor disminución del consumo de energía.

Un sistema de gestión de energía es un conjunto compuesto de un cerebro (la CPU del PLC) de accionadores (interruptores manuales, automáticos, telerruptores, relés, etcétera) y de captadores (sensores, termostatos, contadores, instrumentos de medición, fotoceldas, entre otros). El conjunto puede:

- Estar integrado en un aparato único.
- Estar separado físicamente pero integrado por las correspondientes conexiones.
- Estar separado física y geográficamente pero integrado por medio de elementos interfaces denominados satélites (conectados entre sí, por un conductor piloto).

La elección del sistema a emplear debe hacerse en función de múltiples criterios:

- La potencia de la instalación.
- El número de receptores comandados.
- Las funciones a realizar.
- La implantación o situación geográfica de los mismos.

Utilizando materiales simples pero adecuados, esta actividad del futuro esta hoy al alcance de todos los ingenieros y técnicos especializados en este tipo de edificaciones.

5.2 REQUISITOS IMPUESTOS AL CONTROL DE ALUMBRADO.

1. El alumbrado en el pasillo de cada piso se debe activar cuando no exista la suficiente cantidad de luz natural en el mismo, y además se detecte la presencia de usuarios en la zona a controlar. Esta activación se realizará por medio de un fotosensor el cual se encargará de percibir y medir la cantidad de luz natural que entre en el pasillo.

2. El alumbrado debe tardar 90 segundos en apagarse después de su activación.

3. El sistema debe operar de manera automática o manual.

5.3 SOLUCIÓN CON DIAGRAMA ELÉCTRICO CONVENCIONAL PARA EL CONTROL DE ALUMBRADO.

La figura 5.3.1 muestra el circuito de control eléctrico convencional para el alumbrado del pasillo de la planta baja.

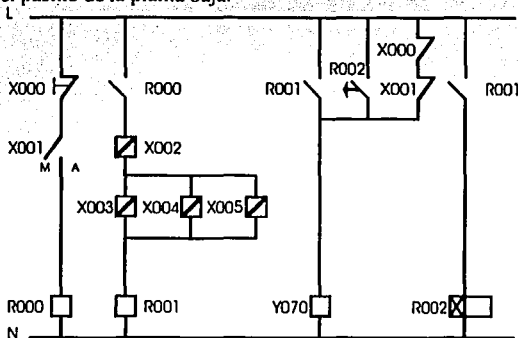


Figura 5.3.1 Circuito de control eléctrico convencional para alumbrado de pasillo planta baja.

X000 botón sostenido de paro del alumbrado del pasillo de la planta baja.

X001 selector manual automático.

X002 fotosensor que detecta falta de iluminación en pasillo.

X003, X004, X005 sensores de presencia en pasillo.

R000 bobina y contacto de relevador auxiliar.

R001 bobina y contacto de relevador auxiliar.

R002 bobina de temporizador del tipo off delay.

Y070 bobina del contactor de alumbrado pasillo planta baja.

La secuencia de operación del circuito de control eléctrico convencional que se muestra en la figura 5.3.1 se inicia con la operación del selector manual automático X001. Cuando se acciona el selector a la posición de automático (A), se cierra el ramal respectivo energizando a la bobina del relevador auxiliar R000, en el instante en que esta bobina es energizada acciona su contacto normalmente abierto R000 cerrándolo. Para que la bobina del relevador auxiliar R001 se energice se tiene que cerrar el contacto normalmente abierto del fotosensor X002 y cualquiera de los contactos normalmente abiertos de los sensores de movimiento X003, X004, X005. Una vez que la bobina R001 se energiza esta acciona su contacto auxiliar normalmente abierto R001, cerrándose y energizando la bobina de contactor Y070, la cual permitirá que se accione el funcionamiento del alumbrado. Observamos que al tiempo que se energiza Y070, también se energiza la bobina del temporizador del tipo off delay R002, la cual acciona su contacto normalmente abierto R002. La función del temporizador es la de retardar la desconexión del alumbrado del pasillo de la planta baja una vez que el fotosensor se desactiva o que los sensores de movimiento se desactivan. Este circuito de control está diseñado para operar el alumbrado de manera automática o manual a través de interruptores convencionales. Cuando el selector manual automático se acciona a la posición automática el contacto normalmente cerrado X001 se abrirá permitiendo que el sistema funcione de manera automática solamente. Una vez que se hace el cambio a manual (M), dicho contacto se vuelve a cerrar permitiendo el funcionamiento del alumbrado de manera manual únicamente. Se observa que en el diagrama existe un botón sostenido de paro normalmente cerrado X000. Si se acciona este botón, el sistema no funcionara ni automática, ni manualmente.

El circuito de potencia para el alumbrado del pasillo de la planta baja se muestra en la figura 5.3.2.

El funcionamiento del circuito de la figura 5.3.2 se inicia con el cierre del interruptor que protege contra corto circuito y/o sobrecarga. Cada vez que la bobina Y070 se energiza, ésta acciona sus contactos, normalmente abiertos, permitiendo el cierre de los circuitos de alumbrado del pasillo en la planta baja. Una vez que la

bobina Y070 se desenergiza el circuito se abre interrumpiendo el alumbrado en el pasillo del edificio de la planta baja.¹

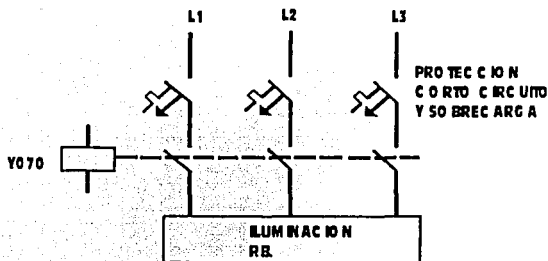


Figura 5.3.2 Circuito de potencia de alumbrado para el pasillo de la planta baja.

La figura 5.3.3 muestra el circuito de control eléctrico convencional para el control del alumbrado del pasillo del piso I.

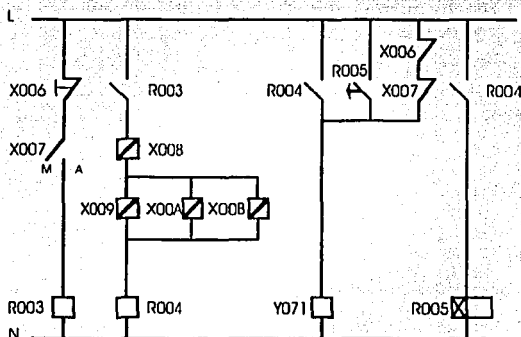


Figura 5.3.3 Circuito de control eléctrico convencional para alumbrado del pasillo piso I

¹ Nota: La lógica de funcionamiento de los circuitos subsecuentes similares al de la figura 5.3.1 y 5.3.2 es la misma que se explica para los circuitos de las figuras ya mencionadas.

- X006 botón sostenido de paro del alumbrado del pasillo piso uno.
- X007 selector manual automático.
- X008 fotosensor que detecta falta de iluminación en pasillo del piso 1.
- X009, X00A, X00B detectores de presencia en pasillo.
- R003 bobina y contacto de relevador auxiliar.
- R004 bobina y contacto de relevador auxiliar.
- R005 bobina de temporizador del tipo off delay.
- Y071 bobina del contactor de alumbrado pasillo piso uno.

El circuito de potencia para el alumbrado de pasillo del piso 1 se muestra en la figura 5.3.4

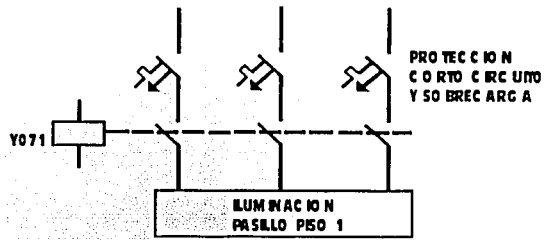


Figura 5.3.4 Circuito de potencia de alumbrado para el pasillo del piso 1

El circuito de control eléctrico convencional para el alumbrado del pasillo del piso 2 se muestra en la figura 5.3.5.

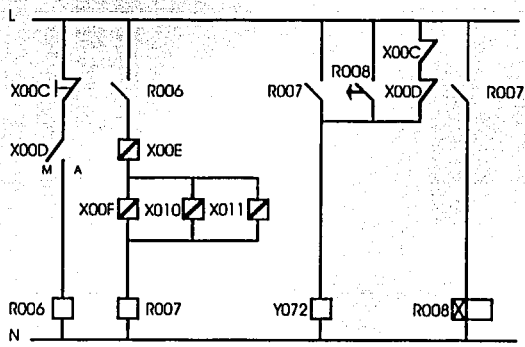


Figura 5.3.5 Circuito de control eléctrico convencional para el alumbrado del pasillo piso 2

X00C botón sostenido de paro del alumbrado del pasillo piso dos.
 X00D selector manual automático.
 X00E fotosensor que detecta falta de iluminación en pasillo del piso 2.
 X00F, X010, X011 detectores de presencia en pasillo.
 R006 bobina y contacto de relevador auxiliar.
 R007 bobina y contacto de relevador auxiliar.
 R008 bobina de temporizador del tipo off delay.
 Y072 bobina del contactor de alumbrado pasillo piso dos.

El circuito de potencia para el alumbrado del pasillo del piso 2 se muestra en la figura 5.3.6

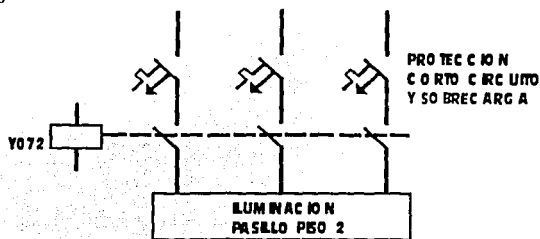


Figura 5.3.6 Circuito de potencia de alumbrado para el pasillo del piso 2

El circuito de control eléctrico convencional para el alumbrado del pasillo del piso 3 se muestra en la figura 5.3.7

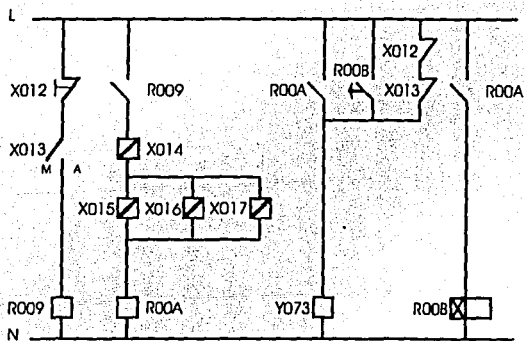


Figura 5.3.7 Circuito de control eléctrico convencional para alumbrado del pasillo del piso 3

- X012 botón sostenido de paro del alumbrado del pasillo piso tres.
- X013 selector manual automático.
- X014 fotosensor que detecta falta de iluminación en pasillo del piso 3.
- X015, X016, X017 detectores de presencia en pasillo.
- R009 bobina y contacto de relevador auxiliar.
- R00A bobina y contacto de relevador auxiliar.
- R00B bobina de temporizador del tipo off delay.
- Y073 bobina del contactor de alumbrado pasillo piso tres.

El circuito de potencia para el alumbrado del pasillo del piso 3 se muestra en la figura 5.3.8

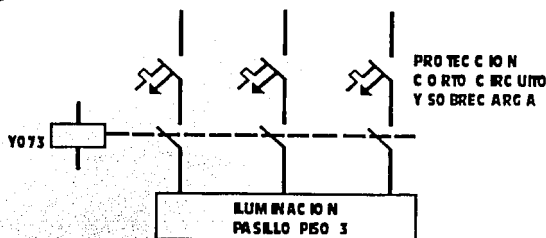


Figura 5.3.8 Circuito de potencia de alumbrado para el pasillo del piso 3

El circuito de control eléctrico convencional para el alumbrado del pasillo del piso 4 se muestra en la figura 5.3.9

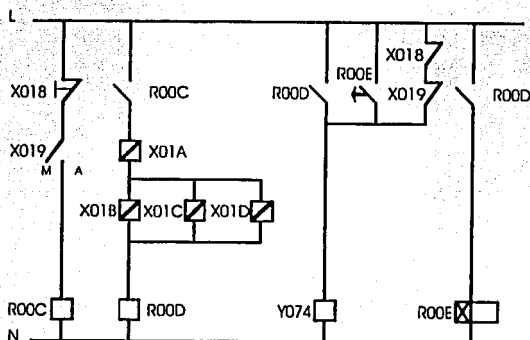


Figura 5.3.9 Circuito de control eléctrico convencional para alumbrado pasillo del piso 4

- X018 botón sostenido de paro del alumbrado del pasillo piso cuatro.
- X019 selector manual automático.
- X01A fotosensor que detecta falta de iluminación en pasillo del piso 4.
- X01B, X01C, X01D detectores de presencia en pasillo.
- R00C bobina y contacto de relevador auxiliar.
- R00D bobina y contacto de relevador auxiliar.
- R00E bobina y temporizador del tipo off delay.
- Y074 bobina del contactor de alumbrado pasillo piso cuatro.

El circuito de potencia para el alumbrado del pasillo del piso 4 se muestra en la figura 5.3.10

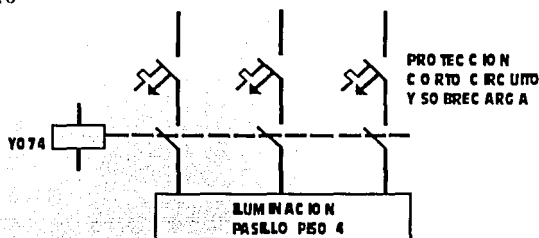


Figura 5.3.10 Circuito de potencia de alumbrado para el pasillo del piso 4

El circuito de control eléctrico convencional para el alumbrado del pasillo del piso 5 se muestra en la figura 5.3.11

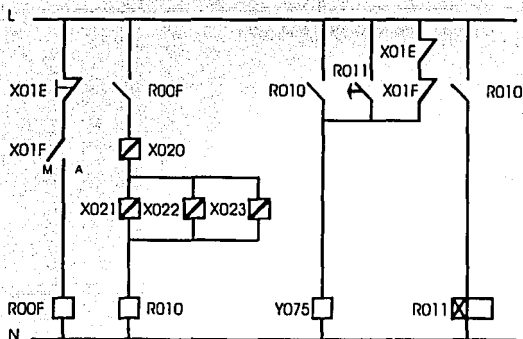


Figura 5.3.11 Circuito de control eléctrico convencional para alumbrado del pasillo piso 5

X01E botón sostenido de paro del alumbrado del pasillo piso cinco.
 X01F selector manual automático.
 X020 fotosensor que detecta falta de iluminación en pasillo del piso 5.
 X021, X022, X023 detectores de presencia en pasillo.
 R00F bobina y contacto de relevador auxiliar.
 R010 bobina y contacto de relevador auxiliar.
 R011 bobina de temporizador del tipo off delay.
 Y075 bobina del contactor de alumbrado pasillo piso cuatro.

El circuito de potencia para el alumbrado del pasillo del piso 5 se muestra en la figura 5.3.12

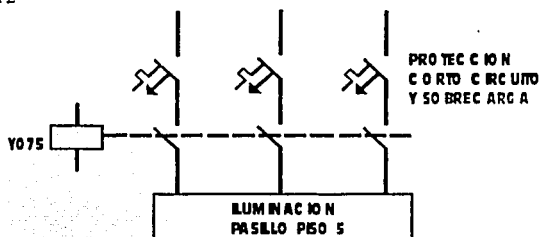


Figura 5.3.12 Circuito de potencia de alumbrado para el pasillo del piso 5

El circuito de control eléctrico convencional para el alumbrado del pasillo del piso 6 se muestra en la figura 5.3.13

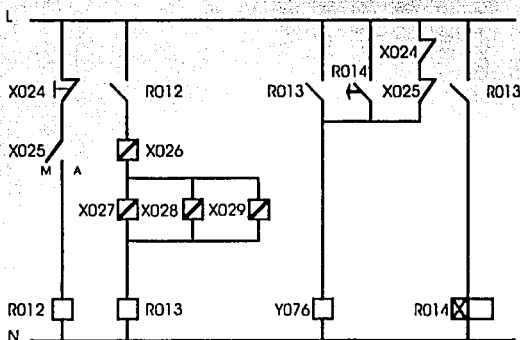


Figura 5.3.13 Circuito de control eléctrico convencional para alumbrado del pasillo piso 6

- X024 botón sostenido de paro del alumbrado del pasillo piso seis.
- X025 selector manual automático.
- X026 fotosensor que detecta falta de iluminación en pasillo del piso 6.
- X027, X028, X029 detectores de presencia en pasillo.
- R012 bobina y contacto de relevador auxiliar.
- R013 bobina y contacto de relevador auxiliar.
- R014 bobina del temporizador del tipo off delay.
- Y076 bobina del contactor de alumbrado pasillo piso seis.

El circuito de potencia para el alumbrado del pasillo del piso 6 se muestra en la figura 5.3.14

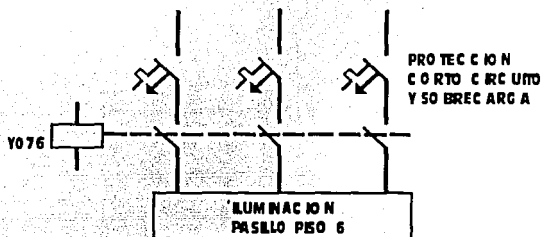


Figura 5.3.14 Circuito de potencia de alumbrado para el pasillo del piso 6

5.4 DIAGRAMA ESCALERA PARA EL CONTROL DE ALUMBRADO.

En este subtema se dibuja el diagrama en escalera del circuito eléctrico convencional para el control del alumbrado en pasillos del edificio de 6 pisos que se diseñaron en el punto 5.3 de esta tesis. Este tipo de programa es el que acepta el PLC en su memoria a través de un programador manual o por medio de una PC cargada con el software necesario para su programación.

En el diagrama explicaremos el funcionamiento solo para el alumbrado de la planta baja, ya que como observamos el diagrama de control es el mismo para todos los pisos del edificio.

Para comprender mejor el funcionamiento del programa en escalera se pueden revisar los siguientes conceptos:

SEÑAL BINARIA

En el presente trabajo explicamos que la CPU, consulta si "existe tensión" o "no existe tensión" en las entradas, y según el programa ordena la "conexión" o "desconexión" de las salidas. Para el PLC las señales de entrada sólo pueden adquirir los estados de: "existe tensión" o "no existe tensión", nunca un estado intermedio. De la misma manera las señales de salida sólo pueden estar "conectadas" o "desconectadas". Este tipo de señales que sólo pueden tomar dos estados definidos se les conoce como señales binarias. En este sentido, las señales de entrada y salida del PLC descritas hasta ahora, son señales binarias.

ESTADO DE SEÑAL

A los dos estados posibles de una señal binaria, se le asocia, para efectos de procesamiento, el estado de señal "0" y el estado de señal "1". El objeto de esta asociación es hacer corresponder los dos estados físicos de una señal binaria (ejemplo: "existe tensión" o "no existe tensión") a ciertos valores (en este caso a 0 y 1) que sean independientes de la situación física que los produjo, resultando mucho más manejables y procesables que la señal original.

En el PLC, la correspondencia entre los estados físicos de las señales de entrada y salida, y los estados de señal "0" y "1" es la que se muestra en la figura 5.4.1.

ESTADO DE SEÑAL.	ENTRADAS	SALIDAS
0	NO EXISTE TENSIÓN	DESCONEXIÓN
1	EXISTE TENSIÓN	CONEXIÓN

Figura 5.4.1 Estados físicos de las señales.

Para una señal de entrada, por ejemplo, el estado de señal toma el valor de "1" cuando se detecta el 100 % del voltaje en el canal de entrada. El estado de señal "0" cuando existe el 0 % del voltaje. El 0 % y el 100 % del voltaje se determinan según criterios de tolerancia.

TIPOS DE CONTACTOS Y SU ESTADO DE SEÑAL

Hemos visto que el PLC asocia el estado de señal "0" a las entradas donde "no existe tensión" y asocia el estado de señal "1" a los estados donde "existe tensión."

TIPO DE CONTACTO	ESTADO DEL CONTACTO	TENSIÓN A LA ENTRADA	ESTADO DE SEÑAL A LA ENTRADA
CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO	ACCIONADO	EXISTE	1
	NO ACCIONADO	NO EXISTE	0
CONTACTO NORMALMENTE CERRADO	ACCIONADO	NO EXISTE	0
	NO ACCIONADO	EXISTE	1

Figura 5.4.2 Estado de señal de contactos.

Sin embargo, el PLC no es capaz de determinar de estos "unos" y "ceros" la situación física que los produce. Por ejemplo, tener una entrada con estado de señal "1" puede ser el resultado de 2 situaciones físicas distintas. Analicemos la tabla de la figura 5.4.2.

Observamos que un estado de señal "1" lo produce un contacto normalmente abierto accionado o un contacto normalmente cerrado no accionado. De la misma manera el estado de señal "0" lo produce un contacto normalmente abierto no accionado o un contacto normalmente cerrado accionado. Es claro entonces que el PLC no puede determinar del estado, el tipo de contacto asociado a la entrada.

Esta misma situación debe tomarse muy en cuenta, sobre todo en el momento de la programación. El que elabora el programa de control debe tener muy claro lo que los "unos" y "ceros" que se manejan representan. Especialmente cuando se trata de señales relacionadas con la seguridad de la instalación (rotura de cableado, derivación a tierra, etcétera.)

En la figura 5.4.3 se muestra el diagrama escalera para el circuito de control del alumbrado de la planta baja tal y como se programaría en la memoria del PLC.

En el momento de elaborar el diagrama en escalera con el programador manual, debe hacerse como ya se explicó en el capítulo 3 de esta tesis página por página, cuidando de no pasarnos del número de pasos o posiciones que es de 32 posiciones máximo por escalón y de 154 posiciones máximo por página. Una vez que concluimos la elaboración del programa escalera, ya se puede descargar a la memoria del PLC.

Para tener una visión panorámica de nuestro diagrama de control en escalera, se puede guardar en un archivo para posteriormente mandarlo a imprimir. Éste diagrama escalera ya terminado, debe contener el control para el alumbrado y los accesos del edificio.

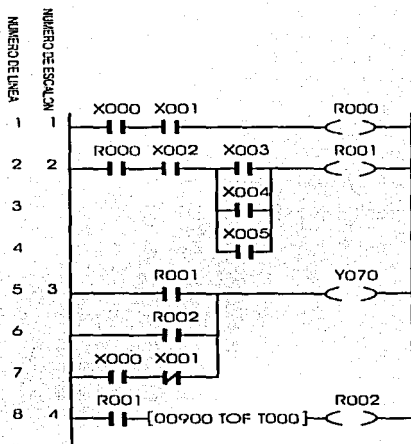


Figura 5.4.3 Diagrama escalera para controlar los circuitos de alumbrado de la planta baja.

Como se puede ver en el diagrama escalera de la figura 5.4.3, el control está diseñado para operar de manera automática o manual, por medio de un selector manual-automático X001 (0 manual y 1 automático). Al conmutar a automático se energiza la bobina de relevador auxiliar R000 cerrando al contacto R000 normalmente abierto. De esta manera el control opera automáticamente por medio del fotosensor y los detectores de presencia o movimiento; estando cerrados estos elementos receptores energizan la bobina de relevador auxiliar R001 y por consiguiente, cerrando el contacto normalmente abierto de R001, energizando la bobina de contactor Y070, y también, al mismo tiempo energiza la bobina del timer off delay R002 accionando este su contacto R002. Una vez que no se detecta movimiento o existe insuficiente iluminación natural en el pasillo, la bobina de relevador auxiliar R001 se desenergiza abriendo al contacto normalmente abierto R001. El contacto del timer off R002 tardará 90 segundos en abrir o desenergizar la bobina de contactor Y070. Al hacer el cambio a manual en el selector X001, el automático queda fuera, quedando dentro el sistema manual, es decir, en este modo los circuitos de alumbrado podrán operarse por medio de interruptores manuales de manera tradicional. Como se observa en el diagrama, estando el conmutar en automático, el sistema manual se desconecta y viceversa. También por medio de un botón normalmente cerrado, del tipo sostenido, se puede dejar fuera el selector manual-automático del alumbrado del pasillo de la planta baja.

En la figura 5.4.4 se muestra el diagrama escalera para controlar el alumbrado del pasillo del piso uno.

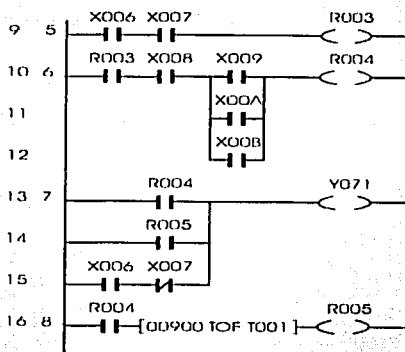


Figura 5.4.4 Diagrama escalera para controlar los circuitos de alumbrado del pasillo del piso 1.

En la figura 5.4.5 se muestra el diagrama escalera para controlar el alumbrado del pasillo del piso dos.

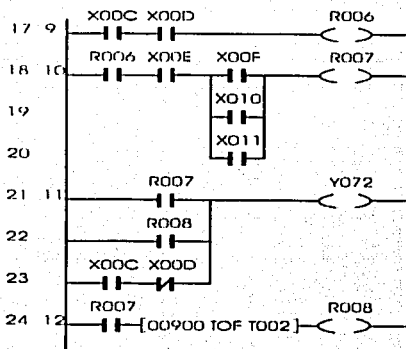


Figura 5.4.5 Diagrama escalera para controlar los circuitos de alumbrado del pasillo del piso 2

En la figura 5.4.8 se muestra el diagrama escalera para controlar el alumbrado del pasillo del piso cinco.

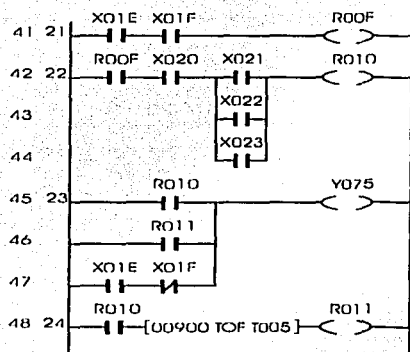


Figura 5.4.8 Diagrama escalera para controlar los circuitos de alumbrado del pasillo del piso 5

En la figura 5.4.9 se muestra el diagrama escalera para controlar el alumbrado del pasillo del piso seis.

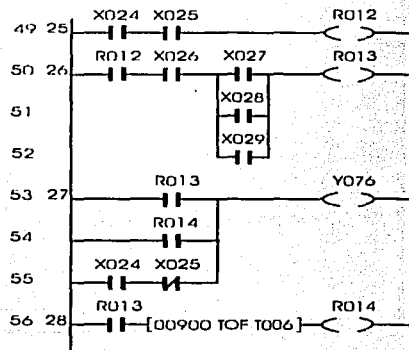


Figura 5.4.9 Diagrama escalera para controlar los circuitos de alumbrado del pasillo del piso 6

5.5 REQUISITOS IMPUESTOS AL CONTROL DE ACCESOS PRINCIPALES.

1. El sistema se activa mediante un selector de llave.
2. A través de un pulsador normalmente abierto se puede mantener las puertas abiertas indefinidamente.
3. La puerta debe abrirse automáticamente al acercarse una persona.
4. La puerta debe permanecer abierta mientras se encuentre alguien en la zona de acceso.
5. Cuando ya no se encuentre alguien en la zona de acceso, debe cerrarse automáticamente la puerta.

5.6 SOLUCIÓN CON DIAGRAMA ELÉCTRICO CONVENCIONAL PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE ACCESOS PRINCIPALES.

El circuito de control eléctrico convencional para la automatización del acceso principal a la planta baja se muestra en la figura 5.6.1

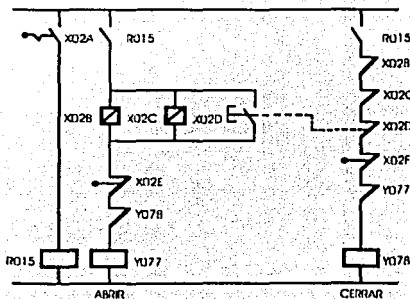


Figura 5.6.1 Circuito de control eléctrico convencional de acceso de la planta baja.

X02A selector de llave.
 R015 bobina de relevador auxiliar de control.
 X02B, X02C, sensores de presencia.
 X02E, X02F, interruptores de límite normalmente cerrados.
 X02D pulsador sostenido para apertura.
 Y077 bobina de contactor de apertura.
 Y078 bobina de contactor de cierre.

El sistema se activa mediante un selector de llave X02A, el cual una vez dentro, energiza la bobina de relevador auxiliar R015, ésta activa sus contactos normalmente abiertos R015. Una vez que se cerraron los contactos de este relevador, el sistema está listo para operar de manera automática. Cuando una persona se acerca a la puerta ya sea por uno u otro lado de la misma, los sensores de presencia X02B o X02C se activan, y esto hace que se energice la bobina del contactor Y077 (abrir) y la puerta inicie su proceso de apertura. Una vez que llega a su máximo punto de apertura se detendrá este proceso, mediante el interruptor de límite normalmente cerrado X02E. Cuando los sensores de presencia ya no detectan aparición de personas, el proceso de cierre comienza energizando la bobina Y078 (cerrar). Para mantener las puertas permanentemente abiertas tenemos que pulsar el botón sostenido X02D el cual bloqueará el proceso de cierre de la puerta.

El circuito de potencia al cual gobierna el circuito de control de acceso de la planta baja se muestra en la figura 5.6.2

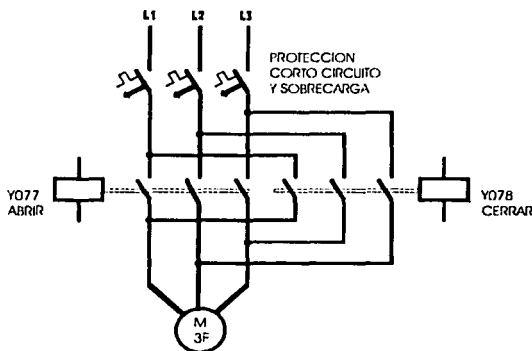


Figura 5.6.2 Circuito de potencia del acceso principal de la planta baja.

De acuerdo al control de la figura 5.6.1, una vez que se energiza la bobina de contactor Y077, está acciona sus contactos respectivos en el circuito de la figura 5.6.2, cerrando el circuito e iniciando el proceso de abrir la puerta. Una vez que esta bobina se desenergiza, sus contactos se vuelven a abrir para poder permitir el proceso de cierre de la puerta con la bobina Y078. Ambas bobinas nunca se energizan al mismo tiempo, por el diseño de control del circuito de la figura 5.6.1.²

El circuito de control eléctrico convencional para la automatización del acceso principal al pasillo del piso número uno se muestra en la figura 5.6.3

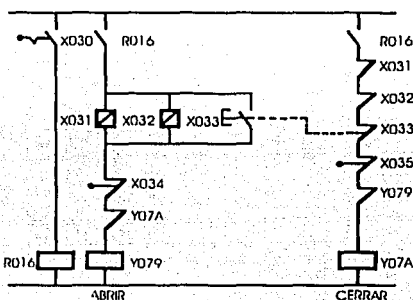


Figura 5.6.3 Circuito de control eléctrico convencional de acceso principal del piso 1

X030 selector de llave.

R016 bobina de relevador auxiliar de control.

X031, X032 sensores de presencia.

X034, X035 interruptores de límite normalmente cerrados.

X033 pulsador sostenido para apertura.

Y079 bobina de contactor de apertura.

Y07A bobina de contactor de cierre.

El circuito de potencia al cual gobierna el circuito de control de acceso principal al pasillo del piso número uno se muestra en la figura 5.6.4

² Los circuitos similares al de la figura 5.6.1 5.6.2 funcionan de la misma manera.

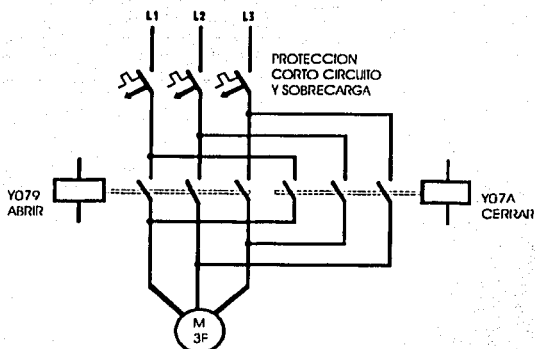


Figura 5.6.4 Circuito de potencia de acceso principal del piso 1

El circuito de control eléctrico convencional para la automatización del acceso principal al pasillo del piso número dos se muestra en la figura 5.6.5

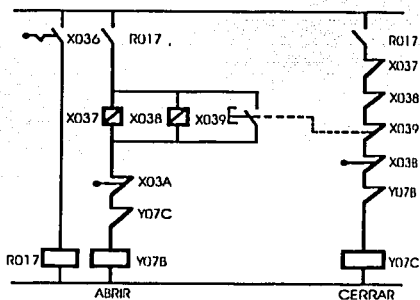


Figura 5.6.5 Circuito de control eléctrico convencional de acceso del piso 2

X036 selector de llave.

R017 bobina de relevador auxiliar de control.

X037, X038 sensores de presencia.

X03A, X03B interruptores de límite normalmente cerrados.

X039 pulsador sostenido para apertura.

Y07B bobina de contactor de apertura.

Y07C bobina de contactor de cierre.

El circuito de potencia al cual gobierna el circuito de control de acceso principal al pasillo del piso número dos se muestra en la figura 5.6.6

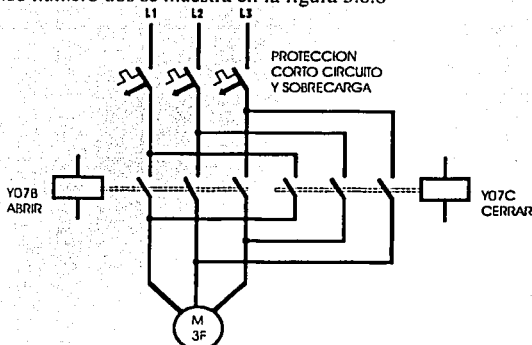


Figura 5.6.6 Circuito de potencia de acceso principal al piso 2

El circuito de control eléctrico convencional para la automatización del acceso principal al pasillo del piso número tres se muestra en la figura 5.6.7

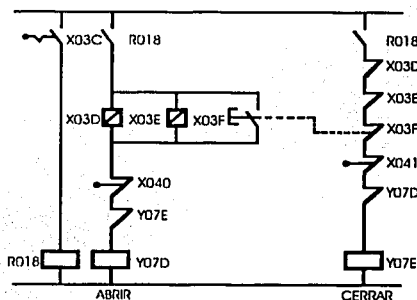


Figura 5.6.7 Circuito de control eléctrico convencional de acceso principal al piso 3

X03C selector de llave.

R018 bobina de relevador auxiliar de control.

X03D, X03E sensores de presencia.

X040, X041 interruptores de límite normalmente cerrados.

X03F pulsador sostenido para apertura.

Y07D bobina de contactor de apertura.

Y07E bobina de contactor de cierre.

El circuito de potencia al cual gobierna el circuito de control de acceso principal al pasillo del piso número tres se muestra en la figura 5.6.8

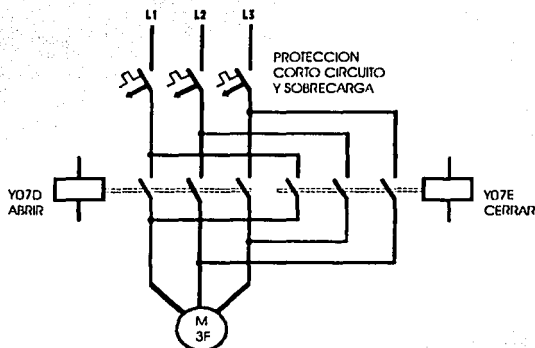


Figura 5.6.8 Circuito de potencia de acceso principal del piso 3

El circuito de control eléctrico convencional para la automatización del acceso principal al pasillo del piso número cuatro se muestra en la figura 5.6.9

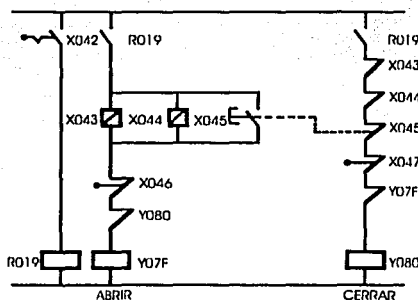


Figura 5.6.9 Circuito de control eléctrico convencional de acceso principal al piso 4

X042 selector de llave.

R019 bobina de relevador auxiliar de control.

X043, X044 sensores de presencia.
 X046, X047 interruptores de límite normalmente cerrados.
 X045 pulsador sostenido para apertura.
 Y07F bobina de contactor de apertura.
 Y080 bobina de contactor de cierre.

El circuito de potencia al cual gobierna el circuito de control del acceso principal al pasillo del piso número cuatro se muestra en la figura 5.6.10

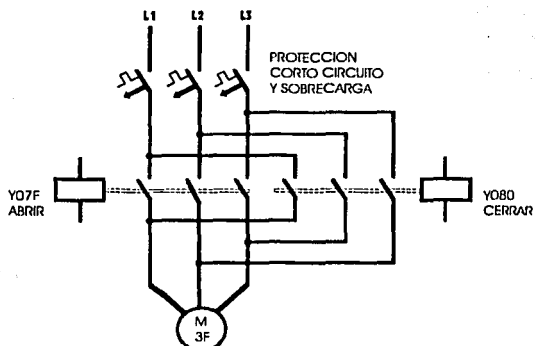


Figura 5.6.10 Circuito de potencia de acceso principal al piso 4

El circuito de control eléctrico convencional para la automatización del acceso principal al pasillo del piso número cinco se muestra en la figura 5.6.11

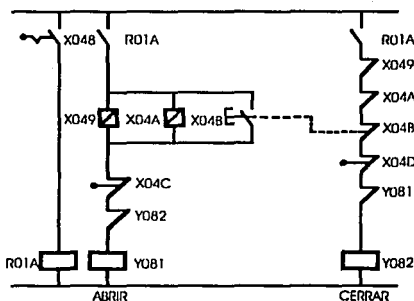


Figura 5.6.11 Circuito de control eléctrico convencional de acceso principal al piso 5

X048 selector de llave.
 R01A bobina de relevador auxiliar de control.
 X049, X04A sensores de presencia.
 X04C, X04D interruptores de limite normalmente cerrados.
 X04B pulsador sostenido para apertura.
 Y081 bobina de contactor de apertura.
 Y082 bobina de contactor de cierre.

El circuito de potencia al cual gobierna el circuito de acceso principal al pasillo del piso número cinco se muestra en la figura 5.6.12

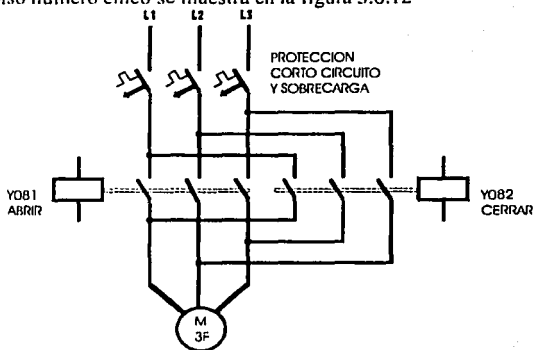


Figura 5.6.12 Circuito de potencia de acceso principal del piso 5

El circuito de control eléctrico convencional para la automatización del acceso principal al pasillo del piso número seis se muestra en la figura 5.6.13

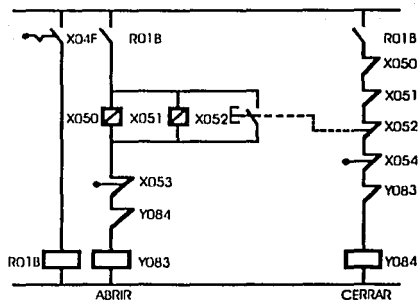


Figura 5.6.13 Circuito de control eléctrico convencional de acceso del piso 6

X04F selector de llave.
 R01B bobina de relevador auxiliar de control.
 X050, X051 sensores de presencia.
 X053, X054 interruptores de limite normalmente cerrados.
 X052 pulsador sostenido para apertura.
 Y083 bobina de contactor de apertura.
 Y084 bobina de contactor de cierre.

El circuito de potencia al cual gobierna el circuito de acceso principal al pasillo del piso número seis se muestra en la figura 5.6.14

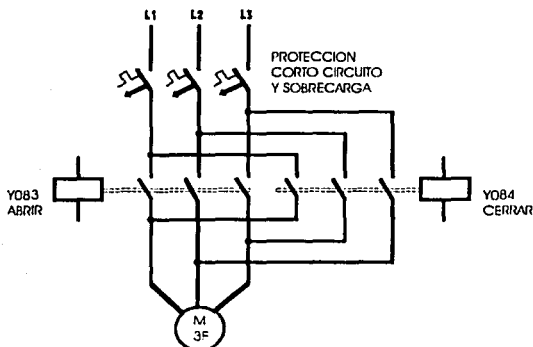


Figura 5.6.14 circuito de potencia de acceso del pasillo piso 6

5.7 DIAGRAMA ESCALERA PARA EL CONTROL DE ACCESOS PRINCIPALES.

En las siguientes figuras, se muestra el diagrama equivalente en escalera para el control de accesos principales, el cual es aplicado a cada uno de los diferentes niveles del edificio de seis pisos.

En la figura 5.7.1 se muestra el diagrama escalera para la automatización del acceso principal a la planta baja del edificio.

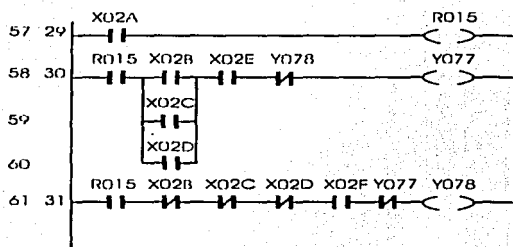


Figura 5.7.1 Diagrama escalera del acceso principal al pasillo de la planta baja.

En la figura 5.7.2 se muestra el diagrama escalera para la automatización del acceso principal al piso número uno del edificio de seis pisos.

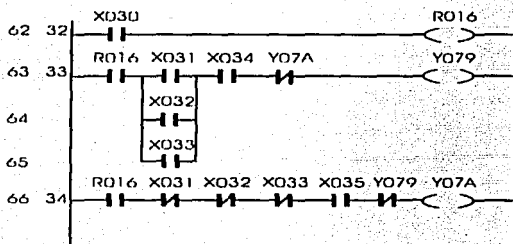


Figura 5.7.2 Diagrama escalera del acceso principal al pasillo del piso 1

En la figura 5.7.3 se muestra el diagrama escalera para la automatización del acceso principal al pasillo del piso número dos del edificio de seis pisos.

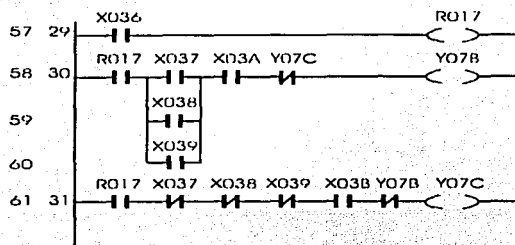


Figura 5.7.3 Diagrama escaler de acceso principal al pasillo del piso 2

En la figura 5.7.4 se muestra el diagrama escaler para la automatización del acceso principal al pasillo del piso número tres del edificio de seis pisos.

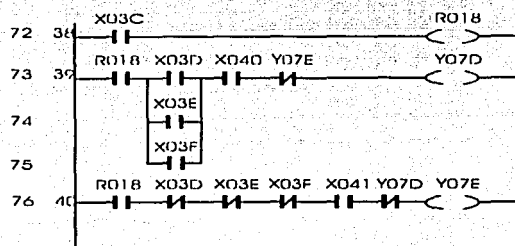


Figura 5.7.4 Diagrama escaler de acceso principal al pasillo del piso 3

En la figura 5.7.5 se muestra el diagrama escaler para la automatización del acceso principal al pasillo del piso número cuatro del edificio de seis pisos.

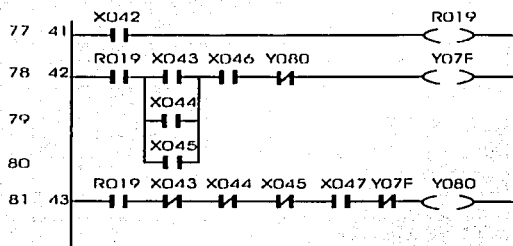


Figura 5.7.5 Diagrama escalera del acceso principal al pasillo del piso 4

En la figura 5.7.6 se muestra el diagrama escalera para la automatización del acceso principal al pasillo del piso número cinco del edificio de seis pisos.

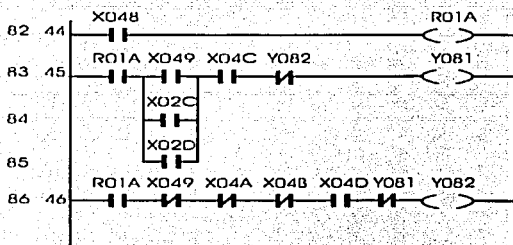


Figura 5.7.6 Diagrama escalera del acceso principal al pasillo del piso 5

En la figura 5.7.7 se muestra el diagrama escalera para la automatización del acceso principal al piso seis del edificio de seis pisos.

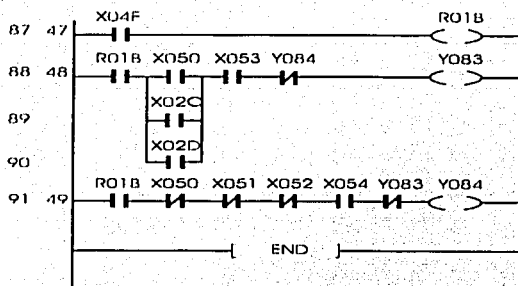


Figura 5.7.7 Diagrama escalera del acceso principal pasillo del piso 6

Es importante hacer notar que al introducir el programa a la memoria del PLC, tenemos que finalizar el programa con la instrucción END, ya que si no se hace así, el programa no se ejecutará.

5.8 MONTAJE DE MÓDULOS Y ASIGNACIÓN DE REGISTROS.

Los módulos de suministro de energía, CPU, y los módulos de entradas/salidas quedan montados como se muestra en la figura 5.8.1

VACANTE
VACANTE
SALIDAS 32 P
VACANTE
ENTRADAS 32 P
ENTRADAS 32 P
UNIDAD DE PROCESO
FUENTE DE ENERGIA

UNIDAD BASICA (# 0)

Figura 5.8.1 Montaje de módulos.

La asignación de los registros queda como se muestra en la figura 5.8.2

UNIDAD	RANURA	TIPO DE MODULO	ASIGNACIÓN DE REGISTRO
0	0	CPU	
	1	X 2W	XW 00, XW 01
	2	X 2W	XW 02, XW 03
	3	X 2W	XW 04, XW 05
	4	EN BLANCO	XW 06
	5	Y 2W	YW 07, YW 08
	6	EN BLANCO	YW 09
	7	EN BLANCO	YW 10

Figura 5.8.2 Asignación de registros.

El módulo de CPU es un módulo estándar (funciones estándar).

El módulo de suministro de energía proporcionará 24 Vdc.

Los módulos de entrada serán de 32 puntos de conexión (8 puntos comunes) 24 Vdc.

El módulo de salida será de 32 puntos (8 puntos comunes), 5 a 24 Vdc, 0.1 A/punto.

5.9 AHORRO DE ENERGIA EN EL SISTEMA DE ALUMBRADO.

El consumo de energía en un edificio comercial, de oficinas o doméstico es muy variable, por que depende de numerosos factores como son: la localización geográfica, la estructura, configuración y materiales de construcción, la orientación, características particulares del medio ambiente en el cual opera el equipo instalado; los hábitos de uso y el mantenimiento.

La carga instalada por uso final en edificios, también es cambiante. Básicamente se distinguen 4 tipos de carga: iluminación, aire acondicionado, motores para elevadores y equipo de bombeo, y cargas múltiples de contactos principalmente.

Para edificios en localidades con climas extremosos, el equipo de acondicionamiento ambiental tiene un peso muy importante, ya que puede ser la carga que consume mayor energía. La iluminación en este caso es el segundo, motores el tercero, y contactos el cuarto.

En cambio, cuando se trata de inmuebles en clima templado y estable, no se requieren durante todo el año equipos de aire acondicionado normalmente. Así la carga por iluminación es totalmente predominante.

Normalmente en el área metropolitana se han diagnosticado para edificios los siguientes porcentajes promedio de consumo de energía: alumbrado 50%, aire acondicionado 30%, contactos 12% y motores 8%. Este es el caso para nuestro edificio.

En el edificio sin automatizar se obtuvo un consumo promedio de energía mensual de 4725 KWH con una facturación de \$ 9,450.00. Solo en el alumbrado sin incluir las demás cargas. Se observó que existe un gran desperdicio de energía en la iluminación de pasillos principalmente. Éste desperdicio se debe a que, aún cuando no existen usuarios en ellos, permanecen encendidas las lámparas durante un largo período de tiempo, sin que nadie se preocupe en apagarlas. Además, en el día existe una buena iluminación dentro del edificio y las lámparas permanecen encendidas. Como ya se mencionó en capítulos anteriores, estos problemas se pueden resolver por medio de la automatización.

Al aplicar la automatización del alumbrado por medio del P.L.C. EX100, se obtuvo un consumo mensual aproximado de 2205 KWH con una facturación de \$4,410.00. Obteniéndose un ahorro promedio mensual aproximado de 2520KWH con un precio de \$ 5,040.00.

El equipo total para la automatización mas la instalación tiene un precio aproximado de \$ 70,000.00. Aplicando el ahorro de la automatización, se obtuvo un tiempo aproximado de 14 meses para la recuperación económica de este equipo.

Éste estudio nos indica la enorme ventaja de la automatización de edificios sobre los sistemas convencionales con fines de ahorro de energía y confort. Otra de las grandes ventajas de este tipo de automatización, es que es escalable, esto quiere decir, que podemos automatizar otras secciones del edificio. Estas secciones pueden ser: aire acondicionado, seguridad, equipo de bombeo, etcétera. La automatización de estas secciones se realiza a un costo menor, ya que solo se anexarían nuevos módulos al P.L.C. La programación también será sencilla, ya que solo se continúa programando el programa ya creado (programa de alumbrado y accesos). Al continuar programando se utilizarán los registros y puntos, que sobran de los módulos anteriores y los nuevos por el anexo de módulos. Estos nuevos módulos se deberán de colocar en los slots (ranuras) vacantes del rack. También se deberá tener cuidado de no repetir los registros o los puntos ya utilizados anteriormente. La automatización de estas secciones nos redituaran en un mayor ahorro de energía, confort y seguridad.

CONCLUSIONES

Podemos decir, que los controladores programables (PLC's) son tecnologías, que en México, se encuentran en auge y que como se menciona en el desarrollo de esta tesis, los autómatas programables nos permiten tener, sobre los sistemas de control cableados, ventajas fundamentales obtenidas por el uso de la técnica de control por programa.

Una tarea de automatización puede realizarse, utilizando la técnica de control por cableado o la técnica de control por programa. Con cualquiera de estas técnicas, es posible implementar las secuencias de control necesarias para resolver la tarea de automatización.

En la técnica de control por cableado (mejor conocida como control convencional), la unión física de diferentes elementos tales como botones pulsadores, relés, contactores, etcétera, es la que determina la lógica o secuencia según la cual trabaja el control.

Con la técnica de control por cableado o control convencional, modificar una secuencia implica descablear y recablear para obtener lo que se desea. En un ejemplo sencillo de control, esto puede parecer un problema sin importancia. Pero en un sistema de control en el que intervienen decenas o centenas de señales, hacer modificaciones al cableado resulta un problema relevante.

En la técnica de control por programa este inconveniente ha sido resuelto. El correspondiente cableado es independiente de la lógica o secuencia de control deseada.

En el caso de querer hacer una variación a la secuencia de control, no es necesario modificar el cableado, sino solamente el contenido de la memoria del controlador.

Mencionaremos las ventajas fundamentales obtenidas con el uso de la técnica de control por programa, a diferencia de la técnica de control cableada o convencional.

- **Independencia con respecto al cableado.** La lógica o secuencia de control no depende de la conexión de elementos hardware.
- **Facilidad de modificación.** Para modificar una secuencia de control no es necesario cablear y descablear, basta reescribir el programa de control, grabado en la memoria del controlador.

- **Reducción de espacio.** Los diversos elementos hardware que intervienen en la lógica cableada como relevadores de tiempo, contactores, contactos auxiliares, etcétera, son sustituidos por estructuras software dentro del controlador. Estas estructuras no requieren espacios especiales (como gabinetes o tableros) como ocurre en control convencional.
- **Facilidad en la prueba y puesta en marcha.** La lógica de control se prueba por secciones o en su totalidad con la ayuda del programador, y ahí mismo se hacen las modificaciones necesarias.
- **Rápida detección de fallas y averías.** Existen utilerías software que facilitan la detección de fallas, tanto del programa de control, como del controlador.
- **Independencia de voltajes.** Los voltajes de operación de los emisores pueden ser distintos a los voltajes de operación de los elementos finales de control, es decir, la línea emisor - elemento de control es independiente, no está unida mediante conexiones como ocurre en el control convencional; por tanto los elementos involucrados (por ejemplo pulsadores) no necesitan ser necesariamente robustos y soportar el mismo paso de corriente que el elemento final de control.

Ha sido nuestro propósito finalizar el desarrollo de la presente tesis, enlistando y enfatizando las ventajas que resultan de suma importancia, en el control moderno que utiliza el autómata programable o P.L.C.

BIBLIOGRAFÍA

BALCELLS JOSEP, *Autómatas Programables*. Marcombo Boixareu Editores, Barcelona España, 1977.

G.J, Thaler y R.G, Brown, *Análisis y diseño de sistemas de control Retroalimentados*. Mc Graw Hill, New York, 1960.

Diestefano J. Joseph, *Retroalimentación y Sistemas de control*. Mc Graw Hill, México, 1972

DORF C. RICHARD, *Sistemas Modernos de Control*. Adisson - Wesley Iberoamericana, Wilmington, Delaware, U.S.A., 1989.

SIMON ANDRÉ, *Autómatas Programables*. Paraninfo S.A., Madrid, España, 1991.

SCHITT M. NEIL, *A fondo: Robótica y Sistemas Automáticos*. Anaya Multimedia S.A., Madrid, España, 1988.

MICHEL G., *Autómatas Programables Industriales*. Marcombo Boixareu Editores, Barcelona, España.

SAUCEDO F. SALVADOR, *Control Automático de procesos*. I.P.N., México, D.F., 1985.

ALBERT MAYOL, *Autómatas Programables*. Marcombo Boixareu Editores, Barcelona, España, 1987.

HARRISON L. HOWARD, *Controles Automáticos*. Trillas, México, D. F., 1983.

TOSHIBA, *Programmable Controller EX100 User's Manua*. Tokio, Japón, 1990.

SIEMENS, *Autómatas Programables*, Cat. Núm. ST 54, S5-135U y S5-150U.

ALLEN- BRADLEY, *Cat. SLC 500*, 1987.