

# UNIVERSIDAD LASALLISTA BENAVENTE



## ESCUELA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN



Con estudios incorporados a la  
Universidad Nacional Autónoma de México  
CLAVE: 8793-16

### “APLICACIÓN DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE A UNA LINEA DE PRODUCCIÓN”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERA EN COMPUTACIÓN

PRESENTA:

**CAROLINA CHAVEZ ZARATE**

**Asesor: ING. NOE DE JESÚS VELA AGUIRRE**

**Celaya, Gto.**

**Agosto de 2005**



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

## **A Dios**

Por haberme permitido concluir mi carrera

## **A mis padres Alicia y Leonardo**

Por su amor y apoyo en el transcurso de mis estudios

## **A mi esposo Esteban**

Por su apoyo y amor

## **Al Instituto Tecnológico de Celaya**

Por facilitarme el equipo requerido para este proyecto

## **Al Ing. Noe de Jesús Vela Aguirre**

Por su amistad y porque siempre me animó a terminar mi trabajo

## **Al Ing. Jorge Alberto García Muñoz**

Por su ayuda prestada incondicionalmente

# ÍNDICE

Introducción

## Capítulo I

### INTRODUCCIÓN Y MARCO HISTÓRICO

1.1	Introducción a los sistemas de control .....	1
1.2	Horizontes de los nuevos sistemas de control .....	2
1.3	Fundamentos de los sistemas de control .....	2
1.3.1	Descripción y elementos de un sistema de control .....	2
1.3.2	Clasificación de los sistemas de control .....	4
1.3.3	Diferencias entre sistemas de control de lazo cerrado con respecto a los de lazo abierto.....	6
1.4	Introducción al controlador lógico programable .....	6
1.4.1	Antecedentes .....	6
1.4.2	Sistemas de control con relevadores .....	6
1.4.3	Descripción de los controladores lógicos programables .....	9
1.4.4	Elementos y características del control con PLC .....	11
1.5	Comparación de los PLC con otros dispositivos .....	12
1.5.1	Diferencias del PLC con la computadora .....	12
1.5.2	Diferencias del PLC con los relevadores .....	12
1.6	El controlador lógico programable pionero .....	13
1.7	Arquitecturas actuales .....	14
1.7.1	Mejorías del hardware .....	15
1.7.2	Mejorías del software .....	15

## Capítulo II

### COMPONENTES DEL PLC

2.1	Elementos del controlador lógico programable .....	17
2.1.1	Principios de operación .....	17
2.1.2	Dispositivos principales del PLC .....	18
2.2	Secuencia de operaciones de un controlador lógico programable .....	26
2.3	Funciones adicionales .....	28
2.4	Clasificación del PLC .....	29
2.4.1	PLC tipo nano .....	29
2.4.2	PLC tipo compactos .....	29
2.4.3	PLC modular .....	30
2.5	Direccionamiento de entradas y salidas .....	30

## Capítulo III

### PROGRAMACIÓN LÓGICA Y TEMPORIZADORES

3.1	Lógica proposicional .....	31
3.1.1	Proposición .....	31
3.1.2	Conectivos .....	33
3.1.3	Negación .....	34
3.1.4	Conjunción .....	35
3.1.5	Disjunción .....	36
3.1.6	Condiciona l y bicondiciona l .....	38
3.1.7	Fórmulas bien formadas .....	41
3.1.8	Equivalencia de fórmulas .....	42

3.1.9	Dispositivos de dos estados y lógica relacional .....	45
3.1.10	Contadores, comparadores y temporizadores .....	55

## Capítulo IV

### LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

4.1	Programación de los controladores lógicos programables .....	56
4.1.1	Lenguaje de programación .....	56
4.2	Instrucciones del lenguaje de diagramas de contactos .....	57
4.3	Introducción al grafcet .....	61
4.3.1	Elementos gráficos .....	62
4.3.2	Reglas de evolución .....	64
4.3.3	Estructuras de grafcet .....	64
4.3.4	Secuencia lineal .....	65
4.3.5	Divergencia y convergencia en “o” .....	66
4.3.6	Divergencia y convergencia en “y” .....	66
4.4	Componentes que se presentan en un programa estructurado .....	67
4.5	Elección de un autómata programable .....	71
4.5.1	Criterios .....	72
4.5.2	Hardware .....	72
4.5.3	Software .....	73
4.5.4	Especificaciones de entrada/salida .....	74
4.5.5	Especificaciones de memoria .....	75
4.5.6	Especificaciones de las funciones del CPU .....	76
4.5.7	Especificaciones de programación .....	78

## Capítulo V

### APLICACIÓN A LA INDUSTRIA

5.1	Aplicación de un PLC a la industria .....	79
5.1.1	Descripción de la aplicación .....	79
5.1.2	Funcionamiento del sistema de control .....	79
5.1.3	Material empleado para implementar el proyecto .....	82
5.1.4	Entradas y salidas(E/S) .....	90
5.1.5	Características de los dispositivos empleados en la automatización .....	91
5.1.6	Programación del proyecto aplicado a la industria .....	98
5.1.6.1	Comentarios sobre el programa de control .....	98
5.1.6.2	Listado del programa en KOP .....	102
5.1.7	Fotografías del proyecto .....	105

Conclusión

Anexo

Bibliografía

# INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existe una gran necesidad de conocer las tecnologías que nos ayuden a simplificar las actividades de nuestra vida debido a la demanda de tareas que se nos requieren, por consiguiente estas tecnologías son de mucha utilidad en las industrias ya que ahí es donde existe la mayor demanda de actividades.

Por ello es de interés conocer la tecnología de los controladores lógicos programables, los cuales son capaces de acoplarse a cualquier proceso industrial con el fin de automatizarlo, ahorrando así tiempo, dinero y esfuerzo con el mínimo de recursos, por esta razón cada vez mas industrias cuentan con equipos electrónicos como los controladores lógicos programables para automatizar los procesos que se llevan acabo dentro de éstas.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los dispositivos utilizados en la industria son diversos, sobre todo cuando se requiere controlar multitud de procesos, pero en esta tesis se busca demostrar que uno de los dispositivos mas aptos para estas aplicaciones en las empresas son los controladores lógicos programables, ya que estos autómatas son muy factibles para automatizar los procesos típicos de la industria, además de que son sencillos de programar y manipular sus entradas y salidas. También se desea desarrollar una fuente de información acerca de estos dispositivos para determinar si son de utilidad para los procesos que se realizan en la industria.

Analizaremos en esta tesis sus características, funciones, alcances, etc. Con el fin de determinar si en verdad son factibles para la industria, por medio de teoría y práctica llegando con esto a una conclusión que nos demuestre su aceptación.

## **ANTECEDENTES**

Desde épocas pasadas se ha tenido la necesidad de simplificar el trabajo que se realiza en nuestras vidas por lo que ha surgido el concepto de sistemas de control, este concepto se puede aplicar empezando tan solo con nuestro propio organismo que actúa como un sistema de control, regulando las diferentes funciones fisiológicas de nuestro cuerpo.

Al analizar este concepto se ha encontrado que se pueden simular sistemas de control tal como los naturales y estos son llamados sistemas de control hechos por el hombre, en los cuales surgen dispositivos como los controladores lógicos programables.

El controlador lógico se define como un sistema electrónico de operación digital, que usa una memoria programable, donde almacena las instrucciones de control que deberán realizar funciones específicas, tales como: lógica secuencial, temporización, conteo y operaciones aritméticas; para controlar diversos procesos o máquinas, a través de los módulos de entradas/salidas, analógicas o digitales.

Anteriormente, las operaciones de producción se automatizaban con la utilización de dispositivos llamados relevadores, pero se requería que los altos costos al utilizar estos dispositivos, disminuyeran las especificaciones requerían un sistema de estado sólido con apoyo de computadora que pudiera sobrevivir a los ambientes industriales y programarse fácilmente además de dársele mantenimiento fácilmente.

Es un sistema de control maduro que ofrece mucho más de los que se había pensado en un principio, y que además es capaz de comunicarse con otros sistemas de

control, el cual también proporciona reportes de producción, programación y diagnósticos de sus mismas fallas y de los procesos realizados por éste.

Al desarrollarse el software y el hardware el autómeta aumento en flexibilidad entre estas mejorías se incluye la capacidad de memoria mas grande, entradas/salidas remotas, comunicaciones y software mejorado, estos avances hacen al PLC conveniente para un amplio rango de aplicaciones y contribuye a la reducción de costos de instalación del alambrado.

# OBJETIVOS

## Objetivo general

Tener un concepto mas practico de lo que son los controladores lógicos programables y comprobar que son de uso sencillo y que un técnico o Ingeniero puede programarlos sin ninguna dificultad, con la finalidad de comprender su funcionamiento y la tendencia a utilizarlos como aplicaciones a la industria.

## Objetivo específicos

El objetivo del capítulo I es conocer los antecedentes generales en los cuales se basan los controladores lógicos para conocer sus orígenes, además de describir lo que es el PLC y sus diferencias con otros dispositivos con la finalidad de compararlo en su factibilidad con éstos.

En el capítulo II se busca determinar los elementos que componen el PLC para conocer su funcionamiento además de saber la secuencia de operaciones con el fin de saber como funciona internamente.

Conocer la lógica proposicional en que se basa la programación del PLC es el objetivo del capítulo III esto para comprender en que se basa su programación.

El capítulo IV tiene como objetivo conocer los lenguajes de programación de los controladores lógicos y las distintas instrucciones que pueden contener, las cuales varían dependiendo del fabricante, además de conocer las variables que intervienen en la elección de un autómata para determinado proceso, todo esto con la finalidad de adaptar un PLC para nuestro uso.

Demostrar que un dispositivo PLC se puede adaptar a cualquier proceso en la industria y que es de fácil aplicación es el objetivo del capítulo V.

## **HIPÓTESIS**

Los controladores lógicos programables tiene características que nos ayudan a manejarlos con mayor confiabilidad y facilidad que otros dispositivos que incluye su programación y cableado, además que representan un bajo costo con relación ala automatización que producen, por medio de esta investigación nos daremos cuenta si esta suposición es acertada.

## **JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad, existe una gran necesidad de conocer las tecnologías mas recientes en cuanto a los sistemas de control debido a que se emplean de forma importante en las empresas y un ejemplo de son los controladores lógicos los cuales son capaces de acoplarse a cualquier tipo de proceso industrial para automatizarlo. El contar con un medio de información mas detallado para personas que empiezan a conocer esta tecnología además de comprobar que son sencillos de aplicar a los procesos industriales, son los motivos que me llevaron a desarrollarlo como tema .

## **METODOLOGÍA**

Los métodos y técnicas que se aplicaron son las siguientes:

Investigar los conceptos prácticos del controlador lógico programable(PLC) a fin de que sea sencillo de comprender para aquellos lectores que se introduzcan por primera vez al tema.

Investigar los antecedentes y bases teóricas con respecto a los controladores para entender su funcionamiento.

Conocer el software de los autómatas y así familiarizarse con las instrucciones del controlador con el objetivo de manipular el autómata y este a su vez controle los dispositivos conectados a éste.

Determinar los criterios que se deben tomar en cuenta para elegir un controlador lógico programable.

Aplicarlo de una manera real a una línea de producción en la industria de bebidas con el fin de demostrar su utilidad en las empresas.

Determinar los dispositivos mas factibles para llevar a cabo el proyecto con el objetivo de adaptar los mas indicados de acuerdo a la necesidad y presupuesto que se tenga.

Llevar acabo la aplicación con los dispositivos a los que se tiene acceso.

Creación del programa principal y aplicación del mismo a los dispositivos utilizados con el fin de comprobar que el controlador lógico manipula bien las entradas y las salidas.

## **RESULTADOS**

Al aplicar el PLC al proyecto de la industria se puede ver que el software del controlador es relativamente sencillo de manejar, al igual que sus conexiones con las fuentes de alimentación y con las entradas y salidas que cuenta este dispositivo. Por ello es muy útil aplicarlo en las empresas independientemente del ramo industrial al que se incline, se puede implementar en distintas líneas de producción, en diversos proyectos y en todas las áreas.

### ***Análisis y discusión***

El controlador lógico es utilizado actualmente en un gran número de industrias, desde las pequeñas empresas hasta las mas grandes e importantes, en estos dispositivos se pueden aumentar módulos de entradas y salidas analógicas y digitales, con el fin de aumentar su capacidad de manipulación de entradas y salidas, igualmente se pueden conectar en red y manejarlos remotamente.

Este controlador puede reducir muchos costos comparándolo con los relevadores u otros dispositivos de control ya que tiene un periodo de vida largo y su programación se puede modificar contando con unidades de memoria donde se almacenan estos programas con capacidades muy grandes y de acuerdo con la necesidad del proyecto que se quiera realizar, también reduce tiempo al automatizar los procesos industriales, y el PLC se programa una sola vez para cada proceso o se puede modificar cada vez que se necesite, soporta ambientes industriales como las temperaturas considerables que existe en éstas.

Por ello es de gran factibilidad utilizarlo ya que presenta muchas ventajas para cualquier ramo industrial.

## CONCLUSIÓN

Se puede concluir que los controladores lógicos programables son equipos sencillos de operar y programar ajustándolos a los diversos procesos de la industria, son muy versátiles debido a que se pueden aplicar a distintas disciplinas como la hidráulica, neumática, mecánica y a muchas otras mas, además aportan una gran ventaja a la industria automatizando sus procesos o tareas repetitivas ahorrando de esta forma tiempo en las líneas de producción, al igual que dinero y esfuerzo.

Al implementar un proyecto aplicando controladores lógicos se programan una única vez y ese programa servirá para manejar todo el proceso o también se puede modificar en caso de que se tengan que introducir mas positivos, etc. además de que sus costos son reducidos comparándolos con el beneficio que proporcionan. El software que manejan estos dispositivos resulta muy amigable para el programador y de fácil comprensión por lo que los usuarios necesitan de una capacitación relativamente sencilla. En fin es una buena opción para automatizar procesos en la industria.

## ANEXO

### Especificaciones del sistema de automatización S7- 200

#### CPU 214 alimentación AC, entradas DC, salidas de relé

<b>Características generales</b>		<b>Salidas</b>	
Dimensiones (l x a x p)	197 x 80 x 62 mm	Tipo de salida	Relé, contacto de baja potencia
Peso	0,5 Kg	Margen de tensión	DC 5 V a 30 V/ AC 250 V
Disipación	9W	Corriente de carga máxima	2 A/salidas, 8 A/hilo neutro
Tamaño programa de usuario/ memoria	2 Kpalabras/ EEPROM	Sobretensión transitoria	7A, cerrados los contactos
Tamaño datos usuario/ memoria	2 Kpalabras/RAM	Resistencia de aislamiento	mín. 100MΩ(nuevo)
Ret. de datos y del tiempo real	típ.190 h (mín. 120)	Retardo de conmutación	máx. 10 ms
Condensadores de alta potencia	h a 40° C 200 días	Vida útil	10 000 000 mecánico 100 000 con carga normal
Pila opcional	de uso continuo	Resistencia de contacto	máx. 200 mΩ (nuevo)
E/S locales*	14 entradas/10 salidas	Aislamiento	
Número máximo de módulos de ampliación	7	bobina de contacto	AC 1500 V, 1 minuto
E/S digitales asistidas	64 entradas/64 salidas	contacto a contacto (entre contactos abiertos)	AC 750 V, 1 minuto
E/S analógicas asistidas	16 entradas/16 salidas	Protección contra cortocircuitos	ninguno
Velocidad de ejecución booleana	0,8 μs/operación	<b>Alimentación</b>	
Marcas internas	256	Margen de tens./frec.	AC 85V a 264V a 47 a 63 Hz
Temporizadores	128 Temporizadores	Corriente de entrada	típ. 4,5 VA, sólo CPU 50 VA carga máx.
Contadores	128 Contadores	Tiempo de retardo	mín. 20 ms de AC 110V,
Contadores rápidos	1 software(máx. 2 KHz) 2 hardware(máx. 7 KHz c/u)	Extra-corriente de cierre	20 a pico a AC 264 V

\* En la CPU están previstas 16 entradas y 16 salidas en la imagen de proceso para E/S locales

Tolerancia del reloj de tiempo real (TOD)	6 minutos/mes	Protección con fusibles	2 A, 250V, acción lenta
Salidas de impulso	no recomendadas	Corriente disponible DC 5V	340 mA para 660 mA para módulo de ampliación
Potenciómetros analógicos	2	Aislamiento	Sí. Transformador, AC 1500 V, 1 minuto
Homologaciones	UL 508 CSA C22.2 142 FM clase I, categoría 2 Según VDE 0160 según CE		
<b>Entradas</b>		<b>Alimentación para sensores DC</b>	
Tipo de entrada (IEC 1131-2)	Tipo 1, con sumidero de corriente	Margen de tensión/	DC 20,4 a 28,8 V
Área en ON	DC 15 V a 30 V, mín. 4 mA DC 35 V, 500 ms sobretensión transitoria	Rizado/ corriente parásita (<10 Mhz)	máx. 1 V de pico a pico
Tensión nominal en ON	DC 24 V, 7 mA	Corriente disponible DC 24 V	280 mA
Máxima en OFF	DC 5 V, 1 mA	Limitación de corriente de cortocircuito	< 600 mA
Tiempo de respuesta máxima 10.0 a 11.5 seleccionable 10.6 a 11.5 en HSC1 y HSC2	0,2 ms a 8,7 ms 0,2ms predeterminado típ. 30 µs/ máx. 70µs	Aislamiento	no
Separación galvánica	AC 500 V, 1 minuto		

# BIBLIOGRAFÍA

- a) FARRANDO BOIX, Ramón, **Circuitos neumáticos eléctricos e hidráulicos**, 2a ed., Publicaciones marcombo, s.a., 1982, México, p.p. 129.
- b) KEMMERLY, Jack E., **Análisis de circuitos en ingeniería**, 5ª ed., Mc Graw Hill, 1993, México, p.p.312
- c) LARA, Jorge, **Diseño de paginas web para el curso de controladores lógicos programables**, Tesis, México, 1999, p.p. 243.
- d) MANUAL DEL SISTEMA, **Sistema de automatización S7-200**, 1998, Siemens AG, p.p. H-2.
- e) MARCOMBO, **Diccionario de Electrónica Informática**, España, 1986, p.p.95
- f) OGATA, Katsuhiko, **Ingeniería de control moderna**, 3ª ed., Prentice Hall, México, 1992, p.p.423

## Páginas de Internet

- [www.catalog.festo.com](http://www.catalog.festo.com)
- [www.geocities.com/ingenieria\\_control/](http://www.geocities.com/ingenieria_control/)
- [www.kobold.com](http://www.kobold.com)
- [www.orbita.starmedia.com-osander/ci3815/cpu.pdf](http://www.orbita.starmedia.com-osander/ci3815/cpu.pdf)
- [www.radsur.com/telemec/](http://www.radsur.com/telemec/)
- [www.siemensandina.com/archivos/colombia/cap%Edfulo](http://www.siemensandina.com/archivos/colombia/cap%Edfulo)
- [www.teledynereleys.com](http://www.teledynereleys.com)
- [www.uclm.es/profesorado/rcarcelen\\_plc/control.htm](http://www.uclm.es/profesorado/rcarcelen_plc/control.htm)
- [www.uclm.es/profesorado/rcarcelen\\_plc/Prog2.htm](http://www.uclm.es/profesorado/rcarcelen_plc/Prog2.htm)
- [www.uclm.es/profesorado/rcarcelen\\_plc/Prog3.htm](http://www.uclm.es/profesorado/rcarcelen_plc/Prog3.htm)