



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**“ DISEÑO Y MANUFACTURA ASISTIDO POR  
COMPUTADORA. AUTOMATIZACIÓN DE UN PROCESO  
PRODUCTIVO CON UN PLC”**

**TRABAJO DE SEMINARIO**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A :

**MARIO RIVERA AVILA**

ASESOR: M.I. JUAN ALEJANDRO FLORES CAMPOS

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO.

2002

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# PAGINACION DISCONTINUA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario  
Diseño y manufactura asistido por computadora.

"Automatización de un proceso productivo con un PLC"

que presenta el pasante: Mario Rivera Avila

con número de cuenta: 8511180-2 para obtener el título de

Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 12 de Septiembre de 2001

MODULO

PROFESOR

FIRMA

I

M<sup>tro</sup> Felipe Díaz del Castillo Rodríguez

*F. Díaz del Castillo*

II

Ing. Enrique Cortés Gonzales

*E. Cortés*

III

Ing. Eusebio Reyes Carranza

*E. Reyes*

**AGRADECIMIENTOS.**

**A DIOS.  
PRIORIDAD DE MI VIDA .**

**A MI ESPOSA GRISELDA.  
POR SU PACIENCIA Y AMOR, QUE DIOS NOS PERMITIO COMPARTIR.**

**A MIS PADRES.  
JOSÉ RIVERA CAMARENA Y GUADALUPE AVILA MARTÍNEZ.  
POR CON SU APOYO, COMPRENSIÓN  
Y EJEMPLO.**

**A MIS HERMANOS.  
JOSÉ LUIS, VICTOR, GUADALUPE, MARIA EUGENIA, JUAN MANUEL,  
Y NICOLAS.  
POR SU APOYO Y AMOR HACIA MI.**

**A MIS PROFESORES.  
QUE ME HAN GUIADO HACIA EL APRENDIZAJE.**

## INDICE

OBJETIVO.....	I
INTRODUCCIÓN.....	II

### CAPITULO 1

#### CONCEPTOS GENERALES.

1.1 Definiciones.....	1
1.2 Sistema de control.....	3
1.3 Tipos de procesos industriales.....	5

### CAPITULO 2

#### ARQUITECTURA INTERNA DEL PLC.

2.1 Introducción.....	7
2.2 Bloques esenciales de un PLC.....	8
2.3 Unidad central de proceso, CPU.....	9
2.4 Memoria de un PLC.....	11
2.5 Memorias internas.....	14
2.6 Memoria de programa.....	17
2.7 Interfase de entrada y salida.....	18
2.8 Fuente de alimentación.....	18

### CAPITULO 3

#### DISEÑO DE AUTOMATISMOS LOGICOS.

3.1 Introducción.....	19
3.2 Diseño basado en GRAFCET.....	20
3.3 GRAFCET, elementos de base y reglas de evolución.....	21
3.3.1 Elementos gráficos de base.....	21
3.3.2 Mensajes de interpretación.....	22
3.3.3 Reglas de evolución.....	22
3.3.4 GRAFCET nivel I.....	23
3.3.5 GRAFCET nivel 2.....	23

## CAPITULO 4

### PROGRAMACION DE UN PLC.

4.1 Introducción.....	25
4.2 Representación de sistemas de control.....	27
4.3 Normas básicas.....	28
4.4 Reglas básicas.....	28
4.5 Programación de bloques funcionales.....	29
4.5.1 Biestables.....	30
4.5.2 Temporizadores.....	31
4.5.3 Contadores.....	33

## CAPITULO 5

### PROBLEMA PRACTICO

5.1 Problema.....	34
5.2 Descripción del proceso.....	34
5.3 Comentarios sobre el GRAFCET nivel 1.....	39
5.4 GRAFCET nivel 1.....	40
5.5 GRAFCET nivel 2.....	41
5.6 Tabla de variables.....	42
5.7 Diagrama de contactos.....	43
5.7.1 Condiciones iniciales.....	43
5.7.2 Condiciones de transición.....	44
5.7.3 Asignación de salidas a las variables del GRAFCET.....	47
5.7.4 Comentarios sobre el diagrama de contactos.....	48

CONCLUSIONES.....	61
-------------------	----

BIBLIOGRAFÍA.....	62
-------------------	----

## **OBJETIVO.**

**Replantear los métodos para desarrollar nuevos procesos productivos aprovechando las funciones y posibilidades que ponen a nuestra disposición los PLC.**

## INTRODUCCION.

La industria siempre ha tenido que satisfacer las necesidades de un mercado altamente competitivo. Siempre está en la búsqueda de nuevas tecnologías que le permitan una mejora en la productividad, la disminución de costos y la mejora de la calidad de los productos.

En los años 60 los sistemas de control con que contaba la industria eran principalmente en base a relés, los cuales tenían problemas continuos por averías y poca flexibilidad para adaptarse a las necesidades de producción de nuevos procesos.

En los años 70 el PLC empezó aplicarse con éxito paralelamente a la difusión de la tecnología del microprocesador. Este desarrollo de nuevas tecnologías, sobre todo en los campos de electrónica, informática y comunicaciones, constituyen un constante motor en el desarrollo y sofisticación de los sistemas de control. La automatización mediante el PLC, ha permitido cumplir con las expectativas de la industria.

Todo proceso que se pretenda automatizar puede descomponerse para su análisis en dos partes: una parte operativa, que comprende las acciones de determinados elementos, como motores, cilindros neumáticos, válvulas, etc., realizan sobre el proceso, y una parte de control que programa las secuencias necesarias para la actuación de la parte operativa.

El propósito es enfocarnos en un método de diseño para un proceso productivo que nos permita aprovechar las funciones que nos ofrece el PLC.

El PLC es un dispositivo electrónico con una estructura y funcionamiento complejo, se presentara la estructura de un PLC, así como el funcionamiento de sus partes más importantes.

En el diseño de la automatización del proceso productivo lo haremos en base al sistema de representación gráfica GRAFCET (Gráfico de mando de etapa y transición), que esta universalmente aceptado.

La parte de control que programa las secuencias del proceso productivo será realizado en un lenguaje de contactos.

## CAPITULO 1

### CONCEPTOS GENERALES.

#### 1.1 DEFINICIONES.

**Control:** Es la manipulación indirecta de las magnitudes de un sistema denominado “planta” a través de otro sistema llamado “sistema de control”.<sup>1</sup>

**Sistema de control:** Gobernar la respuesta de una planta, sin que el operador intervenga directamente sobre sus elementos de salida, dicho operador manipula únicamente las magnitudes de “consigna” y el sistema de control se encarga de gobernar dicha salida a través de los accionamientos.

La automatización de una máquina o proceso consiste en la incorporación de un dispositivo tecnológico que se encarga de controlar su funcionamiento.

**Variable controlada y variable manipulada:** La variable controlada es la cantidad o condición que se mide y controla. La variable manipulada es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada. Por lo común, la variable controlada es la salida (el resultado) del sistema. Controlar significa medir el valor de la variable controlada del sistema y aplicar la variable manipulada al sistema para corregir o limitar una desviación del valor medido a partir de un valor deseado.<sup>2</sup>

**Plantas:** Una planta puede ser una parte de un equipo, tal vez un conjunto de las partes de una máquina que funcionan juntas, el propósito de la cual es ejecutar una operación particular. Llamaremos planta a cualquier objeto físico que se va a controlar.

---

<sup>1</sup> Joseph Bancells, *Autómatas programables*, Editorial Alfaomega, 1ª Ed. México 1997, pág. 3.

<sup>2</sup> Katsuhiko Ogata, *Ingeniería de control moderna*, Editorial. PPHI, 3ª Ed. México 1998, pág. 2.

**Procesos:** Es una operación o un desarrollo natural progresivamente continuo, marcado por una serie de cambios graduales que se suceden una al otro en una forma relativamente fija y que conducen a un resultado o propósito determinados; o una operación artificial o voluntaria progresiva que consiste en una serie de acciones o movimientos controlados, sistemáticamente dirigidos hacia un resultado o propósito determinados.<sup>3</sup>

**Sistemas:** Un sistema es una combinación de componentes que actúan juntos y realizan un objetivo determinado. Un sistema no necesariamente es físico. El concepto de sistema se aplica a fenómenos abstractos y dinámicos.

**Perturbaciones:** Una perturbación es una señal que tiende a afectar negativamente el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se denomina interna, en tanto que una perturbación externa se produce fuera del sistema y es una entrada.

**Sensores.** Detectan el comportamiento de la planta.

---

<sup>3</sup> Katsuhiko Ogata, Ingeniería de control moderna, Editorial PPH, 3ª Ed. México 1998, pág. 3.

## 1.2 SISTEMAS DE CONTROL.

Hay dos formas básicas de realizar el control de un proceso industrial:

- Control de lazo abierto.
- Control de lazo cerrado.

El control de lazo abierto ( figura 1.1 ) se caracteriza porque la información o variables que controlan el proceso circulan en una sola dirección, desde el sistema de control al proceso.

El sistema de control no recibe la confirmación de que las acciones que a través de los actuadores ha de realizar sobre el proceso se han ejecutado correctamente.<sup>4</sup>

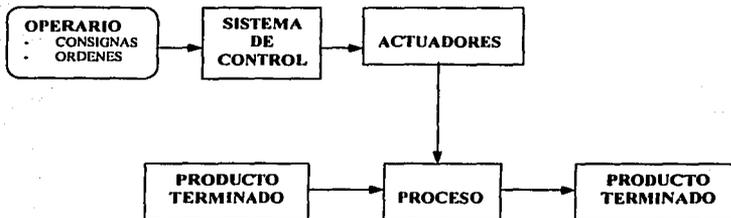
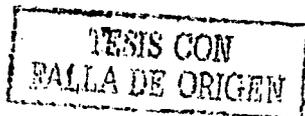


Figura 1.1

<sup>4</sup>J. Pedro Romera, Automatización problemas resueltos con máquinas programables, Editorial Paraninfo, España 1996, pág. 1.



El control de lazo cerrado ( figura 1.2 ), se caracteriza porque existe una realimentación a través de los sensores desde el proceso hacia el sistema del control, que permite a este último conocer si las acciones ordenadas a los actuadores se han realizado correctamente sobre el proceso.<sup>5</sup>

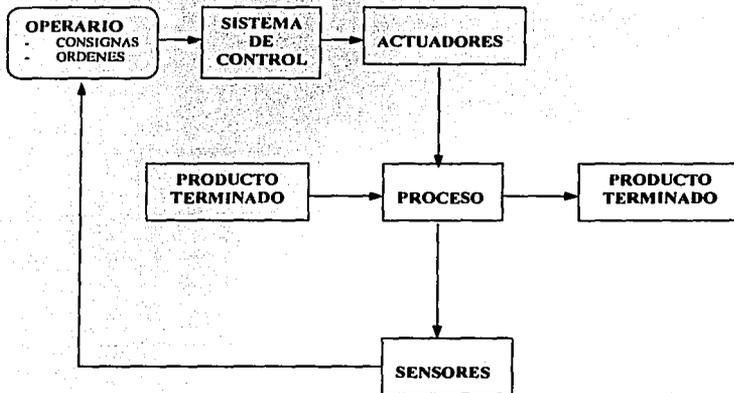


Figura 1.2

<sup>5</sup> J. Pedro Romera, Automatización problemas resueltos con máquinas programables, Editorial Paraninfo, España 1996, pág. 2.

### 1.3 TIPOS DE PROCESOS INDUSTRIALES.

Los procesos industriales, en función de su evolución con el tiempo, pueden clasificarse en algunos de los grupos siguientes.

- Continuos.
- Discontinuos o por lotes.
- Discretos.

Tradicionalmente, el concepto de automatización industrial se ha ligado al estudio y aplicación de los sistemas de control empleados en los procesos discontinuos y los procesos discretos, dejando los procesos continuos a disciplinas como la regulación o servomecanismos.<sup>6</sup>

#### Procesos continuos.

Un proceso continuo se caracteriza porque las materias primas están constantemente entrando por un extremo del sistema, mientras que el otro extremo se obtiene de forma continúa un producto terminado. Las características propias de los sistemas continuos son :

- El proceso se realiza durante un tiempo relativamente largo.
- Las variables empleadas en el proceso y sistema de control son de tipo analógico; dentro de unos límites determinados las variables pueden tomar infinitos valores.

#### Procesos discretos.

El producto de salida se obtiene a través de una serie de operaciones, muchas de ellas con gran similitud entre sí. La materia prima sobre la que se trabaja es habitualmente un elemento discreto que se trabaja de forma individual.

---

<sup>6</sup> J. Pedro Romera, Automatización problemas resueltos con máquinas programables, Editorial Paraninfo, España 1996, p.3.

**Procesos discontinuos o por lotes.**

**Se recibe a la entrada del proceso las cantidades de las diferentes piezas discretas que se necesitan para realizar el proceso. Sobre este conjunto se realizan las operaciones necesarias para producir un producto acabado o un producto intermedio listo para un procesamiento posterior.**

## CAPITULO 2

### ARQUITECTURA INTERNA DEL PLC.

#### 2.1 INTRODUCCION.

Un PLC es un equipo electrónico de control con un cableado interno (hardware) independiente del proceso a controlar, que se adapta a dicho proceso mediante un programa específico (software) que contiene la secuencia de operaciones a realizar. Esta secuencia de operaciones se define sobre señales de entrada y salida al proceso, cableados directamente en los bornes de conexión del PLC.<sup>7</sup>

Las señales de entrada pueden proceder de elementos digitales, como finales de carrera y detectores de proximidad, o analógicos, como sensores de temperatura y dispositivos de salida en tensión o corriente continuas.

Las señales de salida son órdenes digitales todo o nada o señales analógicas en tensión o corriente, que se envían a los elementos indicadores y actuadores de proceso, como lámparas, contactores, válvulas, etc.

El PLC gobierna las señales de salida según el programa de control previamente almacenado en una memoria, a partir del estado de las señales de entrada. Este programa se introduce en el PLC a través de la unidad de programación, que permite además funciones adicionales como depuración de programas, simulación, monitorización, control del PLC, etc.

---

<sup>7</sup> Joseph Bancells, Autómatas programables, Editorial Alfaomega, 1ª Ed. México 1997, pág. 67.

El PLC se configura alrededor de una unidad central o de control, que, unida por medio de buses internos a las interfases de entrada y salida y a las memorias, define lo que se conoce como arquitectura interna del PLC.

## **2.2 BLOQUES ESENCIALES DE UN PLC.**

Un PLC se compone esencialmente de los siguientes bloques:

- Unidad central de proceso o de control, CPU.
- Memorias internas.
- Memoria de programa.
- Interfaces de entrada y salida.
- Fuente de alimentación.

### 2.3 UNIDAD CENTRAL DE PROCESO, CPU.

La CPU (Central Processing Unit), construida alrededor de un sistema microprocesador, es la encargada de ejecutar el programa de usuario y ordenar las transferencias de información en el sistema de entradas y salidas. Adicionalmente puede también establecer comunicación con periféricos externos, como son las unidades de programación, monitores LED/LCD , otros PLC u ordenadores, etc.<sup>8</sup>

Para ejecutar el programa, la CPU adquiere sucesivamente las instrucciones una a una desde la memoria, y realiza las operaciones especificadas en las mismas.

El funcionamiento es, salvo escasas excepciones, de tipo interpretado, con decodificación de las instrucciones cada vez que son ejecutadas. Esta decodificación interna de instrucciones es transparente al usuario, que no puede modificarla en ninguna forma.

Al ser además específica de cada fabricante, que elige el lenguaje de programación que soportara su PLC (instrucciones, contactos o símbolos gráficos) y la forma en que se interpretan sus instrucciones, la decodificación no sólo limita los lenguajes disponibles de programación, sino que es la responsable de que no todas las CPU puedan ejecutar los mismos programas, aunque hayan sido escritos en el mismo lenguaje, impidiendo el intercambio de programas entre PLC.

---

<sup>8</sup> Joseph Bancells, Autómatas programables, Editorial Alfaomega, 1ª Ed. México 1997, pág. 68.

### Bloques fundamentales de una CPU:

- ALU (Arithmetic Logic Unit), encargada de realizar las operaciones aritméticas y lógicas (combinaciones Y, O, sumas, comparaciones, etc.).
- Acumulador, que almacena el resultado de la última operación realizada por la ALU.
- Flags, o indicadores de resultado de operación (mayor que, positivo, negativo, resultado cero, etc.).
- Contador de programa, PC (Program Counter), encargado de la lectura de las instrucciones de usuario, y por lo tanto, de la secuencia de ejecución.
- Decodificador de instrucciones y secuenciador, cableado y / o programado, donde se decodifican las instrucciones leídas en la memoria y se generan las señales de control.
- Programa ROM monitor del sistema, donde se almacena la secuencia de puesta en marcha, las rutinas de test y de error en la ejecución.
- Opcionalmente un cartucho de memoria ROM externa, que contendría una ampliación del intérprete incorporado, a fin de que la CPU pudiera decodificar y ejecutar instrucciones complejas o escritas en lenguajes de programación más potentes.

La combinación de la CPU con la memoria interna, imagen de entradas / salidas, y de programa de usuario, es conocida también con el nombre de unidad de proceso o tarjeta central.

## **2.4 MEMORIA DEL PLC.**

La memoria de trabajo es el almacén donde el PLC guarda todo cuanto necesita para ejecutar la tarea de control:

Datos del proceso:

- Señales de planta, entradas y salida.
- Variables internas, de bit y de palabra.
- Datos alfanuméricos y constantes.

Datos de control:

- Instrucciones de usuario (programa).
- Configuración del PLC (modo de funcionamiento, número de entradas / salidas, conectadas, etc.).

Una clasificación de memorias, atendiendo a las características de lectura y escritura, podría ser la que aparece a continuación.<sup>9</sup>

- Memorias de lectura / escritura, RAM.
- Memorias de sólo lectura, no reprogramables, ROM.
- Memorias de sólo lectura, reprogramables con borrado por ultravioletas, EPROM.
- Memorias de solamente lectura, alterables por medios eléctricos, EEPROM.

Las memorias de lectura / escritura, RAM, pueden ser leídas y modificadas cuantas veces sea necesario a través de los buses internos, y de forma rápida. Sus inconvenientes son su relativamente baja capacidad de almacenamiento y sobre todo, su carácter volátil, que provoca la pérdida de información cada vez que cae la tensión de alimentación.

---

<sup>9</sup> Joseph Bancells, Autómatas programables, Editorial Alfaomega, 1ª Ed. México 1997, pág. 70.

Las memorias RAM se utilizan principalmente como memorias de datos internos, y únicamente como memorias de programa en el caso de que pueda asegurarse el mantenimiento de los datos con una batería exterior.

Las memorias de sólo lectura no reprogramables ROM , no pueden ser modificadas en ninguna forma. Dentro del PLC las memorias ROM se utilizan para almacenar el programa monitor, que contiene las siguientes rutinas, incluidas por el fabricante:

- Inicialización tras puesta en tensión o reset.
- Rutinas de test y de respuesta a error de funcionamiento.
- Intercambio de información con unidades exteriores.
- Lectura y escritura en las Interfaces de E/S.

El contenido de esta memoria no es accesible desde el exterior.

Las memorias reprogramables EPROM, son memorias de sólo lectura que pueden programarse con un circuito especial, después de borrar su contenido. Normalmente, estas memorias se utilizan para almacenar el programa del usuario, una vez que ha sido convenientemente depurado. Las células de memoria son borradas con luz ultravioleta.

Las EEPROM o memorias reprogramables son memorias de sólo lectura alterables por medios eléctricos, es decir reprogramables sobre el propio circuito, sin necesidad de extracción o borrado exterior, estas memorias combinan la no volatilidad de las memorias ROM Y EPROM con la reprogramabilidad de las memorias RAM, que les permite ser modificadas directamente sobre el circuito mediante señales eléctricas.

Así las memorias EEPROM se emplean principalmente para almacenar programas, aunque en la actualidad es cada vez más frecuente el uso de combinaciones RAM + EEPROM, utilizando estas últimas como memorias de seguridad que salvan el contenido de las RAM en caso de interrupción del suministro eléctrico.

## **2.5 MEMORIAS INTERNAS.**

En un PLC, memoria interna es aquella que almacena el estado de las variables que maneja el PLC: entradas, salidas, contadores, relés internos, señales de estado, etc.<sup>10</sup>

La memoria interna de longitud invariable para cada modelo de PLC, fija sus características funcionales en cuanto a capacidad de direccionamiento E / S, y número y tipo de variables internas manipuladas.

Así, la memoria interna de un PLC queda clasificada en las siguientes áreas:

**Posiciones de 1 bit (bits internos):**

- Memoria imagen de entradas / salidas.
- Relés internos.
- Relés especiales / auxiliares.

**Posiciones de 8, 16 o más bits (registros internos):**

- Temporizadores.
- Contadores.
- Otros registros de uso general.

Las variables contenidas en la memoria interna pueden ser consultadas y modificadas continuamente por el programa, cualquier número de veces.

Esta actualización continua de los datos obliga a construir la memoria con dispositivos RAM.

EL área de memoria imagen almacena las últimas señales leídas en la entrada y enviadas a la salida, actualizándose tras cada ejecución completa del programa.

---

<sup>10</sup> Joseph Bancells, *Autómatas programables*, Editorial Alfaomega, 1ª Ed. México 1997, pág. 70.

Antes de comenzar la ejecución, la CPU consulta los estados de las señales en la interfaz de entradas y carga con ellos la memoria imagen de entradas.

Durante la ejecución, la CPU, y bajo control del programa de usuario, realiza los cálculos a partir de los datos en la memoria imagen y del estado de los temporizadores, contadores y relés internos. El resultado de estos cálculos queda depositado en la memoria imagen de salidas.

Finalizada la ejecución, la CPU transfiere a las interfaces de salida los estados de las señales contenidos en la memoria imagen de salidas, quedando el sistema preparado para comenzar un nuevo ciclo.

Los relés internos ocupan posiciones RAM de un bit, y son utilizados como área de datos temporales, como salida de resultado de operaciones intermedias, y para controlar otros bits o registros, temporizadores y contadores. Las direcciones correspondientes a estos relés protegidos están claramente especificadas en los catálogos del fabricante.

Los relés auxiliares / especiales se colocan también sobre posiciones de 1 bit, y guardan señales del sistema, como relojes (en diferentes bases de tiempo), bits de control e información del PLC (Run, Stop, Halt, errores, etc.). Estos relés pueden consultarse y utilizarse desde el programa de usuario, para sincronizar el funcionamiento, responder de forma automática a las variaciones de estado en el PLC.

El área de temporizadores y contadores ocupa posiciones de 16 o más bits, capaces de almacenar los valores de preselección y estado actualizados de estos elementos, valores que normalmente se presentan al usuario bajo codificación BCD entre 0000 y 9999.

El área de registros internos se utiliza para almacenar y manipular palabras de datos y valores numéricos, y es únicamente accesible en unidades de byte y de palabra, por medio de instrucciones aritméticas y de manipulación de datos. Esta área contiene también los valores de registro de desplazamiento, que pueden ser leídos como palabras, o posición a posición.

## 2.6 MEMORIA DE PROGRAMA.

La memoria de programa, normalmente externa y enchufable a la CPU, almacena el programa escrito por el usuario para su aplicación. Adicionalmente puede contener datos alfanuméricos y textos variables, y también información parametrizada sobre el sistema, por ejemplo nombre o identificación del programa escrito, indicaciones sobre la configuración de E / S o sobre la red de PLC, si existe, etc.<sup>11</sup>

Cada instrucción del usuario ocupa un paso o dirección del programa y necesita, normalmente, para ser almacenada, dos posiciones de memoria de semiconductor (dos bytes). La capacidad total del programa de usuario depende del tipo de CPU utilizado. Las memorias de usuario son siempre de tipo permanente RAM + batería, o EPROM / EEPROM.

La ejecución del programa en el módulo es siempre prioritaria, de forma que si se da tensión al PLC con un módulo conectado, la CPU ejecuta su programa y no el contenido en memoria RAM interna.

La transferencia del programa a los módulos de memoria (grabación) se realiza bajo control de la unidad de programación, y puede hacerse sobre el PLC o sobre la misma unidad de programación, según el modelo considerado.

El conjunto de direcciones correspondientes de la CPU a todas las posiciones de memoria que puede direccionar la CPU, es decir, de toda la memoria de trabajo, se denomina en el PLC mapa de memoria.

---

<sup>11</sup> Joseph Bancells, Autómatas programables, Editorial Alfaomega, 1ª Ed. México 1997, pág. 72.

La longitud de este mapa de memoria depende de tres factores:

- La capacidad de direccionamiento de la CPU, que determina el número de direcciones asignadas a los dispositivos internos.
- El número de entradas /salidas conectadas, que determina la longitud de la memoria imagen.
- La longitud de la memoria de usuario utilizada.

## **2.7 INTERFASES DE ENTRADA Y SALIDA.**

Las interfaces de entrada y salida establecen la comunicación entre la unidad central y el proceso, filtrando, adaptando, y codificando de forma comprensible para dicha unidad las señales procedentes de los elementos de entrada, y decodificando y amplificando las señales generadas durante la ejecución del programa antes de enviarlas a los elementos de salida.

## **2.8 FUENTE DE ALIMENTACIÓN.**

La fuente de alimentación proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos del sistema. Un PLC está formado por bloques que requieren niveles de tensión y potencia diferentes y que, además, están sometidos a condiciones ambientales de ruido electromagnético también distintas. Por todo ello, es frecuente que la alimentación se obtenga de varias fuentes separadas procurando independizar las siguientes partes del circuito:

- Unidad central e interfaces E / S.
- Alimentación de entradas.
- Alimentación de salidas.

## CAPITULO 3

### DISEÑO DE AUTOMATISMOS LOGICOS.

#### 3.1 INTRODUCCION.

La creciente complejidad de los procesos y la disponibilidad de controladores más potentes y con mayor número de funciones, obligan a replantearse los métodos de diseño de los sistemas de control. En un proceso el cual se desee automatizar coexisten elementos de tipo electromecánico, neumático, hidráulico, electrónico, etc., y esto hace necesario utilizar modelos y herramientas de diseño que permitan una representación y tratamiento común de todos ellos para hacer un estudio global del sistema de control y la planta.

La clave de un método de diseño sistemático y que permita un tratamiento global del sistema, está precisamente en interesarse por los estados posibles de cada componente o bloque más que por su naturaleza física. Un componente o bloque del cual nos interesa sólo distinguir dos estados posibles lo trataremos como un sistema lógico. Por ejemplo, un interruptor abierto o cerrado, un motor en marcha o parado, etc. Se suele identificar el estado de un componente lógico como una variable lógica representada matemáticamente por un bit, que sólo dos valores 1 y 0.

Finalmente, quedarían los componentes analógicos, en lo que teóricamente habría que distinguir infinitos estados posibles. Sin embargo, muchos sistemas de control utilizan actualmente métodos numéricos para el tratamiento de magnitudes analógicas, truncando su valor a un número limitado de cifras decimales y, por tanto, limitándose a tratar un número finito de estados. De esta forma, las magnitudes analógicas pueden ser tratadas mediante sistemas de control digitales. Los PLC son un buen ejemplo de ello, ya que mediante convertidores analógico / digitales suelen convertir las magnitudes analógicas en

valores numéricos, y así, podemos decir que se trata de un sistema digital que procesa magnitudes analógicas, con un cierto grado de resolución.

### **3.2 DISEÑO BASADO EN GRAFCET.**

El GRAFCET nació como resultado de los trabajos de la AFCET, iniciados en la década de los setenta. En principio se pretendía satisfacer las necesidades de disponer de un método de descripción de procesos, con total independencia de la tecnología, mediante un gráfico funcional que pudiera ser interpretado por no especialistas en automatización. El gráfico funcional permite unificar las formas de descripción del proceso para técnicos de distintos campos, desde el ingeniero de organización o de producción, que define las necesidades del automatismo, pasando por el diseño, que debe implementar el sistema de control y los accionamientos, hasta el técnico de mantenimiento, que debe cuidar de su funcionalismo o introducir modificaciones en la fase de explotación.<sup>12</sup>

El gráfico funcional, complementado con los métodos del álgebra de Boole, permite ir más allá de la simple descripción e interpretación gráfica de un proceso y se ha convertido en una potente herramienta de diseño de sistemas lógicos, con unas reglas bastante simples.

---

<sup>12</sup> Joseph Bancells, *Autómatas programables*, Editorial Alfaomega, 1ª Ed. México 1997, pág. 10.

### **3.3 GRAFCET: ELEMENTOS DE BASE Y REGLAS DE EVOLUCIÓN.**

El GRAFCET es un modelo de representación gráfica de funcionamiento de un sistema automático. Dicho modelo está definido basándose en los siguientes elementos y reglas de evolución que se relacionan a continuación:<sup>13</sup>

#### **3.3.1 ELEMENTOS GRÁFICOS DE BASE.**

Estos elementos constituyen los símbolos a partir de los cuales se dibuja el gráfico funcional. Los símbolos básicos son los siguientes:

- Las etapas, que representan cada uno de los estados del sistema. Cada etapa debe corresponder a una situación tal que las salidas dependen únicamente de las entradas. El símbolo empleado para representar una etapa es un cuadrado con un número o un símbolo en su interior que la identifica y eventualmente una etiqueta. Se denominan etapas iniciales aquellas en que se posee el sistema al iniciarse el proceso por primera vez. Las etapas iniciales se representan por un cuadrado con doble línea. ( Figura 3.1 ).
- Las líneas de evolución, que unen entre sí las etapas que representan actividades consecutivas. Las líneas se entenderán siempre orientadas de arriba hacia abajo, a menos que se represente una flecha en sentido contrario.
- Las transiciones que representan las condiciones lógicas necesarias para que finalice la actividad de una etapa y se inicie la etapa consecutiva. Estas combinaciones lógicas se obtendrán por combinación de variables denominadas receptividades. Gráficamente se representan las transiciones por una línea cruzada sobre las líneas de evolución.
- Los reenvíos son símbolos en forma de flecha que indican la procedencia o destino de las líneas de evolución.

---

<sup>13</sup> Joseph Bancells, *Autómatas programables*, Editorial Alfaomega, 1ª Ed. México 1997, pág. 20.

- La regla básica de sintaxis del GRAFCET es que entre dos etapas debe existir una y sólo una condición de transición, bien entendido que ésta puede venir expresada por una función lógica combinacional, siempre que dé como resultado (1 = verdadero, 0 = falso).

### **3.3.2 MENSAJES DE INTERPRETACION.**

Estos mensajes pueden ser textos, símbolos o ecuaciones lógicas asociadas a las etapas o transiciones para indicar la actividad desarrollada o las relaciones entre variables del sistema que deben cumplirse. Pueden distinguirse dos tipos de mensajes:

- Mensajes de acción asociados a cada etapa. Indican cuál es la actividad a desarrollar en dicha etapa cuando esté activa, bien sea en forma de texto o en forma de ecuaciones lógicas que indican la relación salidas-entradas. ( Figura 3.1 )
- Mensajes de receptividad asociados a cada transición. Indican las condiciones lógicas necesarias y suficientes para pasar de cada etapa a la consecutiva.

### **3.3.3 REGLAS DE EVOLUCIÓN.**

Permiten definir e interpretar de forma unívoca el comportamiento dinámico del sistema. Las hay que hacen referencia a las etapas y otras a las transiciones.

- Cada etapa tiene asociada una variable de estado  $X_i$  de tipo bit.
- Se distinguen dos posibles estados de una etapa: activa o inactiva .
- Denominaremos arranque en frío a la inicialización de un proceso automático sin guardar memoria de ninguna situación anterior. Después de un arranque en frío se activan todas las etapas iniciales y quedan inactivas todas las demás.
- Denominaremos arranque en caliente a la reinicialización de un automatismo cuando éste guarde memoria de alguna situación anterior.

### **3.3.4 GRAFCET NIVEL 1.**

En este nivel se realiza el GRAFCET de una manera simple, tal y como lo concibe el ingeniero de producción , como una sucesión de acciones a desarrollar, sin definir la forma ni los medios empleados para ejecutarlas.

El proceso de presenta, pues, como una sucesión de etapas indicando al lado de cada una las acciones a desarrollar y entre ellas las condiciones de transición.

### **3.3.5 GRAFCET NIVEL 2.**

A partir de un diagrama descriptivo del proceso , el técnico en automatismos puede decidir cuáles son los accionamientos destinados a ejecutar las distintas operaciones (cilindros, motores, electroválvulas, etc. ) y los sensores ( pulsadores, finales de carrera, captadores, etc. )destinados a suministrar las receptividades, que nos permitirán formular las condiciones de transición.

El GRAFCET NIVEL 1 y el GRAFCET NIVEL 2 son similares, pero en el GRAFCET NIVEL 2 se entra en detalle de cuál es la tecnología empleada para implementar el automatismo.

ESTRUCTURA GENERAL DE UNA REPRESENTACION GRAFCET  
NIVEL 1.

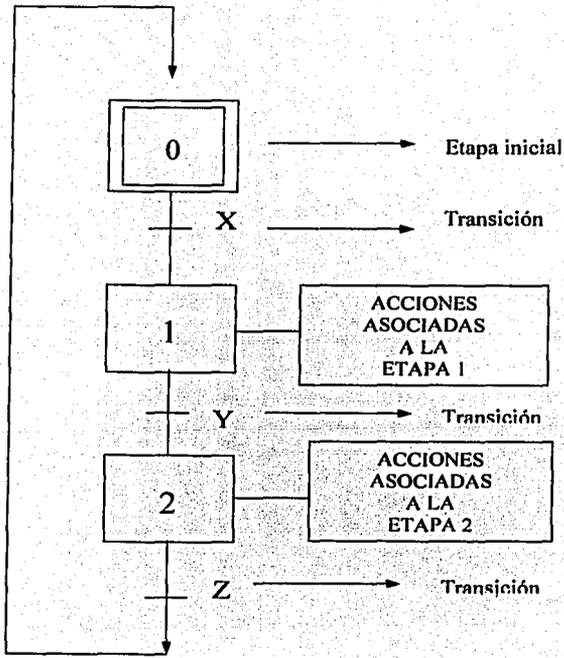


Figura 3.1

## CAPITULO 4

### PROGRAMACIÓN DE UN PLC.

#### 4.1 INTRODUCCION.

El PLC es un dispositivo electrónico formado por elementos de hardware capaces de comunicarse físicamente con el proceso para:

- Recoger, el conjunto de variables (digitales y analógicas) que definen el estado del mismo, (señales de entrada).
- Enviar otro conjunto de variables que modifiquen dicho estado en un sentido predeterminado, (señales de salida).

Además de su atributo programable, el PLC necesita para su completa adaptación al proceso de un operador humano que defina cómo se quiere la evolución del mismo. Este operador intercambia información con el hardware del PLC para:

- Fijar mediante una secuencia de órdenes ( programación del PLC ), la ley general de mando, de la que obtiene las variables de salida o de control.
- Intervenir, continuamente o no, sobre el proceso para modificar la evolución o, simplemente, para leer su estado.

La comunicación con el operador para programación / explotación , necesita de un soporte software que haga el papel de intérprete entre el sistema real y los deseos del usuario. Así, este software puede definirse como el conjunto de programas destinados a permitir o facilitar la utilización del hardware para la producción y explotación de las aplicaciones.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> Joseph Bancells, Autómatas programables. Editorial Alfaomega, 1ª Ed. México 1997, pág. 194.

Todo intercambio de información precisa una codificación del mensaje que sea comprensible, tanto para el emisor como para el receptor, esta codificación constituye un lenguaje.<sup>15</sup>

El lenguaje de programación no es único, sino que el fabricante utiliza una denominación particular para las diferentes instrucciones y una configuración particular para representar las distintas variables externas o internas.

---

<sup>15</sup> Albert Mayol i Badia, Autómatas programables, Editorial Marcombo S.A. Colección Productiva, 1ª Ed. España 1988, pág. 61.

## 4.2 REPRESENTACION DE SISTEMAS DE CONTROL.

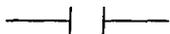
La programación es la codificación al lenguaje del PLC del conjunto de ordenes que conforman el control deseado, codificar significa transformar una información en otra equivalente de distinto formato.

Los lenguajes de programación más empleados en la actualidad son:

- Lenguaje en lista de instrucciones.
- Lenguaje en esquema de contactos.

El lenguaje de lista de instrucciones consiste en un conjunto de códigos simbólicos , cada uno de los cuales corresponde a una instrucción; cada fabricante utiliza sus propios códigos y una nomenclatura distinta para nombrar las variables del sistema.

El lenguaje en esquema de contactos , es un lenguaje gráfico, derivado del lenguaje de relés, que mediante símbolos representa contactos, solenoides, etc. Su principal ventaja es que los símbolos básicos, están normalizados según normas NEMA y son empleados por todos los fabricantes. Los símbolos básicos empleados son: <sup>16</sup>



Contacto normalmente abierto



Contacto normalmente cerrado.



Asignación de salida.

<sup>16</sup> J. Pedro Romera, Automatización problemas resueltos con máquinas programables, Editorial Paraninfo, España 1996, p.23.

### **4.3 NORMAS BASICAS.**

El modo de representar los contactos es universal. En cambio, para representar los temporizadores o los contadores, así como las salidas, los fabricantes no siguen ninguna norma y los representan de diferentes maneras.

- Una salida se representa: OUT 000 (abreviado del inglés output).
- Un temporizador se representa: TMR 000/t (abreviado en inglés timer). La t se sustituye por la consigna del tiempo programado.
- Un contador se representa: CNT 000/u (abreviado en inglés count). La u se sustituye por la consigna de las unidades máximas que tiene que contar.
- Se cuenta también con otras definiciones que se representan así: SET 000 (se utiliza para poner a < 1 > un relé interno), y RST 000 (se utiliza para poner a < 0 > un relé interno). ( 9 ).

### **4.4 REGLAS BASICAS.**

Cuando se utiliza un elemento como salida (sea un relé interno, una salida directa con relé o sin relé, un temporizador, un contador o cualquier otro dispositivo), éste no puede programarse como salida más que una sola vez; es decir que su referencia sólo puede figurar en el programa como salida una sola vez. Como entrada tantas veces como haga falta.

Cuando dentro de una línea lógica se tenga que intercalar el contacto de un temporizador o contador o cualquier salida, éste se representa como un contacto normal.

Una línea lógica tiene que terminar siempre con una o más salidas, sean cuales sean éstas: directas, relés, temporizadores, contadores o cualquier elemento apropiado.

#### **4.5 PROGRAMACION DE BLOQUES FUNCIONALES.**

Los bloques funcionales realizan funciones secuenciales típicas de automatismos, que aumentan la potencia de calculo del PLC y simplifican la programación, al añadir al lenguaje básico sentencias preprogramadas que son de uso general en automatización ( temporizadores, contadores, registros de desplazamiento, etc ).<sup>17</sup>

Estos bloques pueden ser programados dentro de un diagrama de contactos o como sentencias literales en una lista de instrucciones , se clasifican en dos grupos atendiendo a su forma de operación y disponibilidad en el programa.

- Bloques secuenciales básicos. Son de uso general en PLC de gama baja. Son los biestables, temporizadores, contadores y registros de desplazamiento.
- Bloques de expansión ( también llamados funciones ), que aumentan la potencia del lenguaje al permitir manipular variables numéricas y registros de datos, con instrucciones aritméticas, de comparación, etc.

Los bloques secuenciales básicos son elementos preprogramados por el fabricante cuyas variables ocupan posiciones reservadas en la memoria interna del PLC, por lo que el número total disponible de ellos es limitado. Los biestables y registros de desplazamiento modifican la información de sus salidas según la secuencia que se presente a sus entradas , mientras que los temporizadores y contadores llevan implícitamente asignadas dos informaciones numéricas distintas:

- Los valores de preselección ( tiempo y modulo de cuenta).
- Los valores actuales, contenidos en cada momento del programa.

---

<sup>17</sup> Joseph Bancells, Autómatas programables, Editorial Alfaomega, 1ª Ed. México 1997. pág. 211.

#### 4.5.1 BIESTABLES.

Un biestable es un dispositivo capaz de mantener indefinidamente su estado a 0 o 1 mientras el PLC permanezca en RUN y no se ordene un pulso de mando que lo modifique. El biestable es el elemento secuencial más sencillo, capaz de mantener un mismo estado lógico para distintas combinaciones de sus entradas de mando, como este estado depende de la secuencia de valores de entrada, y no de su combinación actual, se dice que el elemento posee memoria, y en efecto en muchos lenguajes de PLC se denomina a esta función célula o relé de memoria ( keep relay ).

En la figura 4.1 muestra una estructura de biestable o memoria, como se observa cuando ambas entradas SET y RESET ( puesta a 1 y puesta a 0 ) permanecen inactivas ( a cero ), el elemento mantiene su valor anterior, mientras que la activación de una u otra lo hace cambiar al estado 1 o 0.

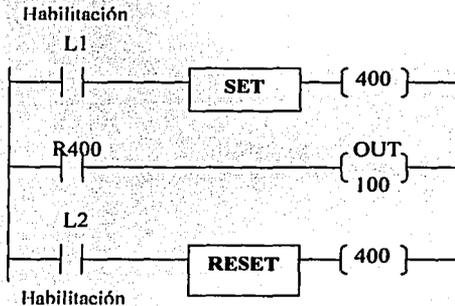


Figura 4.1

#### 4.5.2 TEMPORIZADORES.

Un temporizador es un dispositivo capaz de retardar una orden de salida ( activación o desactivación ) durante un cierto tiempo, en respuesta una señal de mando de entrada. <sup>18</sup>Existen cuatro funciones distintas de temporización:

- 1- Impulso: la salida se mantiene activa mientras dure la señal de mando o condición de marcha, hasta un cierto tiempo máximo denominado tiempo de impulso.
- 2- Retardo de conexión: la salida se retarda hasta que transcurra el tiempo de retardo, esta función es la más frecuente.
- 3- Retardo a desconexión: la salida conecta simultáneamente con la entrada, y se mantiene hasta un tiempo después de caer aquélla, denominada tiempo de desconexión.
- 4- Monoestable o conformador de impulsos: semejante al impulso de conexión , la salida se mantiene activa, una vez activada la señal de mando, durante un tiempo constante e independiente de esta señal, el tiempo de impulso.

A continuación explicare a mas detalle el funcionamiento del temporizador de retardo a conexión, que utilizaremos posteriormente. <sup>19</sup>

Debemos tener las siguientes consideraciones:

- Cuando en un diagrama utilizamos un temporizador, la referencia de este temporizador, es también la referencia de su contacto, independientemente del valor de su tiempo de consigna.
- Cuando en un diagrama utilizamos la referencia de un temporizador, esta referencia se puede volver a utilizar como contacto de entrada en cualquier

---

<sup>18</sup> Joseph Bancells, Autómatas programables, Editorial Alfaomega, 1ª Ed. México 1997, pág. 213

<sup>19</sup> Victoriano A. Martínez, Automatizar con autómatas programables, Editorial ra - ma, 1ª Ed España 1991.

línea, tantas veces como se precise, sin más límite que la capacidad de memoria del PLC.

- Cuando en un diagrama utilizamos un temporizador, su referencia no se puede volver a utilizar como otro temporizador ni como contador. Es decir, un temporizador o un contador sólo se puede programar una sola vez con la misma referencia.
- Un temporizador se pone automáticamente a " 0 " cuando su línea de entrada se pone a " 0 ", en algunos modelos también se pone a " 0 " cuando su cuenta pasa de 999'9 segundos.
- Un temporizador se pone en marcha cuando su línea se pone a " 1 ", y mientras permanezca a " 1 " el temporizador estará contando tiempo hasta que este sea igual al tiempo programado como consigna, en algunos cuando llega a 999'9 empieza otra vez desde 0, y así indefinidamente.

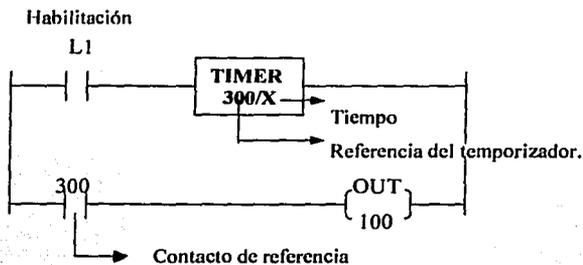


Figura 4.2

### 4.5.3 CONTADORES.

Un contador es un dispositivo capaz de medir ( contar ) el numero de cambios de nivel en una señal de entrada, activando una señal de salida cuando se alcanza un valor prefijado.<sup>20</sup>

Están definidos dos tipos de contadores:

- Contador incremental, que acumula el numero de impulsos recibidos por su entrada de pulsos.
- Contador bidireccional ( UP / DOWN ) que acumula la diferencia entre los pulsos recibidos por sus entradas de cuenta ascendente y cuenta descendente.

Para los contadores rigen las mismas reglas que para los temporizadores, pero en ellos a diferencia de los temporizadores, hay que programar una línea de RESET, es decir, una línea para ponerlos a cero, pues los contadores no pierden la cuenta en ningún momento, ni siquiera cuando apagamos el PLC.<sup>21</sup>

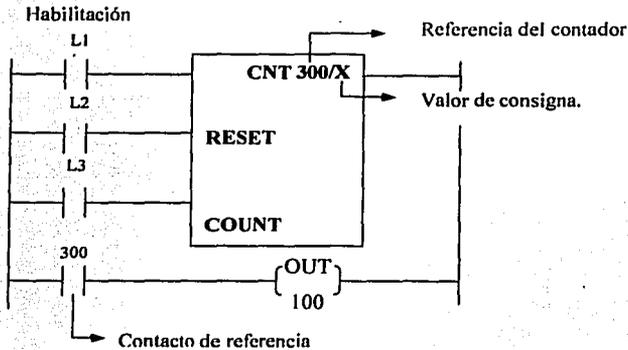


Figura 4.3

<sup>20</sup> Joseph Bancells, Autómatas programables, Editorial Alfaomega, 1ª Ed. México 1997, pág. 216.

<sup>21</sup> Victoriano A. Martínez, Automatizar con autómatas programables, Editorial ra - ma. 1ª Ed España 1991, pág. 98.

## **CAPITULO 5**

### **PROBLEMA PRACTICO.**

#### **5.1 PROBLEMA.**

Automatización de un proceso para soplado de envases de plástico.

#### **5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.**

El proceso consiste esencialmente en calentar el material termoplástico que viene en forma de gránulos para transformarlo en una masa “plástica” dentro de un cilindro apropiado llamado “cilindro de plastificación”, a continuación la masa plastificada es introducida en un depósito que le dará una forma cilíndrica con paredes delgadas llamada “parison”, al ir formando el parison se hará circular una descarga de aire entre las paredes del parison para que no se lleguen a pegar.

El parison cae libremente entre las dos mitades del molde, en seguida el molde cerrará y comenzará la etapa de soplado, esta etapa se aprovecha para enfriar la pieza, posteriormente se abre el molde y se expulsa el envase.

A continuación se muestra el diagrama simplificado de una máquina de soplado de plástico figura 5.1 y el diagrama hidráulico figura 5.2.

Diagrama simplificado de una maquina de soplado de plástico.

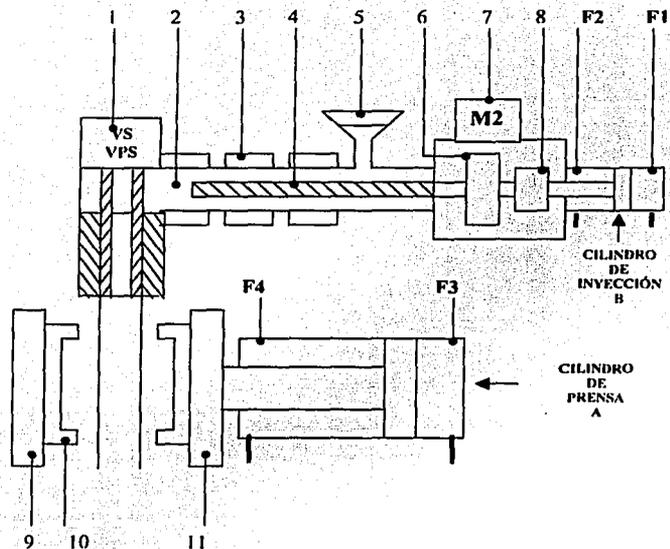


Figura 5.1

**Componentes principales.**

- |   |                     |
|---|---------------------|
| 1.- Válvulas de paso de aire.                   | 8.- Balero axial.   |
| 2.- Cilindro de plastificación.                 | 9.- Platina fija.   |
| 3.- Resistencia eléctrica para calentamiento.   | 10.- Molde.         |
| 4.- Husillo de plastificación.                  | 11.- Platina móvil. |
| 5.- Alimentación de plástico en gránulos.       |                     |
| 6.- Reductor que actúa la rotación del husillo. |                     |
| 7.- Motor del reductor para el husillo.         |                     |

**Finales de carrera de los cilindros.**

- |                                      |                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| F1 Inicio de carrera del cilindro B. | F3 Inicio de carrera del cilindro A. |
| F2 Final de carrera del cilindro B.  | F4 Final de carrera del cilindro A.  |

A continuación se ilustra el diagrama hidráulico del proceso.

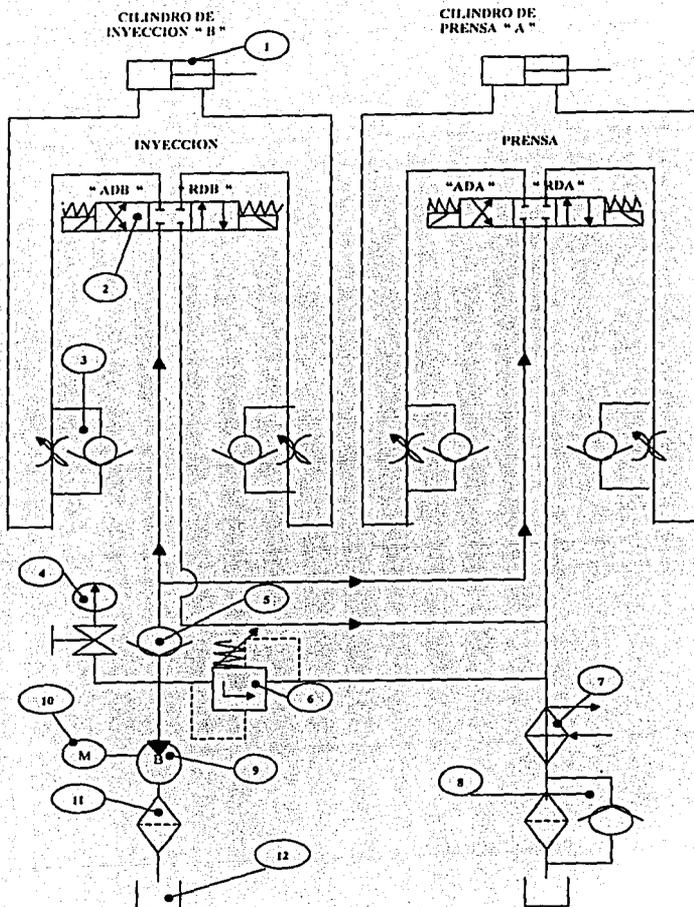


Figura 5.2

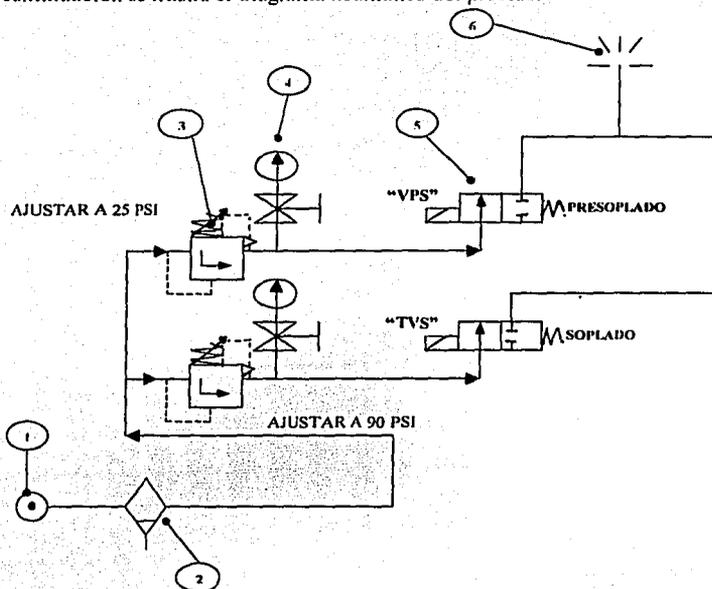
**Componentes principales:<sup>22</sup>**

- 1.- Cilindro de doble efecto. Vástago a un lado solamente.
- 2.- Válvula direccional, 4 vías, 3 posiciones.
- 3.- Válvula de retención con restricción variable.
- 4.- Manómetro.
- 5.- Válvula de retención.
- 6.- Válvula reguladora de presión.
- 7.- Intercambiador de calor ( enfriador ).
- 8.- Filtro con válvula de retención.
- 9.- Bomba hidráulica de desplazamiento fijo, flujo en una dirección.
- 10.- Motor eléctrico.
- 11.- Filtro.
- 12.- Deposito.

---

<sup>22</sup> Claudio Mataix, Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas, Editorial Harla, 2ª Edición, México 1982, pág. 594.

A continuación se ilustra el diagrama neumático del proceso.



Componentes principales:<sup>23</sup>

- 1.- Fuente de presión.
- 2.- Purga con mando manual.
- 3.- Regulador de presión con escape.
- 4.- Manómetro.
- 5.- Válvula direccional 2 posiciones, 2 vías.
- 6.- Salida de aire para el presoplado y soplado.

<sup>23</sup> Claudio Mataix, Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas, Editorial Harla, 2ª Edición, México 1982, pág. 594.

### **5.3 COMENTARIOS SOBRE EL GRAFCET NIVEL I.**

El ciclo comenzara cuando pulsemos el contacto de inicio ( I ), entonces se conectara el motor de la bomba hidráulica M1 (E0), ya que el molde se encuentra abierto, comenzamos con el avance del cilindro de inyección B (E2) y el accionamiento de la válvula de pre - soplado (E4).

Cuando el cilindro de inyección B ha llegado a su posición final, se pone en marcha el motor que hará girar el husillo para la plastificación del material M2 (E3), también termina la etapa de pre - soplado y comienza a cerrarse el molde mediante el cilindro de prensa A (E5).

Cuando el cilindro de prensa A ha llegado a su posición final se acciona el tiempo de soplado (E6).

El tiempo de soplado (E6) y tiempo de espera (E3), se deberán sincronizar con el fin de que la etapa más rápida espere a la etapa más lenta.

Terminado el tiempo de soplado, se comienza abrir el molde mediante el cilindro de prensa A(E7), cuando esta acción ha sido concluida estamos listos para comenzar otro ciclo.

### 5.4 GRAFCET NIVEL I.

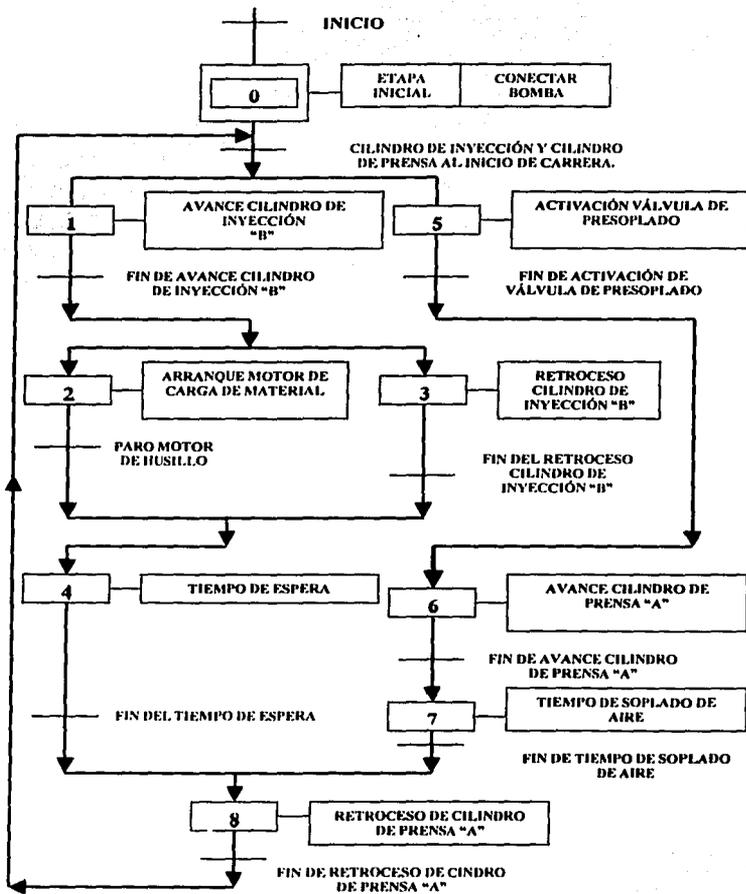
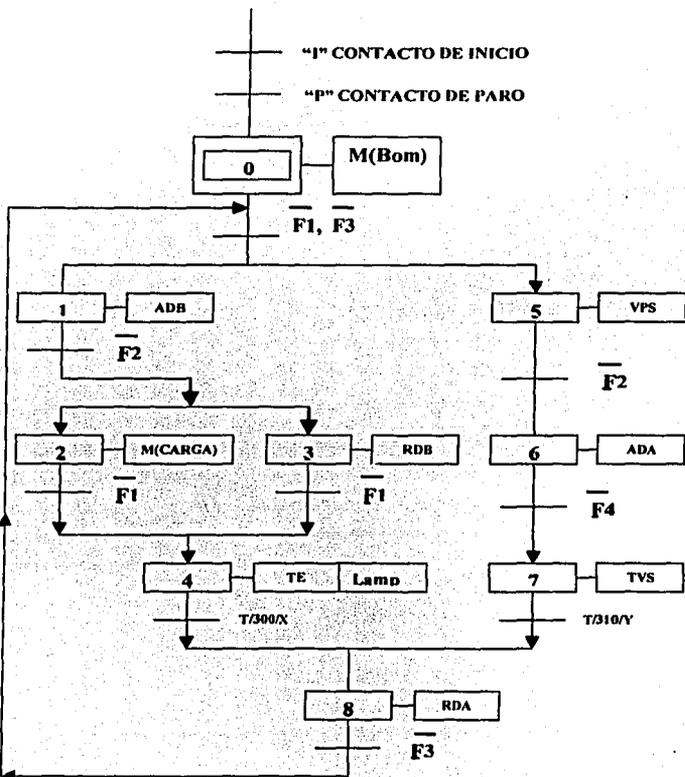


Figura 5.3

## 5.5 GRAFCET NIVEL 2.



## 5.6 TABLA DE VARIABLES.

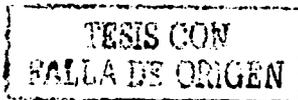
En la siguiente tabla se identifican las variables presentes en la figura del problema con las presentes en el GRAFCET nivel 2 y en el esquema de contactos.

### TABLA DE ASIGNACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES DE ENTRADA	ENTRADA AL PLC
Contacto de inicio	I
Contacto paro de emergencia	P
Inicio carrera cilindro ( prensa )	F3
Final de carrera cilindro ( prensa )	F4
Inicio carrera cilindro ( inyección )	F1
Final carrera cilindro ( inyección )	F2
<b>ETAPAS DEL GRAFCET</b>	<b>RELES INTERNOS DE MEMORIA QUE ACTIVAN ETAPAS.</b>
E0	R401
E1	R403
E2	R408
E3	R408
E4	R410
E5	R404
E6	R412
E7	R414
E8	R417
<b>ETAPAS DEL GRAFCET</b>	<b>TEMPORIZADORES</b>
E4	T/300/x
E7	T/310/y
<b>ACCIONES GRAFCET</b>	<b>SALIDAS PLC</b>
Motor de bomba (conectar) M ( Bom )	200
Cilindro A (avance) solenoide ADA	206
A (retroceso) solenoide RDA	208
Cilindro B (avance) solenoide ADB	201
B (retroceso) solenoide RDB	204
Motor carga de material M ( Carga )	203
Activación válvula de pre-soplado VPS	202
Activación válvula de soplado TVS	207
Lámpara Lamp	205

Tabla 5.6

Nota: Además de los relés internos de memoria que activan etapas, se utilizaran los siguientes relés internos de memoria para la programación del proceso. 402, 405, 406, 407, 409, 411, 413, 415, y 416.



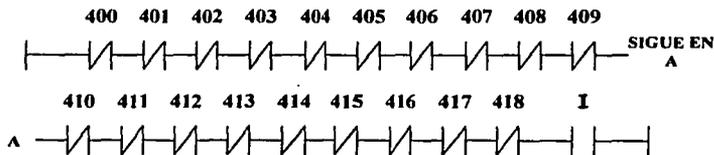
## 5.7 DIAGRAMA DE CONTACTOS .

El diagrama de contactos esta estructurado de la siguiente forma:

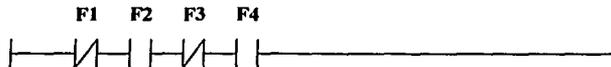
- Condición inicial: condiciones que se han de cumplir para que el proceso comience, que todas las salidas estén desactivadas, y que los relés que funcionan como variables internas estén desactivados, excepto los indicados en esta condición.
- Condiciones de transición, condiciones que se han de cumplir para poder pasar de unas etapas a otras.
- Asignación de salidas del PLC a las variables de etapa del GRAFCET, aquí identificamos las salidas del PLC con las etapas del GRAFCET.

### 5.7.1 CONDICIÓN INICIAL.

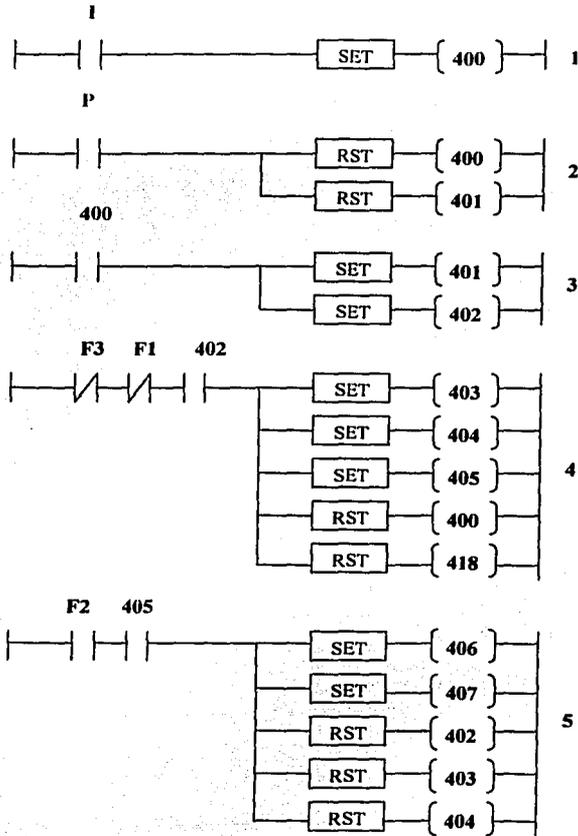
Cada inicio del proceso todos los relés internos de memoria deberán estar desactivados (0), y se tendrá que accionar el pulsador de marcha "I" .

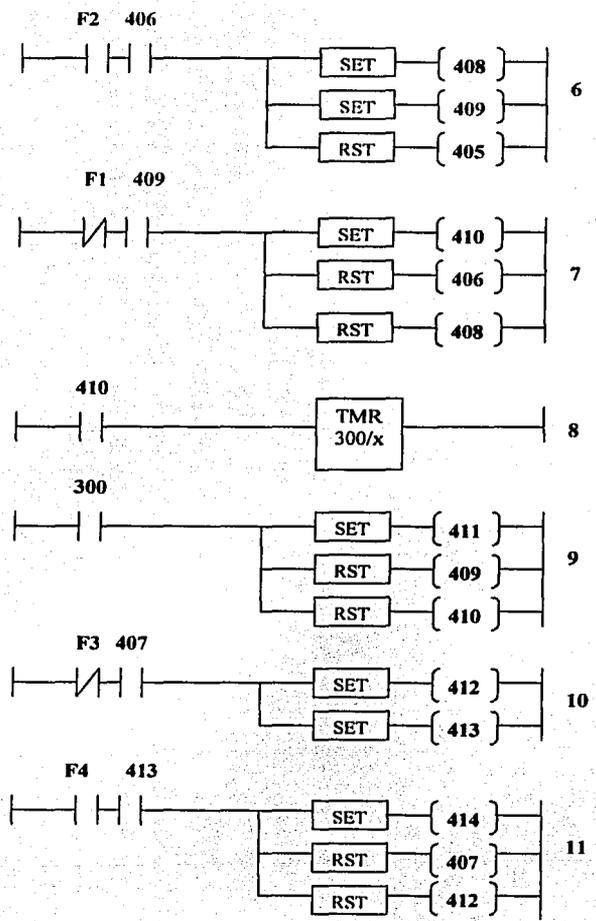


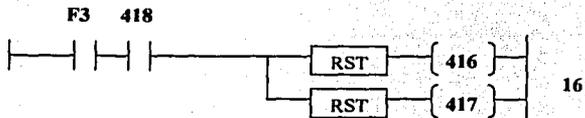
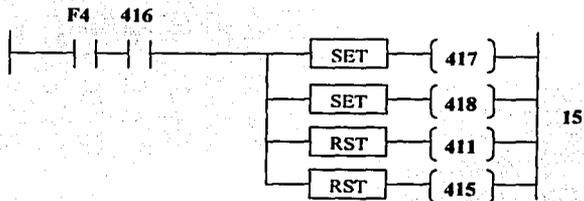
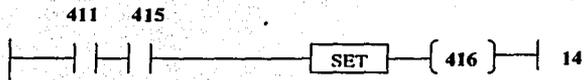
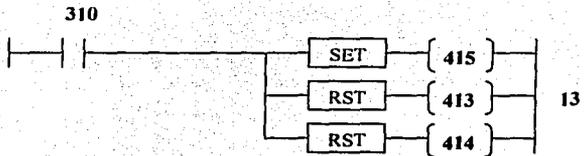
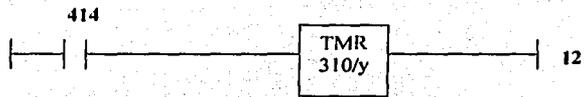
El cilindro A ( inyección ) y el cilindro B ( prensa ) se deberán encontrar en su inicio de carrera.



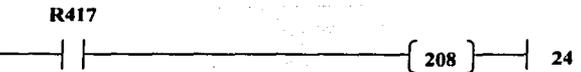
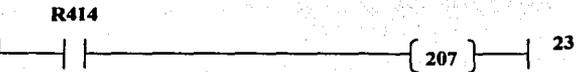
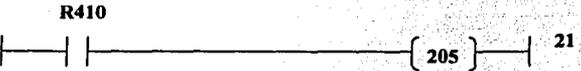
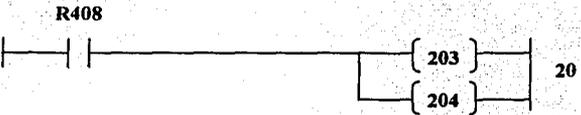
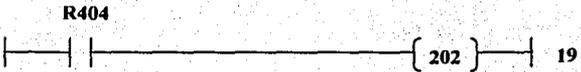
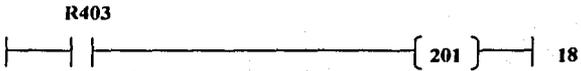
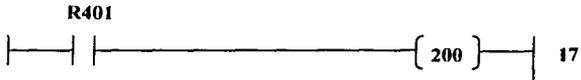
### 5.7.2 CONDICIONES DE TRANSICIÓN.







**5.7.2 ASIGNACIONES DE SALIDAS A LAS VARIABLES DEL GRAFCET.**



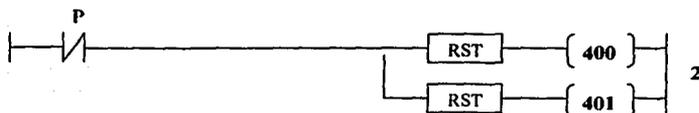
### 5.7.4 COMENTARIOS SOBRE EL DIAGRAMA DE CONTACTOS.

En la **condición 1** al actuar sobre el pulsador de marcha ( 1 ), se acciona la sentencia SET 400 y el relé 400 pasa a valer (1) , en la condición 3, este relé es el que pone en marcha todo el proceso.



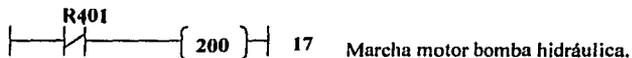
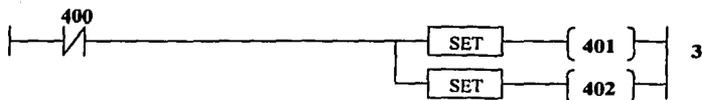
En la **condición 2** al actuar el pulsador de paro (P), se accionan las sentencias:

- RESET 400, y el relé 400 pasa a valer (0) . Este relé para la bomba hidráulica.
- RESET 401, y el relé 401 pasa a valer (0).



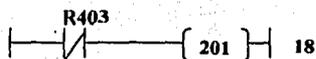
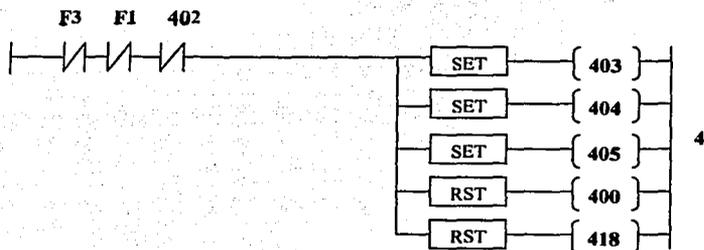
En la **condición 3** tenemos el relé 400 a (1), por la condición 1, esto permite accionar las sentencias:

- SET 401, y el relé 401 pasa a valer (1) y permite accionar la salida 200 ( marcha el motor de la bomba hidráulica ).
- SET 402 , y el relé 402 pasa a valer ( 1).

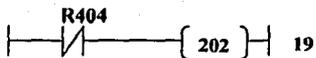


En la **condición 4** , el cilindro A(prensa) y el cilindro B(inyección) se encuentran al inicio de su carrera, entonces F3 y F1 estarán cerrados , y además tenemos el relé 402 a (1). Solo así podremos accionar las sentencias:

- SET 403, el relé 403 pasa a valer (1), y permite accionar la salida 201 ( avance del cilindro de inyección ).
- SET 404, el relé 404 pasa a valer (1), y permite accionar la salida 202 ( activación de válvula de presoplado ).
- SET 405, el relé 405 pasa a valer (1).
- RST 400, el relé 400 pasa a valer (0).
- RST 418, el relé 418 pasa a valer (0).



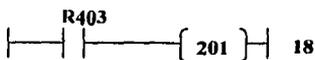
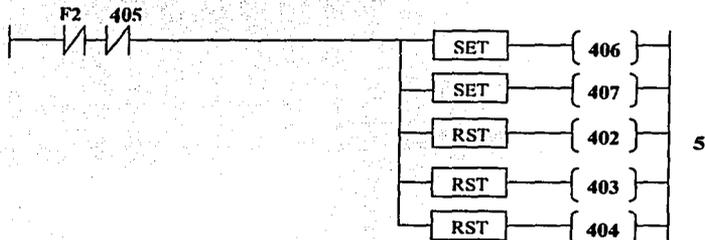
18 Energizamos solenoide ADB  
Avance de cilindro de inyección B.



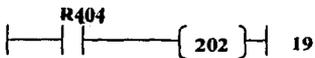
19 Energizamos solenoide VPS.  
Válvula de aire ( presoplado ).

En la **condición 5** tenemos el relé 405 a (1), y cuando el cilindro B (inyección) llegue a su final de carrera F2, nos permitirá accionar las sentencias:

- SET 406, el relé 406 pasa a valer (1).
- SET 407, el relé 407 pasa a valer (1).
- RESET 402, el relé 402 pasa a valer (0).
- RESET 403, el relé 403 pasa a valer (0), y permite desactivar la salida 201 (avance de cilindro de inyección).
- RESET 404, el relé 404 pasa a valer (0), y permite desactivar la salida 202 (presoplado de aire).



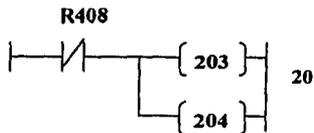
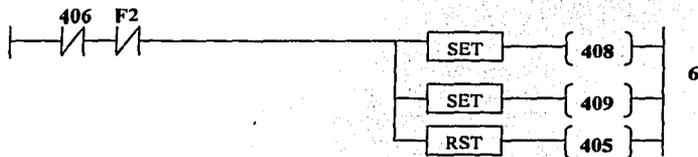
18 Desenergizamos solenoide ADB  
Fin de avance de cilindro de inyección B.



19 Desenergizamos solenoide VPS  
Fin aire de presoplado.

En la **condición 6**, tenemos a (1) el relé 406, y el cilindro B (inyección ) a su final de carrera F2 , nos permite accionar las sentencias:

- SET 408, el relé 408 pasa a valer (1), y permite accionar las salidas 203 ( motor de carga de material ) y la salida 204 ( retroceso del cilindro B inyección ).
- SET 409, el relé 409 pasa a valer ( 1 ).
- RESET 405, el relé 405 pasa a valer (0).

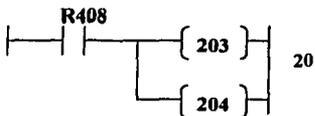
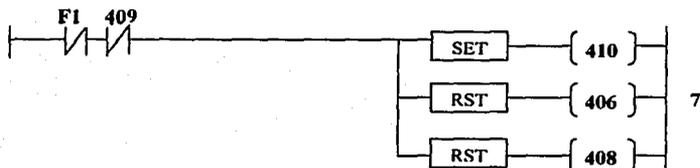


Motor carga de material.

Energizamos solenoide RDB  
Retroceso de cilindro de inyección B

En la **condición 7**, tenemos a (1) el relé 409, la carga de material es realizada por el motor de carga y el retroceso del cilindro B (inyección), cuando regresa totalmente el cilindro de B (inyección), acciona el inicio de carrera F1, y nos permite accionar las sentencias:

- SET 410, el relé 410 pasa a valer ( 1 ).
- RESET 406, el relé 406 pasa a valer ( 0 ).
- RESET 408, el relé 408 pasa a valer (0), y permite desactivar las salidas 203 ( motor de carga de material ) y la salida 204 retroceso del cilindro B (inyección).

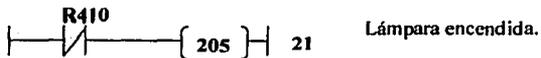


Paro de motor de carga de material.

Retroceso de cilindro de inyección B  
Desenergizamos solenoide RDB

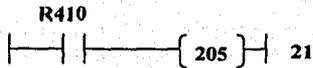
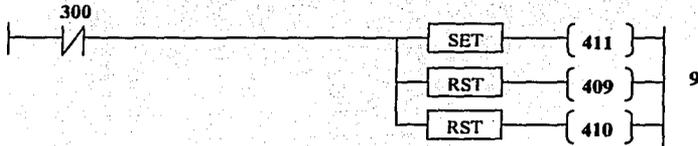
En la **condición 8**, tenemos a (1) el relé 410, nos permite accionar las sentencias:

- TMR 300/x, el temporizador 300 “ tiempo de espera “, se pondrá a contar tiempo hasta que sea igual al tiempo de consigna “ x “. Este timer nos sirve para sincronizar las etapas de fin de carga de material y fin del tiempo de soplado.
- Como el relé 410 esta a ( 1 ), permite accionar la salida 205 ( lámpara ), nos da una referencia visual del “ tiempo de espera “



En la **condición 9**, cuando el temporizador termine de contar el tiempo de consigna " x " pondrá a (1) su contacto 300 y nos permitirá accionar las sentencias:

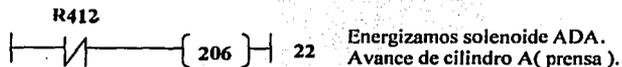
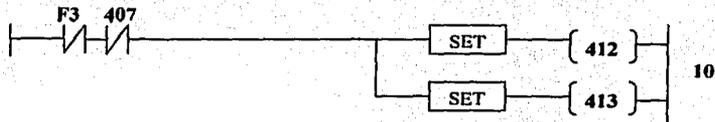
- SET 411, el relé 411 pasa a valer ( 1 ).
- RESET 409, el relé 409 pasa a valer (0).
- RESET 410, el relé 410 pasa a valer (0), y permite desactivar la salida 205 ( lámpara ), y al TMR 300/x.



Lámpara apagada.

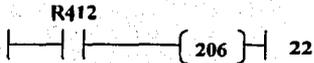
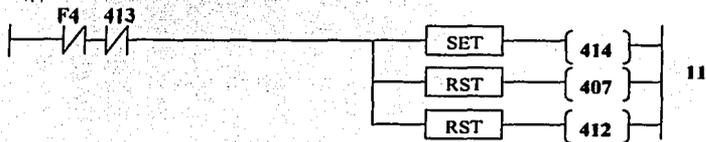
En la **condición 10**, tenemos a (1) el relé 407, el cilindro A ( prensa ) se encontrara en su inicio de carrera con F3 cerrado, y nos permite accionar las sentencias:

- SET 412, el relé 412 pasa a valer (1), y permite accionar la salida 206 avance de cilindro A ( cierre de prensa ).
- SET 413, el relé 411 pasa a valer ( 1 ).



En la **condición 11**, tenemos a (1) el relé 413, el cilindro A ( prensa ) avanza y acciona su final de carrera F4, y nos permite accionar las sentencias:

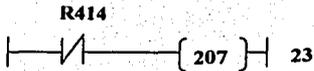
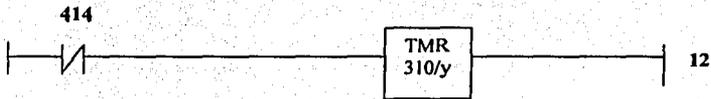
- SET 414, el relé 414 pasa a valer ( 1 ).
- RESET 407, el relé 407 pasa a valer (0),
- RESET 412, el relé 412 pasa a valer (0), y permite desactivar la salida 206 ( cierre de prensa ).



Fin de avance de cilindro A ( prensa ).  
Desenergizamos solenoide ADA.

En la **condición 12**, tenemos a (1) el relé 414, nos permite accionar las sentencias:

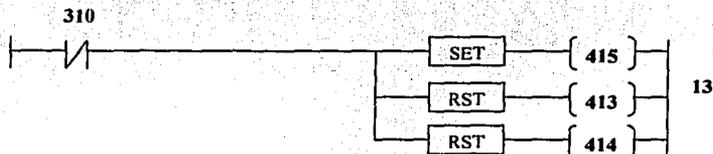
- TMR 310/y, el temporizador 310 se pondrá a contar tiempo hasta que sea igual al tiempo de consigna "y". Este nos permitirá dar el tiempo de soplado de aire.
- Como el relé 414 esta a ( 1 ), permite accionar la salida 207 ( soplado de aire ).



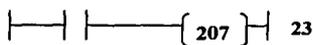
Válvula de aire ( soplado ).  
Energizamos solenoide TVS.

En la **condición 13**, cuando el temporizador 310/y termine de contar el tiempo de consigna " y " pondrá a (1) su contacto 310 y nos permitirá accionar las sentencias:

- SET 415, el relé 415 pasa a valer (1).
- RESET 413, el relé 413 pasa a valer (0).
- RESET 414, el relé 414 pasa a valer (0), y permite desactivar la salida 207 (soplado ), y al TMR 310/y.



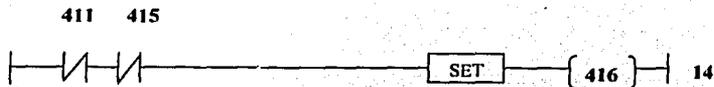
R414



Fin de soplado de aire.  
Desenergizamos solenoide TVS.

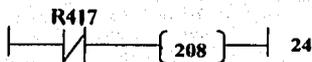
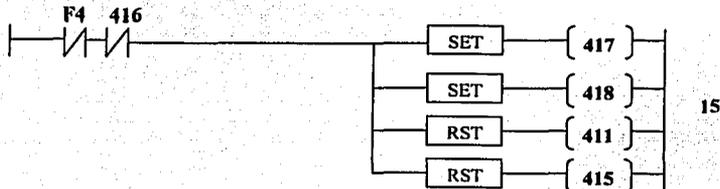
En la **condición 14**, tenemos a (1) el relé 411 y el relé 415, y nos permite accionar las sentencias:

- SET 416, el relé 416 pasa a valer (1).



En la **condición 15**, el final de carrera F4 del cilindro A ( prensa ) esta cerrado , y el relé 416 esta a (1), y nos permite accionar las sentencias:

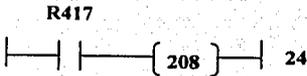
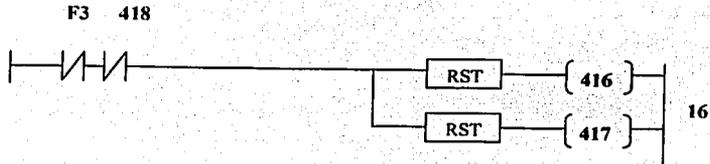
- SET 417, el relé 417 pasa a valer (1), y permite accionar la salida 208 ( abertura de prensa ).
- SET 418, el relé 418 pasa a valer ( 1 ).
- RESET 411, el relé 411 pasa a valer (0).
- RESET 415, el relé 415 pasa a valer (0).



Retroceso de cilindro A ( prensa )  
Energizamos solenoide RDA.

En la **condición 16**, tenemos a (1) el relé 418, el cilindro A ( prensa )  
regresa y acciona su inicio de carrera F3, y nos permite accionar las sentencias:

- RESET 416, el relé 416 pasa a valer (0).
- RESET 417, el relé 417 pasa a valer (0), y permite desactivar la salida 208 ( retroceso del cilindro A ).



Fin de retroceso cilindro A ( prensa ).  
Desenergizamos solenoide RDA.

## **CONCLUSIONES.**

- 1- Es necesario utilizar métodos sistemáticos para desarrollar nuevos procesos productivos ya que esto nos permite evitar errores y llegar a situaciones imprevistas que obligaran a modificaciones costosas.
- 2- La mejor manera de diseñar un proceso productivo es mediante un método que nos permita definirlo y entenderlo, escribir instrucciones es un trabajo sencillo cuando se han descrito adecuadamente las secuencias de control.
- 3- Cada fabricante de PLC propone un lenguaje de programación propio, pero el lenguaje de contactos esta universalmente aceptado, conocer este lenguaje nos permite una fácil incursión en la operación en las distintas marcas de PLC.
- 4- Las funciones que ofrecen los PLC incrementan la potencia del cálculo y simplifican la programación, adaptándose fácilmente a nuestras necesidades para automatizar procesos productivos.

## BIBLIOGRAFÍA.

- 1- Automatizar con autómatas programables. Victoriano A. Martínez Sánchez, editorial ra-ma, 1ª edición, España 1991.
- 2- Autómatas programables. Joseph Bancells y José Luis Romeral , editorial Alfaomega grupo editor s. a. de c.v. , 1ª edición , México 1998.
- 3- Automatización, problemas resueltos con autómatas programables. J. Pedro Romera, J. Antonio Lorite y Sebastián Montoro, editorial Paraninfo, 2ª edición, Madrid España 1996.
- 4- Autómatas programables. Andre Simon, editorial Paraninfo s.a., 1ª edición, Madrid España 1995.
- 5- Autómatas programables. Colección productiva, Albert Mayol I Badia, editorial Marcombo s.a., 1ª edición, Barcelona España 1988.
- 6- Autómatas programables industriales, arquitectura y aplicaciones , G. Michel, editorial Marcombo s.a., 1ª edición , España 1990.
- 7- Ingeniería de control moderna. Katsuhiko Ogata, editorial Prentice hall hispanoamericana, s.a., 3ª edición, México 1998.
- 8- Metodología de la investigación. Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado, y Pilar Baptista Lucio, editorial McGraw – Hill, 2ª edición, México 1998.
- 9- Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas, Claudio Mataix , editorial Harla, 2ª edición, México 1982.