



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

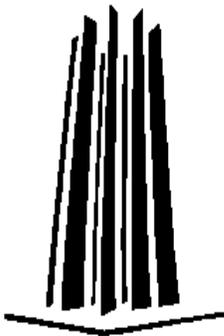
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN**

**“SIMULADOR DE SISTEMAS DE CONTROL”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO  
P R E S E N T A:  
JUAN CARLOS VELÁZQUEZ VÁZQUEZ**

**ASESOR: NARCISO ACEVEDO HERNÁNDEZ**



**MÉXICO, MAYO**

**2008**



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.



LE DEDICO ESTE TRABAJO:

A DIOS  
LE DOY GRACIAS  
POR TODO

A MI AMADA ESPOSA LILIANA  
Y A MI HIJO CARLOS DANIEL  
SON MI INSPIRACIÓN  
SON MI AMOR  
SON MI VIDA

A MIS PADRES GUADALUPE VAZQUEZ  
Y DANIEL VELÁZQUEZ  
GRACIAS POR DARME ESE ESPÍRITU DE  
SUPERACIÓN Y APRENDIZAJE

A MIS HERMANOS  
POR SU AMOR SINCERO  
E INTEGRO

A LA UNAM  
Y A MIS PROFESORES  
POR DARME LA EDUCACIÓN  
PROFESIONAL

A MIS COMPAÑEROS DE GENERACIÓN  
POR SU TIEMPO COMPARTIDO



## **SIMULADOR DE SISTEMAS DE CONTROL**

### ÍNDICE

|   |  |    |
|---|--|----|
| ♣ | OBJETIVO GENERAL.....  | 3  |
| ♣ | OBJETIVO PARTICULAR.....   | 3  |
| ♣ | INTRODUCCIÓN.....  | 4  |
| ♣ | CAPÍTULO I.- FUNDAMENTOS DEL SIMULADOR DE CONTROL.                       |    |
|   | 1.- AUTOMATIZACIÓN.....  | 7  |
|   | 1.1.- ETAPAS DE LA AUTOMATIZACIÓN.....                                   | 7  |
|   | 1.2.- DEFINICIÓN DE MANDO.....   | 8  |
|   | 1.3.- CLASIFICACIÓN DE MANDOS.....                                       | 10 |
|   | 1.4.- MANDO PILOTO, COMBINATORIO.....                                    | 11 |
|   | 1.5.- MANDO POR RETENCIÓN.....   | 11 |
|   | 1.6.- MANDO PROGRAMADO.....  | 11 |
|   | 1.7.- MANDO EN FUNCIÓN DEL ESPACIO.....                                  | 11 |
|   | 1.8.- MANDO SECUENCIAL.....  | 12 |
|   | 1.9.- COMPARACIÓN Y LIMITACIONES DE MANDOS PROGRAMADOS.....              | 12 |
|   | 1.10.- MANDOS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO.....                                 | 13 |
|   | 1.11.- MANDOS EN FUNCIÓN DEL ESPACIO.....                                | 13 |
|   | 1.12.- MANDO ANALÓGICO.....  | 14 |
|   | 1.13.- MANDO DIGITAL.....  | 14 |
|   | 1.14.- DESCOMPOSICIÓN DE UNA CADENA DE MANDO.....                        | 14 |
|   | 1.15.- DEFINICIÓN DE REGULACIÓN.....                                     | 15 |
|   | 1.16.- VENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE REGULACIÓN.....                       | 16 |
|   | 1.17.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LOS SISTEMAS DE REGULACIÓN.....        | 16 |
|   | 1.18.- CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE REGULACIÓN.....                  | 18 |
|   | 1.19.- BUCLE ABIERTO.....  | 18 |
|   | 1.20.- REGULACIÓN DEL BUCLE ABIERTO.....                                 | 18 |
|   | 1.21.- BUCLE CERRADO.....  | 20 |
|   | 1.22.- REGULACIÓN DEL BUCLE CERRADO.....                                 | 20 |
| ♣ | CAPÍTULO II.- CONCEPTOS DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.              |    |
|   | 2.1.- DIFERENCIAS ENTRE CONTROL POR PROGRAMA Y CONTROL POR CABLEADO..... | 23 |
|   | 2.2.- GENERALIDADES SOBRE CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES.....        | 25 |
|   | 2.3.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....                                       | 26 |
|   | 2.4.- TENDENCIAS ACTUALES.....   | 26 |
|   | 2.5.- APLICACIONES DE LOS P.L.C.....                                     | 27 |
|   | 2.6.- BENEFICIOS AL USAR UN P.L.C.....                                   | 28 |
|   | 2.7.- TENDENCIAS TECNOLÓGICAS.....                                       | 29 |
|   | 2.8.- ESTRUCTURA DE UN P.L.C.....  | 30 |
|   | 2.9.- FUNCIONAMIENTO DE UN P.L.C.....                                    | 31 |
|   | 2.10.- CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE SLC 500.....                       | 33 |



## ♣ CAPÍTULO III.- FUNDAMENTOS DE PROGRAMACIÓN.

|   |    |
|---|----|
| 3.1.- SEÑALES.....  | 37 |
| 3.2.- ESTADO DE SEÑAL.....  | 37 |
| 3.3.- BIT, BYTE Y PALABRA.....  | 39 |
| 3.4.- IDENTIFICACIÓN DE SEÑALES.....                                    | 40 |
| 3.5.- DESIGNACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS.....                            | 40 |
| 3.6.- DESIGNACIÓN DE SEÑALES.....                                       | 40 |
| 3.7.- ESTRUCTURA DE UN PROGRAMA.....                                    | 41 |
| 3.8.- PROCESAMIENTO EN EL CONTROLADOR.....                              | 41 |
| 3.9.- PROCESAMIENTO LINEAL.....   | 42 |
| 3.10.- PROCESAMIENTO CÍCLICO.....                                       | 42 |
| 3.11.- TIEMPO CICLO.....  | 43 |
| 3.12.- TIEMPO DE REACCIÓN.....  | 43 |
| 3.13.- IMAGEN DEL PROCESO.....  | 43 |
| 3.14.- ARCHIVOS DE PROGRAMA.....  | 46 |
| 3.15.- INSTRUCCIONES BÁSICAS SLC 500.....                               | 48 |
| 3.16.- INSTRUCCIONES TIPO BIT.....                                      | 49 |
| 3.17.- INSTRUCCIONES DE COMPARACIÓN.....                                | 53 |
| 3.18.- INSTRUCCIONES ARITMÉTICAS Y MATEMÁTICAS.....                     | 54 |
| 3.19.- OPERACIONES ARITMÉTICAS.....                                     | 54 |
| 3.20.- INSTRUCCIONES DE LÓGICA Y MOVIMIENTO.....                        | 56 |
| 3.21.- INSTRUCCIONES DE LLENADO Y COPIADO DE ARCHIVOS.....              | 58 |
| 3.22.- INSTRUCCIONES DE CONTROL EN LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA.....       | 61 |
| 3.23.- BREVE DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN RS LOGIX 500..... | 64 |
| 3.24.- CREAR UN NUEVO PROYECTO.....                                     | 67 |

## ♣ CAPÍTULO IV.- DESCRIPCIÓN Y UTILIZACIÓN DEL SIMULADOR.

|   |     |
|---|-----|
| 4.1.- INTRODUCCIÓN.....                 | 74  |
| 4.2.- DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS..... | 75  |
| 4.2.1.- ESTRUCTURA PRINCIPAL.....       | 76  |
| 4.2.2.- ESTACIÓN DE TRABAJO.....        | 77  |
| 4.2.3.- TABLERO DEL CONTROLADOR.....    | 81  |
| 4.2.4.- TABLERO DE ENTRADAS.....        | 87  |
| 4.2.5.- TABLERO DE SALIDAS.....         | 96  |
| 4.3.- FUNCIONAMIENTO DEL SIMULADOR..... | 102 |
| 4.3.1.- EJEMPLO DE UTILIZACIÓN.....     | 102 |

## ♣ CAPÍTULO V.- APLICACIONES PRÁCTICAS.

|  |     |
|--|-----|
| 5.1.- EJEMPLO "A" CONTROL DE PARO Y ARRANQUE DE UN MOTOR.....  | 113 |
| 5.2.- EJEMPLO "B" CONTROL DEL ARRANQUE DE DOS COMPRESORES..... | 115 |
| 5.3.- EJEMPLO "C" CONTROL DE UN TRANSPORTADOR.....             | 117 |
| 5.4.- EJEMPLO "D" CONTROL DISTRIBUIDOR DE PIEZAS.....          | 119 |

## ♣ CONCLUSIONES.....123

## ♣ APÉNDICE.....126

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| "A" ARQUITECTURA DE EQUIPOS..... | 127 |
| "B" DIAGRAMA ELÉCTRICO.....      | 128 |
| "C" DIAGRAMA NEUMÁTICO.....      | 134 |

## ♣ BIBLIOGRAFÍA .....135



**OBJETIVO GENERAL.**- DISEÑAR UN SIMULADOR DIDÁCTICO PARA REALIZAR PROGRAMAS DE CONTROL INDUSTRIAL POR MEDIO DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE SLC/501 PARA EL LABORATORIO DE CONTROL DIGITAL UBICADO EN EL EDIFICIO L-3 DE LA FES ARAGÓN

**OBJETIVO PARTICULAR.**- DISEÑAR Y COMPROBAR PROGRAMAS DE CONTROL, ENFOCADOS EN PROCESOS INDUSTRIALES AUTOMÁTICOS UTILIZANDO DISPOSITIVOS EMPLEADOS EN LA AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS Y EL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN RS LOGIX.



## INTRODUCCIÓN.

En nuestra época contemporánea tiene mayor importancia la técnica de los mandos para la sociedad industrializada, este creciente sector en México y a nivel mundial no se imaginaria el nivel de automatización que disfrutamos hoy en día en la vida cotidiana y laboral. Es en este sector donde se ha tenido y se tendrá un desarrollo continuo y floreciente, sobretodo en México.

Las exigencias de calidad de los ingenieros no deben de ser producto de una estrategia de mercado sino de una tradición que se infunda en cada integrante que participa en la conformación educativa del estudiante de la F.E.S. ARAGÓN, esta ideología debe de abarcar tanto a estudiantes y profesores como a alumnos egresados de nuestra institución.

La fundamentacion de elaborar este proyecto es de colaborar con la preparación de los estudiantes en su aprendizaje en el área de la automatización, contando con equipo y problemas más cercanos a las expectativas de la industria que actualmente esta en su proceso continuo de mejoramiento de sistemas y por ende de la calidad.

La finalidad de este trabajo será que el lector comprenda la técnica de la automatización por medio del controlador lógico programable (P.L.C.), por medio de ejercicios prácticos de problemas reales que se aplican en la industria moderna.

Dentro de los motivos por los cuales la automatización esta desarrollándose en nuestra industria podemos mencionar los siguientes:

Descarga de trabajo.- La automatización proporciona las posibilidades para que el hombre se libere de trabajos pesados o peligrosos. También nos ayuda allí donde durante prolongado tiempo ha de realizarse constantemente el mismo trabajo.

Aseguramiento de la calidad.- La automatización hace posibles mejores productos y más uniformes, con los medios técnicos hoy en día disponibles estamos en condiciones de gobernar y regular con gran precisión trabajos complicados. las máquinas de control numérico empleadas cada vez más hoy en día.

Aseguramiento de la productividad.- Los productos fabricados en las empresas individuales deben de mantenerse en el mercado luchando contra la competencia internacional, la cual frecuentemente cuenta con una infraestructura de costos más favorables, esto puede conseguirse si la calidad y el precio cuando menos son iguales a los productos de la competencia



Dado que al aumentar el bienestar también aumentan constantemente los costos debido a los salarios, pero los precios deben de orientarse de acuerdo con el mercado, se origina la necesidad de reducir los costos de producción en la parte correspondiente al aumento propio de los salarios.

Esta exigencia tan solo puede satisfacerse con la automatización. Las soluciones logradas con la automatización no tan solo proporcionan una reducción de los costos, sino que también hacen flexible y adaptable la producción de los bienes e insumos.



## CAPÍTULO I

# FUNDAMENTOS DEL SIMULADOR DE CONTROL

- 1.- AUTOMATIZACIÓN
  - 1.1.- ETAPAS DE LA AUTOMATIZACIÓN
  - 1.2.- DEFINICIÓN DE MANDO
  - 1.3.- CLASIFICACIÓN DE MANDOS
  - 1.4.- MANDO PILOTO, COMBINATORIO
  - 1.5.- MANDO POR RETENCIÓN
  - 1.6.- MANDO PROGRAMADO
  - 1.7.- MANDO EN FUNCIÓN DEL ESPACIO
  - 1.8.- MANDO SECUENCIAL
  - 1.9.- COMPARACIÓN Y LIMITACIONES DE MANDOS PROGRAMADOS
  - 1.10.- MANDOS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO
  - 1.11.- MANDOS EN FUNCIÓN DEL ESPACIO
  - 1.12.- MANDO ANALÓGICO
  - 1.13.- MANDO DIGITAL
  - 1.14.- DESCOMPOSICIÓN DE UNA CADENA DE MANDO
  - 1.15.- DEFINICIÓN DE REGULACIÓN
  - 1.16.- VENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE REGULACIÓN
  - 1.17.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LOS SISTEMAS DE REGULACIÓN
  - 1.18.- CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE REGULACIÓN
  - 1.19.- BUCLE ABIERTO
  - 1.20.- REGULACIÓN DEL BUCLE ABIERTO
  - 1.21.- BUCLE CERRADO
  - 1.22.- REGULACIÓN DEL BUCLE CERRADO



# **1.- AUTOMATIZACIÓN**

Automatización es el constante desarrollo de procesos de mecanización y relación ya existentes. Nuestra sociedad actual se distingue por una automatización en constante avance. La automatización caracteriza nuestra técnica, tanto en el sector privado como en el comercial.

Automatización significa la realización autóctona del trabajo. En el caso de un proceso de trabajo gobernado, se habla en general de automatización. Un proceso de trabajo gobernado con regulación, el cual se desarrolla en forma autóctona, sin otra intervención de una persona que gobierne o controle, recibe el nombre de automatización total. Cuando las máquinas al propio tiempo gobiernan y regulan este trabajo, entonces eso es automatización.

## **1.1.-ETAPAS DE LA AUTOMATIZACIÓN**

Este proceso de trabajo puede dividirse en diversas etapas, la última etapa es la automatización total. Se establece diferenciación entre las etapas siguientes:

**ETAPA 1 : TRABAJO MANUAL.-** Trabajo sin ayuda de herramientas, o trabajo con herramientas y dispositivos sencillos. Ejemplo: una máquina herramienta con accionamiento por pedal. El hombre es a un mismo tiempo fuente de energía y emisor de ordenes de ejecución.

**ETAPA 2 : MECANIZACIÓN.-** Sustitución total o parcial del trabajo manual por trabajo de máquina, lo cual significa mecanización parcial o total, por ejemplo adecuando al modelo anterior, en la máquina herramienta anterior, el hombre ya no suministra la energía para el accionamiento, sin embargo sigue siendo el emisor de ordenes de ejecución.



ETAPA 3 : SEMIAUTOMATIZACIÓN.- Se tiene las condiciones que en las etapas anteriores, pero aquí las piezas son mecanizadas a un mismo tiempo por varias herramientas. El hombre actúa como preparador, realiza las maniobras y el control y se encarga de alimentar de material a las máquinas.

ETAPA 4 : AUTOMATIZACIÓN.- Varias herramientas actúan a un mismo tiempo sobre varias piezas. Las piezas son alimentadas y expulsadas automáticamente. El hombre solo prepara la máquina y el restante desarrollo del trabajo tiene lugar automáticamente.

ETAPA 5 : AUTOMATIZACIÓN TOTAL.- Proceso de fabricación totalmente automático. En la cadena de fabricación o fábrica automática el proceso de producción se desarrolla en forma totalmente automática de principio a fin, es decir, desde la alimentación, hasta la evacuación del producto final. La totalidad del desarrollo del proceso se controla desde una estación de trabajo. Para todo esto se precisan complicados aparatos de regulación, mando y cálculo.

## 1.2.- DEFINICIÓN DE MANDO

“Mando es el proceso en un sistema, mediante el cual una o más magnitudes en calidad de magnitudes de entrada influyen sobre otras magnitudes en calidad de magnitudes de salida, en forma basada en las leyes propias del sistema. Es característica distintiva del mando el circuito de actuación abierto en el cual se halla intercalado el único eslabón de transmisión o la cadena de mando.”

Este sistema se representa por el momento en forma de una caja cerrada en si misma. Las magnitudes de entrada que actúan sobre el sistema, designadas por “Ie” se conectan dentro de la caja y se emiten por la misma en forma de magnitudes de salida “Oa”, siendo ahora estas magnitudes de salida las que intervienen en la circulación energética o de materiales que se trata de gobernar como se muestra en la figura 1.2.1.

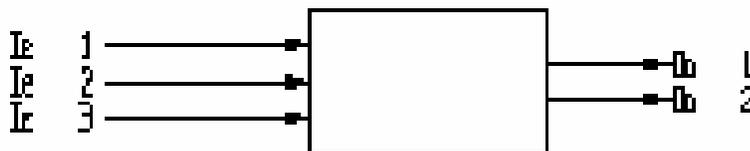


Fig. 1.2.1.- Representación de un proceso de un sistema con entradas y salidas

Expresado en forma general, es valido  $Oa = f(Ie)$ .



Para la representación del mando propiamente dicho en combinación con la instalación que ha de gobernarse, es válido el esquema de principio mostrado en la figura 1.2.2:

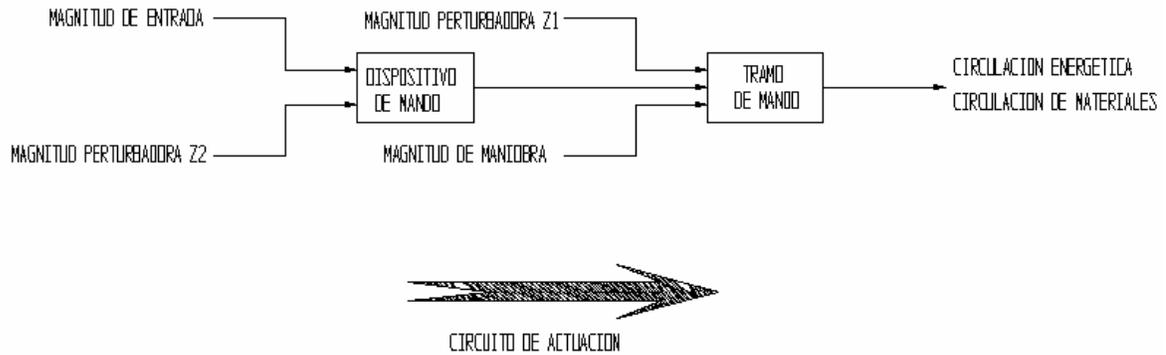


Fig. 1.2.2.- Representación de un mando.

Si por ejemplo el aire suministrado por un compresor neumático se gobierna por el volumen aspirado, la apertura y cierre de la compuerta de la válvula es un proceso de mando. La compuerta, cuya posición actúa sobre el volumen aspirado, es el elemento de maniobra. La apertura, que deja libre la compuerta y el volante el cual acciona la compuerta, es el dispositivo de mando.

La diferente carga de la red de aire comprimido debido a los aparatos consumidores, actúa sobre el mando en forma de magnitud perturbadora  $z$ . Lo mismo es válido para las fluctuaciones de la velocidad de rotación o bien las variaciones del rendimiento ocasionadas por el compresor.

Mediante el circuito de actuación abierto de un mando no es posible compensar tales magnitudes perturbadoras. (Figura 1.2.3.)

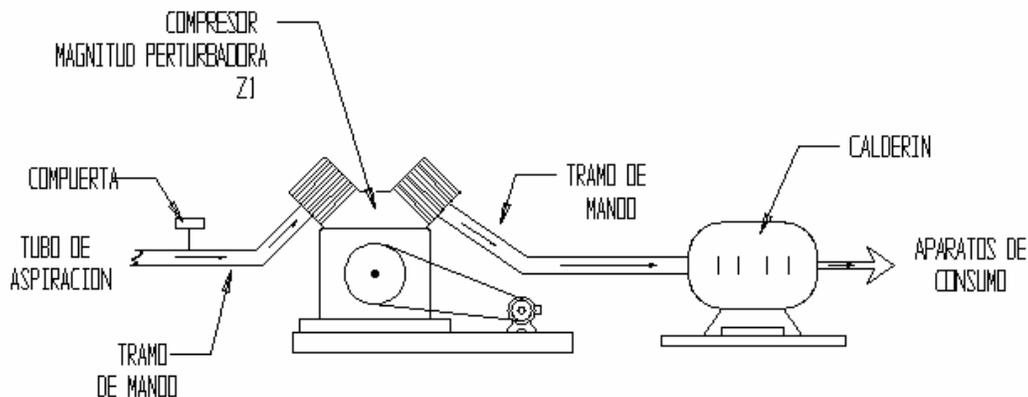


Fig. 1.2.3.- Ejemplo de un mando aplicado a un sistema de aire comprimido.



La denominación mando muchas veces se emplea no tan solo para el proceso del mando, si no también para toda la instalación en la que tiene lugar el mando.

## 1.3.- CLASIFICACIÓN DE MANDOS

Distinción según la clase del desarrollo funcional.  
Clases de mandos

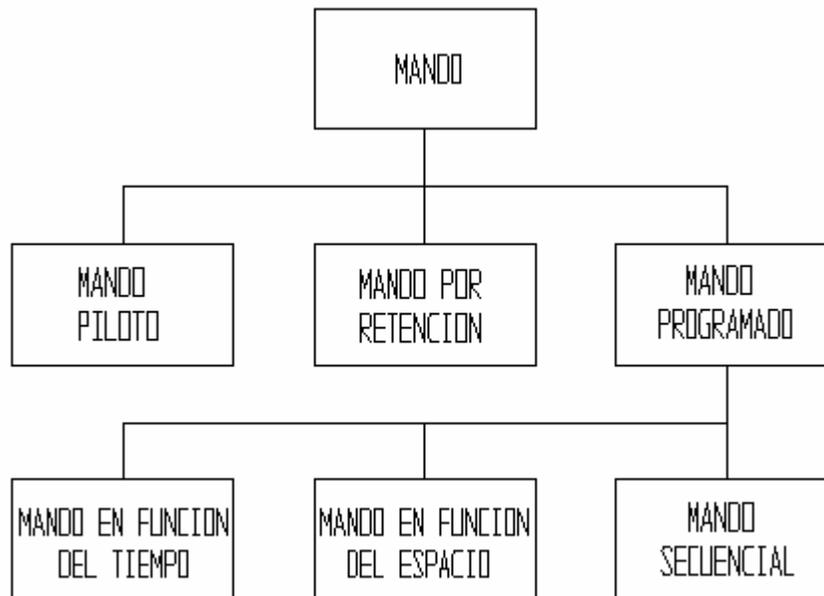


Fig. 1.3.1.- Clasificación de mandos.

La coordinación de un mando a los tres grupos principales (figura 1.3.1) depende del planteamiento del problema.

Si resulta, que se trata de una mando programado tiene el proyectista la elección entre 3 subgrupos del mando programado.



## 1.4.- MANDO PILOTO, COMBINATORIO

Entre la magnitud piloto y la magnitud de salida existe siempre una clara relación, si es que magnitudes perturbadoras no provocan desviaciones, (los mandos piloto no tienen memorias).

## 1.5.- MANDO POR RETENCIÓN

Una vez retirada o anulada la magnitud piloto, particularmente una vez concluida la señal de disparo, permanece el valor alcanzado por la magnitud de salida. Hace falta una magnitud piloto contraria o heterogénea o una señal de disparo contraria, para llevar la magnitud de salida nuevamente a su valor inicial (los mandos por retención comprenden siempre memorias).

## 1.6.- MANDO PROGRAMADO MANDO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

En este tipo de mandos se suministran las magnitudes piloto por medio de un transmisor de programa en función del tiempo (memoria programa).

La característica de un mando en función del tiempo es la existencia de un transmisor de programa y un desarrollo de programa por el tiempo.

Los transmisores de programa pueden ser:

- Árbol de levas.
- Disco de leva.
- Rejilla de programa.
- Tarjeta perforada.
- Cinta perforada.
- Programa en memoria electrónica.
- Otros.

## 1.7.- MANDO EN FUNCIÓN DEL ESPACIO

Es un mando por recorridos, se suministran las magnitudes piloto por un transmisor de programa (memoria de programa), cuyas magnitudes de salida dependen del espacio recorrido o de la posición de una pieza móvil de la instalación controlada.



## 1.8.- MANDO SECUENCIAL

El programa secuencial esta memorizado en un transmisor de programa el cual, en función de los estados alcanzados por la instalación controlada, hace pasar el programa paso a paso. Este programa puede estar incorporado de modo fijo o estar grabado en tarjetas perforadas, cintas magnéticas u otras memorias apropiadas.

Una característica de este mando es un transmisor de programa y adicionalmente un dispositivo, que este en condiciones de consultar los estados alcanzando la instalación.

Las ventajas de un transmisor central de programa, y las ventajas del control de los estados de máquina (seguridad en el desarrollo) quedan combinadas. Este tipo de mando sin embargo supone tanto existencia de transmisores de programa como también de dispositivos para el control del estado respectivo, debiendo existir además la posibilidad, de accionar paso a paso el transmisor del programa. (Figura 1.8.1.)

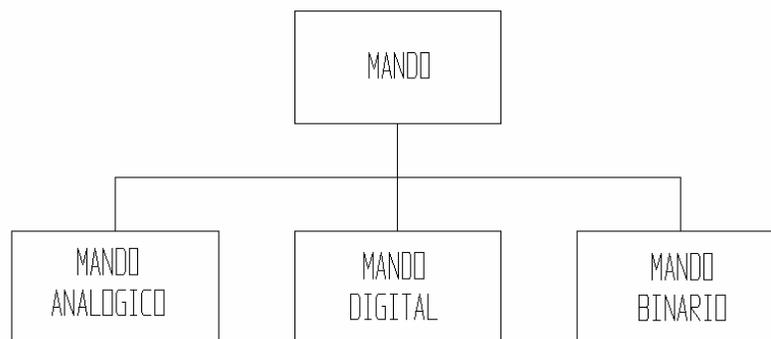


Fig. 1.8.1.- Distinción de mando según la forma de representación de la información

## 1.9.- COMPARACIÓN Y LIMITACIONES DE MANDOS PROGRAMADOS

La clase de mando programado a emplear, depende únicamente del problema a resolver, del cometido de la instalación, de las influencias ambientales y también de las condiciones marginales. No pueden facilitarse aquí recomendaciones de validez general para la aplicación, a lo sumo pueden relacionarse a los distintos sistemas determinadas características.



Comparación de costos (figura 1.9.1.) entre mandos de programación por combinación y mandos de programación por memorización.

## COMPARACION DE COSTOS ENTRE MANDOS DE PROGRAMACION

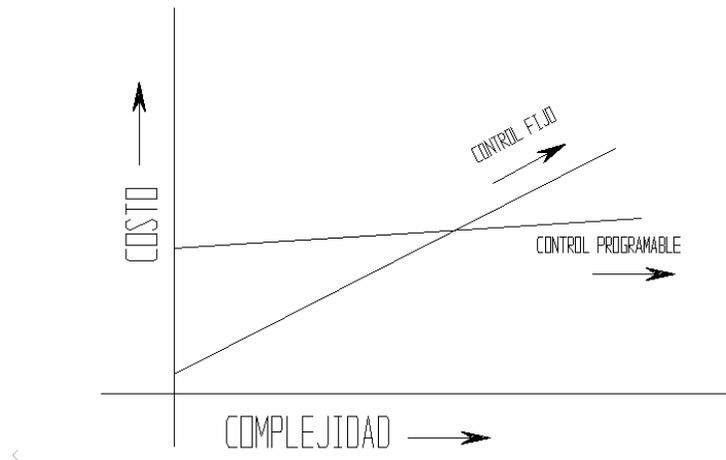


Fig. 1.9.1.- Relación costo vs. Complejidad

A continuación se presenta una recopilación en designación abreviada:

### 1.10.- MANDO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

Programa memorizado central, fácil programación; construcción generalmente compacta, fácil conexión, ciclo de programa de tiempo constante, ciclo de programa insensible a influencias perturbadoras e independiente del ciclo de máquina, no tiene influencia sobre el ciclo del programa.

### 1.11.- MANDO EN FUNCIÓN DEL ESPACIO

Programa definido por la disposición de los finales de carrera y por los órganos de señales, por lo que resulta complejo y no muy favorable al mantenimiento, difícil en la disposición la seguridad en el desarrollo esta dado por el desarrollo en función del recorrido; las perturbaciones en el ciclo de máquina serán detectadas, el ciclo de programa queda eventualmente interrumpido.



### 1.12.- MANDO ANALÓGICO

Es un mando que dentro del tratamiento de las señales, predominantemente con señales analógicas (el procesamiento de señales es con órganos funcionales de acción continua).

### 1.13.- MANDO DIGITAL

Es un mando que dentro del procesamiento de las señales opera con señales digitales, procesando predominantemente con unidades funcionales digitales como contadores, registros, memorias y totalizadores. Las informaciones a procesar están generalmente en código binario.

El mando binario procesa señales binarias de entrada proporcionando señales binarias de salida, predominantemente por medio de órganos combinatorios, órganos temporizadores y órganos de memoria.

La subdivisión de los mandos según la forma de representación de la información es de naturaleza más bien teórica y permite todavía pocas afirmaciones respecto al método de solución a elegir. La distinción de los mandos según la clase de su procesamiento de las señales es más apropiada para la práctica, dado que proporciona instrucciones sobre que método de solución va a elegirse.

### 1.14.- DESCOMPOSICIÓN DE UNA CADENA DE MANDO

De una cadena de mando se desprende siempre la dirección de flujo de la señal. (Figura 1.14.1)

Esta dirección de flujo puede representarse también con un organigrama de la señal.

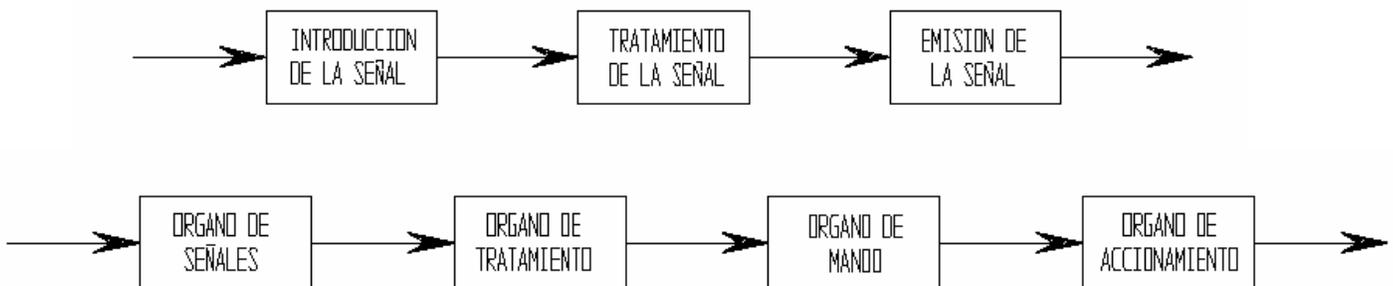


Fig. 1.14.1.- Organigrama de la señal.



El organigrama de la señal muestra el recorrido de una señal desde su introducción, pasando por su tratamiento, hasta la emisión. En el proyecto de circuito, la especificación anteriormente expuesta conduce a una separación general entre el procesamiento de la señal y la parte de mando y de accionamiento.

En cuanto a los órganos de mando y de accionamiento es preciso atender sobre todo lo relativo a la técnica energética y a la de los aparatos. En la práctica esta separación es perfectamente reconocible. En instalaciones grandes esta el mando por lo general localmente separado de las partes de accionamiento.

## 1.15.- DEFINICIÓN DE REGULACIÓN

La regulación es el proceso en que una magnitud, la magnitud que ha de regularse (magnitud regulada) se determina constantemente, se compara con otra magnitud denominada magnitud de referencia, y se influye sobre dicha magnitud regulada de referencia como se muestra en la figura 1.15.1.

El circuito de actuación de ello resultante tiene lugar en un bucle cerrado, el bucle de regulación. La regulación tiene la misión de pase a las influencias perturbadoras, adaptar el valor de la magnitud regulada al valor prefijado mediante la magnitud de referencia, incluso cuando esta adaptación tenga lugar de forma tan solo incompleta dentro de las posibilidades dadas.

La influencia del tramo de regulación tiene aquí lugar, no obstante por comparación de la magnitud de salida del tramo de regulación, es decir, de la magnitud que ha de regularse con una magnitud de referencia prefijada, el valor deseado.

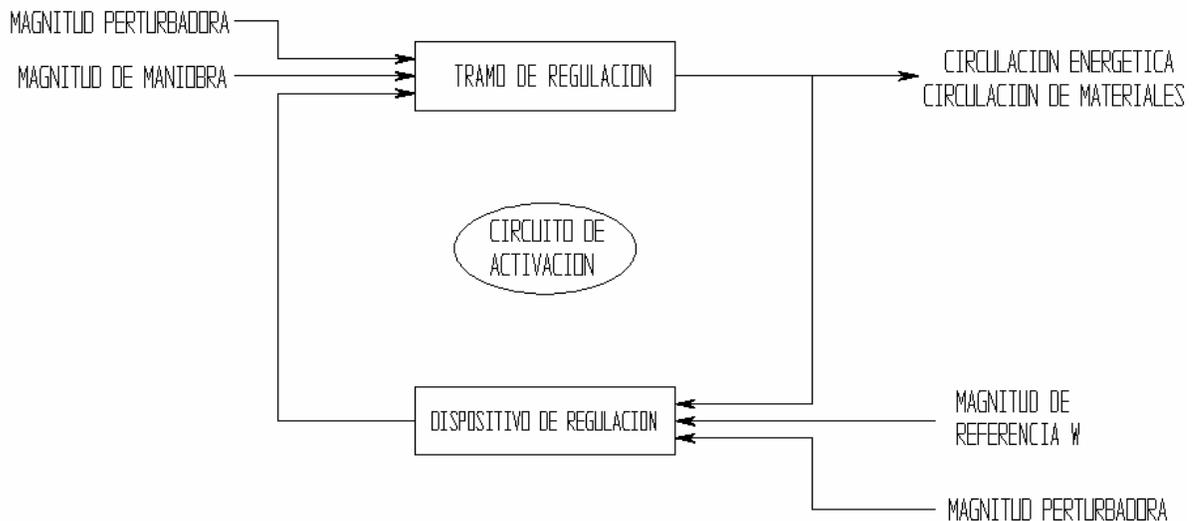


Fig. 1.15.1.- Circuito de actuación cerrado.



Aquí claramente se conoce el circuito de actuación cerrado, en contraposición con el circuito de actuación abierto.

## 1.16.- VENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE REGULACIÓN

Entre las varias razones que justifican la influencia decisiva de la técnica de la regulación automática sobre la evolución industrial de nuestra época, podemos mencionar las siguientes:

- I. Incremento de la producción
- II. Mejora de la calidad
- III. Consecución de una producción más uniforme
- IV. Economía de materias primas
- V. Economía de energía
- VI. Economía de equipo
- VII. Liberación del hombre del sometimiento a la máquina

No hace falta insistir sobre la tremenda repercusión político-social de estos factores.

## 1.17.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LOS SISTEMAS DE REGULACIÓN

Entre los sistemas de regulación más antiguos podemos citar el empleo en los molinos de viento para aportar la cantidad de grano adecuado a las muelas. Consistía en un prisma hexagonal, tallado en el eje vertical de accionamiento, contra el cual se apoyaba lateralmente la rampa por donde descendía el grano. Al aumentar la intensidad del viento y girar más aprisa las aspas, tanto mayor era la vibración de la rampa al golpear contra el prisma hexagonal, y, por consiguiente, la cantidad de grano aportado a las muelas. Por el contrario, al disminuir la intensidad del viento era menor la vibración de la rampa y también la cantidad de grano administrado.

Otro conocido ejemplo lo constituye el regulador centrífugo de Watt, utilizado para controlar la velocidad de los motores de combustión. El regulador, que gira a la misma velocidad que el motor, actúa sobre la admisión de combustible, y por lo tanto, de la velocidad de este último, se traduce en la correspondiente variación de la cantidad de combustible admitido, para volver a la velocidad de régimen.

El desarrollo de los sistemas de regulación ha sido paulatino, unas veces con aplicaciones de tipo industrial, otras en conexión con investigaciones científicas, pero predominantemente a causa de sus aplicaciones en el ámbito militar.



## SIMULADOR DE SISTEMAS DE CONTROL



A continuación se mencionan referencias históricas básicas escogidas como de mayor contribución a la técnica de regulación automática:

| AÑO  | AUTOR          | APORTACIÓN   |
|------|----------------|--|
| 1893 | J. C. Maxwell  | On Governors. (Sobre reguladores)  |
| 1893 | A. Stodola     | Ueber Die Regulierung Von Turbinen. (Sobre regulación de turbinas)   |
| 1907 | A.M. Liapounov | Probleme General De La Stabilité Du Mouvement. (Problema general de la estabilidad del movimiento)   |
| 1911 | R. Von Mises   | Regulierung Des Maschinenganges. (Regulación de la marcha en maquinas)   |
| 1919 | W. Trinks      | Governors And The Governing Of Prime Movers. (Reguladores y regulación de maquinas motrices)   |
| 1921 | M. Tolle       | Regelung Der Kraftmaschinen. (Regulación de las maquinas motrices)   |
| 1922 | N. Minorsky    | Directional Stability Of Automatically Steered Bodies. (Estabilidad direccional de cuerpos guiados automáticamente)  |
| 1926 | T. Stein       | Regelung Und Ausgleich in Dampfanlagen (Regulación y compensación en maquinas de vapor)  |
| 1930 | G. Wunsch      | Regler Für Druck Und Menge. (reguladores de presión y de volumen)  |
| 1932 | H. Nyquist     | Regeneration Theory. (Teoría de la reacción).  |
| 1932 | M. F. Behar    | Fundamentals Of Instrumentation. (Principios sobre instrumentos)   |
| 1933 | J. J. Grebe    | The Control Of Chemical Proceses. (Regulación de procesos químicos)  |
| 1934 | H. S. Black    | Stabilized feedback Amplifiers. (Amplificadores a reacción estabilizados)  |
| 1934 | H. L. Hazen    | Theory Of Servomechanisms. (Teoría de los servomecanismos)   |
| 1934 | A. Ivanoff     | Theoretical Foundations Of The Automatic Regulation Of Temperature. (Bases teóricas de la regulación automática de la temperatura)                                     |
| 1935 | S. D. Mitereff | Principies Underlying The Rational Solution Of Automatic Control Problems. (Principios fundamentales de resolución racional de los problemas de regulación automática) |
| 1936 | A. Callender   | Time Lag In A Control System. (El retardo en los sistemas de regulación)   |

Tabla 1.17.- Aportaciones históricas de la regulación.



Independientemente de este progreso, diversas técnicas nuevas han contribuido de modo decisivo a incrementar las posibilidades de los sistemas de regulación. Cabe indicar principalmente:

- 1910 Invención de la lámpara de tródo.
- 1946 Invención de los circuitos miniaturizados.
- 1958 Invención de los circuitos integrados.
- 1960 Invención de los circuitos fluídicos.
- 1967 Invención de los circuitos de luz u optoelectrónicos.

## 1.18.- CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE REGULACIÓN

Los sistemas de regulación pueden clasificarse básicamente de dos maneras distintas: en bucle abierto y en bucle cerrado.

### 1.19.- BUCLE ABIERTO

Su acción obedece los dictados de una determinada magnitud arbitraria, y la fidelidad de aquella depende íntegramente de la linealidad del mecanismo de control o de su calibración.

### 1.20.- REGULACIÓN EN BUCLE ABIERTO

Las funciones de un sistema de este tipo pueden desglosarse como sigue:

- a) Detección
- b) Amplificación
- c) Mandos de órgano regulado

Los sistemas de bucle abierto solo permiten la regulación de un determinado estado entre dos valores límites, llamados máximos y mínimos o superior e inferior. El intervalo comprendido entre dichos valores carece de regulación; es decir, desde el principio ya se admite la existencia de un margen de tolerancia en la acción del equipo regulador.



Se aprecia en la figura 1.20.1, que el ciclo no es otra cosa que una correlación de causa y efectos (respuesta a las indicaciones del elemento detector) que no operan de modo continuo ni instantáneo: la acción reguladora se reduce a una mera conexión o desconexión, es decir, a dar todo o nada. Por consiguiente, más que una regulación propiamente dicha, cabría considerar el proceso como un control entre determinados límites prescritos, independiente de las consideraciones intermedias y de otras causas accidentales o imprevistas que puedan entrar en juego

En la figura 1.20.1, se han representado esquemáticamente las funciones de un control de bucle abierto como el descrito. Se ve claramente que la magnitud  $\beta_i(t)$  que entra en el elemento detector y, gracias a la calibración previa de este, transmite una determinada orden al elemento de accionamiento, no es afectada por la magnitud  $\beta_o(t)$  de salida, que depende únicamente de este último elemento. El resultado de una operación de control no tiene ninguna influencia sobre la calibración del elemento detector.

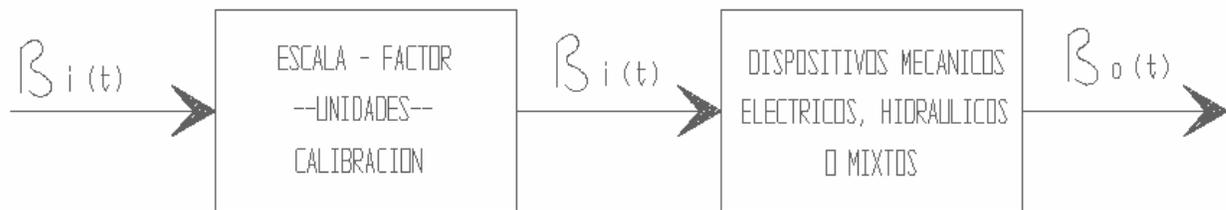


Fig. 1.20.1.- Representación del funcionamiento de un bucle abierto.

Los sistemas de control de bucle abierto son de construcción relativamente sencilla, pero presentan, en cambio, indudables inconvenientes: necesidad de una calibración previa y funcionamiento dependiente de la seguridad con que pueda mantenerse el ajuste de su calibración frente a los defectos del desgaste, cambios de humedad y temperatura, vibraciones, etc. Son muchos por consiguiente, los factores que tienden a alterar la precisión de tales mecanismos, por lo que a menudo los resultados obtenidos son pocos satisfactorios.



## 1.21.- BUCLE CERRADO

Su acción obedece los dictados de una magnitud arbitraria, pero de acuerdo con los resultados de la operación de control. La linealidad y la calibración del mecanismo poseen una importancia secundaria.

## 1.22.- REGULACIÓN EN BUCLE CERRADO

En un sistema de regulación en bucle cerrado se cumple con la condición básica: mantener una magnitud o un estado a un valor predeterminado, midiendo el valor real existente, comparándolo con el prescrito y utilizando la diferencia entre ambos (error) para accionar un dispositivo que tiende a anular dicha diferencia (ver figura 1.22.1). En un sistema de esta clase la regulación es automática y continua, ya que el control permanece constantemente sensible al error y opera en el sentido de minimizarlo, asegurando la invariabilidad de la respuesta durante todo el proceso; además, las imperfecciones o falta de linealidad de sus partes componentes no influyen decisivamente en la efectividad de su funcionamiento.

La complejidad de estos sistemas queda puesta de manifiesto si se atiende a las siguientes funciones que deben asumir:

1. Detección.
2. Medición.
3. Comparación.
4. Amplificación.
5. Mando del órgano regulado.
6. Corrección.

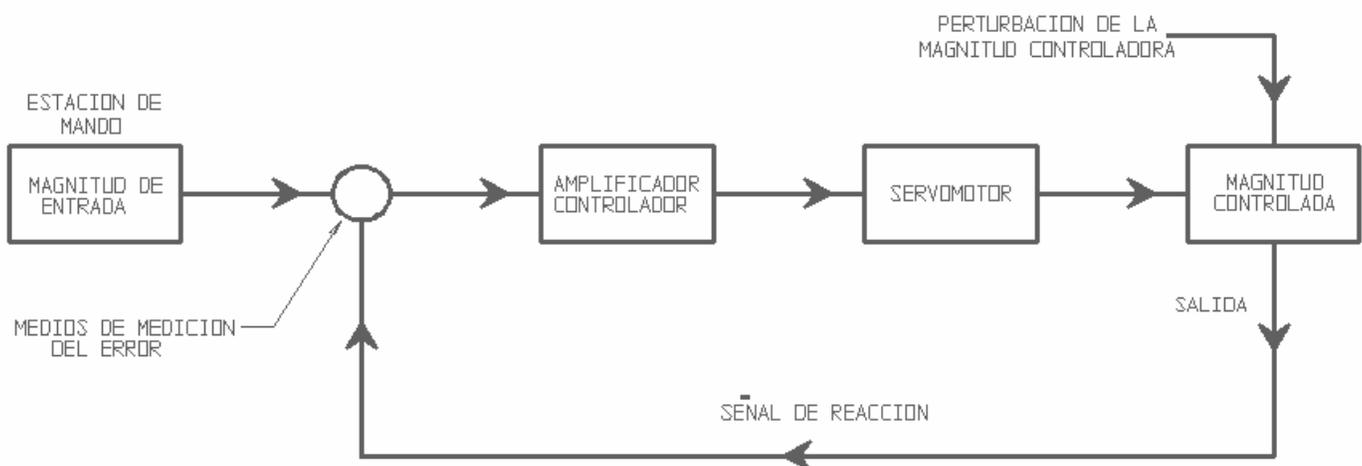


Fig. 1.22.1.- Representación del funcionamiento de un bucle cerrado.



## SIMULADOR DE SISTEMAS DE CONTROL

---



En la figura 1.22.1 se han representado esquemáticamente estas distintas funciones. Cuando la señal de reacción ( o de salida) no coincide con la señal de entrada ( o de referencia) en la estación de mando, la diferencia o error es detectada en magnitud y signo, amplificada y aplicada a un servomotor, el cual actúa sobre la magnitud controlada de modo que se realice la corrección, es decir, la anulación de dicho error.

Los circuitos de bucle cerrado constituyen un sistema de regulación mucho más perfecto y eficaz que los de bucle abierto.



## CAPÍTULO II

# CONCEPTOS DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

- 2.1.- DIFERENCIAS ENTRE CONTROL POR PROGRAMA Y CONTROL POR CABLEADO.
- 2.2.- GENERALIDADES SOBRE CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES.
- 2.3.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS.
- 2.4.- TENDENCIAS ACTUALES.
- 2.5.- APLICACIONES DE LOS P.L.C.
- 2.6.- BENEFICIOS AL USAR UN P.L.C.
- 2.7.- TENDENCIAS TECNOLÓGICAS.
- 2.8.- ESTRUCTURA DE UN P.L.C.
- 2.9.- FUNCIONAMIENTO DE UN P.L.C.
- 2.10.- CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE SLC 500



## 2.1.- DIFERENCIAS ENTRE CONTROL POR PROGRAMA Y CONTROL POR CABLEADO.

Una tarea de automatización puede realizarse por medio de la técnica de CONTROL POR CABLEADO o la técnica de CONTROL POR PROGRAMA. Con cualquiera de estas técnicas es posible implementar las secuencias de control necesarias para resolver la tarea de automatización.

En la técnica de control por cableado o mejor conocido como control convencional, la unión física de los diferentes elementos tales como botones, pulsadores, reles, contactores, etc. Es la que determina la lógica o secuencia según la cual trabaja el control.

Ejemplo: En la figura 2.1.1 se muestra el circuito principal de un transportador que consiste de un motor y su circuito de control por cableado. En el circuito de control puede observarse como las conexiones en serie y paralelo hechas entre elementos hardware permiten comandar el motor y señalar su estado de operación. La lógica de control es la siguiente:

Conexión.- al pulsar el botón de arranque A-1 se energiza el contactor auxiliar Rc y en conjunto con el limit switch en posición de cerrado comienza el conteo del temporizador RT, después del tiempo preestablecido arranca el motor K, girando las bandas, transportando el material.

Desconexión.- El material llega al final de la banda accionando mecánicamente el limit switch apagando el motor, quitando el material se libera el limit switch y comienza el conteo del temporizador, hasta que reinicia el avance de la banda transportadora. Solo se detendrá totalmente hasta que se desenergiza el contactor auxiliar por medio del botón de paro P-1 o el botón de paro de emergencia.

Señalización.- Al cerrar el contactor (K), en uno de sus contactos se utiliza para energizar una lámpara (F), para indicar que esta en funcionamiento el transportador, así mismo se adiciona una sirena (S) que se activara automáticamente cuando hay una sobrecarga o mecánicamente cuando el operario detecta una condición de inseguridad o mal funcionamiento del equipo, con el botón paro de emergencia; esta se apagara apretando el botón del silenciador PS-1 o arrancando el sistema nuevamente con el botón A-1.

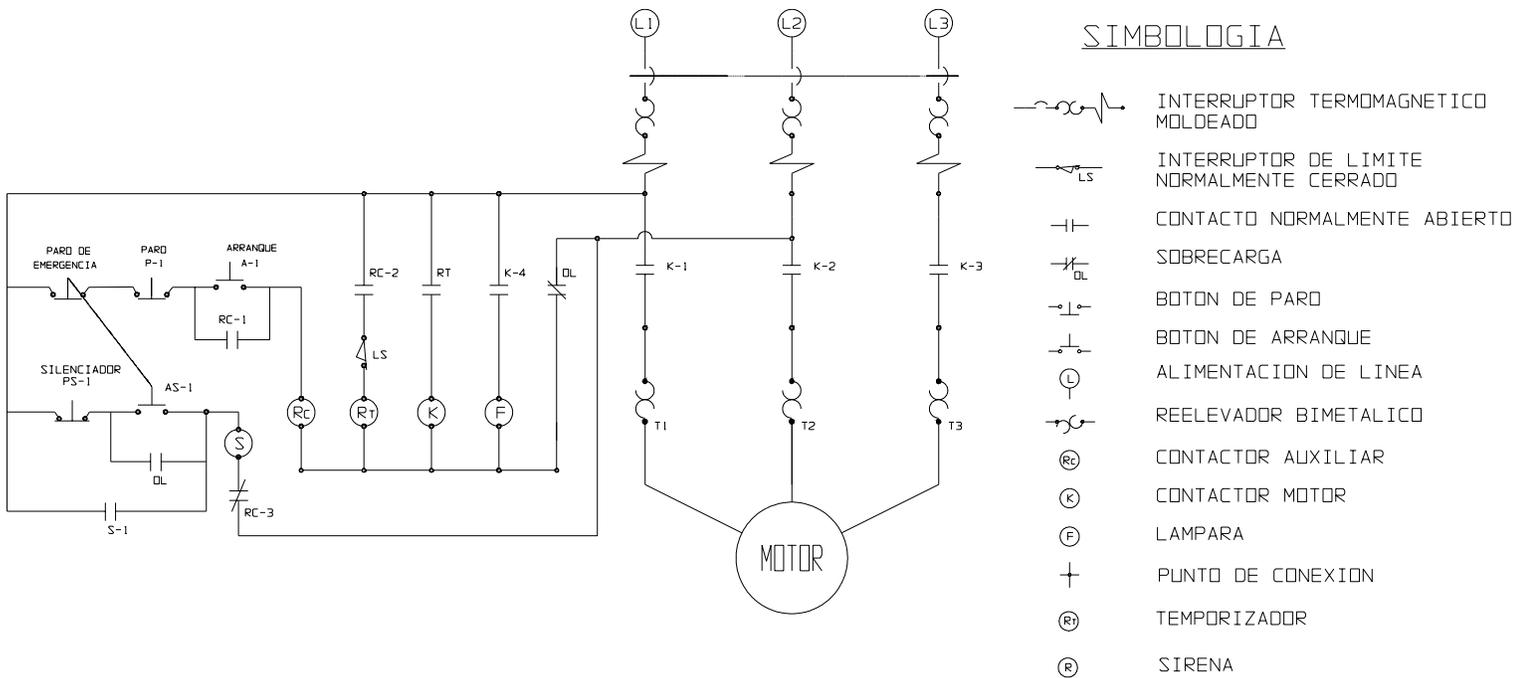


Fig. 2.1.1.- Cableado eléctrico trifásico de un transportador de banda de material (Control convencional).

Si en este ejemplo deseáramos modificar la lógica de control necesitaríamos hacer cambios en el cableado, reorganizando los diversos elementos que participan en el circuito de control.

En la técnica de control por cableado o control convencional modificar una secuencia implica descablear para obtener lo que se desea. En un ejemplo tan sencillo como el anterior esto puede parecer un problema sin importancia. Pero en un circuito donde están implicados decenas de señales el modificar el control toma un significado importante.

En la técnica de control por programa este inconveniente se resuelve fácilmente. El correspondiente cableado (figura 2.1.2), es independiente de la lógica o secuencia de control deseado. En el control por programa, los contactos de los emisores del proceso y los contactos de los elementos finales de control se conectan a los bornes de un dispositivo llamado P.L.C. (Controlador Lógico Programable).

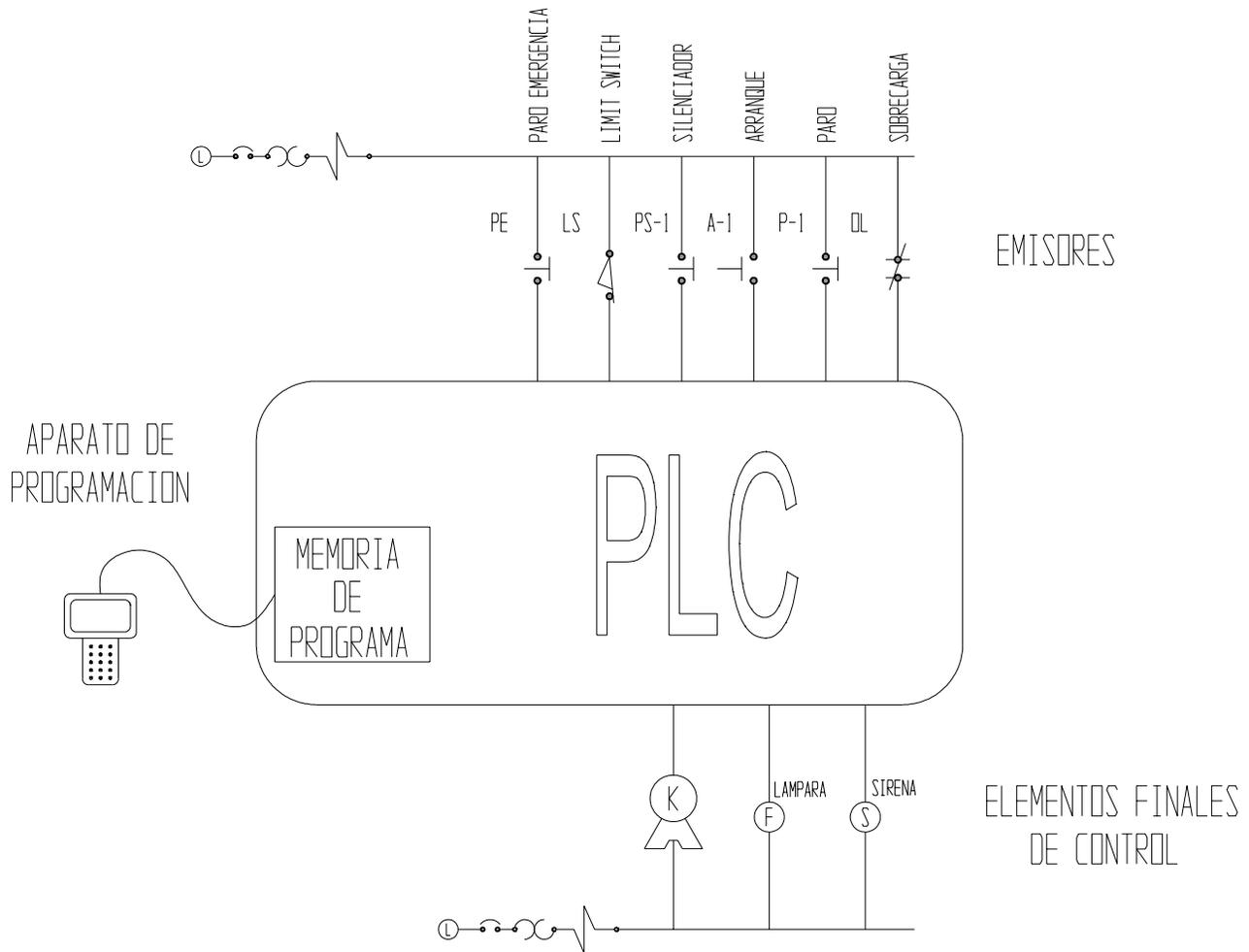


Fig. 2.1.2.- Cableado eléctrico de un transportador de banda de material (Control por programa).

## 2.2.- GENERALIDADES SOBRE CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES

Un PLC (controlador lógico programable) básico es un dispositivo electrónico de operación digital, que utilizando memoria programable para almacenamiento interno de instrucciones, ejecuta acciones de control de tiempo y de eventos a desarrollarse en procesos industriales.



Las diferencias entre una computadora y un PLC radican en el lenguaje de programación que utilizan y el medio ambiente en que operan ambos.

Un PLC se diseña para resistir un ambiente áspero (humedad, vibraciones, polvo, altas temperaturas, etc.), en cambio una computadora requiere de condiciones menos difíciles.

Un PLC puede interconectarse directamente a los dispositivos de entrada (sensores, interruptores, etc.), y de salida (actuadores, electroválvulas, indicadores, etc.), por el contrario la computadora requiere de un conjunto de interfaces para manipular dichos elementos de entrada o salida.

## 2.3.- ANTECEDENTES HISTORICOS

Aunque desde los inicios del siglo XX ya se tenían antecedentes del término robot, no fue sino hasta la década de los 70s en que se tuvo una revolución industrial en Norteamérica por la introducción de los llamados controladores lógicos programables o PLCs que se programan para realizar trabajos rutinarios, combinatorios o secuenciales, siendo relativamente fácil su instalación en maquinaria manual, semi-automática o automática.

La idea original de crear un controlador programable, surgió de la necesidad de contar con un mecanismo de ensamble de automóviles que no requiriese de grandes cambios en la estructura física, que no tomara mucho tiempo su implantación y que redujera los altos costos durante el cambio de modelo cada año.

## 2.4.- TENDENCIAS ACTUALES

La automatización actual tecnológica pretende básicamente:

- a) Crear sistemas automáticos con un mínimo de operadores humanos.
- b) Flexibilidad dentro de la automatización para solucionar en corto tiempo nuestra demanda de los usuarios.
- c) Registro de datos de producción para optimizar la productividad de la máquina.
- d) Sistemas de muestreo y monitoreo para lograr mejor operación y reducción de tiempo en mantenimiento.



- e) Interacción entre sistemas de control autónomos para hacer más eficiente la secuencia de producción.
- f) Uso de computadoras para supervisión, y control de todo el proceso productivo.

Con el uso del PLC se pueden satisfacer todos estos puntos, haciendo una planeación adecuada.

### **2.5.- APLICACIONES DE LOS PLC.**

**CONTROL DE CALDERAS.-** Se emplean en el control de calderas en plantas químicas en el proceso de purga, seguridad de flama, seguridad de cerrado, control de temperaturas y de válvulas de encendido.

**SECADO DE ETILENO.-** El gas mojado se mezcla con sales para que sea secado. Posteriormente es bombeado por tubería. Con el PLC se controla calor de combustión, cierre, control de secado, secuencias y monitoreo de variables críticas del proceso.

**MONITOREO DE INSTALACIONES.-** Con el PLC se verifican como temperaturas, presiones, niveles etc. Cuando en su comprobación el control registra el exceso en los coeficientes máximos o mínimos, puede actuar aplicando medidas correctivas para evitar desperfectos o emite señales de alarma hacia los operarios.

**SOLDADURAS AUTOMATICAS.-** Los PLC controlan máquinas de soldadura automática en la industria automotriz.

**CONTROL DE PUESTA A PUNTO DE MÁQUINAS DE CNC.-** Las máquinas herramientas modernas tienen por lo regular un control numérico computarizado (CNC). El tornero o fresador ya no pone a punto su máquina moviendo manivelas y tornillos. En lugar de ello, programa un control numérico computarizado. Este CNC realiza todos los ajustes para trabajar la pieza correspondiente.

Sin embargo para que CNC actúe sobre la máquina es necesario integrar un PLC que se encargue de la comunicación entre los primeros.



**MANEJO DE LOS MATERIALES.-** En un proceso de almacenaje- recuperación controlado por PLC, las piezas son cargadas y transportadas a través de un sistema de lotes. Los PLC siguen la huella de los lotes, un tablero de manipulación se opera para cargar y descargar las piezas. Con una impresora se suministra el inventario. Los ejemplos muestran la variedad de aplicaciones de los PLC en la industria. Los PLC s pueden utilizarse confiablemente tanto en control lógico secuencial como en control analógico.

## 2.6.- BENEFICIOS AL USAR UN PLC.

La arquitectura de estos es modular y flexible, lo que permite expandirse al hardware y software de acuerdo a las necesidades del problema a resolver.

Cuando aumentan los problemas a solucionar, se pueden interconectar módulos de expansión al PLC o modelos con mayores capacidades de memoria y de puertos de entrada - salida sin necesidad de desmontar todo lo existente actualmente.

En la siguiente tabla 2.6.1, se describe brevemente algunas características y beneficios de los P.L.C's

| Características inherentes                  | Beneficios   |
|---|--|
| Componentes de estados sólidos              | Alta confiabilidad                                 |
| Memoria programable                         | Simplificación de cambios                          |
| Tamaño pequeño                              | Flexibilidad del control                           |
| Basado en microprocesadores                 | Requerimiento de espacio mínimo                    |
| Software de contadores y temporizadores     | Capacitación de comunicación                       |
| Software de control para reveladores        | Alto nivel de desempeño                            |
| Arquitectura modular                        | Alta calidad del producto                          |
| Variedad de interfases se E-S               | Capacidad de multifunciones                        |
| Estaciones remotas de E-S                   | Eliminación de hardware                            |
| Indicadores de diagnostico                  | Reducción del costo del hardware y alumbrado.      |
| Interfaz modular E-S                        | Reducción del espacio requerido                    |
| Fácil desconexión del E-S                   | Flexibilidad de instalación                        |
| Se almacena todas las variables en memorias | Facilidad de instalación                           |
|   | Control variado de dispositivos                    |
|   | Elimina control especial                           |
|   | Reduce el tiempo de solución de a las              |
|   | Operación adecuada de las señales                  |
|   | Fácil de mantener y alumbrar                       |
|   | Los datos de mantenimiento pueden ser almacenados. |

TABLA 2.6.1.- Características y beneficios de los P.L.C.



Desde el inicio de los PLC s han sido diseños para fácil mantenimiento. Con casi todos los elementos del hardware de estado sólido, el mantenimiento se reduce a un reemplazo de pequeños módulos. La detección de las fallas en circuitos y los indicadores de diagnóstico, ayudan a encontrar fallas.

Los beneficios del PLC como cualquier otro dispositivo inteligente, dependerán de la creatividad de quien lo utilice.

## 2.7.- TENDENCIA TECNOLÓGICA.

Se han aceptado grandemente el uso de los PLC s en países industrializados. Esto ha creado gran competencia entre las compañías fabricantes de ellos. Existe actualmente mucho equipo adicional que puede implantarse en la mayoría de los sistemas. Entre los accesorios más difundidos se tienen módulos de memoria EPROM o EEPROM de 8 k o de 20 k, de pilas de litio para respaldo de memorias, equipos de simulación para ejecutar pruebas, lenguajes de programación avanzada.

Muchas máquinas con funcionamiento neumático pueden controlarse por PLC, interconectando las correspondientes interfases, eliminado así secuenciadores y la lógica neumática reduciendo el costo de mantenimiento.

En México podemos considerar la aparición de los PLC s fue a principios de la década de los 80 s y han crecido gradualmente. En nuestro país no tenemos la diversidad de marcas que existen en EU, sin embargo, se destacan las siguientes: ALLEN BRADLEY (USA), SIEMENS (ALEMANIA), FESTO (ALEMENIA), TELEMECANIQUE (FRANCIA), NEC (JAPÓN).

No han sido fácil la introducción al mercado mexicano, ya que la mayor parte de nuestra industria no tiene la infraestructura para aceptar un cambio radical que genera desconfianza en usuarios e incertidumbre de no contar con reacciones adecuadas en caso de ellas, sin embargo ha sido a través del aumento en la productividad de algunas fabricas, que otras han aceptado el uso de estos sistemas en algunas de sus máquinas.



## 2.8.- ESTRUCTURA DE UN PLC.

Un PLC se compone de las siguientes partes mostradas en la figura 2.8.1:

- ⊙ TARJETAS DE ENTRADA
- ⊙ TARJETAS DE SALIDA
- ⊙ UNIDAD CENTRAL DE PROCESO
- ⊙ MEMORIA
- ⊙ BUS DE DATOS
- ⊙ FUENTE DE ALIMENTACION

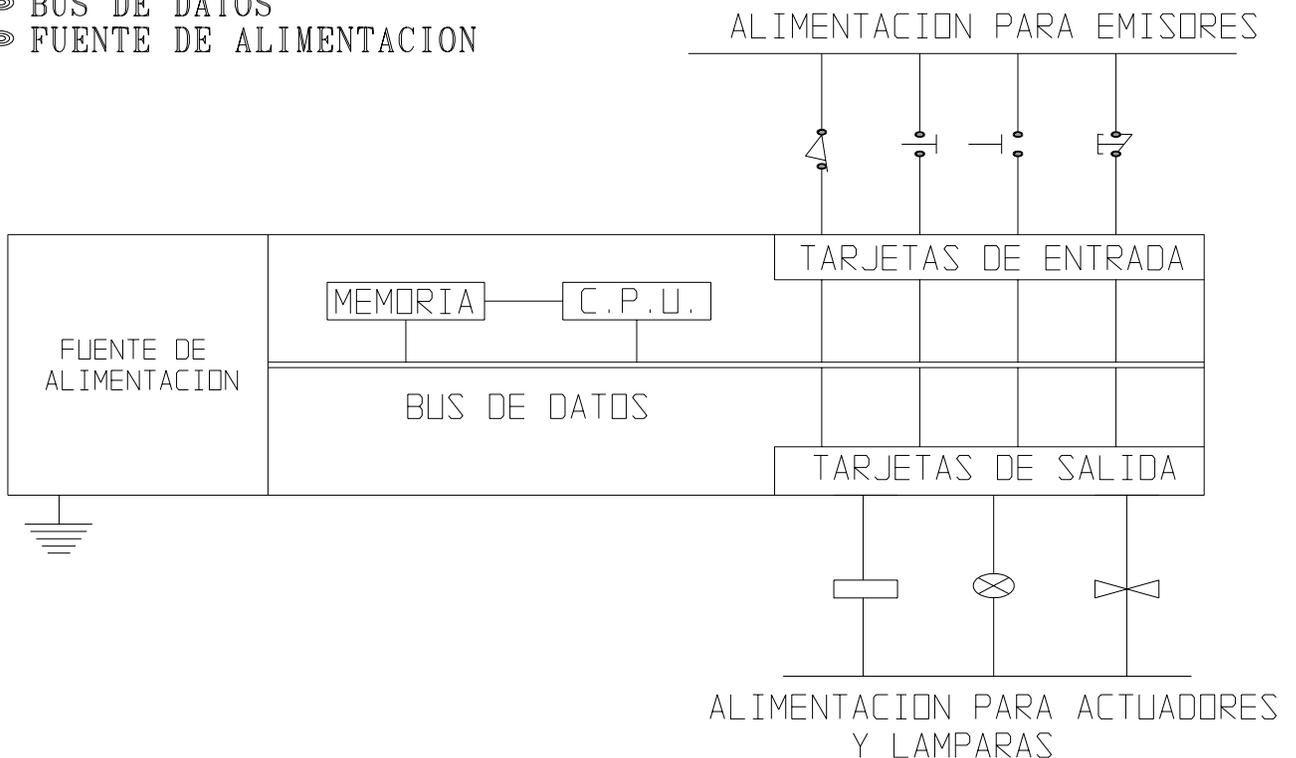


Fig. 2.8.1.- Partes fundamentales de un PLC.

**UNIDAD CENTRAL DE PROCESO (CPU).**- Es el cerebro del PLC. Se encarga de ejecutar el programa existente en la memoria. Dependiendo de lo que el programa contenga, la CPU consulta si las entradas al aparato tienen o no tensión aplicada. En base a esto se elabora un resultado y le ordena a las tarjetas de salida la conexión o desconexión de determinados bornes. Con ello, los elementos de control como accionamientos y lámparas, también son conectados o desconectados.

**MEMORIA DE PROGRAMA.**- El programa de control se almacena en la memoria de programa. Con la ayuda de un programador se describen una a una las instrucciones del programa de control.



**BUS DE DATOS.-** Es la vía por la que se intercambian todas las señales entre la CPU y las tarjetas de entrada y salida.

**FUENTE DE ALIMENTACIÓN.-** Genera, a partir de la tensión de suministro, la tensión de operación necesaria para que todos los elementos electrónicos del PLC funcionen, tales como la CPU, tarjetas de entrada y salida, etc.

**TARJETAS DE ENTRADA Y SALIDA.-** Estos dispositivos constituyen la interfase entre emisores de la señal y los actuadores de la máquina o proceso que va a controlar.

## 2.9.- FUNCIONAMIENTO DEL PLC

El PLC funciona de la siguiente manera véase figura 2.9.1:

EL PROGRAMA contiene las instrucciones que interactúan con la unidad central del PLC.

La unidad de control o mando recupera los datos de entrada a través del MÓDULO DE ENTRADA y transfiere dichos datos a la UNIDAD DE MEMORIA y esta a su vez hacia la UNIDAD ARITMÉTICA Y LÓGICA; en esta última los datos son enlazados lógicamente en función de las instrucciones del programa memorizado.

Con la UNIDAD DE CONTROL, los datos de salida son transferidos hacia los actuadores, pasando por los módulos de salida.

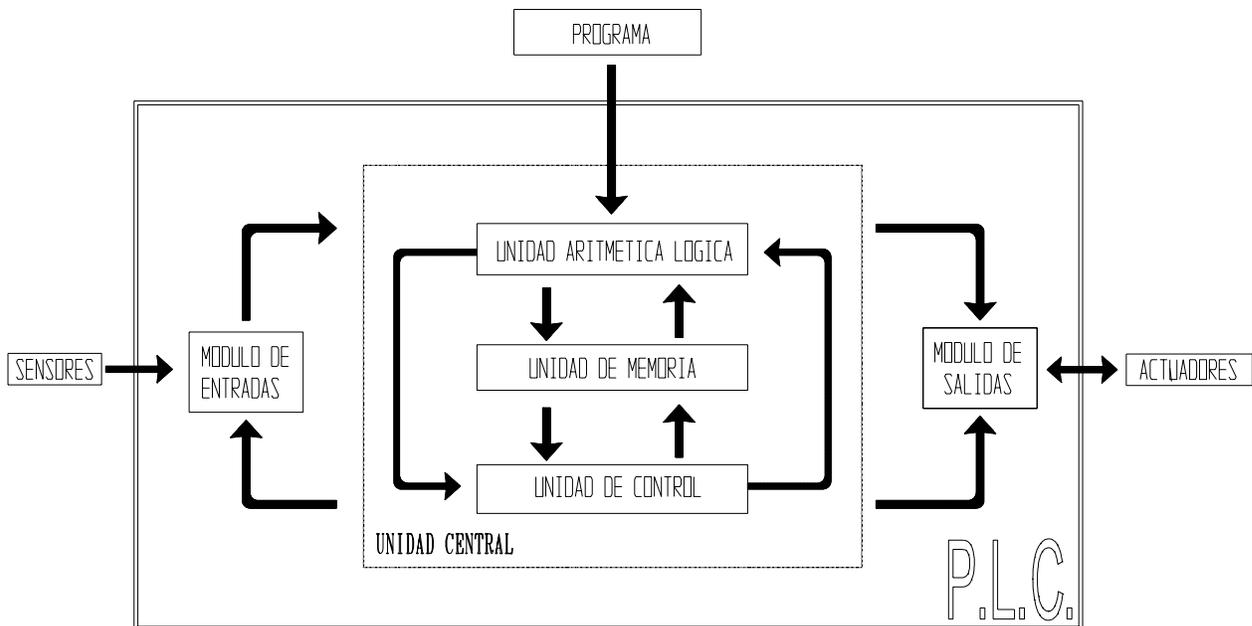


Fig. 2.9.1.- Configuración y periféricos básicos de un PLC.



**MÓDULO DE ENTRADA.-** El circuito de **DETECCIÓN DE SEÑAL DE VOLTAJE**: se encarga de que la tensión de entrada siempre este dentro de márgenes precisos.

EL circuito de **RETARDO DE SEÑAL**: suprime impulsos indeseables.

EL **OPTOACOPLADOR**: aísla galvanicamente a la unidad central frente al circuito extremo de corriente. Con esto se impide que variaciones abruptas causen desperfectos. Los diodos luminosos incorporados indican si existen "1" ó "0".

Entonces decidimos que la señal llega al circuito extremo de corriente y es amortiguada por retardo (figura 2.9.2).

La separación galvanica se produce por opto acoplador, un impulso pequeño (aproximada 5 volts.) es transferido a la unidad central.

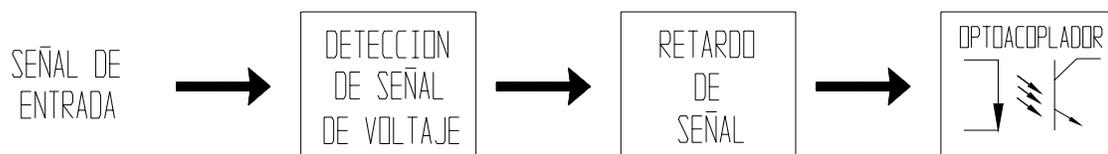


Fig. 2.9.2.- Funcionamiento del modulo de entrada.

**MÓDULO DE SALIDA.-** La unidad central transfiere señal del circuito interno de corriente al opto acoplador.

Esta señal es amplificada en el circuito externo de corriente (figura 2.9.3).

Los elementos conectados a la salida pudieran producir una corriente excesiva. Para evitar un daño mayor el **DETECTOR DE CORTO CIRCUITO** protege en cierta medida los componentes más delicados de PLC.

Las señales de salida podrían ser amplificadas una segunda vez por dispositivos externos para satisfacer los requerimientos de determinados actuadores.

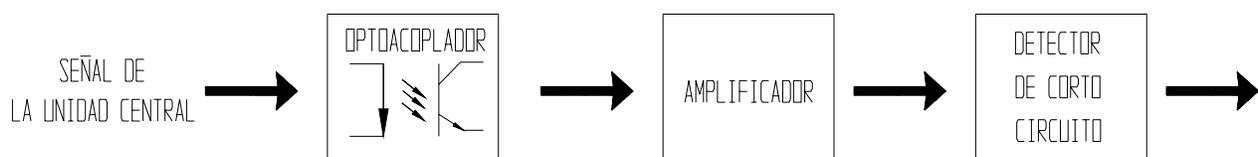


Fig. 2.9.3.- Funcionamiento del módulo de salida.

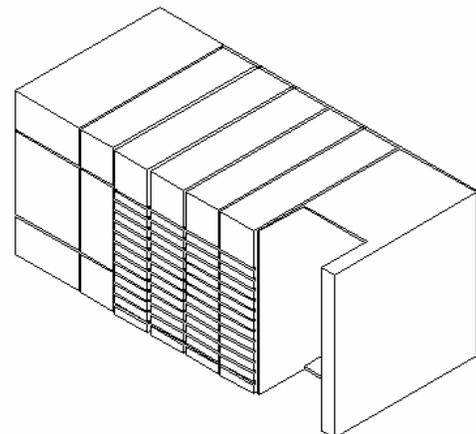
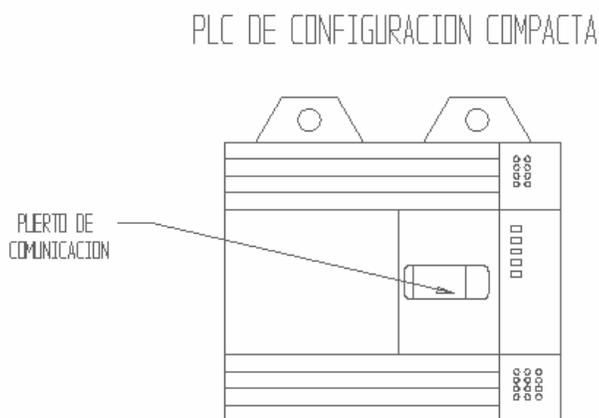


## 2.10.- CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE SLC 500

El controlador SLC 500 es un sistema compuesto por controladores programables compactos construidos en dos opciones de hardware: un controlador compacto o un controlador modular. Figura 2.10.1.

- o Las herramientas de programación y la mayoría de módulos de E/S son compatibles entre las dos opciones de hardware, de esta forma se pueden resolver un gran número de aplicaciones.
- o La programación de estos controladores se logra con los diagramas de escalera, los cuales se pueden programar en un aparato de manual o en una computadora personal.

**CONFIGURACIÓN COMPACTA.-** El controlador compacto proporciona en una sola unidad la fuente de alimentación, entradas, salidas, memoria, bus de datos y el procesador. También ofrece un chasis de expansión de 2 ranuras para brindar mayor flexibilidad.



CONFIGURACION MODULAR

Fig. 2.10.1.- Opciones de construcción de un PLC: Fija y Modular.



**CONFIGURACIÓN MODULAR.-** El controlador modular ofrece flexibilidad adicional en la configuración del sistema, más potencia de procesamiento y capacidad de E/S. Esto le permite crear un sistema controlador diseñado específicamente para su aplicación.

El sistema básico modular consiste en un rack (gabinete con varios puestos de enchufe llamados slots en donde se insertan los módulos), una fuente de alimentación, la unidad central de proceso (CPU) y módulos de entrada y salida (E/S) ver figura 2.10.2. Los sistemas modulares pueden ser configurados con un máximo de 3 racks (30 slots en total) desde 4 puntos de E/S hasta un máximo de 4096 puntos de E/S.

Las herramientas de programación y la mayoría de los módulos de E/S son compatibles entre las dos opciones de hardware.

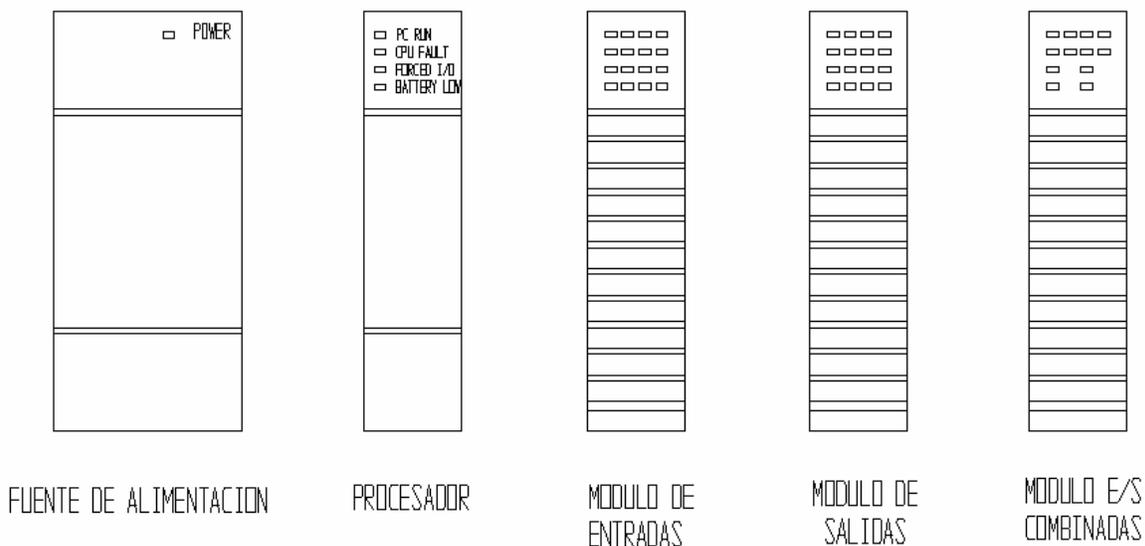


Fig. 2.10.2.- Arquitectura de un PLC Modular.

Los controladores programables SLC 500 se comunican a través de una red incorporada DH-485 que permite el soporte y la supervisión del programa.

**RACKS.-** Alojados a la CPU y a los módulos de E/S. La fuente de alimentación se monta en el lado izquierdo del rack. Todos los componentes son fácilmente empotrables en el rack ya que tienen guías de alineamiento. Ninguna herramienta se necesita para insertar o remover los módulos.



**FUENTE DE ALIMENTACIÓN.**- La fuente de alimentación proporciona energía a la CPU y a cada slot del rack. Cada rack del sistema modular requiere de una fuente de alimentación. La fuente de alimentación no ocupa un slot en el rack, simplemente se monta del lado izquierdo del rack. El sistema de configuración fija ya tiene la fuente de alimentación integrada.

**UNIDAD CENTRAL DE PROCESO (CPU).**- La CPU siempre ocupa el primer slot del primer rack. El módulo de la CPU tiene integrados, al frente cuatro led de diagnostico:

- **PC RUN.** Indica que el procesador se encuentra en el modo de RUN
- **CPU FAULT.** Parpadea cuando se alimenta por primera vez indicando que el procesador no ha sido configurado. También parpadea cuando un error mayor es detectado en el procesador, en los racks de expansión o en memoria, y se mantendrá estable cuando un error no recuperable se encuentre presente.
- **FORCED I/O.** Parpadea cuando una o más direcciones de entrada o salida han sido forzadas, pero sin haber habilitado el forzamiento. El led será estable cuando la operación de forzar se encuentre habilitada. El led se mantendrá desenergizado cuando no exista la operación de forzar
- **BATERIA BAJA.** El led avisara cuando la batería este lo suficientemente baja o bien cuando el conector de la batería no este conectado.

**MODULOS DE ENTRADAS Y DE SALIDAS (TARJETAS).** Existen módulos de 4, 8, 12, 16 y 32 puntos de conexión. Cada módulo tiene un panel frontal de leds, los cuales indican el estado de cada punto de E/S.



## CAPÍTULO III

# FUNDAMENTOS DE PROGRAMACIÓN

- 3.1.- SEÑALES.
- 3.2.- ESTADO DE SEÑAL.
- 3.3.- BIT, BYTE Y PALABRA.
- 3.4.- IDENTIFICACIÓN DE SEÑALES.
- 3.5.- DESIGNACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS.
- 3.6.- DESIGNACIÓN DE SEÑALES.
- 3.7.- ESTRUCTURA DE UN PROGRAMA.
- 3.8.- PROCESAMIENTO EN EL CONTROLADOR.
- 3.9.- PROCESAMIENTO LINEAL.
- 3.10.- PROCESAMIENTO CÍCLICO.
- 3.11.- TIEMPO CICLO.
- 3.12.- TIEMPO DE REACCIÓN.
- 3.13.- IMAGEN DEL PROCESO.
- 3.14.- ARCHIVOS DE PROGRAMA.
- 3.15.- INSTRUCCIONES BÁSICAS SLC 500.
- 3.16.- INSTRUCCIONES TIPO BIT.
- 3.17.- INSTRUCCIONES DE COMPARACIÓN.
- 3.18.- INSTRUCCIONES ARITMÉTICAS Y MATEMÁTICAS.
- 3.19.- OPERACIONES ARITMÉTICAS.
- 3.20.- INSTRUCCIONES DE LÓGICA Y MOVIMIENTO.
- 3.21.- INSTRUCCIONES DE LLENADO Y COPIADO DE ARCHIVOS.
- 3.22.- INSTRUCCIONES DE CONTROL EN LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA.
- 3.23.- BREVE DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN RS LOGIX 500.
- 3.24.- CREAR UN NUEVO PROYECTO.



## 3.1.- SEÑALES

El hombre ha desarrollado una gran cantidad de máquinas para facilitar las repuesta a sus necesidades. Estas máquinas efectúan trabajo y por lo tanto generan un cambio en alguna magnitud física. Es común que estas máquinas perciban magnitudes físicas y utilicen esa información para controlar su funcionamiento. Las magnitudes físicas que pueden percibir o controlar son numerosas; como ejemplos podemos mencionar: temperatura, fuerza, desplazamiento, presión, intensidad de luz, tiempo, masa, etc.

La mayoría de las magnitudes físicas varían de manera continua, es decir, pueden cambiar sin escalonamientos repentinos o discontinuidades. Tales magnitudes pueden tomar un número infinito de valores y se conocen como CONTINUAS.

Por lo general se hace referencia a las señales continuas como señales analógicas (que significa que la señal se parece a la magnitud física que representa). Como ejemplos de esta señal se puede mencionar: indicaciones de voltaje alterno, de velocímetros, de temperatura, de presión, etc.

Sin embargo, algunas magnitudes no cambian de manera uniforme, sino en forma abrupta entre algunos valores determinados. Estas magnitudes se conocen como DISCRETAS.

A menudo las señales discretas sólo pueden tomar un número finito de valores y por lo tanto, cada posible valor podría describirse mediante un número; por esta razón con frecuencia se habla de las señales discretas como señales DIGITALES.

**SEÑAL BINARIA.-** Para el PLC las señales de entrada solo pueden adquirir los estados de: “existe tensión” o “no existe tensión”, nunca un estado intermedio. De la misma manera las señales de salida solo pueden estar “conectadas” o “desconectadas”. Este tipo de señales que solo pueden tomar dos estados definidos se les conoce como señales binarias.

## 3.2.- ESTADO DE SEÑAL.

**ESTADO DE SEÑAL.-** A los dos estados posibles de una señal binaria, se le asocia, para efectos de procesamiento, el estado de señal “0” y estado de señal “1”. El objetivo de esta asociación es hacer corresponder los dos estados físicos de una señal binaria a ciertos valores que sean independientes de la situación física que los produjo y resulten mucho más manejables y procesables que la señal original.



En el PLC, la correspondencia entre los estados físicos de las entradas y salidas, los estados de las señales de entrada y salida y los estados de señal "0" y "1" se muestran en la figura 3.2.1.

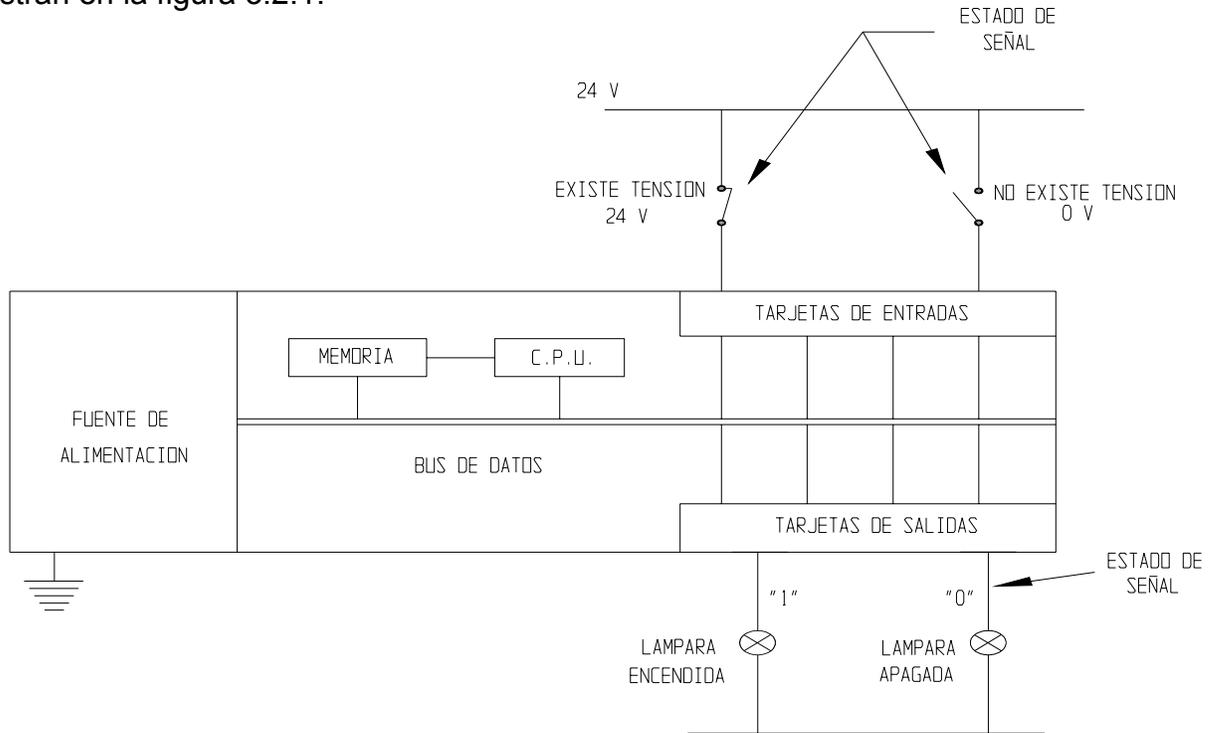


Fig. 3.2.1.- Estado de señal "0" y "1"

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

El nivel de voltaje de dos señales de entrada pueden ser distintos. La determinación del estado de señal se hace respecto de 0% y 100% del voltaje que se maneja y no respecto de un nivel de voltaje determinado, ver figura 3.2.2.

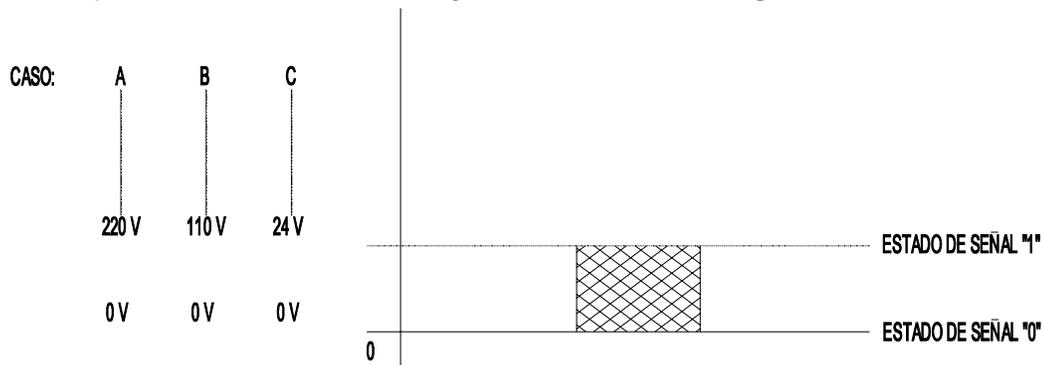


Fig. 3.2.2.- Señal binaria.

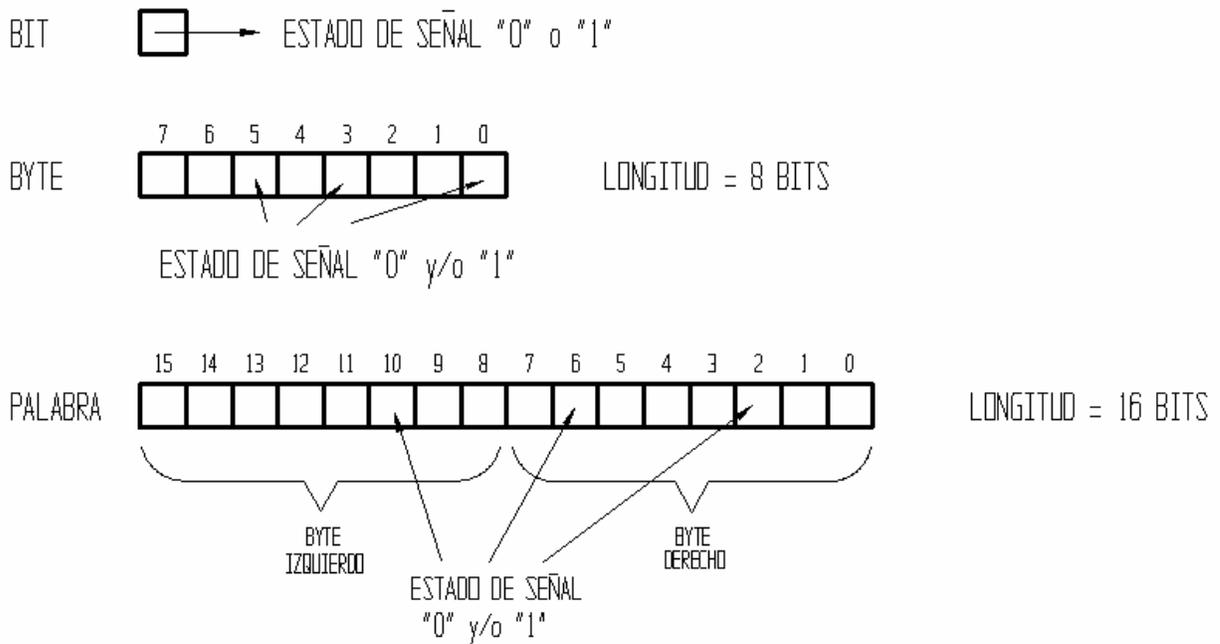


### 3.3.- BIT, BYTE Y PALABRA

BIT.- Es la unidad de información más pequeña. Solo puede tomar los valores de "0" y "1". Un bit es suficiente para representar una señal binaria.

BYTE.- Es una unidad compuesta de 8 bits. Los bits se agrupan de derecha a izquierda tomando como número de bit del 0 al 7. En un byte se puede representar el estado de hasta 8 señales binarias (1 por cada bit).

PALABRA.- La palabra es una unidad mayor, compuesta de 16 bits = 2 bytes. Los bits se agrupan de derecha a izquierda tomando un número de bit del 0 al 15. En una palabra se pueden representar hasta 16 señales binarias figura 3.3.1.



## BIT, BYTE y PALABRA

Fig. 3.3.1.- Longitud de Bit, Byte y Palabra.



## 3.4.- IDENTIFICACIÓN DE SEÑALES.

Al PLC llegan diversas señales de campo procedentes de los emisores, y salen otras señales hacia elementos finales de control. Así mismo, al ejecutarse el programa contenido en la memoria se generan una serie de señales internas auxiliares en la elaboración de la lógica de control. Para identificar claramente las señales que se manejan en el PLC es necesario darles un nombre o designación. Cada vez que se hace referencia a una señal, se hace a través de este nombre o designación.

La designación de las señales puede hacerse considerando una única señal (1 bit) o un grupo de ellas (byte o palabra).

## 3.5.- DESIGNACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS

Las señales de entrada y salida llegan y salen físicamente de los bornes de conexión de las tarjetas de entrada y salida. Para efectos de identificación, todas las señales que manejan las tarjetas se agrupan en conjuntos de 8, es decir, por byte. Y se les asigna un número byte (0,1,2,3,4,5,6,7). Cada byte contiene a su vez 8 elementos: una señal por cada uno de sus 8 bits.

Cualquier señal en la tarjeta queda definida mediante el número de grupo al que pertenecen (número de byte) y el número de elementos en el grupo (número de bit). A esta información se le conoce como dirección de la señal.

## 3.6.- DESIGNACIÓN DE SEÑALES.

La designación de señales bit (una única señal) se hace como sigue:

- ❖ Se da un distintivo del tipo de señal:

I > Entrada  
O > Salida

- ❖ Y luego se indica la dirección de la señal, separando con un punto el número de Byte y el número de Bit:

No. de BYTE . No. de BIT



Así por ejemplo, la designación de la señal que llega a una tarjeta de entrada, en el grupo Byte 0, elemento 3, como lo muestra la siguiente figura 3.6.1:

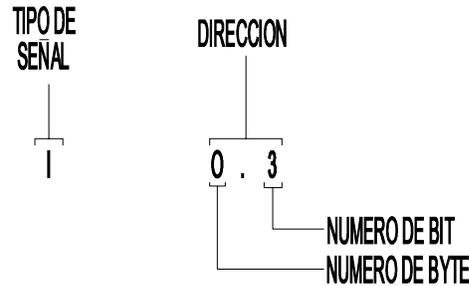


Fig. 3.6.1.- Elementos de direccionamiento de una señal.

## 3.7.- ESCRITURA DE UN PROGRAMA

En un PLC, la tarea de automatización se formula mediante un programa que debe ser escrito en la memoria del controlador. En el, el usuario fija, mediante una serie de instrucciones, la forma en que el controlador debe de mandar o regular la instalación. Para que el controlador pueda “entender” el programa, este debe ser escrito siguiendo ciertas reglas y un lenguaje de programación.

## 3.8.- PROCESAMIENTO EN EL CONTROLADOR

El programa escrito por el usuario se deposita en la memoria del controlador en forma de configuraciones binarias (denominadas código-máquina). El código-máquina contiene todas las funciones del control programadas por el usuario en forma de instrucciones de 16 bits de longitud (palabras), legibles e interpretables por el microprocesador del PLC.

La unidad central de procesamiento (CPU) procesa sucesiva y cíclicamente las instrucciones contenidas en el programa. Existen dos tipos de procesamiento en el controlador: el procesamiento lineal y el procesamiento cíclico.



### 3.9.- PROCESAMIENTO LINEAL

Existe un apuntador de programa que direcciona las diferentes posiciones de la memoria.

Al inicio del procesamiento, el apuntador direcciona la primera instrucción del programa. El procesador carga, en un registro interno, dicha instrucción, la interpreta y la ejecuta.

Una vez elaborada la primera instrucción, el apuntador direcciona la siguiente instrucción, y lleva a cabo su procesamiento: leer, interpretar y ejecutar. Estas operaciones se llevan a cabo repetidamente hasta que todo el programa ha sido procesado. A esto se le conoce como procesamiento lineal

El procesamiento lineal puede interrumpirse mediante saltos. El apuntador de programa se incrementa o decrementa según el parámetro indicado en la instrucción de salto. Posteriormente se restablece el procesamiento lineal.

### 3.10.- PROCESAMIENTO CÍCLICO

Después de haberse procesado la última instrucción del programa la unidad de control empieza nuevamente con la primera instrucción y repite la elaboración del programa. Este proceso se repite continuamente y se le conoce como elaboración cíclica o procesamiento cíclico del programa de control (figura 3.10.1).

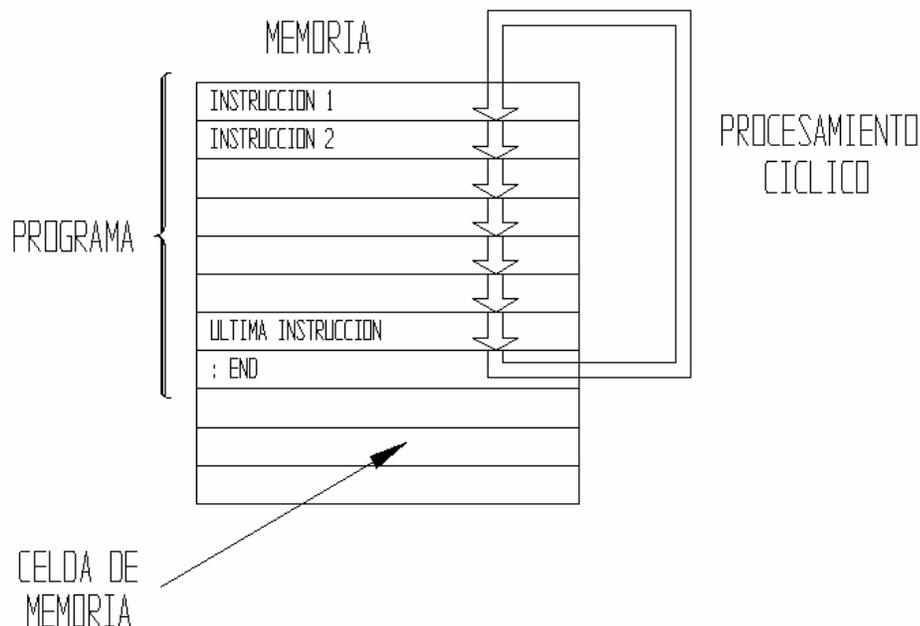


Fig. 3.10.1.- Elaboración cíclica del programa.



## 3.11.- TIEMPO DE CICLO

El tiempo de elaboración de todas las instrucciones de un programa de llama tiempo de ciclo. Este tiempo depende del número y complejidad de todas las instrucciones que componen el programa.

El tiempo de ciclo es una magnitud importante que determina el tiempo de reacción del sistema. Debido a su importancia existe un “vigilante de ciclo” a través del cual se controla su valor. Si el tiempo de ciclo sobrepasa un valor previamente ajustado, el controlador programable detiene su procesamiento y deja de elaborar el programa de control.

## 3.12.- TIEMPO DE REACCIÓN

En un PLC, debido a la elaboración cíclica de un programa, los comandos o salidas que se originan por la variación de una señal de entrada (reacción del sistema) no es tan rápida como en los equipos de control por cableado. En el PLC, el cambio de estado de una señal de entrada solo puede determinarse cuando la instrucción de consulta a dicha entrada es procesada. Así mismo, el estado de una salida solo puede modificarse cuando se elabora la instrucción de asignación correspondiente.

El tiempo de reacción de un sistema de control con PLC es igual, en el caso más simple, al retardo de la adquisición de las señales de entrada y salida más el tiempo de ciclo.

## 3.13.- IMAGEN DEL PROCESO

Antes de comenzar la elaboración propiamente del programa, y una vez que se ha iniciado la vigilancia del tiempo de ciclo, se realiza la descarga de la imagen del proceso de las entradas. Esto consiste en vaciar el estado de todas las señales de entrada procedentes de las tarjetas, en una región de la memoria, especialmente destinadas para ello, conocida como IPE (Imagen de Proceso de Entradas). Ver figura 3.13.1.



Durante la elaboración del programa, todas las consultas a los estados de señal de las entradas se hace de la Imagen de Proceso de Entradas y no directamente de las tarjetas.

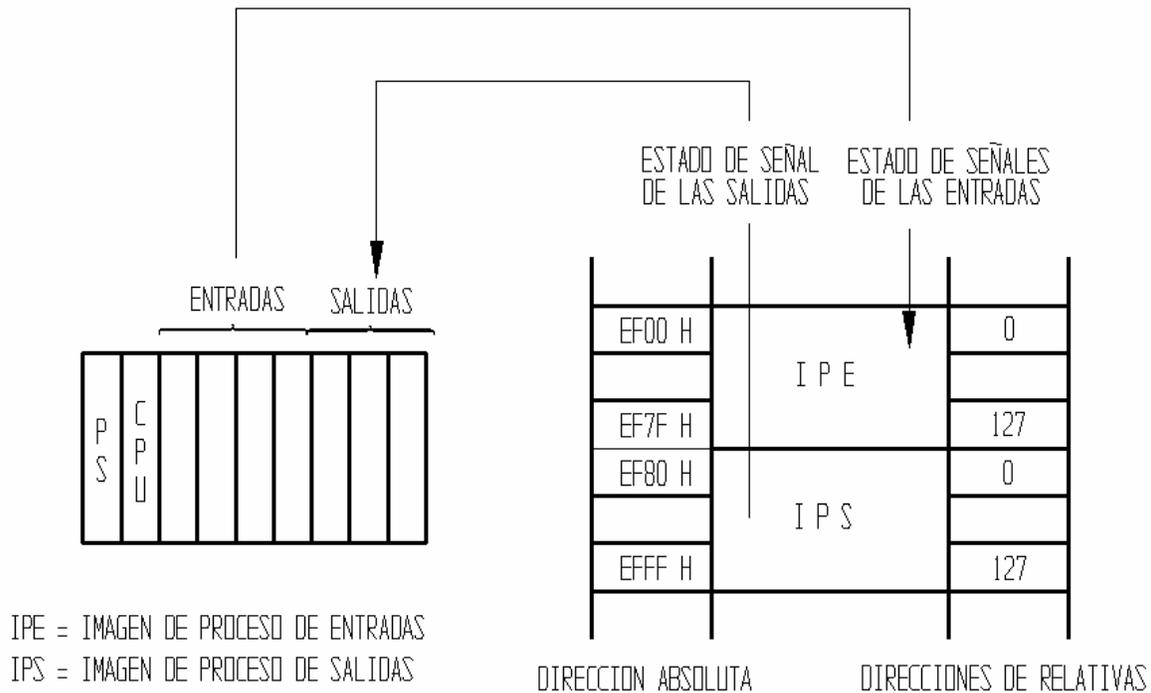


Fig. 3.13.1.- Imágenes del proceso.

Los resultados del programa, producidos por la asignación a las salidas, se describen en otra región de la memoria conocida como Imagen de Proceso de Salida (IPS). Al finalizar el programa después de la última instrucción, se transmiten los estados de señal contenida en la IPS a las tarjetas de salida. Hasta entonces se actualiza físicamente el estado de conexión y desconexión de las salidas.

Un cambio en el estado de señal de una entrada no puede ser detectada durante la elaboración del programa (ver figura 3.13.2), una vez iniciado el ciclo, los estados de señal con los que se trabaja son los estados "vacíos" inicialmente a la imagen del proceso.



Estos no volverán a actualizarse respecto a las tarjetas, hasta el siguiente ciclo, en el que nuevamente los estados de las señales son “vacidados” a la imagen del proceso.

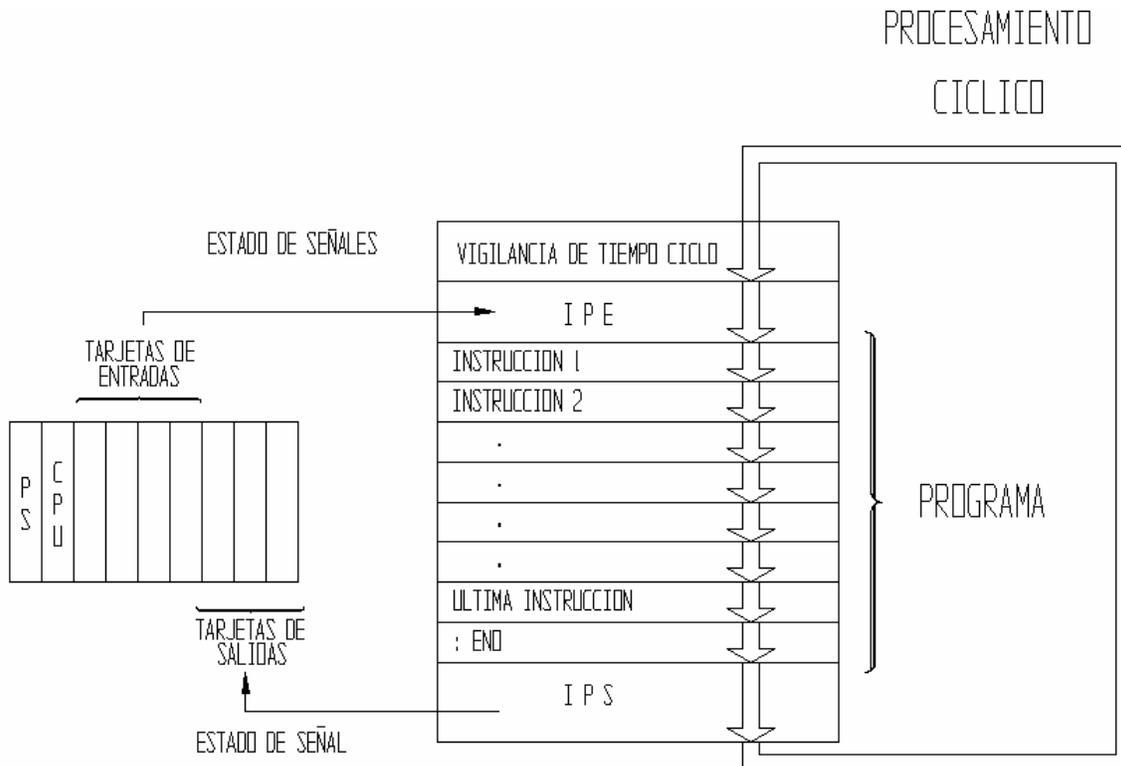


Fig. 3.13.2.- Actualización de las Imágenes del proceso.

Mediante las órdenes de carga y transferencia, es posible evitar el almacenamiento de la IPE e IPS. Y obtener o activar, en cualquier punto de la elaboración del programa, el estado de señal directamente de o en las tarjetas.



## 3.14.- ARCHIVOS DE PROGRAMA.

Organización de la memoria.- El procesador proporciona control por medio de un programa que el usuario crea llamado proyecto. Este proyecto contiene archivos que separan el programa en secciones que son más fáciles de manejar.

La mayor parte de las operaciones que realizan con el dispositivo de programación involucra al proyecto y a los dos principales componentes creados con este: los archivos de programa y los archivos de datos.

Los archivos de programa.- Contienen información del controlador, el programa de escalera principal y programas de subrutinas.

|       |                       |
|-------|-----------------------|
| 0     | Funciones del sistema |
| 1     | Reservado             |
| 2     | Programa del usuario  |
| 3-255 | Subrutinas            |

Programa de sistema SYS 0.- Este archivo contiene información relativa al sistema e información programada por el usuario tal como el tipo de procesador, configuración de E/S, contraseña y nombre del archivo

Reservado SYS 1.- Este archivo esta reservado.

Programa de escalera principal LAD 2.- Este archivo contiene instrucciones programadas por el usuario que definen como el controlador debe de funcionar.

Programa de subrutinas LAD 3-255.- Estos archivos son creados por el usuario y accedidos según las instrucciones de subrutinas que residen en el archivo de escalera principal.

ARCHIVOS DE DATOS.- Contiene la información de estado asociada con instrucciones de E/S y todas las otras instrucciones que el usuario utiliza en los archivos de programa de escalera principal y de subrutinas. Además, estos archivos almacenan información acerca de la operación del procesador.



Estos archivos están organizados según el tipo de datos que contienen. Los tipos de archivo de datos se muestran en la tabla 3.14.1 y son:

|            |  |
|------------|--|
| 0          | Imagen de salidas  |
| 1          | Imagen de entradas   |
| 2          | Status (estado del PLC.)   |
| 3          | Bits (Relays internos)   |
| 4          | Timer  |
| 5          | Contador   |
| 6          | Control  |
| 7          | Enteros  |
| 8          | Reservado  |
| 9          | Ver nota 9   |
| 10-255.1.1 | Bit, timer, contador, control o entero,<br>Asignado según necesidades. |

TABLA 3.14.1.- Archivos de datos.

- Salidas (archivo 0).- este archivo almacena el estado de las terminales de salida para el controlador
- Entrada (archivo 1).- Este archivo almacena el estado de las terminales de entrada para el controlador.
- Estado (archivo 2).- Este archivo almacena información de operación del controlador. Este archivo es útil para localizar y corregir fallos de la operación del controlador y programa.
- BIT (archivo 3).- Este archivo se usa para el almacenamiento de la lógica de rele interno.
- Temporizador (archivo 4).- Este archivo almacena a los temporizadores.
- Contador (archivo 5).- Este archivo almacena a los contadores.
- Control (archivo 6).- Este archivo almacena instrucciones específicas tales como registros de desplazamiento y secuenciadores.



- Enteros (archivo 7).- Este archivo se usa para almacenar valores numéricos o información de BIT.
- Punto (coma) flotante (archivo 8).- Este archivo almacena los números de 32 bits no extendidos de precisión única
- Nota.- el archivo de datos 9 puede ser usado como un archivo de datos ordinario, si el procesador no es utilizado en red o si el procesador está en red con equipos SLC-500 únicamente. El archivo de datos 9 es utilizado para transparencias de datos sobre una red RS485 para dispositivos que no son de la familia SLC-500. dispositivos fuera de esta familia no podrán escribir datos en este archivo.

Para fin de direccionamiento, cada tipo de archivo está identificado por una letra y un número. Los archivos numerados del 0 al 7 son los de default.

Si se requiere de almacenar más información, pueden crearse archivos adicionales especificando únicamente la letra y el número correspondiente del 10 al 255. Esto se aplica a los archivos BIT, Timer, Contador, Control y Enteros.

## 3.15.-INSTRUCCIONES BÁSICAS SLC-500

A continuación se presentará la información general acerca de las instrucciones generales y explica cómo funcionan en su programa de aplicación. Cada una de estas instrucciones básicas incluye información acerca de:

- Como aparecen los símbolos de instrucción.
- Como usar la instrucción

Estas instrucciones, cuando se usan en programas de escalera, representan circuitos de lógica cableados usados para el control de una máquina o un equipo. Las instrucciones básicas se dividen en tres grupos: bit, temporizador y contador.



## 3.16.- INSTRUCCIONES TIPO BIT.

Estas instrucciones operan en un solo bit de datos (ver tabla 3.16.1). Durante la operación, el procesador puede establecer o restablecer el bit, según la continuidad lógica de los escalones del diagrama de escalera. Puede direccionar un bit tantas veces como requiera su programa.

Las siguientes instrucciones bit se utilizan en todos los procesadores.

| INSTRUCCIÓN |   | FUNCION   |
|-------------|---|---|
| Mnemónico   | Símbolo   |   |
| XIC         |    | Examina un bit para una condición "ON"  |
| XIO         |    | Examina un bit para una condición "OFF"   |
| OTE         |    | Activa o desactiva un bit de acuerdo a la lógica de su correspondiente escalón                                    |
| OTL         |  | Activa un bit cuando las condiciones del escalón son verdaderas. Se utiliza en conjunto con la instrucción OTU    |
| OTU         |  | Desactiva un bit cuando las condiciones del escalón son verdaderas. Se utiliza en conjunto con la instrucción OTL |
| OSR         |  | Se pone en "1" durante un ciclo del PLC al detectar el flanco positivo de un bit                                  |

TABLA 3.16.1.- Instrucciones tipo Bit, mnemónica, símbolo y función.

**TIMER.**-Los timers son instrucciones de salida. Estas instrucciones se pueden programar en todos los procesadores de la familia SLC-500.

Se tienen tres tipos de timer:

- Timer On Delay (TON)
- Timer Off Delay (TOF)
- Timer Retentive On Delay (RTO)



Antes de programar un timer es importante dejar en claro algunos conceptos básicos sobre sus parámetros.

**VALOR ACUMULADO (ACC).**- Contiene el intervalo de tiempo que el timer ha contado.

**VALOR DE AJUSTE (PRE).**- Contiene el valor, que multiplicado por la base del tiempo, nos da el valor del tiempo real en segundos. Los intervalos de ajuste (preset) y acumulado tiene un rango de 0 a 32767. Estos valores por ningún motivo pueden ser negativos.

**BASE DE TIEMPO.**- La base del tiempo para procesadores fijos y modular, es de 0.01 seg. Para los procesadores 5/02 en adelante, se pueden elegir entre 0.01 seg. Y 1.0 seg.

**PRESICION DEL TIMER.**- La precisión del timer se refiere al tiempo que tarda en realizar su función. La precisión del timer depende de la base de tiempo que elija. Entre menos sea la base del tiempo seleccionada, mayor será la precisión del timer.

La siguiente figura 3.16.1, muestra la forma en que se representan los timer en el diagrama de escalera:

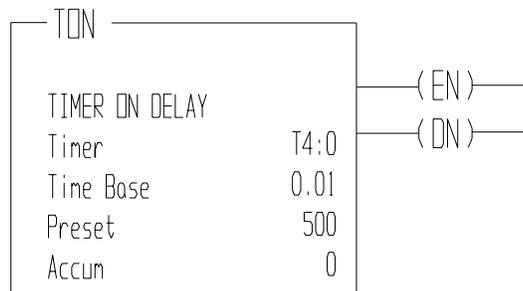


Fig. 3.16.1.- Representación del software de un temporizador.



CONTADORES.- Los procesadores de la familia SLC 500 tienen dos contadores de uso general, aunque algunos procesadores tienen un contador de alta velocidad. Estos tipos de contadores son:

- Conteo Ascendente (CTU)
- Conteo Descendente (CTD)
- Conteo de Alta Velocidad (HSC)

Antes de programar una instrucción de contador, es necesario que comprenda el significado de los siguientes parámetros:

VALOR ACUMULADO (ACC).- Es el número de flancos positivo que han ocurrido en el renglón del contador.

VALOR DE AJUSTE (PRE).- Es un valor comprendido entre  $-32768$  y  $+32767$ , el cual nos puede servir para limitar el contador en combinación con otras instrucciones.

Cuando el valor acumulado es igual o mayor al valor de ajuste, el bit de control DN (bit 13 de la palabra de control del contador) se pone en "1". Este bit lo puede utilizar cuantas veces sea necesario de acuerdo a las necesidades de su proceso.

CONTEO ASCENDENTE (CTU).- La instrucción CTU es una instrucción de salida remanente que cuenta los flancos positivos que se presenten en el renglón. La instrucción CTU incrementa en una unidad el contador cuando se presenta un flanco positivo en el renglón.

CONTEO DESCENDENTE (CTD).- La instrucción CTD es una instrucción de salida remanente que se activa cada que existe un flanco positivo en el renglón correspondiente. La instrucción CTD disminuye en una unidad el contador cuando se presenta un flanco positivo en el renglón correspondiente.

La siguiente figura 3.16.2 muestra la forma en que se presentan los contadores.

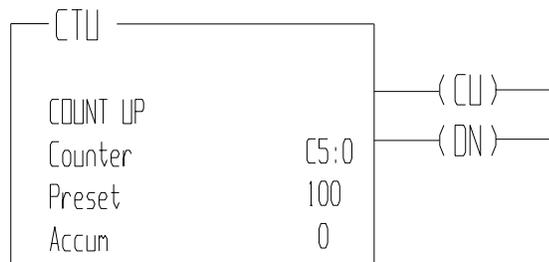


Fig. 3.16.2.- Representación del software de un contador.



## RESET DE TIMERS Y CONTADORES —(RES)—

La instrucción RES se utiliza para restablecer un temporizador o un contador. Cuando se habilita la instrucción RES, restablece la instrucción de retardo del temporizador a la conexión (TON), temporizador retentivo (RTO), conteo progresivo (CTU) o conteo regresivo (CTD) con la misma dirección que la instrucción RES.

| Usando una instrucción RES para un :   | El procesador restablece el:  |
|--|---|
| <p style="text-align: center;"><b>Temporizador</b><br/>(No use una instrucción RES con TOF.)</p> | Valor ACC a 0<br>Bit DN<br>Bit TT<br>Bit EN   |
| <p style="text-align: center;"><b>Contador</b></p>   | Valor ACC a 0<br>Bit OV<br>Bit UN<br>Bit DN<br>Bit CU<br>Bit CD   |
| <p style="text-align: center;"><b>Control</b></p>  | Valor POS a 0<br>Bit EN<br>Bit EU<br>Bit DN<br>Bit EM<br>Bit ER<br>Bit UL<br>IN y FD van al último estado |

TABLA 3.16.2.- Instrucciones de reseteo de un temporizador o un contador.

**NOTA:** No use la instrucción RES para restablecer una dirección de temporizador usada en una instrucción TOF. En caso contrario, puede ocurrir la operación inesperada de la máquina o lesiones al personal.



### 3.17.- INSTRUCCIONES DE COMPARACIÓN

Las siguientes instrucciones de entrada permiten comparar dos valores de datos.

| Para comparar...                                  | Utilice |
|---|---------|
| Si dos valores son iguales                        | EQU     |
| Si un valor no es igual a un segundo valor        | NEQ     |
| Si un valor es menor que un segundo valor         | LES     |
| Si un valor es menor o igual que un segundo valor | LEQ     |
| Si un valor es mayor que un segundo valor         | GRT     |
| Si un valor es mayor o igual que un segundo valor | GEQ     |

TABLA 3.17.1.- Instrucciones de comparación.

Suponer que se va a comparar si el valor acumulado del contador 5 es igual a 100 y que el resultado de la comparación se almacena en el bit 0.

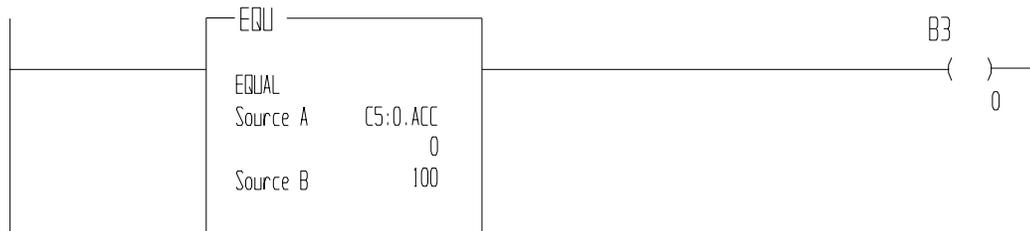


Fig. 3.17.1.- Instrucciones de Igualación.

Cuando la instrucción de comparación se cumple el resultado lógico es 1. el resultado lógico de un comparador se puede utilizar para activar una salida, un bit, arrancar un temporizador, incrementar o decrementar un contador, activar un salto, una zona de reset de control maestro, etc.

Para la fuente A (Source A) puede meter elementos tipo palabra y para la fuente B (Source B) elementos de tipo palabra o constantes.

- Palabras de timer o contador. (ACC, PRE)
- Palabra de bits. (B3:0, B3:2,... B3:255)
- Constantes. (15, 35, 100, etc.)

En general cualquier operando tipo palabra, como palabras de entrada, de salida, de enteros, etc.



### 3.18.-INSTRUCCIONES ARITMÉTICAS Y MATEMÁTICAS.

Las siguientes tabla 3.18.1 las instrucciones de salida permiten realizar operaciones aritméticas. Puede utilizar estas instrucciones todos los procesadores.

| Para...                    | Utilice |
|----------------------------|---------|
| Sumar                      | ADD     |
| Restar                     | SUB     |
| Multiplicar                | MUL     |
| Dividir                    | DIV     |
| Doble división             | DDV     |
| Cambiar signo              | NEG     |
| Poner en ceros una palabra | CLR     |
| Convertir a BCD            | TOD     |
| Convertir desde BCD        | FRD     |

TABLA 3.18.1.- Instrucciones aritméticas y matemáticas.

### 3.19.- OPERACIONES ARITMÉTICAS

Suponer que se desea sumar el valor acumulado del contador 0 con el valor acumulado del contador 1, y el resultado almacenarlo en la palabra de enteros 0.



Fig. 3.19.1.- Operación de adición.

Para que esta operación aritmética se lleve a cabo es necesario que la lógica del escalón sea verdadera, cuando es falsa no se ejecuta la operación.



Tanto para la fuente A (Source A) como para la fuente B (Source B), puede meter elementos tipo palabra o constantes, para el destino únicamente palabras.

El formato de cajón (figura 3.19.1) es válido para las cuatro operaciones aritméticas básicas.

Nota: el resultado de la operación, el cual se almacena en el destino, no debe de ser mayor a +32767 ni menor que -32768.

DOBLE DIVISIÓN.- El formato para una doble división es el mostrado en la siguiente figura 3.19.2:

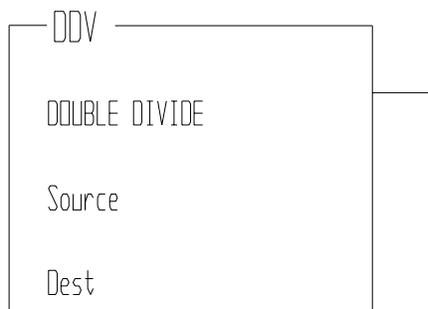


Fig. 3.19.2.- Operación de doble división.

El contenido del registro de la operación matemática anterior, es dividido por la fuente. El resultado es guardado en el destino.

INVERTIR EL SIGNO DE UN OPERANDO.- El formato para invertir el signo es el de la siguiente figura 3.19.3:



Fig. 3.19.3.- Operación de negación.

El valor de la fuente es cambiado de signo y el resultado es depositado en el destino.



PONER A CERO UNA PALABRA (CLEAR).- El formato para invertir el signo es el que se muestra en la siguiente figura 3.19.4:

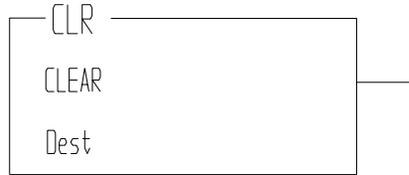


Fig. 3.19.4.- Poner a cero una palabra.

El valor de la palabra destino es puesta a cero.

## 3.20.- INSTRUCCIONES LÓGICAS Y DE MOVIMIENTO

En la siguiente tabla 3.20.1 se sintetizan las instrucciones de lógica y movimiento del controlador SLC 500:

| Para ...                        | Utilice |
|---------------------------------|---------|
| Mover Datos                     | MOV     |
| Mover Datos a través de Mascara | MVM     |
| And Digital                     | AND     |
| Or Digital                      | OR      |
| Or Exclusiva Digital            | XOR     |
| Not Digital                     | NOT     |

TABLA 3.20.1.- Instrucciones de lógica y movimiento.

TRANSFERENCIA DE DATOS (MOV).- La instrucción MOV nos ofrece la posibilidad de poder intercambiar información entre los diferentes archivos de datos del procesador.

La transferencia de datos es un comando sencillo: mover información de un archivo a otro. El formato es el de la figura 3.20.1:



Fig. 3.20.1.- Operaciones de transferencia de datos.



La instrucción MOV es una instrucción de salida que mueve el valor de la fuente al destino. El intercambio de información se realiza cuando las condiciones del escalón son verdaderas.

**TRANSFERENCIA DE DATOS A TRAVÉS DE MÁSCARA (MVM).**- La instrucción MVM es una instrucción que utiliza una palabra, llamada máscara, para mover la información a través de esta figura 3.20.2:



Fig. 3.20.2.- Instrucción transferencia de datos a través de una máscara.

Esta palabra (máscara) sirve para dejar pasar o no dejar pasar determinados bits de la fuente al destino, es decir se elige cuales bits pasan y cuales no, de la fuente al destino.

En esta palabra se pone un “1” al bit que se desea copiar y un cero al bit que no se desea copiar. La máscara debe ser un valor hexadecimal constante.

**OPERACIONES COMBINACIONALES DIGITALES.**- Las operaciones combinacionales AND, OR y XOR nos permiten combinar bit a bit dos operandos digitales. El formato de estas operaciones es el siguiente (figura 3.20.3):



Fig. 3.20.3.- Operación combinacional digital AND.

El valor de la fuente A es combinado bit a bit con el valor de la fuente B y depositado en el destino.



INVERSOR (NOT).- Esta instrucción nos permite invertir bit a bit el contenido de la fuente y el resultado lo almacena en el destino. El formato de la instrucción es el siguiente (figura 3.20.4):



Fig. 3.20.4.- Inversión de Bit.

## 3.21.- INSTRUCCIONES DE LLENADO Y COPIADO DE ARCHIVOS

Estas instrucciones son las siguientes:

- Copy file      COP
- Fill file        FLL

Estas instrucciones tienen el siguiente formato (figura 3.21.1):



Fig. 3.21.1.- Instrucción de copiado de archivos.

El tipo de archivo del destino determina el número de palabras que la instrucción transfiere. Por ejemplo, si el archivo destino es de contadores y la fuente es un archivo de enteros, tres palabras de enteros son transferidas por cada contador.



## SIMULADOR DE SISTEMAS DE CONTROL



**COPIADO DE ARCHIVOS (COP).**- La instrucción COP copia datos de un archivo a otro. Tanto para la dirección del archivo fuente como para la dirección del archivo destino, debe utilizar el indicador # antes de la dirección.

La dirección que debe especificar en el archivo fuente es donde se inicia la copia. La dirección que debe especificar es el destino, donde se va a empezar a depositar la copia

La longitud corresponde al número de elementos del archivo que se desean copiar. Si el tipo de archivo del destino es de tres palabras por elemento, la longitud máxima que se puede especificar es de 42. Si el tipo de archivo destino es de una palabra por elemento, la longitud máxima que se puede especificar es de 128.

Por cada scan que las condiciones del escalón sean verdaderas, todos los elementos son copiados desde la fuente especificada hasta el destino indicado. Los elementos son copiados en forma ascendente.

**LLENADO DE ARCHIVOS (FLL).**- La instrucción FLL carga los elementos de un archivo con una constante o el valor de una dirección, la cual se especifica en la fuente.

En el destino debe poner la dirección a partir de la cual el archivo va a ser cargado con el valor de la fuente. Se debe de utilizar el indicador # antes de la dirección.

Para la longitud se deben respetar las indicaciones de la instrucción anterior.

Por cada scan que las condiciones del escalón sean verdaderas, todos los elementos del destino, a partir de la dirección indicada, son llenadas con el valor indicado en la fuente.

### INSTRUCCIONES QUE PERTENECEN AL ARCHIVO DE DATOS No. 6 (CONTROL).

Las instrucciones que pertenecen al archivo de control son:

- Bit Shift Left                    BSL
- Bit Shift Right                    BSR
- Sequencer Output                SQO
- Sequencer Compare                SQC

**INSTRUCCIONES DE CAMBIO DE BIT.**- Las instrucciones BSL y BSR son instrucciones de salida que desplazan un registro de un número determinado de bits, hacia la izquierda o hacia la derecha, un bit a la vez.



## SIMULADOR DE SISTEMAS DE CONTROL



Los valores de los bits son depositados de izquierda a derecha (BSR) o de derecha a izquierda (BSL), uno a la vez a partir del bit indicado hasta alcanzar el número indicado en la longitud.

Las instrucciones de cambio de bit tienen el formato siguiente (figura 3.21.2):

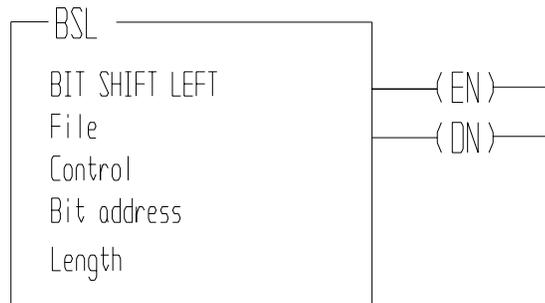


Fig. 3.21.2.- Instrucciones de cambio de Bit (BSL, BSR).

### Parámetros.

- FILE.- La dirección bit, a partir del cual se realiza el desplazamiento hacia la derecha o hacia la izquierda, un lugar a la vez. Debe utilizar el indicador # antes de la dirección.
- CONTROL.- Número del elemento que se está utilizando en el archivo No.6
- BIT ADDRESS.- Se indica la dirección de un bit. El estado de este bit determina el estado del bit que queda libre al momento de realizar el desplazamiento.
- LENGHT.- Número de bit que son involucrados en el desplazamiento, a partir del bit indicado en el primer punto.

**INSTRUCCIONES DE SECUENCIA.-** El secuenciador de salida (SQO) transfiere datos de 16 bits (word) a una palabra destino. Se utiliza para controles secuenciales.

El secuenciador de comparación (SQC) compara datos de 16 bits (word) con datos almacenados en el procesador. Se utiliza para propósitos de condiciones de operación o diagnóstico.



Los secuenciadores tienen el siguiente formato (figura 3.21.3):

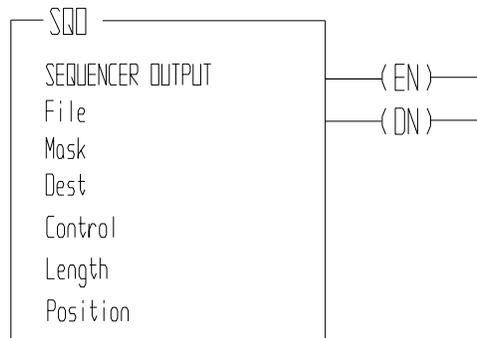


Fig. 3.21.3.- Instrucción de secuencia.

Parámetros.

- FILE.- Dirección del archivo de donde se toman las palabras que se van a copiar hacia el destino, una palabra a la vez. Debe de utilizar el indicador # antes de la dirección.
- MASK.- Es un número hexadecimal de una palabra, a través de la cual pasaran los datos al destino.
- DEST.- Dirección de la palabra destino en la cual se deposita la copia.
- CONTROL.- Número de elementos que se esta utilizando en el archivo 6.
- LENGHT.- Número de palabras que serán transferidas (una a la vez).
- POSITION.- Posición del secuenciado.

## 3.22.- INSTRUCCIONES DE CONTROL EN LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA.

Las instrucciones de control permiten cambiar el orden en el cual el procesador ejecuta el programa de escalera. Típicamente estas instrucciones se utilizan para minimizar el tiempo de ejecución del programa, crear un programa más eficiente y localizar más fácil las fallas del programa. Utilice las siguientes instrucciones de control en todos los procesadores.



**JUMP TO LABEL (JMP & LBL).**- La instrucción JMP (JUMP) es una instrucción de salida. Cuando las condiciones del escalón son verdaderas, el procesador salta a otra parte del programa indicado por la etiqueta (LABEL "LBL"). Esta etiqueta puede encontrarse en cualquier parte del programa, ya sea adelante o atrás de la instrucción de salto. Varias instrucciones de salto pueden tener la misma etiqueta.

Se debe de tener mucha precaución cuando se utilicen los operandos de salto, ya que un salto repetitivo hacia atrás puede crear un encajonamiento en el programa y en consecuencia un alargamiento en el tiempo de ciclo. Si se rebasa el tiempo de ciclo preestablecido del procesador, este va a stop. Las etiquetas permitidas se introducen al programa en forma decimal (0-999).

La siguiente figura 3.22.1 muestra un ejemplo de cómo se programa esta instrucción de salto y su correspondiente etiqueta.

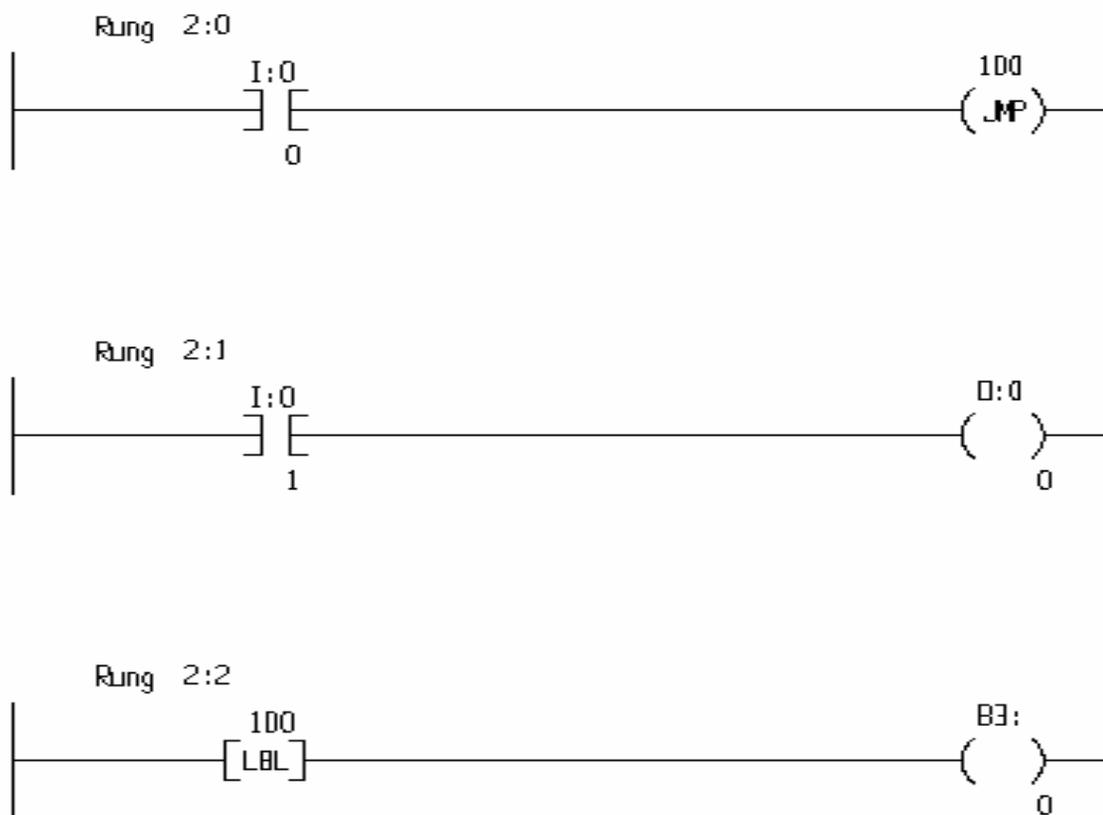


Fig. 3.22.1.- Ejemplo de llenado de una instrucción de salto.

**MASTER CONTROL RESET (MCR).**- La instrucción MCR es una instrucción de salida utilizada en pares. Esta instrucción le permite al procesador habilitar o inhibir una zona de su diagrama de escalera con su aplicación lógica.



La zona se inicia con una instrucción MCR condicionada. Cuando la lógica de escalón es falsa, todas las salidas del escalón son habilitadas. El procesador escanea todas las instrucciones de salida, dentro de la zona, como si fueran falsas. Cuando el escalón de MCR es verdadero, las salidas dentro de la zona obedecen la lógica de su correspondiente escalón. La zona debe terminar con una instrucción MCR incondicional.

**JUMP TO SUBROUTINE (JSR).**- Cuando las condiciones de Escalón para una instrucción JSR son verdaderas, el procesador salta al archivo de subrutina indicado en la instrucción (Figura 3.22.2).

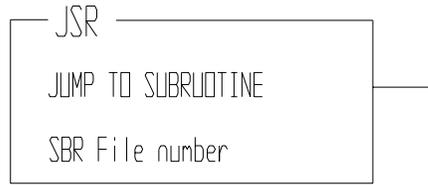


Fig. 3.22.2.- Instrucción salto de subrutina.

**SUBROUTINE (SBR).**- Esta instrucción debe ser programada como la primera instrucción del primer Escalón de la subrutina en cuestión. Esta instrucción siempre es evaluada como verdadera (Figura 3.22.3).



Fig. 3.22.3.- Instrucción de subrutina.

**RETURN (RET).**- Esta instrucción debe de ser la única del último Escalón de la subrutina en cuestión (Figura 3.22.4).



Fig. 3.22.4.- Instrucción de retorno.

**TEMPORARY END (TND).**- Esta instrucción es de fin de programa condicional. Cuando las condiciones del escalón son verdaderas, el procesador ya no ejecuta las instrucciones restantes y comienza su ciclo de nuevo. Cuando las condiciones del escalón son falsas el procesador continua ejecutando las instrucciones (Figura 3.22.5).



Fig. 3.22.5.- Instrucción de fin de programa condicional.



### **3.23.- BREVE DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN RS LOGIX 500**

El software de programación RS Logix 500 es el paquete de programación con el que se desarrolla la programación de diagrama de escalera para los procesadores SLC 500 de Allen Bradley.

Este software ha sido desarrollado para trabajar dentro del entorno del sistema operativo Windows 95/98/NT, y es compatible con cualquier tipo de programa creado con cualquier software de rockwell basado en DOS.

Algunas de las características del software son:

- Una interfase de usuario y conjunto de funciones comunes.
- Editor de forma libre de lógica de escalera fácil de utilizar.
- Conjunto de E/S con solo apuntar y hacer clic.
- Interfase de usuario intuitiva de Windows.
- Poderoso editor de base de datos.
- Herramientas para diagnóstico y resolución de problemas.
- Comunicaciones confiables.

Para navegar a través de las diferentes ventanas y barras de herramienta dentro del RS Logix, se debe de entender el contenido de cada una de ellas y la funcionalidad que cada una de ellas proporciona.



En el software de programación (figura 3.23.1) se pueden identificar las siguientes partes:

**1.- Barra de Menús.-** En la barra de menús se pueden seleccionar las diferentes opciones que aparecen en forma desplegada, cuando se hace un clic en cualquiera de las opciones que conforman este menú.

**2.- Barra de Herramientas Estándar.-** Con un solo clic en cualquiera de los iconos que conforman esta barra, se ejecuta la función seleccionada.

**3.- Barra Offline/Online.-** Por medio de esta opción se puede elegir entre el modo Offline o el modo Online. Cuando se está en línea, se muestra si el P.L.C. se encuentra en el modo programa remoto o marcha, y aquí mismo se puede cambiar entre cualquiera de estos dos modos, entre otras opciones.

**4.- Barra de Herramientas de Instrucciones.-** En esta zona se encuentran todas las instrucciones SLC 500 para la realización de los programas de escalera. Las instrucciones se hallan clasificadas en grupos funcionales: Bit, Timer/Counter, Compare, Control, Matemáticas, Lógica/Movimiento, etc.

**5.- Árbol del Proyecto.-** Esta zona contiene todas las carpetas y archivos que conforman el proyecto. Algunas de las carpetas que contiene el árbol son: Controlador, Archivo de forzado, Archivo de programas, Archivo de datos, etc.

**6.- Editor de Escalera.-** Esta zona es donde se realizan los escalones de un diagrama de escalera. Es un editor de formato libre.

**7.- Barra de Estado.-** Se da información de las opciones o instrucciones con las que se trabaja en este momento.

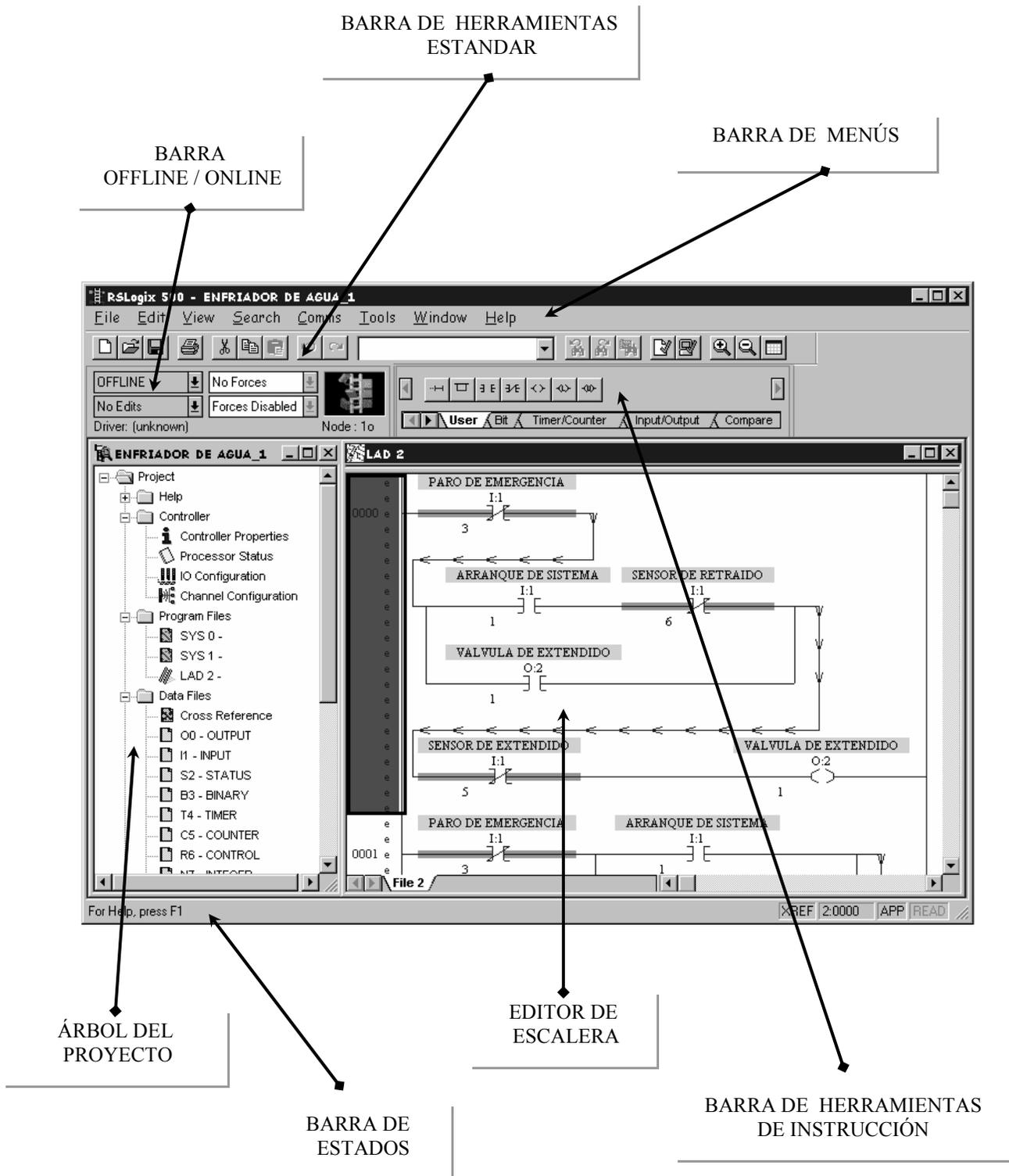


Fig. 3.23.1.- Ventana principal del software.



## 3.24.- CREAR UN NUEVO PROYECTO.

Para crear un nuevo proyecto, desde la barra de menús seleccione archivo > nuevo (figura 3.24.1) o simplemente, desde la barra de herramientas estándar se hace un clic sobre el icono de nuevo proyecto, en pantalla aparecerá lo siguiente:

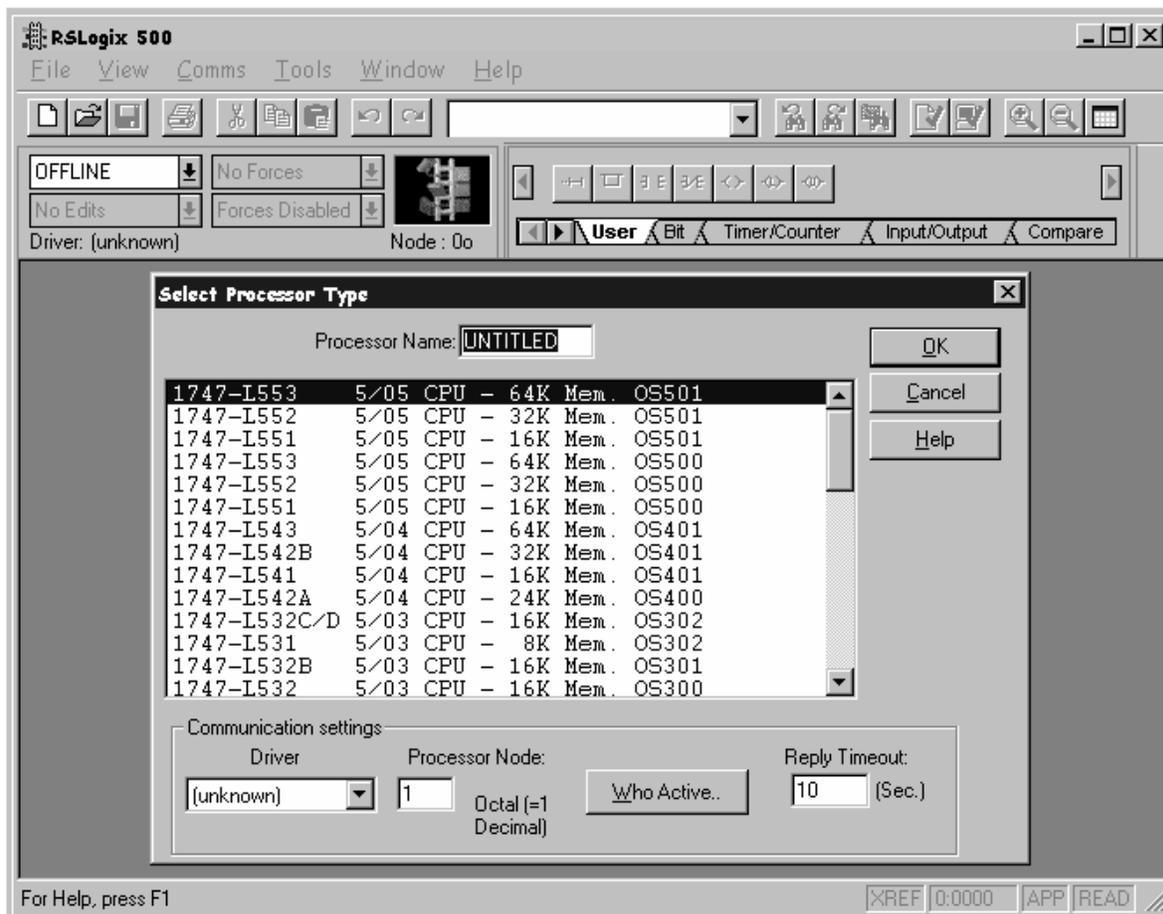


Fig. 3.24.1.- Ventana para seleccionar el tipo de procesador.



# SIMULADOR DE SISTEMAS DE CONTROL



Una vez en que aparece el cuadro anterior, proceda a teclear el nombre que le desea dar a su proyecto, sin presionar enter. Enseguida, seleccione el procesador con el que se va a trabajar y haga clic en el botón de “OK”, y aparecerá en la pantalla la siguiente figura 3.24.2:

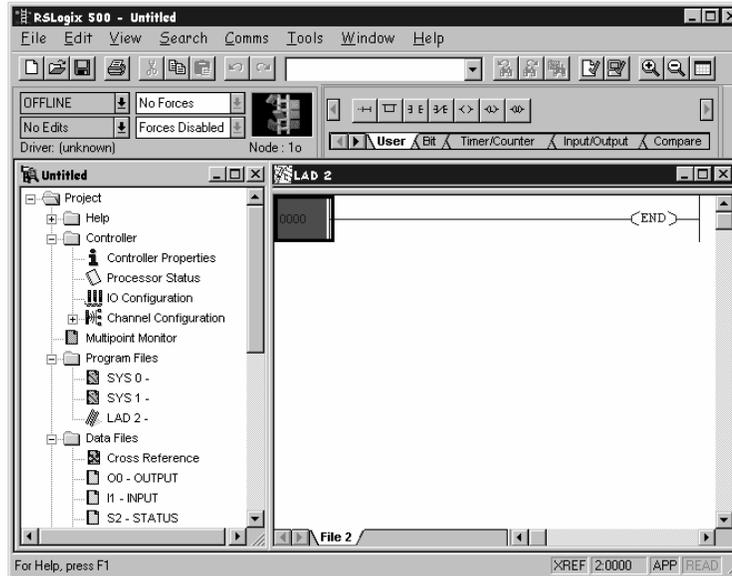


Fig. 3.24.2.- Ventana de inicio de programación.

El siguiente paso es configurar los módulos de entrada y salida, siempre y cuando se trate de un PLC modular o cuando a un PLC fijo se le haya agregado un rack de expansión de dos slots. En el árbol del proyecto haga doble clic en configuración de E/S, aparecerá lo siguiente como se ve en la figura 3.24.3:

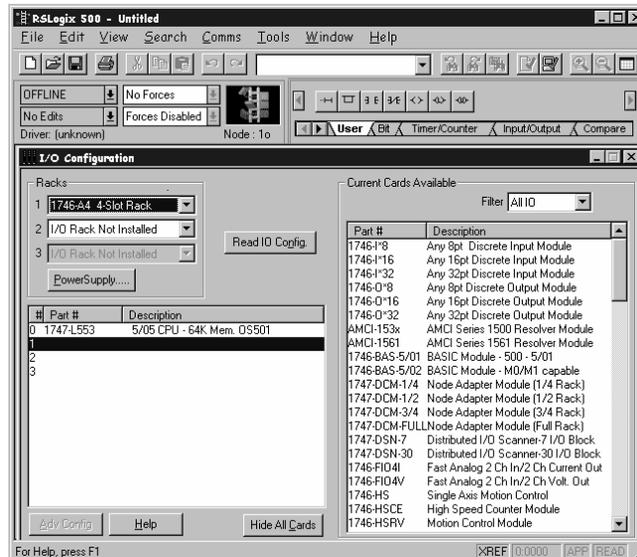


Fig. 3.24.3.- Ventana de configuración para entradas y salidas.



En el slot No. 0 aparecerá automáticamente el procesador seleccionado, los restantes slots hay que configurarlos. Simplemente haga doble clic en el módulo deseado en la lista de módulos que aparece en el lado derecho. Cuando se hayan configurado todos los slots, simplemente cerrar la ventana y empezar a editar el diagrama de escalera en la zona correspondiente.

Para iniciar un diagrama de escalera, haga clic en el cuadro que indica el número de escalón del diagrama de escalera (0000). Véase figura 3.24.4.

En la barra de herramientas de instrucciones hacer doble clic sobre el elemento que desee poner en el diagrama de escalera. Por ejemplo, si se desea poner un contacto abierto en el diagrama de escalera haga clic sobre el símbolo del contacto, este aparecerá en el diagrama de escalera.

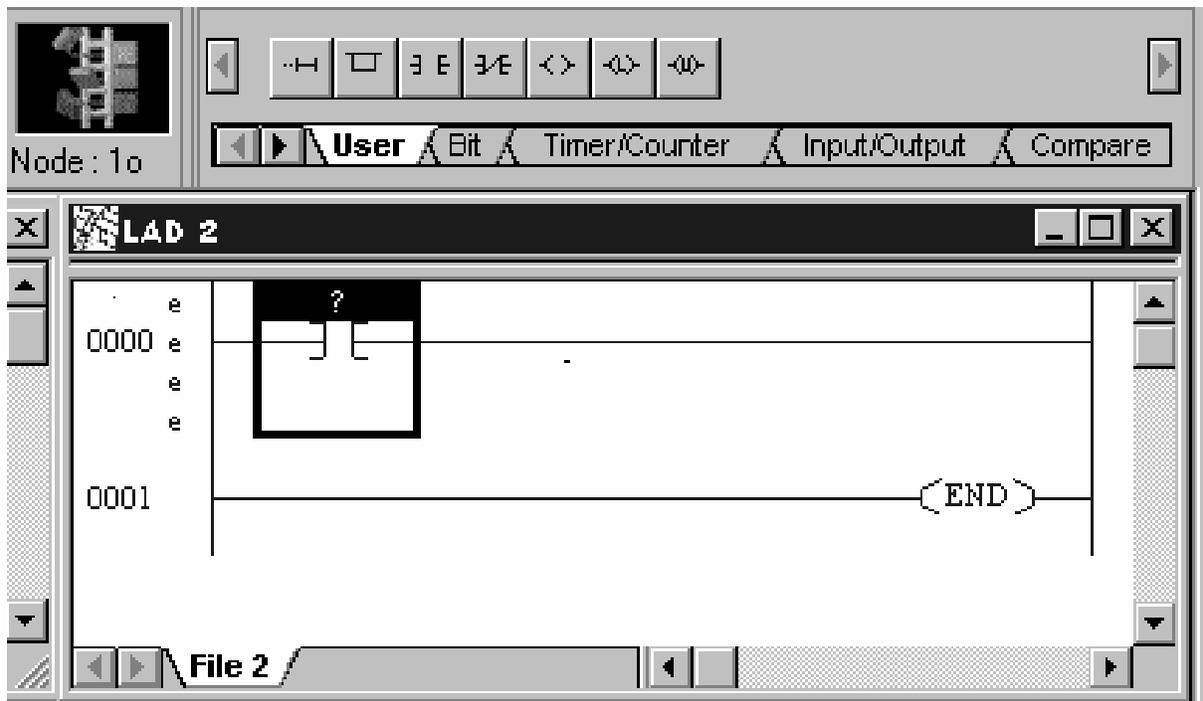


Fig. 3.24.4.- Ejemplo de instrucción de contactos.



Si se desea poner otro contacto en el diagrama de escalera, simplemente vuelva a hacer clic sobre dicho contacto (figura 3.24.5). El nuevo contacto aparecerá a la derecha del primer contacto que se introdujo.

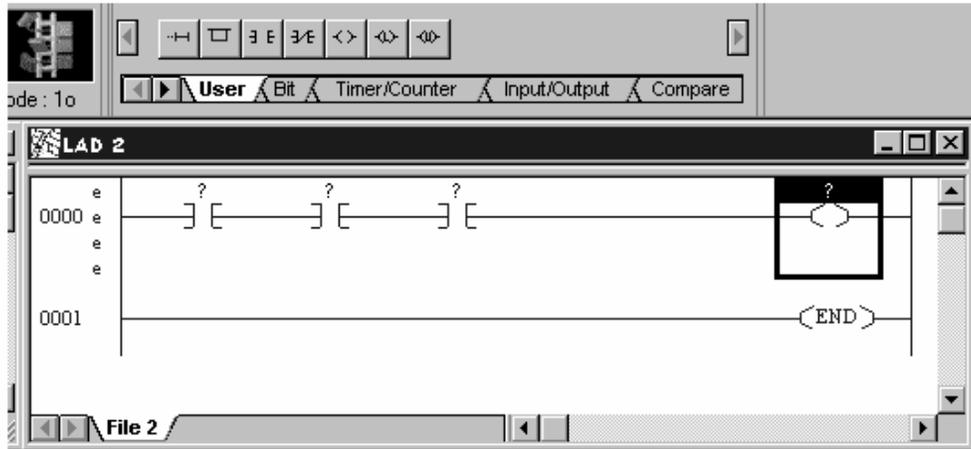


Fig. 3.24.5.- Ejemplo de colocación de instrucción de salida.

Si se desea agregar una rama en paralelo en el tercer contacto del escalón que se muestra en la figura anterior, se procede de la siguiente manera:

-Desplazar el cursor hasta ubicarlo sobre el contacto, tal y como se muestra en la figura anterior.

-Hacer clic sobre el símbolo de rama (Figura 3.24.6).

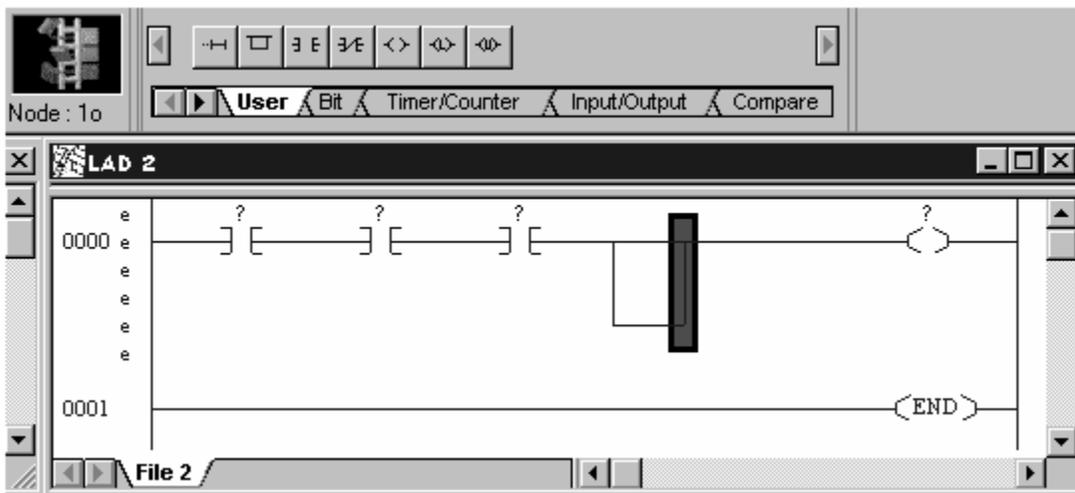


Fig. 3.24.6.- Ejemplo de colocación de derivaciones en paralelo.



-Hacer clic (sin soltar el botón del mouse) sobre la barra que aparece sobre el lado derecho de la rama. Arrastrar el mouse hasta la posición deseada y soltar el botón del Mouse. Figura 3.24.7.

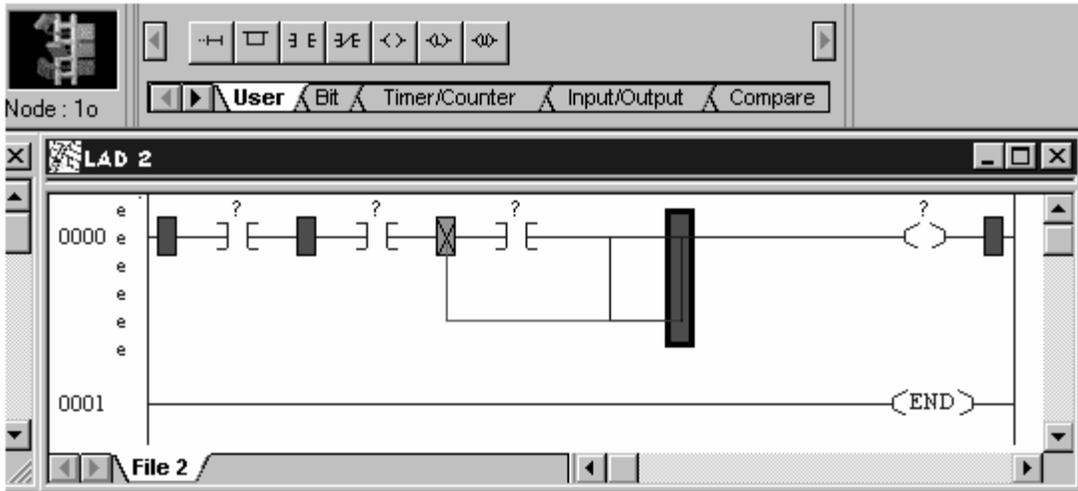


Fig. 3.24.7.- Ejemplo de posicionar correctamente la derivación en paralelo.

Una vez realizada la operación se aparece la rama del editor del diagrama de escalera como se ve en la figura 3.24.8.

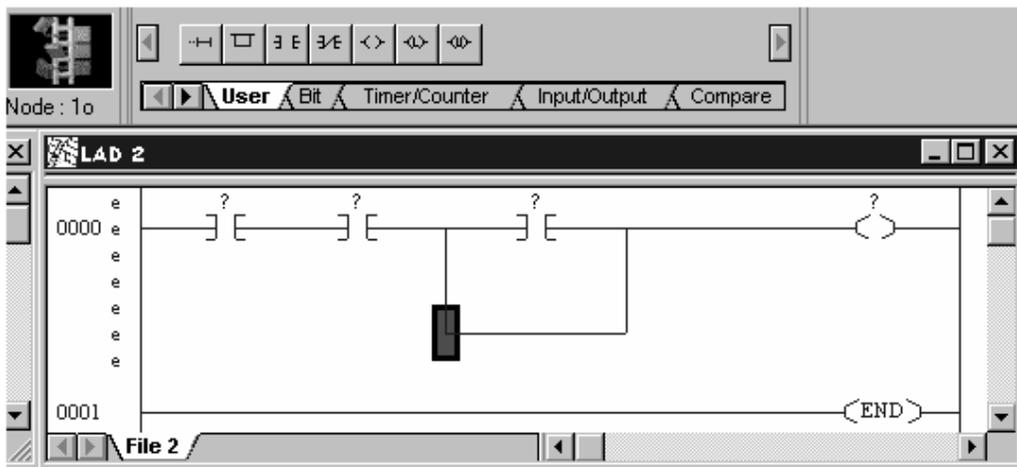


Fig. 3.24.8.- Ejemplo de llenado de la derivación en paralelo.



Ubicando el cursor en la esquina inferior izquierda de la rama y poner los elementos que se van a colocar, de izquierda a derecha (Figura 3.24.9).

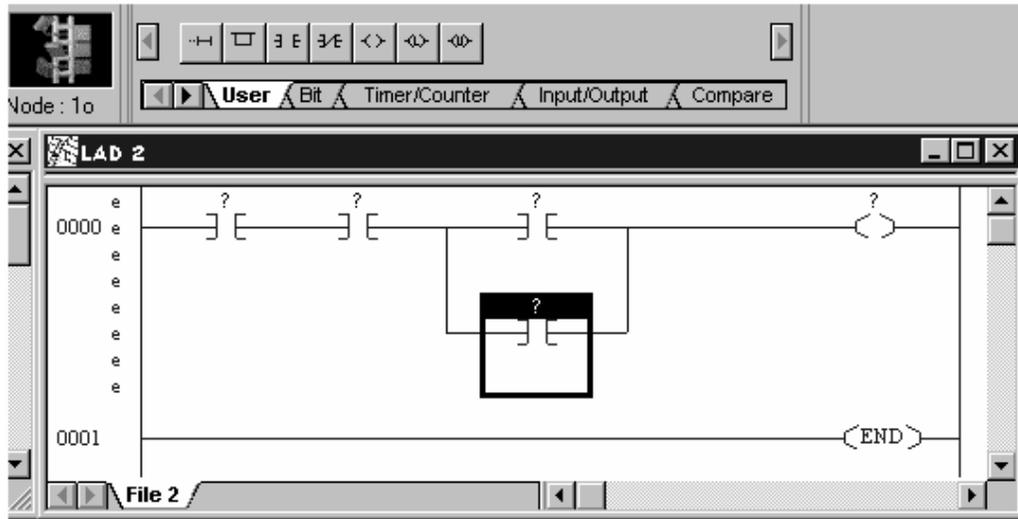


Fig. 3.24.9.- Ejemplo de colocación de una instrucción en paralelo.

Asignar el operando a cada elemento del diagrama de escalera.

Las correcciones que se deseen realizar, las puede hacer directamente sobre la instrucción afectada. Se puede sobrescribir operandos, borrar elementos del diagrama de escalera, añadir o insertar escalones, copiar y pegar parte del programa de escalera, y en general, aplicar todas las herramientas estándares de Windows.

Guardar el proyecto una vez terminado.



## CAPÍTULO IV

# DESCRIPCIÓN Y UTILIZACIÓN DEL SIMULADOR

4.1.- INTRODUCCIÓN.

4.2.- DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS.

4.2.1.- ESTRUCTURA PRINCIPAL.

4.2.2.- ESTACIÓN DE TRABAJO.

4.2.3.- TABLERO DEL CONTROLADOR.

4.2.4.- TABLERO DE ENTRADAS.

4.2.5.- TABLERO DE SALIDAS.

4.3.- FUNCIONAMIENTO DEL SIMULADOR.

4.3.1.- EJEMPLO DE UTILIZACIÓN.



## CAPÍTULO IV.- DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO.

### 4.1.- INTRODUCCIÓN.

El presente manual es una ayuda para entender el funcionamiento adecuado del simulador de control que procesa y ejecuta las funciones de control que le ingresan al controlador por medio de la estación de trabajo que contiene el software de programación.

Se debe de tomar en cuenta que los componentes y software de programación que integran al simulador están basados y referenciados al controlador lógico programable SLC 500 de Allen Bradley por que es el que se encuentra en existencia en el laboratorio de control de la FES Aragón.

Es una herramienta que le ayuda al estudiante a comprobar la lógica de control que haya estructurado de un proceso o de un proyecto a automatizar por medio del P.L.C. Basados en este concepto se pretende que el estudiante elabore y resuelva la lógica de programación, traduciéndolo en instrucciones de programación que plasmará en la estación de trabajo para que posteriormente grabe en la memoria del P.L.C., y por medio de los elementos que se encuentran en el tablero de entradas “simule” las condiciones físicas en las que se encenraría la máquina o el proceso a automatizar. Visualizándose en el tablero de salidas las funciones o instrucciones que el estudiante desarrollo para el proyecto al cual elaboró el programa.

Con el simulador el estudiante solo se encargara de elaborar el programa y pasarlo al P.L.C., en la mayoría de los casos. Pero además el simulador contara con entradas y salidas adicionales (conectores rápidos con direccionamiento al P.L.C.), con el fin de un proyecto o mecanismo físico externo se pueda automatizar con ayuda del simulador.



## 4.2.- DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS.

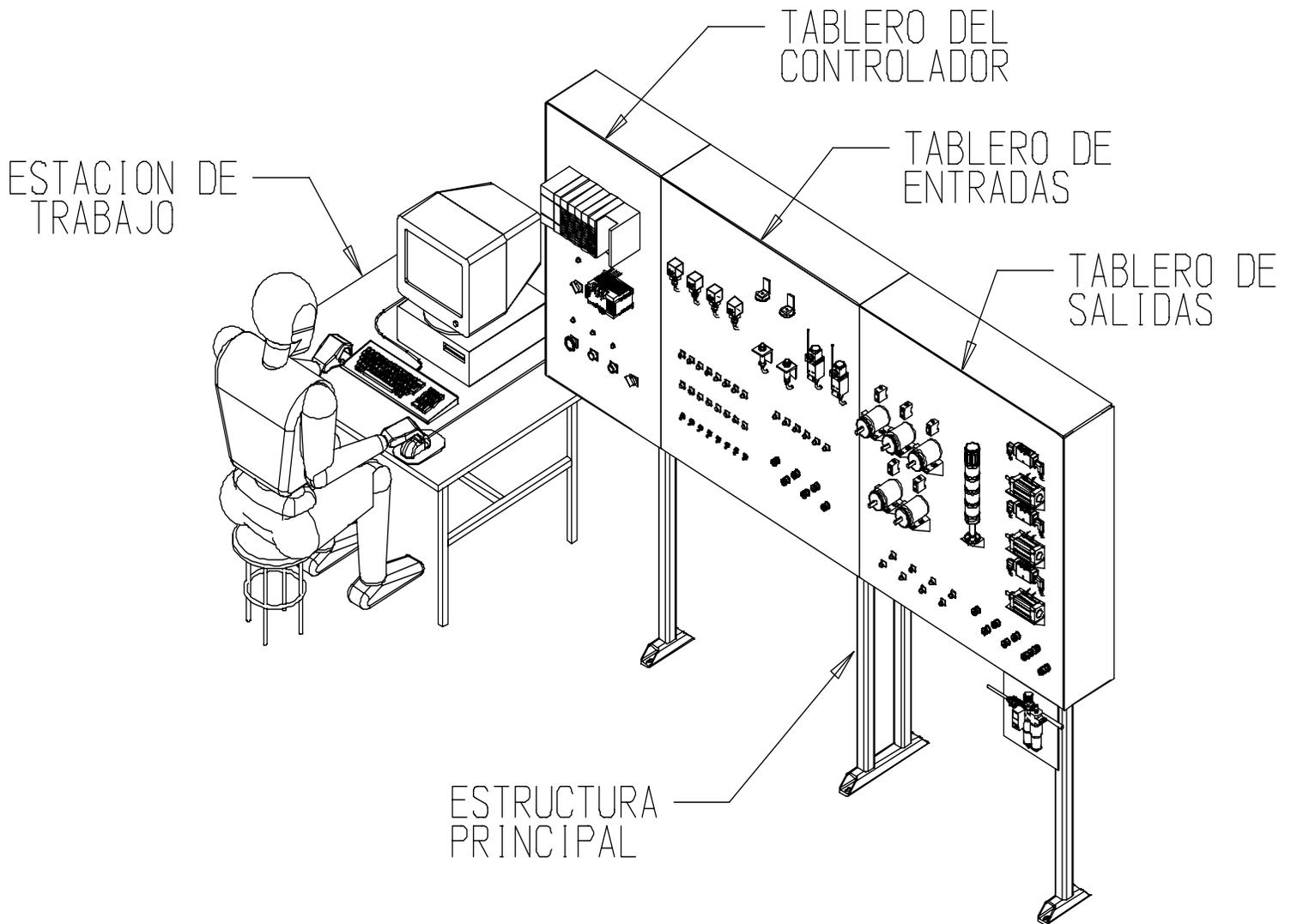


Fig. 4.2.- Elementos que componen al Simulador de Control.



Se compone de las siguientes partes:

- **Estructura principal.**
- **Estación de trabajo.**
- **Tablero del controlador.**
- **Tablero de entradas.**
- **Tablero de salidas.**

**4.2.1.- ESTRUCTURA PRINCIPAL.-** Es el conjunto metálico en el cual se alojan los componentes mecánicos, neumáticos y eléctricos contenidos en los tableros con cubiertas de plástico.

La estructura principal se compone:

1. Soporte Metálico
2. Cubiertas de Plástico
3. Unidad de Mantenimiento

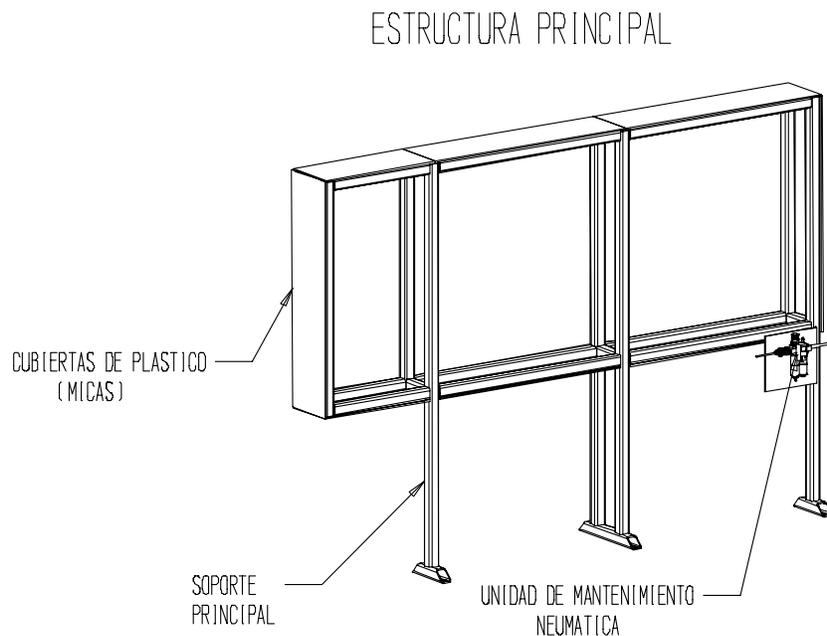


Fig. 4.2.1.- Componentes de la Estructura Principal del Simulador.



Soporte Metálico.- Es una estructura de P.T.R. de 2" x 2" x 0.11" espesor que soportara a todos los componentes del simulador. Anclada al piso por medio de 6 taquetes expansivos de 3/8" x 2" de longitud, repartidos en las 3 bases del soporte.

Cubiertas de Plástico.- Son láminas de plástico (micas) que en la parte frontal sirven para fijar los componentes del simulador tales como el P.L.C., sensores, cilindros, botones, etc., y en las partes laterales y traseras sirven de protección al cableado del sistema. Se sugiere que esta mica sea transparente para que pueda observar desde cualquier punto el etiquetado de cada hilo conductor que corresponde a la ingeniería de control.

Unidad de Mantenimiento.- Elemento colocado sobre una de las bases de la estructura metálica en donde contiene los componentes de filtración, regulación, lubricación y el sensor de presión. Este arreglo nos permite monitorear la correcta presión y la optima calidad de aire comprimido que ingresa al sistema neumático contenido en el tablero de salidas (ver apartado 4.2.5).

**4.2.2.- ESTACIÓN DE TRABAJO.** – Es el conjunto de hardware y software con el cual el alumno realiza la comunicación con el P.L.C., para descargar su serie de instrucciones en la solución de un proyecto a automatizar.

Además, con esta estación se puede revisar el proceso en cualquier instante de la operación para una mejor visualización y corrección si se requiriese.

La estación de trabajo se compone de:

1. Mesa movable.
2. Computadora Personal.
3. Software de Programación (RS Logix).
4. Interfaz de Comunicación (1747-PIC).



## ESTACIÓN DE TRABAJO

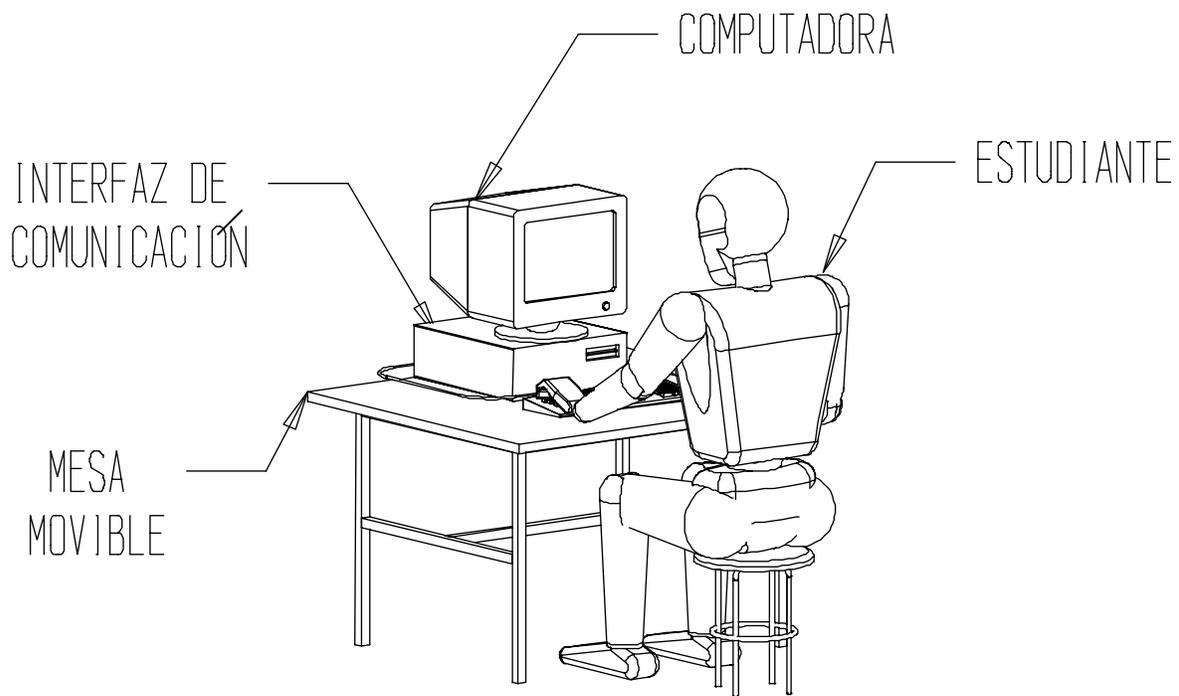


Fig. 4.2.2.- Componentes de la Estación de Trabajo del Simulador.

**Mesa Movable.-** Es la estructura por medio de la cual se traslada la computadora de un equipo de trabajo a otra dentro del laboratorio, para que cada persona o representante de equipo introduzca su lógica de control al software de programación y posteriormente descargar el programa en la memoria del P.L.C., así como visualizar en el monitor la secuencia de encendido y apagado de señales mientras esta corriendo el programa.



Computadora Personal.- Es el dispositivo hardware compuesto de monitor, CPU, teclado y mouse; mediante el cual se encuentra alojado el software de programación RS Logix, los requisitos mínimos para que pueda trabajar este, son los siguientes:

- ✓ Un sistema operativo Windows 95/98/NT o XP.
- ✓ Microprocesador Intel Pentium II o mayor.
- ✓ 128 MB en memoria RAM.
- ✓ 45 MB en espacio disponible en disco duro.
- ✓ Monitor SVGA 256-color con adaptador grafico y resolución 800x600.
- ✓ Un CD ROM drive.
- ✓ Unidad A de 3.5" de disco (solo para la activación).
- ✓ Cualquier mouse compatible con Windows.

Software de Programación (RS Logix).- Es un paquete de programación con un editor en escalera de 32 bits para procesadores SLC 500 y Micrologix. Dentro de lo más sobresaliente podemos mencionar:

- ✓ Verificador de errores que construye una tabla en la cual se puede navegar para corregirlos.
- ✓ Tomar y arrastrar elementos de la tabla de datos desde un archivo a otro, correr una subrutina o proyecto hacia otro.
- ✓ Buscar y remplazar cambios de una dirección o símbolo en particular.
- ✓ Requiere de una copia del software de comunicación RS Linx Lite versión 2.31.00 o mayor.



Interfaz de comunicación.- la conexión física para los procesadores SLC 500 será por medio del canal DH-485 el cual ofrece las siguientes características:

- ✓ velocidades de comunicación de hasta 19.2 K baudios.
- ✓ aislamiento eléctrico a través de 1747-PIC.
- ✓ longitud de red máxima de 1219 m (4,000 pies).
- ✓ especificaciones eléctricas RS-485.
- ✓ conexión de cable Belden 9842 entre nodos (conexión en cadena).
- ✓ El control de los estados de datos y del procesador, conjuntamente con la carga y descarga de cualquier dispositivo en una red desde una ubicación.
- ✓ Los procesadores SLC se pasan datos entre ellos (comunicación entre dispositivos semejantes).
- ✓ Los dispositivos de interfase de operador obtienen acceso a datos desde cualquier procesador SLC en la red.



**4.2.3. TABLERO DEL CONTROLADOR.-** Es el conjunto de elementos que son la base del simulador, en él se concentra el manejo de la energía y el procesamiento de las señales que intervienen en las tareas a automatizar (Figura 4.2.3).

Con este tablero, el alumno tendrá el control total de la tarea a realizar (con ayuda de la estación de trabajo), lo que se asemejaría a un panel de control donde se controla una máquina o un proceso industrial, siendo monitoreado por medio de la computadora la secuencia de operación del proceso.

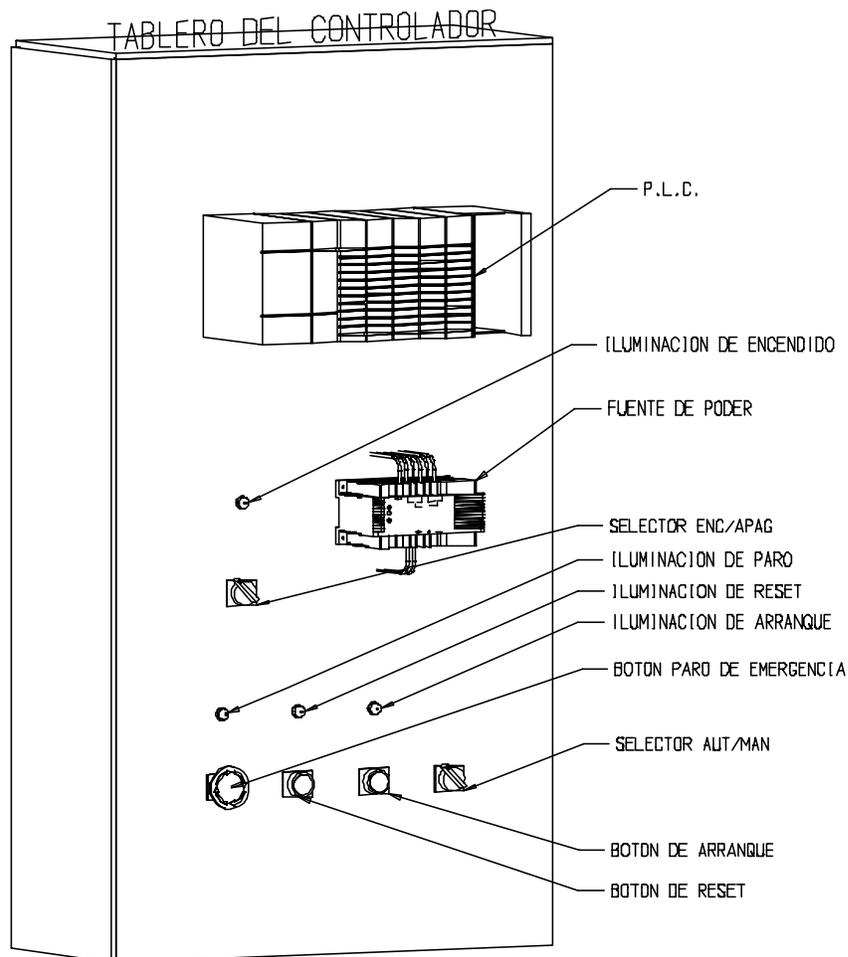


Fig. 4.2.3.- Disposición de elementos contenidos en el tablero del controlador del simulador.



El tablero del Controlador se compone de:

1. Controlador Lógico Programable.
2. Fuente de Poder.
3. Selector de Encendido / Apagado.
4. Paro de Emergencia.
5. Botón de Arranque.
6. Botón Reset.
7. Selector Automático / Manual.

Controlador lógico programable.- Es el cerebro del simulador, en términos generales este elemento recibe las señales del tablero de entrada, las procesa de acuerdo a la secuencia lógica (programa) que le ingresa el alumno, y las representa en el tablero de salidas de este mismo (Figura 4.2.3.1).

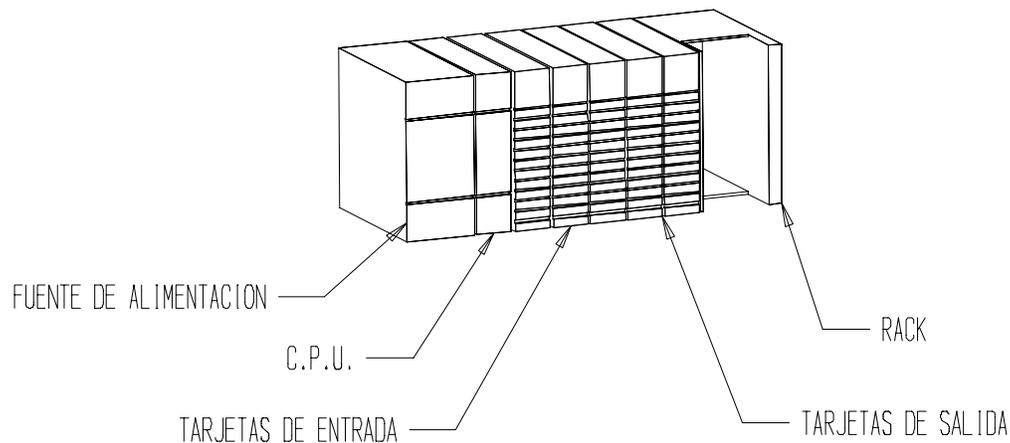


Fig. 4.2.3.1.- Controlador Lógico programable SLC 5/01.



El alumno y/o asesor del laboratorio solo interactúan con el P.L.C., descargando el programa a la memoria de este mismo, todo el proceso se controla desde la estación de trabajo o por medio de los botones de este tablero.

En específico, el procesador que contiene el P.L.C. tiene las siguientes características:

- Tamaño de la memoria 1K de instrucciones.
- Control de 256 E/S.
- Conjunto de instrucciones de programación con lógica de escalera.
- Subrutinas.

Fuente de poder.- Es el elemento que proporciona energía a los elementos de entrada (sensores, botones de iluminación, entradas externas, etc.), y de salida (arrancadores, electroválvulas, torreta de iluminación, etc.), para su selección se tomaron en cuenta todas las cargas que intervienen en el simulador (Figura 4.2.3.2).

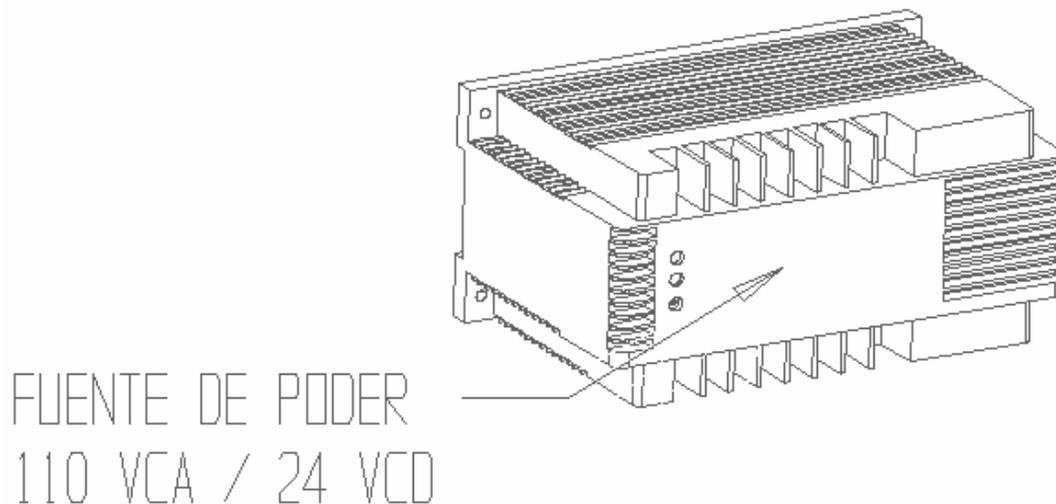


Fig. 4.2.3.2.- Fuente de poder del Simulador.



Selector de encendido / apagado.- Dispositivo por medio del cual da energía eléctrica a todo el simulador, consta de un botón selector de dos posiciones; (figura 4.2.3.3), el cual en la posición de encendido da energía a la bobina de un arrancador el cual esta calibrado para activarse en caso de un corto circuito en el sistema.

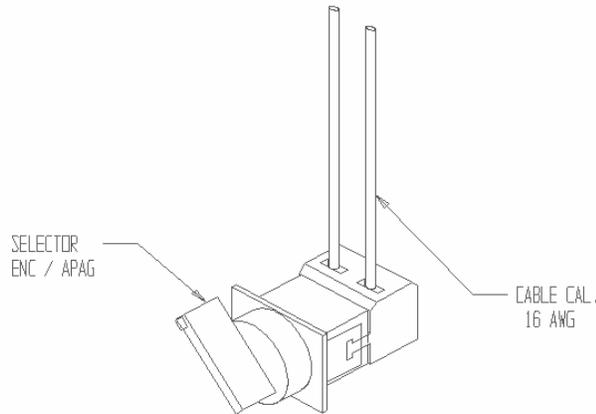


Fig. 4.2.3.3.- Selector de energizado del Simulador.

Paro de emergencia.- Botón color rojo con retención y un contacto normalmente cerrado con un direccionamiento en el P.L.C. de I:1/0, (figura 4.2.3.4), la función de este, será la de interrumpir el funcionamiento (o proceso) del programa en curso cuando es accionado, este botón evitara daños a equipos y/o personas, el asesor y los mismos alumnos deberán poner especial atención con las medidas de seguridad y tener un especial cuidado con este botón para direccionarlo correctamente en el programa.

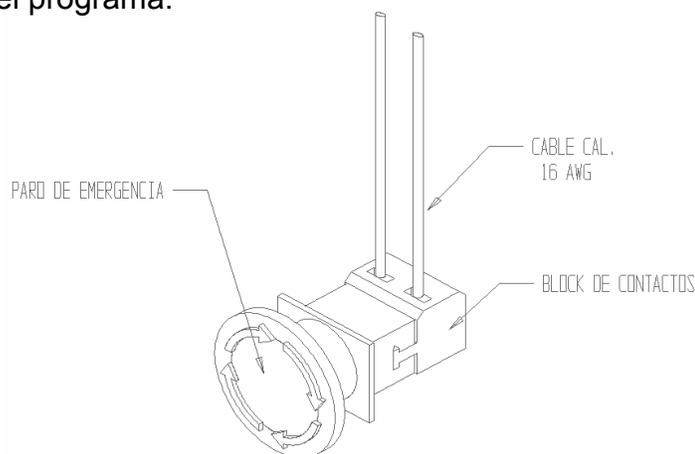


Fig. 4.2.3.4.- Botón Paro de Emergencia General del Simulador.



**Botón de arranque.-** Botón pulsador color verde con un contacto normalmente abierto con un direccionamiento en el P.L.C. de I:1/1, (figura 4.2.3.5). Su función consistirá en inicializar los programas de las tareas a automatizar o dar los permisos para efectuar las siguientes acciones del mismo, todo depende del problema que el asesor dé para resolverlo.

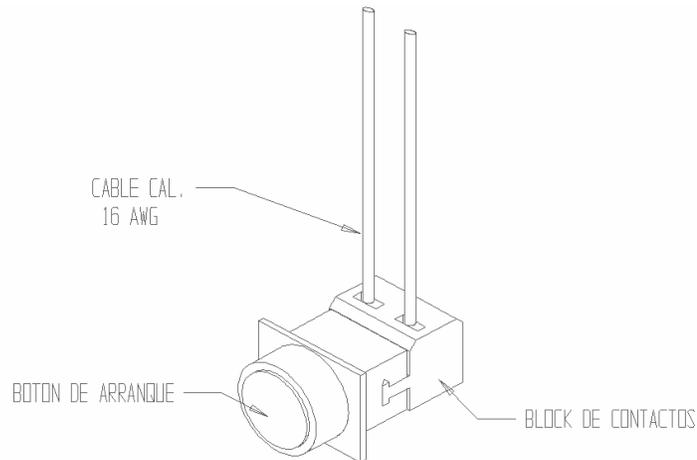


Fig. 4.2.3.5.- Botón de Arranque del Simulador.

**Botón de Reset.-** Botón pulsador color negro con un contacto normalmente abierto con un direccionamiento en el P.L.C. de I:1/2, (figura 4.2.3.6), este botón será opcional que utilizará el estudiante ya sea que en un problema se tenga que regresar un contador a cero o regresar a las condiciones iniciales su programa con, el fin de que no termine toda la secuencia a la que se elaboró.

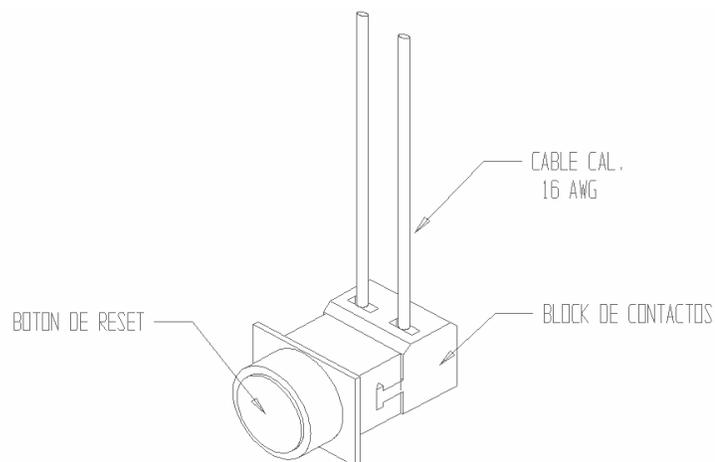


Fig. 4.2.3.6.- Botón de Reset del Simulador.



Selector automático / manual.- Botón selector de 2 posiciones con un contacto normalmente abierto, con un direccionamiento en el P.L.C. de I:1/3, (figura 4.2.3.7), sirve para elaborar cíclicamente el proceso (si es que así fue programado) sin necesidad de que el alumno vuelva a oprimir ningún otro botón.

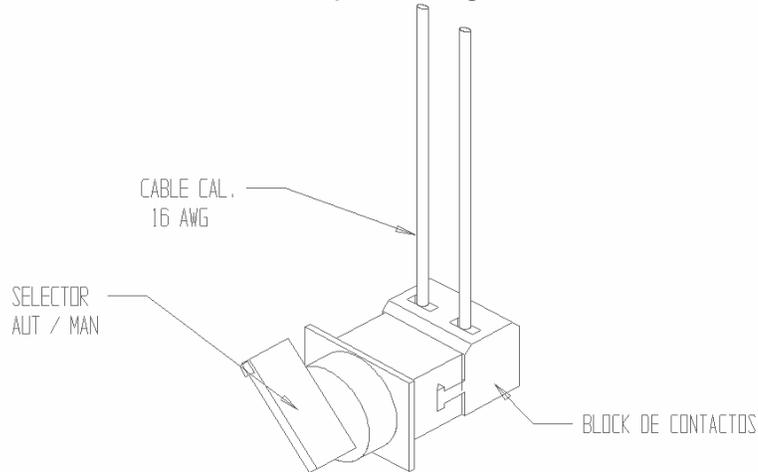


Fig. 4.2.3.7.- Selector de automático / manual del Simulador.

Los botones paro de emergencia, regreso de paso, botón de arranque y selector de encendido / apagado, cuentan con su identificación, además de un botón de iluminación que es el indicador visual, el cual indica que las funciones de cada botón están activadas.

## TABLERO DEL CONTROLADOR

| ITEM | DESCRIPCION              | DIR.  |
|------|--------------------------|-------|
| 1    | P.L.C SLC 5/01           |       |
| 2    | INTERRUPTOR GENERAL      |       |
| 3    | BOTON PARO DE EMERGENCIA | I:1/0 |
| 4    | BOTON DE ARRANQUE        | I:1/1 |
| 5    | BOTON DE RESET           | I:1/2 |
| 6    | SELECTOR AUT. / MAN.     | I:1/3 |
| 7    | FUENTE DE PODER          |       |

TABLA 4.2.3.- Direccionamiento de los botones del tablero del controlador.



**4.2.4. TABLERO DE ENTRADAS.-** En esta parte del simulador se concentran las señales que son los datos a procesar para que el controlador ejecute su programa y lo represente en el tablero de salidas (figura 4.2.4).

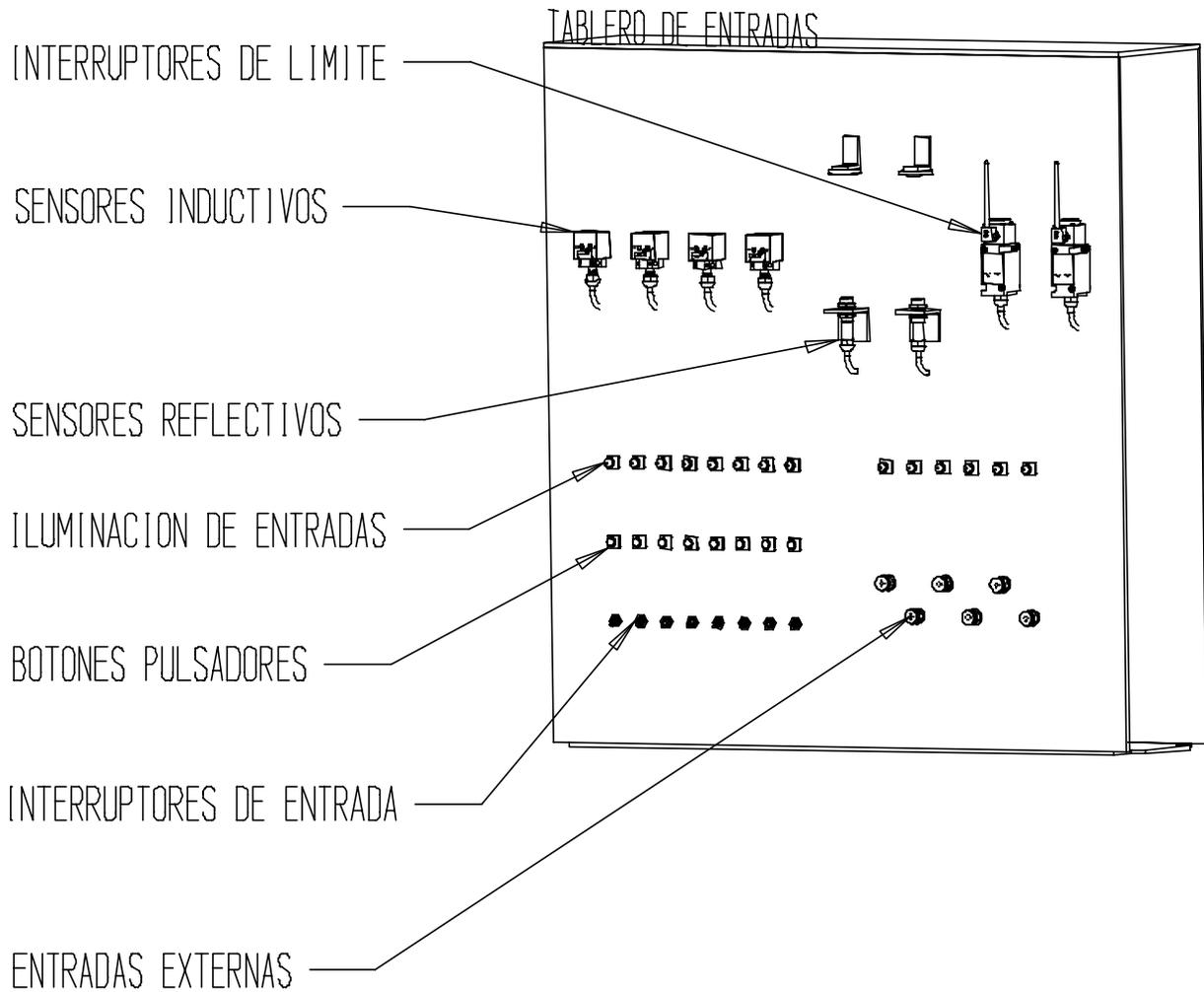


Fig. 4.2.4.- Disposición de elementos contenidos en el tablero de entradas del simulador.



## SIMULADOR DE SISTEMAS DE CONTROL

---



Contiene elementos fijos y elementos movibles.

Los elementos fijos son aquellos dispositivos los cuales no se pueden reubicar del simulador hacia otra área o proyecto, como lo son los interruptores cola de rata, los botones pulsadores, los botones lumínicos y los conectores rápidos.

Los elementos movibles son los dispositivos que los podemos utilizar tanto en el simulado como en otra área o proyecto (sensores inductivos, retroreflectivos e interruptores de límite), esto se logra ya que son dispositivos desmontables y en su conexión utiliza conectores rápidos para que con otro cable más largo se pueda trasladar las señales que reciben hacia el P.L.C. De esta forma se podrán instalarse en otros proyectos que se apliquen a la técnica de automatización.

El tablero de Entradas se compone de:

1. Interruptores de Entradas.
2. Botones Pulsadores.
3. Sensores Inductivos.
4. Sensores Retroreflectivos.
5. Sensores Magnéticos.
6. Interruptores de Límite.
7. Entradas Externas.
8. Iluminación de Entradas.

En la sección de los elementos fijos donde únicamente se pueden actuar en el tablero de entradas, se contemplan los siguientes elementos



Interruptores de Entrada.- Son interruptores de 1 tiro dos posiciones del tipo cola de rata, su direccionamiento en el controlador es de la I:1/4 a la I:1/11 de la primera tarjeta de entrada en el slot 1 (Figura 4.2.4.1).

Su principal función es que sean los transmisores de señales (voltaje) hacia el controlador que el estudiante activará “simulando” las condiciones del problema que se desea resolver.

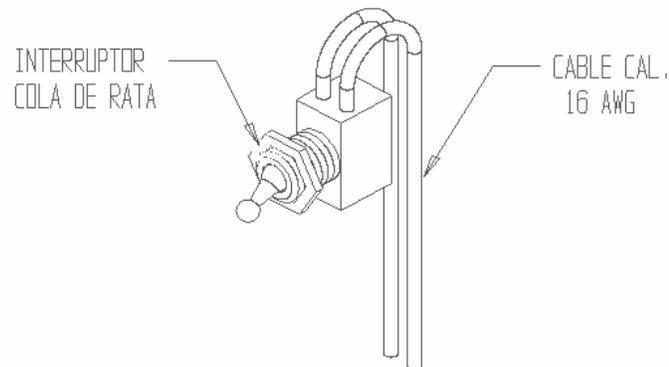


Figura 4.2.4.1.- Ilustración de un interruptor de entrada.

Botones Pulsadores.- Son botones con un contacto normalmente abierto conectados en forma paralela a los interruptores de entrada. Tienen el mismo direccionamiento en el controlador (I:1/4 a la I:1/11), (figura 4.2.4.2) en el slot 1, tienen la finalidad de enviar señales momentáneas al programa y su objetivo es diverso, pueden servir para poner a prueba la correcta secuencia del proceso, la medidas de seguridad que se deben considerar en todo programa, como señales que aparecen inesperadamente en todo proceso industrial, ya sea por fallo o descuido, confirmación de pasos en el proceso, etc., depende del problema y del tipo de solución que se elabore.

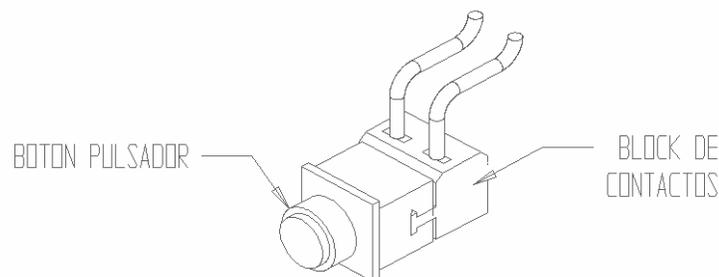


Figura 4.2.4.2.- Ilustración de un botón pulsador.



En la sección de elementos movibles, en donde no solo se pueden actuar en el tablero de entradas si que tienen la flexibilidad de reubicarlos hacia otros proyectos externos en donde se pueden aplicar las técnicas de automatización y control de los procesos del sistema externo. Se contemplan los siguientes elementos:

**Sensores Inductivos.-** Funcionan por medio de las corrientes inducidas en un objeto. Una bobina de alambre se amolda a la superficie sensora y forma parte de un circuito oscilador de alta frecuencia. El campo magnético oscilatorio que existe alrededor de esta bobina induce corrientes parásitas en cualquier objetivo que ingrese al campo y, el efecto resultante sobre la amplitud de las oscilaciones se pueden usar para operar un interruptor de salida. Este sensor puede detectar objetos metálicos que aproximen desde cualquier dirección. La sensibilidad es mayor cuando los objetos están contruidos de material ferroso.

Estos sensores inductivos tienen un direccionamiento en el controlador de I:1/12 a la I:1/15, en la tarjeta de entradas No. 1 del slot 1 (Figura 4.2.4.3).

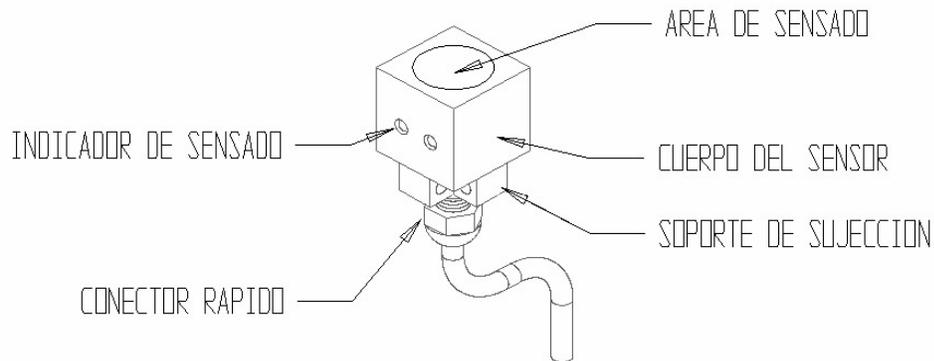


Figura 4.2.4.3.- Ilustración de un sensor inductivo.

**Sensores Retrorreflectivos.-** Contiene la fuente de luz y el receptor en un envolvente. El haz de luz emitido es reflejado por un objeto reflectivo especial y detectado por el receptor. El objeto se detecta cuando rompe este haz de luz. Para la detección reflectiva se utilizan reflectores especiales o cintas reflectivas, en este caso se utilizará un reflector redondo para el regreso del haz luminoso.



Estos sensores retrorreflectivos tienen un direccionamiento en el controlador de I:2/0 e I:2/1, en la tarjeta de entradas No. 2 del slot 2 (Figura 4.2.4.4).

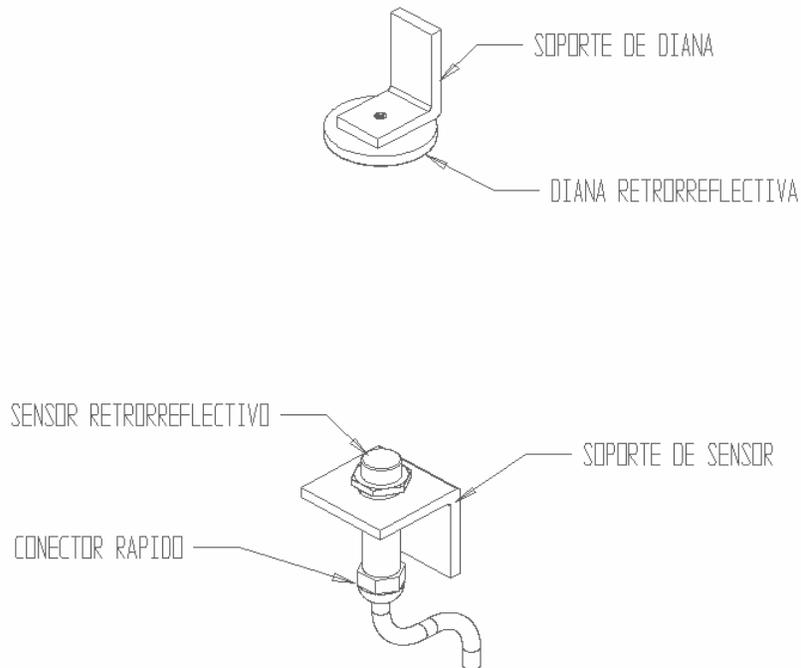


Figura 4.2.4.4.- Ilustración de un sensor retrorreflectivo.

**Sensores magnéticos.-** Los sensores están adaptados para ser montados directamente al cuerpo de los cilindros. Se componen de un oscilador cuyo flujo de corriente es alterado al acercarse el campo magnético provocado por un imán permanente integrado en émbolo del cilindro.

Esta oscilación tiene como consecuencia la emisión de una señal de conmutación, traduciendo esto como un movimientos del actuador de extendido o retraído, siendo de esta manera una forma de retroalimentación en donde el sistema confirma los movimientos por medio de la emisión de estas señales.



A los sensores magnéticos se le designan las entradas de I:2/2 a la I:2/7, en la tarjeta No. 2 del slot 2 en el controlador. Ver figura 4.2.4.5.

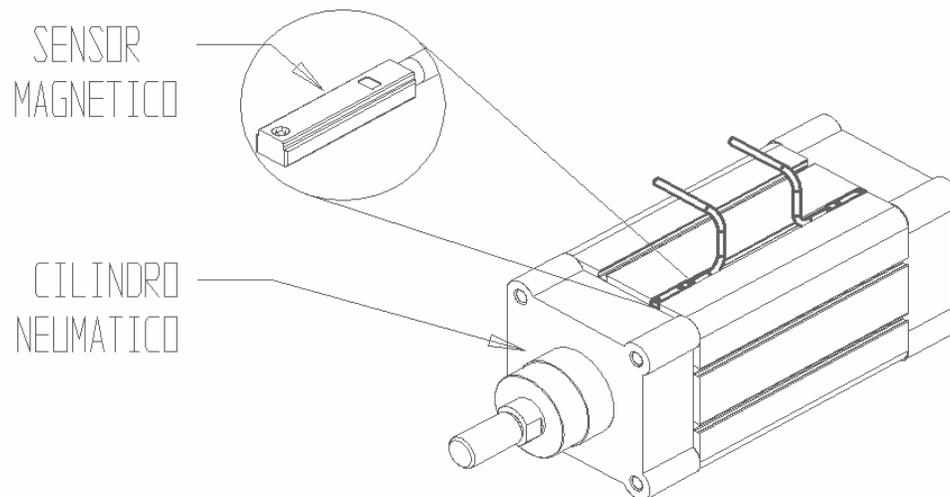


Figura 4.2.4.5.- Ilustración de un sensor magnético incorporado al cuerpo del cilindro.

**Interruptores de Límite.-** Estos interruptores electromecánicos utilizados en sistemas de control eléctrico para el sensado de posición, convirtiendo movimiento mecánico en entrada eléctrica al control lógico con el cierre o apertura de los contactos que internamente concentra.

A los interruptores de límite se designan las entradas de I:2/2 y la I:2/3, en la tarjeta No. 2 del slot 2 en el controlador.

Contemplándose dos interruptores, el primero con accionamiento retenido y dos contactos (1 N.O. y 1 N.C.), y el segundo con accionamiento de regreso por resorte y dos contactos (1 N.O. y 1 N.C.). En ambos casos se propone un actuador de varilla como lo muestra la figura 4.2.4.6.



El uso de los elementos de entrada se utilizarán de acuerdo al ingenio de cada estudiante para resolver el problema de automatización que presente el asesor del laboratorio.

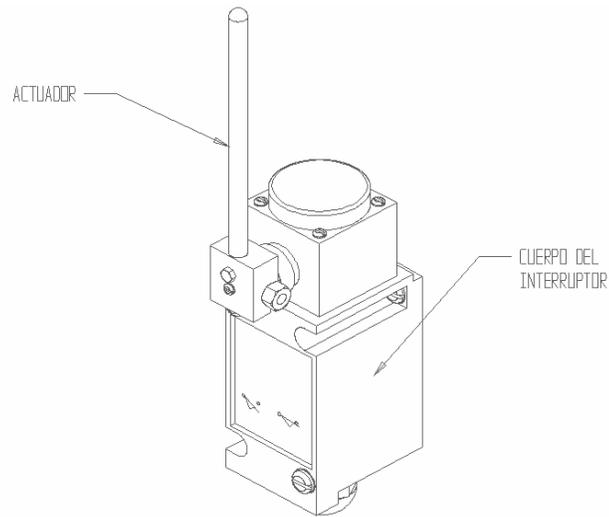


Fig. 4.2.4.6.- Ilustración de un interruptor de límite.

Entradas Externas.- Esta área se compone de cuatro conectores rápidos con direccionamiento en el controlador de 1:2/4 a la 1:2/9 en espera de su utilización en proyectos externos en donde contengan sus propios dispositivos de sensado (Figura 4.2.4.7).

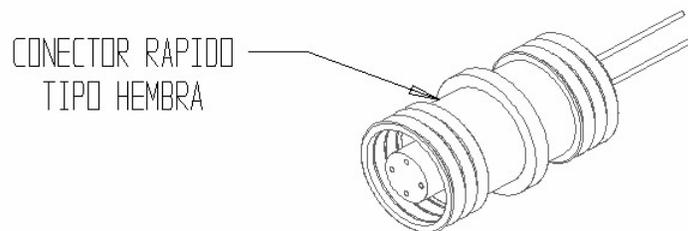


Fig. 4.2.4.7.- Ilustración de un conector rápido.



Iluminación de Entradas.- Son representaciones lumínicas que nos indican visualmente la existencia de señal que es enviada al controlador cuando activamos manualmente un interruptor o botón pulsador (Figura 4.2.4.8).

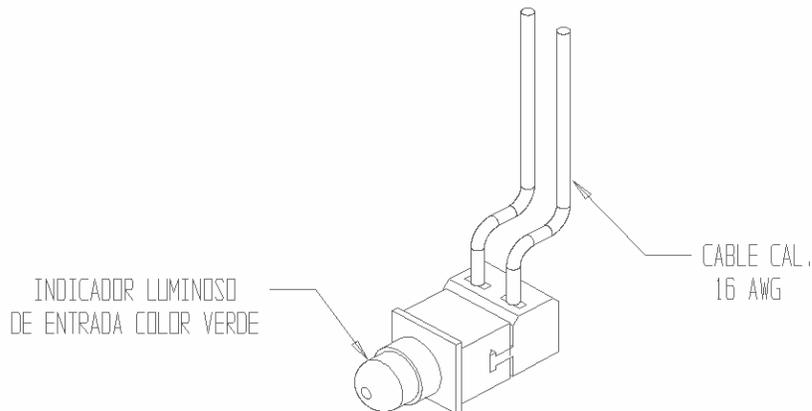


Figura 4.2.4.8.- Ilustración de un botón pulsador.

Direccionamientos de los dispositivos de protección (eléctricos y neumáticos).- En la tabla 4.2.4 se muestra un resumen de los dispositivos de entrada con su dirección en el P.L.C. notándose que se incluyen los direccionamientos I:3/0 a la I:3/4, que corresponden a las señales que envían los relevadores de protección contra sobrecarga de los motores que se ubican en el tablero de salidas del simulador; Además de la entrada I:3/5 que se asigna al sensor de presión instalado en la unidad de mantenimiento la cual monitorea la presión que se tiene en la línea de aire comprimido para el suministro de los actuadores neumáticos instalados en el soporte principal.



## TABLERO DE ENTRADAS

| ITEM | DESCRIPCION                      | DIR.   |
|------|----------------------------------|--------|
| 1    | INTERRUPTOR 1                    | I:1/4  |
| 2    | INTERRUPTOR 2                    | I:1/5  |
| 3    | INTERRUPTOR 3                    | I:1/6  |
| 4    | INTERRUPTOR 4                    | I:1/7  |
| 5    | INTERRUPTOR 5                    | I:1/8  |
| 6    | INTERRUPTOR 6                    | I:1/9  |
| 7    | INTERRUPTOR 7                    | I:1/10 |
| 8    | INTERRUPTOR 8                    | I:1/11 |
| 9    | SENSOR INDUCTIVO 1               | I:1/12 |
| 10   | SENSOR INDUCTIVO 2               | I:1/13 |
| 11   | SENSOR INDUCTIVO 3               | I:1/14 |
| 12   | SENSOR INDUCTIVO 4               | I:1/15 |
| 13   | SENSOR REFLECTIVO 1              | I:2/0  |
| 14   | SENSOR REFLECTIVO 2              | I:2/1  |
| 15   | SENSOR MAGNETICO (AV. CIL. 'A')  | I:2/2  |
| 16   | SENSOR MAGNETICO (RET. CIL. 'A') | I:2/3  |
| 17   | SENSOR MAGNETICO (AV. CIL. 'B')  | I:2/4  |
| 18   | SENSOR MAGNETICO (RET. CIL. 'B') | I:2/5  |
| 19   | SENSOR MAGNETICO (AV. CIL. 'C')  | I:2/6  |
| 20   | SENSOR MAGNETICO (RET. CIL. 'C') | I:2/7  |
| 21   | INTERRUPTOR DE LIMITE 1          | I:2/8  |
| 22   | INTERRUPTOR DE LIMITE 2          | I:2/9  |
| 23   | ENTRADA EXTERNA 1                | I:2/10 |
| 24   | ENTRADA EXTERNA 2                | I:2/11 |
| 25   | ENTRADA EXTERNA 3                | I:2/12 |
| 26   | ENTRADA EXTERNA 4                | I:2/13 |
| 27   | ENTRADA EXTERNA 5                | I:2/14 |
| 28   | ENTRADA EXTERNA 6                | I:2/15 |
| 29   | SOBRECARGA A (OL A)              | I:3/0  |
| 30   | SOBRECARGA B (OL B)              | I:3/1  |
| 31   | SOBRECARGA C (OL C)              | I:3/2  |
| 32   | SOBRECARGA D (OL D)              | I:3/3  |
| 33   | SOBRECARGA E (OL E)              | I:3/4  |
| 34   | SENSOR DE PRESION                | I:3/5  |

TABLA 4.2.4.- Direccionamiento de los dispositivos de entrada en el P.L.C.



**4.2.5. TABLERO DE SALIDAS.-** Es la zona del simulador donde se concentran los elementos finales (electromecánicos y electropneumáticos) a controlar de acuerdo a la secuencia lógica del programa elaborado por el estudiante y ejecutado por el controlador (figura 4.2.5).

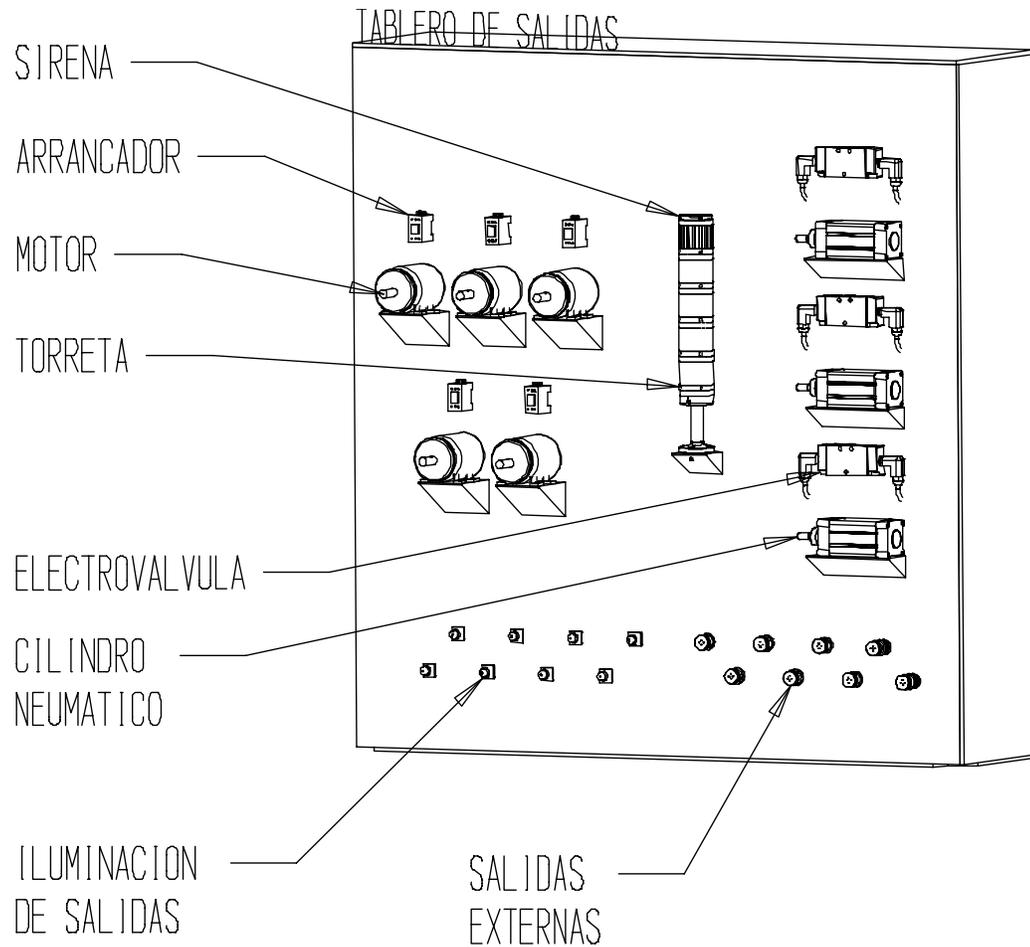


Fig. 4.2.5.- Disposición de elementos electromecánicos contenidos en el tablero de salidas.



Todos los elementos contenidos en este tablero son fijos. Cuenta con conectores rápidos para adaptar proyectos externos los cuales tengan las características para aplicar la técnica de automatización con el controlador del simulador.

El tablero de Salidas se compone de:

- Iluminación de Salida
- Señalización del Proceso
- Motores Eléctricos
- Actuadores Neumáticos.

Iluminación de salida.- Son representaciones lumínicas color rojo, que indican visualmente la señal de salida que entrega el controlador durante y después de la secuencia cargada en el programa, su direccionamiento en el controlador es de la O:4/0 a la O:4/7 de la primera tarjeta de salidas en el slot 4 (Figura 4.2.5.1).

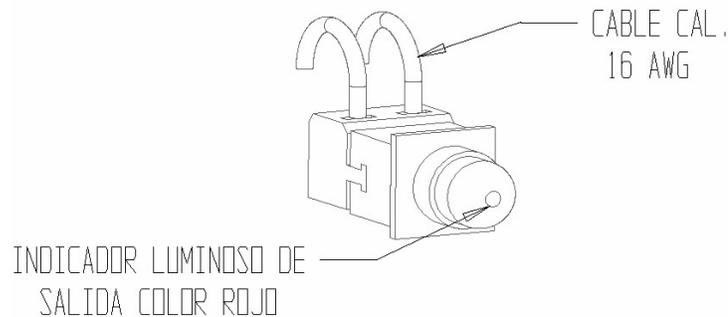


Fig. 4.2.5.1.- Ilustración de un botón de salida.

Señalización de proceso.- En la industria es necesaria la utilización de ayudas visuales que indican el estado del proceso o de la máquina, al operador ó a cualquier persona que esté involucrada, sin necesidad de estar preguntando a otras personas sobre el estado actual de la máquina.



Para el caso del simulador se contempla una señalización de proceso para una máquina individual, en donde el operario vigila el funcionamiento del proceso por medio de la sirena y de los diferentes colores contenidos en la torreta (Figura 4.2.5.2).

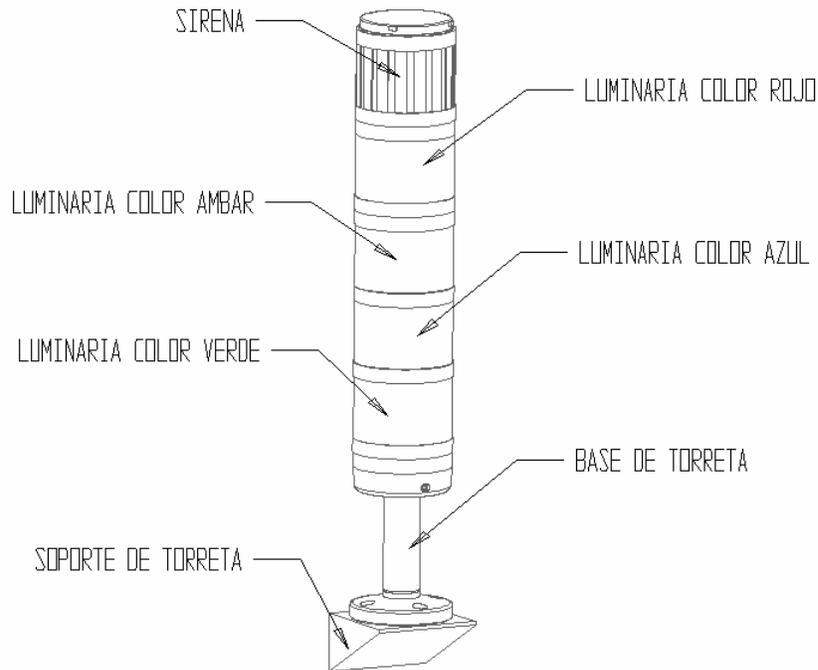


Fig. 4.2.5.2.- Ilustración de la torreta de señalización del proceso.

Estos colores consisten en los siguientes:

1. Sirena (indicación de falla en el proceso O:4/8).
2. Luminarias de color rojo (indicación de paro de emergencia O:4/9).
3. Luminaria color ámbar (indicación de proceso en espera O:4/10).
4. Luminaria color azul (proceso en mantenimiento O:4/11).
5. Luminaria color verde (indicación de proceso en funcionamiento O:4/12).



Todos alineados sobre la base de la torreta. Estas señalizaciones se adecuarán a la inventiva y necesidades de cada proyecto que se tenga por resolver en el laboratorio.

**Motores Eléctricos.-** Son elementos electromecánicos, los cuales son controlados de acuerdo al problema que se desea automatizar. Cuenta con sus cinco contactores y cinco relevadores de protección para los motores “A”, “B”, “C”, “D” y “E” con que consta el simulador.

Tienen un direccionamiento en el controlador de la O:4/13 a la O:5/1, (ver tabla 4.2.5.) para las bobinas del contactor; ocupando una parte de la primera tarjeta de salidas y otra parte en la segunda tarjeta de salidas de los slot's 4 y 5 respectivamente. Para los direccionamientos de los relevadores, que son los elementos de protección, se vio en la sección 4.2.4 (Direccionamientos de los dispositivos de protección, eléctricos y neumáticos).

La señal que envía el controlador será hacia la bobina del arrancador del motor correspondiente (figura 4.2.5.3).

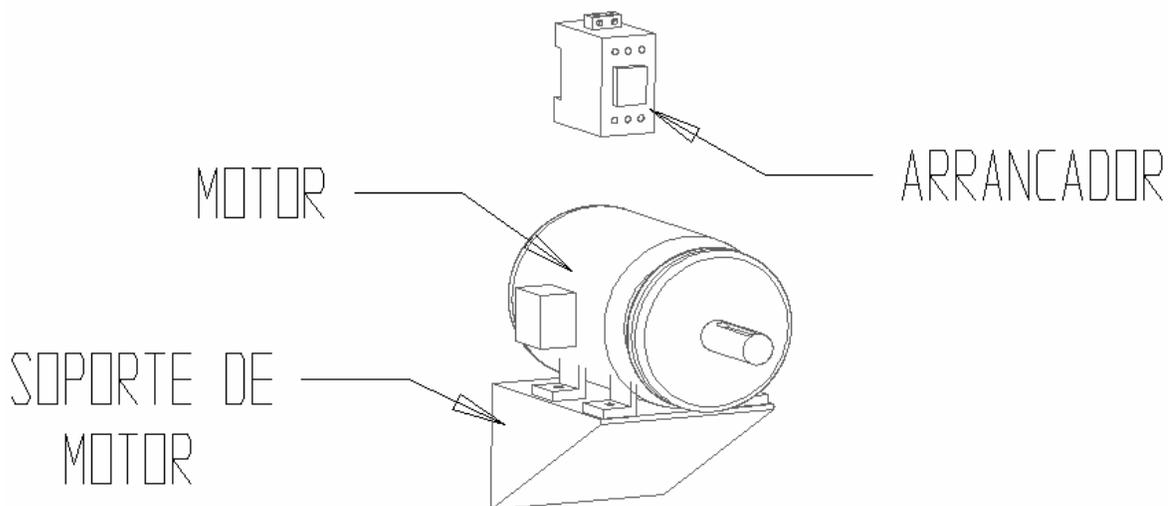


Fig. 4.2.5.3.- Ilustración del motor eléctrico con su arrancador.



**Actuadores Neumáticos.-** Es la parte electroneumática del simulador. Consta de actuadores neumáticos (cilindros) los cuales son controlados por medio de las electroválvulas que dirigen el aire comprimido hacia las cámaras de los cilindros para realizar el movimiento del avance o el movimiento de retroceso del vástago, siendo estos movimientos confirmados por medio de las señales que emiten los sensores magnéticos incorporados en el cuerpo de los cilindros como se vio en la sección 4.2.4.5.

Tienen un direccionamiento en el controlador de la O:5/2 a la O:5/7, (ir a la tabla 4.2.5. para ver los direccionamientos de las bobinas de avance y retroceso) ubicadas en la segunda tarjeta de salidas slot 5 , la señal que envía el controlador será hacia la bobinas de avance o retroceso de las electroválvulas de los actuadores neumáticos “A”, “B” y “C”.

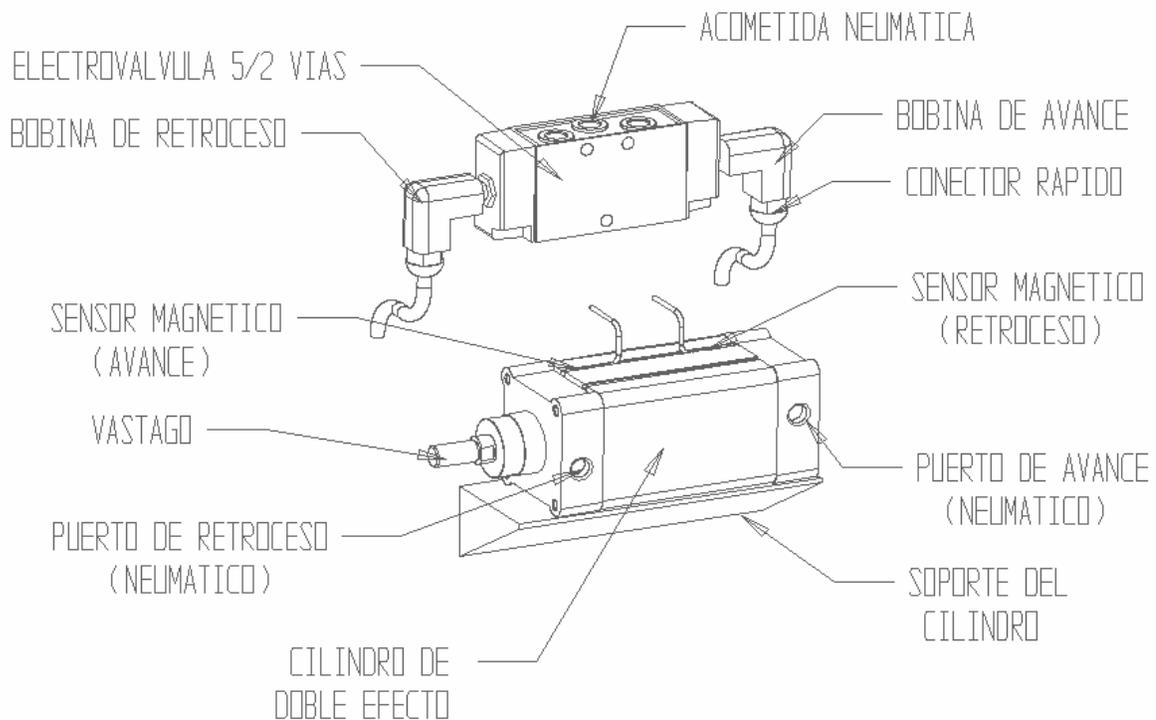


Fig. 4.2.5.4.- Ilustración de los cilindros y las válvulas neumáticas del simulador.



Salidas Externas.- Esta área se destina para controlar dispositivos externos. Se compone de ocho conectores rápidos con direccionamiento en el controlador de O:5/8 a la O:5/15 (Figura 4.2.5.5).

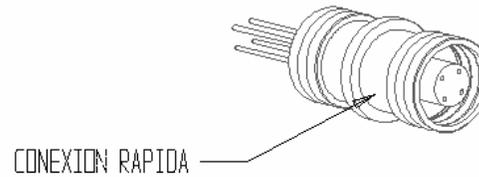


Fig. 4.2.5.5.- Ilustración de un conector rápido.

## TABLERO DE SALIDAS

| ITEM | DESCRIPCION                  | DIR.   |
|------|------------------------------|--------|
| 1    | BOTON LUMINICO 1             | O:4/0  |
| 2    | BOTON LUMINICO 2             | O:4/1  |
| 3    | BOTON LUMINICO 3             | O:4/2  |
| 4    | BOTON LUMINICO 4             | O:4/3  |
| 5    | BOTON LUMINICO 5             | O:4/4  |
| 6    | BOTON LUMINICO 6             | O:4/5  |
| 7    | BOTON LUMINICO 7             | O:4/6  |
| 8    | BOTON LUMINICO 8             | O:4/7  |
| 9    | SIRENA                       | O:4/8  |
| 10   | TORRETA ROJA                 | O:4/9  |
| 11   | TORRETA AMBAR                | O:4/10 |
| 12   | TORRETA AZUL                 | O:4/11 |
| 13   | TORRETA VERDE                | O:4/12 |
| 14   | MOTOR A                      | O:4/13 |
| 15   | MOTOR B                      | O:4/14 |
| 16   | MOTOR C                      | O:4/15 |
| 17   | MOTOR D                      | O:5/0  |
| 18   | MOTOR E                      | O:5/1  |
| 19   | ELECTROVALVULA "A" EXTENDIDO | O:5/2  |
| 20   | ELECTROVALVULA "A" RETRAIDO  | O:5/3  |
| 21   | ELECTROVALVULA "B" EXTENDIDO | O:5/4  |
| 22   | ELECTROVALVULA "B" RETRAIDO  | O:5/5  |
| 23   | ELECTROVALVULA "C" EXTENDIDO | O:5/6  |
| 24   | ELECTROVALVULA "C" RETRAIDO  | O:5/7  |
| 25   | SALIDA EXTERNA 1             | O:5/8  |
| 26   | SALIDA EXTERNA 2             | O:5/9  |
| 27   | SALIDA EXTERNA 3             | O:5/10 |
| 28   | SALIDA EXTERNA 4             | O:5/11 |
| 29   | SALIDA EXTERNA 5             | O:5/12 |
| 30   | SALIDA EXTERNA 6             | O:5/13 |
| 31   | SALIDA EXTERNA 7             | O:5/14 |
| 32   | SALIDA EXTERNA 8             | O:5/15 |

TABLA 4.2.5.- Direccionamiento de los dispositivos de salida en el P.L.C.



## 4.3 FUNCIONAMIENTO DEL SIMULADOR

### 4.3.1. EJEMPLO DE UTILIZACIÓN

Con el fin de que sea entendible el Simulador y su funcionamiento, se utilizara en primer plano un ejemplo de un sistema automatizado para posteriormente acondicionarlo en el simulador y verificar que realmente sea una herramienta útil para el estudiante en el proceso de aprendizaje en el campo de la automatización.

**MONTAJE DE LLANTAS AL CHASIS.-** En la planta de ensamble de camiones se desea mejorar la colocación de las llantas en el chasis para las camionetas. Ver figura 4.3.1.

Un transportador lleva las llantas del lugar de llegada de material hacia la zona de ensamble. El sistema selecciona las llantas que se colocaran de acuerdo al modelo que se encuentre circulando y la depositará en un transportador de rodillos que alimenta de material hacia la herramienta de montaje de llantas al chasis.

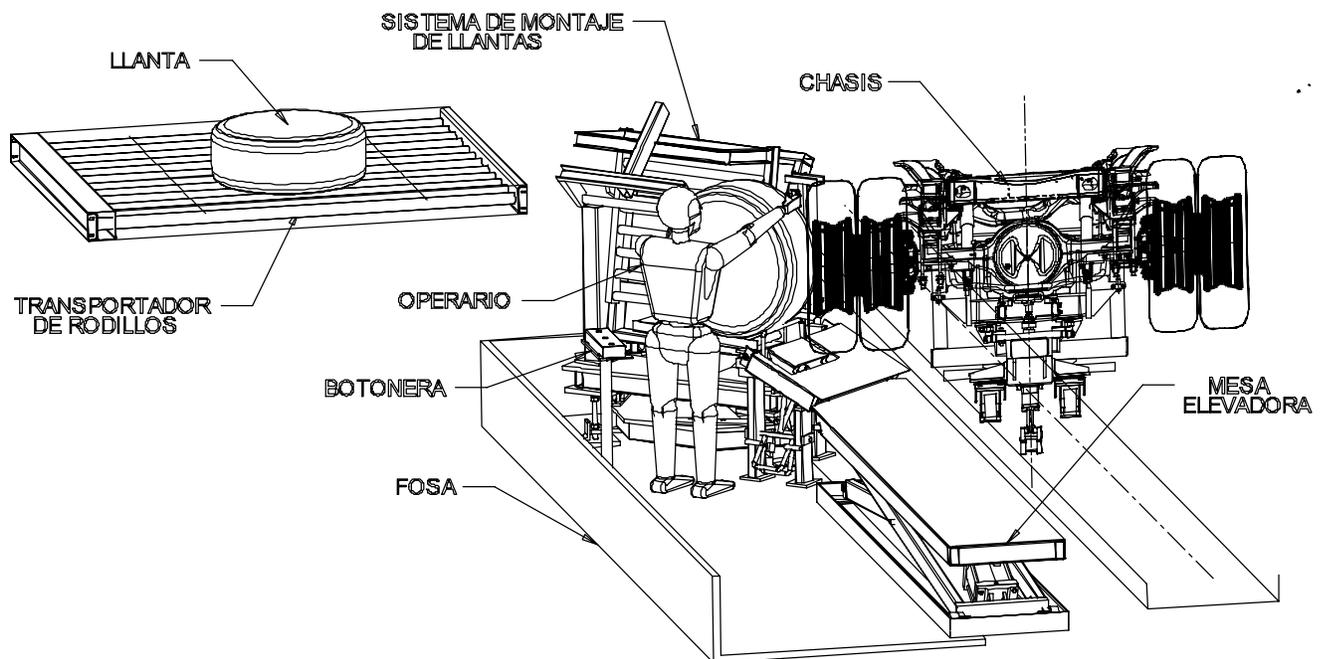


Figura 4.3.1.- Ejemplo real para la aplicación del Simulador de Control.



El operario oprime el botón de inicio de ciclo (PB1) para el suministro de material. Figura 4.3.2

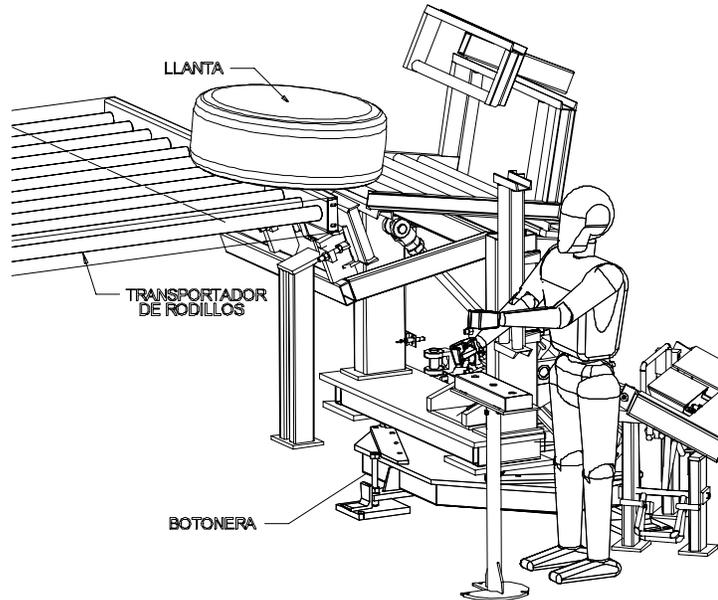


Fig. 4.3.2.- inicio de la operación de montaje de llantas.

El transportador de rodillo coloca el material en la herramienta si es que esta cumple con las condiciones necesarias para recibir el material (estar sin material y que la herramienta se encuentre en la posición de Home) sensores activados: S2, S5, S6, S8. Figura 4.3.3.

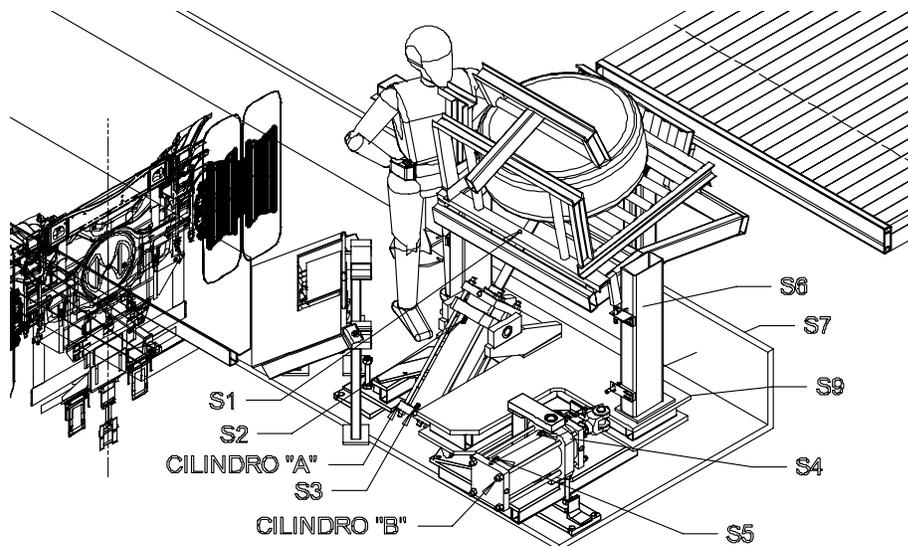


Fig. 4.3.3.- Ubicación de los sensores en la herramienta.



La llanta es detectada por el sensor reflectivo (S1), se retrae el cilindro "A" (S3, S7) que ejerce un movimiento abatible para colocar a la llanta y la base de rodillos en posición vertical. Figura 4.3.4.

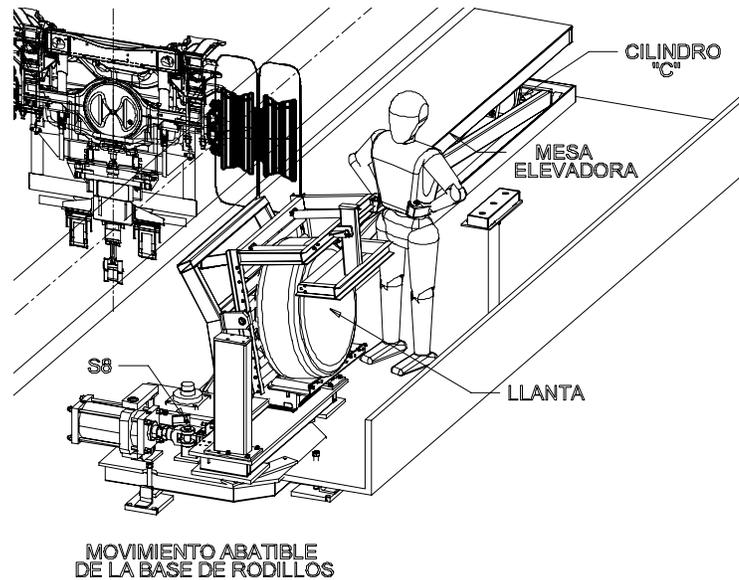


Fig. 4.3.4.- Herramienta en posición vertical de la llanta.

Al ser detectada la mesa en posición vertical, se extiende el cilindro "B" que gira la mesa (S4), hacia una ubicación donde el operario puede tomar la llanta (S8). Figura 4.3.5.

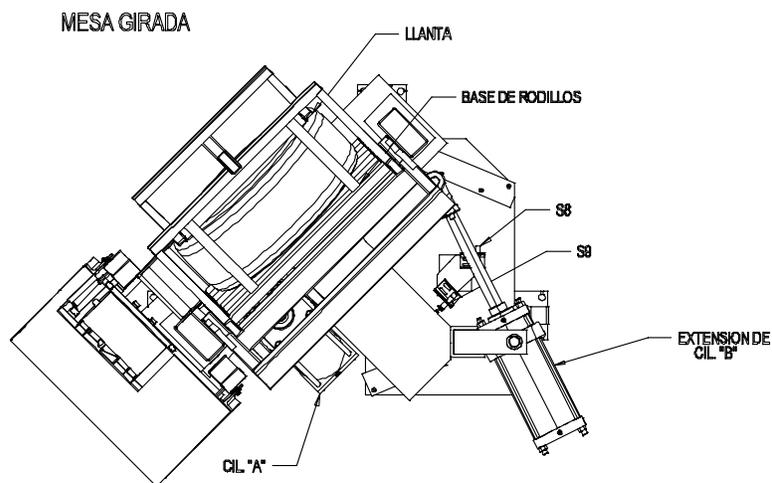


Fig. 4.3.5.- Vista en planta del giro de la herramienta.



Una vez retraído el cilindro “A” (S3), extendido el cilindro “B” (S4) y detectada la mesa (S8) para que el operario desaloje la llanta, se desactiva el sensor reflectivo (S10) que impide al operario acceder a la herramienta cuando esta se encuentra en movimiento, si sucediera lo contrario la herramienta deberá detenerse totalmente para evitar daños físicos al operario. Figura 4.3.6.

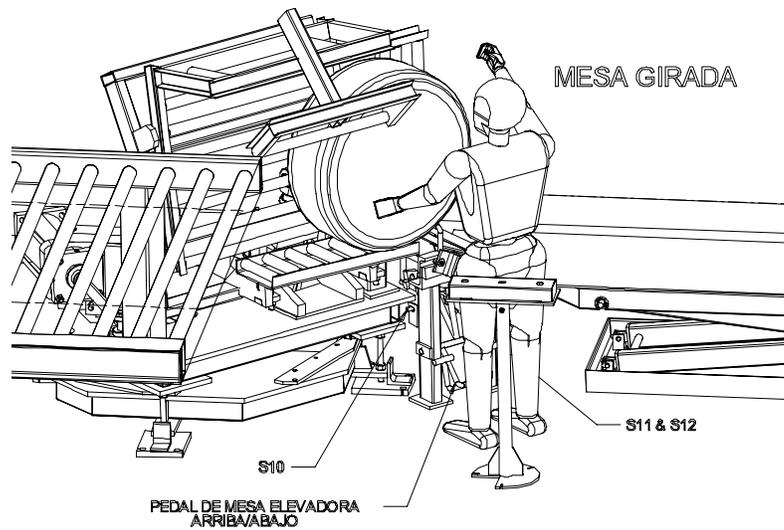


Fig. 4.3.6.- Toma de la llanta por el operario.

Operario toma la llanta y la lleva hacia la mesa elevadora en donde por medio de un pedal activa y desactiva a dos interruptores de limite que controlan al cilindro “C” el cual se extiende (S11), para ser colocadas las llantas de 15 pulgadas de diámetro ó se retrae (S12) para ser colocadas las llantas de 17 pulgadas de diámetro, coloca la llanta y apunta las tuercas. Figura 4.3.7.

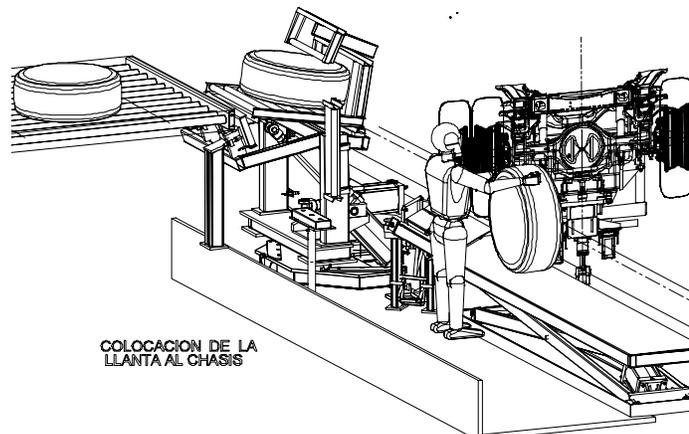


Fig. 4.3.7.- Montaje de la llanta al chasis.



Para cualquier falla o riesgo de accidente se deberá oprimir el botón de paro de emergencia (PB 3) para inhabilitar a la herramienta cuando este es oprimido.

Se cuenta con un sensor de presión (S13) el cual monitorea el rango de trabajo de la presión para el correcto funcionamiento del equipo neumático. Además de que se habilita un contacto cerrado del relevador de protección (S14), que nos controla el funcionamiento del motor del transportador de rodillos.

Para el ejemplo anterior se trasladaría al simulador de la siguiente manera:

I.- Asignación de señales de entrada y salida en los respectivos tableros como lo muestra la figura 4.3.8:

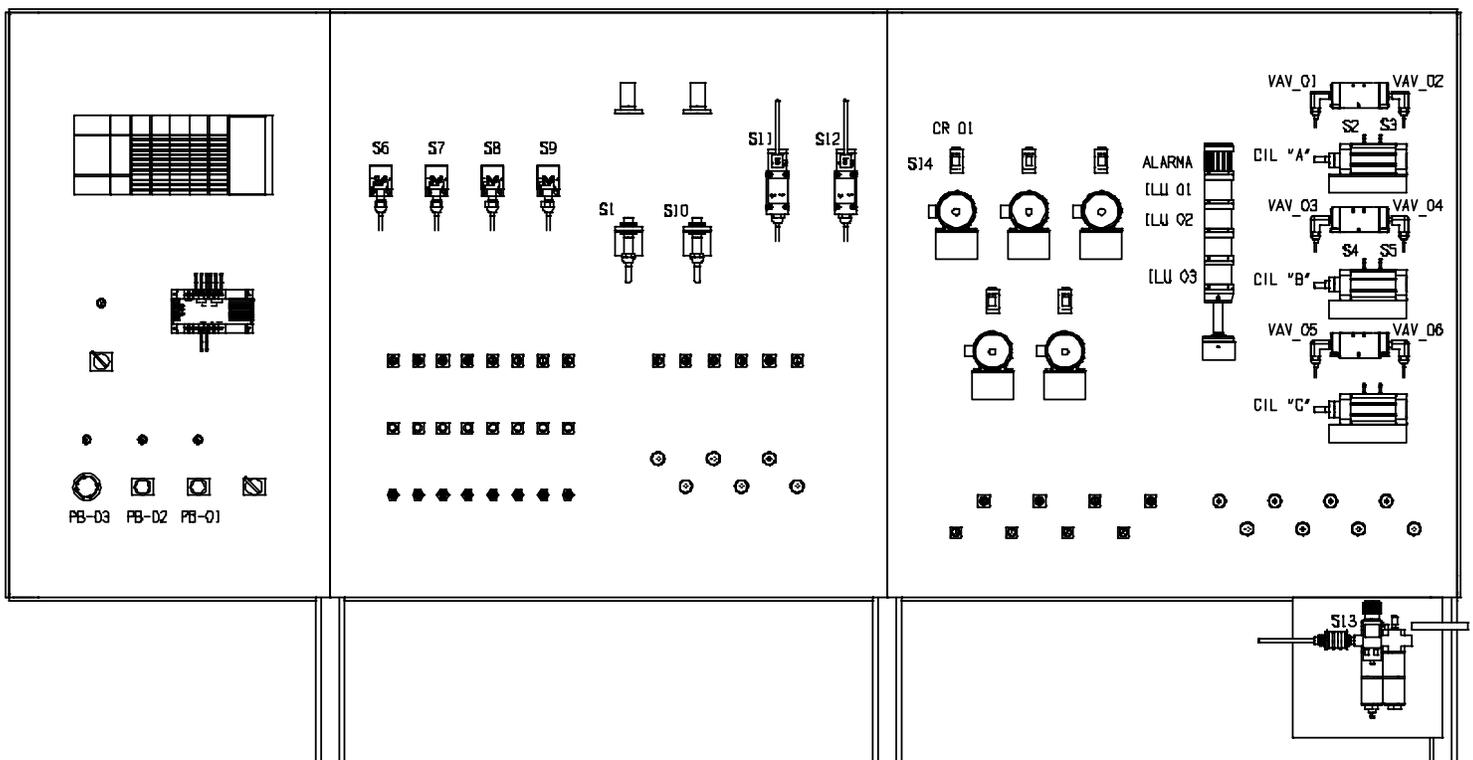


Fig. 4.3.8.- Traslado de sensores del ejemplo al Simulador.



## II.- Asignación del direccionamiento de señales de entrada y salida

### LISTADO DE SEÑALES DE ENTRADA

| ITEM | DESCRIPCION                              | TIPO                  | DIRECCION SIDICI |
|------|--|-----------------------|------------------|
| S1   | PARTE PRESENTE DE MATERIAL               | SENSOR REFLECTIVO     | I:2/0            |
| S2   | AVANCE CILINDRO "A"                      | SENSOR MAGNETICO      | I:2/2            |
| S3   | RETROCESO CILINDRO "A"                   | SENSOR MAGNETICO      | I:2/3            |
| S4   | AVANCE CILINDRO "B"                      | SENSOR MAGNETICO      | I:2/4            |
| S5   | RETROCESO CILINDRO "B"                   | SENSOR MAGNETICO      | I:2/5            |
| S6   | PARTE PRESENTE MESA HORIZONTAL           | SENSOR INDUCTIVO      | I:1/12           |
| S7   | PARTE PRESENTE MESA VERTICAL             | SENSOR INDUCTIVO      | I:1/13           |
| S8   | PARTE PRESENTE MESA A 0°                 | SENSOR INDUCTIVO      | I:1/14           |
| S9   | PARTE PRESENTE MESA A 35°                | SENSOR INDUCTIVO      | I:1/15           |
| S10  | SENSOR DE SEGURIDAD                      | SENSOR REFLECTIVO     | I:2/1            |
| S11  | SENSOR DE ELEVAR MESA PARA LLANTA DE 15" | INT. DE LIMITE        | I:2/8            |
| S12  | SENSOR DE BAJAR MESA PARA LLANTA DE 17"  | INT. DE LIMITE        | I:2/9            |
| S13  | SENSOR DE CORRECTA PRESION               | SENSOR DE PRESION     | I:3/5            |
| S14  | RELEVADOR DE SOBRECARGA                  | REELEVADOR BIMETALICO | I:3/0            |
| PB1  | BOTON DE INICIO DE CICLO                 | BOTON PULSADOR        | I:1/1            |
| PB2  | BOTON DE RESET                           | BOTON PULSADOR        | I:1/2            |
| PB3  | PARO DE EMERGENCIA                       | BOTON DE RETENCION    | I:1/0            |

### LISTADO DE SEÑALES DE SALIDA

| ITEM   | DESCRIPCION                              | TIPO                   | DIRECCION SIDICI |
|--------|--|------------------------|------------------|
| VAV_01 | BOBINA DE CILINDRO "A" EXTENDIDO         | 24 VCD, 60HZ           | O:5/2            |
| VAV_02 | BOBINA DE CILINDRO "A" RETRAIDO          | 24 VCD, 60HZ           | O:5/3            |
| VAV_03 | BOBINA DE CILINDRO "B" EXTENDIDO         | 24 VCD, 60HZ           | O:5/4            |
| VAV_04 | BOBINA DE CILINDRO "B" RETRAIDO          | 24 VCD, 60HZ           | O:5/5            |
| VAV_05 | BOBINA DE CILINDRO "C" EXTENDIDO         | 24 VCD, 60HZ           | O:5/6            |
| VAV_06 | BOBINA DE CILINDRO "C" RETRAIDO          | 24 VCD, 60HZ           | O:5/7            |
| AL     | ALARMA                                   | SIRENA DE 24 VCD       | O:4/8            |
| ILL-01 | ILUMINACION DE MAQUINA EN PROCESO        | FOCO 24VCD COLOR VERDE | O:4/12           |
| ILL-02 | ILUMINACION DE MAQUINA FUERA DE SERVICIO | FOCO 24VCD COLOR AZUL  | O:4/11           |
| ILL-03 | ILUMINACION DE MAQUINA EN ESPERA         | FOCO 24VCD COLOR ROJO  | O:4/9            |
| CR-01  | BOBINA DEL ARRANCADOR DE MOTOR           | 24 VCD, 60HZ           | O:4/13           |

TABLA 4.3.1 & 4.3.2.- Direccionamientos de las entradas y salidas en el simulador.



III.- Elaboración de la lista de instrucciones de acuerdo a la secuencia de operación propuesta por el asesor y/o el alumno en la estación de trabajo. Figura 4.3.9.

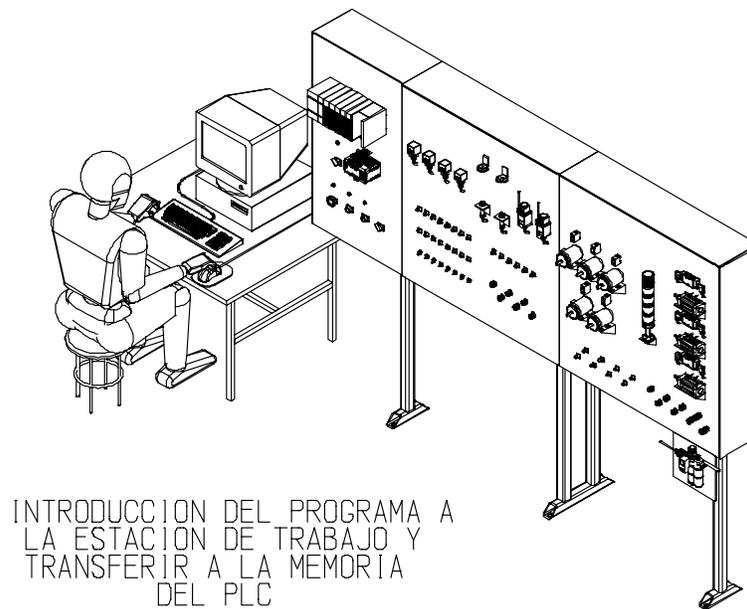


Fig. 4.3.9.- Elaboración del programa en la estación de trabajo.

IV.- En base a la secuencia de operación se condicionan las señales del controlador. Figura 4.3.10.

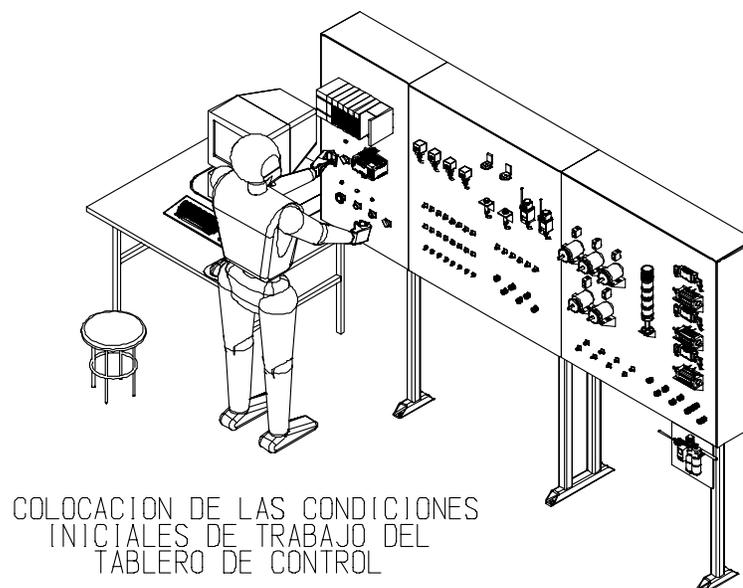
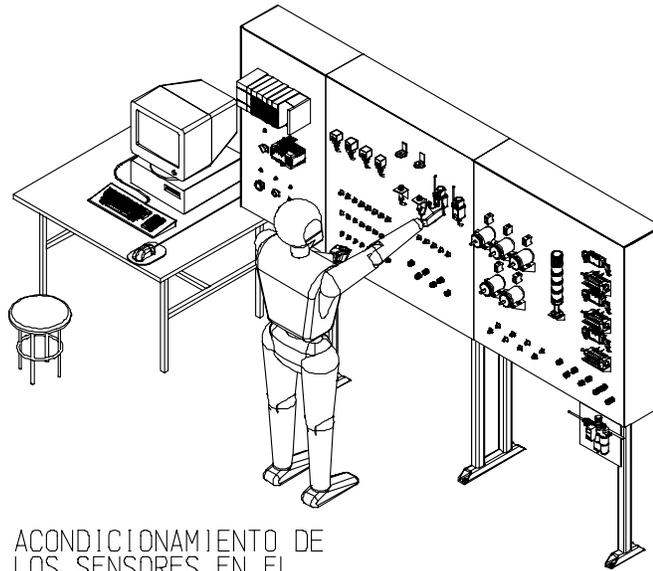


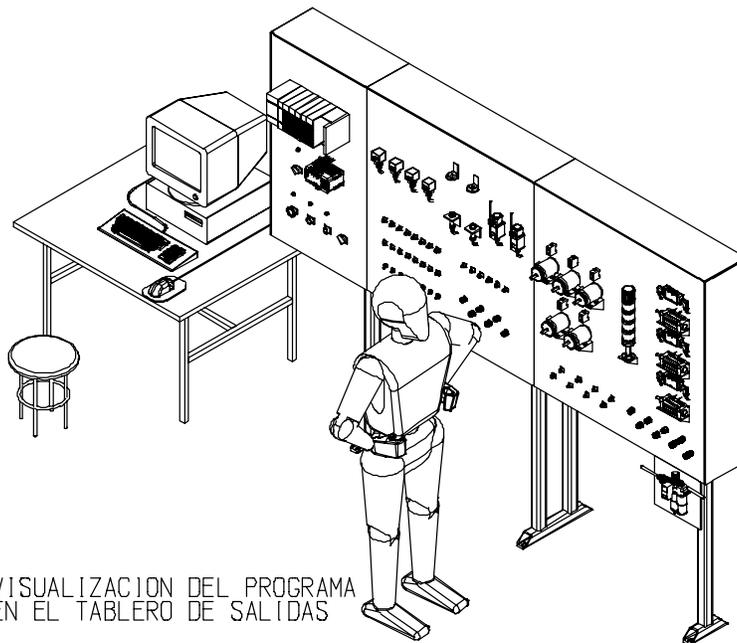
Fig. 4. 3.10.- Encendido y puesta en marcha del P.L.C.



V.- Interacción del tablero de entradas y salidas, dependiendo del nivel de automatización del proceso creado por el alumno. Figura 4.3.11. & 4.3.12.



ACONDICIONAMIENTO DE  
LOS SENSORES EN EL  
TABLERO DE ENTRADAS



VISUALIZACION DEL PROGRAMA  
EN EL TABLERO DE SALIDAS

Fig. 4.3.11 & 4.3.12.- Interacción del alumno con los dispositivos del Simulador.



# SIMULADOR DE SISTEMAS DE CONTROL

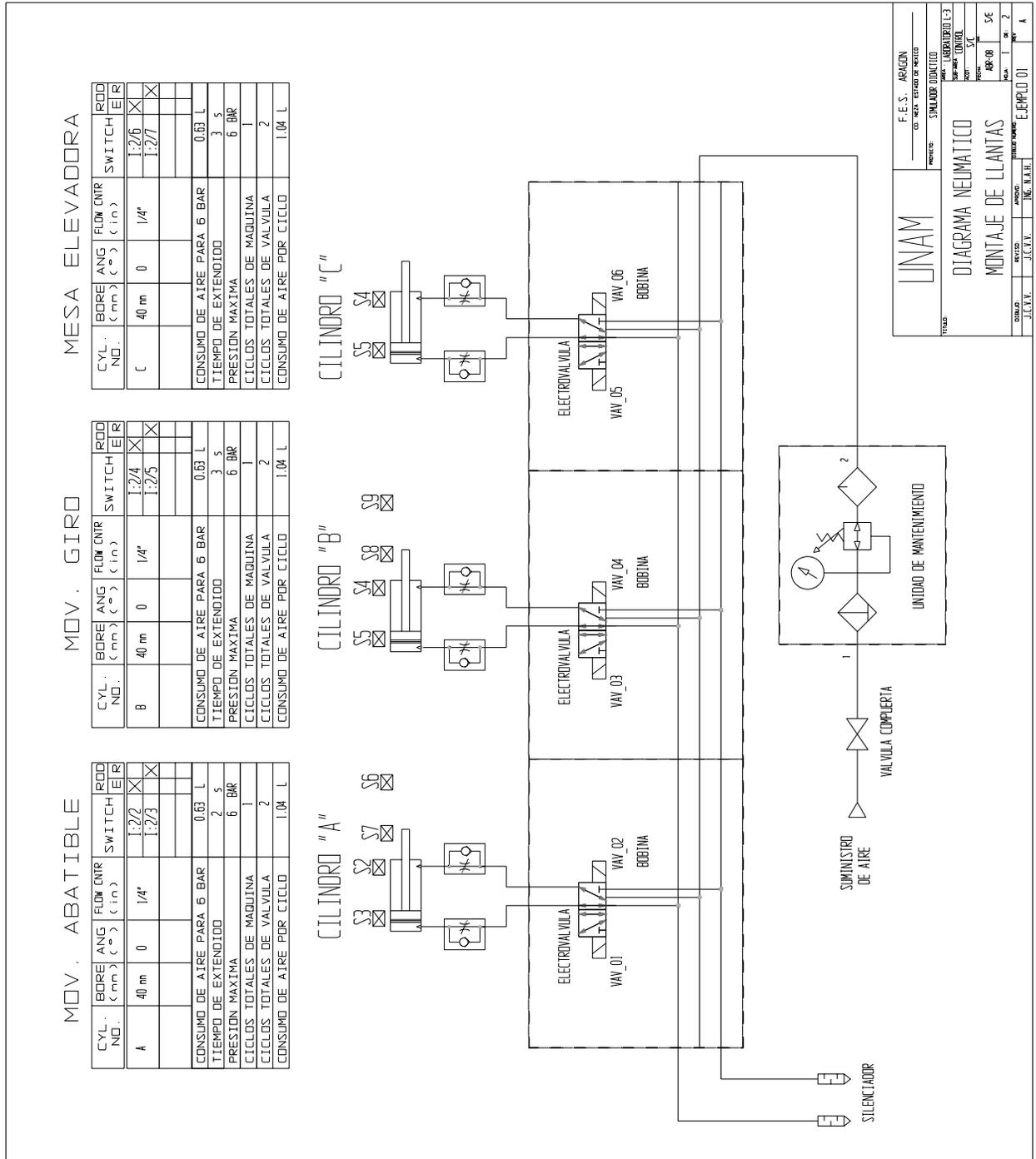


FIG. 4.3.13.- DIAGRAMA NEUMÁTICO DEL EJEMPLO DE MONTAJE DE LLANTAS

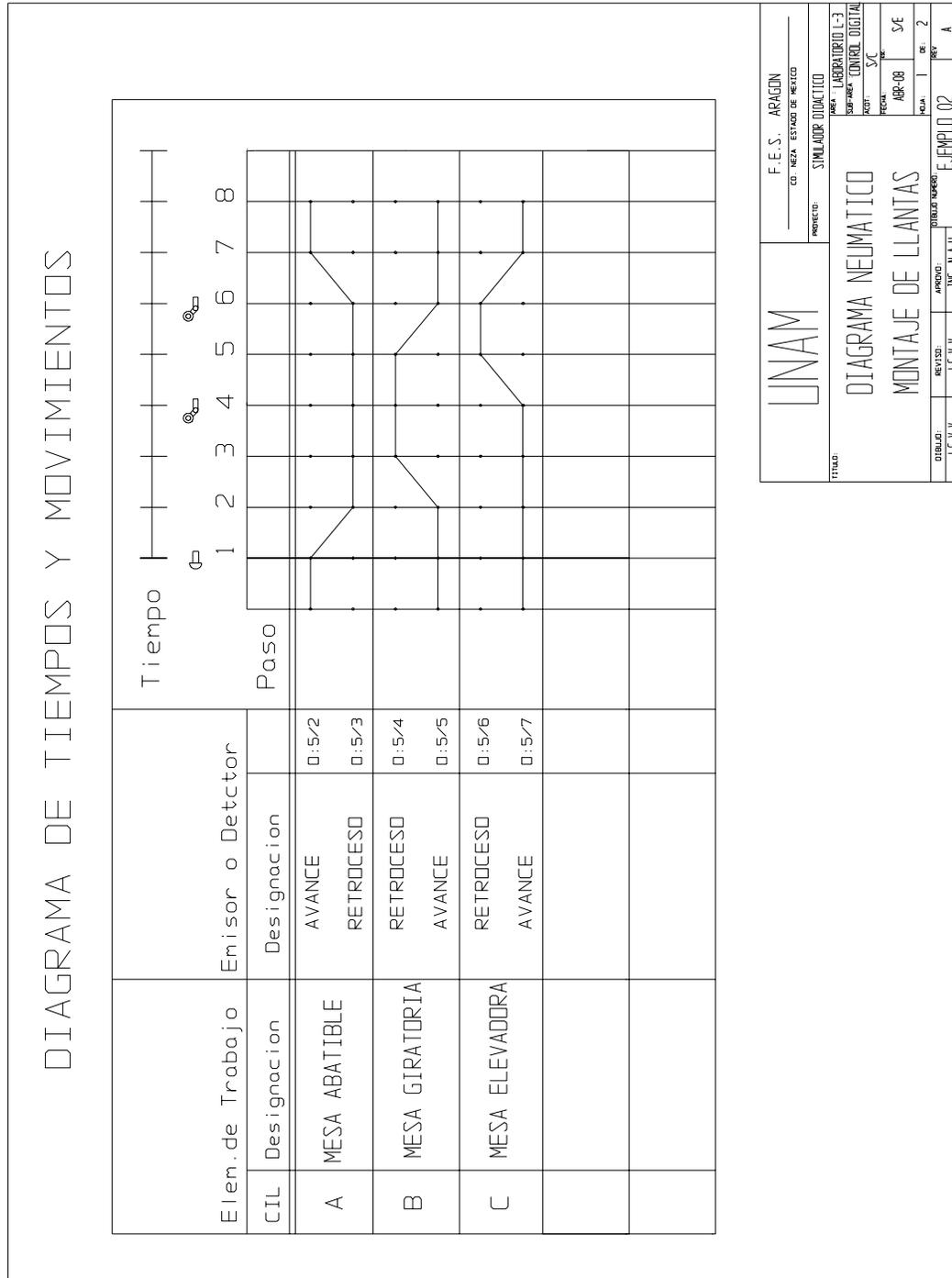


FIG. 4.3.14.- DIAGRAMA DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS DE LOS CILINDROS DEL EJEMPLO DE MONTAJE DE LLANTAS



## CAPÍTULO V

# APLICACIONES PRÁCTICAS

- 5.1.- EJEMPLO "A" CONTROL DE PARO Y ARRANQUE DE UN MOTOR.
- 5.2.- EJEMPLO "B" CONTROL DEL ARRANQUE DE DOS COMPRESORES.
- 5.3.- EJEMPLO "C" CONTROL DE UN TRANSPORTADOR.
- 5.4.- EJEMPLO "D" CONTROL DISTRIBUIDOR DE PIEZAS.



## 5.1.- EJEMPLO “A” CONTROL DE PARO Y ARRANQUE DE UN MOTOR.

En la figura 5.1.1 se tiene el diseño de un circuito de control paro y arranque de un motor en donde se cuenta con dos botones (botón P y botón A) que determinan manualmente el funcionamiento del ciclo, la protección contra sobrecorriente (OL) del relevador y un contacto de enclavamiento (M) tomado del mismo contactor (M).

### DIAGRAMA DE CONTROL CONVENCIONAL

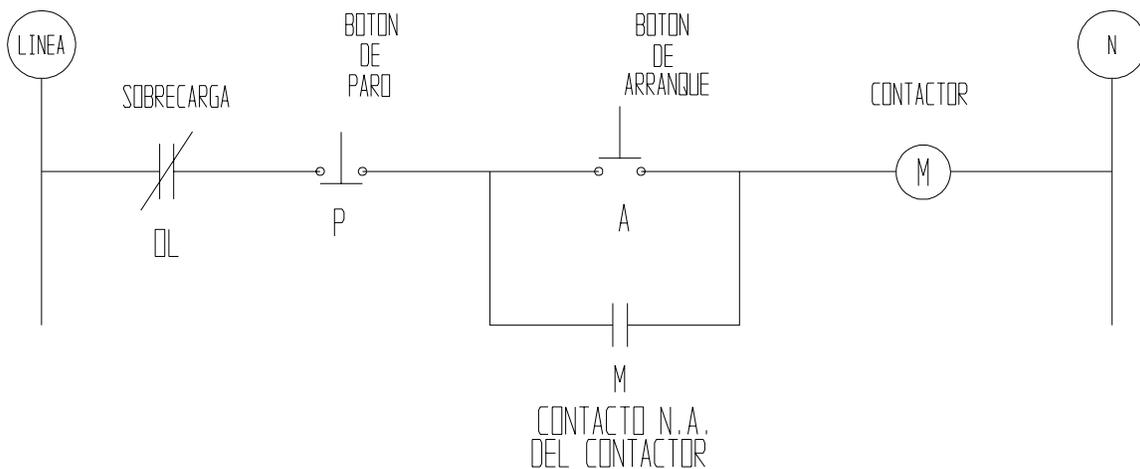


Fig. 5.1.1.- Circuito manual de un motor en control convencional.

Pasando el circuito anterior al diagrama de escalera del software de programación RS Logix con el direccionamiento del Simulador de Control quedaría de la siguiente manera:

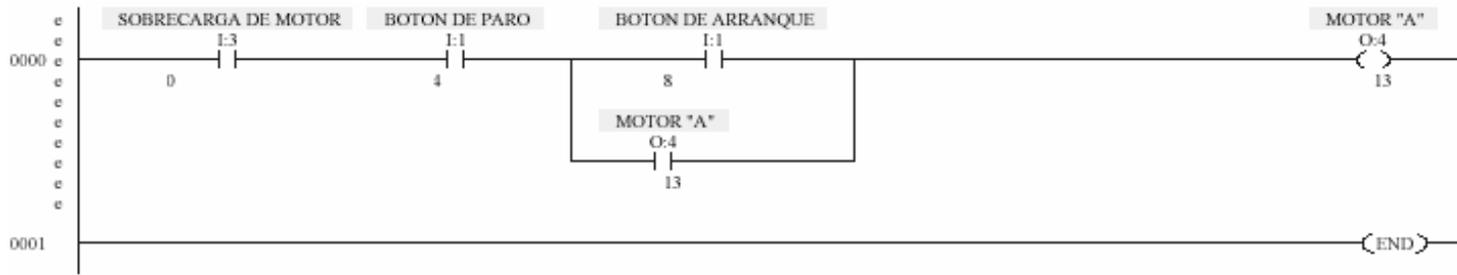


Fig. 5.1.2.- Programación en escalera del ejemplo "A"



## 5.2.- EJEMPLO “B” CONTROL DEL ARRANQUE DE DOS COMPRESORES.

El circuito de control de dos compresores que se encargan de suministrar aire (figura 5.2.1) a un sistema neumático debe de funcionar de la siguiente manera:

- Se tienen 2 compresores (M1 y M2) que alimentan a un solo tanque de almacenamiento de aire.
- Cuenta el tanque de almacenamiento con un interruptor de presión (IP) eléctrico que esta calibrado a detener el motor (M1 y M2) que este trabajando en ese momento a determinados Bars de presión.
- Un selector manual de inicio de ciclo (A) y fuera de servicio (F).
- Los compresores no deben de funcionar al mismo tiempo, el ciclo de cada uno debe de ser alternado.

### DIAGRAMA DE CONTROL CONVENCIONAL

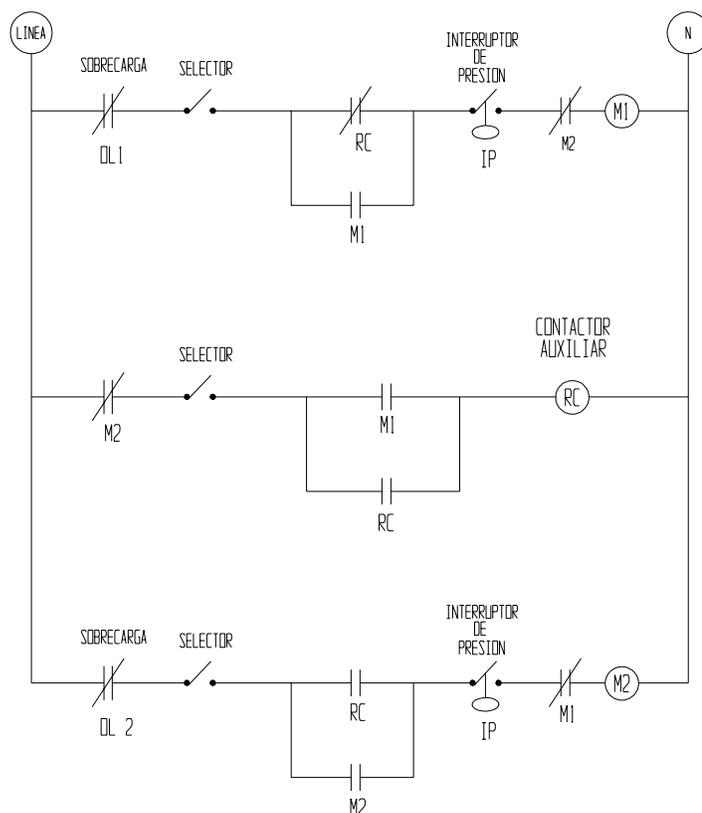


Fig. 5.2.1.- Control de suministro de aire continuo.

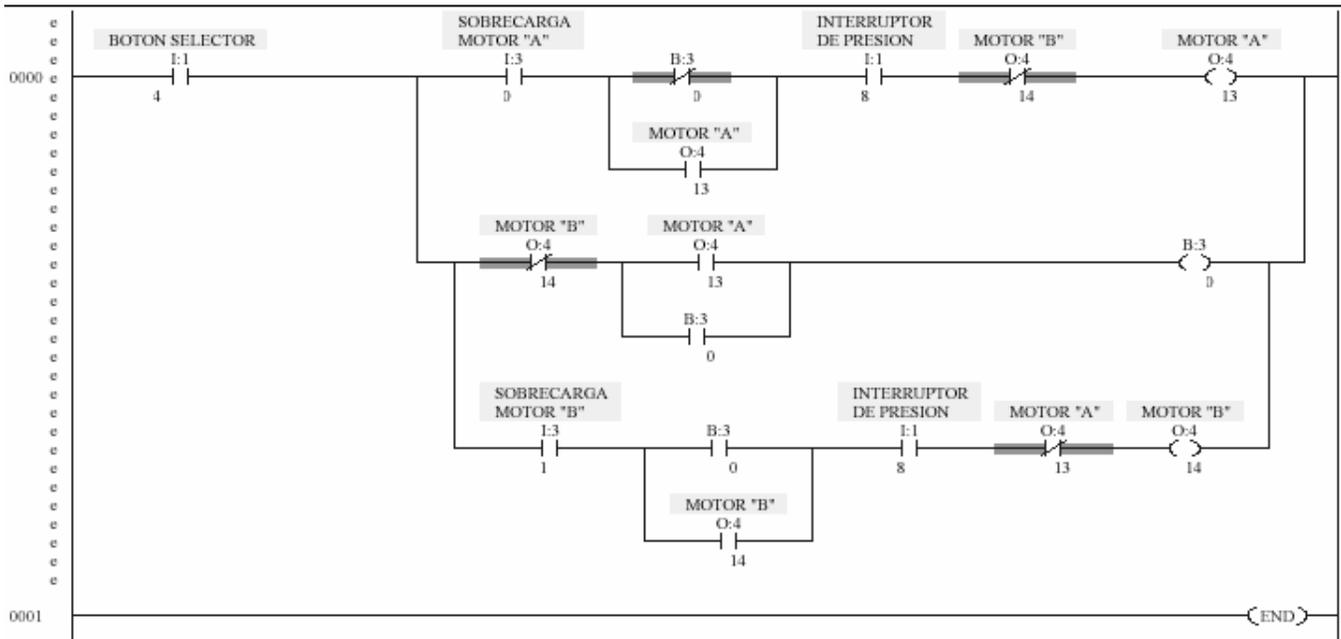


Fig. 5.2.2.- Programación en escalera del ejemplo "B"



### 5.3.- EJEMPLO “C” CONTROL DE UN TRANSPORTADOR.

Este ejemplo ya se citó en el Capítulo II para ver diferencias entre control convencional y control por programa. Sólo se traslada su diagrama de control (figura 5.3.1) y se obtendrá su diagrama de escalera en el programa RS Logix.

#### DIAGRAMA DE CONTROL CONVENCIONAL

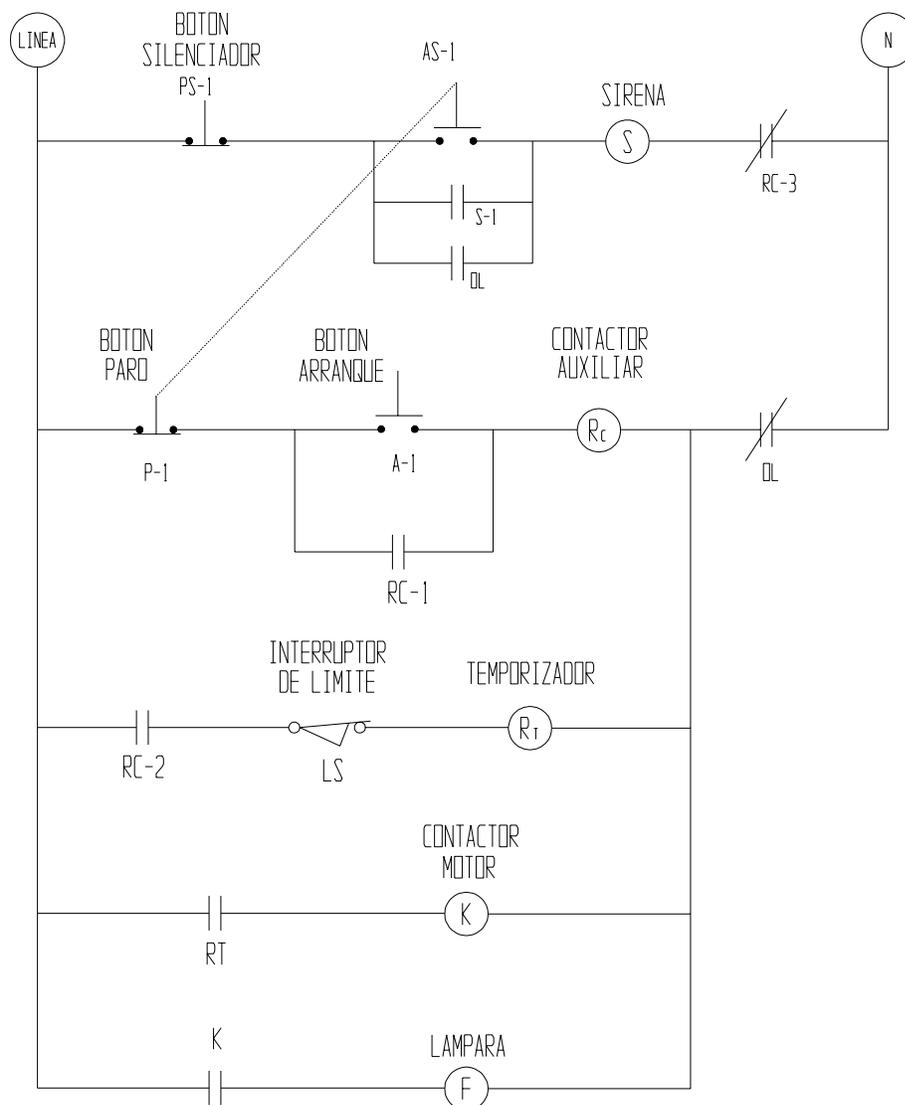


Fig. 5.3.1.- Circuito de control de un transportador de banda de material.

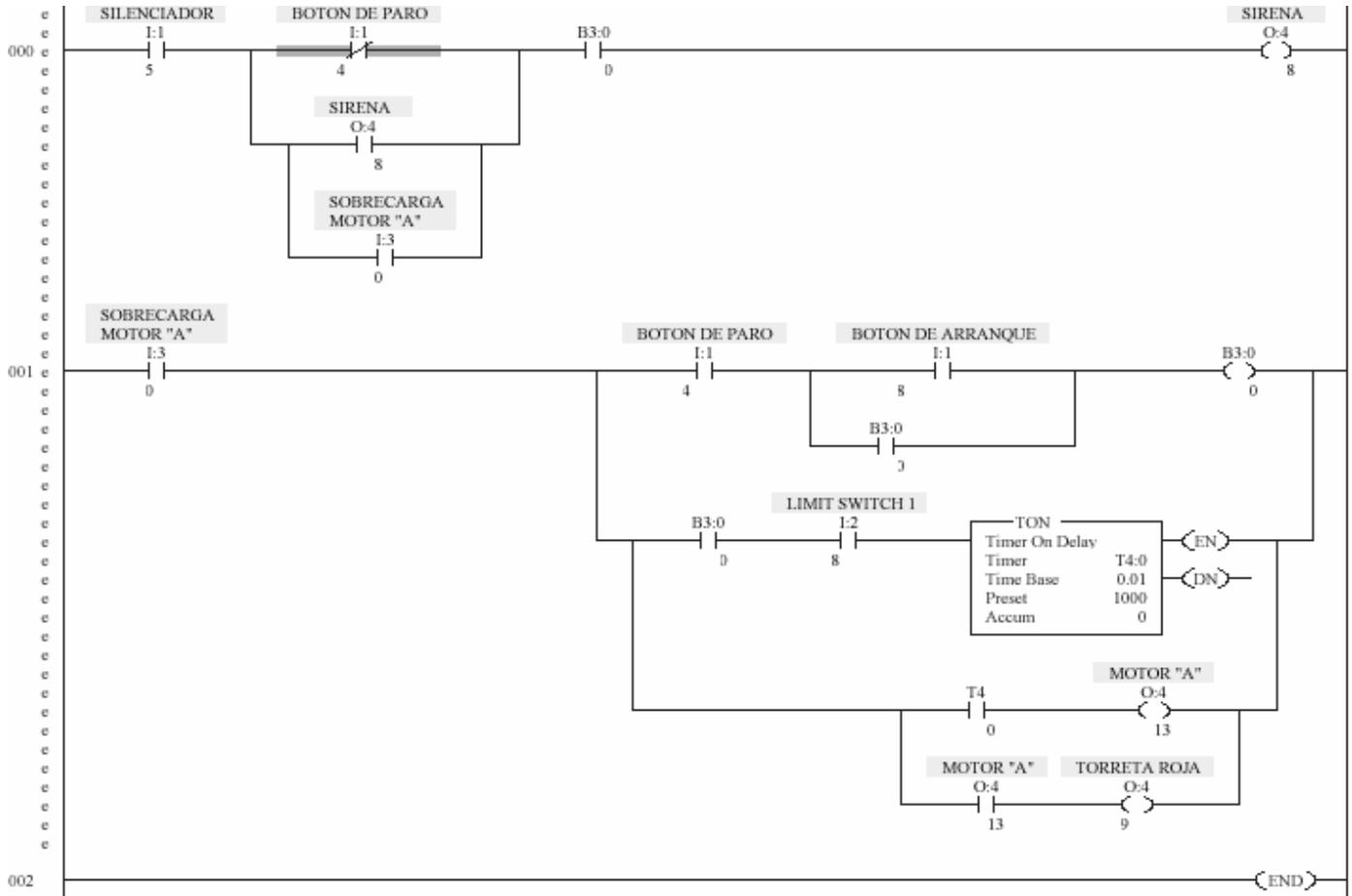


Fig. 5.3.2.- Programación en escalera del ejemplo "C"



### 5.4.- EJEMPLO “D” CONTROL DISTRIBUIDOR DE PIEZAS.

En la zona de almacén de una fabrica se cuenta con una banda transportadora, la cual el material contenido en cajas, son distribuidas manualmente a cuatro bandas por medio de una sección móvil; la posición requerida es actuada por cilindros neumáticos que deberán seleccionar las piezas por botones pulsadores (botón A, B, C y D) y en cualquier orden (Figura 5.4.1).

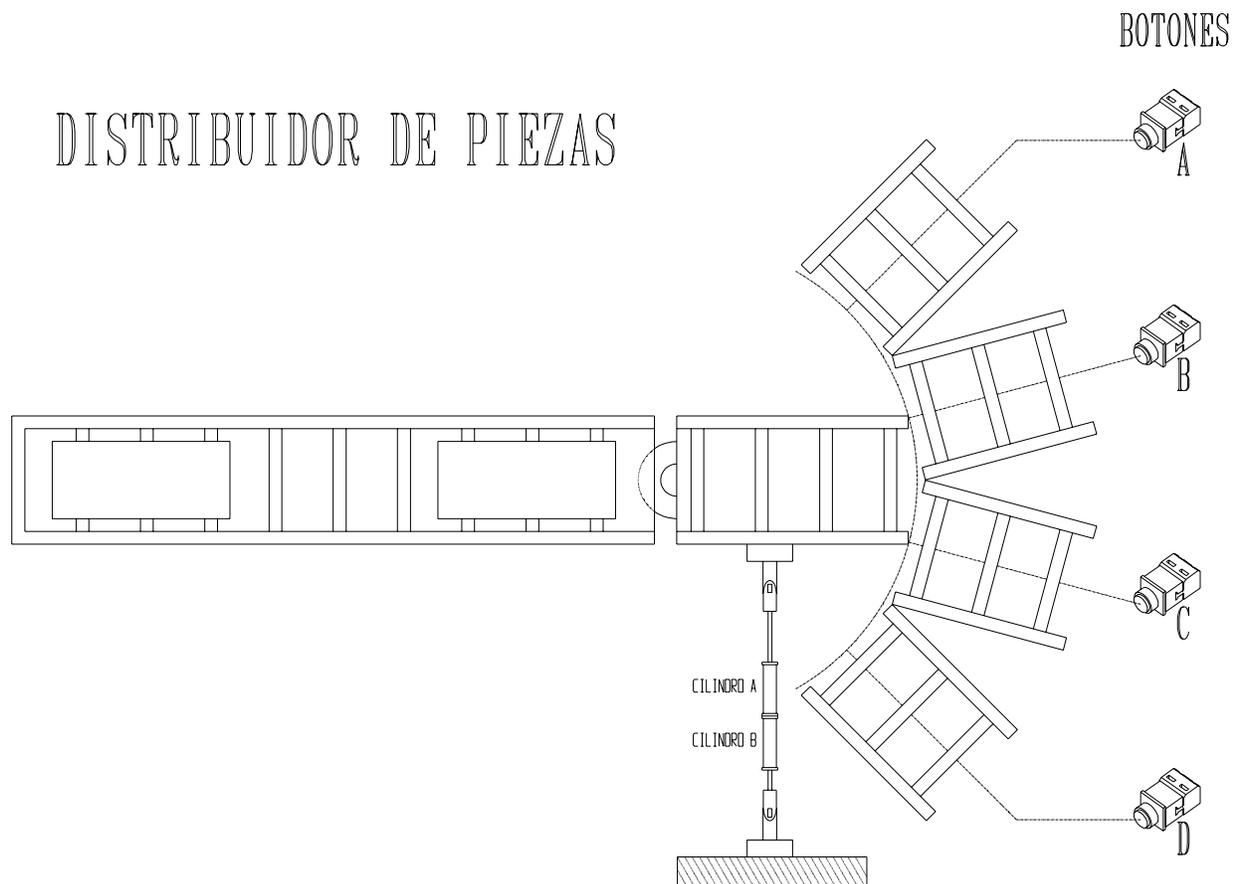


Fig. 5.4.1.- Dibujo esquemático del transportador distribuidor de piezas neumático.



# SIMULADOR DE SISTEMAS DE CONTROL

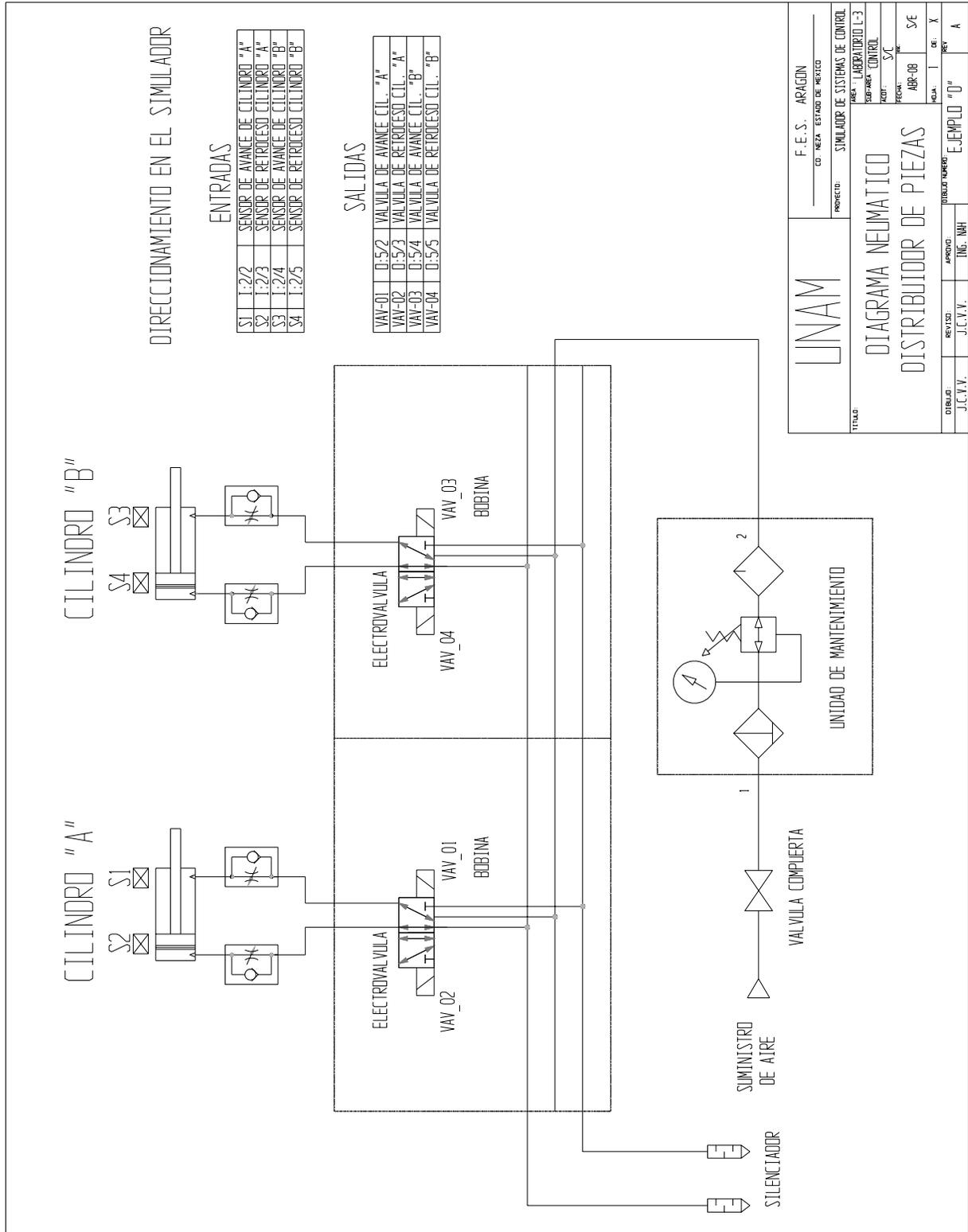


Fig. 5.4.2.- Diagrama neumático.



## DIAGRAMA DE CONTROL CONVENCIONAL

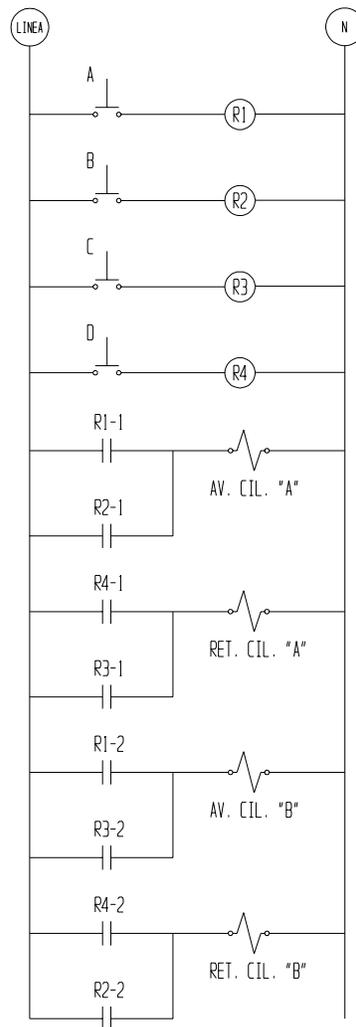


Fig. 5.4.3.- Circuito de control.

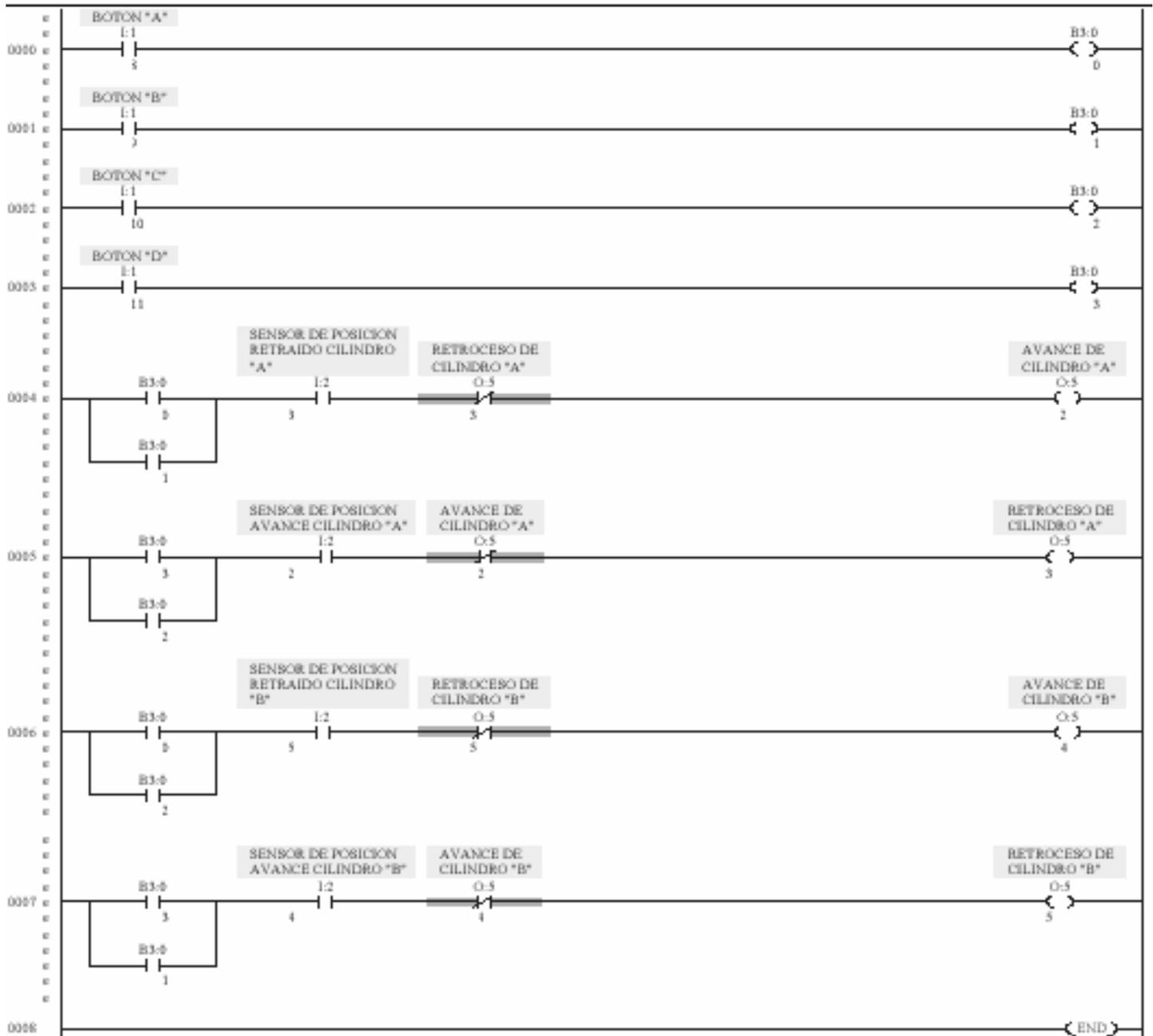


Fig. 5.4.4.- Programación en escalera del ejemplo "D"



# CONCLUSIONES



## CONCLUSIÓN

En la industria mexicana actual, los problemas y soluciones para el flujo de materiales y procesos productivos son tan variados como la necesidad de las empresas en transformar sus secuencias operacionales en procesos controlables y dirigibles. El hecho de que el flujo de materiales pueda ser decisivo para su competitividad ya es aceptado por empresas de todos los tamaños.

Soluciones modernas para las técnicas de producción abarcan desde las relacionadas con los puestos de trabajo y su conexión con sistemas semi-automáticos hasta complejos centros logísticos con una diversidad de funciones.

Esta actualidad de la industria mexicana, obliga que a través del creciente desarrollo, la utilización de herramientas y sistemas inteligentes, sean optimizados los flujos de material y completos procesos empresariales

Muchas plantas hoy en día están cambiando sus tecnologías obsoletas para no colocarse en una situación vulnerable frente al contexto actual. La globalización de los mercados, y el consecuente entorno competitivo hacen necesario que las empresas echen mano de tecnología hoy disponible, para que la planta productiva sea capaz de consolidarse y ser competitiva, a través de la modernización de sus sistemas de producción.

Las empresas mexicanas están conciente de ello y han estado trabajando más en sus departamentos de automatización como una respuesta a las necesidades de modernización de los procesos de manufactura, a través de nuevos sistemas de control que incorporen componentes y sistemas inteligentes.

La integración de múltiples tecnologías de software y hardware con la interacción armónica de las áreas de ingeniería mecánica, electrónica, neumática e hidráulica. Para que en un proceso, la fabricación de productos sea de mejor calidad y desempeño.



## SIMULADOR DE SISTEMAS DE CONTROL

---



La integración de controles de robots industriales y maquinas-herramientas, a través de la comunicación por medio de redes, la obtención de datos referentes a la actual posición y a la producción, bien como el diagnostico a distancia. Es la visión del empresario que quiere ser competitivo para el mercado nacional e internacional.

Bajo estas premisas que circulan en la industria la calidad de la educación del estudiante debe actualizarse día con día con forme al avance en la ciencia y en las tecnologías actuales que se integran a nuestro país.

El proyecto del Simulador de Sistemas de Control es un granito de arena que se aporta en este trabajo para dar más armas al estudiante de la F.E.S. Aragón y facilitar su integración al campo laboral, cada vez más competitivo hoy en día.

El aprendizaje y la experiencia que se obtenga de utilizar más los componentes que se utilizan en la vida real; son puntos claves para la formación y desarrollo de los estudiantes de cualquier institución. Ese es La fundamentacion de elaborar este proyecto. Colaborar para que en México haya un número cada vez mayor de ingenieros de calidad.



# APÉNDICES

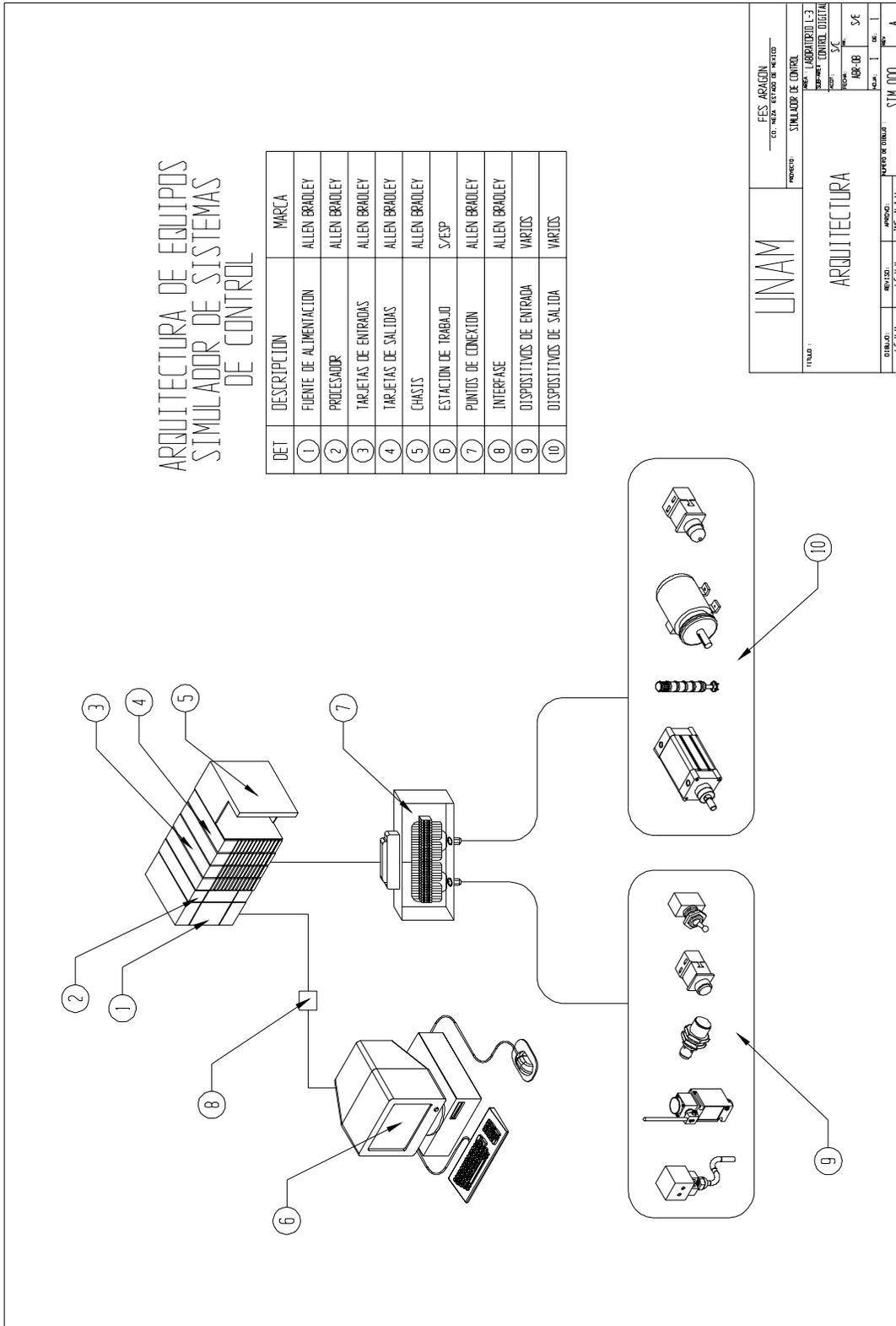
- A ARQUITECTURA DE EQUIPOS.
- B DIAGRAMA ELÉCTRICO.
- C DIAGRAMA NEUMÁTICO.



# SIMULADOR DE SISTEMAS DE CONTROL



## APÉNDICE A

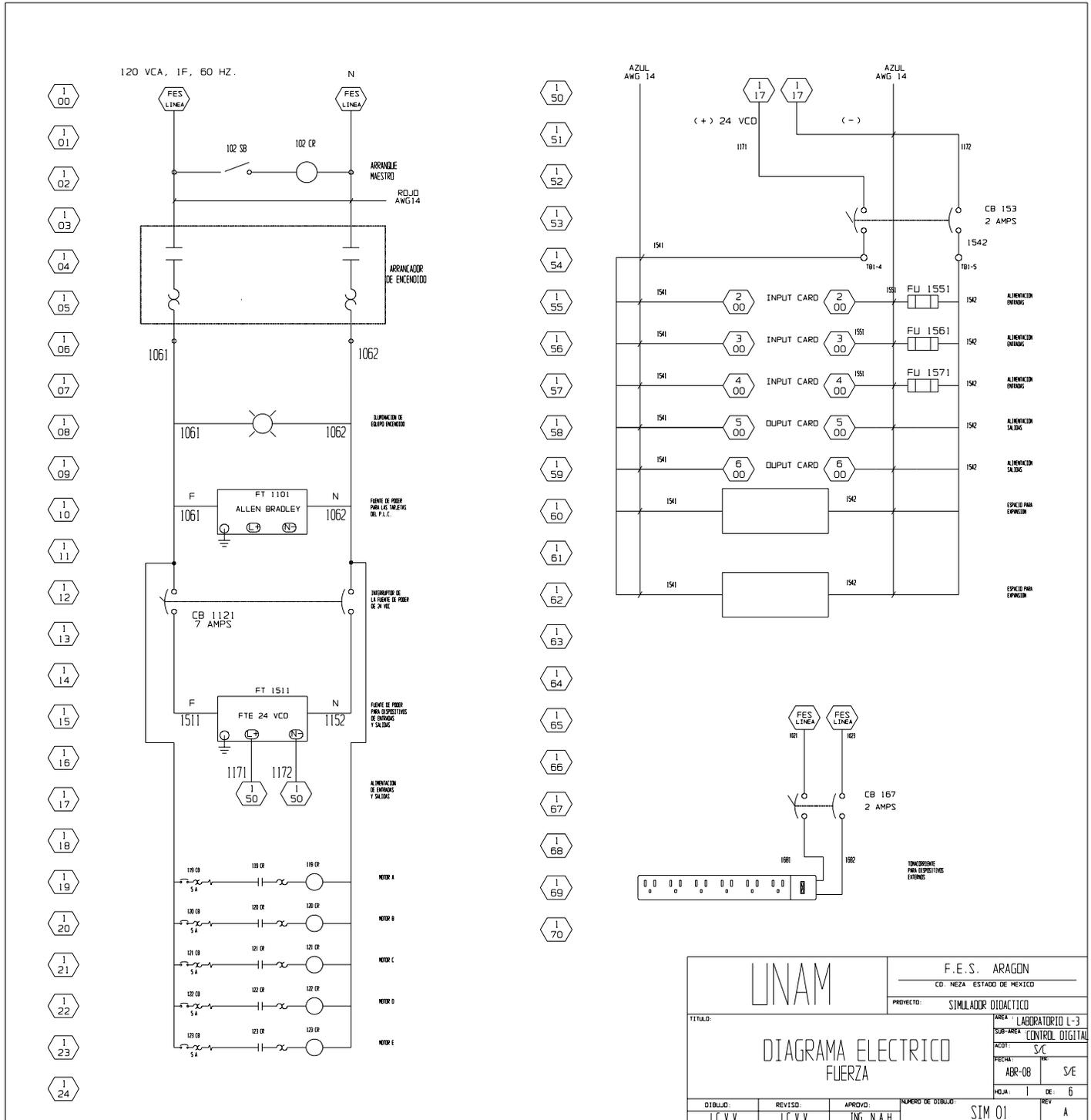




# SIMULADOR DE SISTEMAS DE CONTROL

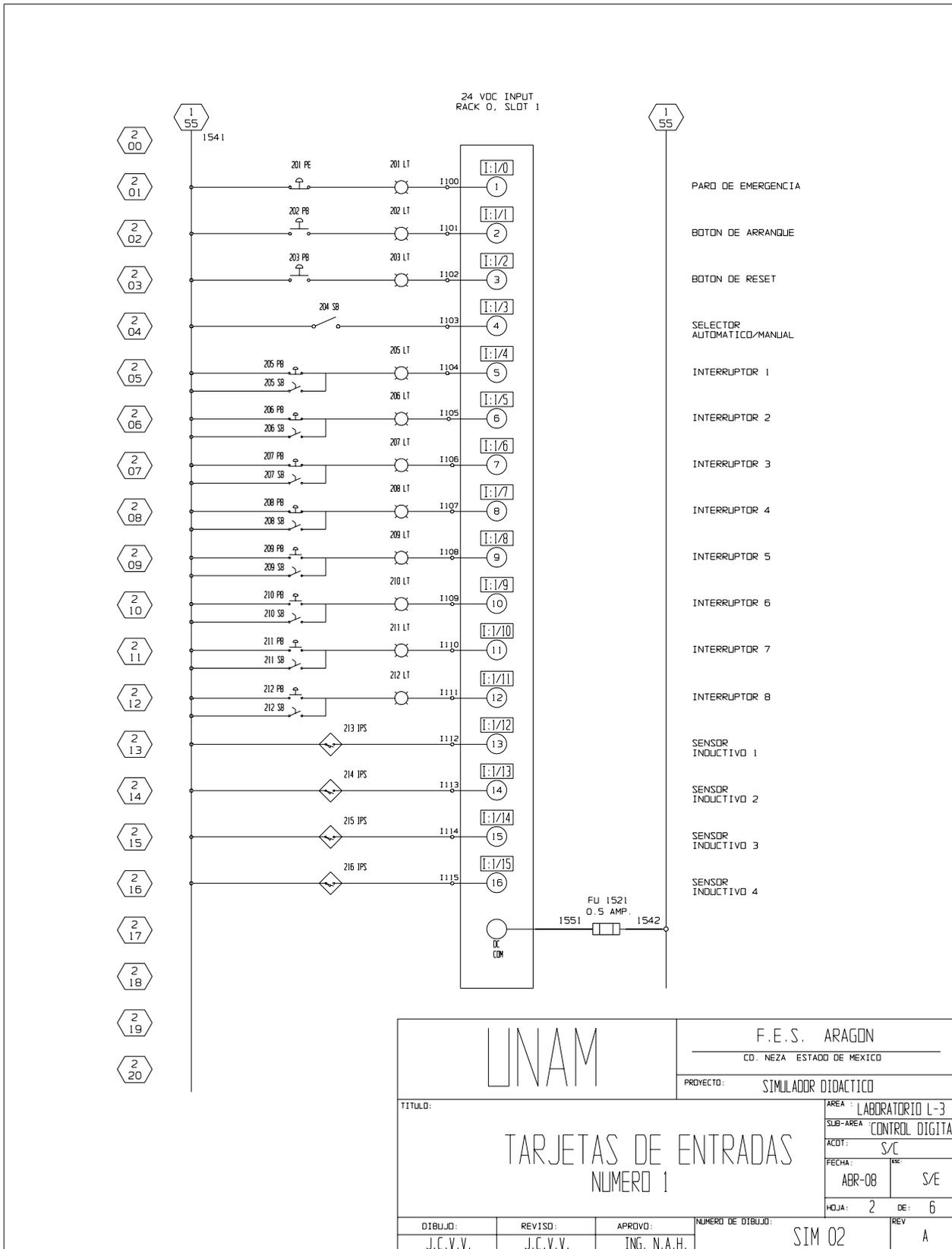


## APÉNDICE B



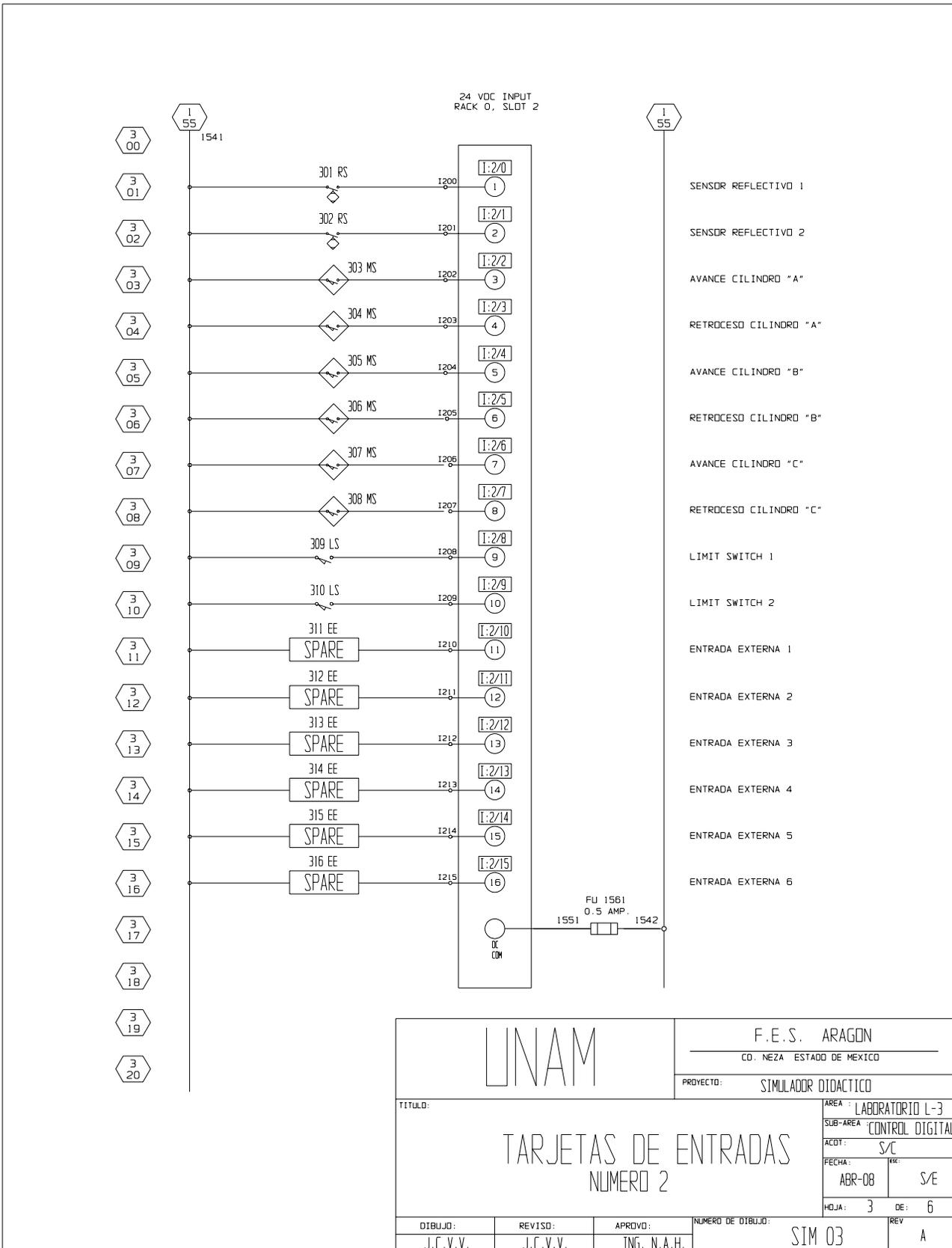


# SIMULADOR DE SISTEMAS DE CONTROL



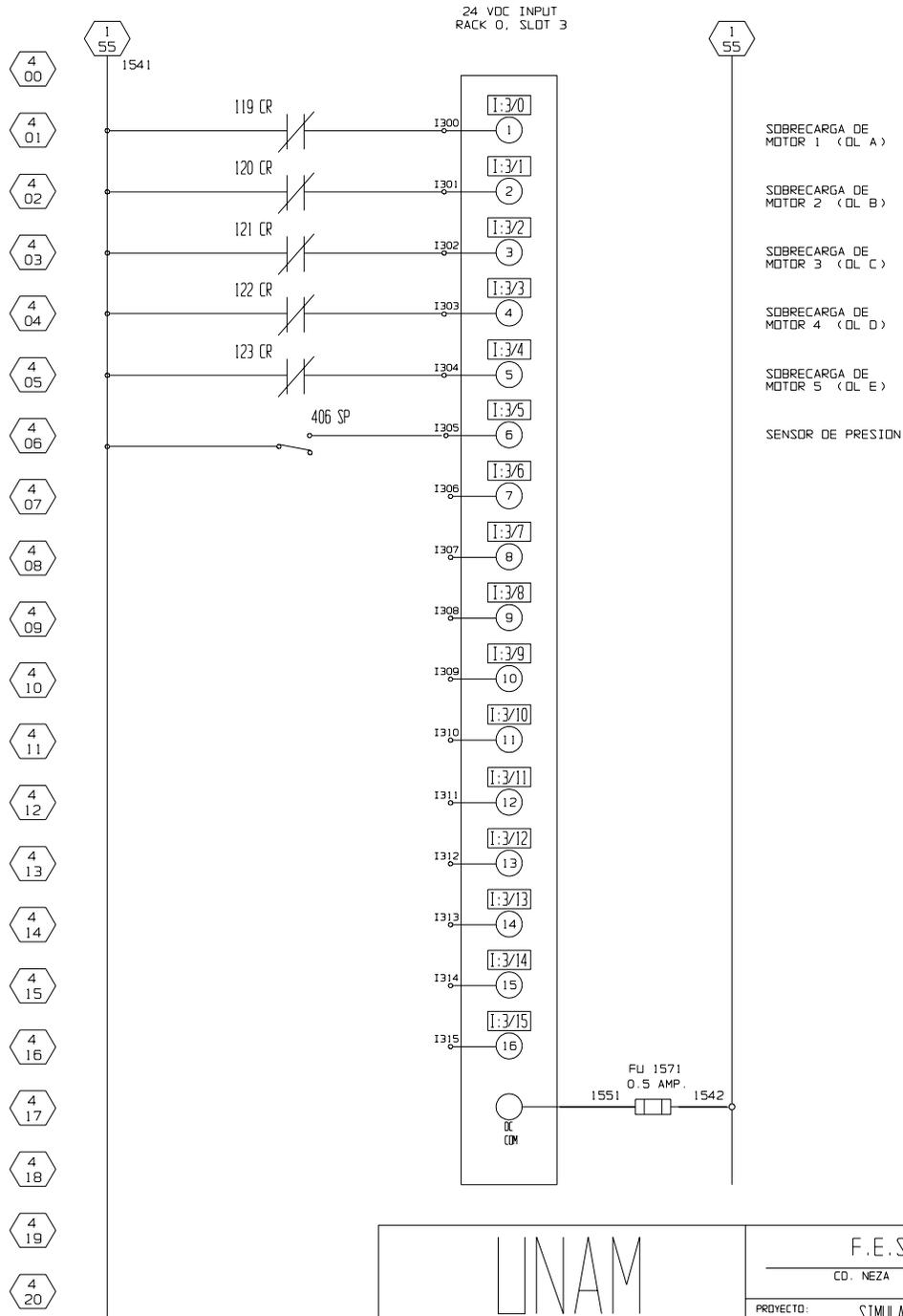


# SIMULADOR DE SISTEMAS DE CONTROL





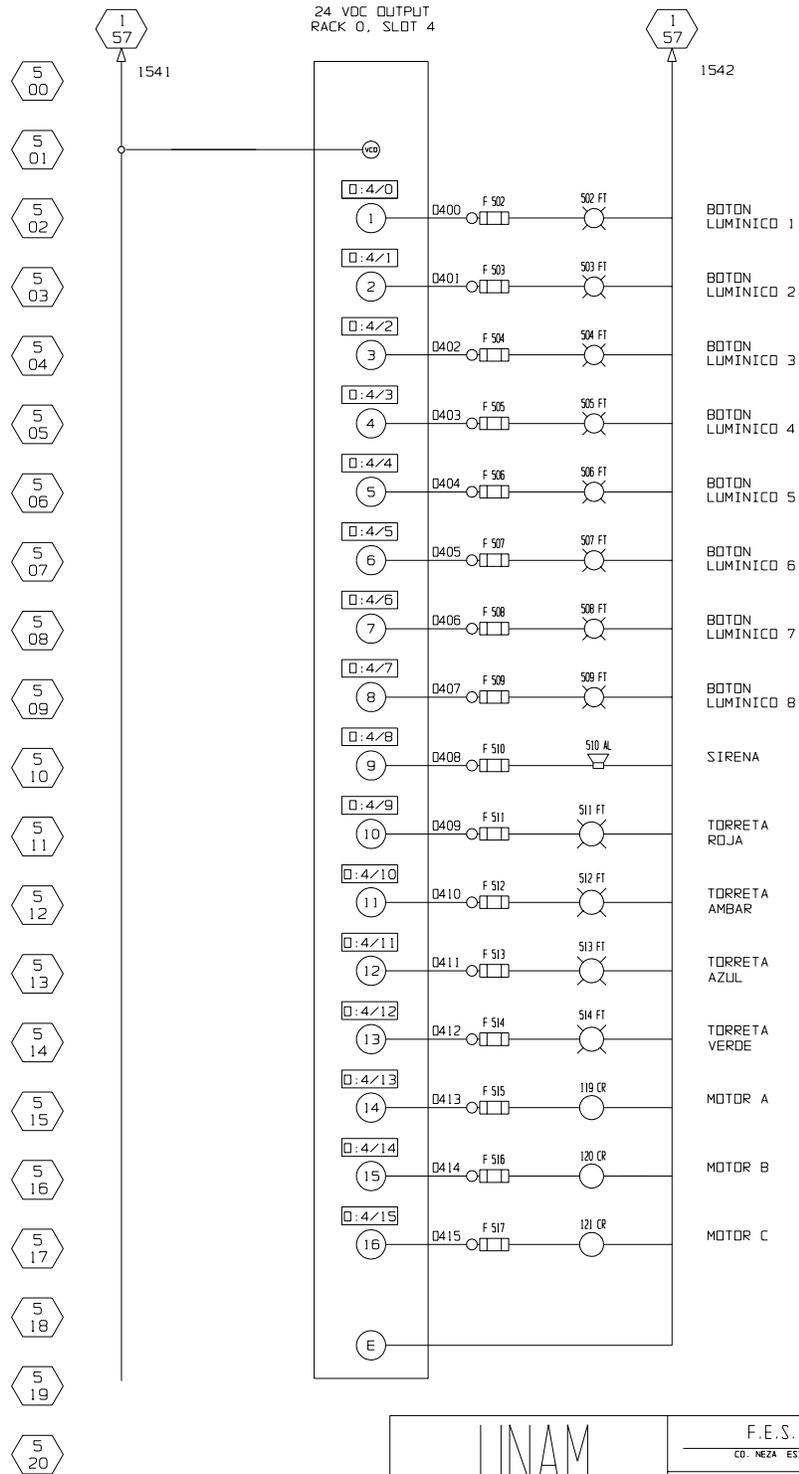
# SIMULADOR DE SISTEMAS DE CONTROL



|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
|   |  | F.E.S. ARAGON<br>CO. NEZA ESTADO DE MEXICO |  |
|   |  | PROYECTO: SIMULADOR DIDACTICO              |  |
| TITULO:<br><br>TARJETAS DE ENTRADAS<br>NUMERO 3 |  | AREA: LABORATORIO L-3                      |  |
|   |  | SUB-AREA: CONTROL DIGITAL                  |  |
|   |  | ACOT: S/C                                  |  |
|   |  | FECHA: ABR-08 DE: S/E                      |  |
| DIBUJO: J.C.V.V.                                |  | REVISO: J.C.V.V.                           |  |
| APROBO: ING. N.A.H.                             |  | NUMERO DE DIBUJO: SIM 04                   |  |
|   |  | HOJA: 4 DE: 6                              |  |
|   |  | REV: A                                     |  |



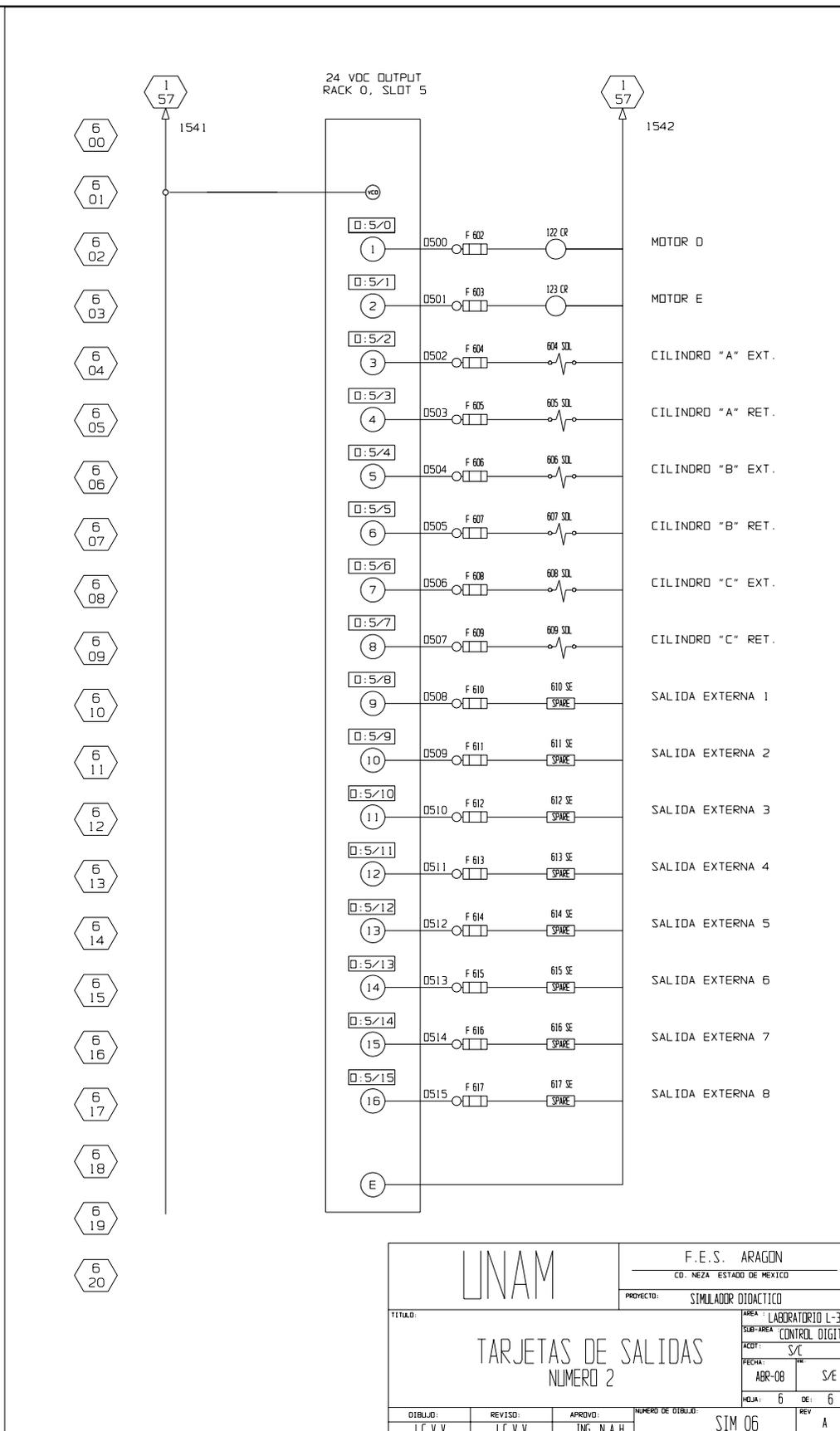
# SIMULADOR DE SISTEMAS DE CONTROL



|                                 |  |                               |                           |
|---------------------------------|--|-------------------------------|---------------------------|
| UNAM                            |  | F. E. S. ARAGON               |                           |
|                                 |  | CD. NEZA ESTADO DE MEXICO     |                           |
| TITULO:                         |  | PROYECTO: SIMULADOR DIDACTICO |                           |
| TARJETAS DE SALIDAS<br>NUMERO 1 |  | AREA: LABORATORIO L-3         | SUB-AREA: CONTROL DIGITAL |
|                                 |  | PROY: S/C                     | FECHA: ABR-08             |
| DISEÑO: J.C.V.V.                |  | REVISO: J.C.V.V.              | APROBO: ING. N.A.H.       |
| NUMERO DE DISEÑO: SIM 05        |  | REV: A                        | DE: 6                     |



# SIMULADOR DE SISTEMAS DE CONTROL

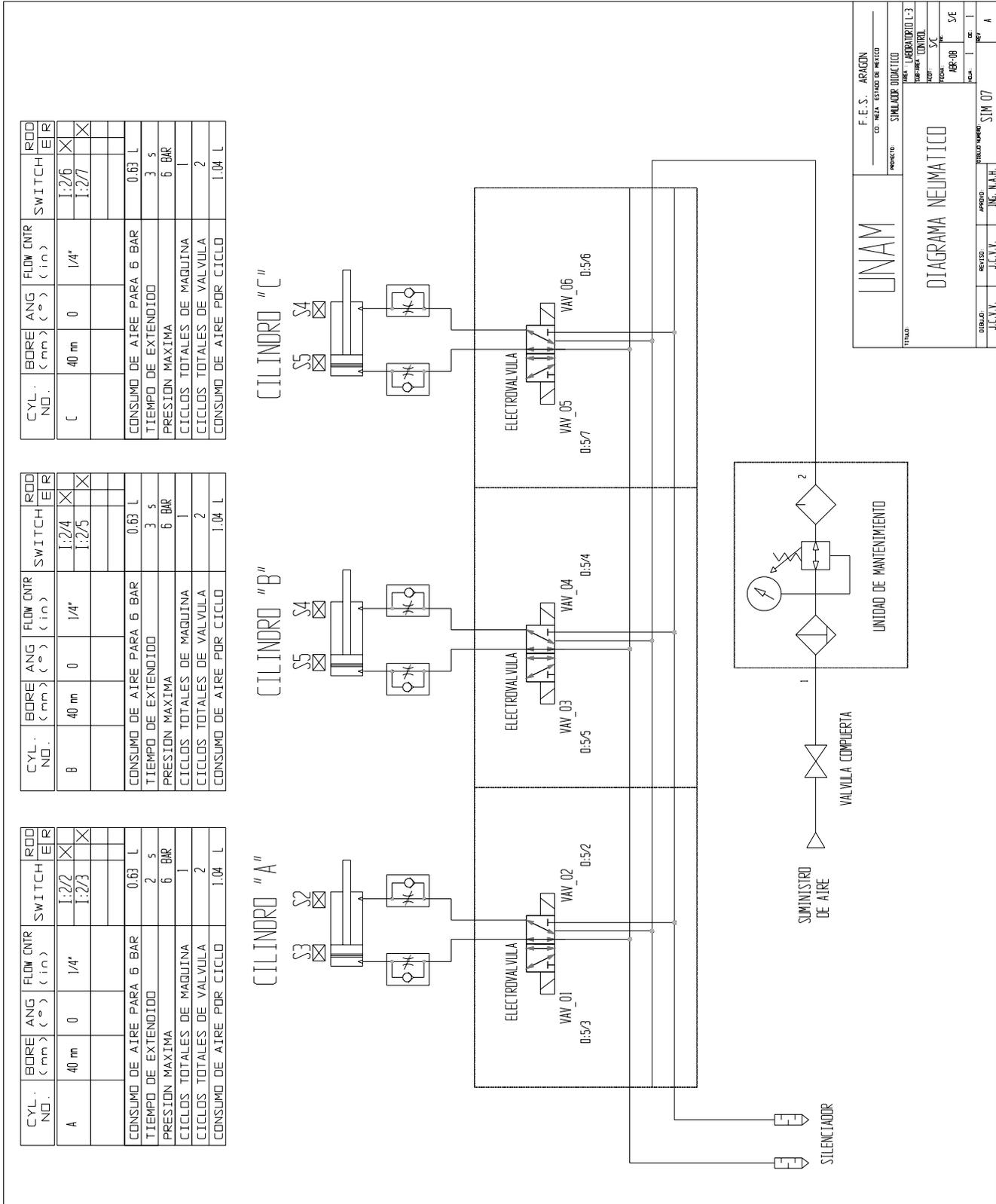




# SIMULADOR DE SISTEMAS DE CONTROL



## APÉNDICE C





# BIBLIOGRAFÍA



## BIBLIOGRAFÍA

AUTOMATIZACIÓN Y CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES. CANO GARCÍA, ROGELIO. CUELLAR MALDONADO, MARIO. ROSALES DE LA VEGA, SERGIO A. Editorial Hoy en Tampico, S.A. de C.V. México 1999.

AUTOMATISMO Y CONTROL. LÓPEZ NAVARRO TOMAS, Editorial Gustavo Gili S.A. de C.V. Barcelona 1975.

INGENIERÍA DE CONTROL MODERNO. KATSUHIKO OGATA. Editorial Prentice Hall. México 1988.

EL BRAZO EXTENDIDO DEL HOMBRE. LARS WESTERLUND. Editorial Centraltryckeriet boras. USA 2000.

H. MEIXNER, E. SAUER. INTRODUCCIÓN A LA ELECTRONEUMÁTICA. Editorial Festo Didactic. 1990.

APLICACIONES INDUSTRIALES DE LA NEUMÁTICA. GUILLEN SALVADOR ANTONIO. Editorial Marcombo. España 1988.

TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN Y AUTOMACIÓN. KLAUS FRIEDRICH, HARMUT WEULE. Verband Deutscher Maschinenund Anlagenbau. (VDMA). Frankfurt 1997.

FAMILIA DE CONTROLADORES PROGRAMABLES COMPACTOS SLC 500. Editorial Rockwell Automation. Publicación 1747230es. USA. 1996.

PROCESADORES MODULARES SLC 500. Editorial Rockwell Automation. Publicación 1747239es.USA. 1994.

JUEGO DE INSTRUCCIONES SLC 500 Y MICROLOGIX 1000. Editorial Rockwell Automation. Publicación 1747615es.USA. 1995.