



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DESARROLLO DE UN SISTEMA DETECTOR DE
AGUJEROS EN LA FABRICACION DE PAPELES
LIGEROS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

AREA ELECTRICA – ELECTRONICA

P R E S E N T A

CARLOS VIVEROS MARIN

Director de la tesis Doctor Paul Rolando Maya Ortiz

CIUDAD UNIVERSITARIA

2006



A mis hijos Carlos y Carla, que para lograr llegar a esto les reste el tiempo que les pertenecía, pero que sepan que esto fue para ellos, que les sirva de motivación para que logren lo que se propongan en la vida.

A mi esposa Verónica con cariño

A mis padre Paulino Viveros Díaz (q.e.p.d) y Julia Marín Ramírez que me ayudaron y dieron todo su apoyo.

A todas aquellas personas que directa o indirectamente han hecho posible la realización de este trabajo especialmente a mi amigo el Dr. Sebastián Ibarra R. así como al Dr. Paul Maya que desinteresadamente me impulsaron a seguir adelante cuando estaba a punto de claudicar.

A la UNAM con gratitud imperecedera
A la Facultad de Ingeniería

INTRODUCCIÓN

Proceso de fabricación de papel

Diseño de un detector de perforaciones para una máquina que fabrica papeles ligeros

Justificación

Objetivos del trabajo de tesis

Diagrama de bloques del sistema detector de perforaciones

Estructura del trabajo:

Capítulo 1

Selección del elemento sensor para el detector de perforaciones

- 1.1 El elemento sensor y sus características
 - 1.1.1 Construcción del sensor
- 1.2 Fuente de voltaje de alimentación a los cepillos
 - 1.2.1 Modo de operación
 - 1.2.2 Características de la fuente de voltaje
 - 1.2.3 Tamaño de las perforaciones
 - 1.2.4 Cálculos de diseño de la fuente de voltaje
- 1.3 Sistema neumático del detector
 - 1.3.1 Modo de operación del sistema neumático
 - 1.3.2 Cálculo del cilindro que mueve el soporte
 - 1.3.2.1 Método práctico
 - 1.3.2.2 Método teórico

Capítulo 2

Circuitos de Interface del sistema (entradas y salidas)

- 2.1 Operación propuesta del sistema detector de perforaciones
- 2.2 Entradas del sistema
 - 2.2.1 Detalle de las entradas
- 2.3 Salidas del sistema
 - 2.3.1 Detalle de las salidas
 - 2.3.1.1 Salidas de módulo de expansión

Capítulo 3

Selección de la tecnología de control

- 3.1 Introducción a los PLC's
- 3.2 Arquitectura de un controlador lógico programable (PLC)
- 3.3 Programación del PLC
- 3.4 Ciclo de trabajo del PLC
- 3.5 El PLC Allen Bradley modelo SLC 150
 - 3.5.1 Sección Entradas / Salidas del PLC AB modelo SLC 150 [25]
 - 3.5.2 Memoria del PLC AB
 - 3.5.3 Sistema diagnóstico
- 3.6 Módulo de expansión SLC 100
- 3.7 Programación del PLC
 - 3.7.1 Instrucciones del PLC AB SLC 150
- 3.8 Programación en lenguaje escalera para el PLC AB SLC 150

Capítulo 4

Algoritmos y programación escalera del sistema detector

- 4.1 Algoritmos y diagramas de flujo del sistema (primera parte)
 - 4.1.1 Algoritmo del detector de perforaciones:
 - 4.1.2 Diagrama de flujo del sistema detector de perforaciones
- 4.2 Definición de zonas de la máquina para la detección de perforaciones repetitivas (segunda parte)
 - 4.2.1 Detección de perforaciones repetitivas
 - 4.2.2 Algoritmo para perforaciones repetitivas
 - 4.2.3 Diagrama de flujo para perforaciones repetitivas
- 4.2 Rutinas para la detección en las diferentes zonas de la máquina con el PLC
 - 4.3.1 Rutina de conteo de perforaciones
 - 4.3.2 Rutina para la generación de los pulsos de las 7 zonas de la máquina.
 - 4.3.3 Rutina de localización de las zonas de la máquina

Capítulo 5

Pruebas al sistema detector de perforaciones

- 5.1 Pruebas a la fuente de voltaje
- 5.2 Pruebas fuera de línea (máquina fuera de operación)
- 5.3 Pruebas en línea (máquina en operación)

Conclusiones y trabajo futuro

Referencias

Bibliografía

Apéndice A. Diagramas eléctricos del sistema

Diagrama eléctrico del PLC a los periféricos.

Diagrama eléctrico que muestra la conexión de los bornes del PLC a sus dispositivos de entrada y salida.

Diagrama eléctrico que muestra la conexión de los bornes de entrada del PLC a sus dispositivos.

Diagrama eléctrico que muestra la conexión de los bornes de salida del PLC a sus dispositivos.

Apéndice B. Diagramas del sistema neumático

Diagrama neumático que muestra los componentes del sistema.

Tabla Presión – Fuerza que se utiliza para el cálculo del tamaño de un cilindro neumático

Apéndice C. Programación escalera del sistema

Programa en lenguaje escalera del detector de perforaciones (primera parte).

Programación escalera para perforaciones repetitivas por una sección (segunda parte).

Apéndice D. Diagramas varios

Diagrama de flujo de la fabricación de papel

Diagrama donde se observa la distribución de los cepillos en la máquina

Diagrama de tiempos para el cálculo de las perforaciones repetitivas.

Diagrama que muestra la división de la máquina para realizar el cálculo de las perforaciones repetitivas.

Diagrama de flujo para la detección de perforaciones

Apéndice E. Información técnica de componentes del sistema

Componentes eléctricos

Relevador de estado sólido

Potenciómetro

Contador

Botones iluminados del sistema

Botones para poner en operación y fuera el sistema detector
Componentes neumáticos del sistema
Válvula reguladora de flujo
Electroválvula
Cilindro neumático del sistema
Regulador de presión de aire
Filtro de aire del sistema

INTRODUCCIÓN

Proceso de fabricación de papel

La siguiente introducción se refiere al proceso de fabricación de papel en la planta donde se pretende aplicar los conocimientos de ingeniería con el fin de resolver un problema tecnológico.

El proceso de fabricación completo se puede dividir en dos etapas, la primera comprende la fabricación de papel y la segunda el proceso de embobinado del mismo.

La primera parte del proceso se inicia con una mezcla de bloques de celulosa y agua, materia prima que se deposita en un tanque. Dichos bloques se mezclan por medio de un agitador de gran capacidad. Después de un determinado tiempo de mezclado, se forma una pasta acuosa de cierta consistencia que se bombea a los tanques de almacenamiento.

Existen tres tanques de almacenamiento: de celulosa de fibra corta, de celulosa de fibra larga y de merma. Dependiendo del tipo de papel que se esté fabricando se utilizan dos o los tres tanques. A la celulosa de fibra larga se le da un tratamiento mecánico con el fin de abrir la fibra y que ésta se pueda entrelazar logrando así que la hoja tenga mayor resistencia. Esto se realiza por medio de los refinadores – motores que llevan unas especies de bombas con discos de acero inoxidable.

Cuando los tanques se llenan a un cierto nivel, la pasta se bombea a otro tanque, llamado tanque de mezcla, al que se agregan productos químicos para mejorar la adherencia entre las fibras y así lograr una pasta uniforme. Después, todo pasa por un sistema de depuración encargado de limpiar la pasta de grumos, arenillas, etc. La pasta limpia se manda a un tanque y de ahí a la mesa de formación.

En la mesa de formación se realiza la distribución de la pasta para formar la hoja de papel. Sobre la mesa se extiende la pasta a lo ancho de la máquina y a través de una malla de fibras sintéticas es transportada hacia las prensas. Cuando viaja por la tela, por medio de un sistema de succión se elimina un porcentaje de humedad, luego, la hoja pasa por el sistema de prensas para secarla más, y enseguida la hoja es transportada a la primera sección de secado por el fieltro – especie de lona acolchonada resistente al agua.

La primera sección de secado está formada por un conjunto de secadores en forma de cilindros que giran con la transmisión de la máquina. Por ellos se hace circular vapor con el fin de calentarlos para que sequen la hoja por conducción. El primero de ellos tiene una temperatura inferior (con respecto a los demás) y aumenta paulatinamente en los demás secadores con el fin de evitar que la hoja se pegue en ellos. Este proceso elimina otro porcentaje de la humedad que pudiera tener después de haber pasado por el sistema de prensas.

Algunos papeles requieren de un recubrimiento especial para proporcionar las características propias de cada uno de los diferentes tipos que se elaboran en esta máquina. Para ello se usa el encolado superficial (tipo de pegamento especial que se aplica mojando la hoja al pasar entre la prensa), el cual se aplica en la prensa química. La misma está situada entre la primera y segunda sección de secadores y consta de dos rodillos recubiertos de hule suave, dos rodillos curvos para extender la hoja de papel además de un sistema de preparación y recubrimientos especiales.

La segunda sección de secadores, se usa para secar el papel después de haber sido mojado en la prensa química. Al final de esta, la hoja pasa por dos cuchillas circulares, donde se corta en tres secciones, conocidas como lado operación, centro y lado transmisión. De ahí pasa a la sección del enrollador donde la hoja ya dividida es enrollada en centros de cartón, almacenándose para pasar a la máquina embobinadora. En la Fig. 1 se muestra un diagrama de flujo de la fabricación de papel.

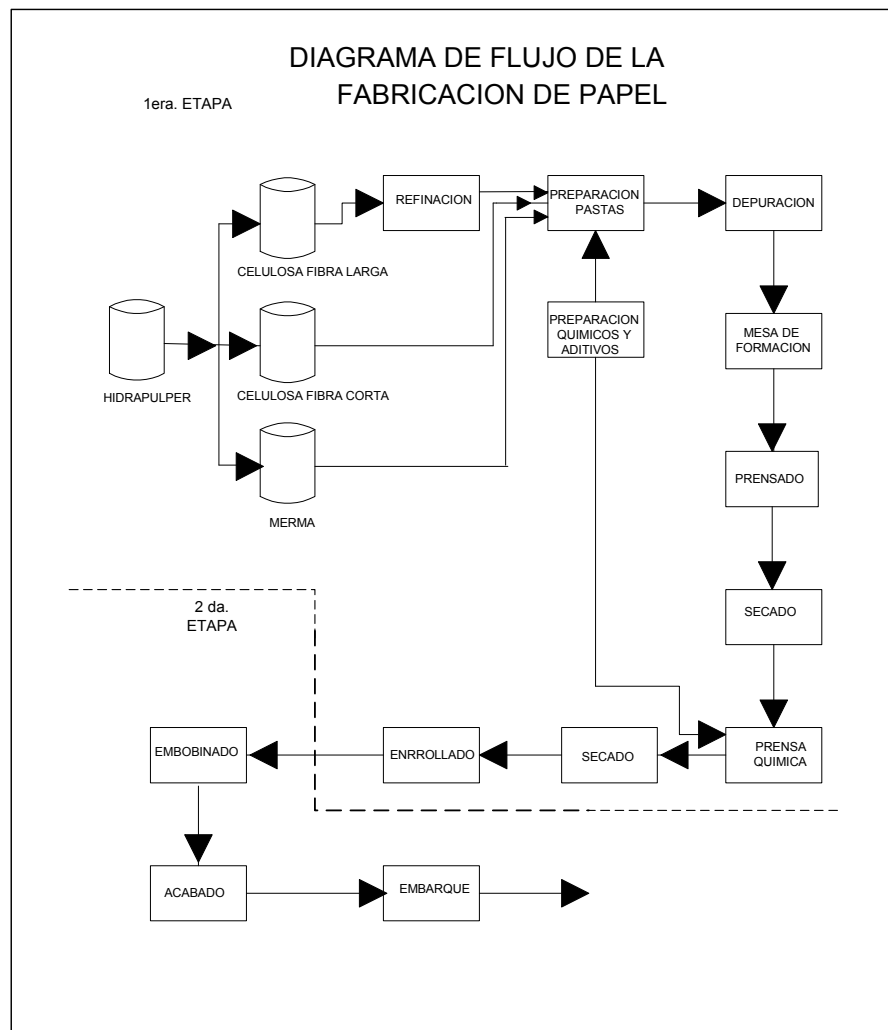


Fig. 1 Diagrama de flujo de la fabricación del papel

La segunda etapa corresponde al proceso de embobinado del papel. En ésta se desenrollan y cortan las bobinas de papel en secciones menores. Los rollos son etiquetados, apilados en una tarima, se envuelven con papel transparente y se etiquetan nuevamente quedando listos para su distribución.

Diseño de un detector de perforaciones para una máquina que fabrica papeles ligeros

El presente trabajo refiere el diseño de un Sistema Detector de Perforaciones que se instaló en una máquina que fabrica papel ligero con el fin de que detecte las perforaciones que se puedan producir en el papel durante su elaboración y permitiendo, de alguna manera, mejorar la calidad del papel, hacer más eficiente el proceso y reducir el costo de producción.

El sistema se encarga de avisar al operador, por medio de alarmas, la presencia de perforaciones, además de indicar la zona de la máquina en donde se producen las perforaciones, con lo que es posible ejecutar las acciones correctivas de manera inmediata y antes de terminar el proceso de fabricación.

Justificación Las perforaciones que se producen en la hoja de papel durante el proceso de fabricación, afectan considerablemente la producción del mismo. Dichas perforaciones son imperceptibles al ojo humano y sólo son detectadas una vez que la hoja llega a la parte final del proceso, donde se corta y pasa a la máquina embobinadora, lo cual ocasiona pérdidas en tiempo de proceso y material.

En máquinas de alta velocidad para papeles ligeros, las rupturas de la hoja pueden ser una fuente importante de tiempo de operación perdido [1]. Durante el proceso de corte (realizado en la máquina embobinadora), se hace más evidente la presencia de perforaciones, debido a que la hoja de papel se rompe cuando la perforación que tiene coincide con la cuchilla. Cuando esto ocurre, se debe detener la máquina para volver a unir nuevamente la hoja, proceso que consume aproximadamente diez minutos.

Cuando existe un alto índice de perforaciones, la hoja se rompe con más frecuencia y se pierde más tiempo en hacer las uniones. Además, se debe tener en cuenta que una sección de rollo de papel con más de seis uniones se considera pérdida para la producción. Una de las consideraciones más importantes en la fabricación de papeles ligeros es la exigencia del cliente que pide la bobina de papel con dos uniones como máximo.

Los incidentes antes mencionados ocasionan pérdidas económicas, debido a que se incrementa el tiempo de trabajo y se eleva el consumo de energía.

Por lo expuesto anteriormente, es de vital importancia contar con un sistema que detecte las perforaciones a tiempo, antes de llegar a la parte final del proceso, para corregir las causas que las originan y evitar las consabidas pérdidas económicas.

De acuerdo con la experiencia en el proceso de fabricación del papel, se pueden mencionar algunas de las causas más importantes que provocan la generación de perforaciones, así como las posibles soluciones propuestas, a saber:

a. Goteo por fuga de condensado en los secadores

Solución: hacer revisiones periódicas a esta sección.

b. Secadores o cuchillas sucias

Solución: los secadores y las cuchillas deben permanecer siempre limpios de residuos para no contaminar la hoja cuando ésta pase por esas zonas.

c. Tela de la mesa de formación en malas condiciones

Solución: mantener limpia la tela, lavándola con agua y sosa cáustica o, en caso que se haya dañado, es necesario cambiarla.

d. Pasta con mala refinación (tratamiento mecánico)

Solución: se deben seguir las especificaciones de producción para refinar la celulosa de acuerdo a los objetivos establecidos para cada tipo de papel.

e. Carbonato contaminado

Solución: se debe cuidar que el carbonato no esté contaminado de basura y no se formen arenillas. En caso que esto suceda es necesario remplazarlo.

Objetivos del trabajo de tesis

Objetivo general

Diseñar, implementar y evaluar experimentalmente un sistema detector de perforaciones para una máquina que fabrica papeles ligeros con densidades de los $20 \frac{g}{m^2}$ hasta los $40 \frac{g}{m^2}$ usando un controlador lógico programable (PLC).

Objetivos específicos:

1. Establecer el principio de operación del sistema detector de perforaciones.
2. Elegir el elemento sensor del detector de perforaciones y definir su principio de operación.
3. Elegir y programar el PLC para que el sistema trabaje de acuerdo a los objetivos.
4. Implementar el sistema detector de perforaciones.
5. Evaluar el desempeño del sistema detector de perforaciones.

Diagrama de bloques del sistema detector de perforaciones

Con el fin de facilitar la comprensión y diseño del sistema, a continuación se presenta un diagrama de bloques que muestra la estructura general del sistema detector de perforaciones. Véase la Figura 2.

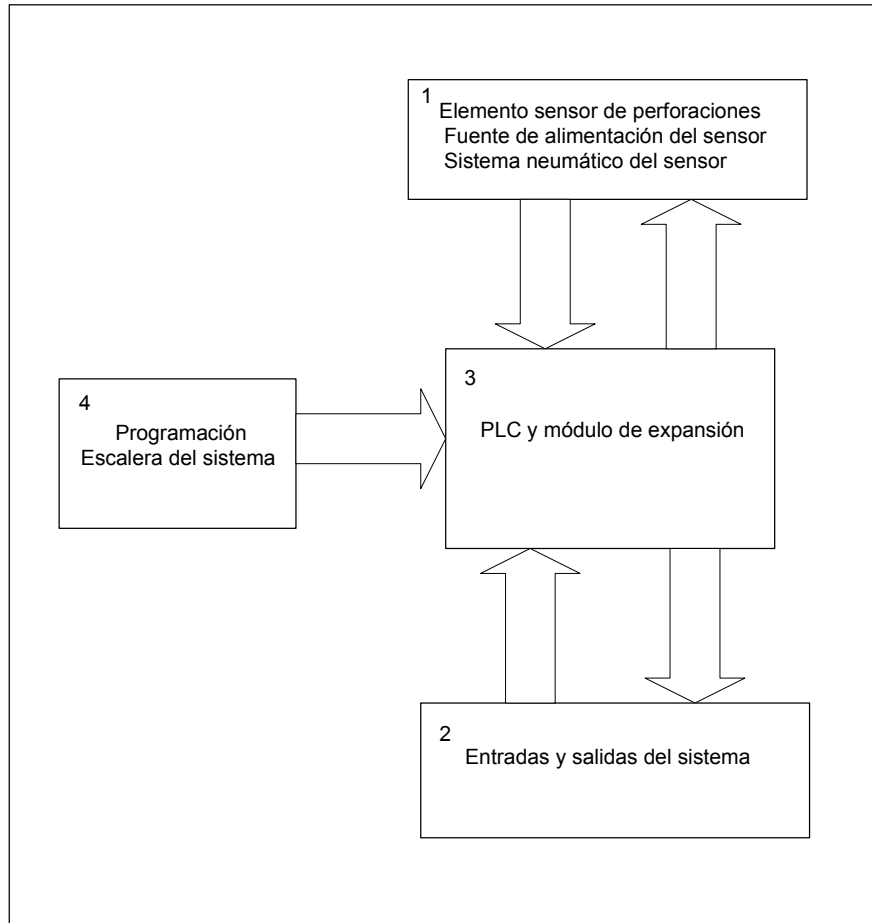


Fig.2 Diagrama de bloques del sistema detector de perforaciones

A continuación se describe, de manera simple, la función de cada bloque:

Bloque 1. Este bloque representa la parte del sistema que está en contacto con la hoja de papel, es decir, el sensor de perforaciones, el sistema que lo soporta y que permite su movimiento. Además contiene la fuente de alimentación del sensor (como se verá posteriormente, dicho sensor es de naturaleza eléctrica).

Bloque 2. Este bloque representa a los circuitos de interface. De los sensores a las entradas del PLC y de las salidas del PLC a los actuadores o sistemas de señalización.

Bloque 3. Este bloque representa la sección de control del sistema, integrada básicamente por el PLC y complementada por el módulo de expansión (módulo de relevadores usados por el PLC ver 2.3.1.1), necesario debido a la extensión del sistema.

Bloque 4. Representa la parte lógica del sistema, esto es, el programa que debe ejecutar el PLC para cumplir los objetivos de control planteados. Se indica la metodología utilizada para realizar el programa.

Estructura del trabajo: en el Capítulo 1 se exponen los argumentos para la elección del elemento sensor del detector de perforaciones y su principio de operación. En el Capítulo 2 se detallan los circuitos de interface del sistema con el PLC, la selección de entradas y salidas a los elementos periféricos del sistema. En el Capítulo 3 se explica lo referente a la tecnología de control que se usa para el diseño. Se incluye también una introducción a los PLC's, su arquitectura y programación. Se detalla el PLC Allen Bradley modelo SLC 150 y su módulo de expansión el SLC 100, así como el criterio para la elección del mismo como elemento principal de control del sistema. En el Capítulo 4 se desarrolla la programación del sistema, primero de manera general, detectando perforaciones ocasionales en cualquier sección de la hoja y activando sus alarmas. Después, se aplica en identificar la zona de la máquina en donde se originan las perforaciones, cuando se presentan de manera repetitiva en una sección de la hoja. En el Capítulo 5 se describen las pruebas realizadas al sistema para confirmar su correcto funcionamiento y los resultados obtenidos en ellas. El Capítulo 5 incluye las conclusiones del presente trabajo y algunas recomendaciones sobre trabajo futuro que permita mejorar el sistema detector. Finalmente se presenta un grupo de apéndices que incluyen información que puede ser necesaria para el lector interesado.

Capítulo 1

Selección del elemento sensor para el detector de perforaciones

En este capítulo se describe la elección, el principio de operación y el funcionamiento del sensor del sistema detector.

Para ello se tienen las siguientes consideraciones: el elemento sensor debe detectar a todo lo ancho de la hoja de papel las posibles perforaciones que se presenten durante la elaboración del papel. El sensor debe entrar y salir de operación cuando el operador lo solicite por medio de unos botones colocados para tal fin. También puede salir de operación en forma automática cuando la hoja no esté presente. La dimensión de las perforaciones detectadas será mayor o igual a 0.5 [mm] de diámetro. El sensor es colocado al final de la máquina, donde la hoja ya está bien formada y cumple con las características de peso, cenizas y humedad que se especifica en la norma.

En la parte final de la máquina se encuentra instalado un rodillo de bronce por donde pasa la hoja de papel. Este rodillo cubre la totalidad de la hoja y siempre está en contacto con ésta. La condición anterior permite considerar al fenómeno de conductividad eléctrica para proponer el sensor de perforaciones.

1.1 El elemento sensor y sus características

Como se ha mencionado anteriormente, una forma de resolver el problema de la detección de perforaciones es utilizar el fenómeno de conductividad eléctrica, es decir, se tiene el rodillo metálico que ésta en contacto con la cara superior de la hoja de papel, por lo que, sólo es necesario colocar algún objeto metálico en la parte inferior de la hoja. Dicho objeto metálico debe ser capaz de entrar en contacto físico con el rodillo en caso que se presenten perforaciones. Ambos objetos metálicos están conectados a un potencial eléctrico distinto, de tal forma que cuando entren en contacto se produzca una corriente eléctrica.

Considerando lo anterior, se ha decidido utilizar como elemento sensor un cepillo de alambre (colocado en la parte inferior de la hoja) junto con el rodillo de bronce. El cepillo de alambre que se uso tiene una longitud de 108 [cm], su base es de madera y está formado por hilos delgados de acero inoxidable¹ de 0.01 [mm] de diámetro. La elección del cepillo se hace después de medir el rodillo y considerando las tres secciones de la hoja. Véase, Figura 3.

¹ De la marca WM DIXON modelo 1772

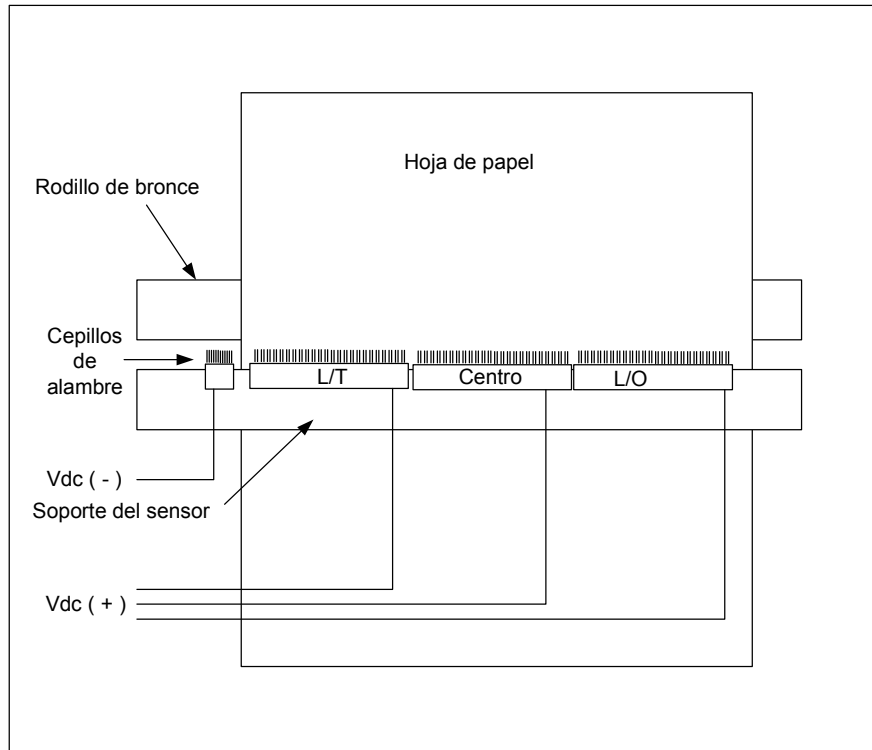


Fig. 3 Distribución de los cuatro cepillos

La hoja de papel mide 3.03 [m] de ancho y en la parte final del proceso se corta en tres secciones de 1.01 [m] de ancho cada una. Estas secciones se conocen como: sección lado operación (**L/O**), centro (**C**) y lado transmisión (**L/T**). La hoja es cortada después de pasar por el detector de perforaciones.

El rodillo permanece fijo en la estructura de la máquina mientras que el soporte con los cepillos se acerca y aleja del rodillo, de acuerdo con las consideraciones del diseño, por medio de un mecanismo neumático.

Es necesario mencionar que entre los cepillos se deja un espacio de 0.5 [cm], en el que no es posible detectar las perforaciones. Si se juntan más los cepillos, los hilos de los extremos del cepillo de la sección centro se tocan con los hilos de los extremos de los otros dos cepillos lo que provoca detecciones falsas.

Características del sensor

El rodillo de bronce

Mide 3.60 [m] de largo por 10 [cm] de diámetro, se encuentra recubierto con una capa de bronce y está fijo a la estructura de la máquina por medio de dos chumaceras.

El cepillo de alambre

Base de madera: 1.3 [cm] de ancho, 1.5 [cm] de alto y 108 [cm] de largo.

Hilos del cepillo: 0.01 [mm] de diámetro y 5 [cm] de largo. Cada cepillo está formado por 180 perforaciones de 2.50 [mm] de diámetro con 220 hilos en cada una. Véase Fig. 4

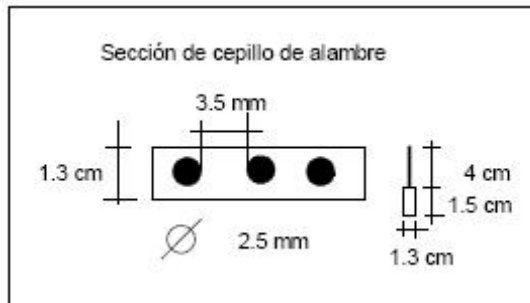


Fig. 4 Sección del cepillo de alambre

Todos los hilos del cepillo se unen por la parte posterior con un alambre de cobre con el fin de asegurar la continuidad eléctrica. Véase Fig. 5.

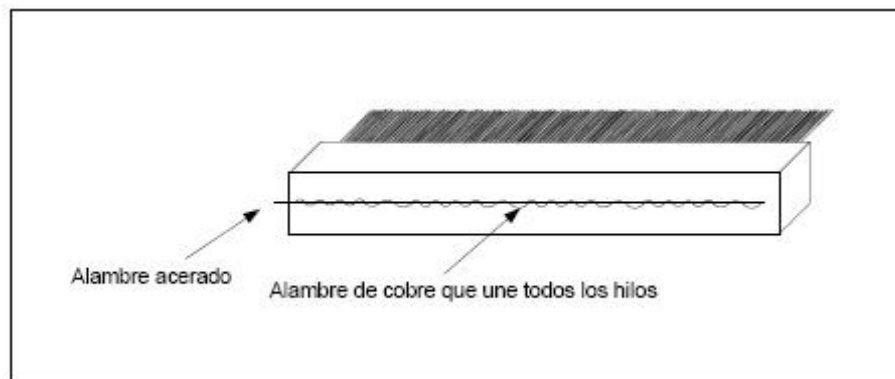


Fig. 5 Cepillo de alambre vista posterior

1.1.1 Construcción del sensor

El sensor está compuesto por cuatro cepillos que se montaron en un soporte angular. Tres cepillos son usados para la detección de perforaciones y tienen una longitud de 100 [cm]. El cuarto cepillo es usado para conectar a tierra el rodillo de bronce y tiene una longitud de 7 [cm]. El soporte tiene 3.60 [m] de largo y las dimensiones mostradas en la Fig. 6.

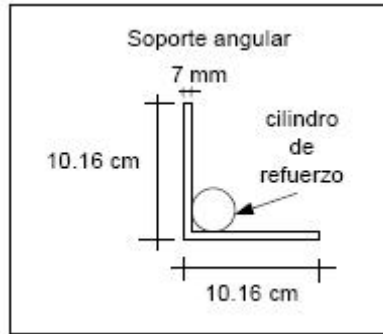


Fig. 6 Vista lateral del soporte donde serán colocados los cepillos.

Los cepillos de la misma medida se colocaron en el soporte a una distancia de 28 [cm] de cualquier extremo. El cepillo más corto se colocó junto a los otros con una separación de 10 [cm]. Véase la Fig. 7.

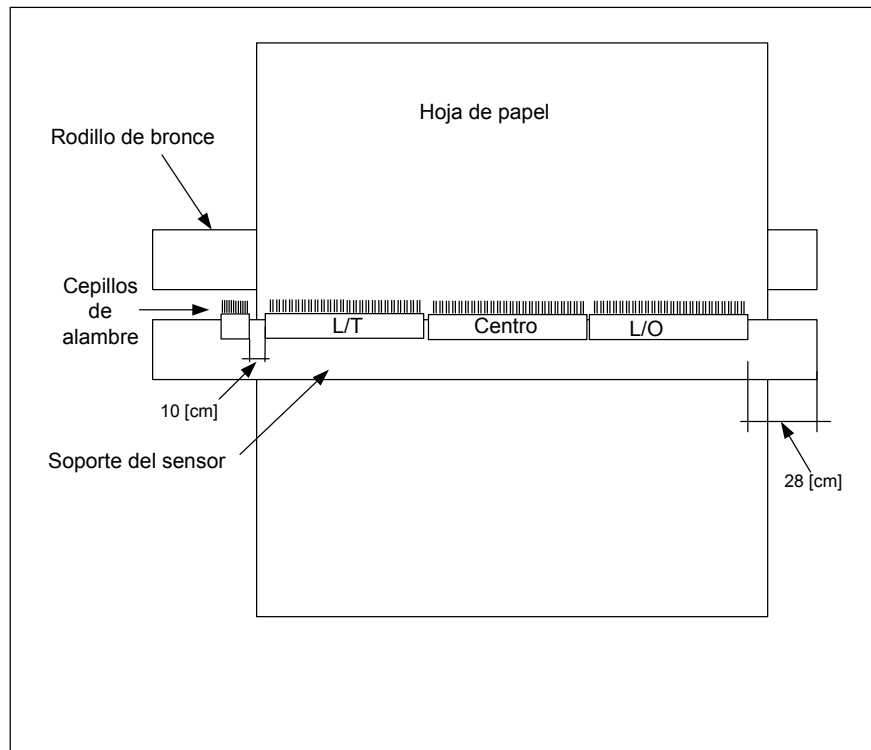


Fig. 7 Distribución de los cuatro cepillos en el soporte

Para fijar los cepillos al soporte se usaron pinzas de madera. Éstas se fijaron al soporte con un tornillo de cabeza de gota de 1/8 [in] de diámetro por 2 [in] de longitud. Ver Fig. 8 donde se aprecian las dimensiones de la pinza.

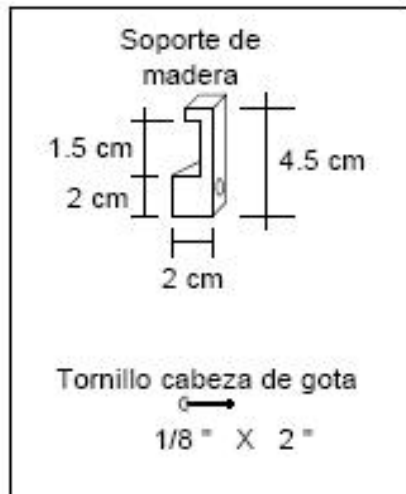


Fig. 8 Dimensiones de la pinza de madera

En la Fig. 9 se observa una vista lateral del soporte y la forma en que se montaron los cepillos por medio de las pinzas de madera.

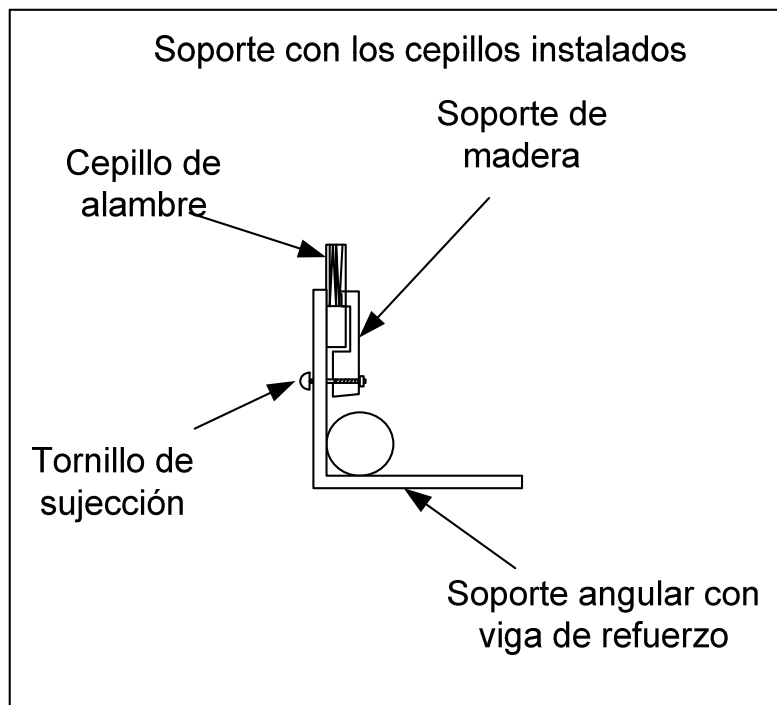


Fig. 9 Vista lateral del soporte

1.2 Fuente de voltaje de alimentación a los cepillos

Se diseñó una fuente lineal de voltaje para alimentar a los cepillos detectores que van conectados en serie a tres relevadores de estado sólido. Éstos son los encargados de conectar el voltaje de línea 110 [Vac] al PLC cada vez que se presente una perforación.

1.2.1 Modo de operación

Cuando se presente una perforación, el cepillo cierra el circuito [2] a través del rodillo, energizando el relevador que a su vez, cierra su contacto enviando 110 [Vac] a la entrada de control (PLC).

En la fabricación de papel es muy importante la presencia de humedad. El peso que tenga la hoja de papel depende de la humedad de la misma. Cuando la hoja presenta demasiada humedad, ya sea debido al proceso o por causas externas, se ve afectado el sensor de perforaciones porque varía la conductividad de la hoja. Esto determina el cierre del circuito y la activación de las alarmas, aún cuando no se presenten perforaciones.

Por este motivo, es necesario regular el voltaje en los cepillos en presencia de un exceso de humedad, para atenuar el efecto de la conductividad de la hoja en el sensor.

A la regulación de voltaje del sistema se le denomina **calibración del sensor** y únicamente se puede realizar con la máquina en operación y cuando la hoja esté pasando a través del sistema detector.

La calibración consiste en variar el voltaje de la fuente hacia los cepillos cuando el sistema active las alarmas y no se presenten realmente perforaciones o cuando no se activen las alarmas al presentarse perforaciones.

Para regular el voltaje se usó un potenciómetro. Como la variación se realiza de 1.7 [vdc] a 24 [vdc], se necesita un voltímetro con rango de 0 a 30 [vdc] para observar el nivel de voltaje en el cepillo de cada sección. También se colocó un selector de 3 posiciones, para que cuando se requiera regular el voltaje en una sección, solamente se cambie la posición del selector y cierre el circuito hacia el voltímetro permitiendo verificar el voltaje en la sección deseada. Véase la Fig. 10, en donde se muestra el diagrama eléctrico para una sección.

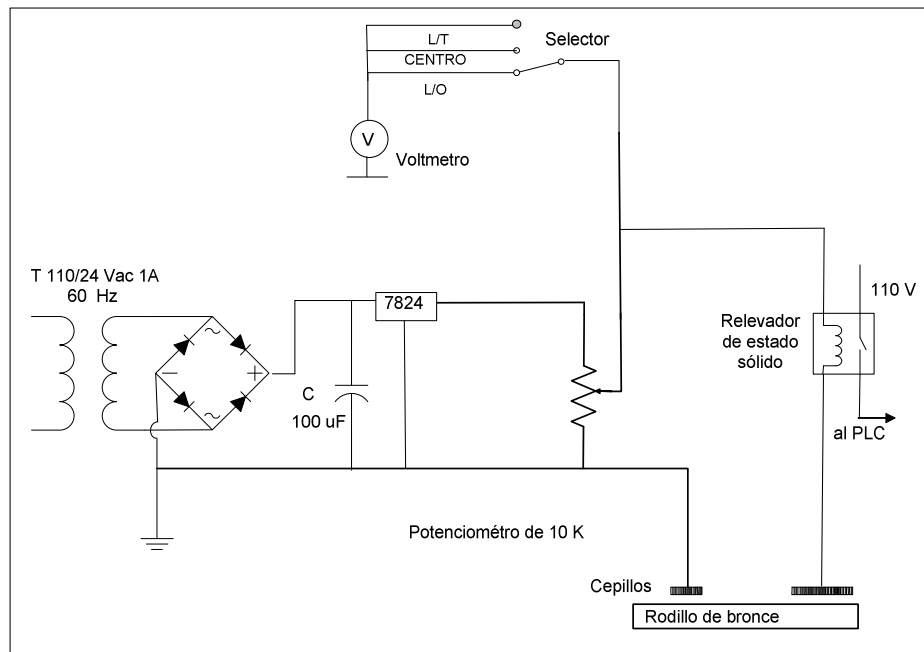


Fig. 10 Diagrama eléctrico para una sección del sensor.

1.2.2 Características de la fuente de voltaje

Para el diseño de la fuente de voltaje, se requiere que el voltaje de salida se pueda variar de 1.7 [Vdc] a 24 [Vdc]. Esto es porque el relevador de estado sólido debajo de 1.6 [Vdc] abre su contacto y, aunque se presenten perforaciones, no pasan los 110 [Vac] al PLC.

El relevador de estado sólido modelo **D2410** tiene las siguientes características²:

Especificaciones de entrada:

Rango de control de voltaje de	3 a 32 [vdc]
Impedancia Nominal	1500 [ohms]
Corriente típica	3.4 [mA] a 5 [vdc] y 20 [mA] a 28 [vdc]

Especificaciones de salida:

Voltaje de operación	40-140 [vac]
Máxima corriente de carga	10[A]
Máximo voltaje para estado ON	1.6 [vdc]
Máximo tiempo de encendido	0.02[ms]

² En Apéndice de componentes se encuentra la hoja técnica del relevador

1.2.3 Tamaño de las perforaciones

Al usar el relevador de estado sólido mencionado arriba, que tiene un tiempo de encendido máximo de 0.02[ms] y la máquina tiene una velocidad promedio de 170[m/min]. Se debe calcular la mínima perforación que puede detectar el sistema a tal velocidad. Usando la siguiente relación se tiene [3]:

$$v = \frac{d}{t}$$

despejando d se tiene que:

$$d = v \times t$$

$$\text{si se considera } v = 170[\text{m/min}] = 2.83 [\text{m/s}] \quad \text{y} \quad t = 0.02[\text{ms}]$$

y sustituyendo en la relación se tiene que:

$$d = (2.83)(0.02 \times 10^{-3}) \quad d = 0.00056[\text{m}]$$

Por lo tanto el sistema puede detectar perforaciones mayores de 0.5[mm] con una velocidad de la máquina de 170 [m/min].

Por otra parte, el ancho del cepillo es de $\frac{1}{4}$ " o 6.35 [mm]. Si se considera una perforación de 1[mm] entonces se tiene que son 8.35 [mm] (tiempo que una perforación recorre lo ancho del cepillo) la parte que hace contacto con el rodillo a una velocidad de 170 [m/min].

De la relación de velocidad se despeja t obteniendo:

$$t = \frac{d}{v}$$

sustituyendo los valores de v y d anteriores se obtiene:

$$t = \frac{0.00835}{2.83} \quad t = 2.95 [\text{ms}]$$

Que es el tiempo que se tiene para poder detectar la perforación a través de la hoja de papel.

1.2.4 Cálculos de diseño de la fuente de voltaje

Para el diseño de la fuente se desarrollo primero la etapa de salida a la carga para, posteriormente, pasar al desarrollo de la fuente. Como elemento principal de la fuente se utilizó el circuito LM7824 que es un regulador lineal de voltaje con salida de 24[vdc]. El voltaje de la fuente puede variarse por medio de un potenciómetro, con el fin de suministrar el nivel deseado de voltaje.

A continuación se presentan los cálculos realizados a partir de la Fig. 11. Ésta se desprende de la Fig. 10 y corresponde al lugar donde se ubica el potenciómetro y el relevador de estado sólido.

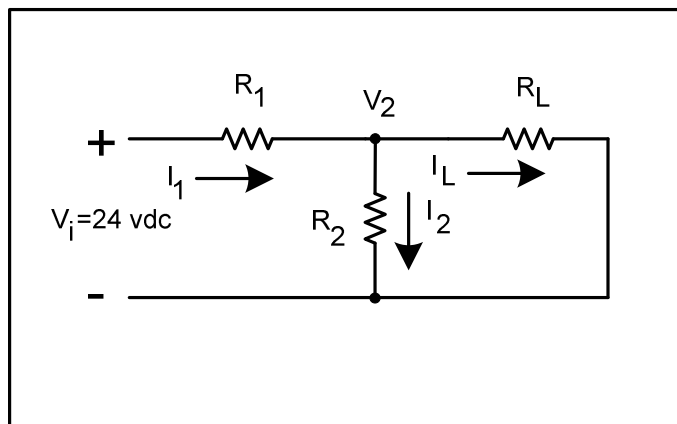


Fig. 11 Diagrama eléctrico equivalente del potenciómetro y el relevador.

De la Fig. 11 R_1 y R_2 son las resistencias que representan al potenciómetro y R_L es la resistencia de la bobina del relevador. De la misma figura se deduce que si $R_1 = 0 [\Omega]$, el voltaje que se aplica al relevador es el máximo de la fuente, esto es, $V_2 = 24 [\text{vdc}]$.

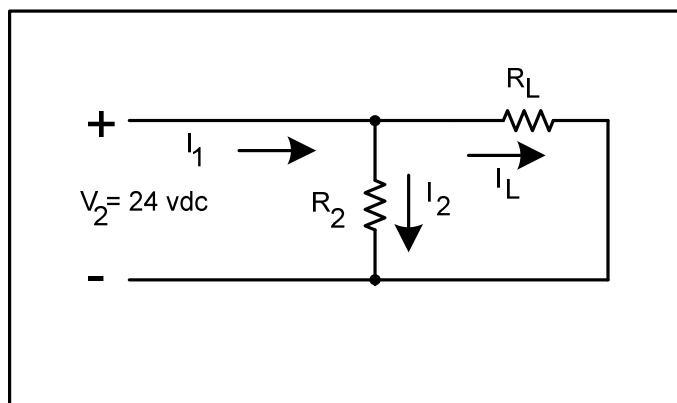


Fig. 12 Diagrama eléctrico equivalente cuando se aplica el máximo voltaje al relevador.

Si el potenciómetro es de $10 \text{ [K}\Omega\text{]}$ entonces $R_2 = 10 \text{ [K}\Omega\text{]}$

Además de la figura 12 se tiene que de la ley de Ohm:

$$V_2 = R_2 \times I_2 \quad (1)$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} \quad (2)$$

sustituyendo los valores en la relación (2):

$$I_2 = 2.4 \text{ [mA]}$$

Para la resistencia R_L :

$$V_2 = R_L \times I_L \quad (3)$$

despejando I_L de la relación (3) se tiene:

$$I_L = \frac{V_2}{R_L} \quad (4)$$

Si se considera la resistencia del relevador como³:

$$R_L = 1.5 \text{ [K}\Omega\text{]}$$

sustituyendo los valores en la relación (4) se tiene:

$$I_L = \frac{24}{1.5 \times 10^3} \quad I_L = 16 \text{ [mA]}$$

I_L Es la corriente suministrada al relevador con el máximo voltaje de la fuente.

³ Véase página 16 o Apéndice de componentes.

Además para la suma de corrientes de la figura 12 se tiene [4]:

$$I_1 = I_2 + I_L \quad (5)$$

sustituyendo los valores en la relación (5) se tiene:

$$I_1 = 18.4 \text{ [mA]}$$

Donde I_1 es el valor de la corriente suministrada por la fuente cuando se aplica a un relevador el máximo voltaje. La fuente alimenta a los tres potenciómetros tal como se muestra en la Fig. 13.

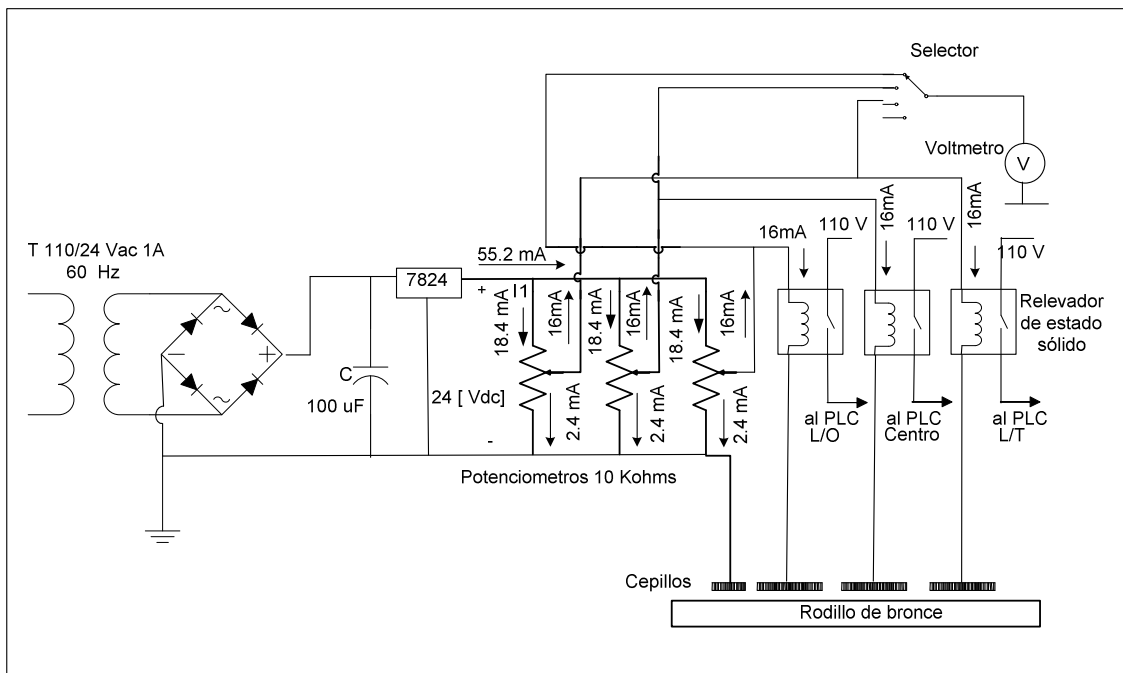


Fig. 13 Diagrama eléctrico de la fuente que alimenta a los cepillos

Por lo tanto, la corriente total que utiliza el regulador para alimentar a los tres cepillos con el máximo voltaje de la fuente es:

$$I_{TOTAL} = 3 \times I_1 \quad I_{TOTAL} = 55.2 \text{ [mA]}$$

Ahora para cuando $V_2 = 1.7 \text{ [vdc]}$, que es el voltaje mínimo para mantener activado el relevador se tiene el siguiente diagrama:

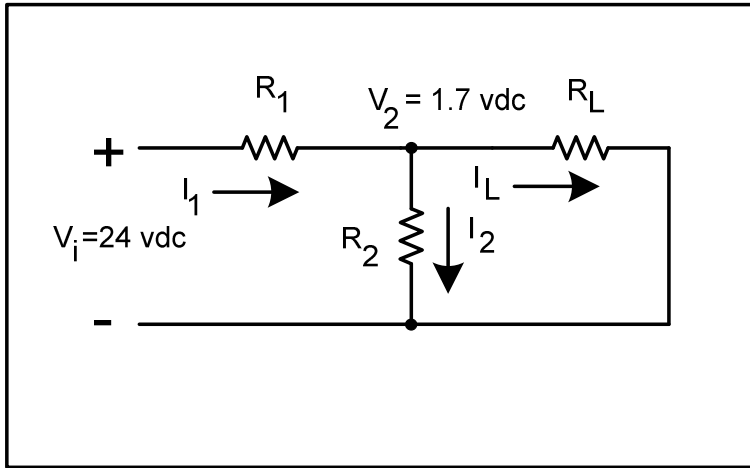


Fig. 14 Diagrama eléctrico equivalente cuando se aplica el mínimo voltaje al relevador.

De la figura 14 usando la regla del divisor de voltaje [5] se tiene que:

$$V_2 = \frac{V_i R_2}{R_1 + R_2} \quad (6)$$

Despejando la R_2 que aparece en el numerador de la relación (6) se tiene:

$$R_2 = \left(\frac{V_2}{V_i} \right) (R_1 + R_2) \quad (7)$$

Si $V_2 = 1.7 \text{ [vdc]}$; $V_i = 24 \text{ [vdc]}$ y $R_1 + R_2 = 10 \text{ [K}\Omega\text{]}$

Sustituyendo los valores anteriores en la relación (7) se tiene:

$$R_2 = \left(\frac{1.7}{24} \right) (10 \times 10^3)$$

$$\boxed{R_2 = 708 \text{ } [\Omega]} \quad \text{Donde: } R_1 + 708 = 10 \times 10^3 \quad \Rightarrow \quad \boxed{R_1 = 9291 \text{ } [\Omega]}$$

Cuando el voltaje de salida es el mínimo para que se active el relevador de estado sólido y mantenga su contacto cerrado, se tiene:

$$V_2 = 1.7 \text{ [vdc]}$$

$$V_i = 24 \text{ [vdc]}$$

$$R_1 = 9.29 \text{ [K}\Omega\text{]}$$

$$R_2 = 0.708 \text{ [K}\Omega\text{]}$$

Ahora, para calcular la corriente (de la Fig.13) se tiene que la suma de corrientes en el nodo entre R_1 y R_2 es:

$$I_1 = I_2 + I_L \quad (8)$$

$$\text{Si } I_2 = \frac{V_2}{R_2}$$

$$I_2 = \frac{1.7}{708}$$

$$I_2 = 2.4 \text{ [mA]}$$

$$I_L = \frac{V_2}{R_L}$$

$$I_L = \frac{1.7}{1500}$$

$$I_L = 1.13 \text{ [mA]}$$

I_L Es la corriente cuando el relevador se alimenta con el mínimo voltaje para mantenerse activado.

Sustituyendo los valores en la relación (8) se tiene:

$$I_1 = 2.4 + 1.13$$

$$I_1 = 3.53 \text{ [mA]}$$

es la corriente que pasa por uno de los potenciómetros cuando se le aplica el mínimo voltaje para mantener activado el relevador.

Para determinar la corriente que circula por el regulador se tiene:

$$I_{TOTAL} = 3 \times I_1$$

$$I_{TOTAL} = 10.6 \text{ [mA]}$$

Es la corriente del regulador cuando se aplica el mínimo voltaje de la fuente a los tres cepillos.

Si se considera

$$I_{TOTAL} = 70 \text{ [mA]}$$

Por lo que es necesario diseñar una fuente de voltaje de 24 [vdc] que suministre una corriente mínima de 70 [mA].

Para el diseño de la fuente se utilizó el circuito LM7824 [6] que es un regulador lineal de voltaje con salida de 24[vdc], el cual necesita un voltaje mínimo de entrada de 27.1 [vdc] para mantener la salida regulada de 24[vdc]. Con el fin de verificar si el regulador soporta la carga sin perder la regulación, se calcula el voltaje de rizo.

Donde el voltaje de rizo para una corriente de carga $I_{cd} = 70 \text{ [mA]}$ y un capacitor de 100 μF se puede calcular con las relaciones siguientes [7]:

$$V_r(pico) = \sqrt{3} V_r(rms) \quad \text{donde:} \quad V_r(rms) = \frac{2.4 \times (I_{cd})}{C}$$

$$V_r(pico) = \sqrt{3} \times \frac{2.4 \times I_{cd}}{C} \quad (9)$$

Sustituyendo el valor de I_{cd} y del capacitor C en la relación (9):

$$V_r(pico) = \sqrt{3} \times \frac{2.4 \times (70)}{100} = 2.9 \text{ [vdc]}$$

El voltaje a través del capacitor de 100 [μF] se calcula por medio de la siguiente relación:

$$V_{cd} = V_m - V_r(pico) \quad (10)$$

$$\text{Con: } V_r(pico) = 2.9 \text{ [vdc]} \quad \text{y} \quad V_m = \sqrt{2} \times 24 = 33.9 \text{ [vdc]}$$

Sustituyendo en la relación (10) se tiene:

$$V_{cd} = 33.9 - 2.9 = 31 \text{ [vdc]}$$

El voltaje a través del capacitor se reduce a un valor mínimo de:

$$V_{ent \min} = V_m - 2V_r(pico)$$

$$V_{ent \min} = 33.9 - 2(2.9)$$

$$V_{ent \min} = 28.1 \text{ [vdc]}$$

Por lo tanto el regulador LM7824 soporta la carga de los potenciómetros, que es de 70 [mA] sin perder regulación, cuando los tres cepillos hacen contacto al mismo tiempo y cuando el voltaje es de 24[vdc].

1.3 Sistema neumático del detector

El sistema neumático es el encargado de mover el soporte donde están montados los cepillos. Se encarga de acercar y alejar los cepillos de la hoja de papel. Esto se realiza por medio de un cilindro neumático que esta unido al soporte por medio de una rótula.

El sistema neumático acciona el cilindro cuando se oprimen los botones de Dentro y Fuera montados en una consola de operación. Véase Fig. 15 donde se observa una vista lateral de una parte de la estructura donde van montados: el rodillo de bronce y el soporte que contiene a los cepillos. También se observa el cilindro montado a la estructura por medio de una base unida a la estructura.

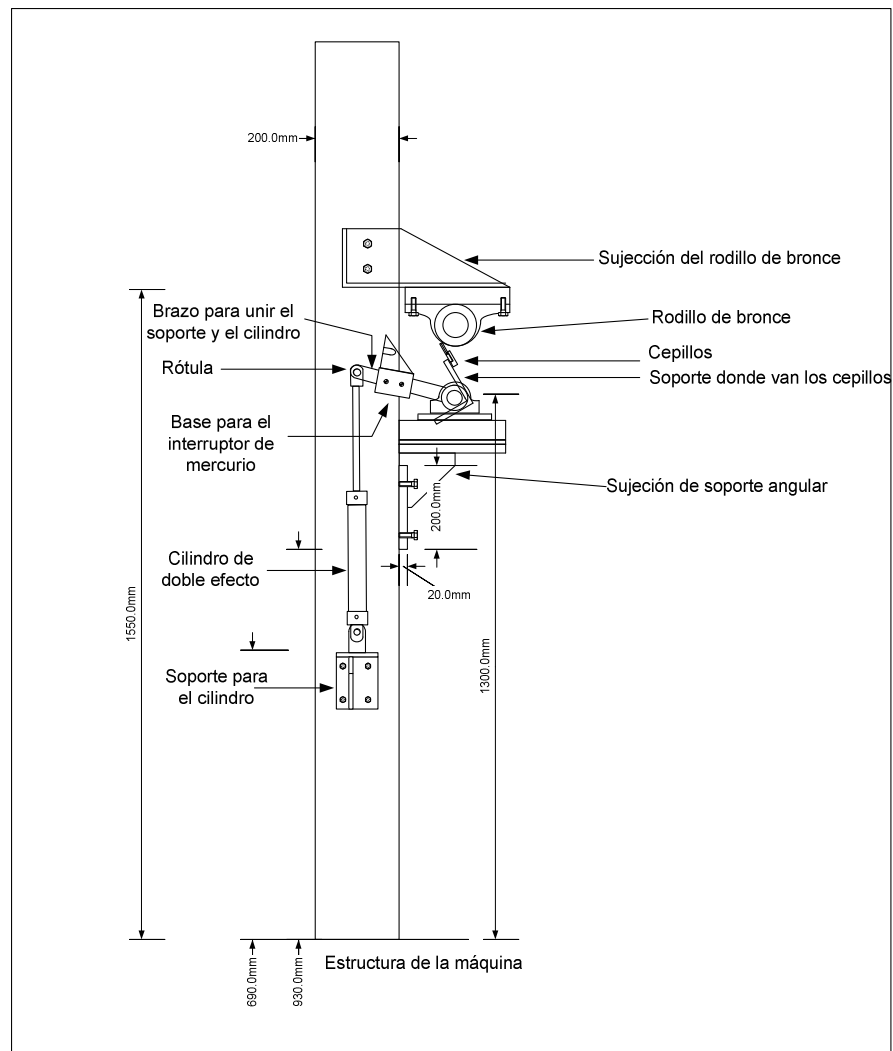


Fig. 15 Estructura de la máquina donde es colocado el sistema detector

1.3.1 Modo de operación del sistema neumático

El sistema neumático trabaja de la siguiente manera: cuando el operador oprima el botón de Dentro se energiza la bobina de la electroválvula [8] que abre su puerto marcado como 4 para alimentar con aire al cilindro. Éste mueve el soporte para que los cepillos toquen la hoja. Para alejar los cepillos, el operador debe oprimir el botón de Fuera. Se desenergiza la solenoide de la electroválvula cerrando su puerto 4 y abriendo el 2 para alimentar al cilindro que baja el soporte alejando los cepillos de la hoja.

En la Fig. 16 se muestra el diagrama neumático del sistema donde se observa que éste cuenta con un filtro estándar de aire en la entrada. El mismo es un recipiente de policarbonato que tiene un separador de agua y un filtro combinado [9]. El separador de agua elimina la humedad que lleva el aire depositándola en el fondo del recipiente y el elemento filtrante retiene las impurezas sólidas.

También se ha colocado a la entrada del sistema un regulador de presión de aire y un manómetro con rango de presión de 0 a 7[bar] para observar y regular la presión al valor requerido [10]. En el cilindro se colocaron dos válvulas reguladoras de flujo [11] que controlan la velocidad de avance y retroceso del cilindro para que los cepillos se acerquen despacio a la hoja de papel sin romperla y se alejen despacio por seguridad.

El cilindro es accionado por una electroválvula. Ésta es accionada por una solenoide alimentada con 110 [Vac]. Si la solenoide no está energizada, el aire pasa a través de la electroválvula por su puerto 2 (salida) que alimenta a la válvula reguladora de flujo y al cilindro por la parte superior, manteniendo los cepillos alejados. Cuando se oprima el botón de Dentro y se energiza la solenoide de la electroválvula, el aire pasa por el puerto 4 (salida) y alimenta a la otra válvula reguladora de flujo y al cilindro por la parte inferior. Esto provoca que el cilindro suba su émbolo acercando los cepillos.

Para las conexiones entre los componentes se utiliza manguera flexible de 8 [mm] y conectores para manguera de 8 [mm] de diámetro a ¼ [in] de diámetro NPT roscada [12].

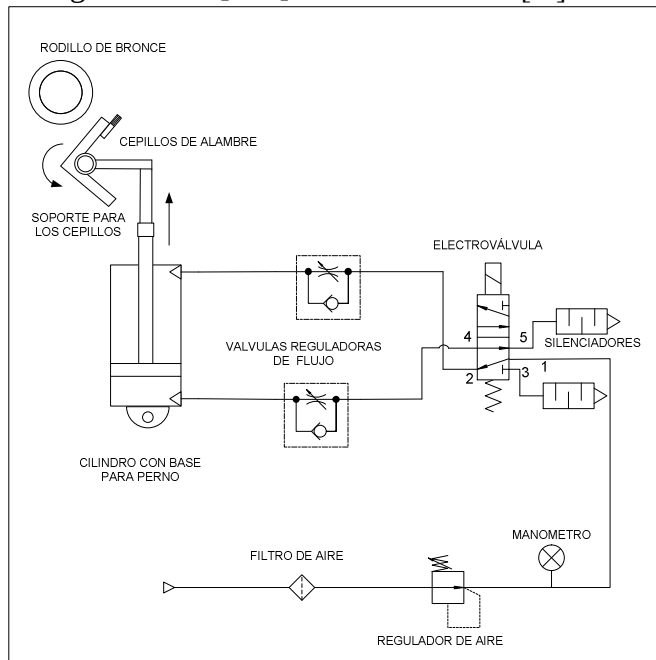


Fig. 16 Equipo neumático del sistema

1.3.2 Cálculo del cilindro que mueve el soporte

Para acercar o alejar los cepillos a la hoja es necesario mover el soporte donde se encuentran montados. Como se mencionó anteriormente se usa un cilindro neumático que gira el soporte. El soporte con los cepillos tiene un peso de 40 [kg]. La fuerza que necesita el cilindro para mover el soporte con los cepillos de alambre está en función del diámetro del émbolo del cilindro y la presión de aire. Para esta aplicación se considera una presión de alimentación de aire al sistema neumático de 4 [bar].

Para calcular el tamaño del cilindro se usaron dos métodos, uno práctico y otro teórico. En el método práctico se usó una gráfica Presión – Fuerza. Para el caso teórico se usaron las relaciones descritas más adelante.

Como paso inicial, a continuación, se obtiene la fuerza que se requiere para mover el soporte. Aplicando la segunda ley de Newton [13]:

$$F = mg[N] \quad (11)$$

donde:

F es la fuerza en [N]

m es la masa del soporte en [Kg]

g es la gravedad y es $9.82 \frac{m}{s^2}$, sustituyendo en (11) se tiene que:

$$F = 40 \times 9.82 \quad F = 392.8[N]$$

1.3.2.1 Método práctico [14]

En una gráfica o tabla de Presión - Fuerza ⁴ se busca el valor de la fuerza [N] necesaria para mover una masa. Cuando se localiza en la tabla el valor igual o próximo se busca el valor de la presión de aire de alimentación al cilindro en [bar]. En este caso el tamaño del émbolo para una presión de aire de 4 [bar] y una fuerza de 392.8 [N] es de 40[mm] (para una fuerza de 452 [N]) (Véase la Fig. 17).

⁴ Esta tabla se puede obtener en manuales de Neumática con los fabricantes de cilindros como son Festo, SMC, Neumatics, etc.

En los manuales del fabricante se busca un cilindro con un émbolo de 40[mm] obteniendo sus características como son: carrera, diámetro del vástago, tipo de soporte, amortiguamiento, etc. Para el sistema se eligió un cilindro que tiene un diámetro de 40 [mm] y una carrera de 250 [mm] con un vástago de 12 [mm] de diámetro con rótula y con brida basculante y pivote para su montaje⁵.

Actuadores y accesorios

Tablas de selección

Tabla de presión-fuerza para cilindros neumáticos

Presión de funcionamiento [bar]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ø [mm]	Fuerza del émbolo [N]														
2,5	0,4	0,9	1,3	1,8	2,2	2,7	3,1	3,5	4	4,4	4,9	5,3	5,7	6,2	6,6
3,5	0,9	1,7	2,6	3,5	4,3	5,2	6,1	6,9	7,8	8,7	9,5	10,4	11,3	12,1	13
5,35	2	4	6,1	8,1	10,1	12,1	14,2	16,2	18,2	20,2	22,2	24,3	26,3	28,3	30,3
6	2,5	5,1	7,6	10,2	12,7	15,3	17,8	20,4	22,9	25,4	28	30,5	33,1	35,6	38,2
8	4,5	9	13,6	18,1	22,6	27,1	31,7	36,2	40,7	45,2	49,8	54,3	58,8	63,3	67,9
10	7,1	14,1	21,2	28,3	35,3	42,4	49,5	56,5	63,6	70,7	77,8	84,8	91,9	99	106
12	10,2	20,4	30,5	40,7	50,9	61,0	71,3	81,4	91,6	101	112	122	132	143	153
16	18,1	36,5	54,3	72,4	90,5	109	127	145	163	181	199	217	235	253	271
20	28,3	56,5	84,8	113	141	170	198	226	254	283	311	339	368	396	424
25	44,2	88,4	133	177	221	265	309	353	398	442	486	530	574	619	663
32	72,4	145	217	290	362	434	507	579	651	724	796	869	941	1010	1090
40	113	226	339	452	565	679	792	905	1020	1130	1240	1360	1470	1580	1700
50	177	353	530	707	884	1060	1240	1410	1590	1770	1940	2120	2300	2470	2650
63	281	561	842	1120	1400	1680	1960	2240	2520	2810	3090	3370	3650	3930	4210
80	452	905	1360	1810	2260	2710	3170	3620	4070	4520	4980	5430	5880	6330	6790
100	707	1410	2120	2830	3530	4240	4950	5650	6360	7070	7780	8480	9190	9900	10600
125	1100	2210	3310	4420	5520	6630	7730	8840	9940	11000	12100	13300	14400	15500	16600
160	1810	3620	5430	7240	9050	10900	12700	14500	16300	18100	19900	21700	23500	25300	27100
200	2830	5650	8480	1130	14100	17000	19800	22600	25400	28300	31100	33900	36800	39600	42400
250	4420	8840	13300	17700	22100	26500	30900	35300	39800	44200	48600	53000	57400	61900	66300
320	7240	14500	21700	29000	36200	43400	50700	57900	65100	72400	79600	86900	94100	101000	109000

Fig.17 Tabla de Presión-fuerza para conocer la presión de aire aplicada al cilindro (en el Apéndice B se colocó la misma grafica ampliada)

1.3.2.2 Método teórico [15]

Para el cálculo del tamaño del cilindro con el método teórico, se utilizan las siguientes relaciones

$$F = P \times A \quad (12)$$

Donde:

F = fuerza [N]

A = área del émbolo [mm²]

P = presión del aire [Pa]

Para un cilindro de doble efecto (Véase, Fig. 18), que es aquel al que se le suministra aire tanto para avanzar como para retroceder, se tienen las siguientes relaciones:

⁵ Ver para más detalle Apéndice de componentes

Carrera de avance:
$$F_{avance} = \frac{\pi}{4} D^2 pg \quad (13)$$

Carrera de retroceso:
$$F_{retroceso} = \frac{\pi}{4} [D^2 - d^2] pg \quad (14)$$

Donde:

D = diámetro del émbolo $[\text{mm}^2]$

d = diámetro del vástago $[\text{mm}^2]$

pg = presión manométrica $[\text{Pa}]$

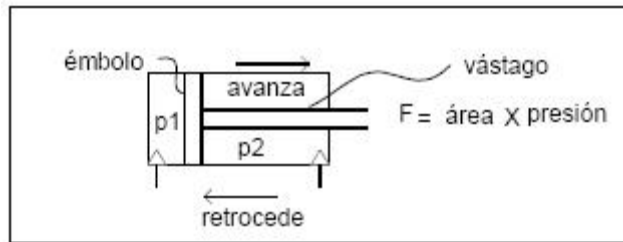


Fig.18 Esquema de un cilindro de doble efecto

La presión del aire aplicada al cilindro es menor cuando los cepillos se acercan a la hoja, porque se considera toda el área del émbolo para el cálculo. Cuando los cepillos se alejan, se toma en cuenta el área del émbolo, menos el área del vástago y por lo tanto la presión aplicada al cilindro será mayor. Para calcular la presión en el cilindro se aplicaron las relaciones de avance y retroceso (13) y (14).

Sí $F = 392.8[\text{N}]$

Para hacer girar el soporte que tiene un peso de 392.8 [N], con una presión de aire de 4[bar] en el cilindro, se tiene que despejar D de la relación (13) obteniendo:

$$D = \sqrt{\frac{F_{avance}}{\left(\frac{\pi}{4}\right)pg}} \quad (16)$$

Sustituyendo los valores anteriores en (16) se tiene:

$$D = \sqrt{\frac{392.8}{\left(\frac{\pi}{4}\right)4 \times 10^5}}$$

$$D = 0.0353[\text{m}] = 35[\text{mm}]$$

Con lo que se concluye que el tamaño del cilindro debe ser de 35[mm] de diámetro en su émbolo. Pero los cilindros estandarizados son de 32 [mm] y de 40[mm] de diámetro [16] en el émbolo. Por lo tanto se selecciona uno de 40 [mm]. Del mismo modo que el caso práctico se busca en un manual de cilindros para obtener todas sus características.

Para levantar y hacer girar el soporte, con el fin de que los cepillos toquen la hoja de papel se necesitan 4[bar] de presión de aire comprimido para un cilindro que tiene un émbolo de 40 [mm] de diámetro.

Para hacer girar el soporte y que los cepillos se alejen de la hoja de papel se hace el cálculo del retroceso del émbolo usando la relación (14).

Despejando p_g de la relación (14) tenemos:

$$p_g = \frac{F_{\text{retroceso}}}{\left(\frac{\pi}{4}\right)(D^2 - d^2)} \quad (15)$$

$$D = 40[\text{mm}] = 0.04[\text{m}] ; \quad d = 12[\text{mm}] = 0.012[\text{m}]$$

Sustituyendo los valores en la relación (15) se obtiene;

$$p_g = \frac{392.8}{\left(\frac{\pi}{4}\right)(0.04^2 - 0.012^2)} \quad p_g = \frac{392.8}{0.0011435}$$

$$p_g = 343506.77 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] \quad \text{si} \quad 1[\text{bar}] = 10^5 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

$$p_g = \frac{343506.77}{10^5} [\text{bar}] \quad p_g = 3.43[\text{bar}]$$

Por lo tanto se necesitarán 3.43 [bar] de presión de aire comprimido para hacer girar el soporte hacia abajo. Como para hacer retroceder el vástago del cilindro se necesita mayor presión que para el avance se deduce que la presión de trabajo requerida es la ya calculada.

Debido a que, a la máquina se le suministra una presión de aire de 6 [bar], es necesario colocar un regulador de presión para reducir dicha presión a la necesaria por el sistema neumático propuesto.

Resultando que, para mover el soporte que sujeta a los cepillos detectores, se necesita un cilindro de doble efecto con un émbolo de 40 [mm] de diámetro y 12 [mm] de diámetro del vástago con una carrera de 250 [mm] y una alimentación de aire de 3.43 [bar] de presión.

Capítulo 2

Circuitos de Interface del sistema (entradas y salidas)

En este capítulo se definieron las señales de entrada y de salida que requiere el sistema detector, de las cuales algunas se conectan directamente al PLC.

Los circuitos de interface forman el módulo de interface del sistema detector y esta compuesto por las señales que activan a los actuadores (relevadores, válvulas, etc.), es decir, las salidas del PLC. El otro conjunto de señales que forman el módulo, son las señales de entrada que permiten al PLC ejecutar el programa.

2.1 Operación propuesta del sistema detector de perforaciones

Con base a las necesidades, estándares de producción y calidad para los diferentes tipos de papel se ha obtenido la siguiente propuesta para el funcionamiento del sistema¹.

Operación del sistema

Cuando el sistema esta fuera de operación se indica por medio del encendido de una lámpara color rojo.

Cuando el operador oprima el botón identificado como Dentro, el PLC manda acerca los cepillos a la hoja, apagando la lámpara color rojo.

Cuando el operador oprima el botón identificado como Fuera, se alejan los cepillos de la hoja, encendiendo la lámpara color rojo.

Cuando se detecte una perforación en una sección de la hoja (L/O, Centro o L/T), el PLC manda energizar una lámpara incandescente de esa sección durante 2 segundos, también energiza un foco piloto de esa misma sección y la bocina con el fin de informar al operador. El foco piloto y la bocina se desenergizan cuando se oprima el botón de apagado para esa sección. Además, se incrementa la cuenta del contador de perforaciones por cada rollo.

Cuando las perforaciones se presenten en las tres secciones, el sistema activa todas las alarmas de las tres secciones y después de 2 segundos aleja los cepillos, apagando las alarmas. Se enciende la lámpara color rojo.

En caso de que el foco piloto de una zona se encienda, para apagarlo hay que oprimir el botón de apagado, que será común para todas las zonas.

¹ Para la propuesta de operación se tomaron en cuenta recomendaciones de los operadores de la máquina

De la descripción anterior de la operación del sistema, se define que las entradas son nueve. A continuación se describe la función de cada una de ellas².

2.2 Entradas del sistema

Una para el sensor que indica si el sistema está dentro o fuera de operación.

Una para el botón de Dentro (sistema detector en operación)

Una para el botón de Fuera (sistema detector fuera de operación)³

Tres para las señales de las perforaciones detectadas en cada una de las secciones.

Tres para las señales de los botones que apagan el foco piloto y la alarma audible para cada una de las secciones (**L/O, Centro y L/T**).

Una para el botón que apaga la alarma y que avisa en qué zona se están creando las perforaciones de forma repetitiva.

A continuación se muestra un diagrama eléctrico donde se presentan las señales de entrada que se conectan al PLC [17] (Véase Figura 19) y se hace una descripción breve de cada uno de los dispositivos que generan dichas señales.

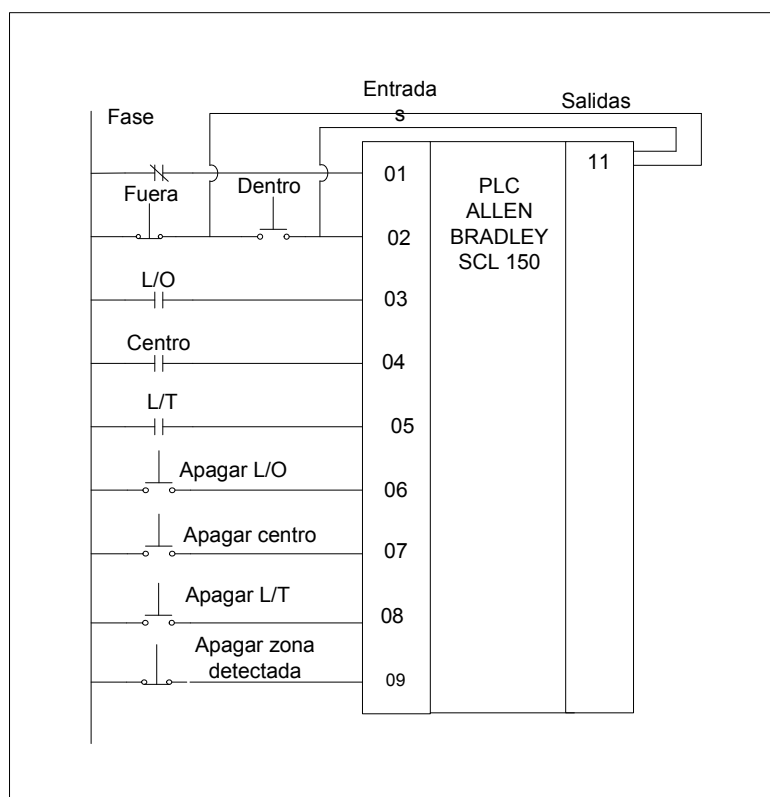


Fig. 19 Diagrama de entradas al PLC

² Hay cuatro botones que se conectan directamente a los contadores para reinicializarlos.

³ Para ambos botones es la misma entrada.

2.2.1 Detalle de las entradas

A continuación se describen los dispositivos que están conectados a las entradas del PLC, así como un diagrama eléctrico de cada una de las entradas y una breve descripción de la función que realiza en el sistema detector.

Entrada 01

Propósito: Mostrar el estado del sistema

Para saber si el sistema detector está dentro o fuera de operación, se ha instalado un interruptor de mercurio en el soporte donde han sido montados los cepillos, de tal manera que cuando el sistema esté fuera de operación el interruptor mantiene su contacto cerrado enviando un voltaje de entrada al PLC y éste manda encender la lámpara roja.

Cuando el sistema entra en operación, el soporte gira para hacer que los cepillos se acerquen a la hoja de papel y en ese momento el interruptor de mercurio se mueve con el soporte y abre su contacto, dejando de enviar la señal al PLC apagando la lámpara roja. Véase la Fig. 20 en donde se muestra la conexión del interruptor de mercurio al PLC.

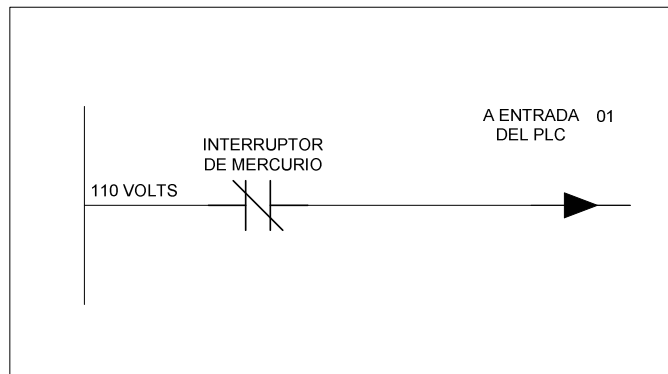


Fig. 20 Conexión del interruptor de mercurio al PLC.

Entrada 02

Propósito: Establecer el estado del sistema

Al oprimir el botón identificado como Dentro, se aplica voltaje al PLC y en este caso éste se encarga de cerrar un contacto interno para mantener la señal de entrada al PLC, aún soltando el botón Dentro. Dicho contacto interno se llama contacto de sello y sirve para mantener energizada la entrada marcada como 2 del PLC⁴. Con este contacto el sistema trabaja de forma automática. Cuando el sistema esté operando en forma normal y se rompa la hoja, el sistema detector sale de operación después de dos segundos, alejando los cepillos del rodillo y apagando las alarmas.

⁴ El contacto de sello es un contacto interno que controla el PLC

Al accionar el botón identificado como Fuera, se abre el contacto de sello desenergizando la entrada al PLC. Esta señal se conecta en el PLC en la terminal de entrada marcada con el número **02**. Véase la Figura 21 en donde se muestra la conexión de los botones al PLC⁵.

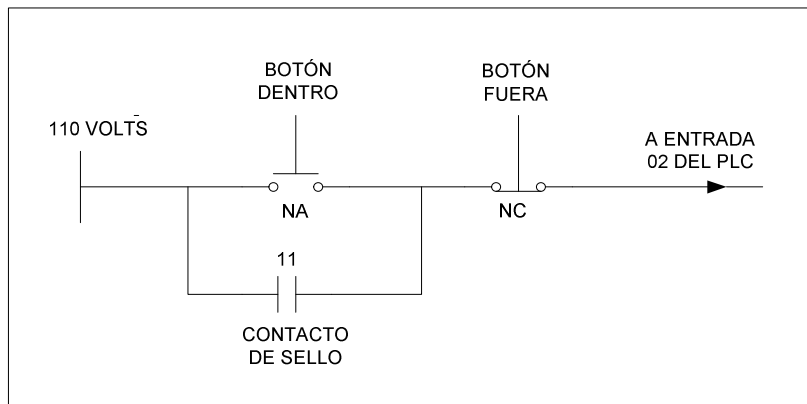


Fig. 21 Botones para establecer estado del sistema.

Entradas 03, 04 y 05

Propósito: Detectar las perforaciones

Las señales de detección de perforaciones vienen de los relevadores de estado sólido que se activan cuando los cepillos detectan una perforación. Las señales que llegan al PLC son de voltaje de 110 [Vac] y van conectadas a las terminales de entrada marcadas con los números **03, 04 y 05 del PLC**. Véase Fig. 22.

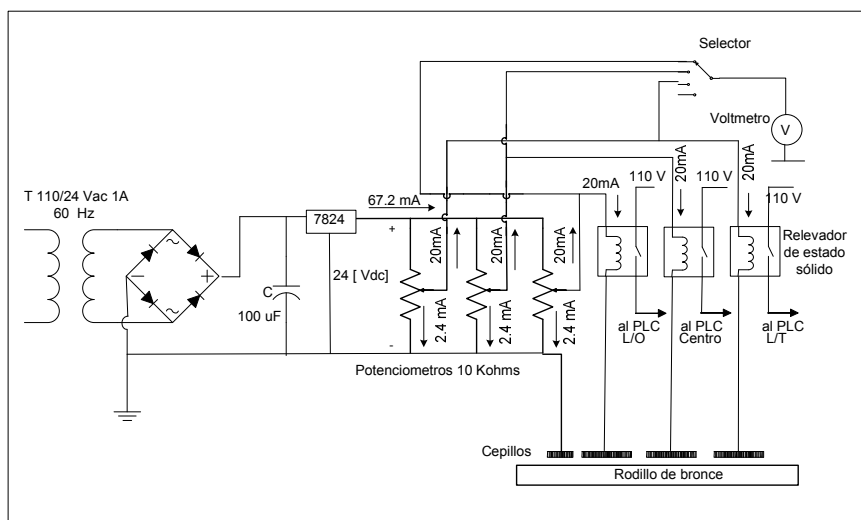


Fig.22 Diagrama eléctrico del sistema.

⁵ Los botones son normalmente abiertos para 110 vac, de tipo retentivo y con foco piloto. Ver Apéndice de componentes.

Entadas 06, 07 y 08

Propósito: Apagar alarma audible y foco piloto

Estos botones están instalados en el panel de control del sistema. Al oprimir los botones, se apagan el foco piloto y la bocina de la correspondiente alarma. La señal del botón llega a una terminal del PLC y éste manda desactivar o abrir un contacto interno, para evitar que llegue voltaje al foco piloto y a la bocina. Estas señales de los botones llegan a las entradas marcadas con los números **06, 07 y 08**. Los tres botones están conectados según como se muestra en la Fig. 23⁶.

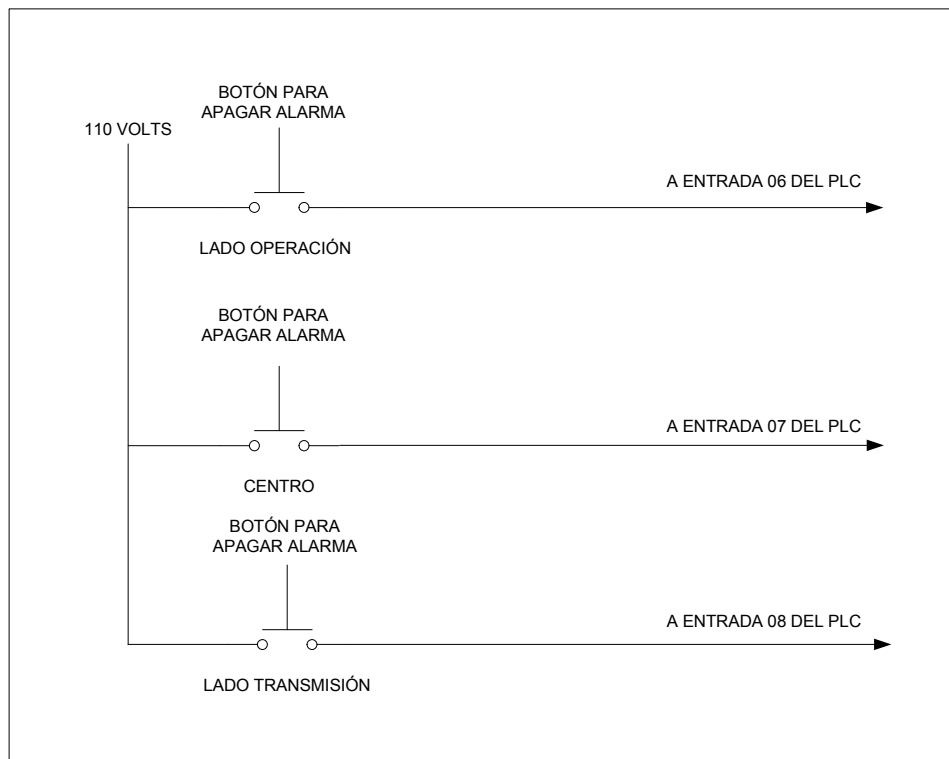


Fig.23 Botones para apagar las alarmas

Entrada 09

Propósito: apagar alarma de la zona que detectó las perforaciones repetitivas

Al oprimir el botón para apagar la alarma donde se originan las perforaciones de forma repetitiva, la señal al PLC se interrumpe y se desactiva o abre un contacto interno para que evitar que llegue el voltaje al foco piloto correspondiente a la zona que detectó las

⁶ Nota: Los botones que reinician la cuenta de las perforaciones son independientes y van conectados directamente a los contadores.

perforaciones. Ésta señal llega a la terminal de entrada marcada con el número **09**⁷. Véase la Fig. 24.

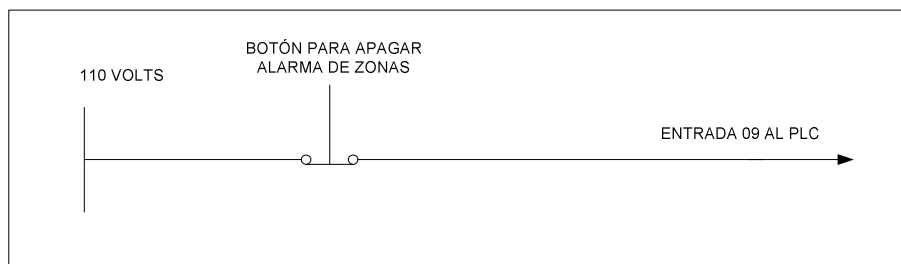


Fig.24 Botón para apagar la alarma de la zona de perforaciones repetitivas.

2.3 Salidas del sistema

Las salidas del sistema (PLC) se utilizaron para alarmas visuales, como son los focos pilotos, las lámparas incandescentes, para la alarma auditiva y las señales a los contadores de perforaciones. Las salidas del PLC se energizan o desenergizan dependiendo de las entradas y la secuencia del programa en el PLC.

Para la implementación del sistema fueron necesarias 17 salidas, 10 salidas del PLC y 7 adicionales proporcionadas por un módulo de expansión⁸. Estas salidas son necesarias para controlar las alarmas del sistema en caso de que se presenten las perforaciones de manera repetitiva.

El sistema detector tiene las siguientes salidas:

1. Una salida para la lámpara roja que indica cuando el sistema se encuentra dentro o fuera de operación.
2. Tres salidas para activar las tres alarmas visuales de las 3 secciones (tres lámparas incandescentes que encenderán dos segundos) y para los contadores de las tres secciones. Estas salidas se activarán cuando el sistema detecte una perforación en cualquiera de las tres secciones.
3. Tres salidas para los tres focos piloto de las tres secciones.
4. Una salida para la alarma auditiva.
5. Una salida para energizar la electroválvula que acciona el cilindro neumático

⁷ Botón normalmente cerrado para 110 Vac del tipo no retentivo, ver Apéndice de componentes.

⁸ El módulo de expansión SLC tiene 12 relevadores que se pueden utilizar como contactos abiertos o cerrados dependiendo la aplicación.

6. Una salida para el contacto de sello, para que el sistema trabaje en forma automática y el sensor se aleje de la hoja cuando detecte rupturas de hoja.
7. Siete salidas para los focos pilotos que se encienden para avisar que están pasando perforaciones de forma continua por alguna de las zonas.

En la Fig. 25 se muestra un diagrama eléctrico del PLC [18] y los dispositivos de salida.

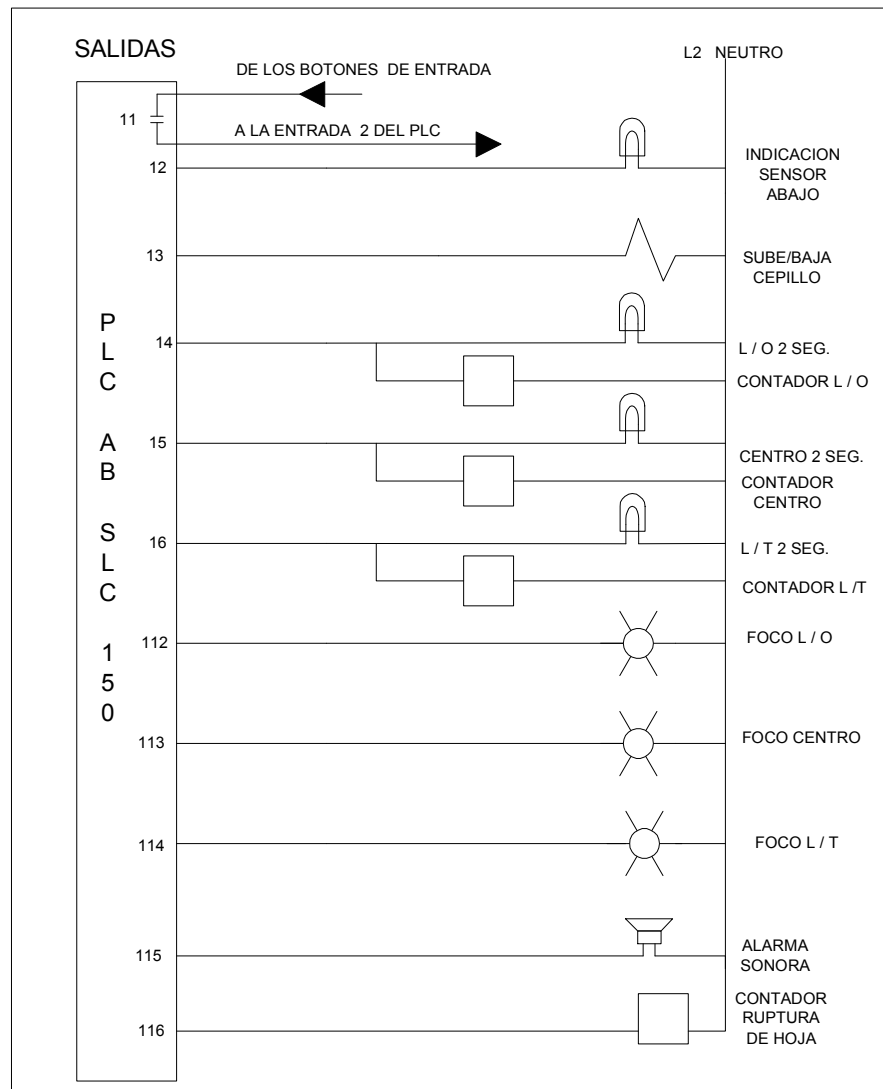


Fig. 25 Diagrama eléctrico del PLC y dispositivos de salida.

2.3.1 Detalle de las salidas

A continuación se describen las señales que salen del PLC hacia los periféricos conectados a él.

Salida 12

Propósito: energizar la lámpara color rojo

Esta salida depende del contacto del interruptor de mercurio (entrada). La señal de alarma generada por ésta sirve para avisar a los operadores que el sistema está fuera de operación. Dicha salida va conectada a la terminal con el número **12** del PLC. Véase la Fig. 26.

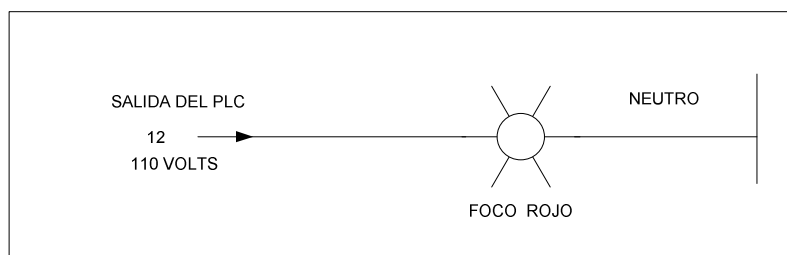


Fig. 26 Salida del PLC al foco rojo.

Salida 13

Propósito: energizar la electroválvula del sistema neumático

Esta salida depende de los botones identificados como **Dentro** y **Fuera**. Cuando se energiza el sistema, la electroválvula se encuentra desenergizada y los cepillos están alejados. En cuanto se oprime el botón de **Dentro**, el PLC manda energizar a la electroválvula para acercar los cepillos. Un vez que se oprime el botón de **Fuera** la salida se desactiva desenergizando la electroválvula y alejando los cepillos. Cuando se presenta una ruptura de hoja, el PLC manda desactivar la salida y desenergiza la electroválvula alejando los cepillos. Véase la Figura 27, en donde se muestra la conexión.

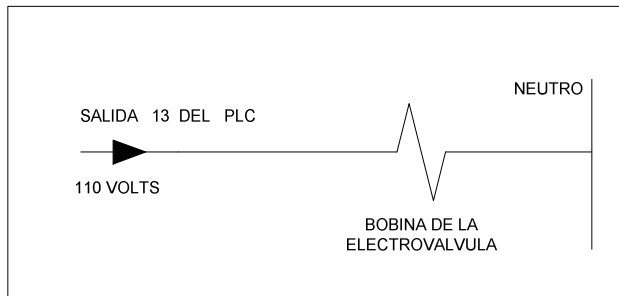


Fig. 27 Salida que energiza a la electroválvula para mover los cepillos.

Salidas 14, 15, y 16

Propósito: encender las lámparas incandescentes y activar a los contadores

Las salidas que energizan las lámparas durante 2 segundos y que también envían el pulso para incrementar los contadores, dependen de la presencia de perforaciones en la(s) sección(es) correspondiente(s).

Las terminales de salida del PLC, marcadas con los números **14, 15 y 16** son las encargadas de activar las alarmas y los contadores. Véase la Fig. 28.

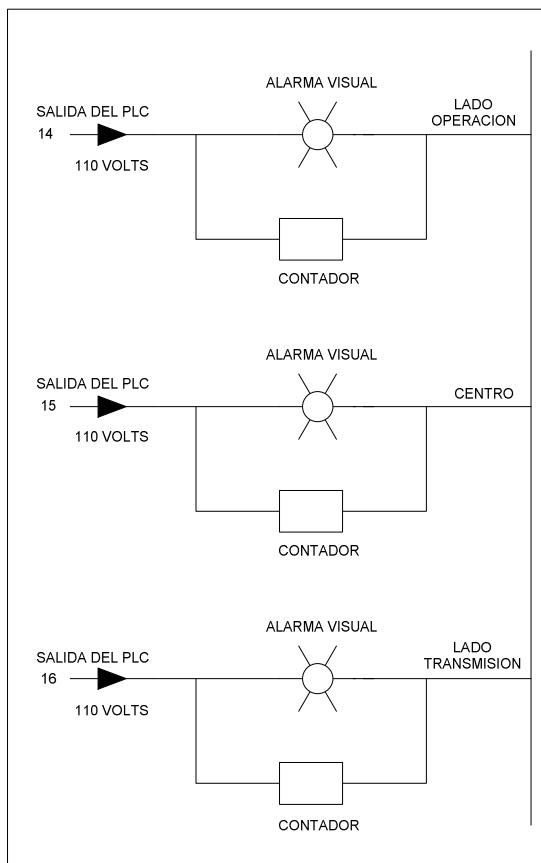


Fig. 28 Salidas para las lámparas y contadores de perforaciones.

Salidas 112, 113 y 114

Propósito: encender los focos pilotos

Las salidas que energizan a los focos pilotos también dependen de la presencia de perforaciones. Cuando pasa una perforación, la señal del cepillo llega al PLC y este manda una señal que activa la salida y energiza el foco piloto correspondiente a la zona donde se presentó la perforación.

Estas terminales de salidas del PLC, están marcadas con los números **112, 113, 114**. Véase la Fig. 29. Las alarmas se apagan cuando se oprime el botón de apagado de la sección que las activó. En el caso que la hoja se rompa, pasa lo descrito para las lámparas incandescentes.

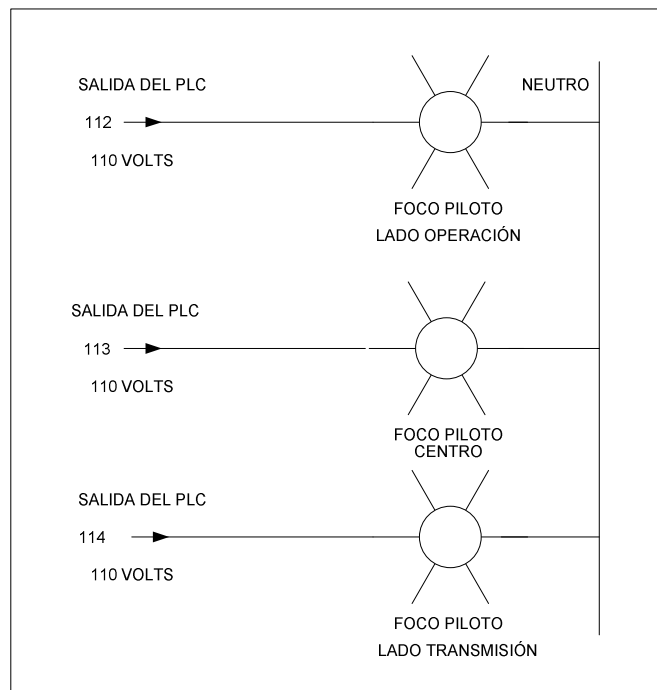


Fig. 29 Salidas que activan los focos pilotos de las tres secciones.

Salida 115

Propósito: activación de la alarma audible

La alarma audible se genera con una bocina que se activa al mismo tiempo que las lámparas y que los focos pilotos y se apaga cuando se oprima el botón de la sección que activó la alarma. Esta alarma se activa cuando el sistema detecte alguna perforación en cualquiera de las tres secciones. La salida correspondiente se conecta a la terminal del PLC marcada con el número **115**. Véase Fig. 30.

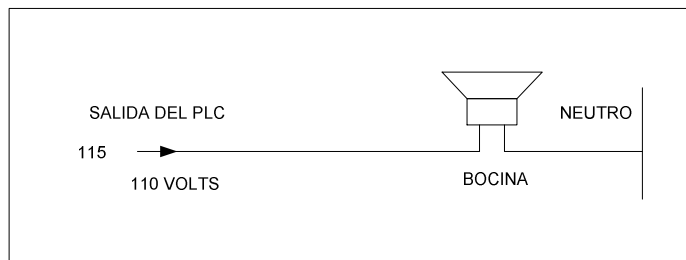


Fig. 30 Salida a la alarma bocina.

Salida 116

Propósito: activar al contador de ruptura de hoja

La salida para el contador de ruptura de hoja, incrementa su cuenta cuando los tres cepillos lleguen a detectar por más de dos segundos perforaciones en sus tres secciones. Entonces el sistema desenergiza la electroválvula alejando los cepillos y enviando un pulso para incrementar el contador. La terminal de salida del PLC que va al contador, es la marcada con el número **116**. Véase la Figura 31.

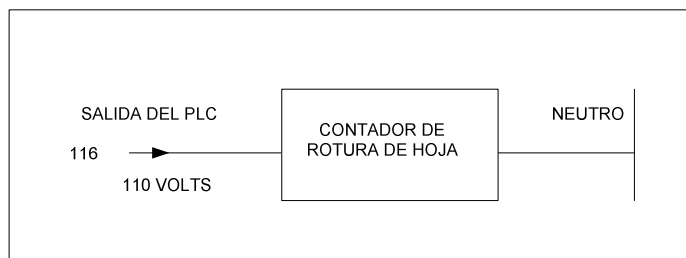


Fig. 31 Salida para el contador de ruptura de hoja.

2.3.1.1 Salidas de módulo de expansión

El módulo de expansión SLC 100 es de la familia Allen Bradley y cuenta con 12 relevadores de estado sólido que son controlados por el PLC [19]. La comunicación entre el módulo y el PLC se realiza por medio de un multicable de 20 terminales en el lado de PLC y 10 terminales en el módulo de expansión.

En este caso se ha usado el módulo para elegir 7 contactos y programarlos como abiertos y que cierren ante la presencia de las perforaciones repetitivas.

Las terminales que se usaron y se consideran como salida son las siguientes:

Salidas inferiores 11E, 12E, 13E, 14E, 15E y 16E

Salidas superiores 16E

Propósito: activar las alarmas de las zonas donde se crean las perforaciones repetitivas

Para la identificación de las zonas en donde se crean perforaciones repetitivas, se conectaron 7 focos pilotos asignados a las diferentes zonas de la máquina. Cuando las perforaciones sean repetitivas en una sección, el sistema determina en dónde se están originando de acuerdo al programa del PLC. Véase la Fig. 32.

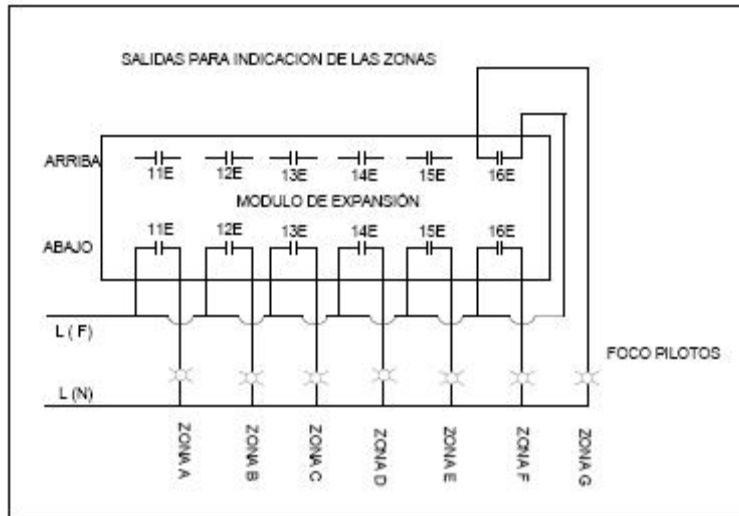


Fig.32 Salidas del módulo de expansión SCL 100 para los focos pilotos.

Capítulo 3

Selección de la tecnología de control

En este capítulo se explica lo que es un controlador lógico programable conocido por sus siglas en inglés, PLC, su arquitectura y la forma de programarlo. También se menciona lo referente al PLC Allen Bradley modelo SLC 150 que se utilizó en el diseño del sistema detector.

Los controladores lógicos programables son sistemas electrónicos utilizados en ambientes industriales para realizar acciones de control. Dichos PLC sustituyeron a los circuitos de relevadores electromecánicos, interruptores y otros componentes utilizados para el control de sistemas de automatización e instrumentación.

3.1 Introducción a los PLC's

Un PLC, es un sistema electrónico capaz de realizar acciones de control. Flexible en cuanto a su arquitectura, pues permite expansiones de su capacidad de procesamiento y de soporte de entradas y salidas. Dichas acciones de control las puede realizar de manera directa sobre los actuadores y en relación con los cambios que se presenten en sus entradas y con base en un programa almacenado en su memoria. La robustez de los PLC los hace la elección natural y en la mayoría de los casos la más conveniente en ambientes industriales [20].

En la actualidad existe una gran variedad de PLC con características diferentes y de fabricantes diversos. La arquitectura básica de un PLC comprende tres partes: la Sección de entrada-salida, la Unidad Central de Proceso (CPU) y el dispositivo de programación o terminal [21].

3.2 Arquitectura de un controlador lógico programable (PLC)

Como se ha mencionado anteriormente un PLC básico se compone básicamente de tres partes:

1. La Unidad Central de Proceso (CPU)
2. El Sistema de Entradas y Salidas(E/S)
3. Dispositivo de programación o terminal

1. La Unidad Central de Proceso (CPU)

La unidad central de proceso, que se considera formada por el procesador y la memoria, es la parte inteligente o el cerebro del sistema. La forma constructiva con que se presenta la CPU varía desde un módulo único (incluye procesador y memoria), pasando por un módulo procesador y un módulo de memoria, hasta un formato de “rack” o armario [22]. En algunos modelos la unidad incorpora la fuente de alimentación, y en los más pequeños se incluye también parte del sistema de E/S. El CPU se encarga de procesar el programa que el usuario introduce. Para ello dispone de diversas zonas de memoria que se usan para almacenar el programa del usuario, los archivos de imágenes de entrada y salida, además de los datos variables del proceso, ver Fig. 33. El procesador de un PLC contiene y ejecuta el programa del usuario. Para poder hacer este trabajo, el procesador debe almacenar las condiciones de entrada y salida más reciente en los archivos de imágenes de entrada y de salida, esto se conoce como ciclo de trabajo.

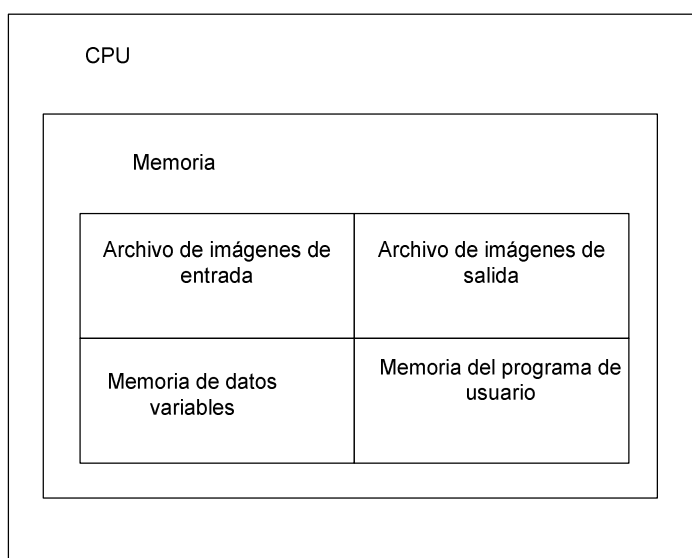


Fig. 33 Organización de la CPU de un PLC.

La CPU ejecuta el programa de usuario mediante el programa del sistema, es decir, el programa de usuario es interpretado por el programa del sistema. Una de las funciones del programa del sistema es vigilar que el tiempo de ejecución del programa de usuario no exceda un determinado tiempo máximo (tiempo de ciclo máximo). A esta función se le suele denominar “Wachtdog” (perro guardián). Otra de las funciones es la ejecución del programa de usuario creando, para ello, una imagen de las entradas, ya que el programa de usuario no debe acceder directamente a dichas entradas. Otra función es la de renovar el estado de las salidas en función de la imagen de las mismas obtenidas al final del ciclo de ejecución del programa de usuario.

Por último, el programa del sistema se encarga de realizar la verificación del mismo, para ello, el PLC, posee un ciclo de trabajo, en el que ejecutará de forma continua el diagrama mostrado en la Fig. 34

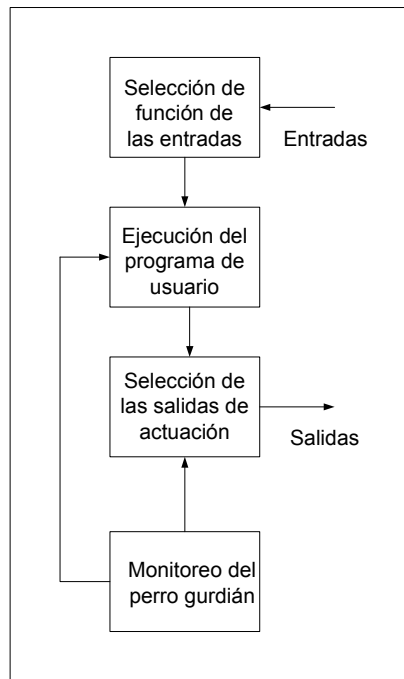


Fig. 34 Ciclo de verificación de un PLC.

En la sección de la CPU se dispone de un área de memoria encargada de distintas funciones.

Memoria del programa de usuario: aquí se introduce el programa que el PLC va a ejecutar cíclicamente para realizar las acciones de control.

Memoria de la tabla de datos. Es la zona encargada de atribuir las funciones específicas del programa. Se suelen dividir en zonas según el tipo de datos, como marcas de memoria, temporizadores, contadores, etc.

Memoria del sistema. En esta memoria se encuentra el programa, en código de máquina, que monitorea el sistema. Este programa es ejecutado directamente por el microprocesador que posee el PLC.

Memoria de almacenamiento. Se trata de una memoria externa que es empleada para almacenar el programa de usuario y, en ciertos casos, parte de la memoria de la tabla de datos. Ésta suele ser uno de los siguientes tipos: EPROM, EEPROM, o FLASH.

2. Sección de Entradas y Salida (E/S)

En esta sección del PLC se dispone, en general, de dos tipos de entradas y salidas:

Digitales
Analógicas

Las E/S digitales se basan en el principio de todo o nada, es decir o conducen señal alguna o poseen un nivel mínimo de tensión. Estas E/S se manejan con niveles de bits dentro del programa de usuario.

Las E/S analógicas pueden aceptar cualquier valor de las señales dentro de un rango determinado especificado por el fabricante. Se basan en convertidores analógicos a digital (A/D) y digital a analógico (D/A) aislados de la CPU. Estas señales se manejan en bytes o palabras (8/16 bits) dentro del programa de usuario.

El acceso a las E/S depende del modelo y fabricante, es decir, pueden estar incluidas sus imágenes dentro del área de memoria o ser manejadas a través de instrucciones específicas de E/S.

Interfaces de entrada. Se trata de líneas de entrada, las cuales pueden ser de tipo digital o analógico. En ambos casos se tienen rangos de tensión característicos, los cuales se encuentran en las hojas de especificaciones dadas por el fabricante.

Interfaces de salida. Se trata de líneas de salida, las cuales pueden ser de carácter digital o analógico.

Tanto las entradas como las salidas están aisladas de la CPU. Según el PLC que se utilice se suelen emplear opto-acopladores en las entradas y relevadores / opto-acopladores en las salidas.

En la Fig. 35 se muestra la arquitectura típica de un PLC, además de las interfaces de entrada y salida se observa el bus interno y la fuente de alimentación [23].

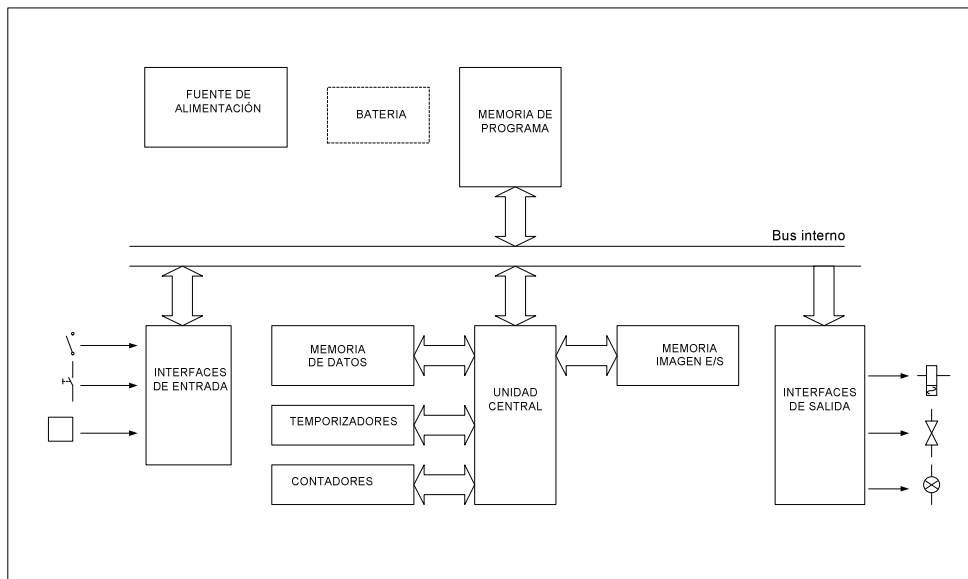


Fig. 35 Bloques de un PLC típico.

Fuente de alimentación. Es la encargada de proporcionar los niveles de voltaje. Ésta se construye a partir de una tensión externa y suministra una tensión adecuada para el buen funcionamiento de los componentes electrónicos del sistema. En ocasiones el PLC cuenta

con una batería para respaldar los datos de la memoria en caso de una interrupción de energía eléctrica.

3. Dispositivo de programación

También llamado dispositivo de programación terminal o programador, sirve para configurar el PLC como elemento de control. Este dispositivo puede ser una computadora portátil, industrial o un programador manual, dependiendo de la marca y tamaño del PLC.

3.3 Programación del PLC

Programa es un conjunto de sentencias definidas por el lenguaje de programación, que son convenientemente ordenadas para definir una tarea a efectuar por la Unidad Central de Proceso.

Se denomina lenguaje de programación a todo intercambio de información codificada que implique un mensaje que sea comprensible, tanto para quien lo ordena como para quien lo recibe y establece un medio sencillo, pero suficientemente preciso, para que el programador (usuario) pueda especificar la secuencia de tratamiento de la información que se requiere del sistema de control.

Para que un PLC trabaje de manera usual, generalmente posee un conjunto de programas residentes (“firmware”), que se suministran con el propio PLC. Estos programas deben establecer las condiciones de trabajo de los componentes de entrada y salida del sistema, ejerciendo funciones de vigilancia sobre éstos para lograr el correcto funcionamiento del sistema. También permite seguir las secuencias de proceso y ejecutar las directivas especificadas en el programa de aplicación.

Para iniciar el proceso de programación, se debe tener claro el propósito de control con el PLC, luego definir un diagrama coherente que explique justamente lo que debe hacer y posteriormente se deberá escribir el programa en un lenguaje de usuario utilizando algún sistema de programación, acorde con el PLC. Una vez escrito el programa, se debe grabar en la memoria del PLC con un equipo de programación o terminal.

Algunos de los lenguajes de programación que se pueden considerar para los PLC son los siguientes [24]:

Lenguaje de lista de instrucciones: es un lenguaje de bajo nivel, similar al lenguaje ensamblador. Con este lenguaje sólo se permite una operación por línea. Este lenguaje es adecuado para pequeñas aplicaciones y para optimizar partes de una aplicación.

Lenguaje gráfico secuencial de funciones (GRAFCET): es un lenguaje que proporciona una representación, en forma de diagrama, de las secuencias del programa. Como consecuencia de que las aplicaciones industriales funcionan en forma de pasos, el

GRAFSET es la forma lógica de especificar y programar al más alto nivel de un programa para PLC.

Lenguaje Texto estructurado: es un lenguaje de alto nivel, por bloques, que posee una sintaxis parecida al PASCAL. Puede ser empleado para realizar sentencias complejas que manejen variables con un rango de datos, incluyendo valores analógicos y digitales.

Lenguajes booleanos y lista de instrucciones: está constituido por un conjunto de instrucciones que son transcripción literal de las funciones del álgebra de Boole complementadas con instrucciones de inicio de sentencia y asignación de resultados y de operaciones de bloques .

Lenguaje escalera o diagrama de contactos: el primer lenguaje para PLC's considerado de bajo nivel fue el lenguaje escalera. Este lenguaje maneja arreglos similares a los de diagramas de relevadores electromecánicos.

3.4 Ciclo de trabajo del PLC

En modo de EJECUCIÓN el PLC ejecuta el programa una y otra vez. El ciclo de barrido comienza con la verificación de la imagen de entrada (barrido de entrada). En este barrido el estado actual de cada terminal de entrada se almacena en el archivo de imágenes de entrada, actualizándolo. Posteriormente el procesador ejecuta el programa de usuario, iniciando con la ejecución de la primera instrucción del primer escalón de instrucciones del programa, completando toda la secuencia de ejecución, en seguida pasa al siguiente escalón, completando la secuencia de ejecución y así hasta el último escalón del programa. Durante toda la ejecución del programa de usuario, el PLC mantiene actualizado el archivo de imágenes de salida, sin embargo las terminales de salida no son actualizadas constantemente, en cambio el archivo de imágenes de salida, completo, se transfiere a las terminales de salida durante el barrido de salida. Véase la Fig.36 en donde se muestra el ciclo de barrido de un PLC.

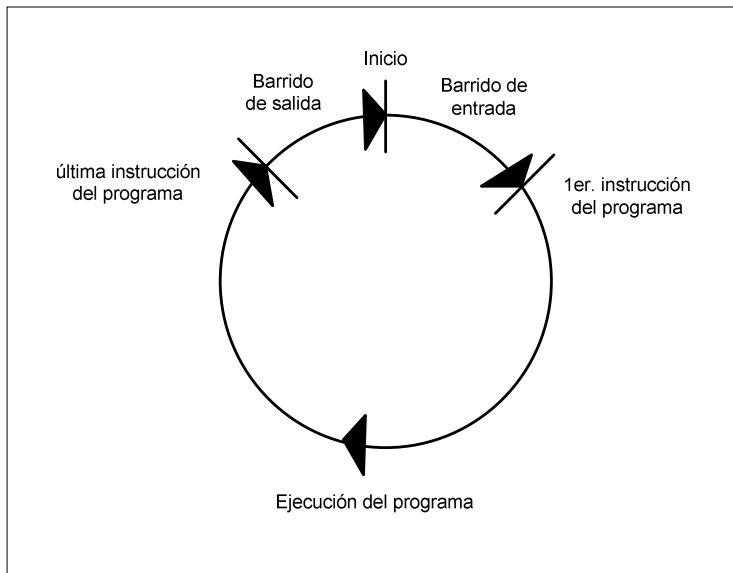


Fig.36 Ciclo de barrido de un PLC.

3.5 *El PLC Allen Bradley modelo SLC 150*

El PLC AB modelo SLC 150 apareció en el mercado a fines de la década de los 90, por lo que es claro que no es el más actual, pero tiene algunas ventajas al trabajar con él y además cubre las necesidades que se tienen para el diseño del detector de perforaciones.

El sistema detector de perforaciones se desarrolló con base al PLC AB modelo SLC 150 y uno de sus módulos de expansión.

La elección del PLC se fundamenta, principalmente, en los siguientes argumentos:

1. La robustez que posee para soportar un ambiente industrial donde será expuesto a la vibración, al polvo, temperatura y trabajo continuo.
2. La característica de ser libre de mantenimiento.
3. Proceso de programación simple que lo hace susceptible de modificaciones posteriores.
4. Finalmente, a que en la planta se cuenta con varios equipos que se han usado en diversas aplicaciones y su desempeño ha sido bueno. Además los técnicos de la planta cuentan con la capacitación y experiencia para manejar el equipo.

A continuación se presenta de manera breve una explicación de las principales secciones y módulos que componen al PLC AB.

3.5.1 Sección Entradas / Salidas del PLC AB modelo SLC 150 [25]

Tiene 20 terminales de entrada y cada una cuenta con un indicador de estado (diodo emisor de luz color rojo). Cuando una entrada del circuito es energizada, el correspondiente indicador de estado se ilumina. Las entradas corresponden a las terminales identificadas del 1 hasta el 10 y del 101 hasta el 110.

Tiene 10 terminales de salida, cada una cuenta con un indicador de estado. Las salidas tienen las direcciones que van del 12 al 16 y del 112 al 116. Cuando una instrucción programada de salida es verdadera, el correspondiente indicador de estado de salida se enciende, y la correspondiente salida del circuito se energiza. Véase Fig. 37 donde se muestra una fotografía del PLC AB.

Las salidas se implementan por medio de triac, están aisladas ópticamente y se protegen de posibles daños por transitorios de voltaje, con varistores de óxidos metálicos (MOV). Esta salida de triac se puede sincronizar con la línea para minimizar el ruido generado por cargas inductivas¹. Cuenta con dos contactos de relevadores (se consideran salidas) que se encuentran en las terminales marcadas como 11 y 111. Éstas, también, tienen indicador de estado (led color rojo).

3.5.2 Memoria del PLC AB

El PLC utilizado dispone de un módulo de memoria EEPROM que se conecta directamente dentro de la unidad del procesador. Con el programador se pueden grabar los datos de la memoria RAM del procesador a la memoria EEPROM. También se puede descargar los datos de la EEPROM a la RAM del procesador. En esta memoria reside la tabla de datos y el programa de usuario (La memoria de usuario tiene un tamaño de 1200 palabras máximo.)

3.5.3 Sistema diagnóstico

El PLC cuenta con un sistema de diagnóstico formado por LEDs que señalan lo siguiente:

1. Indicación de que la unidad está energizada.
2. Indicación de que el procesador está en modo de trabajo.
3. Indicación de que el procesador ha detectado un error en el CPU, en la unidad de expansión o en la memoria (Cuando pasa esto, las salidas se apagan y la operación se detiene automáticamente.)

¹ Véase sección 20-13 del manual del PLC Allen Bradley

4. Un indicador que alerta en el caso en que los niveles de voltaje de la batería están por debajo de los permitidos.
5. Indica que una o más entradas o salidas han sido forzadas a un estado de apagado o encendido.

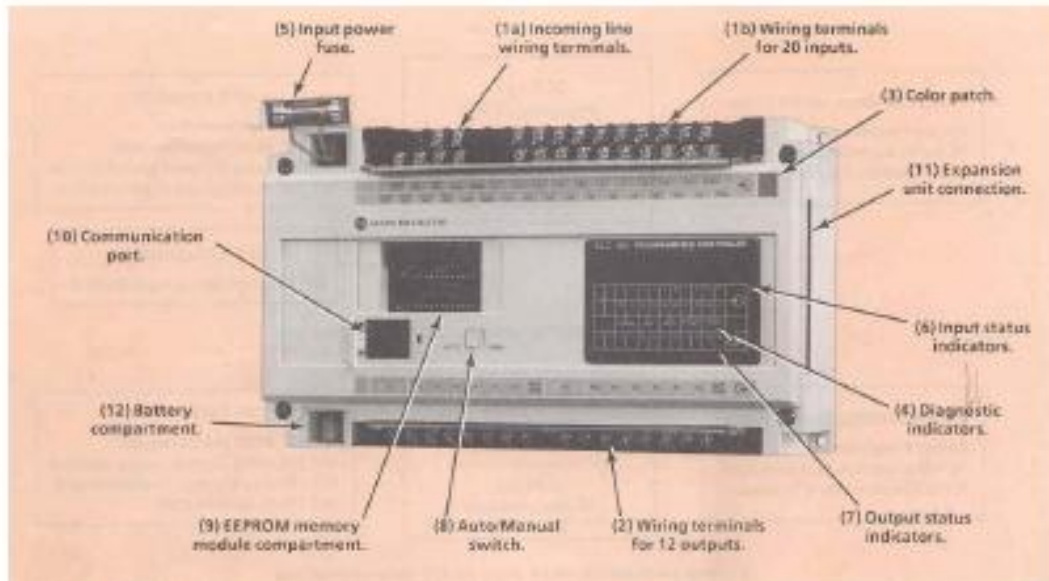


Fig. 37 Fotografía del PLC A B modelo SLC 150.

Un programa típico para el PLC AB es de 500 palabras. El PLC puede repetir este ciclo cerca de 500 veces cada segundo.

Los tiempos típicos de búsqueda de 500 palabras para el PLC AB son los siguientes:

Ciclo de operación	Búsqueda de I/O	Búsqueda de programa
2.5 ms	2 ms	0.3 ms + 0.25 ms por bloque de expansión

3.6 Módulo de expansión SLC 100 [26]

El módulo de expansión es una unidad que cuenta con 12 contactos normalmente abiertos (NA) de relevadores de estado sólido, seis en la parte superior del módulo y seis abajo. Sus contactos son controlados por el PLC SLC 150 a través de un multicable de 10 terminales que se conecta a la unidad de expansión y que llega al PLC por un adaptador de 20 terminales. Además cuenta con pilotos indicadores que muestran cuando un relevador se ha activado y con un piloto que indica cuando la unidad está energizada. Véase Figura 38.



Fig. 38 Módulo de expansión SLC 100 y sus contactos.

3.7 Programación del PLC

Conociendo la aplicación a desarrollar, así como las entradas y salidas que necesitará el sistema a diseñar se procede a realizar el programa de acuerdo a los objetivos planteados.

Para hacer el programa es necesario conocer el repertorio de instrucciones con el fin de saber si con esas instrucciones se puede construir el programa y la aplicación.

3.7.1 Instrucciones del PLC AB SLC 150

Las instrucciones de los PLC's se clasifican como instrucciones de condición y de salida. Las instrucciones de condición son de tipo relevador (contacto normalmente abierto o normalmente cerrado), y pueden ser de tipo interno o externo. Las instrucciones de tipo interno se refieren a las que se usan dentro de la memoria del PLC mientras que las de tipo externo son las alambradas físicamente al PLC.

Las instrucciones de condición se representan con el símbolo $\text{--}]$ [-- cuando son contactos abiertos o con el símbolo $\text{--} /]$ [-- cuando se refiere a contactos cerrados.

Las instrucciones de salida se representan con el símbolo $\text{--} ()$ y son instrucciones internas y externas. La más utilizada es la de energizar salida y puede ser usada para energizar un foco piloto, una bobina, etc., o internamente a una bobina y su(s) contacto(s), aunque también se usan las instrucciones de los temporizadores y contadores

3.8 Programación en lenguaje escalera para el PLC AB SLC 150

Para organizar y editar programas es conveniente agrupar las instrucciones en conjuntos de instrucciones llamados escalones. La palabra escalón se deriva del hecho de

que estos grupos de instrucciones asemejan los escalones de una escalera al representarse el programa de usuario en formato de lógica en escalera.

Para programar en lenguaje escalera se tienen las siguientes consideraciones:

1. Los escalones se componen de instrucciones de condición y de salida.
2. El escalón empieza siempre por una instrucción de condición y termina con una instrucción de salida.
3. Los escalones se numeran de forma ascendente y de esa forma se van ejecutando.
4. Un diagrama en escalera está constituido por varias líneas horizontales que contienen instrucciones de condición (contactos abiertos o cerrados) y de salida (bobinas, contadores, temporizadores, etc.)

La lógica de escalera se verifica cuando las instrucciones de condición de un escalón se cumplen y por lo tanto la instrucción de salida también se cumple. Véase en la Fig. 39 un ejemplo de programación en escalera.

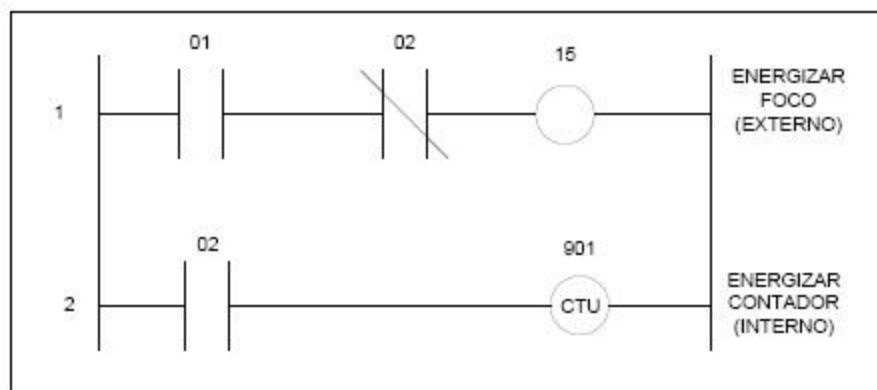


Fig. 39 Ejemplo de programación en escalera.

Cuando la instrucción de condición **01** es verdadera, el escalón **1** se hace verdadero energizando la instrucción de salida **15**. Cuando la instrucción de condición **02** del escalón **2** sea verdadera, energiza la instrucción de salida **901** que es un contador y el escalón **1** queda sin energizar porque el contacto **02** se abre.

Capítulo 4

Algoritmos y programación escalera del sistema detector

En este capítulo se desarrolla la programación del PLC para el sistema detector de perforaciones. El programa se dividió en dos partes para darle una mejor claridad y que la programación se realice de manera sencilla. La primera parte realiza la función principal del sistema y es independiente de la segunda, es decir, el sistema puede trabajar solamente con la primera parte si es necesario. Sus funciones van desde acercar y alejar los cepillos, detectar perforaciones en cualquiera de sus tres secciones hasta activar las alarmas y los contadores. La segunda parte de la programación comprende la detección y la identificación de la zona de la máquina donde se están generando perforaciones en forma repetitiva.

4.1 Algoritmos y diagramas de flujo del sistema (primera parte)

Después de definir en qué terminales del PLC se conectan cada una de las entradas y salidas del sistema se procede a definir el algoritmo del programa en relación con las especificaciones de diseño.

4.1.1 Algoritmo del detector de perforaciones:

Un algoritmo es un método (paso a paso) que conduce a la solución de un problema¹.

A continuación se describen los pasos que debe seguir el PLC para realizar lo propuesto en los objetivos del sistema.

1. Activar alarma de sistema fuera de operación (energizar lámpara roja) cuando el sensor esté alejado de la hoja.
2. Al oprimir botón identificado como **Dentro**:
Energizar electroválvula que acerca los cepillos, indicar sistema en operación (apagar lámpara roja).
3. En caso de que se presente una perforación, activar las alarmas de esa sección descritas a continuación (Las acciones a realizar son las mismas para las otras secciones de la hoja).
Encender la lámpara incandescente L/O durante 2 segundos. Avisar presencia de perforaciones en esa zona.
Incrementar cuenta en contador L/O. Indicar número de perforaciones en esa zona.
Encender el foco piloto L/O, para indicar al personal presencia de perforaciones

¹ Algunas características de los algoritmos se pueden ver en la referencia [27]

- Activar alarma audible común a las tres secciones para avisar la presencia de perforaciones.
4. Al oprimir el botón de apagado de esa sección, se apaga el foco piloto y la alarma audible.
 5. En caso de que se presenten perforaciones por las tres secciones durante 2 segundos:
 - Desenergizar la electroválvula que acciona al cilindro, para alejar los cepillos del rodillo.
 - Se incrementa cuenta en contador de ruptura de hoja
 - Se enciende la lámpara roja (cepillos alejados).
 6. Cuando se oprima el botón identificado como **Fuera**:
 - Se desenergiza la electroválvula alejando los cepillos de la hoja
 - Se incrementa cuenta en contador de ruptura de hoja
 - Se enciende la lámpara roja (cepillos alejados, sistema fuera de operación)

4.1.2 Diagrama de flujo del sistema detector de perforaciones

El diagrama de flujo es una representación gráfica de un algoritmo que se muestra a través de símbolos para ayudar a indicar entradas, salidas y procesos dentro del sistema [28]. Con el diagrama de flujo se puede representar el algoritmo de un problema que puede ser codificado en cualquier lenguaje de programación. En este caso se usa el lenguaje escalera del PLC.

En la Fig. 40 se muestra el diagrama de flujo para el Sistema Detector de Perforaciones realizado a partir del mencionado algoritmo. Dicho diagrama es auto explicativo, por lo que, no es necesaria una explicación adicional. En el **apéndice C** se encuentra el programa en lenguaje escalera correspondiente.

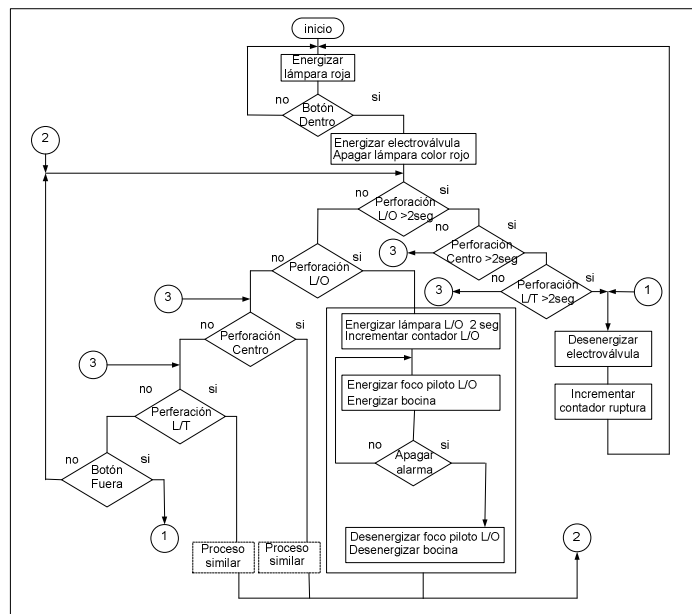


Fig. 40 Diagrama de flujo para el Sistema Detector de Perforaciones.
(En el Apéndice D se encuentra ampliado el diagrama)

4.2 Definición de zonas de la máquina para la detección de perforaciones repetitivas (segunda parte)

Para realizar la detección de perforaciones repetitivas es necesario hacer una división imaginaria de la máquina por zonas. Se definieron 7 zonas, desde la parte húmeda² hasta la zona de embobinado (donde se encuentra el sensor.) A cada zona se le asignó una letra para diferenciarla de las demás (zona A, zona B, hasta llegar a la zona G). Para conocer la distancia que hay entre las zonas de la máquina y el sensor, se procedió a medir. Las distancias que se obtuvieron de cada zona se usan para calcular el tiempo que tarda una perforación originada en una determinada zona en llegar hasta el sensor. La velocidad de la máquina se considera constante y de $170 [m/min]$. En la Fig. 41 se muestra un esquema de la máquina dividida en zonas con su longitud respectiva.



Fig.41 Dibujo de la máquina dividida en zonas (en Apéndice D se encuentra ampliado).

Para calcular el tiempo que tarda una perforación en llegar hasta el sensor, desde cualquier zona, se utilizó la siguiente relación [29]:

$$d = vt \quad (1)$$

$$t = \frac{d}{v} \quad (2)$$

Por ejemplo, la distancia de la zona A hasta el sensor es de 42 metros y la velocidad de la máquina es de $170 [m/min]$ en operación normal. Estandarizando las unidades de la velocidad tenemos que:

$$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

$$v = 170 / 60$$

² La parte húmeda comprende desde que sale la pasta por la mesa de formación, hasta la primera prensa.

$$v = 2.83m/s \quad (3)$$

Sustituyendo los valores de las distancias (d) de las zonas y el valor de la velocidad de la máquina (v) en la relación (2) se genera la siguiente tabla. Véase la Fig. 42.

Zona	Velocidad (m/s)	Distancia (m)	Tiempo (s)
A	2.83	42	14.82
B	2.83	32	11.29
C	2.83	27	9.53
D	2.83	24	8.47
E	2.83	14	4.94
F	2.83	11	3.88
G	2.83	1	0.35

Fig. 42 Tabla de tiempos estimados por zonas.

Los tiempos calculados arriba se utilizan en la rutina de tiempo (temporizadores) del PLC para generar los pulsos que simulen la distancia de cada una de las zonas.

4.2.1 Detección de perforaciones repetitivas

Para determinar la zona en donde se forman las perforaciones repetitivas por medio del programa, es necesario que pasen, al menos, dos perforaciones por una misma sección de la hoja. Al presentarse la primera perforación se generan siete pulsos que se corresponden con cada una de las zonas de la máquina. Estos pulsos representan el tiempo que tarda una perforación en llegar desde cualquiera de las zonas hasta el sensor. Cuando pasa la segunda perforación se genera un pulso que se compara con los otros siete. Por lo tanto, es necesario que se presenten por lo menos dos perforaciones para que el PLC determine la zona de ocurrencia.

En la Fig. 43 se presenta el diagrama de tiempos que muestra que cuando se presenta la primera perforación, se generan 7 pulsos de diferente duración que representan a cada una de las zonas de la máquina. Cuando se presenta la segunda perforación se genera un pulso que se compara con los siete pulsos de las zonas ya generados. La comparación, entre pulsos, se realiza utilizando una función lógica AND y cuando la salida de dicha función sea un uno lógico envía una señal hacia una alarma, indicando la zona de ocurrencia de perforaciones.

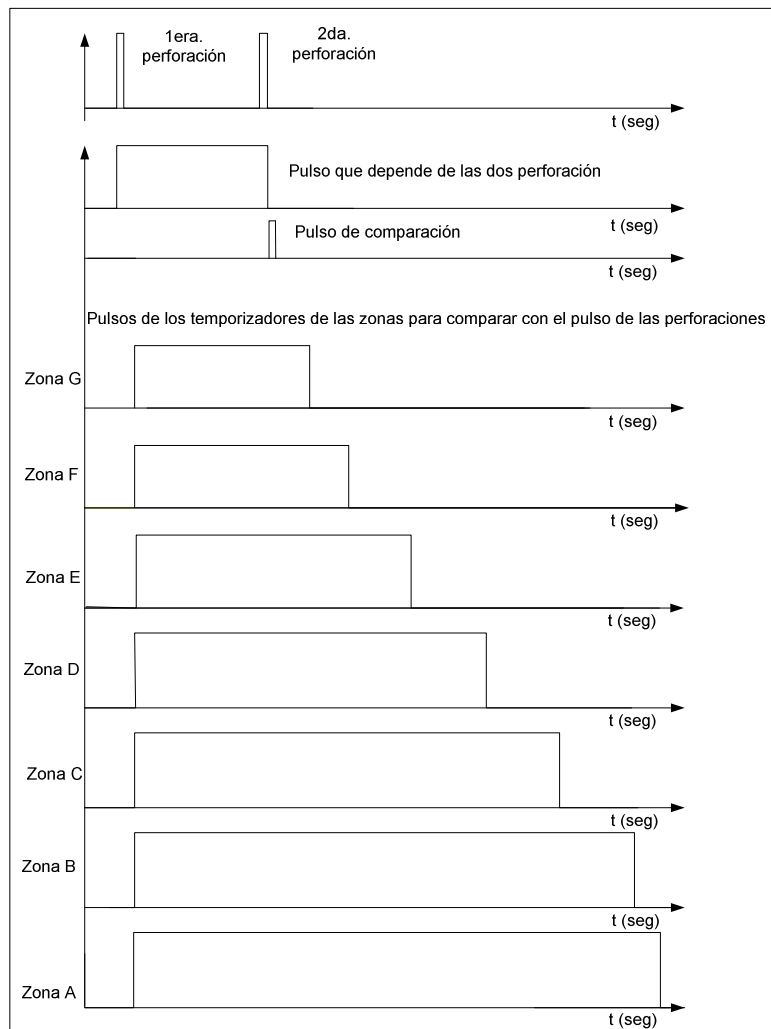


Fig. 43 Diagrama de tiempos para las zonas (en Apéndice D se encuentra ampliada).

4.2.2 *Algoritmo para perforaciones repetitivas*

El siguiente algoritmo se basa en el diagrama de tiempos de la Fig. 43, agregando también las alarmas que se activan y la forma de apagarlas.

1. Cuando se detecte la primera perforación:
Se generan 7 pulsos, uno para cada una de las 7 diferentes zonas establecidas de acuerdo a un tiempo calculado para cada pulso³.
2. Si la segunda perforación no se presenta y el tiempo transcurrido es igual o mayor al tiempo del pulso de la zona A, entonces el sistema vuelve a comenzar desde el punto 1.

³ Véase sección 4.2

3. Cuando se presente la segunda perforación, se crea un pulso.
4. El pulso creado con la segunda perforación es comparado con los pulsos de las 7 zonas. La comparación se hace por medio de una función lógica AND y si el resultado es uno lógico, dicha función envía una señal para activar una alarma visual indicando la zona donde se están formando las perforaciones.
5. La comparación se sigue realizando de forma similar a los puntos 3 y 4 para todas las zonas de la máquina.
6. Oprimir un botón para apagar cualquiera de las alarmas.

4.2.3 Diagrama de flujo para perforaciones repetitivas

En la Fig. 44, se muestra el diagrama de flujo para localizar en qué zona de la máquina se están formando las perforaciones de forma repetitiva. En el apéndice D se encuentra el programa completo en lenguaje escalera.

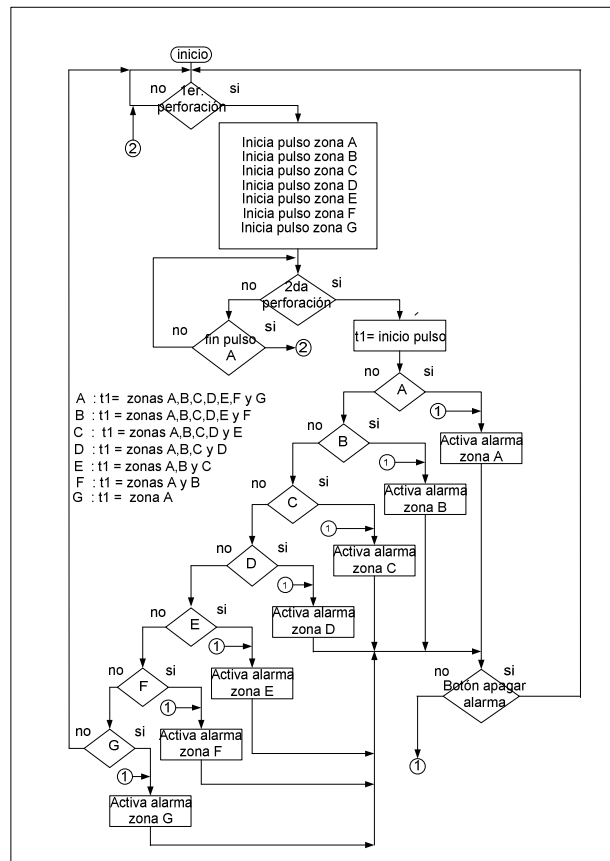


Fig. 44 Diagrama de flujo para localizar la zona de la máquina en donde se forman las perforaciones repetitivas.

4.2 Rutinas para la detección en las diferentes zonas de la máquina con el PLC

Las rutinas descritas a continuación son indispensables para que el programa pueda generar los pulsos que hacen posible la identificación de la zona de la máquina donde se están formando las perforaciones de manera repetitiva.

4.3.1 Rutina de conteo de perforaciones

Para la detección de dos perforaciones por medio del PLC se usaron dos contadores⁴ (CTU) [30]. El primero inicia su cuenta al detectarse la primera perforación. Se genera un pulso de salida que mantiene a siete temporizadores en operación. Cuando se presenta la segunda perforación, el pulso de salida se elimina y los temporizadores⁵ (TOF) [31], se reinician.

El segundo contador inicia su cuenta una vez que se presentó la segunda perforación. Éste genera un pulso de salida y lo compara con los pulsos generados por los temporizadores. Véase la Fig. 45 en donde se muestra la rutina de tiempo que utiliza el PLC para la cuenta de dos perforaciones en lenguaje escalera.

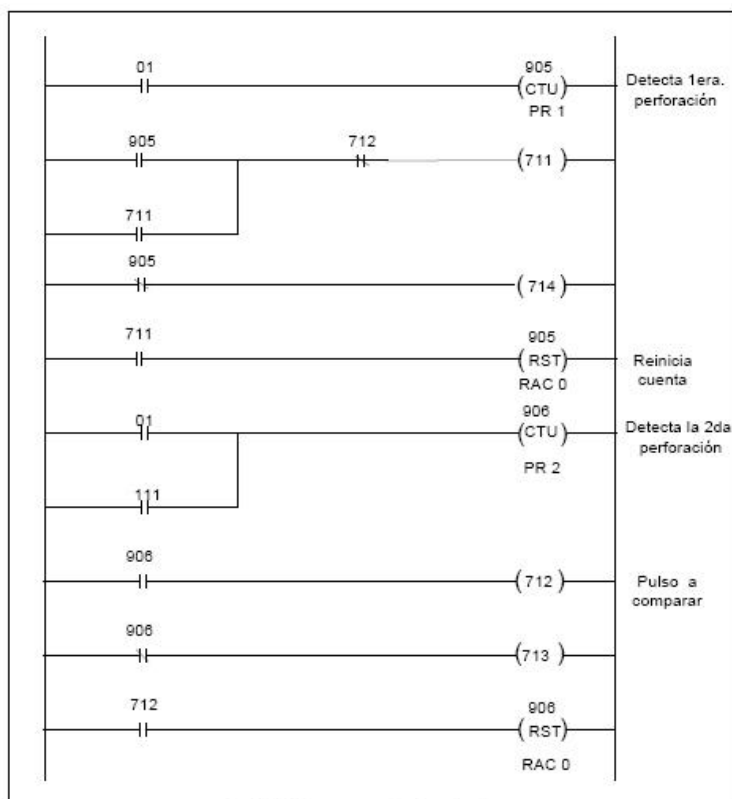


Fig.45 Rutina para contar dos perforaciones.

⁴ Contadores y temporizadores son instrucciones internas del PLC.

⁵ Los temporizadores son instrucciones internas del PLC. Se programan los tiempos de cada instrucción.

4.3.2 Rutina para la generación de los pulsos de las 7 zonas de la máquina.

Al presentarse la primera perforación empiezan a trabajar siete temporizadores (RTF) que generan un pulso de salida el cual dura el tiempo establecido para cada zona. Los temporizadores tienen como valor de tiempo, el que tarda una perforación de una determinada zona en llegar al sensor⁶. En la Fig. 46 se observa una rutina de tiempo que usa el PLC. Se calcularon siete rutinas, una por cada zona de la máquina y además, se realizaron para cada sección de la hoja de papel (L/O, C y L/T) ejecutando 21 rutinas para todo el sistema.

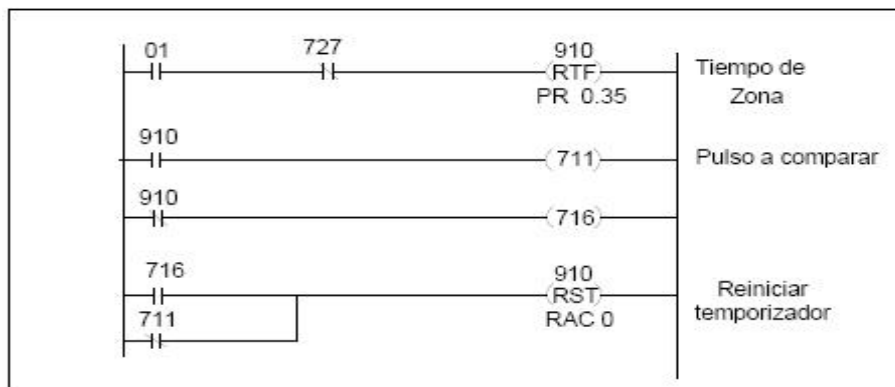


Fig. 46 Rutina de tiempo para las zonas de la máquina donde se detecten perforaciones repetitivas.

4.3.3 Rutina de localización de las zonas de la máquina

Para realizar la rutina de localización de las zonas se hace uso de la Fig. 40. Con ésta se crea una tabla de verdad que muestra todas las combinaciones posibles de las variables. Estas muestran la relación entre los valores que pueden tomar las variables y el resultado de la operación [32] con la cual se puede conocer qué salidas se energizan, las cuales van a unos focos piloto que indican en qué zona de la máquina se están produciendo las perforaciones repetitivas (Véase la Figura 47 en donde se muestra la tabla de verdad, realizada a partir de la Figura 43).

⁶ El tiempo se calculó en la sección 4.2 para cada una de las zonas

ZG	ZF	ZE	ZD	ZC	ZB	ZA	T	Salida
1	1	1	1	1	1	1	1	ZG
0	1	1	1	1	1	1	1	ZF
0	0	1	1	1	1	1	1	ZE
0	0	0	1	1	1	1	1	ZD
0	0	0	0	1	1	1	1	ZC
0	0	0	0	0	1	1	1	ZB
0	0	0	0	0	0	1	1	ZA
0	0	0	0	0	0	0	1	–

Fig. 47 Tabla de verdad para las zonas formadas.

De la Tabla de verdad para las 7 zonas se obtienen las siguientes funciones booleanas [33].

$$ZG = ZGZFZEZDZCZBZAT$$

$$ZF = \overline{ZGZFZEZDZCZBZAT}$$

$$ZE = \overline{ZGZFZEZDZCZBZAT}$$

$$ZD = \overline{ZGZFZEZDZCZBZAT}$$

$$ZC = \overline{ZGZFZEZDZCZBZAT}$$

$$ZB = \overline{ZGZFZEZDZCZBZAT}$$

$$ZA = \overline{ZGZFZEZDZCZBZAT}$$

De las cuales se tienen los siguientes diagramas lógicos en la Fig. 48.

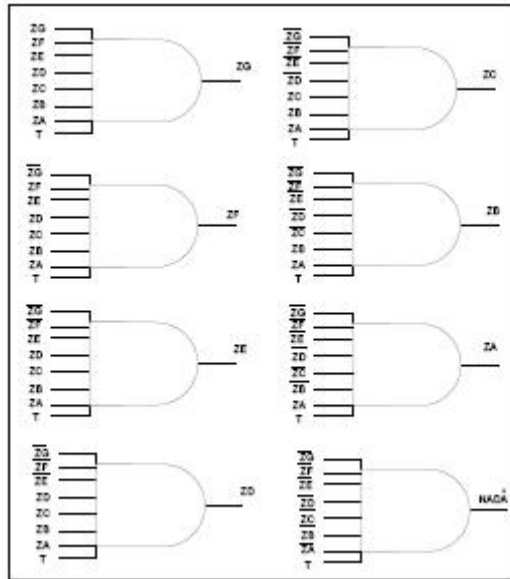


Fig.48 Compuertas AND de 8 entradas y una salida.

Para generar una función AND con el PLC se conectan dos contactos abiertos en serie con una instrucción de salida, que resulta una AND de 2 entradas y una salida. Véase Fig. 49.

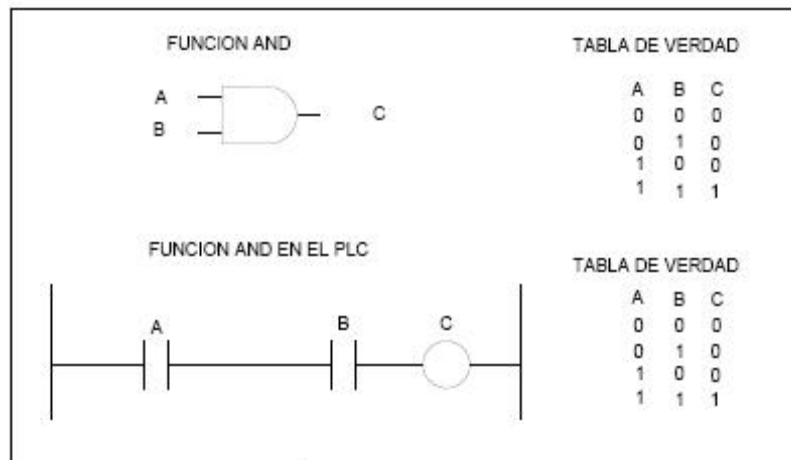


Fig. 49 Función AND con el PLC.

Entonces para realizar una AND de ocho entradas con programación escalera del PLC, se tiene que hacer un escalón con las ocho instrucciones de condición y una instrucción de salida. En la Fig. 50 se observan los 8 escalones con las 8 instrucciones de condición (contactos abiertos/cerrados dependiendo de la función de las ocho expresiones anteriores) y una instrucción de salida que energiza al dispositivo de salida (foco piloto de alarma).

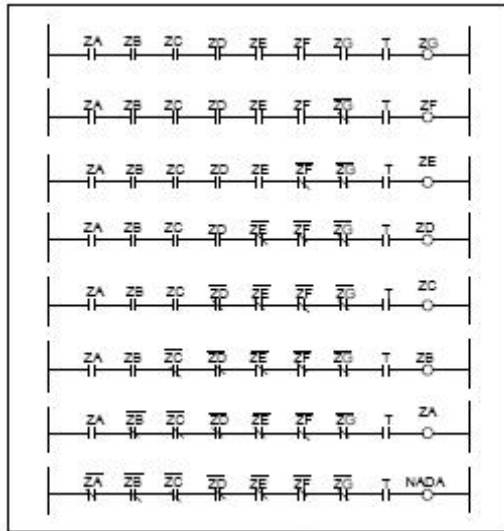


Fig. 50 Escalones para las 7 zonas a detectar.

Estos escalones se programaron en el PLC para cada una de las secciones de la máquina (**L/O, Centro y L/T**), y son los que comparan los pulsos de las 7 zonas con el pulso de la segunda perforación (ver programa escalera para la detección de las perforaciones en una zona de la máquina).

Con las 3 rutinas anteriores se puede realizar el programa completo para la detección de perforaciones cuando se presentan de manera repetitiva en una misma sección y de forma no repetitiva en cualquier sección. Dicho programa se graba en el PLC. En el apéndice D se presenta el programa completo del sistema detector de perforaciones, en lenguaje escalera.

Capítulo 5

Pruebas al sistema detector de perforaciones

En este capítulo se describen las pruebas realizadas a los componentes principales del sistema. El propósito de dichas pruebas es revisar el desempeño del sistema completo. Se realizaron dos pruebas al sistema completo, una prueba de funcionamiento del sistema con la máquina de papel en operación y otra fuera de ella. Con la máquina fuera de operación se revisó el sistema por medio de una simulación de perforación en la hoja de papel, de acuerdo a lo que se ha planteado al inicio de este trabajo.

5.1 Pruebas a la fuente de voltaje

Se considera de gran importancia a la fuente de voltaje debido a que su buen funcionamiento implica una operación adecuada del sensor, elemento vital para el sistema detector. Para revisar el buen comportamiento de la fuente, se procedió a implementarla en razón de los cálculos realizados en el capítulo 1.

A continuación se hace una reseña de las condiciones de la prueba y se presentan los resultados obtenidos.

Prueba en vacío (fuera del sistema)

Con ayuda de un voltímetro y un osciloscopio se revisó la señal de voltaje de salida en vacío y con carga para un voltaje de entrada de $V_{in} = 110$ [Vrms]. La salida del transformador es $V_{out} = 28.5$ [Vrms] y el voltaje de rizo se muestra en las Fig. 51 y 52

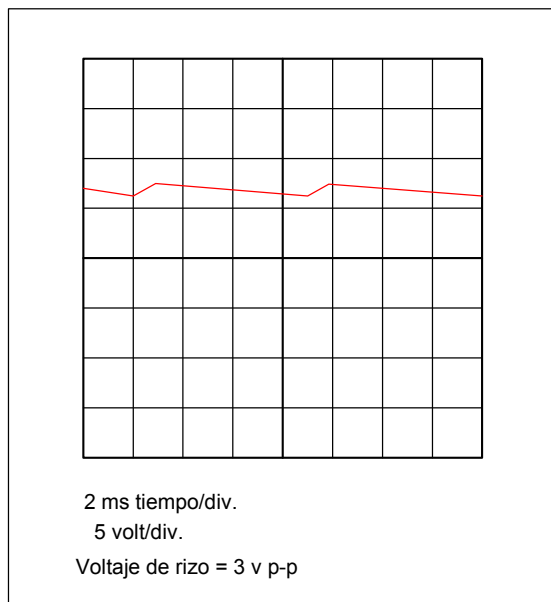


Fig. 51 Oscilograma del Vout y voltaje de rizo sin carga.

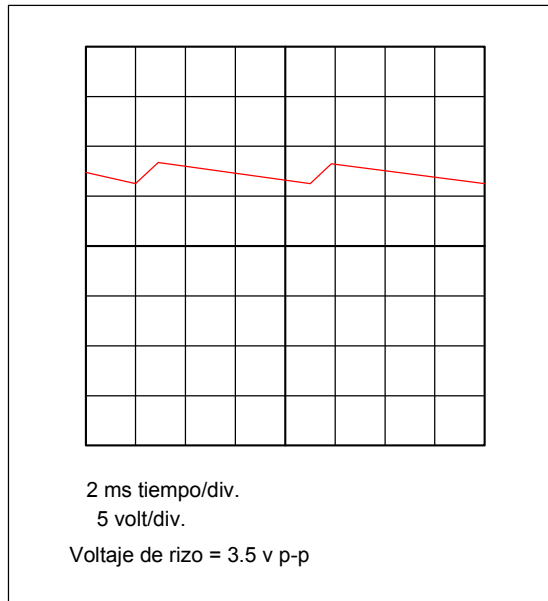


Fig. 52 Oscilograma del Vout y voltaje de rizo con carga.

Con el sistema a plena carga, el voltaje de rizo se incrementó, pero el voltaje Vout que alimenta el regulador de voltaje LM 7824 no bajo de 27.1 [Vrms] que el mínimo para que el regulador trabaje adecuadamente. Es decir:

En
$$Vr(rms) = \frac{Vp - p}{2\sqrt{3}} \quad (34)$$
 se sustituye el voltaje de rizo

$$Vr(rms) = \frac{3.5}{3.45}$$

$$Vr(rms) = 1.01$$

De acuerdo al voltaje de salida del transformador que es de 28.5 [Vrms], menos el voltaje de rizo que es de 1.01 [Vrms] se obtiene 27.49 [Vrms] que es suficiente para que el regulador se mantenga en operación normal de trabajo.

Prueba con carga (dentro del sistema)

Para revisar el desempeño de la fuente dentro del sistema.

- Se cerró el circuito entre el cepillo y la terminal negativa de la fuente, se midió tanto el voltaje en el relevador de estado sólido, como la corriente que circula por la bobina de excitación.
- Se modificó el voltaje de la fuente por medio del potenciómetro para determinar en qué momento se abría el contacto del relevador.

Los resultados de las pruebas anteriores se muestran en la tabla de la Fig. 53.

V regulador (V)	V rele (V)	V rele activado	Estado	I rele (mA)
24.1	1.5	1.4	abierto	0.3
24.1	2	1.7	cerrado	0.44
24.1	3	2.2	cerrado	0.75
24.1	4	2.6	cerrado	1.01
24.1	5	2.9	cerrado	1.23
24.1	6	3.3	cerrado	1.45
24.1	7	3.6	cerrado	1.65
24.1	8	3.9	cerrado	1.8
24.1	9	4.2	cerrado	2.05
24.1	10	4.5	cerrado	2.25
24.1	11	4.8	cerrado	2.46
24.1	12	5.2	cerrado	2.7
24.1	13	5.6	cerrado	2.95
24.1	14	6	cerrado	3.25
24.1	15	6.5	cerrado	3.57
24.1	16	7.1	cerrado	4
24.1	17	7.7	cerrado	4.5
24.1	18	8.5	cerrado	4.93
24.1	19	9.5	cerrado	5.60
24.1	20	10.8	cerrado	6.45
24.1	21	12.4	cerrado	7.6
24.1	22	14.6	cerrado	9.0
24.1	23	17.7	cerrado	11.2
24.1	24	22.9	cerrado	14.6

Fig. 53 Tabla de resultados de la fuente de voltaje

De lo anterior se concluye que cuando el voltaje disminuye debajo de 1.7 [vdc], el relevador de estado sólido abre su contacto y deja de enviar la señal al PLC, aún cuando se presente una perforación. Cuando se alimenta el sistema con el máximo voltaje que se

obtuvo en el relevador, que es de 22.9 [vdc], se tiene una corriente de 14.6 [mA] para una sección (un cepillo.) Para las tres secciones la corriente es de 45 [mA]

5.2 Pruebas fuera de línea (máquina fuera de operación)

En este apartado se describen las pruebas que se realizaron al sistema con la máquina fuera de operación, en donde se comprobó el funcionamiento del mismo dando por resultado lo siguiente:

Los cepillos

Al instalar los cepillos en el soporte se verificó que los hilos de éstos no se toquen entre sí, ni tampoco con el soporte. En forma manual y con una llave perico del No. 12 se procedió a alinear los cepillos con el rodillo de bronce. Con la llave perico se giró el soporte donde están montados los cepillos para verificar que los cepillos hagan buen contacto a lo largo de la hoja de papel.

Sistema neumático del sistema

Se conectó la alimentación de aire al sistema neumático y se accionó varias veces la electroválvula, de forma manual, para verificar que el soporte con los cepillos se acerque y se aleje del rodillo. También se revisó la velocidad de entrada y salida de los cepillos. Se ajustaron las válvulas de flujo para hacer que los cepillos se acerquen de forma suave y así evitar dañar la hoja de papel. El sistema funciona de acuerdo a lo establecido.

Conexiones al PLC

Se realizaron las conexiones del PLC a circuitos de interface y éstos a los dispositivos de entrada y salida. Se energizó el sistema y se observó lo siguiente:

Led de entrada encendidos: 01, 06, 07, 08 y 09

Led de salida encendidos: 12

Se comprobó que la conexión fue la correcta, ya que lo único que se energizó fue el sensor de mercurio, los botones para apagar alarmas y la lámpara roja que indica sistema fuera de operación

Cuando se oprime el botón de **Dentro** en ausencia de hoja, el soporte se acerca y toca el rodillo activando las alarmas. Después se aleja según los objetivos planteados. La prueba se repitió varias veces para observar que alarmas se activan y que leds del PLC se encienden para determinar el correcto funcionamiento del sistema.

Al oprimir el botón **Dentro** los leds de estado se iluminan indicando lo siguiente:

Led de entrada encendidos: 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08 y 09.

Led de salida encendidos: 11, 13, 14, 15, 16, 112, 113, 114, 115 y 116
Los leds del módulo de expansión permanecen apagados.

La prueba fue correcta porque se comprobó que se energizan todas las alarmas (salidas) que detectan las perforaciones. Se activan las tres entradas de los cepillos (03,04 y 05) y permanecen cerrados los contactos de los botones de apagado de alarmas. Después de dos segundos el sistema vuelve al estado anterior (fuera de operación por ruptura de hoja).

Procedimiento para probar el sistema detector con la máquina fuera de operación.

A continuación se presenta un procedimiento de prueba para el sistema completo en caso de que la máquina esté fuera de operación.

El procedimiento garantiza el funcionamiento correcto en las tres secciones del sistema en la detección de las posibles perforaciones.

1. Comprobar que los cepillos estén alejados del rodillo y la lámpara roja esté encendida, lo que indica que el sistema está fuera de operación.
2. Al oprimir el botón identificado como **Dentro**, se energiza la electroválvula que acciona el cilindro para acercar el soporte de los cepillos y hace contacto con el rodillo. La lámpara roja se apaga indicando que el sistema se encuentra en operación. Se activan la alarma audible, las alarmas visuales de las 3 secciones (**L/O**, **C** y **L/T**) y los contadores incrementan su cuenta en 1.
3. Cuando se oprime el botón identificado como **Fuera**, la electroválvula se des- energiza regresando el cilindro a su estadio inicial y aleja los cepillos del rodillo, las alarmas se apagan y se vuelve a encender la lámpara roja indicando que el sistema se encuentra fuera de operación.
4. Se cubre con papel el rodillo de bronce a todo lo largo hasta donde lleguen los tres cepillos de las secciones.
5. Se oprime el botón de **Dentro** para que los cepillos se acerquen y hagan contacto con el papel. No se deben activar las alarmas porque el papel no deja cerrar el circuito. La lámpara roja se apaga indicando que el sistema está en operación.
6. Se gira de manera manual el rodillo y no deben activarse las alarmas.
7. Se le hace una pequeña perforación en una de las secciones del papel, por ejemplo se puede empezar en la sección de **L/O**. Se hace girar el rodillo con la mano tomando en cuenta cuántas veces pasó la perforación por el cepillo detector y la lectura del contador de esa sección debe coincidir. Además se debe observar que cada vez que pase la perforación se activan las alarmas visuales y la alarma audible. Después se cubre la perforación con un pedazo de cinta.
8. Se procede a hacer lo mismo que en el punto anterior, para la sección **Centro**.
9. Se procede a hacer lo mismo que en el punto anterior, para la sección **L/T**.
- 10 Si no se activan las alarmas en alguna sección hay que aumentar el voltaje de suministro al cepillo de la sección que no se activó.
11. Si en alguno de los puntos del 6 al 8 se activan más de dos secciones a la vez, como son **L/O** y **C** o **C** y **L/T**, hay que revisar que los hilos de los cepillos de esas secciones no se toquen en sus extremos. Si lo hacen hay que cortar los hilos en donde se estén tocando.

12. Se acciona botón de **Fuera** para alejar el cepillo y se procede a retirar el papel del rodillo. Se enciende la luz roja indicando que los cepillos están alejados.

5.3 Pruebas en línea (máquina en operación)¹

En las pruebas con la máquina en operación se corre el riesgo de que la hoja se rompa durante la realización. Se debe tener cuidado con las partes de la máquina que se encuentran en movimiento para no sufrir un accidente o romper la hoja cuando se haga la prueba.

Con esta prueba se verificó que los cepillos detectan correctamente las perforaciones, tomando en cuenta si era necesario disminuir o aumentar el voltaje de la fuente ante los problemas de variación de la humedad. También es posible hacer la prueba para identificar las zonas de la máquina en donde se pueden formar las perforaciones en forma repetitiva en una sección de la hoja de papel.

Procedimiento de prueba con la máquina en operación

1. Cuando el elemento sensor está cerca con la hoja presente, la lámpara roja permanece apagada. (Se procede a sacar fuera de operación al sistema oprimiendo el botón identificado como **Fuera**). La lámpara roja debe encender.
2. Oprimiendo el botón identificado como **Dentro** se vuelven a acercar los cepillos a la hoja.
3. Se procede a hacer un perforación por debajo de la hoja en alguna sección (puede ser **L/O**) observando que se activen las alarmas audible y visuales.
4. Se procede igual que en 3 pero ahora la sección **Centro**.
5. Se procede igual que en 3 pero ahora la sección **L/T**
6. En caso de que no se activen las alarmas hay que aumentar el voltaje de suministro a los cepillos de las secciones que no se activaron y pasar al punto 3.
7. En caso de que sigan sin activarse las alarmas se debe verificar si la señal de perforación presente llega al PLC (observar si enciende el led de estado de esa entrada) en la terminal de entrada de esa sección. En caso negativo revisar cableado y voltajes.
8. Para probar las zonas donde se forman las perforaciones es necesario hacer una perforación en una sección de la máquina que sea segura y después de un tiempo hacer otra. Se puede tomar el tiempo con un cronómetro después de hacer la primera perforación y después de un determinado tiempo (que se calculó con anterioridad para las zonas A hasta la G) hacer la segunda perforación, comprobando que se enciendan las alarmas de la zona donde se hicieron las perforaciones.
9. Repetir el paso anterior para otra zona y otra sección (aunque para algunas zonas solamente se puede probar en las secciones de los lados).

Se recomienda realizar este procedimiento en el proceso de cambio de rollo de papel, para no afectar la producción.

¹ Estas pruebas se realizaron al finalizar el rollo y empezar otro para no afectar la producción

Para el caso de perforaciones repetitivas se realizó de la forma como se describe el paso 8 y solamente se ejecutó en zonas de la máquina que son seguras, cumpliéndose de manera satisfactoria.

Modificaciones al sistema detector de perforaciones

Se realizaron algunas modificaciones al sistema detector, debido a los problemas que se presentaron para los diferentes tipos de papel con diferentes dimensiones en el ancho de la hoja.

Problema: cuando se fabrica papel con medidas diferentes (menos ancho), los cepillos tocan el rodillo, al acercarse a la hoja, que queda descubierto, provocando que se cierre el circuito, activando las alarmas.

Solución propuesta: se optó por colocar cepillos de dimensiones diferentes (más cortos) en una base metálica ajustable para cuando se presente el cambio de medidas, poder ajustar o mover los cepillos al nuevo tamaño de la hoja.

Problema: desgaste de los cepillos por el uso y desalineamiento con el rodillo.

Solución: se colocan en el soporte que sujeta los cepillos, dos correderas manuales en cada uno de los extremos para tener más control sobre la alineación de los cepillos con respecto a la hoja y el rodillo de bronce. Esto permitió observar el desgaste de los cepillos producido por la fricción de la hoja y el rodillo, permitiendo que de manera oportuna, éstos se vuelvan a colocar en la posición correcta moviendo el soporte por medio de las correderas y haciendo que los cepillos hagan contacto con la hoja y el rodillo nuevamente.

En cuanto al funcionamiento del sistema neumático, éste ha trabajado de manera correcta con el cilindro seleccionado. Se ajustaron las válvulas reguladoras de flujo para regular la velocidad del cilindro cuando se acerca y aleja del rodillo para evitar que se rompa la hoja.

También se puso a funcionar el detector con los diferentes tipos de papel que se fabrican en la máquina ya que, dependiendo del tipo de papel que se fabrique se requiere un peso y humedad diferente. Cuando la hoja va muy húmeda, provoca (**incrementa su conductancia**) que el papel se vuelva conductor cerrando el circuito entre los cepillos y el rodillo, activando las alarmas que indican la presencia de perforaciones en falso. El valor en que se quedó trabajando la fuente de voltaje fue de 5 a 7 Vdc para todos los tipos de papeles.

Conclusiones y trabajo futuro

El Sistema Detector de Perforaciones, que se propone y que se implementó, para la detección de perforaciones durante el proceso en la fabricación de papel ligero, ha funcionado de acuerdo a los requerimientos establecidos.

Los cepillos han detectado las perforaciones en las tres secciones y han activando las alarmas y contadores. Esto se ha comprobado tanto con la máquina en operación como fuera de ella. Sin embargo, para la detección de perforaciones de formación repetitiva se tuvieron problemas en algunas zonas de la máquina en las que no se pudo simular las perforaciones debido a la falta de acceso a dichas zonas de la máquina. A pesar de lo anterior, se han detectado perforaciones en algunas zonas en forma repetitiva, y se ha verificado en algunos casos el origen de las mismas, siendo problemas de suciedad en la tela o goteo de condensado, por lo que se han activado las alarmas de manera conveniente.

Para que el personal operativo comprendiera el objetivo de instalar un Sistema Detector de Perforación en la máquina, fue necesario demostrar su funcionamiento y operación. Se explicó y demostró la importancia que tiene detectar a tiempo las perforaciones para reducir, retrasos, merma en la producción y ahorrar energía durante el proceso de fabricación.

Con este sistema se favoreció el desempeño de la máquina de papel así como la embobinadora. La máquina esta diseñada para fabricar un rollo o bobina de papel de 2 a 3 horas. Cuando se formaban perforaciones y se producían más de tres roturas en el rollo, éste se mandaba a merma, debido al estricto control de calidad y la exigencia de los clientes. Se perdía el tiempo en que se estuvo fabricando ese rollo.

En la embobinadora también tuvo buenos resultados, ya que con las detecciones de las perforaciones se tomaron acciones correctivas para que la hoja no se corte en el proceso provocando tiempos perdidos. Aquí se hacía más evidente el problema de las perforaciones, debido a que esta máquina corta la hoja en 30 secciones de 3 centímetros y cuando pasaba una perforación por una de sus cuchillas, la hoja reventaba. Esto provocaba paro de máquina para dejar lista la máquina para la operación, demorando 10 minutos para unir todas las secciones de la hoja y poner en operación la máquina. Al solventar el problema de las perforaciones en la máquina de papel, se elimina el problema de la máquina embobinadora.

Una vez implementado el sistema detector de perforaciones en la planta, se observó lo siguiente: la pérdida de tiempo en la máquina embobinadora se redujo en un 20% (el ahorro se produjo, básicamente, al no presentarse las rupturas de la hoja y los consiguientes paros de la máquina). En la máquina de papel se redujo el tiempo perdido en un 10%.

Trabajo futuro: identificación de las perforaciones

Una manera fácil de identificar las perforaciones antes de que se rompa la hoja es ponerles una marca. De esta forma el operador de la máquina embobinadora se daría cuenta

cuando va a pasar una perforación y detendría la operación para realizar la corrección. De esta manera se perdería menos tiempo que cuando la hoja se rompe y se realizaran los ajustes necesarios para volverla a operar.

Como trabajo a futuro se espera poder marcar las perforaciones que se presentan con una tinta especial que no manche el papel. Esto se realizaría por medio de electroválvulas. Se mediría el tiempo desde que se ha detectado la perforación hasta donde se realizará la marcación. Tentativamente, se colocarían tres electroválvulas, una por sección.

Apéndice A. Diagramas eléctricos del sistema

Diagrama eléctrico de la fuente de voltaje que alimenta a los cepillos.

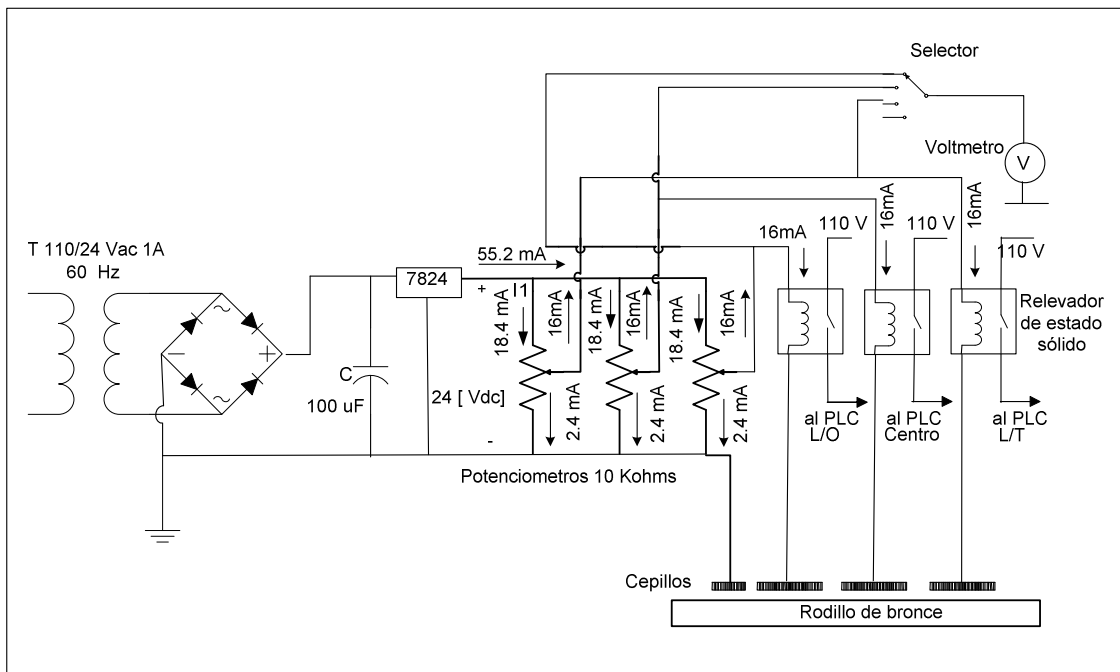


Diagrama eléctrico del PLC a los periféricos.

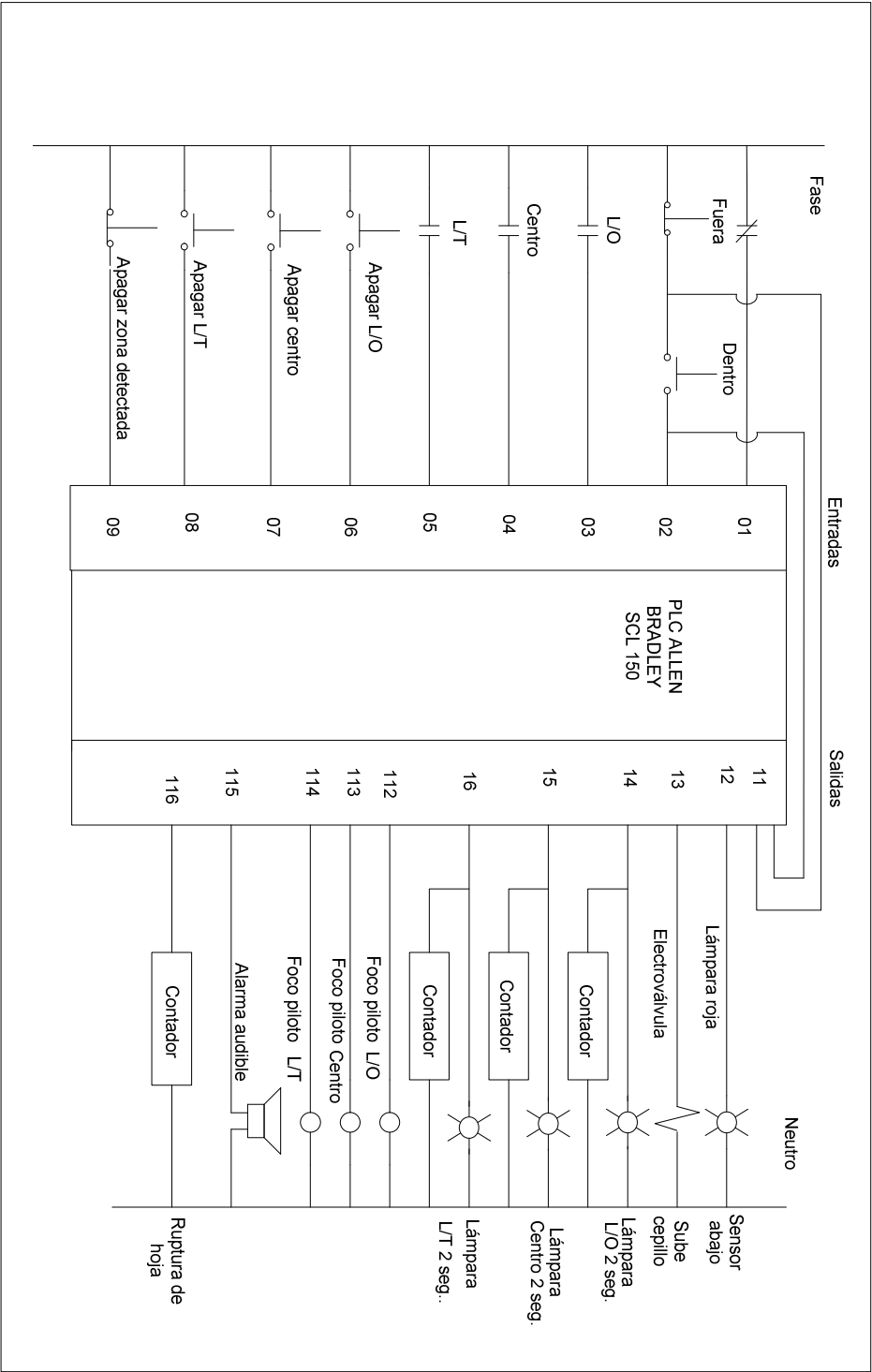


Diagrama eléctrico que muestra la conexión de los bornes del PLC a sus dispositivos de entrada y salida.

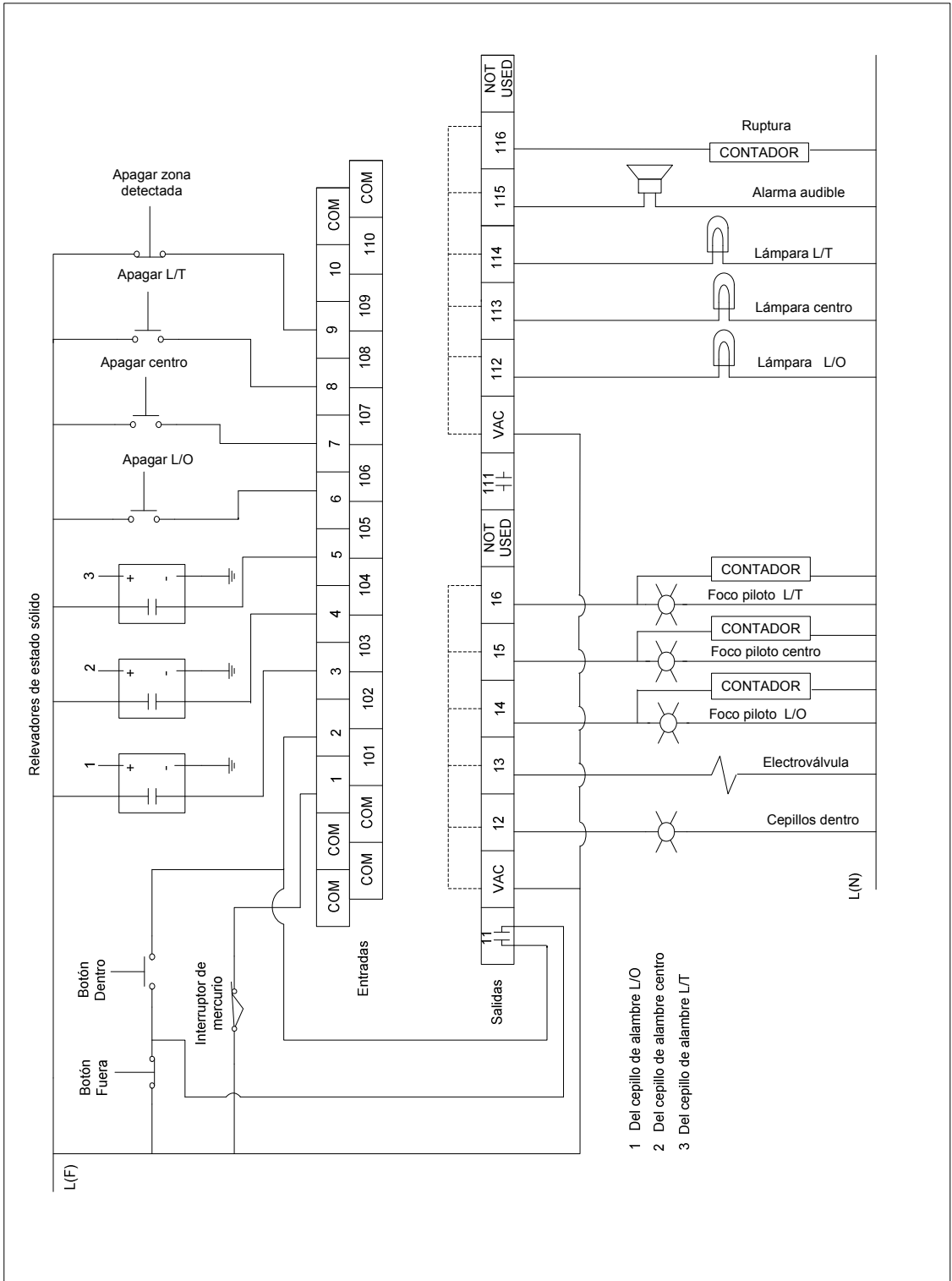


Diagrama eléctrico que muestra la conexión de los bornes de entrada del PLC a sus dispositivos.

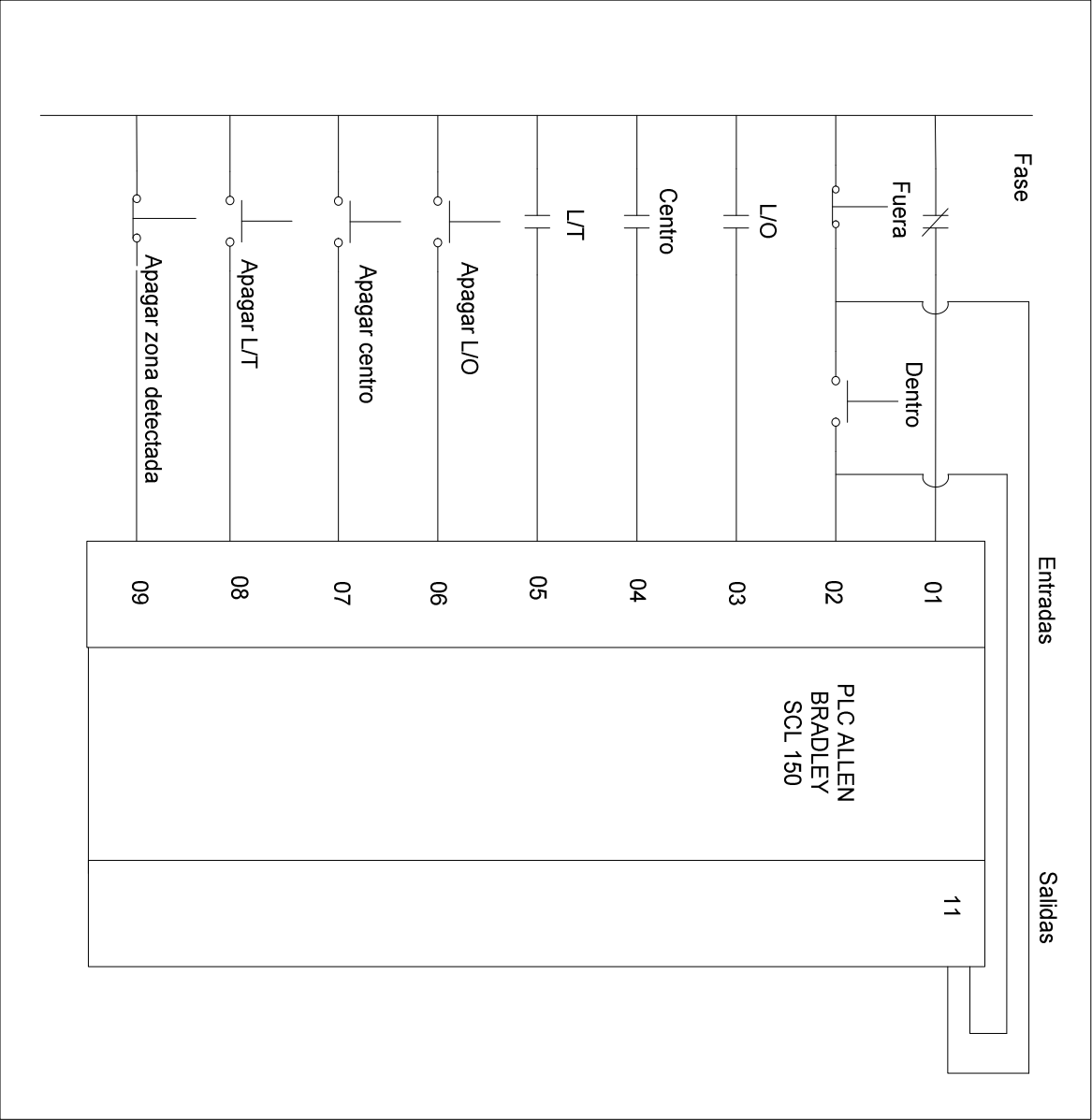
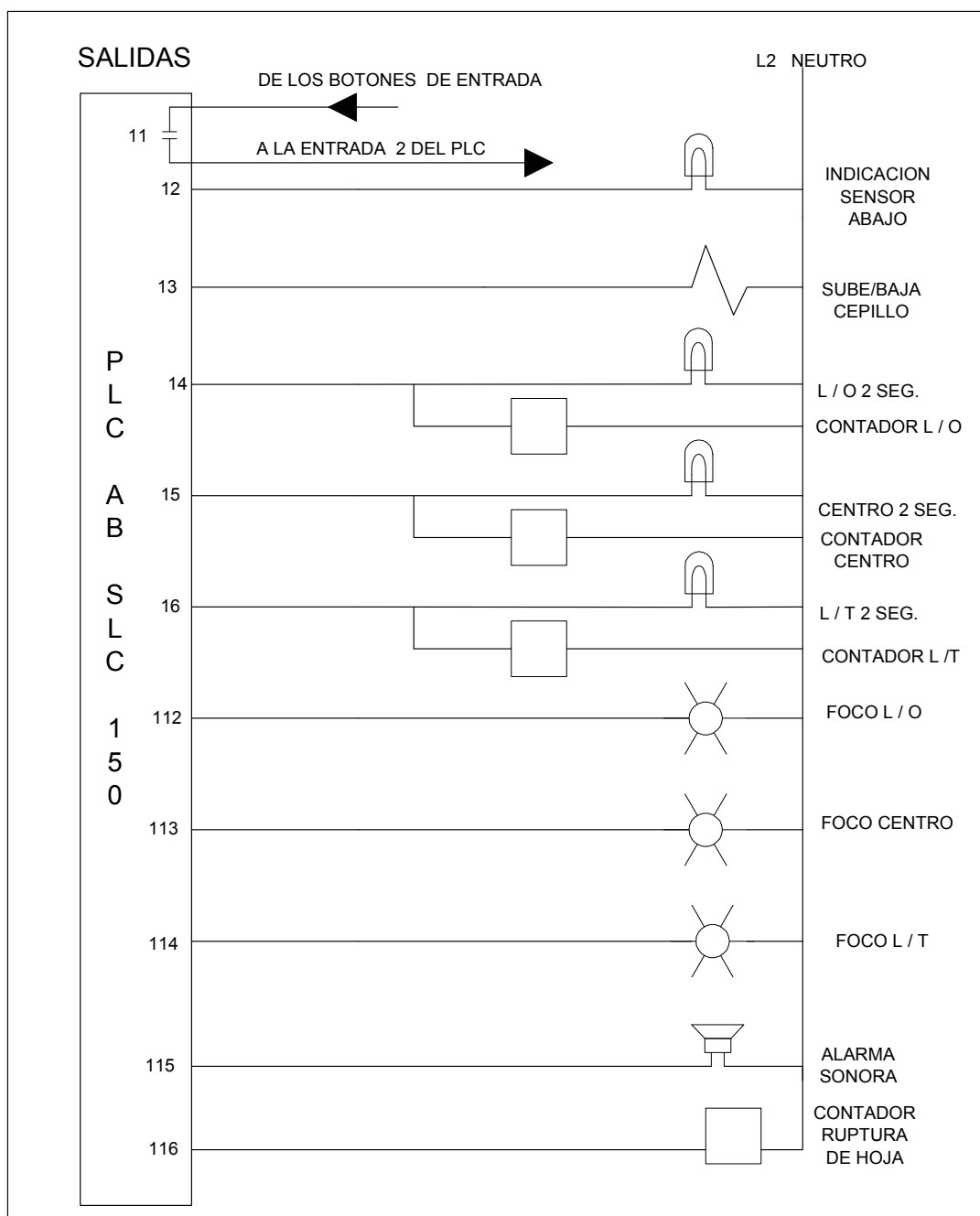


Diagrama eléctrico que muestra la conexión de los bornes de salida del PLC a sus dispositivos.



Apéndice B. Diagramas del sistema neumático

Diagrama neumático que muestra los componentes del sistema.

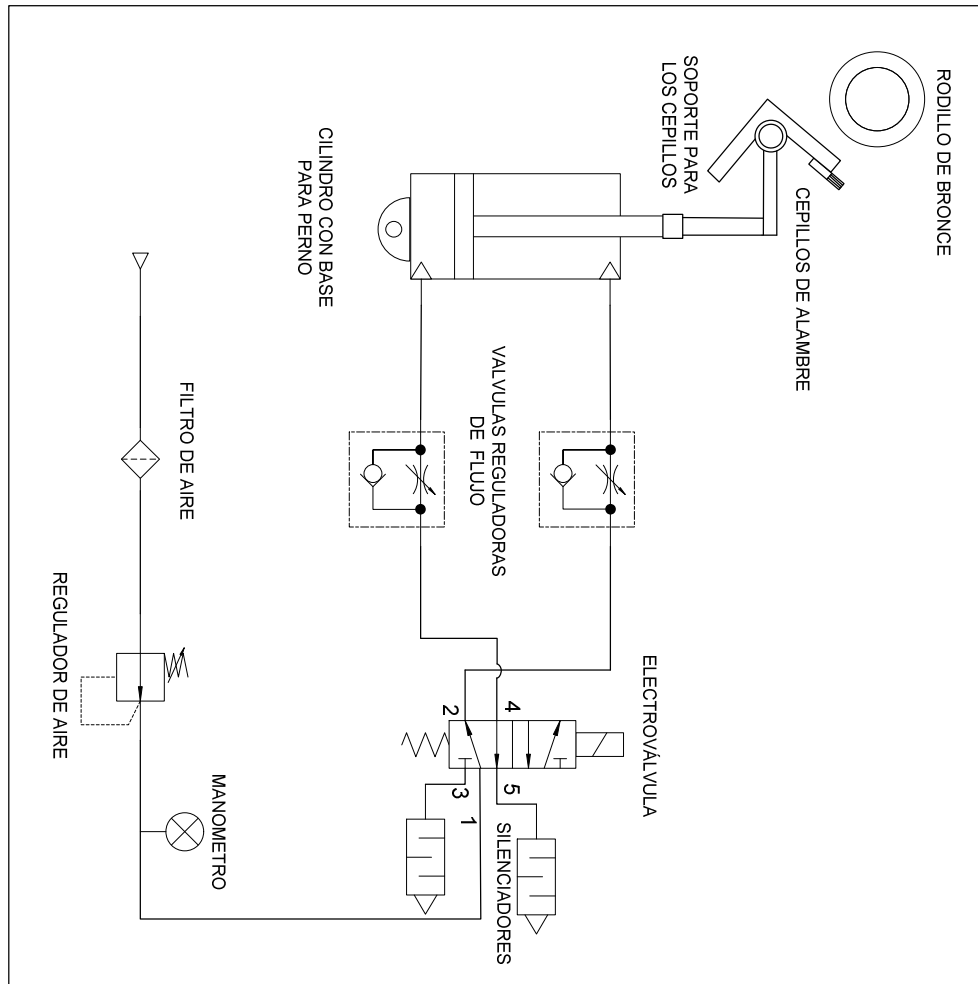


Tabla Presión – Fuerza que se utiliza para el cálculo del tamaño de un cilindro neumático.

Actuadores y accesorios

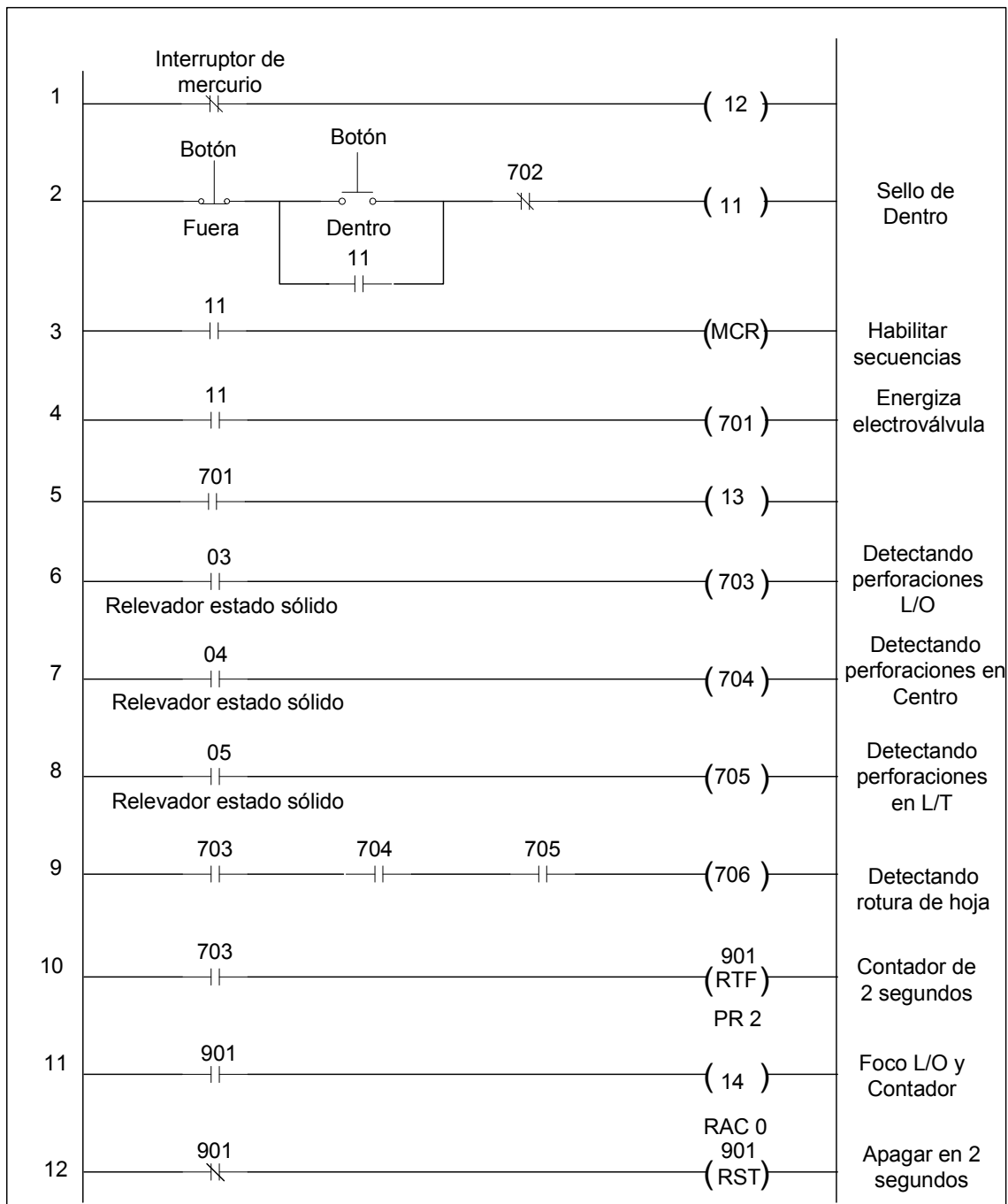
Tablas de selección

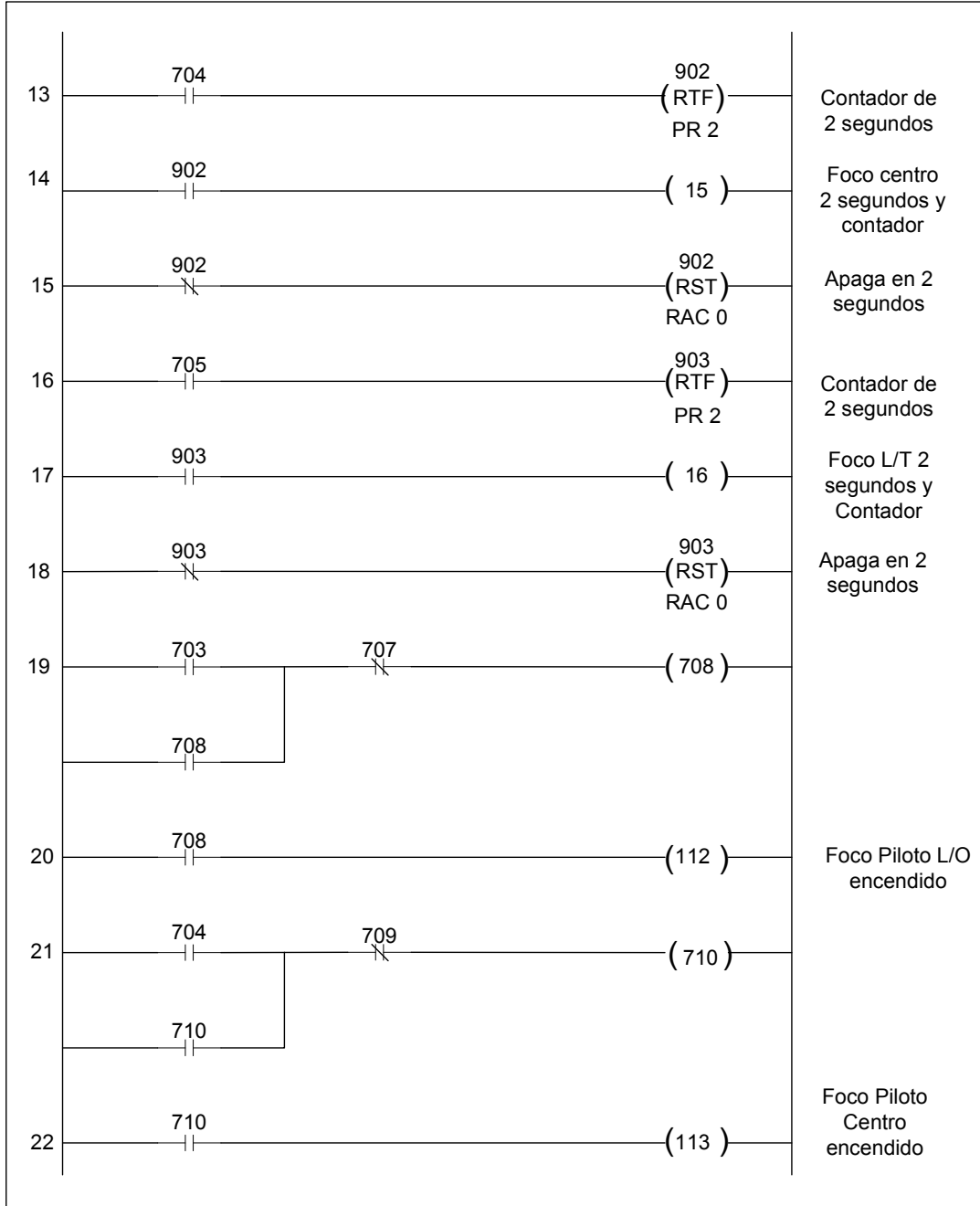
Tabla de presión-fuerza para cilindros neumáticos

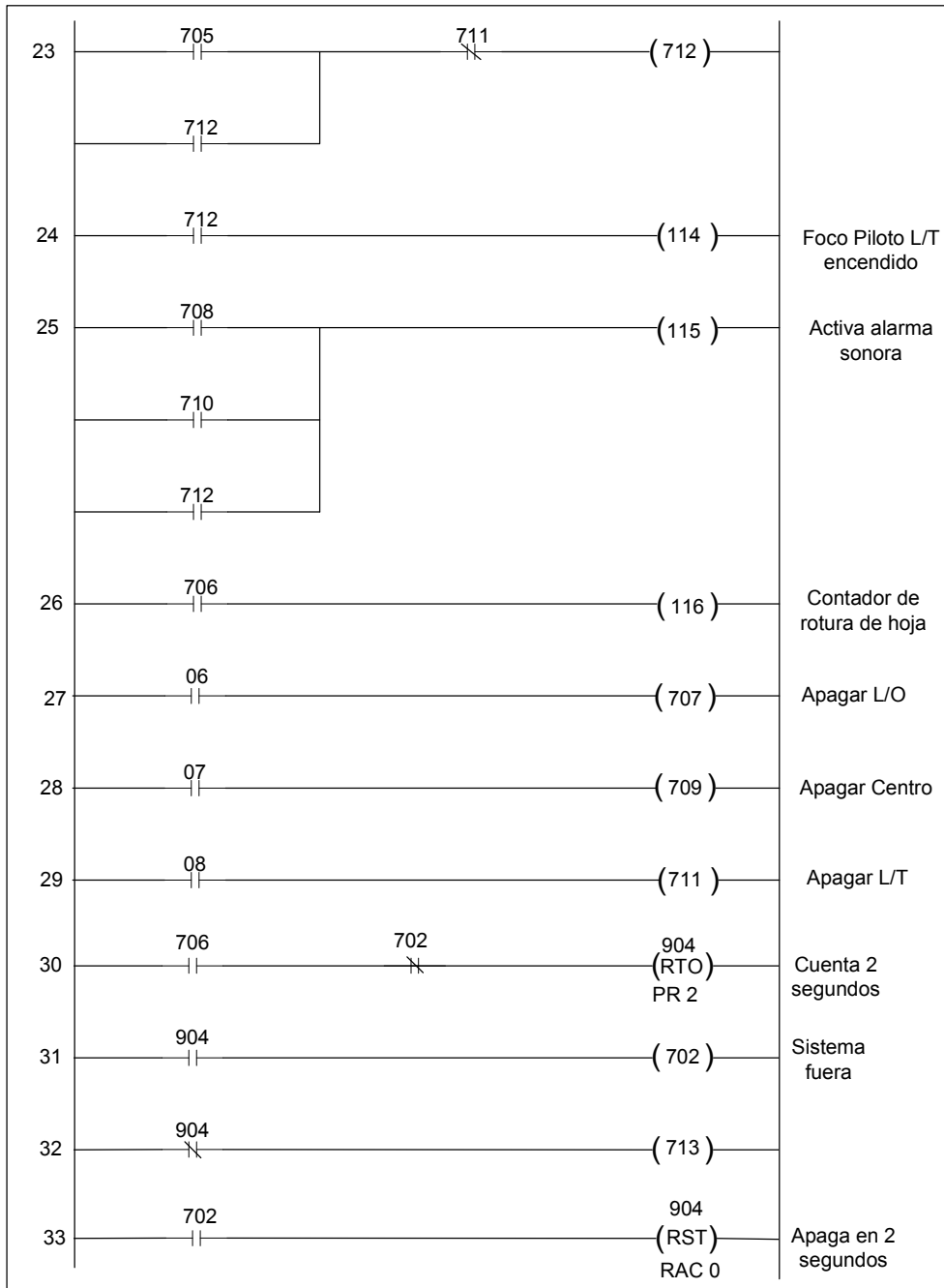
Presión de funcionamiento		Fuerza del émbolo														
[bar]		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
[mm]	[N]															
2,5	0,4	0,9	1,3	1,8	2,2	2,7	3,1	3,5	4	4,4	4,9	5,3	5,7	6,2	6,6	
3,5	0,9	1,7	3,8	3,5	4,3	5,2	6,1	6,9	7,8	8,7	9,5	10,4	11,3	12,1	13	
5,35	2	4	6,1	8,1	10,1	12,1	14,2	16,2	18,2	20,2	22,2	24,3	26,3	28,3	30,3	
6	2,5	5,1	7,6	10,2	12,7	15,3	17,8	20,4	22,9	25,4	28	30,5	33,1	35,6	38,2	
8	4,5	9	13,6	18,1	22,6	27,1	31,7	36,2	40,7	45,2	49,8	54,3	58,8	63,3	67,9	
10	7,1	14,1	21,2	28,3	35,3	42,4	49,5	56,5	63,6	70,7	77,8	84,8	91,9	99	106	
12	10,2	20,4	30,5	40,7	50,9	61,0	71,3	81,4	91,6	101	112	122	132	143	153	
16	18,1	36,5	54,3	72,4	90,5	109	127	145	163	181	199	217	235	253	271	
20	28,3	56,5	84,8	113	141	170	198	226	254	283	311	339	368	396	424	
25	44,2	88,4	133	177	221	265	309	353	398	442	486	530	574	619	663	
32	72,4	145	217	290	362	434	507	579	651	724	796	869	941	1010	1090	
40	113	226	339	452	565	679	792	905	1020	1130	1240	1360	1470	1580	1700	
50	177	353	530	707	884	1060	1240	1410	1590	1770	1940	2120	2300	2470	2650	
63	281	561	842	1120	1400	1680	1960	2240	2520	2810	3090	3370	3650	3930	4210	
80	452	905	1360	1810	2260	2710	3170	3620	4070	4520	4980	5430	5880	6330	6790	
100	707	1410	2120	2830	3530	4240	4950	5650	6360	7070	7780	8480	9190	9900	10600	
125	1100	2210	3310	4420	5520	6630	7730	8840	9940	11000	12100	13100	14400	15500	16600	
160	1810	3620	5430	7240	9050	10900	12700	14500	16300	18100	19900	21700	23500	25300	27100	
200	2830	5650	8480	1130	14100	17000	19800	22600	25400	28300	31100	33900	36800	39600	42400	
250	4420	8840	13300	17700	22100	26500	30900	35300	39800	44200	48600	53000	57400	61900	66300	
320	7240	14500	21700	29000	36200	43400	50700	57900	65100	72400	79600	86900	94100	101000	109000	

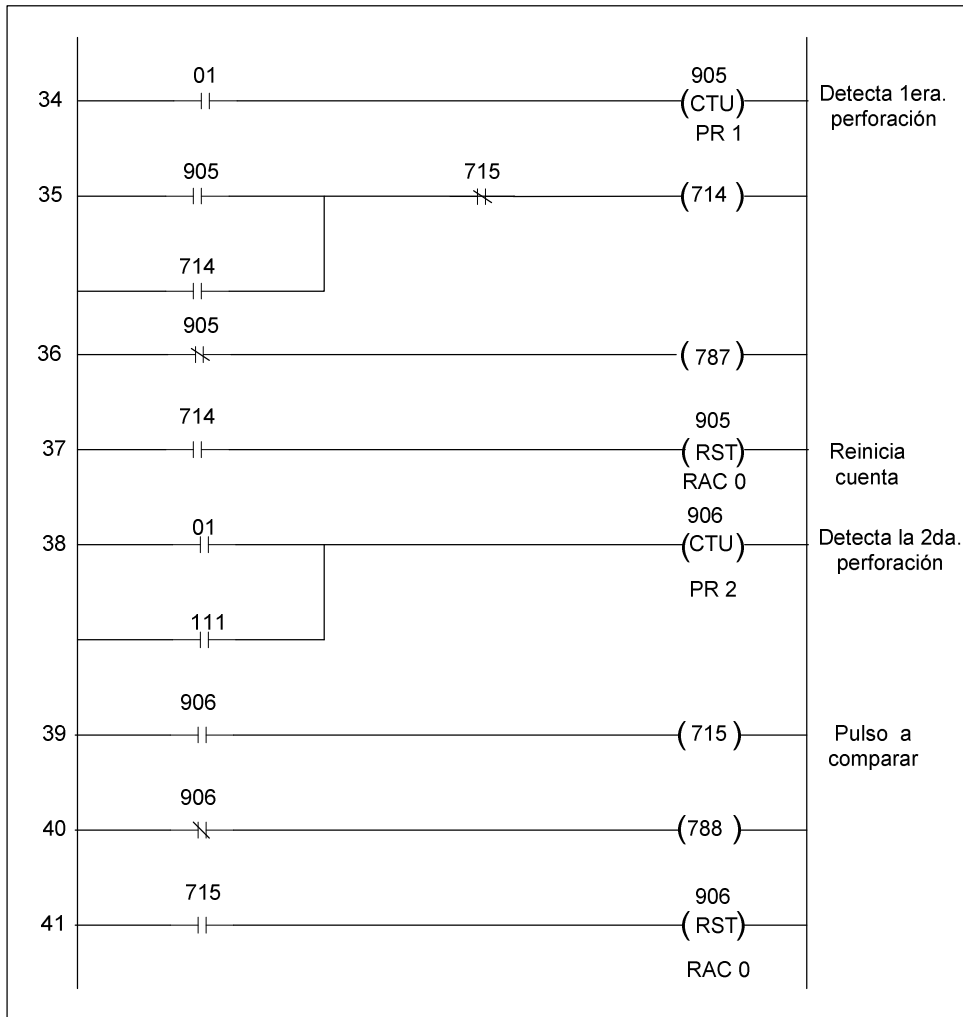
Apéndice C. Programación escalera del sistema

Programa en lenguaje escalera del detector de perforaciones (primera parte).

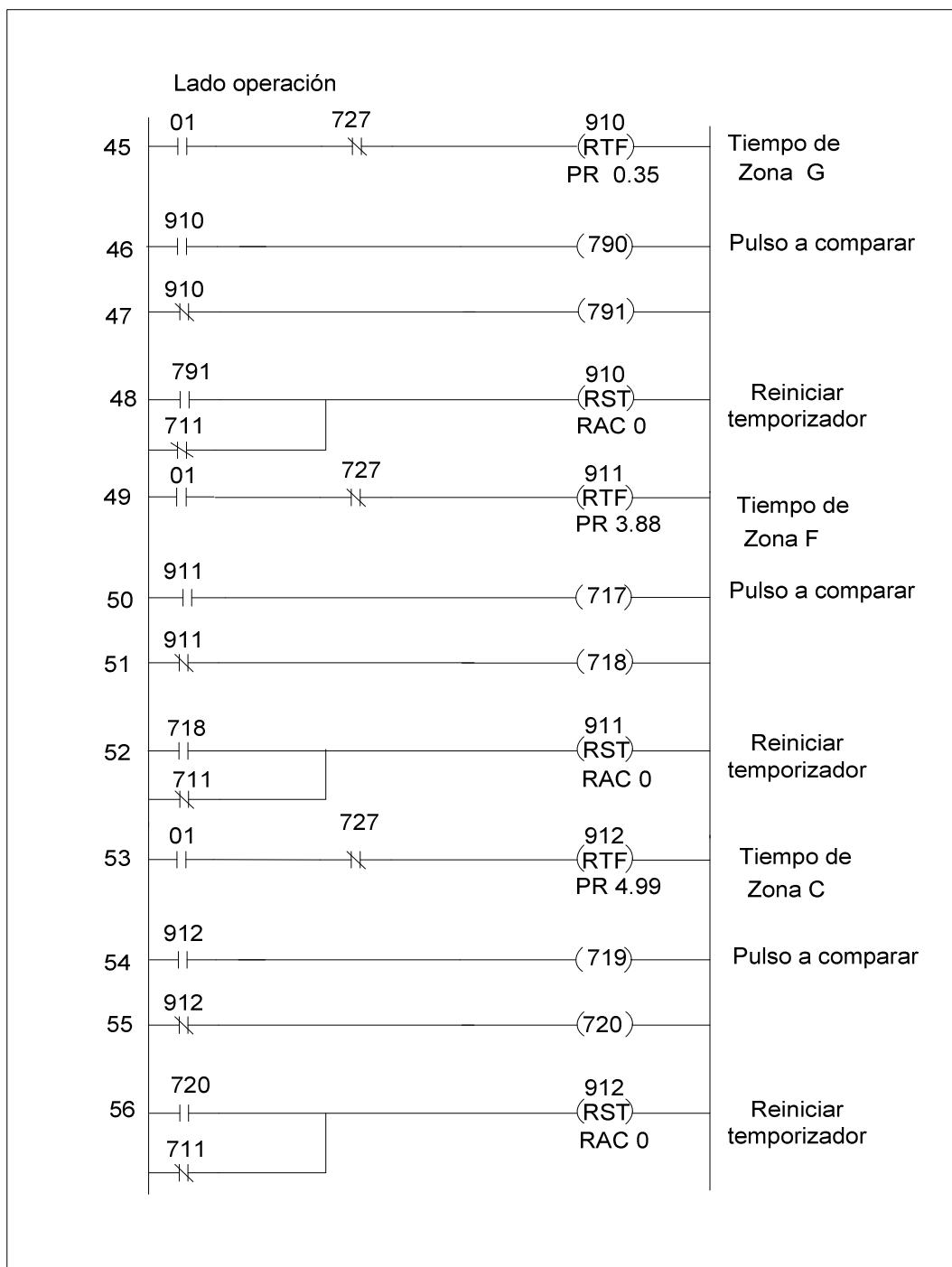


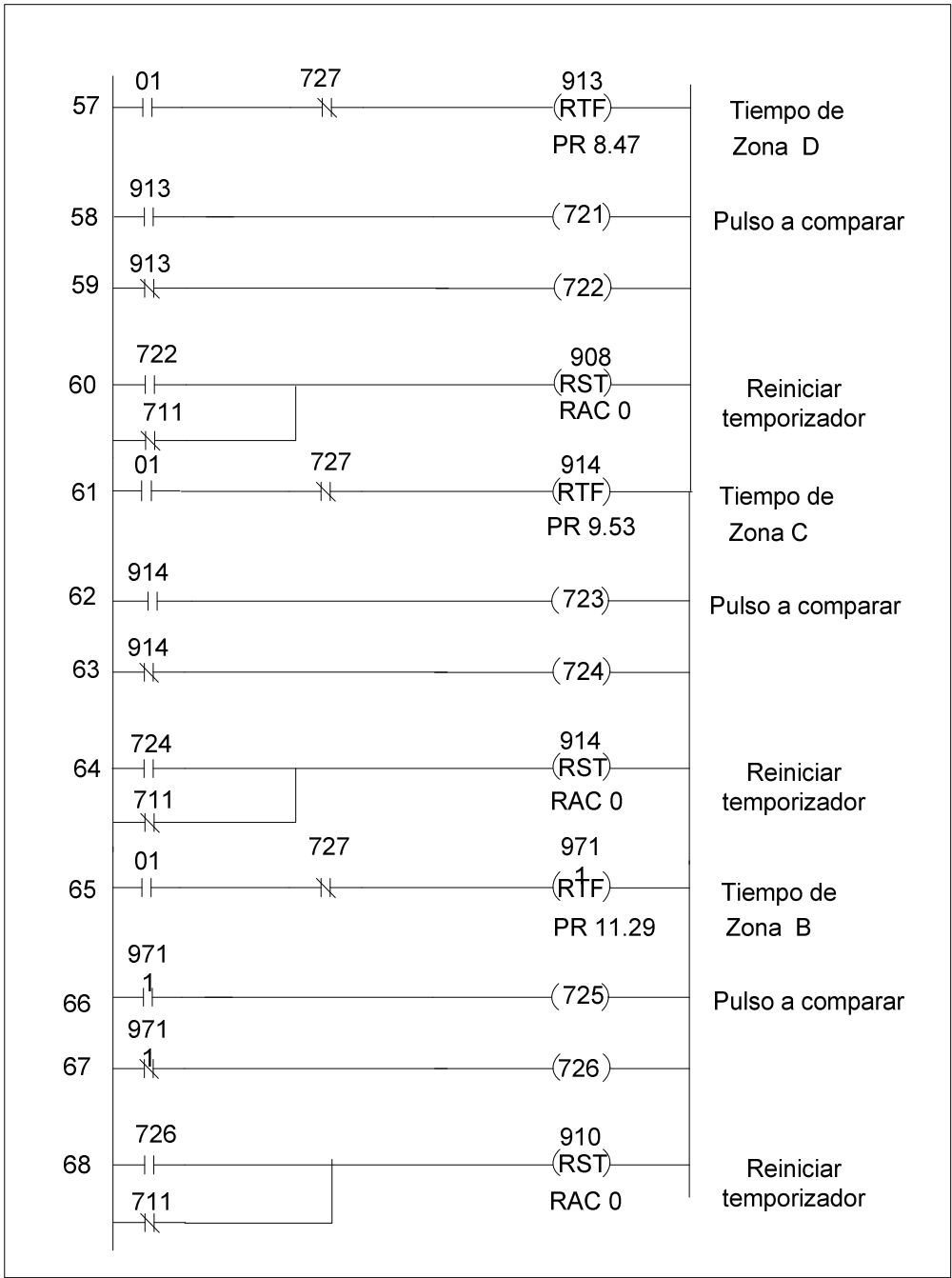


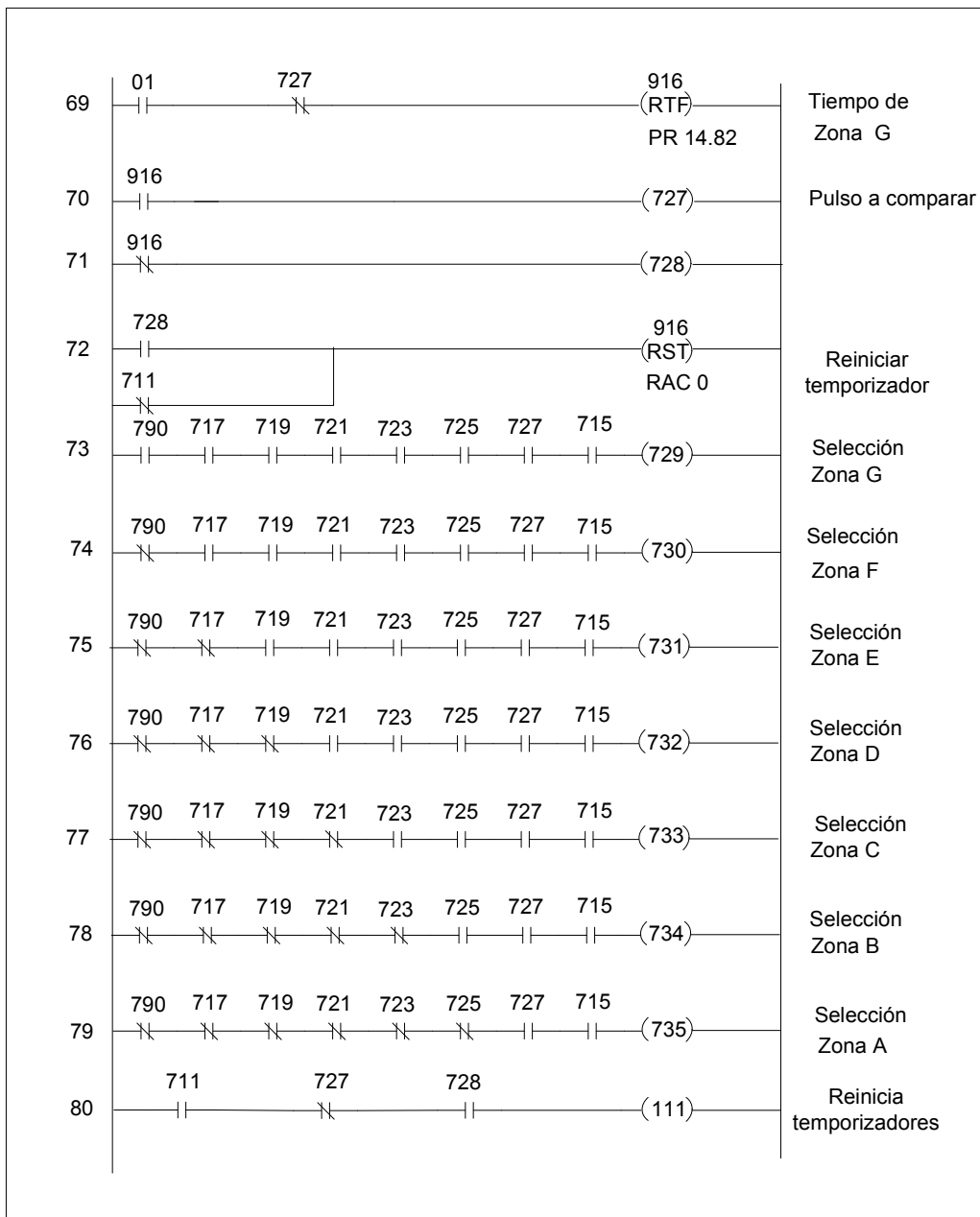


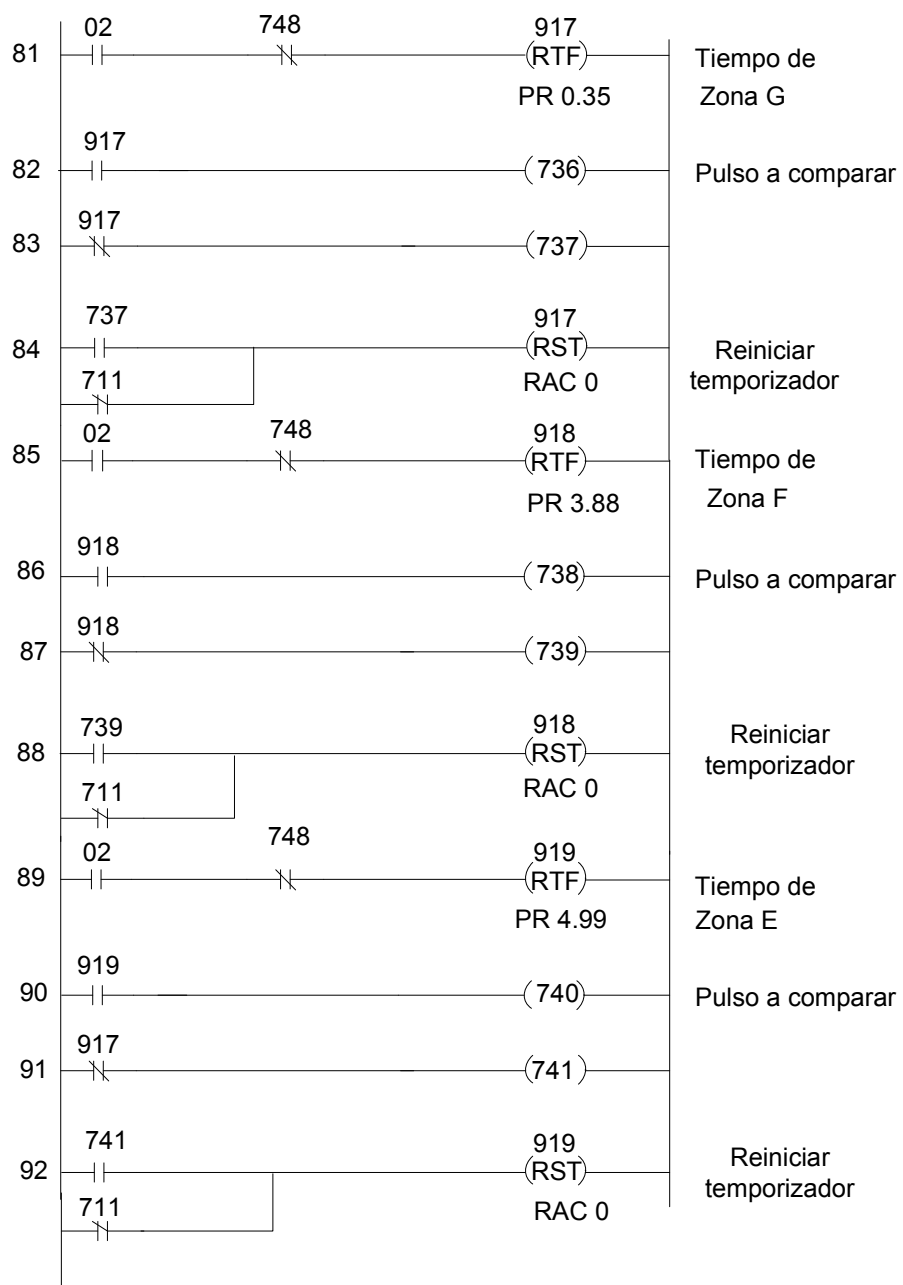


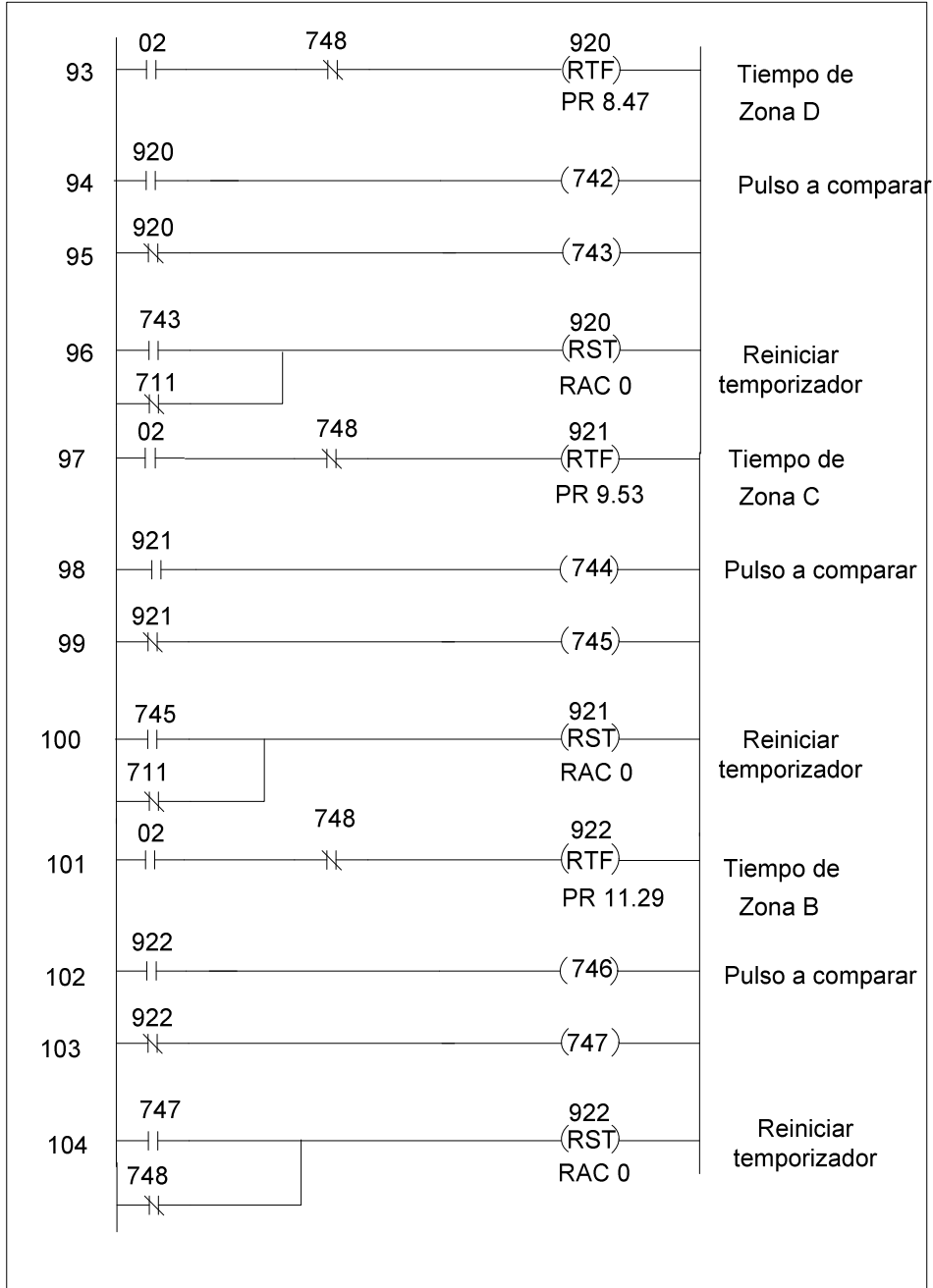
Programación escalera para perforaciones repetitivas por una sección (segunda parte).

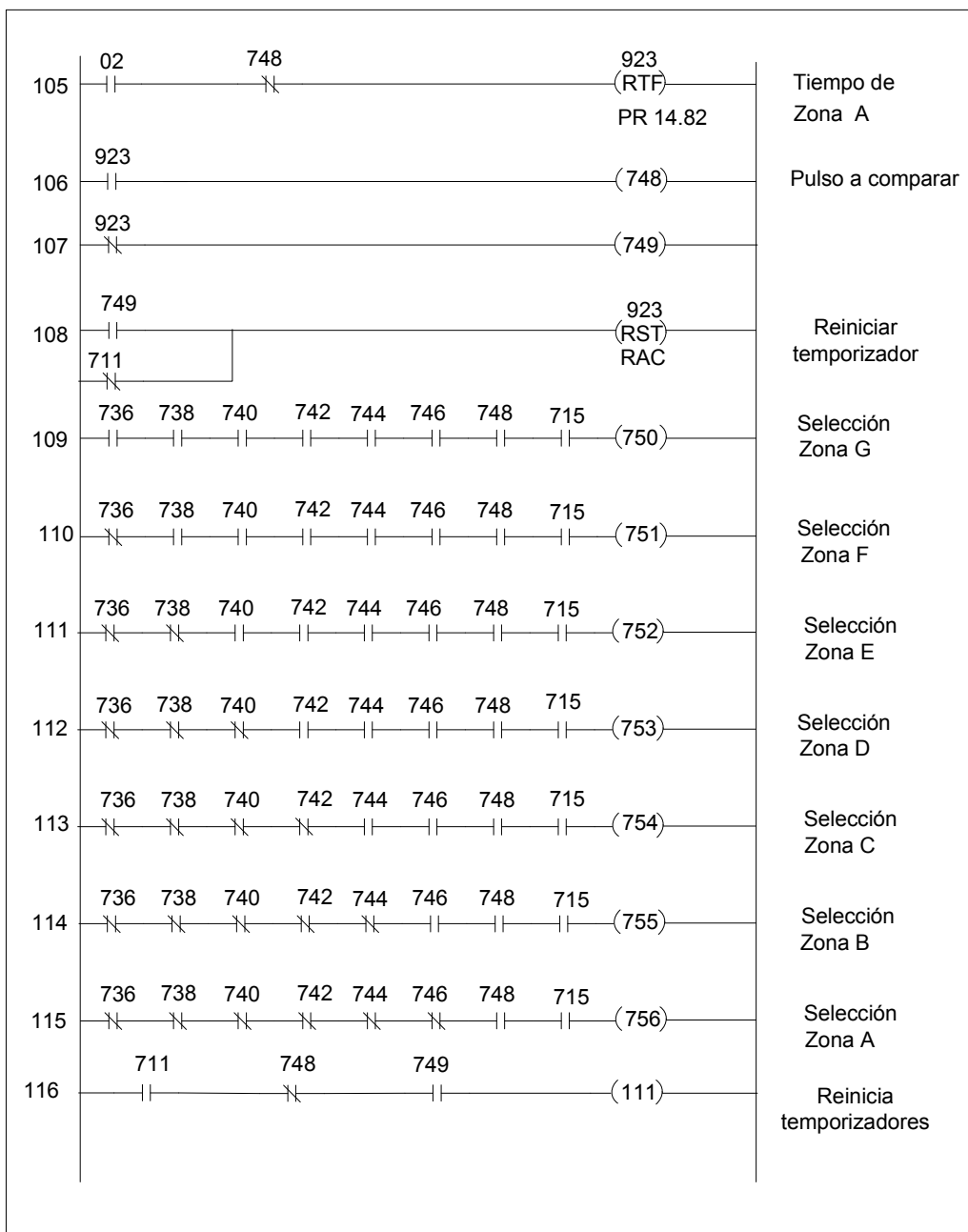


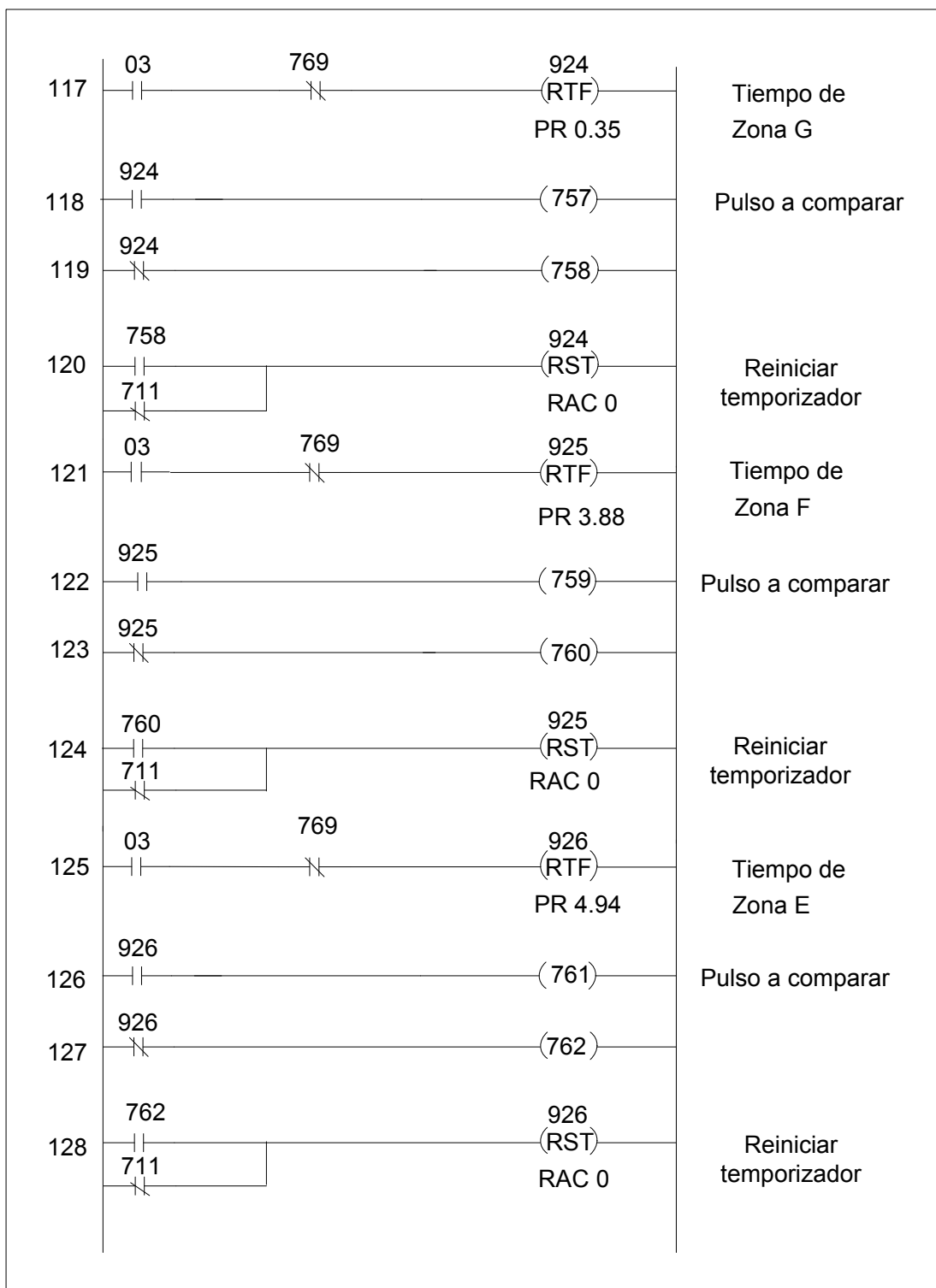


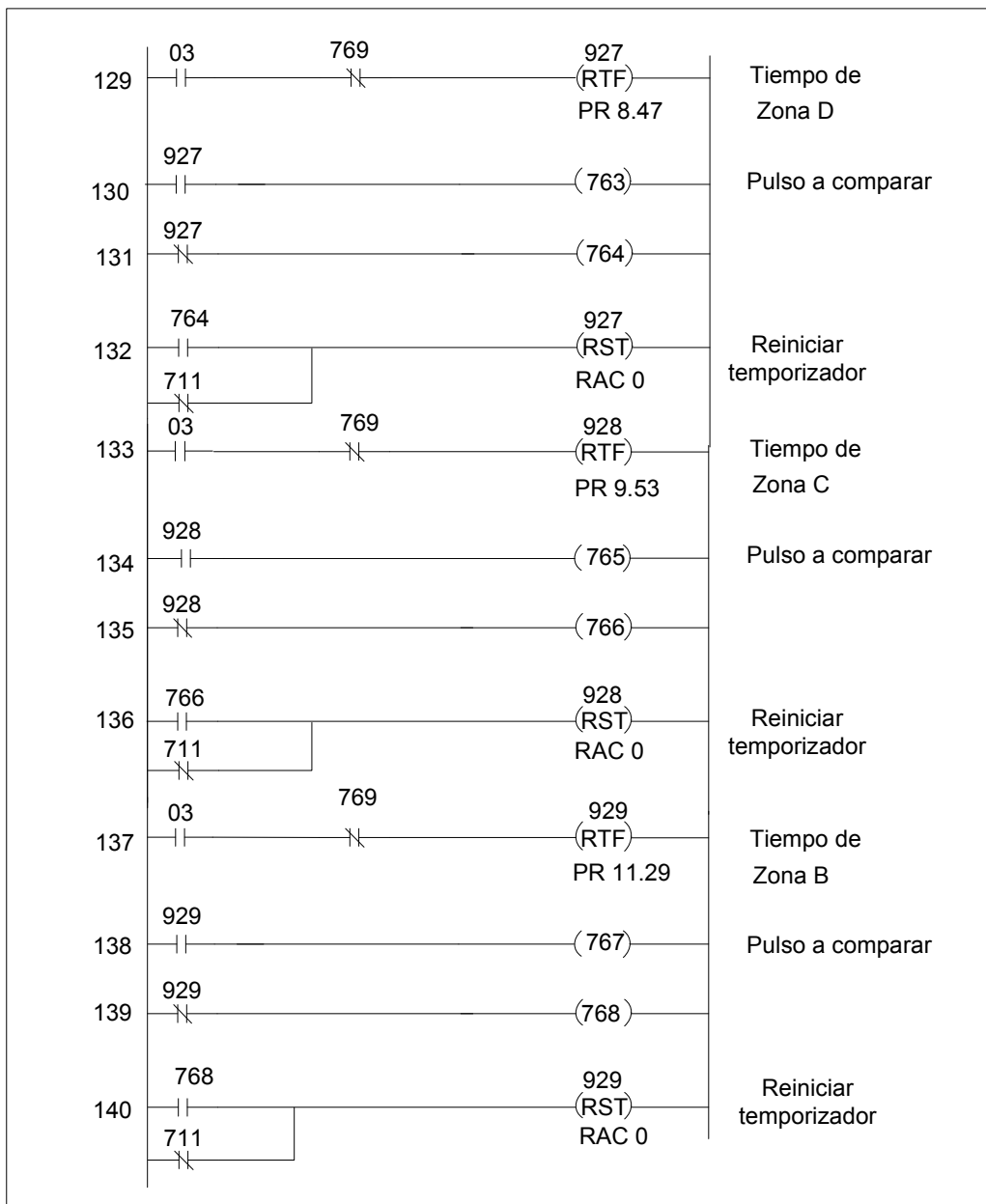


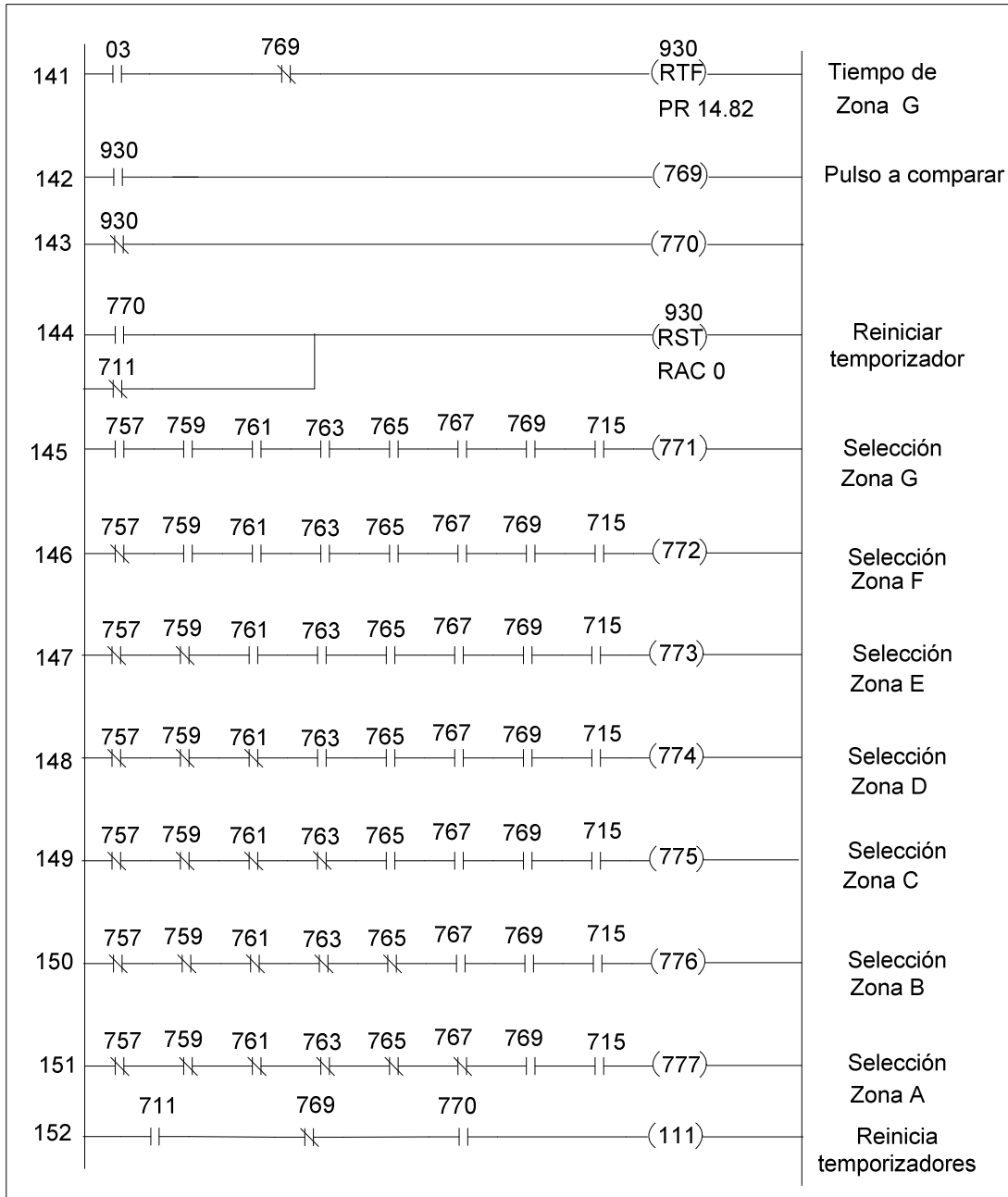


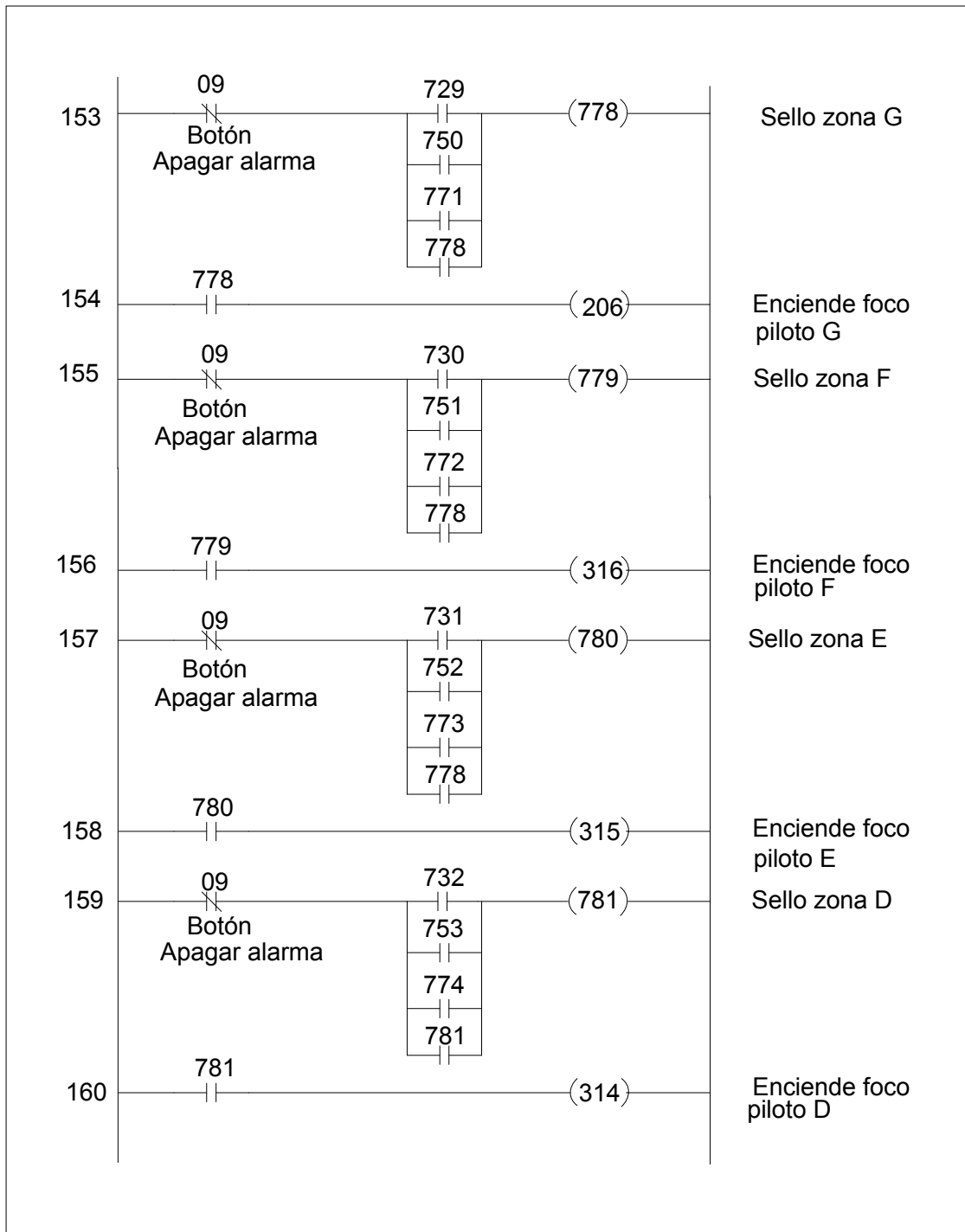


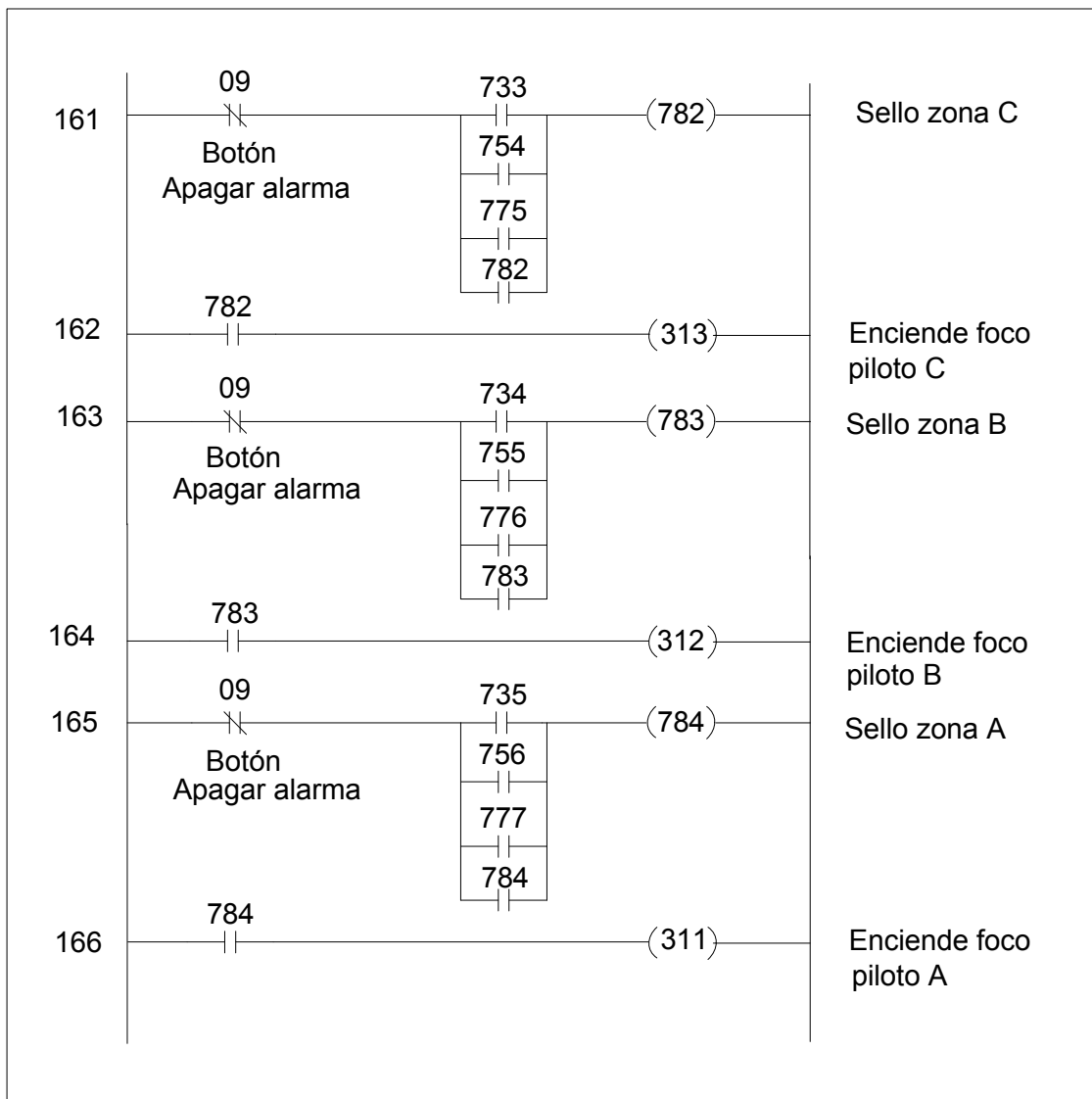












Apéndice D. Diagramas varios

Diagrama de flujo de la fabricación de papel

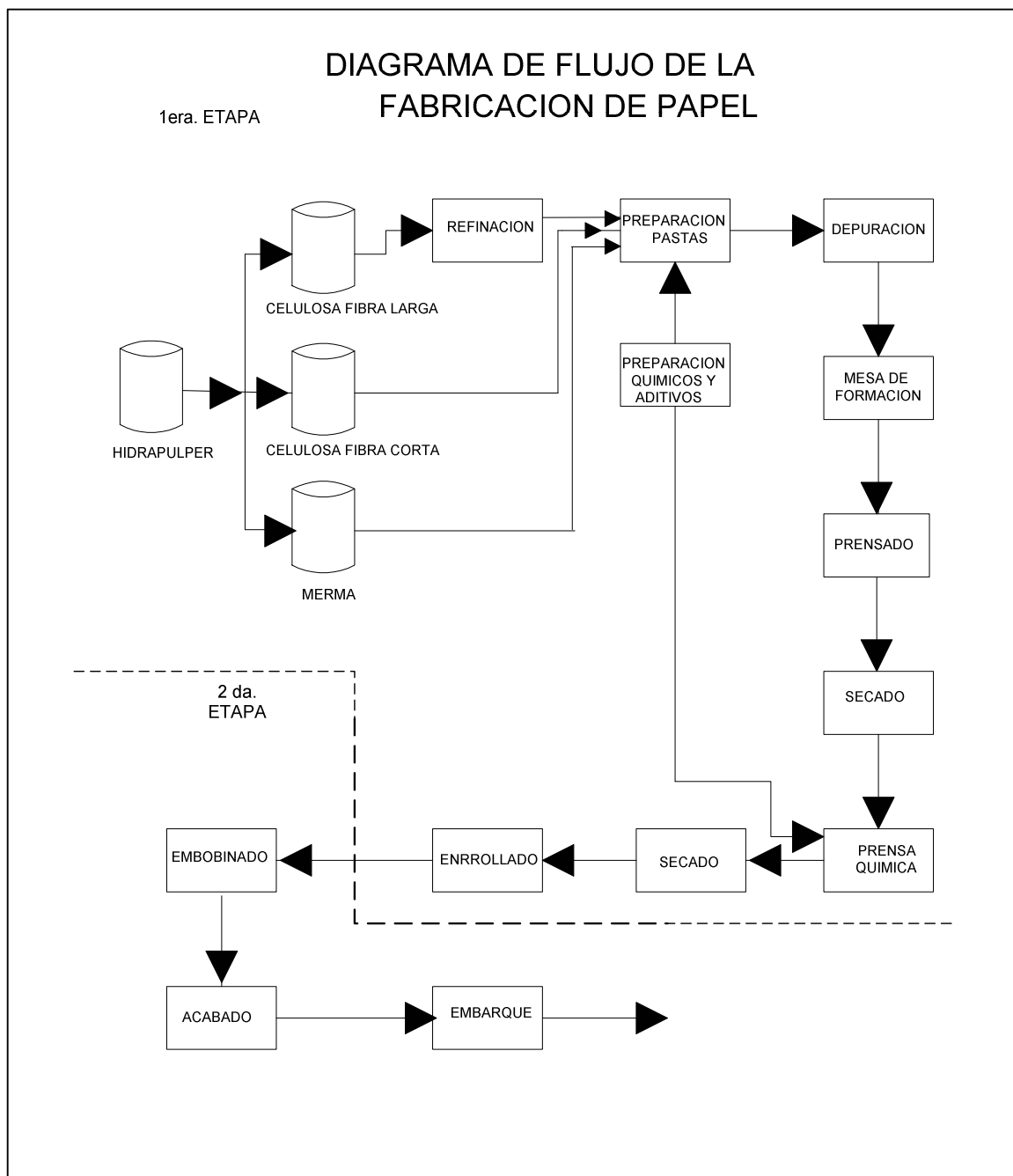


Diagrama donde se observa la distribución de los cepillos en la máquina.

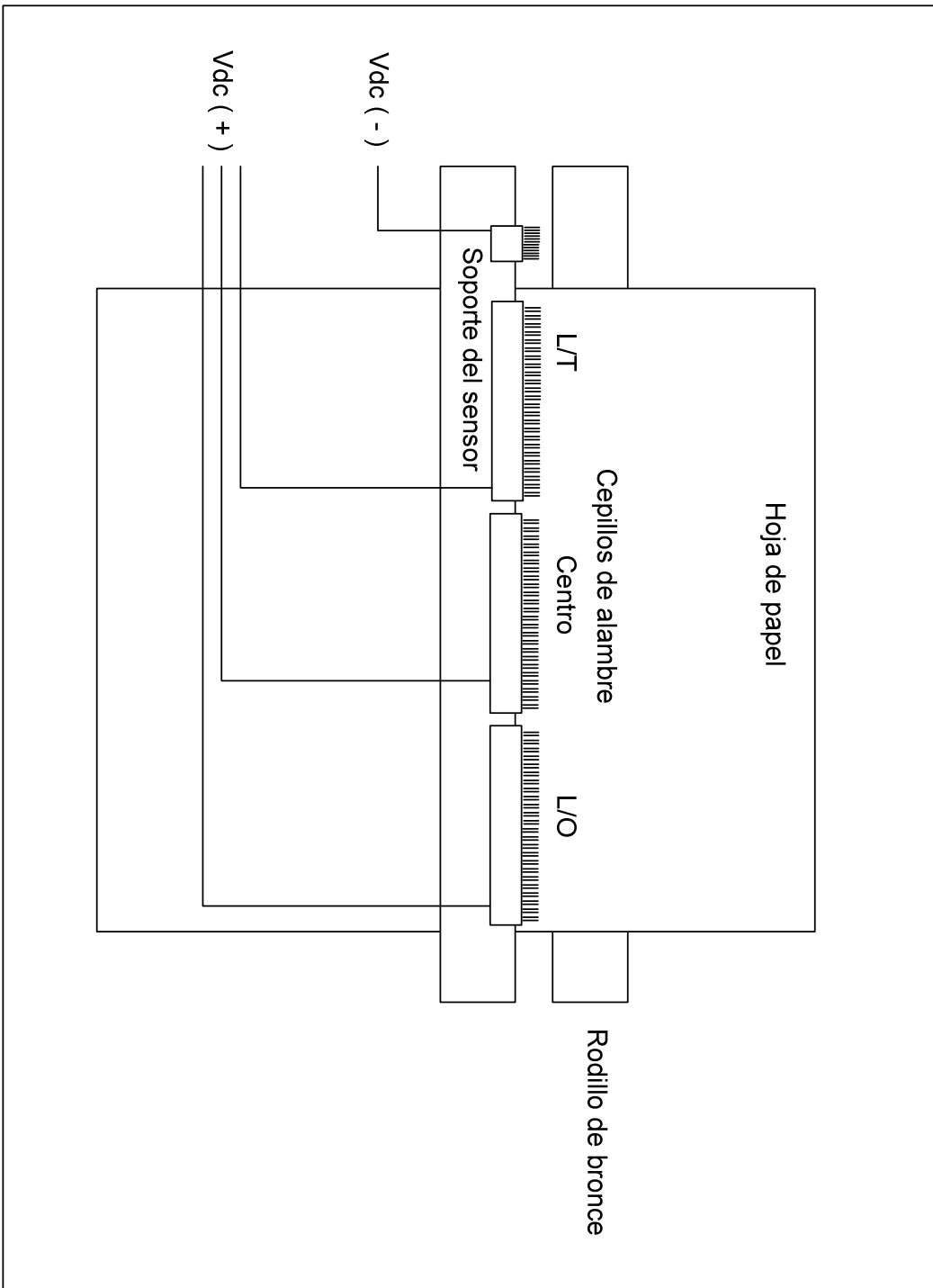


Diagrama de tiempos para el cálculo de las perforaciones repetitivas.

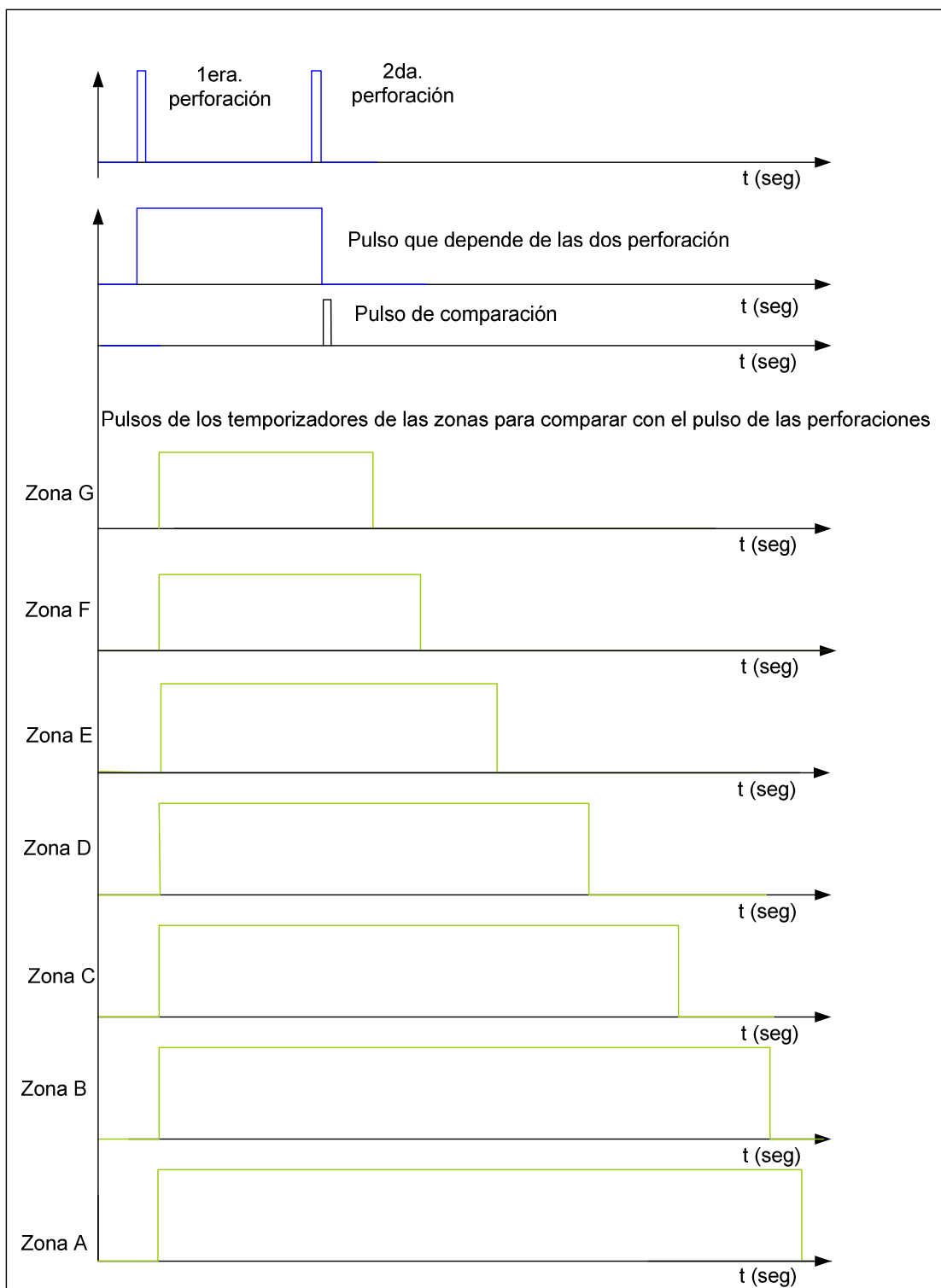


Diagrama que muestra la división de la máquina para realizar el cálculo de las perforaciones repetitivas.

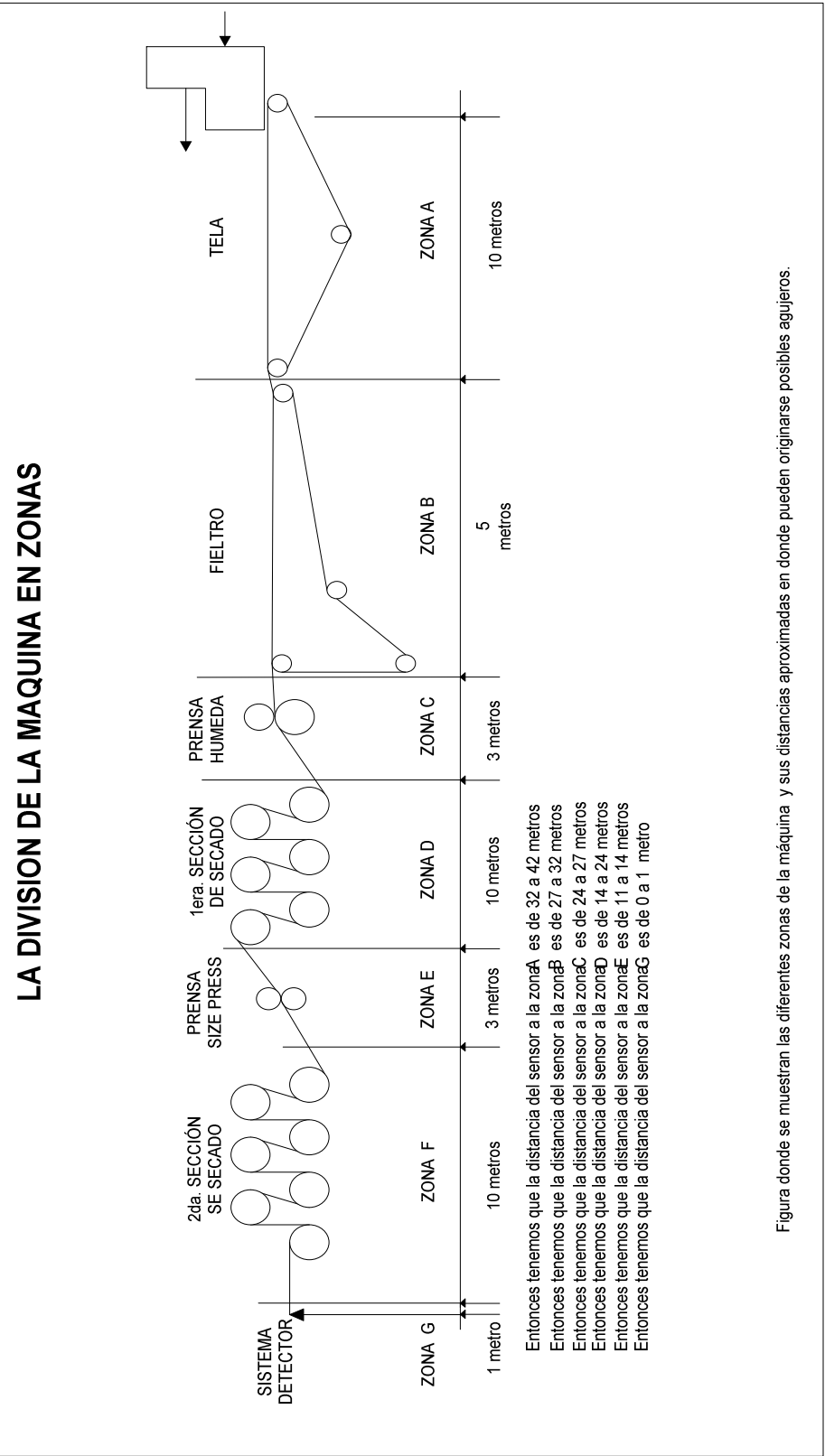


Figura donde se muestran las diferentes zonas de la máquina y sus distancias aproximadas en donde pueden originarse posibles agujeros.

Apéndice E. Información técnica de componentes del sistema

Componentes eléctricos

Relevador de estado sólido

crydomTM

Series 1

10-90Amp • 120/240 Vac - AC OUTPUT

- Zero Voltage and Random Turn-On Switching
- Panel Mount
- 600V Transient Capability
- Internal Snubber
- 110 & 125A Models Available
- Integrated Overvoltage Protection by Automatic Self Turn-On (Suffix P)

Featuring state-of-the-art Surface Mount Technology, these SPST-NO relays deliver proven reliability in the most demanding applications. Output consists of an SCR AC switch and is available in zero-cross, random turn-on (phase controllable) and normally closed (Form B) versions with either AC or DC input (coil) control. Manufactured in Crydom's ISO 9001 Certified facility for optimum product performance and reliability.

MODEL NUMBERS	DC CONTROL	A1210	A1225	A1240	A2410	A2425	A2450	A2475	A2490
OUTPUT SPECIFICATIONS ①	DC CONTROL	D1210	D1225	D1240	D2410	D2425	D2450	D2475	D2490
Operating Voltage (47-63 Hz) [Vrms]		24-140	24-140	24-140	24-280	24-280	24-280	24-280	24-280
Max. Load Current ③ [Arms]		10	25	40	10	25	50	75	90
Min. Load Current, [mA rms]		40	40	40	40	40	40	40	40
Transient Overvoltage [Vpk]		400	400	400	600	600	600	600	600
Max. Surge Current, (16.6ms) [Apk]		120	250	625	120	250	625	1000	1200
Max. On-State Voltage Drop @ Rated Current [Vpk]		1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Thermal Resistance Junction to Case ($R_{\theta JC}$) [°C/W]		1.48	1.02	0.63	1.48	1.02	0.63	0.31	0.28
Maximum I^2t for Fusing, (8.3 msec.) [A ² sec]		60	260	1620	60	260	1620	4150	6000
Max. Off-State Leakage Current @ Rated Voltage [mA rms]		8	8	8	10	10	10	10	10
Min. Off-State dv/dt @ Max. Rated Voltage [V/μsec] ②		500	500	500	500	500	500	500	500
Max. Turn-On Time ④		1/2 Cycle (DC Control), 10.0 msec (AC Control)							
Max. Turn-Off Time		1/2 Cycle (DC Control), 40.0 msec (AC Control)							
Power Factor (Min.) with Max. Load		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

INPUT SPECIFICATIONS ①	DC CONTROL	AC CONTROL	AC CONTROL (E SUFFIX)
Control Voltage Range	3-32 Vdc	90-280 Vrms (60Hz)	18-36 Vrms
Max. Reverse Voltage	-32 Vdc	—	—
Max. Turn-On Voltage	3.0 Vdc	90 Vrms	18 Vrms
Min. Turn-Off Voltage	1.0 Vdc	10 Vrms	4.0 Vrms
Nominal Input Impedance	1500 Ohms	60K Ohms	9.0K Ohms
Typical Input Current	3.4mA @ 5 Vdc, 20mA @ 28Vdc	2mA @ 120 Vrms, 4mA @ 240 Vrms	3mA @ 24 Vrms

GENERAL NOTES

© 2003 CRYDOM CORP. Specifications subject to change without notice.

- ① All parameters at 25° C unless otherwise specified.
② Off-State dv/dt test method per EIA/NARM standard RS-443, paragraph 13.11.1
③ Heat sinking required, for derating curves see page 3.
④ Turn-on time for random turn-on versions is 0.02 msec (DC Control Models).

FastFax Document No. 151

SERIES1
Rev. 111403
PAGE 1 OF 3

For recommended applications and more information contact:
USA: Sales Support (877) 502-6500 Tech Support (877) 702-7700 FAX (619) 710-8540
Crydom Corp. 2520 Paseo de las Americas, Ste. 201, San Diego, CA 92154
Email: sales@crydom.com WEB SITE: <http://www.crydom.com>
UK: +44 (0)1202 365070 • FAX +44 (0)1202 365090 Crydom International Ltd., 7 Cobham
Road, Ferndown Industrial Estate, Ferndown, Dorset BH21 7FE, Email: intsales@crydom.com.
GERMANY: +49 (0)180 3000 508



GENERAL SPECIFICATIONS

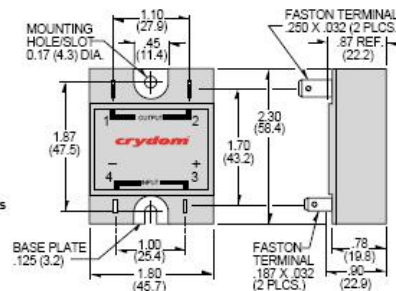
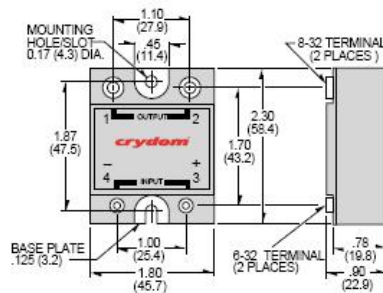
Dielectric Strength	50/60Hz Input/Output/Base	4000 Vrms
Insulation Resistance (Min.) @ 500 Vdc		10 ⁹ Ohm
Max. Capacitance Input/Output		8 pF
Ambient Operating Temperature Range		-40 to 80°C
Ambient Storage Temperature Range		-40 to 125°C

MECHANICAL SPECIFICATIONS

Weight: (typical)	3.0 oz. (86.5g)
Encapsulation:	Thermally Conductive Epoxy
Terminals:	Screws and Saddle Clamps Furnished, Unmounted

AVAILABLE OPTIONS

- B Normally Closed (Form B)
Example: D2450-B, A2450-B
- E 24 Vac Input (18-36 Vac)
Example: A2450E
- F Faston Terminals (Up to 50A Models)
Example: D1225F
- G Input Status LED.
Agencies Approval Pending
Example: D2450G
Note: Control Voltage Range 4.5-32Vdc
for DC Control Models.
- P Internal Overvoltage Protection.
Relay Will Self Trigger Between
450-600 Vpk. Not Suitable For Capacitive Loads.
Agencies Approval Pending.
Example: D2425P
- 4D 400 Hz Operation
10-50 Amp Models Only
Zero Cross Switching Only
Example: 4D2450
- 10 Random Turn-On (AC & DC Control)
Phase Controllable (DC Control)
Example: D2450-10
- H Heat Transfer Pad (Attached)
Example: D2450H



Screw Torque Requirements:
6-32 Screws - 10 in. lbs.,
8-32 and 10-32 Screws - 20 in. lbs.
(Screws dry without grease.)

Fastons:
Single pair (up to 25A)
Double pair* (up to 50A).
*Caution: User must connect to both pairs

Ordering System: Combination of the
suffixes should be made in the following order:
EFPG-10.
Example: A2450EFPG-10

Crydom Heat Sinks offer excellent
thermal management and are per-
fectly matched to the load current rat-
ings of Crydom panel mount relays.
Request Crydom's Heat Sink specifi-
cation sheet for all the details.

All dimensions are in inches (millimeters)

APPROVALS

UL E116949
CSA LR81689
VDE 10143 UG (Not Applicable: -B and 4D)

FastFax Document No.151

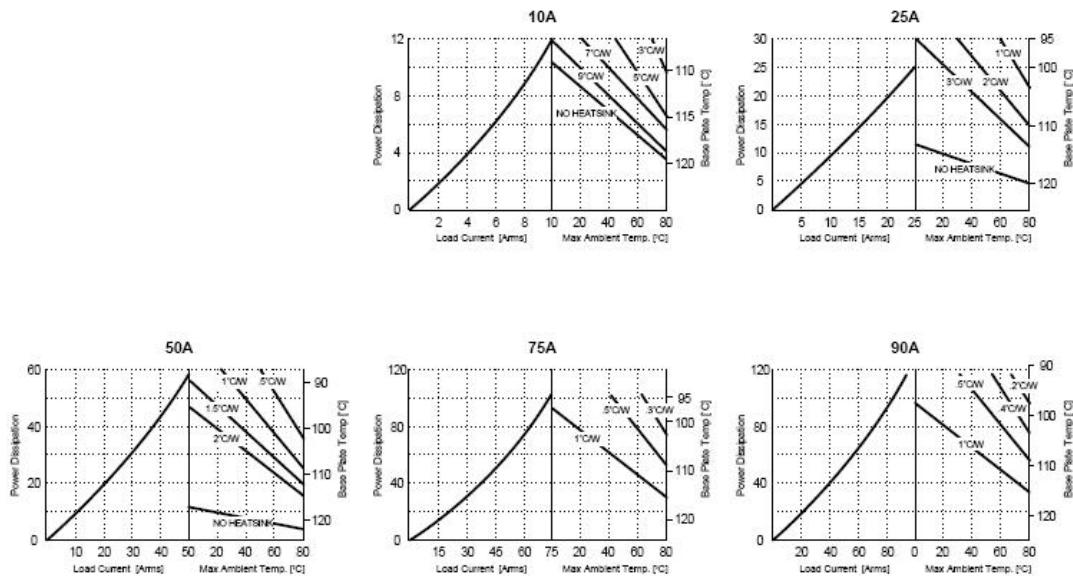
SERIES1
Rev. 111403
PAGE 2 OF 3

© 2003 CRYDOM CORP. Specifications subject to change without notice.

For recommended applications and more information contact:
USA: Sales Support (877) 502-6500 Tech Support (877) 702-7700 FAX (619) 710-8540
Crydom Corp, 2320 Paseo de las Americas, Ste. 201, San Diego, CA 92154
Email: sales@crydom.com WEB SITE: http://www.crydom.com
UK: +44 (0)1202 365070 • FAX +44 (0)1202 365090 Crydom International Ltd., 7 Cobham
Road, Ferndown Industrial Estate, Ferndown, Dorset BH21 7PE, Email: intsales@crydom.com.
GERMANY: +49 (0)180 3000 508



CURRENT DERATING CURVES



© 2003 CRYDOM CORP. Specifications subject to change without notice.

FastFax Document No.151
SERIES1
Rev. 111403
PAGE 3 OF 3

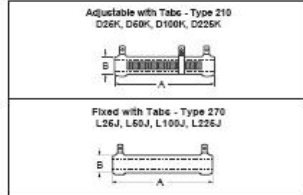
For recommended applications and more information contact:
USA: Sales Support (877) 502-5500 Tech Support (877) 702-7700 FAX (619) 710-8540
Crydom Corp, 2320 Paseo de las Americas, Ste. 201, San Diego, CA 92154
Email: sales@crydom.com WEB SITE: <http://www.crydom.com>
UK: +44 (0)1202 365070 • FAX +44 (0)1202 365090 Crydom International Ltd., 7 Cobham
Road, Ferndown Industrial Estate, Ferndown, Dorset BH21 7PE, Email: intsales@crydom.com.
GERMANY: +49 (0)180 3000 506



Potenciometro

OHMITE.

Vitreous Enamel Power Resistors 25, 50, 100, and 225 Watt



RESISTANCE VALUE CHART

Value (Code)	Value (Code)	Value (Code)
1.0 (1R0)	100 (100)	2.5K (2K5)
2.0 (2R0)	200 (200)	4.0K (4K0)
3.0 (3R0)	300 (300)	5.0K (5K0)
5.0 (5R0)	250 (250)	10.0K (10K)
10 (10R)	500 (500)	12.0K (12K)
25 (25R)	750 (750)	25.0K (25K)
50 (50R)	1.0K (10K)	50.0K (50K)

	L25AD25K	L50AD50K	L100AD100K	L225AD225K
Max. Volt.	625	1625	2845	4565
Overload	10 times rated wattage for 5 seconds			
Imp. W	1000WAC	1000WAC	1000WAC	3000WAC
Length A	2" (50.8mm)	4" (101.6mm)	6.5" (165.1mm)	10.5" (266.7mm)
Diameter B	.5625" (14.29mm)	.5625" (14.29mm)	.750" (19.05mm)	1.125" (28.58mm)

Resistance Range (Ohms)	Wattage	Digi-Key Part No.	Price Each
10, 25, 100, 500, 1000	25	L25(C)ND	4.80 4.08 — 3.36
1.0K, 2.5K, 4.0K, 5.0K, 10.0K, 12.0K, 25.0K, 50.0K	25	L25(C)ND	4.57 3.98 — 3.20
1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 10, 25, 50, 100, 250, 500	50	L50(C)ND	7.60 6.48 — 5.32
1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 10, 25, 50, 100, 250, 500	100	L100(C)ND	12.10 10.08 — 8.08
1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 10, 25, 50, 100, 250, 500	225	L225(C)ND	22.10 18.40 — 14.72

Resistance Range (Ohms)	Wattage	Digi-Key Part No.	Price Each
10, 25, 100, 500, 1000	25	L25(C)ND	4.80 4.08 — 3.36
1.0K, 2.5K, 4.0K, 5.0K, 10.0K, 12.0K, 25.0K, 50.0K	25	L25(C)ND	4.57 3.98 — 3.20
1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 10, 25, 50, 100, 250, 500	50	L50(C)ND	7.60 6.48 — 5.32
1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 10, 25, 50, 100, 250, 500	100	L100(C)ND	12.10 10.08 — 8.08
1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 10, 25, 50, 100, 250, 500	225	L225(C)ND	22.10 18.40 — 14.72

* For complete part number, substitute the corresponding code from the Resistance Value Chart for (Code).
NOTE: Not all values are stocked at all wattages. Please see chart.

Silicone - Ceramic Conformal Wirewound Resistors

Resistor Series	Power Rating	Max. Length A (mm)	Max. Dia. B (mm)	Lead Dia. C (mm)
41F	1W	11.10	3.18	.31
43F	2W	15.08	5.54	.81
45F	5W	23.80	8.71	1.02

Electrical Specifications:

	41F Series	43F Series	45F Series
Resistance Tolerance	±1%	±1%	±1%
Power Rating	1 watt at 25°C ambient temperature	3 watts at 25°C ambient temperature	5 watts at 25°C ambient temperature
Temperature Coefficient of Resistance	Under 1 ohm — ±50ppm/°C 1 to 99 ohms — ±50ppm/°C 10 ohms and over — ±10ppm/°C		
Dielectric Withstanding Voltage	500 VAC	1000 VAC	1000 VAC
Short Time Overload	5 times rated wattage for 5 seconds	5 times rated wattage for 5 seconds	10 times rated wattage for 5 seconds

Resistance Range (Ohms)	Wattage	Digi-Key Part No.	Price Each
10, 25, 100, 500, 1000	1	41F(C)ND	2.30 1.96 1.73 1.50
1.0-5.0	1	41F(C)ND	2.22 1.89 1.67 1.44
10-49	1	41F(C)ND	1.02 1.53 1.44 1.25
100-470	1	41F(C)ND	2.15 1.83 1.61 1.40
500-900	1	41F(C)ND	2.38 2.02 1.79 1.55
1.0K-1.2K	1	41F(C)ND	2.71 2.30 2.03 1.76
2.0K-3.0K	1	41F(C)ND	3.26 2.77 2.45 2.12
10-75	3	43F(C)ND	1.76 1.50 1.32 1.14
1.0-5.0	3	43F(C)ND	1.40 1.19 1.05 .91
10-49	3	43F(C)ND	1.14 .97 .86 .74
100-900	3	43F(C)ND	1.04 .88 .78 .68
1.0K-1.8K	3	43F(C)ND	1.19 1.01 .89 .77
2.0K-2.7K	3	43F(C)ND	1.59 1.34 1.19 1.03
3.5K-4.7K	3	43F(C)ND	1.91 1.62 1.43 1.24
5.0K-6.8K	3	43F(C)ND	2.30 1.96 1.73 1.50
7.5K-10.0K	3	43F(C)ND	2.38 2.02 1.79 1.55
10-50	5	45F(C)ND	1.97 1.67 1.48 1.28
1.0-7.5	5	45F(C)ND	1.37 1.16 1.03 .89
10-50	5	45F(C)ND	1.19 1.01 .89 .77
100-500	5	45F(C)ND	1.14 .97 .86 .74
1.0K-2.7K	5	45F(C)ND	1.32 1.12 .99 .86
2.0K-6.8K	5	45F(C)ND	1.54 1.31 1.16 1.00
7.5K-9.0K	5	45F(C)ND	2.02 1.72 1.52 1.31
10.0K-15.0K	5	45F(C)ND	2.14 1.82 1.61 1.39
20.0K-25.0K	5	45F(C)ND	2.65 2.25 1.99 1.72

* For complete part number, substitute the corresponding code from the Resistance Value Chart for (Code).

Vitreous Enamel Conformal Wirewound Resistors

Resistor Series	Power Rating	Max. Length A (mm)	Max. Dia. B (mm)	Lead Dia. C (mm)
23J	3W	12.20	5.50	.81
25J	10W	23.01	7.01	.81
20J	10W	46.84	10.01	.81

Electrical Specifications:

	23J Series	25J Series	20J Series
Resistance Tolerance	±5%	±5%	±5%
Power Rating	3W	5W	10W
Dielectric Withstanding Voltage	1000V	1000V	1000V
Short Time Overload	5 times rated wattage for 5 seconds	5 times rated wattage for 5 seconds	10 times rated wattage for 5 seconds

Resistance Range (Ohms)	Wattage	Digi-Key Part No.	Price Each
15-75	3	23J(C)ND	1.82 1.55 1.37 1.18
1.0-7.5	3	23J(C)ND	1.44 1.22 1.08 .94
10-42	3	23J(C)ND	1.27 1.16 1.03 .89
100-470	3	23J(C)ND	1.13 .96 .85 .73
500-900	3	23J(C)ND	1.32 1.12 .99 .86
1.0K-4.7K	3	23J(C)ND	1.58 1.34 1.19 1.03
5.0K-5.0K	3	23J(C)ND	1.99 1.69 1.49 1.29
10.0K-15.0K	3	23J(C)ND	2.30 1.87 1.65 1.43
16.0K-25.0K	3	23J(C)ND	2.60 2.21 1.95 1.69
15-75	5	25J(C)ND	1.50 1.28 1.13 .98
1.0-7.5	5	25J(C)ND	1.44 1.22 1.08 .94
10-42	5	25J(C)ND	1.27 1.16 1.03 .89
100-470	5	25J(C)ND	1.13 .96 .85 .73
500-900	5	25J(C)ND	1.32 1.12 .99 .86
1.0K-4.7K	5	25J(C)ND	1.58 1.34 1.19 1.03
5.0K-5.0K	5	25J(C)ND	1.99 1.69 1.49 1.29
10.0K-15.0K	5	25J(C)ND	2.30 1.87 1.65 1.43
16.0K-25.0K	5	25J(C)ND	2.60 2.21 1.95 1.69
15-75	10	20J(C)ND	1.96 1.67 1.47 1.27
1.0-7.5	10	20J(C)ND	1.50 1.28 1.13 .98
10-42	10	20J(C)ND	1.27 1.16 1.03 .89
100-470	10	20J(C)ND	1.13 .96 .85 .73
500-900	10	20J(C)ND	1.32 1.12 .99 .86
1.0K-4.7K	10	20J(C)ND	1.58 1.34 1.19 1.03
5.0K-5.0K	10	20J(C)ND	1.99 1.69 1.49 1.29
10.0K-15.0K	10	20J(C)ND	2.30 1.87 1.65 1.43
16.0K-25.0K	10	20J(C)ND	2.60 2.21 1.95 1.69
15-75	25	20J(C)ND	3.25 2.76 2.44 2.11

* For complete part number, substitute the corresponding code from the Resistance Value Chart for (Code).

RESISTANCE VALUE CHART (for Silicone and Vitreous Wirewound Resistors)									
Value (Code)	Value (Code)	Value (Code)	Value (Code)	Value (Code)	Value (Code)	Value (Code)	Value (Code)	Value (Code)	Value (Code)
10 (R10)	4.0 (R40)	15 (R15)	25 (R25)	180 (R180)	500 (R500)	1.3K (R1.3K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	4.5 (R45)	20 (R20)	30 (R30)	200 (R200)	550 (R550)	1.35K (R1.35K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	5 (R50)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	5.1 (R51)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	5.2 (R52)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	5.3 (R53)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	5.4 (R54)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	5.5 (R55)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	5.6 (R56)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	5.7 (R57)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	5.8 (R58)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	5.9 (R59)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	6 (R60)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	6.1 (R61)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	6.2 (R62)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	6.3 (R63)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	6.4 (R64)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	6.5 (R65)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	6.6 (R66)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	6.7 (R67)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	6.8 (R68)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	6.9 (R69)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	7 (R70)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	7.1 (R71)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	7.2 (R72)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	7.3 (R73)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	7.4 (R74)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	7.5 (R75)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	7.6 (R76)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	7.7 (R77)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	7.8 (R78)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	7.9 (R79)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	8 (R80)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	8.1 (R81)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	8.2 (R82)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	8.3 (R83)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	8.4 (R84)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	8.5 (R85)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	8.6 (R86)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	8.7 (R87)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	8.8 (R88)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	8.9 (R89)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	9 (R90)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	9.1 (R91)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	9.2 (R92)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	9.3 (R93)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	9.4 (R94)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	9.5 (R95)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	9.6 (R96)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	9.7 (R97)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	9.8 (R98)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	9.9 (R99)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	10 (R100)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	10.1 (R101)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	10.2 (R102)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	10.3 (R103)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	10.4 (R104)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	10.5 (R105)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	10.6 (R106)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	10.7 (R107)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	10.8 (R108)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	10.9 (R109)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	11 (R110)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	11.1 (R111)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	11.2 (R112)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	11.3 (R113)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	11.4 (R114)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	11.5 (R115)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	11.6 (R116)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	11.7 (R117)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	11.8 (R118)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	11.9 (R119)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	12 (R120)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	12.1 (R121)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	12.2 (R122)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	12.3 (R123)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	12.4 (R124)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	12.5 (R125)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	12.6 (R126)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	12.7 (R127)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	12.8 (R128)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	12.9 (R129)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	13 (R130)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	13.1 (R131)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	13.2 (R132)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	13.3 (R133)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	13.4 (R134)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	13.5 (R135)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	13.6 (R136)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	13.7 (R137)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	13.8 (R138)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	13.9 (R139)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	14 (R140)	20 (R20)	30 (R30)	220 (R220)	600 (R600)	1.4K (R1.4K)	4.5K (R4.5K)	10K (R10K)	11K (R11K)
15 (R15)	14.1 (								

Contador

OMRON®

Self-Powered Counters

H7EC

Subminiature Count Totalizers Require No External Power Supply

- Subminiature 48 x 24 mm (1.89 x .94 in)
- Improved noise immunity
- Screw terminal and wire-wrap types available
- AC, DC, and no-voltage input
- Printed circuit board version (H7EC-P)
- Panel adapters for existing cutouts (order separately from accessories)
- Self-powered, 3 V lithium battery



Ordering Information

■ COUNT TOTALIZERS

Operating mode	UP type									
Display	LCD digital, 5.1 mm (0.2 in) high									
Reset system	External (electrical) reset					External/Manual reset				
Number of digits	7					6				
Count input	AC/DC voltage input	DC voltage input		No-voltage contact input		DC voltage input		No-voltage contact input		
Max. counting speed*	20 cps	1 kcps	30 cps	1 kcps	30 cps	1 kcps	30 cps	1 kcps	30 cps	
Terminals	Wire-wrap	—	H7EC-V	H7EC-VL	H7EC	H7EC-L	H7EC-VM	H7EC-VLM	H7EC-M	H7EC-LM
	Screw	H7EC-FBV	H7EC-BV	H7EC-BVL	H7EC-B	H7EC-BL	H7EC-BVM	H7EC-BVLM	H7EC-BM	H7EC-BLM

* For details about matching the counting speed with the appropriate input device, see "Selecting the H7EC Totalizing Counter," located in Operation section.

■ ACCESSORIES

Description	Part number
Fits 26 x 45 mm (1.02 x 1.77 in.) rectangular cutout	Y92F-75
Fits 27.5 x 52.5 mm (1.1 x 2.07 in.) rectangular cutout	Y92F-76
Fits 24.8 x 48.8 mm (0.98 x 1.92 in.) rectangular cutout	Y92F-77

Specifications

RATINGS

Supply voltage	Not required (powered by built-in battery)
Input	AC/DC voltage input: 24 to 240 VAC $\pm 10\%$, 50/60 Hz, or 6 to 240 VDC $\pm 10\%$ at "High" (logic) level 0 to 1.5 VAC $\pm 10\%$, 50/60 Hz, or 0 to 2 VDC $\pm 10\%$ at "Low" (logic) level DC voltage input: 4.5 to 30 VDC at "High" (logic) level 0 to 2 VDC at "Low" (logic) level No-voltage input: Maximum short-circuit impedance: 10 k Ω max. Short-circuit residual voltage: 0.5 V max. Minimum open impedance: 500 k Ω min.
Maximum counting speed*	1 kcps: Minimum signal width 0.5 ms 30 cps: Minimum signal width 16.7 ms 20 cps: Minimum signal width 25 ms
Reset time	External and manual reset types (6-digit models): 20 ms reset signal External reset types (7-digit models): 20 ms reset signal

* ON/OFF ratio 1:1

Approved by the following standards

UL

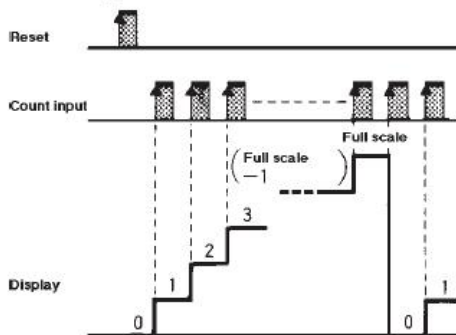
CSA

CE (EMC)

CHARACTERISTICS

Insulation resistance	100 M Ω min. at 500 VDC
Dielectric strength	1,000 VAC 50/60 Hz for 1 minute between current-carrying terminals and exposed non-current-carrying metal parts
Vibration	Mechanical durability: 10 to 55 Hz; 0.75 mm (0.03 in) double amplitude Malfunction durability: 10 to 55 Hz; 0.3 mm (0.02 in) double amplitude
Shock	Mechanical durability: Approx. 30 G Malfunction durability: Approx. 10 G
Ambient temperature	Operating: -10° to 55°C (14° to 131°F) Storage: -25° to 65°C (-13° to 149°F)
Humidity	Operating: 35 to 85% RH
Battery life	30 cps type: 7 years min. of continuous input 1 kcps and 20 cps types: 6 years min. of continuous input
Weight	AC/DC voltage input type: Approx. 90 g (3.18 oz) DC voltage and No-voltage input types: Approx. 60 g (2.12 oz) (including mounting bracket)

Timing Chart

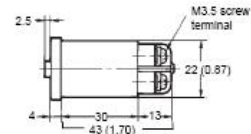
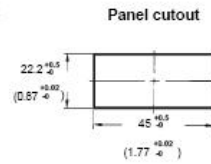
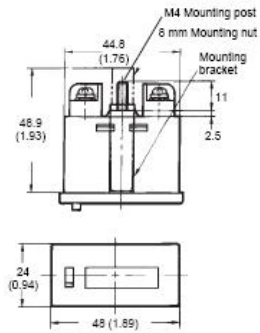


Dimensions

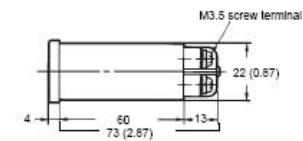
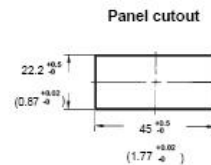
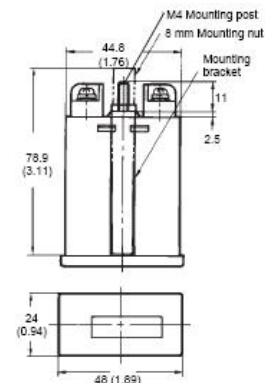
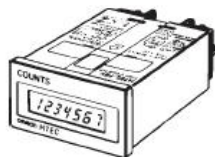
Unit: mm (inch)

■ SCREW TERMINAL COUNTERS

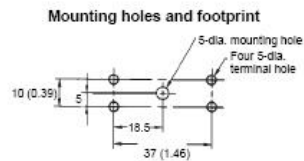
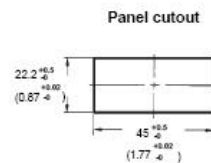
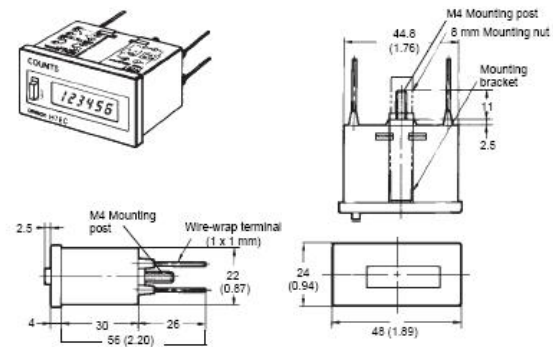
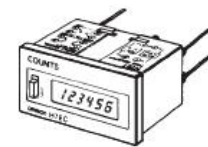
No-voltage and DC Input Types



AC/DC Voltage Input Type

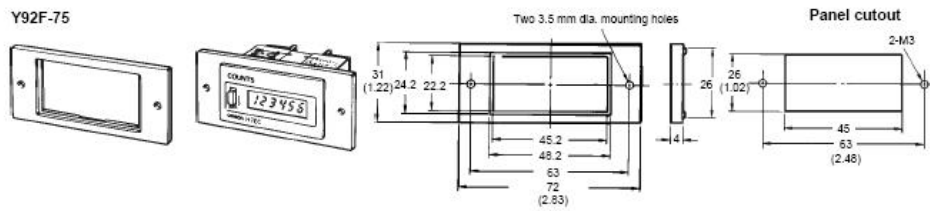


■ WIRE-WRAP TERMINAL COUNTERS

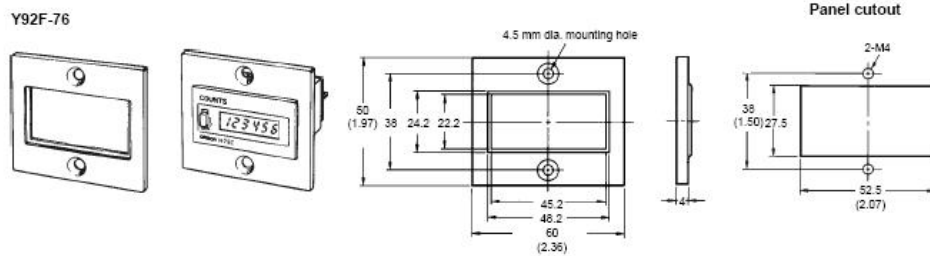


■ PANEL MOUNTING ADAPTERS

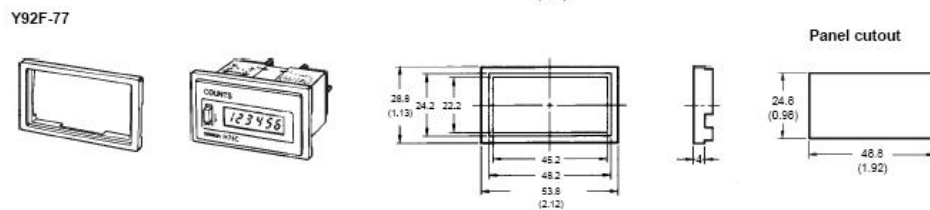
Y92F-75



Y92F-76



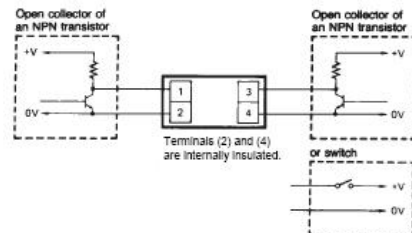
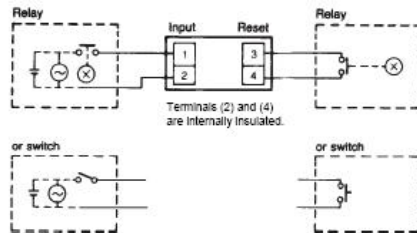
Y92F-77



Connections

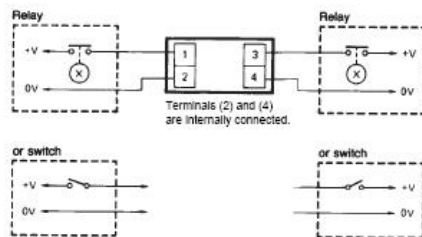
■ AC/DC VOLTAGE INPUT TYPE

1. Contact input (input by relay or switch contact)
2. Solid-state input (open collector input of an NPN transistor)

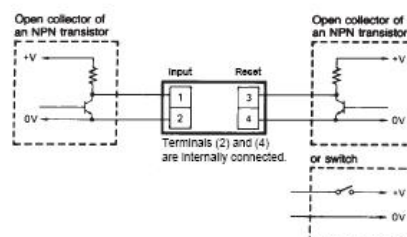


■ DC VOLTAGE INPUT TYPE

1. Contact input (input by a relay or switch contact)

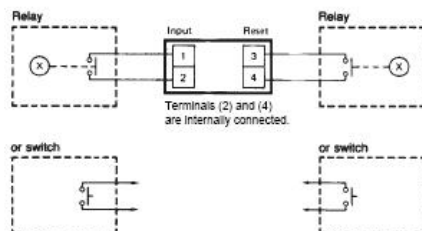


2. Solid-state input (open collector input of an NPN transistor)

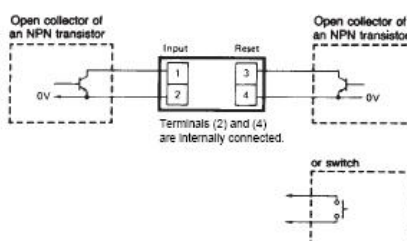


■ NO-VOLTAGE INPUT TYPE

1. Contact input (input by a relay or switch contact)



2. Solid-state input (open collector input of an NPN transistor)



Operations

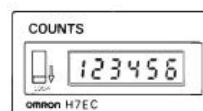
■ SELECTING THE H7EC TOTALIZING COUNTER

Determine the maximum counting speed of the counter by evaluating the input conditions listed in the table at right.

Counting speed	20 or 30 cps	1 kcps
Contact signal input	Relay or switch contact input with some chattering	Do not input contact signal inputs. Chattering is counted as signal input.
Solid-state signal input	Low-speed transistor inputs	High-speed transistor inputs

■ MANUALLY RESETTING COUNTERS (-M SUFFIX MODELS)

Counters with "-M" suffixes offer the option of manual or external resetting. To manually reset the counter, press the reset button located to the left of the display window. To prevent an accidental reset, lock the reset button by sliding the button downward, without depressing it. A small "click" sound may be heard, both when locking and unlocking the reset button. Slide the button up to unlock.



Installation

■ WIRE-WRAP TERMINALS

The terminals used on H7E wire-wrap models have a cross sectional dimension of 1 x 1 mm. Select one of the three gauges of wire from the table at right. Also listed in the table are the appropriate wiring hardware.

Wire gauge	Bit	Sleeve	Method
AWG22	2-A	2-B	Normal wire-wrap
AWG24	1-A	1-B	Normal wire-wrap
AWG26	3-A	3-B	Normal wire-wrap

■ CAUTIONS CONCERNING THE H7EC TOTALIZING COUNTER

On some H7E models, the power input terminal and the common signal input terminal (terminals 2 and 4) are internally short-circuited. Pay special attention to polarity when wiring these terminals.

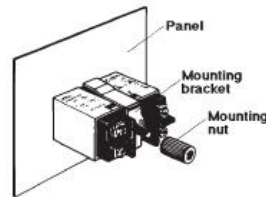
Keep the input wiring as short as possible.

Whenever possible, avoid routing the input wiring of the AC/DC voltage input type in parallel with 200 to 240 VAC power lines. If the input wiring must be routed together with the power lines, keep the length of that portion of wire running parallel with the power lines to within 20 m (65.6 feet).

When using shielded wire, stray capacitance may occur. The operation of the counter might be affected when using wires which have a capacitance which exceeds 500 pF (about 10 m, 32.8 feet, with parallel wires of 2 mm²). Keep all wires as short as possible.

■ HOW TO MOUNT THE COUNTER

Insert the H7E counter from the front of the mounting panel. Slide the mounting bracket into place from the rear of the panel, and tighten the knurled nut by hand. Do not use tools (such as pliers) to tighten the nut. Excessive tightening may damage the counter. Wire-wrap terminal models may be back-mounted, by soldering the terminals to a printed circuit board.



NOTE: DIMENSIONS SHOWN ARE IN MILLIMETERS. To convert millimeters to inches, divide by 25.4.

OMRON

OMRON ELECTRONICS, INC.
One East Commerce Drive
Schaumburg, IL 60173
1-800-55-OMRON

Cat. No. GC CN4A

6/98/26M

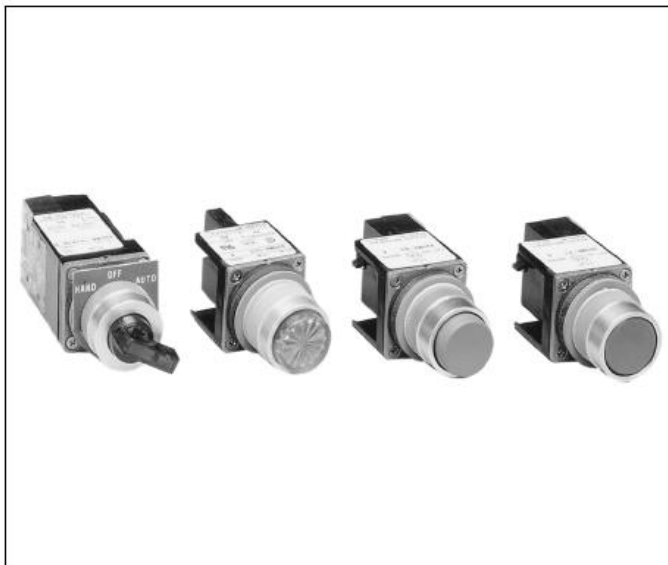
Specifications subject to change without notice.

OMRON CANADA, INC.
885 Milner Avenue
Scarborough, Ontario M1B 5V8
416-286-6465

Printed in the U.S.A.

Botones iluminados del sistema

Bulletin 800MR 22.5 mm Push Buttons Type 13 Oiltight, Round



Bulletin 800MR

- 22.5 mm Mounting Hole
- Type 13 Oiltight
- Round Operators

TABLE OF CONTENTS

Description	Page	Description	Page
Specifications	10-267	Potentiometer	10-282
Push Buttons		Pilot Light Units	
Momentary Contact, Non-Illuminated	10-268	Standard	10-284
Momentary Contact, Illuminated	10-268	Push-to-Test	10-284
Push-Pull, Non-Illuminated		Dual Input	10-284
2-Position Push-Pull and Push-Pull/Twist Release	10-270	Wobble Stick Units	10-284
3-Position Push-Pull	10-270	Modifications and Accessories	
Push-Pull, Illuminated		Color Caps	10-286
2-Position Push-Pull and Push-Pull/Twist Release	10-272	Knobs	10-287
3-Position Push-Pull	10-272	Boots	10-287
Selector Switches, Non-Illuminated		Miscellaneous	10-287
2-Position	10-274	Replacement Lamps	10-289
3-Position	10-276	Legend Plates	10-289
4-Position	10-278	Approximate Dimensions	10-291
Selector Switches, Illuminated			
2-Position Knob/Lever Type	10-280		
3-Position Knob/Lever Type	10-280		
4-Position Knob/Lever Type	10-282		

Specifications ❶

Electrical Ratings	
Contact Ratings	Refer to the Contact Ratings tables below.
Dielectric Strength	1600V for one minute 1300V for one minute (Logic Reed)
Electrical Design Life Cycles	750,000 at maximum rated load 200,000 at maximum rated load (Logic Reed)
Mechanical Ratings	
Vibration	10...2000 Hz 1.52 mm displacement (peak-to-peak) Max./10 G Max. (except Logic Reed)
Shock	1/2 cycle sine wave for 11 milliseconds $\geq$ 25 G (contact fragility) and no damage at 100 G
Degree of Protection	Type 13; 44 IP65 Oiltight
Mechanical Design Life Cycles	
Push Buttons	1,000,000 minimum
Potentiometers	100,000 minimum
All other devices	200,000 minimum
Contact Operation	Contact blocks with Bifurcated spanner: Slow make and break, simple break. Logic Reed Contact Blocks: Snap-action
Typical Operating Forces	
Operators without contact blocks	2.45 lbs (10.8 N)
Push-Pull Units	8 lbs (35.3 N) push to in position 4 lbs (17.7 N) maximum pull to out position
Contact Blocks	Standard 1.5 lbs (6.7 N) Logic Reed 0.616 lbs (2.6 N)
Environment	
Temperature Range	Operating: +32...+131°F (0...+55°C) Storage: -40...+185°F (-40...+85°C)
Note: Operating temperatures at +32°F (0°C) are based on the absence of freezing moisture and liquids.	
Humidity	50% at +104°F (+40°C)
Panel Thickness Requirements	1/16...1/4" (1.6...6.4 mm)

❶ Performance Data — See Page Important-2.

Standard Contact Ratings

(IEC 337-1) (NEMA ICS 2-125) Maximum continuous current I_{th} 10 A. Bulletin 800MR units have control circuit ratings with 800M contact blocks as follows:

Maximum Operational Volts U _e	Utilization Category		Rated Operational Currents		
	IEC	NEMA	Volts U _e	Make	Break
AC 300	AC-II	A300	120...300 72...120 24...72 ❶	7200 VA 720 VA 10 A	720 VA 720 VA 10 A

❶ For applications below 24V and 24 mA, Logic Reed contacts are recommended.

Logic Reed Contact Ratings

Maximum: 150V AC, 0.15 A, 8 VA and 30V DC, 0.06 A, 1.8 VA. Should only be used with resistive loads.

Approvals

UL Listed — File: E14840, E10314
 Guide: NKCR, NOIV
 CSA Certified: LR1234, LR11924
 IEC Compliance, IEC 529

Wire Capacity

Stab Termination Contact Blocks —
 Accept 2 (two) 0.110" x 0.032" push-on connectors or 1 (one) 0.250" x 0.032" push-on connector.
 Small Screw Contact Blocks —
 Accept 1 (one) #14 or 2 (two) #16 AWG solid or stranded wires.
 Large Screw Termination Contact Blocks —
 Accept 2 (two) #12 AWG solid or stranded wires.

Botones para poner en operación y fuera el sistema detector

Bulletin 800MR

22.5 mm Push Buttons

Type 13 Oiltight, Round

Momentary Contact Push Button Units, Non-Illuminated

Contact Terminations

Operators come standard with stab terminations. For large screw contact terminations, add letter **K** to the end of the cat. no. For small screw terminations, add the letter **S**.



Flush Head Unit
Cat. No. 800MR-A1B



Extended Head Unit
Cat. No. 800MR-B2A



Mushroom Head Unit
Cat. No. 800MR-D2B

Contact Type	Button Color	Flush Head Cat. No.	Extended Head Cat. No.	Mushroom Head Cat. No.
1 N.O.	Green Black Red	800MR-A1D1 800MR-A2D1 800MR-A6D1	800MR-B1D1 800MR-B2D1 800MR-B6D1	800MR-D1D1 800MR-D2D1 800MR-D6D1
1 N.C.	Green Black Red	800MR-A1D2 800MR-A2D2 800MR-A6D2	800MR-B1D2 800MR-B2D2 800MR-B6D2	800MR-D1D2 800MR-D2D2 800MR-D6D2
1 N.O. - 1 N.C.	Green Black Red	800MR-A1A 800MR-A2A 800MR-A6A	800MR-B1A 800MR-B2A 800MR-B6A	800MR-D1A 800MR-D2A 800MR-D6A
2 N.O. - 2 N.C.	Green Black Red	800MR-A1B 800MR-A2B 800MR-A6B	800MR-B1B 800MR-B2B 800MR-B6B	800MR-D1B 800MR-D2B 800MR-D6B

Momentary Contact Push Button Units, Illuminated

Contact Terminations

Operators come standard with stab terminations. For large screw contact terminations, add letter **K** to the end of the cat. no. For small screw terminations, add the letter **S**.



Flush Head Unit
Cat. No. 800MR-QA24GA



Extended Head Unit
Cat. No. 800MR-PB16RA



Mushroom Head Unit
Cat. No. 800MR-QMB24RA

Contact	Type	Volts/Lamp	Color	Flush Head Cat. No.	Extended Head Cat. No.	Mushroom Head Cat. No.
	Full Voltage	24 AC/DC Incandescent	Red Green Amber	800MR-QA24RA 800MR-QA24GA 800MR-QA24AA	800MR-QB24RA 800MR-QB24GA 800MR-QB24AA	800MR-QMB24RA 800MR-QMB24GA 800MR-QMB24AA
	Transformer	120 AC Incandescent	Red Green Amber	800MR-PA16RA 800MR-PA16GA 800MR-PA16AA	800MR-PB16RA 800MR-PB16GA 800MR-PB16AA	800MR-PMB16RA 800MR-PMB16GA 800MR-PMB16AA
	Full Voltage	12 AC/DC LED	Red Green Amber	800MR-QAL12RA 800MR-QAL12GA 800MR-QAL12AA	800MR-QBL12RA 800MR-QBL12GA 800MR-QBL12AA	800MR-QMBL12RA 800MR-QMBL12GA 800MR-QMBL12AA
		24 AC/DC LED	Red Green Amber	800MR-QAL24RA 800MR-QAL24GA 800MR-QAL24AA	800MR-QBL24RA 800MR-QBL24GA 800MR-QBL24AA	800MR-QMBL24RA 800MR-QMBL24GA 800MR-QMBL24AA
	Transformer	120 AC LED	Red Green Amber	800MR-PAL16RA 800MR-PAL16GA 800MR-PAL16AA	800MR-PBL16RA 800MR-PBL16GA 800MR-PBL16AA	800MR-PMBL16RA 800MR-PMBL16GA 800MR-PMBL16AA

Accessories — Page 10-286
Legend Plates — Page 10-289

Lamp Information — Page 10-289
Approximate Dimensions — Page 10-291

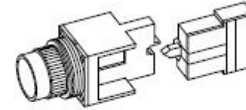
10-268

Allen-Bradley

Bulletin 800MR
22.5 mm Push Buttons
 Type 13 Oiltight, Round

Momentary Contact Push Button Units, Non-Illuminated

800MR- **A** **1** **A**
a b c d



a

Operator Type	
Code	Description
A	Flush Head
B	Extended Head
G	Guarded Extended Head
D	Mushroom Head
DG	Guarded Mushroom Head

b

Color Cap	
Code	Description
1	Green
2	Black
3	Orange
4	Gray
5	White
6	Red
7	Blue
9	Yellow

c

Contact Block(s)	
Standard	
Code	Description
Blank	No Contacts
D1	1 N.O.
D2	1 N.C.
A	1 N.O. - 1 N.C.
A2	2 N.O.
A4	2 N.C.
A3	1 N.O.E.M. - 1 N.C.L.B.
A7	1 N.C.L.B. - 1 N.C.
B	2 N.O. - 2 N.C.

c (cont'd)

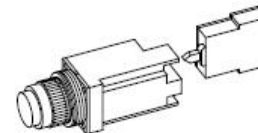
Contact Block(s)	
Logic Reed with Stab Terminals	
Code	Description
D1R	1 N.O.
D2R	1 N.C.
AR	1 N.O. - 1 N.C.
A2R	2 N.O.
A4R	2 N.C.
BR	2 N.O. - 2 N.C.

d

Contact Block Termination Type	
Code	Description
Blank	Stab Terminals
K	Large Screw
S	Small Screw

Momentary Contact Push Button Units, Illuminated

800MR- **P** **B** **L** **24** **R**
a b c d e f g



a

Power Module Type	
Code	Description
P	Transformer
Q	Full Voltage

b

Head Type	
Code	Description
A	Flush
B	Extended
MB	Mushroom
F	True Flush
GA	Guarded Flush Head

c

Illumination Options	
Code	Description
Blank	Standard Illumination as determined by Power Module Type
L	LED

d

Voltage	
Full Voltage	
Code	Description
05	6V AC/DC
12	12V AC/DC
24	24V AC/DC
10	120V AC
Transformer	
Code	Description
15	120V AC 50/60 Hz
25	240V AC 50/60 Hz

e

Lens Color	
Code	Color
Blank	No Lens without contact blocks
X	No Lens with contact blocks
A	Amber
B	Blue
C	Clear
G	Green
R	Red
W	White

f

Contact Block(s)	
Standard	
Code	Description
Blank	No Contacts
A	1 N.O. - 1 N.C.
B	2 N.O. - 2 N.C.
D1	1 N.O.
D2	1 N.C.
A2	2 N.O.
A4	2 N.C.
A3	1 N.O.E.M. - 1 N.C.L.B.
A7	1 N.C.L.B. - 1 N.C.
Logic Reed with Stab Terminals	
Code	Description
AR	1 N.O. - 1 N.C.
BR	2 N.O. - 2 N.C.
A2R	2 N.O.
A4R	2 N.C.
D1R	1 N.O.
D2R	1 N.C.

g

Contact Block Termination Type	
Code	Description
Blank	Stab Terminals
K	Large Screw
S	Small Screw

- ① Not available with Logic Reed contact blocks.
- ② Mounting ring extends approximately 3 mm beyond push button cap.
- ③ LEDs available in red, green, amber, blue, and white. LED color must match lens color, except clear lens supplied with white LED and white lens supplied with amber LED.
- ④ Only available with LED Illumination option.
- ⑤ Only available with full voltage power module option and standard stab terminations.

Allen-Bradley

10-269

Bulletin 800T
30.5 mm Push Buttons
Type 4/13, Watertight/Oiltight

Momentary Contact Push Button Units, Illuminated



Extended Head Without Guard
Cat. No. 800T-PB16R



Extended Head With Guard
Cat. No. 800T-PA16R



Illuminated Mushroom Head
Cat. No. 800T-PM16R

Type	Lamp	Volts	Color	Extended Head Without Guard ❶	Extended Head With Guard ❶	Mushroom Head ❶
				Cat. No.	Cat. No.	Cat. No.
Operator Only ❷				800T-SB00XX	800T-SA00XX	800T-SM00XX
Full Voltage	Incandescent	120 AC/DC	Red	800T-QB10R	800T-QA10R	800T-QM10R
			Green	800T-QB10G	800T-QA10G	800T-QM10G
			Amber	800T-QB10A	800T-QA10A	800T-QM10A
		24 AC/DC	Red	800T-QB24R	800T-QA24R	800T-QM24R
			Green	800T-QB24G	800T-QA24G	800T-QM24G
			Amber	800T-QB24A	800T-QA24A	800T-QM24A
	LED	120 AC	Red	800T-QBH10R	800T-QAH10R	800T-QMH10R
			Green	800T-QBH10G	800T-QAH10G	800T-QMH10G
			Amber	800T-QBH10A	800T-QAH10A	800T-QMH10A
		24 AC/DC	Red	800T-QBH24R	800T-QAH24R	800T-QMH24R
Green	800T-QBH24G		800T-QAH24G	800T-QMH24G		
Amber	800T-QBH24A	800T-QAH24A	800T-QMH24A			
No Lamp	0...250 AC/DC	No Lens	800T-QBN25	800T-QAN25	800T-QMN25	
Transformer	Incandescent	120 AC 50/60 Hz	Red	800T-PB16R	800T-PA16R	800T-PM16R
			Green	800T-PB16G	800T-PA16G	800T-PM16G
			Amber	800T-PB16A	800T-PA16A	800T-PM16A
	LED		Red	800T-PBH16R	800T-PAH16R	800T-PMH16R
			Green	800T-PBH16G	800T-PAH16G	800T-PMH16G
			Amber	800T-PBH16A	800T-PAH16A	800T-PMH16A
No Lamp	No Lens	800T-PBN16	800T-PAN16	800T-PMN16		

- ❶ Includes one standard 800T-XA (1 N.O. - 1 N.C.) contact block.
- ❷ Operator only supplied without power module, lamp, lens cap, or contact blocks.

Accessories — Page 10-37
Lamp Information — Page 10-47

Legend Plates — Page 10-48
Approximate Dimensions — Page 10-51

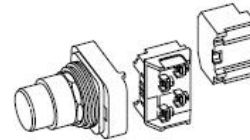
10-16

Allen-Bradley

Bulletin 800T
30.5 mm Push Buttons
 Type 4/13, Watertight/Oiltight

Momentary Contact Push Button Units, Illuminated

800T — **P** **B** **H** **16** **R** —
a b c d e f g



a

Finger-Safe Guards	
Code	Description
Blank	No Guards
C	Guards on Terminals

b

Power Module Type	
Code	Description
P	Transformer (or Dual Input)
Q	Full Voltage (or Resistor)
R	Neon

c

Head Type	
Code	Description
A	Extended Head with Guard
B	Extended Head without Guard
M	Mushroom
MJ	Jumbo Mushroom

d

Illumination Options	
Transformer	
Code	Description
Blank	Incandescent
F	Flashing Incandescent
H	LED
Full Voltage	
Code	Description
Blank	Incandescent
F	Flashing Incandescent
H	LED
Resistor	
Blank	No Options
Neon	
Code	Description
Blank	No Options
Dual Input	
Code	Description
D	Diode Type
DH	Diode Type LED
T	Transformer — Relay Type
TH	Transformer — Relay Type LED

e

Voltage	
Transformer	
Code	Description
36	48V AC 50/60 Hz
16	120V AC 50/60 Hz
26	240V AC 50/60 Hz
76	277V AC 50/60 Hz
46	480V AC 50/60 Hz
56	600V AC 50/60 Hz

e (con't)

Voltage	
Full Voltage	
Code	Description
06	6V AC/DC
12	12V AC/DC
24	24V AC/DC
32	32V AC/DC
48	48V AC/DC
10	120V AC/DC
13	130V AC/DC
20	240V AC/DC
Resistor	
Code	Description
11	120V AC/DC Resistor
Neon	
Code	Description
10	120V AC/DC
20	240V AC/DC
Dual Input	
Code	Description
16	120V AC
24	24V AC/DC

f

Lens Color	
Code	Color
Blank	No Lens with standard contacts 1 N.O. - 1 N.C.
X	No Lens if ordering any contacts other than standard 1 N.O. - 1 N.C.
A	Amber
B	Blue
C	Clear
G	Green
R	Red
W	White

g

Contact Block(s)	
Standard	
Code	Description
Blank	1 N.O. - 1 N.C.
X	No Contact Blocks
D1	1 N.O.
D2	1 N.C.
A2	2 N.O.
A4	2 N.C.
Pen TUFF (Low Voltage)	
X	No Contact Blocks
D1V	1 N.O.
D2V	1 N.C.
AV	1 N.O. - 1 N.C.
Class 1, Div. 2/Zone 2	
Logic Reed	
X	No Contact Blocks
D1R	1 N.O.
D2R	1 N.C.
A2R	2 N.O.
A4R	2 N.C.
AR	1 N.O. - 1 N.C.
Sealed Switch	
X	No Contact Blocks
D1P	1 N.O.
D2P	1 N.C.
AP	1 N.O. - 1 N.C.
Stackable Sealed Switch	
X	No Contact Blocks
D1Y	1 N.O.
D2Y	1 N.C.
A2Y	2 N.O.
A4Y	2 N.C.
AY	1 N.O. - 1 N.C.

- Neon is only available in amber or clear.
- Flashing lamps are only available in 6V full voltage units and all transformer units.
- LEDs available in red, green, amber, blue, and white. White LEDs only available in 6V and 24V full voltage and all transformer units. LED color must match lens color, except clear lens supplied with white LED and white lens supplied with amber LED. All LEDs except 120V have an internal shunt resistor for use with solid-state outputs.
- Diode type dual input provides circuit isolation via opposing diodes. Not recommended for use with solid-state outputs and neon indicators.
- 32V and 130V are LED only. 240V is incandescent only.
- 120V LED is AC only and does not contain internal shunt resistor. For AC/DC and internal shunt resistor, order 130V AC/DC LED (Code 13).
- Dual input diode only.
- XA2 and XA2R contact blocks cannot be stacked upon, but they can stack on other contact blocks.

Allen-Bradley

10-17

Componentes neumáticos del sistema

Válvula reguladora de flujo

Nuevo
GRXA-HG

Válvulas reguladoras de caudal, estranguladoras y combinación de funciones

FESTO



- Válvulas reguladoras de caudal con estrangulación del aire de escape o de alimentación
- Válvulas reguladoras de caudal sin función antirretorno.
- Con rosca M3 ... G $\frac{3}{4}$ y racor con diámetro de 3 ... 12 mm
- Combinación de funciones con válvula reguladora y válvula antirretorno desbloqueable
- Ejecución en polímero y en metal
- Ejecuciones sin cobre ni PTFE
- Ejecuciones anticorrosivas

Válvulas de cierre, reguladoras de presión y de caudal
Válvulas reguladoras de caudal con o sin antirretorno

5.6

Válvulas reguladoras de caudal y válvulas estranguladoras

Características

FESTO

Informaciones generales

Caudal nominal normal q_{nN}

El caudal nominal normal q_{nN} es el caudal que se obtiene bajo condiciones normalizadas y con una presión inicial p_1 de = 6 bar y con una presión de salida p_2 de = 5 bar, siendo la temperatura ambiente t de = 20 °C.

Caudal normal q_n

El caudal normal se mide con una presión de entrada p_1 de = 6 bar y una presión de salida contra atmósfera p_2 de = 0 bar.

Estrangulación del escape



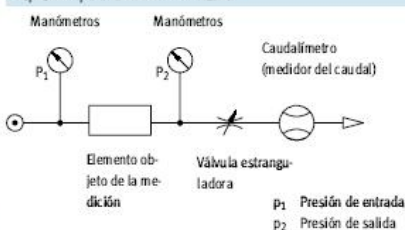
Estrangulación de la alimentación



Estrangulación en ambos sentidos



Disposición para la medición del caudal



- 1 Conexión de aire
- 2 Utilización

Ejemplos de aplicaciones

Minicarro SLT con válvula de estrangulación estándar



Pinza HGW con miniválvula de estrangulación



Cilindro plano DZF con miniválvula de estrangulación



Cilindro multmontaje DMM con miniválvula de estrangulación



Válvulas de cierre, reguladoras de presión y de caudal
Válvulas reguladoras de caudal con o sin antirretorno

5.6

Válvulas reguladoras de caudal y válvulas estranguladoras



Funciones de estrangulación y aplicaciones			
Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción
Cilindro de doble efecto con válvula reguladora de caudal			
Estrangulación del aire de escape		Estrangulación del aire de alimentación	
	Velocidad ajustable mediante estrangulación del aire de escape. El émbolo queda aprisionado entre el aire de alimentación y el aire de descarga estrangulado, con lo que mejoran las características del movimiento.		Velocidad regulable en ambos sentidos. El caudal del aire de alimentación es igual en cada sentido de movimiento.
Cilindro de simple efecto con válvula reguladora de caudal y antirretorno		Cilindro de simple efecto con válvula reguladora de caudal	
Estrangulación del aire de escape y del aire de alimentación		Estrangulación en ambos sentidos	
	Velocidad regulable en ambos sentidos. Posibilidad de regular el caudal de modo diferente en ambos sentidos.		El ajuste de la velocidad mediante estrangulación en ambos sentidos se suele utilizar en combinación con cilindros de simple efecto o cilindros pequeños. La ventaja consiste en la sencillez de la aplicación.

Válvulas de cierre, reguladoras de presión y de caudal
Válvulas reguladoras de caudal con o sin antirretorno

Electroválvula

Electroválvulas MFH-B, Tiger 2000

Hoja de datos: válvulas de 5/2 vías



- - Caudal
750 ... 2 000 l/min
- - Tensión
12, 24, 42, 48 V DC
24, 42, 48, 110, 230,
240 V AC
Juegos de piezas de
recambio
→ 2 / 2.2-16



Datos técnicos generales						
Conexión neumática		G3/8		G1/4		G3/8
Forma de reposición		Mecánica	Neumática	Mecánica	Neumática	Mecánica
Función de válvula		Válvulas monoestables de 5/2 vías				
Construcción		Válvula de asiento	Válvula de corredera	Válvula de asiento	Válvula de corredera	
Principio de estanqueidad		Juntas de material sintético				
Tipo de accionamiento		Eléctrico				
Tipo de mando		Servopilotaje				
Alimentación del aire de pilotaje		Interna o externa				
Sentido del flujo		Irreversible	Reversible	Irreversible	Reversible	
Función de escape		Con estrangulación				
Accionamiento manual auxiliar		Con accesorio, enclavado				
Tipo de fijación		Mediante taladros				
Posición de montaje		Indistinta				
Diámetro nominal		[mm] 5	8	7	10	12
Caudal nominal		[l/min] 750	1 000	1 300	1 600	2 000
Patrón		[mm] 27		33		41
Peso del producto		[g] 220	280	300	380	630

Condiciones de funcionamiento y del entorno						
Conexión neumática		G1/8		G1/4		G3/8
Forma de reposición		Neumática	Mecánica	Neumática	Mecánica	Neumática
Fluido		Aire comprimido filtrado, lubricado o sin lubricar				
		Vacío				
Presión de funcionamiento	Alimentación interna del aire de pilotaje	[bar] 3 ... 10	2 ... 10	3 ... 10	2 ... 10	2 ... 10
	Alimentación externa del aire de pilotaje	[bar] -0,9 ... +10	0 ... 10	-0,9 ... +10	0 ... 10	-0,9 ... +10
Presión de pilotaje		[bar] 3 ... 10	2 ... 10	3 ... 10	1,5 ... 10	2 ... 10
Temperatura ambiente		[°C] -5 ... +40				
Temperatura del fluido		[°C] -10 ... +60				

Válvulas distribuidoras para aplicaciones estándar
Tiger 2000

2.2

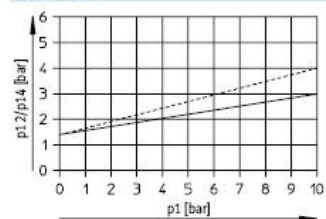
Electroválvulas MFH-B, Tiger 2000

Hoja de datos: válvulas de 5/2 vías

FESTO

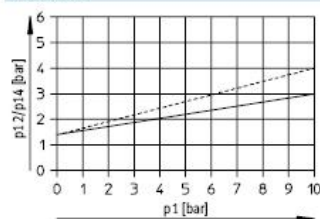
Presión de mando mínima p_{12}/p_{14} en función de la presión de funcionamiento p_1 (con alimentación externa del aire de pilotaje)

MFH 5-1/8-S-B



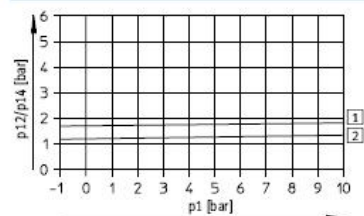
----- Descarga con estrangulación
————— Descarga sin estrangulación

MFH 5-1/4-S-B



----- Descarga con estrangulación
————— Descarga sin estrangulación

MFH 5-3/8-S-B



1 Conexión
2 Desconexión

Tiempos de respuesta de la válvula [ms]

Conexión neumática	G1/8		G1/4		G3/8	
Forma de reposición	Neumática	Mecánica	Neumática	Mecánica	Neumática	Mecánica
Conexión	10	10	25	12	28	20
Desconexión	30	30	44	36	55	56

Electroválvulas MFH-B, Tiger 2000

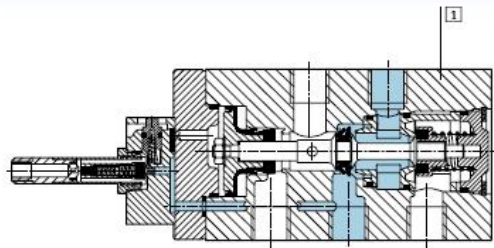


Hoja de datos: válvulas de 5/2 vías

Datos eléctricos				
Bobinas F				
Conexión eléctrica			Lenguetas de conectores tipo zócalo MSSD-F, KMF	
Tensión de funcionamiento	Tensión continua	[V DC]	12, 24, 42, 48	
	Tensión alterna	[V AC]	24, 42, 48, 110, 230, 240 (50 ... 60 Hz)	
Valores característicos de las bobinas	Tensión continua	[W]	4, 5	
	Tensión alterna	[VA]	Atracción: 7, 5 Mantenimiento: 6	
Clase de protección según NE 60 529			IP65 (con conector tipo zócalo)	

Materiales

Vista en sección



1	Cuerpo	Fundición inyectada de aluminio
—	Juntas	Caucho nitrílico

Válvulas distribuidoras para aplicaciones estándar
Tiger 2000

2.2

Electroválvulas MFH-B, Tiger 2000

Hoja de datos: válvulas de 5/2 vías

FESTO

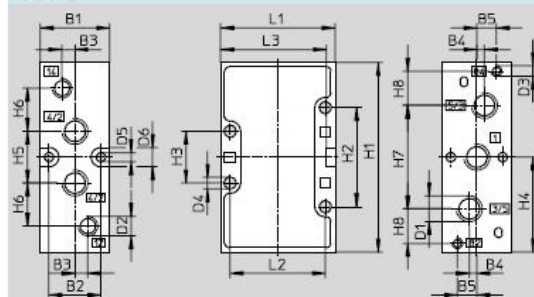
Válvulas distribuidoras para aplicaciones estándar
Tiger 2000

2.2

Dimensiones: conexiones neumáticas G $\frac{1}{8}$, G $\frac{1}{4}$

Datos CAD disponibles en www.festo.com/es/engineering

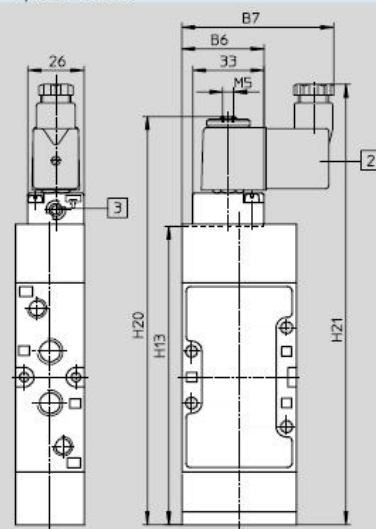
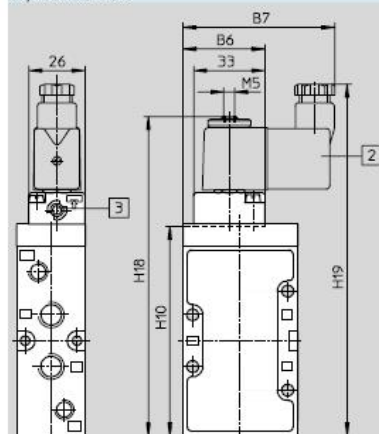
Válvula básica



Dimensiones para el montaje con bobina F

Reposición mecánica

Reposición neumática



[2] Bobina orientable en 360°

[3] Accionamiento auxiliar manual girable en 180°

Conexión neumática	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	H1	H2
G $\frac{1}{8}$	26	19,5	5	3,5	8	36,8	67	G $\frac{1}{8}$	G $\frac{1}{8}$	M5	4,5	4,3	9	77	41
G $\frac{1}{4}$	32	24	6	3,5	9	38	70	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{1}{4}$	M5	5,5	4,3	9	88	46

Conexión neumática	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H10	H13	H18	H19	H20	H21	L1	L2	L3
G $\frac{1}{8}$	21	38,5	22	19	42	12	86,5	126,2	136	152	175	192	47	40	43
G $\frac{1}{4}$	24	44	24	20	48	16	97,5	139	147	163	188	205	53	44	79

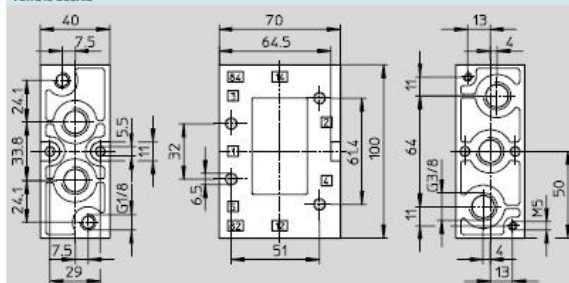
FESTO

Hoja de datos: válvulas de 5/2 vías

Dimensiones: conexiones neumáticas G 3/8

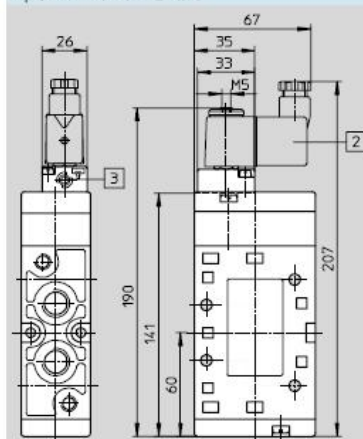
Datos CAD disponibles en → www.festo.com/es/engineering

Válvula básica



Dimensiones para el montaje con bobina F

Reposición mecánica o neumática



- 2 Bobina orientable en 360°
- 3 Accionamiento auxiliar manual girable en 180°

Válvulas distribuidoras para aplicaciones estándar
Tiger 2000

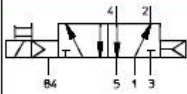
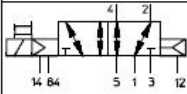
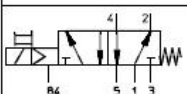
2.2

Electroválvulas MFH-B, Tiger 2000

Hoja de datos: válvulas de 5/2 vías

FESTO

Válvulas distribuidoras para aplicaciones estándar
Tiger 2000
2.2

Referencias				
Esquema de conexiones	Descripción	Conexión neumática	Nº de artículo	Tipo
	Sin bobina magnética F 13	G 1/8	30 991	MFH-5-1/8-L-B
	Reposición neumática	G 1/4	31 010	MFH-5-1/4-L-B
	Alimentación interna del aire de pilotaje	G 3/8	14 946	MFH-5-3/8-L-B
	Sin bobina magnética F 13	G 1/8	30 992	MFH-5-1/8-L-S-B
	Reposición neumática	G 1/4	33 185	MFH-5-1/4-L-S-B
	Alimentación externa del aire de pilotaje	G 3/8	33 181	MFH-5-3/8-L-S-B
	Sin bobina magnética F 13	G 1/8	19 758	MFH-5-1/8-B
	Reposición mecánica	G 1/4	15 901	MFH-5-1/4-B
	Alimentación interna del aire de pilotaje	G 3/8	19 705	MFH-5-3/8-B
	Sin bobina magnética F 13	G 1/8	19 759	MFH-5-1/8-S-B
	Reposición mecánica	G 1/4	15 902	MFH-5-1/4-S-B
	Alimentación externa del aire de pilotaje			
	Sin bobina magnética F 13	G 3/8	19 706	MFH-5-3/8-S-B
	Reposición mecánica			
	Alimentación externa del aire de pilotaje			

1) Bobinas tipo F → 2 / 2.2-66

Referencias: recambios		
Conexión neumática	Nº de artículo	Tipo
G 1/8	125 710	MFH-5-1/8-B
G 1/4	115 580	MFH-5-1/4-B
G 3/8	115 074	MFH-5-3/8-B

Cilindro neumático del sistema

No utilizar para equipos nuevos.
- 2 - Tipo armonizado

Cilindros normalizados DNU/DNUL, ISO 6431

FESTO

Utilizar el cilindro normalizado
DNC para equipos nuevos
→ 1 / 1.2-34

- Doble efecto
- Para la detección de posiciones sin contacto
- Amplia gama de accesorios

Cilindros normalizados
ISO 6431
1.3

2005/04 – Reservado el derecho de modificación – Productos 2004/2005

1 / 1.3-1

No utilizar para equipos nuevos.
 Tipo armonizado

Cilindros normalizados DNU/DNUL, ISO 6431

Cuadro general de productos

FESTO

Función	Ejecución	Tipo	Diámetro del émbolo [mm]	Carrera [mm]	Detección de posiciones A	Amortiguación Regulable PPV
doble efecto	Tipo básico					
		DNU Simple Vástago	32, 40, 50, 63, 80, 100	25, 40, 50, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 300, 320, 400, 500	10 ... 2000	■
		DNU-S2 Doble Vástago	32, 40, 50, 63, 80, 100	—	10 ... 2000	■
	Vástago antigiro					
		DNUL Simple Vástago	32	—	10 ... 300	■
			40	—	10 ... 400	
			50, 63	—	10 ... 500	
			80, 100	—	10 ... 600	

Cilindros normalizados
ISO 6431

1.3

No utilizar para equipos nuevos.
 Tipo armonizado

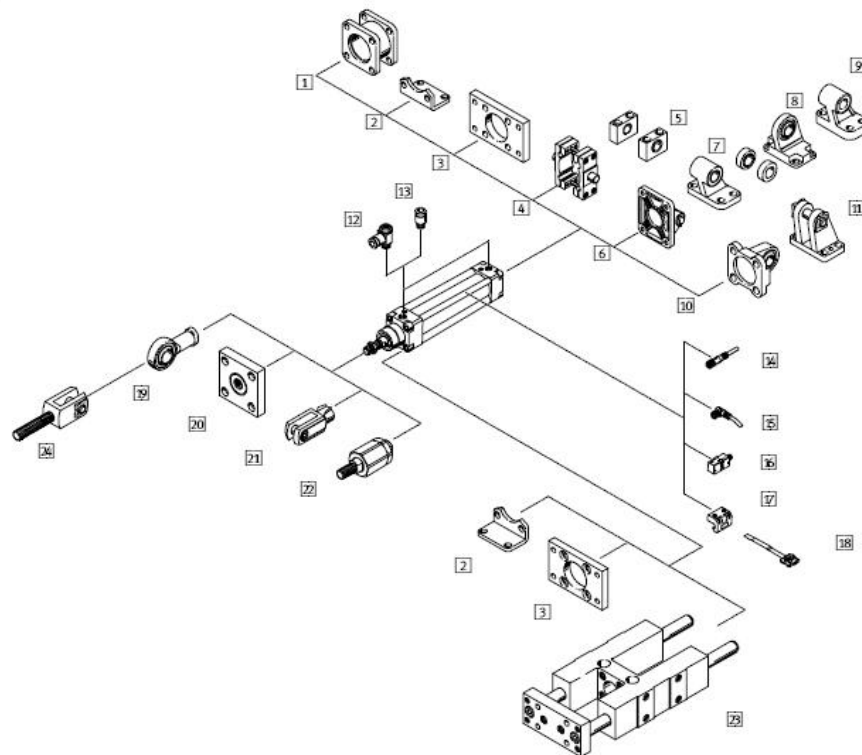
Cilindros normalizados DNU/DNUL, ISO 6431

Quadro geral de periféricos

FESTO

Cilindros normalizados
 ISO 6431

1.3



No utilizar para equipos nuevos.
 Tipo armonizado

Cilindros normalizados DNU/DNUL, ISO 6431

Cuadro general de periféricos

FESTO

Elementos de fijación y accesorios		
	Descripción resumida	→ Página
1 Conjunto de unión DPNN	Para unir dos cilindros DNU de émbolos de igual diámetro para formar un cilindro de varias posiciones	1 / 1.3-13
2 Pies de fijación HN	Para culatas anterior y posterior	1 / 1.3-14
3 Fijación por brida FH	Para culata anterior o posterior	1 / 1.3-14
4 Brida basculante central ZNU	Para el montaje indistinto en la camisa perfilada del cilindro	1 / 1.3-15
5 Caballete LHZ	–	1 / 1.3-15
6 Brida basculante SN	Para culata posterior	1 / 1.3-15
7 Caballete LN	–	1 / 1.3-17
8 Caballete LSN	Con cojinete esférico	1 / 1.3-17
9 Caballete LNG	–	1 / 1.3-17
10 Brida basculante SSN	Con cojinete esférico para caballete LBG	1 / 1.3-16
11 Caballete LBG	Con bulón antigiro	1 / 1.3-17
12 Válvula reguladora de caudal GRLA	Para regular la velocidad	1 / 1.3-17
13 Racores rápidos roscados QS	Para tubos con tolerancia en diámetro exterior	Tomo 3
14 Cable para conector recto tipo zócalo SIM-M8	–	1 / 1.3-19
15 Cable para conector acodado tipo zócalo SIM-M8	–	1 / 1.3-19
16 Detectores de posición SMEO-1/SMTO-1/SMPO-1	–	1 / 1.3-19
17 Piezas de fijación SMBU	Para detectores de proximidad SMEO-1/SMTO-1	1 / 1.3-19
18 Piezas de fijación SMBS	Para detectores de proximidad SMPO-1	1 / 1.3-19
19 Cabeza de rótula SGS	Con cojinete esférico	1 / 1.3-18
20 Placa de acoplamiento KSG/KSZ	Para compensar desviaciones radiales	1 / 1.3-18
21 Horquilla SG	Permite giros del cilindro neumático en un plano	1 / 1.3-18
22 Rótula FK	Para compensación de desviaciones radiales y angulares	1 / 1.3-18
23 Unidad de guía FEN	Para el bloqueo antigiro al soportar grandes momentos	1 / 1.3-18
24 Horquilla SGA	En combinación con la cabeza de rótula SGS, apropiada para unir cilindros	1 / 1.3-18

Cilindros normalizados
ISO 6431
1.3

No utilizar para equipos nuevos.
- 2 - Tipo armonizado

Cilindros normalizados DNU/DNUL, ISO 6431

Código para el pedido

FESTO

Cilindros normalizados
ISO 6431

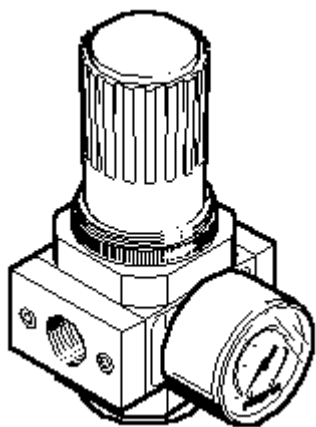
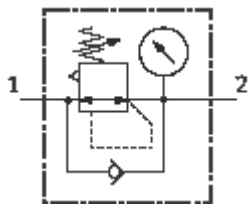
1.3

	DNU	-	50	-	80	-	PPV	-	A	-	
Tipo											
Doble efecto											
DNU	Cilindros normalizados										
DNUL	Cilindros normalizados, antigiro										
Diámetro del émbolo [mm]											
Carrera [mm]											
Amortiguación											
PPV	Regulable en ambos lados										
Detección											
A	Detección de posiciones										
Variantes											
S2	Doble vástago										
S3	Vástago de acero inoxidable										
S6	Junta termorresistente hasta máx 150 °C										
S8	Alta protección contra la corrosión										
S26	Doble vástago con juntas termorresistentes hasta 150 °C										

Regulador de presión de aire

Detail view

Pressure regulator
192301
LR-1/4-D-7-I-MINI



 [\(PDF\) Catalog page](#)

 [\(PDF\) Spare parts](#)

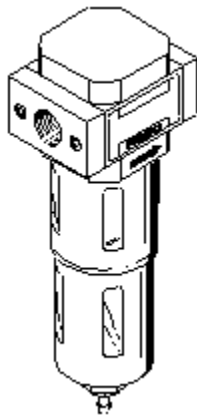
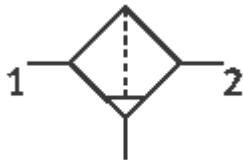
Criterion	Feature
Size	Mini
Series	D
Actuator lock	Rotary knob with lock
Assembly position	Any
Design structure	directly-controlled diaphragm regulator
Controller function	with initial pressure compensation
	with secondary exhaust

	with return flow
	Output pressure constant
Pressure gauge	with pressure gauge
Pressure control range	0.5 - 7 bar
Inlet pressure 1	1 - 16 bar
Max. pressure hysteresis	0.2 bar
Standard nominal flow rate	1,600 l/min
Operating medium	Filtered, unlubricated compressed air, 40 µm filtration
	Filtered, lubricated compressed air, 40 µm filtration
Medium temperature	-10 - 60 °C
Ambient temperature	-10 - 60 °C
Product weight	350 g
Mounting type	Front panel installation
	Line installation
	with accessories
Pneumatic connection, port 1	G1/4
Pneumatic connection, port 2	G1/4
Materials information for sub-base	Zinc die-casting
Materials information for seals	NBR
Materials information, housing	Zinc die-casting

Filtro de aire del sistema

Detail view

Filter
159613
LF-1/4-D-MINI



 [\(PDF\) Catalog page](#)

 [\(PDF\) Spare parts](#)

Criterion	Feature
Size	Mini
Series	D
Assembly position	Vertical +/- 5°
Grade of filtration	40 µm
Condensate drain	manual rotary
Design structure	Sintered filter with centrifugal separator
Max. condensate volume	22 cm3

Bowl guard	Metal bowl guard
Inlet pressure 1	0 - 16 bar
Standard nominal flow rate	1,200 l/min
Operating medium	Compressed air
Medium temperature	-10 - 60 °C
Ambient temperature	-10 - 60 °C
Product weight	250 g
Mounting type	Line installation with accessories
Pneumatic connection, port 1	G1/4
Pneumatic connection, port 2	G1/4
Materials information for filter	PE
Materials information, housing	Zinc die-casting
Materials information for bowl	PC

© 2005 Festo AG & Co. KG

Referencias

- [1] **Smook, G.A.**
Manual para técnicos de pulpa y papel
Tappi Press Atlanta, GA Sears F. W . p 311
- [2] **Sears F. W**
Fundamentos de física II. Electricidad y magnetismo
Sexta Edición. Impreso en España.
Editorial Aguilar S. A 1972. Volumen 2. p. 87
- [3] **Alvarenga B, Máximo A**
Física general
Tercera Edición Impreso en México Editorial Harla 1981 p.56
- [4] **Boylestad, Nashelsky**
Fundamentos de Electrónica
Cuarta Edición. Impreso en México.
Editorial Prentice 1997 p. 33
- [5] **Ibid., p. 38**
- [6] **Nacional semiconductor**
General Purpose Linear Device Databook
Primera Edición. Impreso en U.S.A. Edición 1998 pp. 1-274 a 1 - 283
- [7] **Boylestad, Nashelsky, ob. cit. p. 578**
- [8] **SMC**
Curso Básico de Neumática
Impreso en México copyright SMC Pneumatics 1992 p. 99 y 113
- [9] **Ibid., pp. 42 y 55-61**
- [10] **Ibid., pp. 62-66**
- [11] **Ibid., p 121**
- [12] **Ibid., p. 52**
- [13] **Ibid., p. 53**
- [14] **Ibid., p. 81**

- [15] **Ibid., p. 80**
- [16] **Festo**
Programa de fabricación
Impreso en México. Festo Pneumatic, S. A Agosto 2001 pp. 1.0-3 a 1.11-216
- [17] **Allen-Bradley a Rockwell Internacional Company**
User's Manual Bulletin 1745 SLC Programmable Controllers
Publication 1745-300-November,1987 p.20-12
- [18] **Ibid., p. 20-14**
- [19] **Ibid., p. 20-14**
- [20] **Maloney Timothy J.**
Electrónica industrial moderna
Tercera Edición. Impreso en México
Editorial Prentice Hispanoamericana, S.A 1997 p. 74
- [21] **Ibid., p. 74**
- [22] **Balcells, Luis , Romeral J.L**
Autómatas programables
Primera Edición. Impreso en México
Editorial Alfaomega-Marcombo 1997 p.90
- [23] **Ibid., p. 67**
- [24] **Ibid., p. 194**
- [25] **Allen-Bradley a Rockwell Internacional Company**
User's Manual Bulletin 1745 SLC Programmable Controllers
Publication 1745-300-November,1987 p.2-2, 2-3
- [26] **Ibid., pp.2-8,9**
- [27] **Joyanes Aguilar Luis**
Programación Basic para computadoras
Tercera Edición. Impreso en México
Editorial Mc Graw Hill/Interamericana de México S.A 1992 p.25
- [28] **Ibid., p. 38**

- [29] **Alvarenga B, Máximo A, ob. cit. p. 56**
- [30] **Allen-Bradley a Rockwell Internacional Company**
User's Manual Bulletin 1745 SLC Programmable Controllers
Publication 1745-300-November,1987 pp.7.1-7.7
- [31] **Allen-Bradley a Rockwell Internacional Company**
User's Manual Bulletin 1745 SLC Programmable Controllers
Publication 1745-300-November,1987 pp.6.1-6.8
- [32] **Morris Mano M.**
Diseño digital
Primera Edición. Impreso en México
Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, S.A 1987 p.27
- [33] **Ibid., p 44**
- [34] **Boylestad, Nashelsky, ob. cit., p. 570**

Bibliografía

Smook, G.A.

Manual para técnicos de pulpa y papel

Tappi Press Atlanta, GA pp. 397

Sears F. W

Fundamentos de física II. Electricidad y magnetismo

Sexta Edición. Impreso en España. Editorial Aguilar S. A 1972 Volumen 2. pp. 440

Boylestad, Nashelsky

Fundamentos de Electrónica

Cuarta Edición. Impreso en México. Editorial Prentice 1997 pp. 624

Nacional semiconductor

General Purpose Linear Device Databook

Primera Edición. Impreso en U.S.A. Edición 1998 pp. 1-274 a 1 - 283

SMC

Curso Básico de Neumática

Impreso en México.

Copyright SMC Pneumatics 1992 pp. 141

Festo

Programa de fabricación

Impreso en México. Festo Pneumatic, S. A Agosto 2001 pp. 12.2 - 20

Maloney Timothy J.

Electrónica industrial moderna

Tercera Edición. Impreso en México. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, S.A 1997 pp. 845

Balcells, Luis Romeral J.L

Autómatas programables

Primera Edición. Impreso en México. Editorial Alfaomega-Marcombo 1997 pp. 440

Allen-Bradley a Rockwell Internacional Company

User's Manual Bulletin 1745 SLC Programmable Controllers

Publication 1745-300-November,1987 pp. 20-16

Joyanes Aguilar Luis

Programación Basic para computadoras

Tercera Edición. Impreso en México. Editorial Mc Graw Hill/Interamericana de México S.A 1992 pp. 616

Alvarenga B, Máximo A

Física general

Tercera Edición. Impreso en México. Editorial Harla 1981 pp. 976

Morris Mano M.

Diseño digital

Primera Edición. Impreso en México. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, S.A 1987
pp. 491