

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

AUTOMATIZACIÓN DE MÁQUINAS EMPAQUETADORAS  
MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE CONTROLADORES LÓGICOS  
PROGRAMABLES

INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

ESPECIALIZACION POTENCIA

Presentado por:

Francisco Javier Pizarro Valdez

Guayaquil – Ecuador

2010

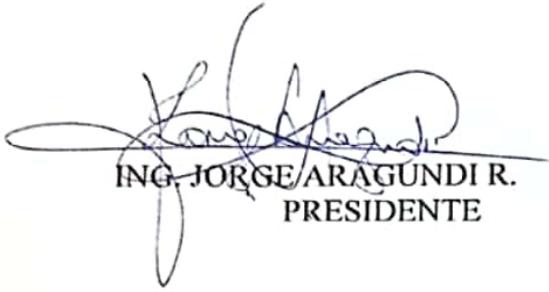
## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres Manuel y América, la educación que me han dado, sin la cual, no habría sido posible seguir el camino que me ha llevado hasta la culminación de este trabajo.

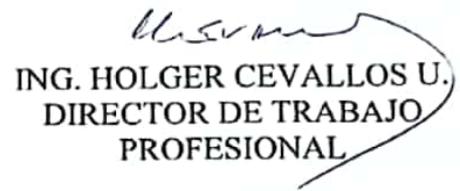
A mi esposa e hijos por la paciencia y apoyo.

Finalmente, además de mi familia, en el entorno de trabajo, quiero agradecer a todos aquellos que han colaborado tanto activa, como pasivamente en la consecución de este logro.

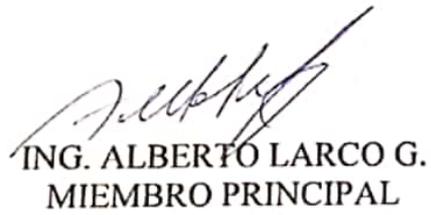
**TRIBUNAL DE SUSTENTACION**



ING. JORGE ARAGUNDI R.  
PRESIDENTE



ING. HOLGER CEVALLOS U.  
DIRECTOR DE TRABAJO  
PROFESIONAL



ING. ALBERTO LARCO G.  
MIEMBRO PRINCIPAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

«La responsabilidad del contenido de este Trabajo Final de Graduación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral»

(Reglamento de Graduación de ESPOL)



---

Francisco Javier Pizarro Valdez

## **RESUMEN**

El presente documento corresponde al informe de trabajo profesional en el que se detalla la automatización de dos máquinas empaquetadoras de la empresa Ecuasal C.A., de la sección de Refinería.

La operación de las dos unidades empaquetadoras de sal en bolsa plástica era cuestionada debido a su baja eficiencia. La baja eficiencia se daba por las continuas salidas de producción de las unidades debido a fallas en un sistema de control eléctrico electrónico.

Se determinó que la constitución mecánica de las unidades estaba en condiciones de seguir operando rentablemente, por lo que se justificó realizar un mejoramiento (actualización) de los sistemas de control de las unidades de producción mediante controladores lógicos programables.

## ÍNDICE GENERAL

Abreviaturas	i
Tabla de símbolos	ii
Índice de figuras	iii
Índice de tablas	v
Introducción	vi
CAPÍTULO I	
1. EMPAQUETADORA CON CONTROL ELECTROMECHANICO HAYSSSEN MODELO CP-16	1
1.1. Descripción de la máquina Hayssen Modelo CP-16	1
1.2. Función de los elementos de control	4
1.3. Descripción de los circuitos de control	6
1.4. Desventajas actuales	9
CAPÍTULO II	
2. EMPAQUETADORA CON CONTROL ELECTRONICO TRANSWRAP MODELO TWD-2	10
2.1. Descripción de la máquina Transwrap Modelo TWD-2	10
2.2. Función de los elementos de control	11
2.3. Descripción de los circuitos de control	15
2.4. Desventajas actuales	21
CAPÍTULO III	
3. INTRODUCCION A LOS CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES	22
3.1. Generalidades	22
3.2. Configuración de un controlador lógico programable	25
3.3. Criterios de selección	25
3.4. Programación	27
3.5. Instalación	29
CAPÍTULO IV	
4. EQUIPOS COMPLEMENTARIOS	35
4.1. Fuentes de poder	35

4.2. Captadores de posición incrementales	37
4.3. Variadores de velocidad	39
4.4. Controladores de temperatura	43
4.5. Sensores de proximidad	46
4.6. Módulo de velocidad	47

## CAPÍTULO V

5. AUTOMATIZACION DE LA MAQUINA HAYSSSEN CP-16	51
5.1. Elaboración del diagrama de bloques	51
5.2. Función de los elementos de control	54
5.3. Descripción de los circuitos de control	56
5.4. Selección del controlador y periféricos	58
5.5. Elaboración del programa para el controlador	61
5.6. Instalación	63
5.7. Pruebas, ajustes y análisis de resultados	65
5.8. Ventajas	66

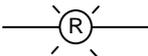
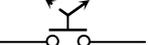
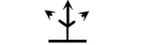
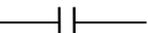
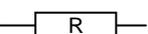
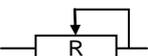
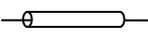
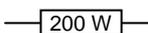
## CAPITULO VI

6. AUTOMATIZACION DE LA MAQUINA TRANSWRAP TWD-2	67
6.1. Elaboración del diagrama de bloques	67
6.2. Función de los elementos de control	70
6.3. Descripción de los circuitos de control	72
6.4. Selección del Controlador y periféricos	74
6.5. Elaboración del programa para el controlador	75
6.6. Instalación	76
6.7. Pruebas, ajustes y análisis de resultados	76
6.8. Ventajas	77
Conclusiones	78
Recomendaciones	79
Anexos	80
Bibliografía	87

## ABREVIATURAS

<b>AWG</b>	American Wire Gauge
<b>AWL</b>	Lista de instrucciones
<b>CPU</b>	Central Processing Unit
<b>DIN</b>	Instituto Alemán de Normalización
<b>ENC</b>	Encoder
<b>FUP</b>	Diagrama de funciones
<b>IGBT</b>	Insulated Gate Bipolar Transistor
<b>KOP</b>	Esquema de contactos
<b>LCD</b>	Liquid Crystal Display
<b>LED</b>	Light Emitting Diode
<b>MPI</b>	Multipoint Interface (SIMATIC S7)
<b>NA</b>	Normalmente abierto
<b>NC</b>	Normalmente cerrado
<b>NEMA</b>	National Electrical Manufacturers Association
<b>OP</b>	Operator Panel
<b>PC</b>	Personal Computer
<b>PLC</b>	Programmable Logic Controller
<b>PPI</b>	Point to Point Interface (for SIMATIC S7)
<b>RAM</b>	Random Access Memory
<b>ROM</b>	Read Only Memory
<b>TDC</b>	Top Dead Center

## TABLA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Descripción
	Luz piloto
	Breaker
	Interruptor de fin de carrera
	Pulsador de presión
	Pulsador de marcha
	Pulsador de paro
	Arrancador
	Relay de control
	Interruptor de 2 posiciones
	Interruptor de 3 posiciones
	Contacto normalmente abierto
	Contacto normalmente cerrado
	Válvula solenoide para aire
	Resistencia eléctrica
	Resistencia variable
	Foco
	Fusible
	Transformador
	Potenciómetro
	Niquelina
	Resistencia tubular

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Empaquetadora Vertical Hayssen	1
<b>Figura 2.</b>	Placa de montaje	2
<b>Figura 3.</b>	Freno auxiliar	3
<b>Figura 4.</b>	Sistema temporización por levas y micro interruptores	6
<b>Figura 5.</b>	Empaquetadora Transwrap	9
<b>Figura 6.</b>	Panel de Control Frontal	11
<b>Figura 7.</b>	Diagrama de bloques del secuenciador de estado sólido	13
<b>Figura 8.</b>	Diagrama conceptual del PLC	19
<b>Figura 9.</b>	Arquitectura general de un sistema PLC	20
<b>Figura 10.</b>	PLC de diferentes marcas	22
<b>Figura 11.</b>	Programa en esquema de contactos	24
<b>Figura 12.</b>	Programa escrito en diagrama de funciones	24
<b>Figura 13.</b>	Programa editado en lista de instrucciones	25
<b>Figura 14.</b>	Componentes básicos de un PLC S7-200	25
<b>Figura 15.</b>	Montaje de S7-200	26
<b>Figura 16.</b>	Espacio necesario para montar una CPU S7-200	26
<b>Figura 17.</b>	Configuración del OP3	29
<b>Figura 18.</b>	Fuente de poder Sitop 5 A	30
<b>Figura 19.</b>	Encoder H20	32
<b>Figura 20.</b>	Tipos de Micromaster 420	34
<b>Figura 21.</b>	Conexión del motor y la red con el convertidor	37
<b>Figura 22.</b>	Controlador Omron de temperatura E5CN	37
<b>Figura 23.</b>	Terminales de conexiones externas	39
<b>Figura 24.</b>	Termopar tipo J	39
<b>Figura 25.</b>	Sensor inductivo	40
<b>Figura 26.</b>	Conexión con un sensor de estado sólido	41
<b>Figura 27.</b>	Sensor óptico	41
<b>Figura 28.</b>	Posiciones de instalación del sensor óptico	43
<b>Figura 29.</b>	Diagrama de bloque de la máquina Hayssen	44
<b>Figura 30.</b>	Diagrama en bloque del sistema de control con PLC	45
<b>Figura 31.</b>	Conexiones del PLC	45
<b>Figura 32.</b>	Estructura del programa de una CPU S7-200	46
<b>Figura 33.</b>	Señal de sincronización	49
<b>Figura 34.</b>	PLC Siemens S7-224	50
<b>Figura 35.</b>	Dimensiones de montaje	55
<b>Figura 36.</b>	Conexión del PLC de la máquina Hayssen	56
<b>Figura 37.</b>	Conexión del PLC y Panel de Operador	56
<b>Figura 38.</b>	Diagrama de Bloques de la operación de Empaquetadora Transwrap	58
<b>Figura 39.</b>	Diagrama de bloques del sistema de control con PLC	59

<b>Figura 40</b>	Conexiones del PLC de la máquina Transwrap	59
<b>Figura 41</b>	Rango de activación de las memorias dependiendo del valor del contador rápido HC0	63

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla I.</b>	Posición de levas	7
<b>Tabla II.</b>	Paneles de operador	28
<b>Tabla III.</b>	Datos técnicos de Micromaster 420	36
<b>Tabla IV.</b>	Datos para selección Micromaster	36
<b>Tabla V.</b>	Detectores de proximidad	40
<b>Tabla VI.</b>	Definición Inicial de Intervalos	49
<b>Tabla VII.</b>	Descripción de Entradas / Salidas	50
<b>Tabla VIII.</b>	Datos técnicos de PLC Siemens	51
<b>Tabla IX.</b>	Definición inicial de intervalos para Transwrap	64

## INTRODUCCIÓN

«ECUATORIANA DE SAL Y PRODUCTOS QUIMICOS C.A. (ECUASAL) es una empresa privada, líder en el mercado, comprometida con la salud del consumidor, enfocada en la satisfacción de los requerimientos del cliente y en mantener y mejorar continuamente la calidad mediante la aplicación eficiente y eficaz de los procesos de su sistema integral de gestión, basada en el cumplimiento de las normas y leyes nacionales e internacionales con el compromiso de la Dirección y sus colaboradores».

En el área de Refinería de Ecuasal existían dos máquinas empaquetadoras que tenían deficiencias de producción por lo que se ha reemplazado los sistemas de control de cada máquina por PLC. El trabajo efectuado se lo presenta en este informe técnico.

En los dos primeros capítulos se detallan la operación de las dos máquinas empaquetadoras, indicando la función de los elementos de control y la descripción de los elementos de control. Además, se presenta las desventajas que tienen el sistema.

El capítulo tres consiste en una presentación de los conocimientos necesarios para la utilización de un PLC, tales como sus características, configuración, criterios para seleccionarlos, programación e instalación.

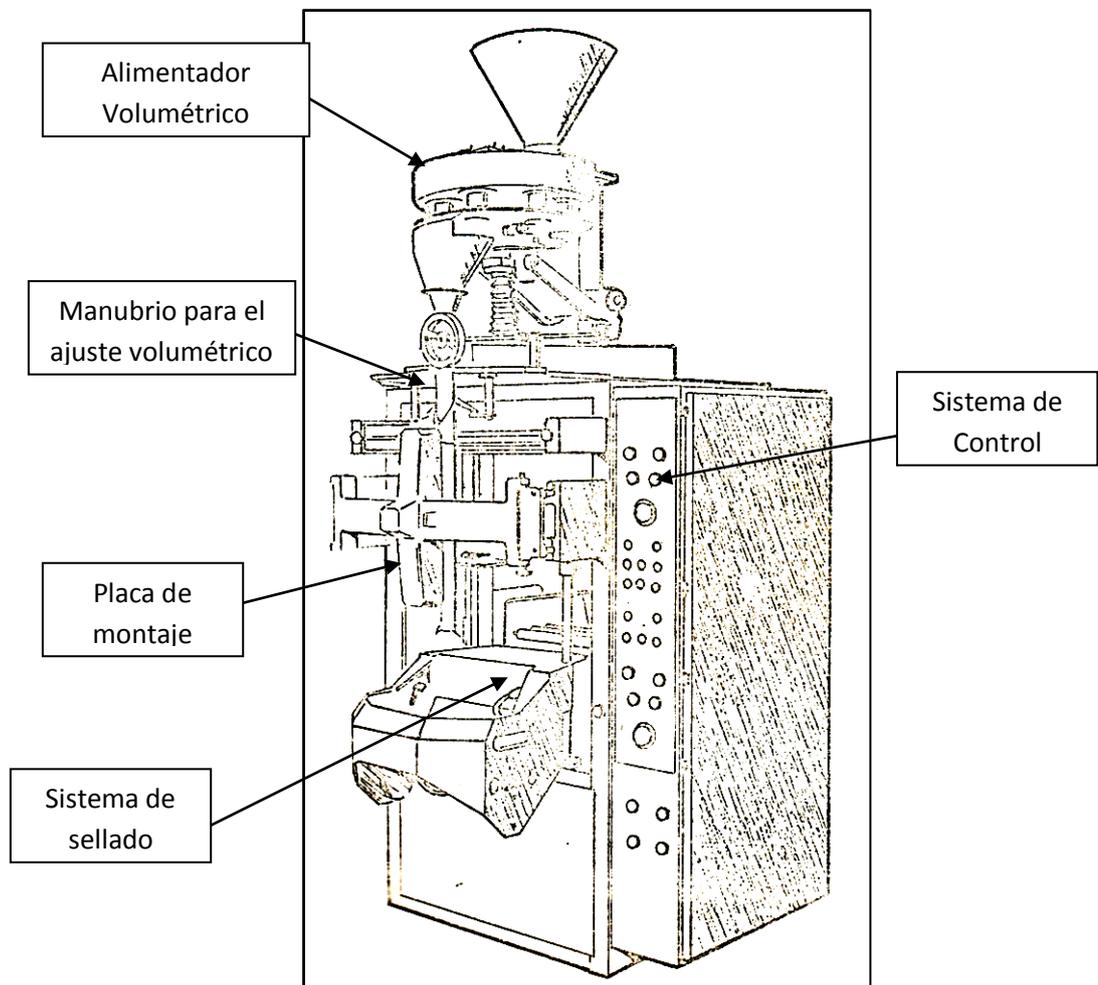
En el siguiente capítulo se incluye todos los equipos y elementos complementarios que requiere el sistema mejorado: Fuente, sensores, controlador, etc.

Para finalizar, los dos últimos capítulos son utilizados para describir la automatización de las dos empaquetadoras: Hayssen y Transwrap. Indicando, además, la instalación, las respectivas pruebas y ajustes, y las ventajas en relación con el sistema anterior.

## CAPÍTULO I

### 1. EMPAQUETADORA CON CONTROL ELECTROMECAÁNICO HAYSSEN MODELO CP-16

#### 1.1 Descripción de la máquina Hayssen Modelo CP-16

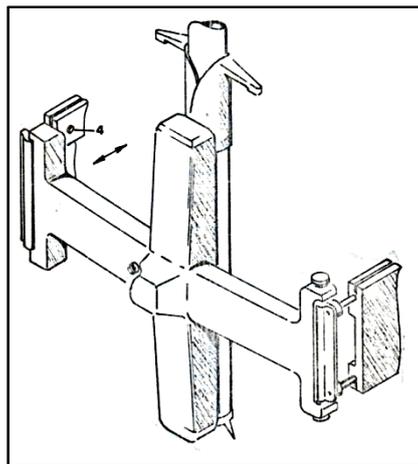


**Figura 1.** Empaquetadora Vertical Hayssen

La máquina Hayssen Modelo CP-16 es de fabricación norteamericana del año 1968. Está diseñada para aceptar un rollo de polietileno, formar una bolsa, llenarla con 1 kilo de producto, sellar la bolsa y cortarla separándola del rollo; luego repetir todo el ciclo.

Ahora bien, debido al funcionamiento cíclico de la máquina, cada operación es realizada en un punto preseleccionado dentro del ciclo de la máquina. El dispositivo que realiza esta operación y provee al operador de un medio de seleccionar los puntos en los cuales las acciones de la máquina tienen lugar es un conjunto de barra de levas e interruptores tipo fin de carrera (micro-switch).

El sellado de los extremos de la bolsa se lo realiza con un proceso térmico de sellado por impulsos. Para cortar la bolsa se usa un alambre de niquelina caliente, controlado por impulsos.

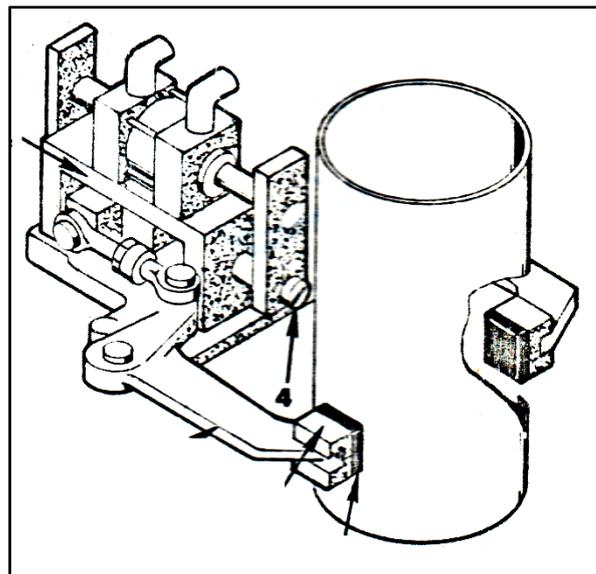


**Figura 2.** Placa de montaje

El sellado vertical se lo efectúa con un elemento de calefacción ubicado en la placa de montaje en el que se mantiene la temperatura constante mediante un termo-switch.

La máquina está equipada con un control fotoeléctrico para el corte de la bolsa según una marca en el polietileno. Puede ser usado para materiales transparentes u opacos. Cuando se opera con materiales transparentes, el ojo eléctrico ve a través de la película plástica (que es transparente) y recibe una señal de una marca impregnada en la película. Esta operación decrece la luz y abre la mordaza. Para materiales opacos, opera en modo refractivo.

Además, tiene un enclavamiento para sincronizar la máquina con el dosificador.



**Figura 3.** Freno auxiliar

El objetivo del freno auxiliar es prevenir el retroceso de la película debido a su elasticidad. El freno auxiliar es un cilindro neumático controlado por una válvula que se energiza cuando la mordaza se abre y activa el freno; cuando la mordaza se cierra, un tornillo localizado en el brazo de la guillotina tropieza el interruptor de límite montado en la caja de mordazas, esto des-energiza una válvula neumática y libera el freno, lo que permite a la película ser jalada hacia abajo por la mordaza.

## **1.2 Función de los elementos de control**

### 1.2.1 Pulsador de marcha (START).

Sirve para mover el motor principal una vez que la máquina está energizada.

### 1.2.2 Pulsador de paro (STOP).

Sirve para des-energizar todos los componentes de la máquina movidos por el motor principal.

### 1.2.3 Interruptor de mordazas.

Sirve para abrir y cerrar las mordazas manualmente.

### 1.2.4 Interruptor de freno de polietileno.

Tiene dos posiciones ON y OFF. Sirve para accionar el freno auxiliar que ejerce fuerza a la película contra el lado del tubo donde se está formando la funda. En la posición OFF el freno no activa y se puede

deslizar el polietileno en el tubo de formado. Debe estar en la posición ON para el funcionamiento de la máquina.

#### 1.2.5 Interruptor de control fotoeléctrico.

Tiene dos posiciones ON y OFF.

En la posición ON se activa la unidad de registro fotoeléctrico para detectar la marca en la bolsa. La longitud de la bolsa está determinada por la distancia entre las marcas en el rollo de polietileno.

En la posición OFF, la unidad es desactivada y la longitud de la bolsa está determinada por la carrera de la caja de mordaza. Interruptor de sellado horizontal.

#### 1.2.6 Interruptor de sellado vertical.

Sirve para energizar la resistencia para el sellado vertical de la bolsa.

#### 1.2.7 Potenciómetro de fuerza de impulso para el sello.

Sirve para controlar la potencia aplicada a la cinta de sellado.

#### 1.2.8 Potenciómetro de fuerza de impulso para el corte.

Sirve para aplicar la potencia aplicada al alambre de corte.

#### 1.2.9 Potenciómetro de tiempo de impulso.

Sirve para ajustar el tiempo de duración del pulso de sellado.

#### 1.2.10 Interruptor de hacer bolsas.

Este interruptor en la posición OFF previene que las mordazas se cierren cuando la máquina está ciclando, en la posición RUN las

mordazas podrían cerrarse cada ciclo de la máquina si se dan otras condiciones.

#### 1.2.11 Interruptor de embrague para dosificador.

Sirve para conectar y desconectar el embrague del dosificador volumétrico.

#### 1.2.12 Control de abrir mordazas.

Este control es usado para variar la ubicación de la apertura de las mordazas con relación a la posición de la caja de mordazas cuando la máquina está funcionando.

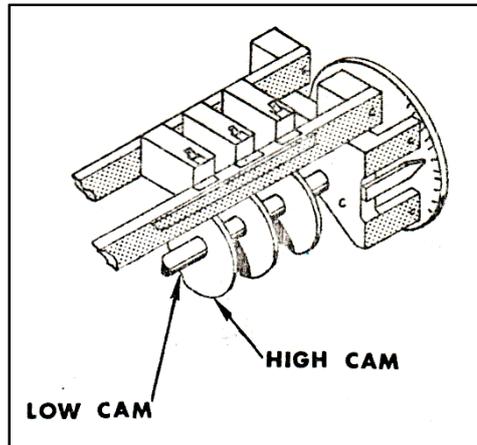
#### 1.2.13 Control para cerrar mordazas.

Este control es usado para variar la ubicación de la cerrada de las mordazas con relación a la posición de la caja de mordazas cuando la máquina está funcionando.

### **1.3 Descripción de los circuitos (elementos) de control**

#### 1.3.1 Temporización.

Se desarrolla mediante la combinación de un sistema de levas ubicadas en la cabecera de la columna de la máquina y un micro interruptor para cada leva.



**Figura 4.** Sistema temporización por levas y micro interruptores

### 1.3.2 Engranaje de distribución

Consiste en un eje de levas el cual tiene un dial en un extremo y levas distribuidas en el eje los cuales accionan interruptores tipo fin de carrera.

### 1.3.3 Dial de distribución

Es un disco dividido en 360 grados y localizados en el extremo del eje de levas.

La dirección de rotación hacia adelante es opuesta a la dirección en la cual los números sobre el dial se incrementan. Esta rotación determina la leva ALTA y la leva BAJA en la carta de distribución.

La posición cero grados en el dial se da cuando la caja de mordazas está en la posición más baja y 180 grados cuando la caja de mordazas está en la posición más alta de la carrera.

### 1.3.4 Levas de distribución

Sirve para accionar los interruptores que proporcionan señales al control de la máquina. Para levas con una ubicación de 180 grados o menos, se usa un interruptor normalmente cerrado y la ubicación tiene efecto cuando el rodillo del interruptor atraviesa sobre la posición baja de la leva. Debido a que la dirección en la cual la leva gira cuando la máquina está funcionando determina cual pendiente sube o baja el operador del interruptor; eso también determina los puntos de fijación para el LEVA ALTA y el LEVA BAJA. Para todas las levas esta dirección es la misma que la dirección de rotación del dial de distribución.

### 1.3.5 Carta de distribución

Es donde se registran las posiciones de cada una de las levas. Para la máquina Hayssen modelo CP-16 tenemos la siguiente tabla:

**Tabla I.** Posición de levas

Número de interruptor	Leva Alta	Leva Baja	Función
LS4	15 °	245 °	Restablece fotocelda
LS5	90 °	0	Vertical abre y cierra
LS8	275 °	90 °	Aire para vertical
LS7	270 °	110 °	Sello horizontal
LS10	215 °	195 °	Dosificada
LS2	–	345 °	Mordaza abre
LS3	–	110 °	Mordaza cierra

La ubicación adecuada de la leva que acciona el interruptor de cerrar las mordazas, es la más cercana al punto alto o TDC del ciclo de la máquina.

#### **1.4 Desventajas actuales**

El control de la temporización no es preciso debido a las partes mecánicas que tienden a desgastarse y pierden funcionalidad.

El sistema de ojo eléctrico tenía imperfecciones debido al polvo y suciedad del medio.

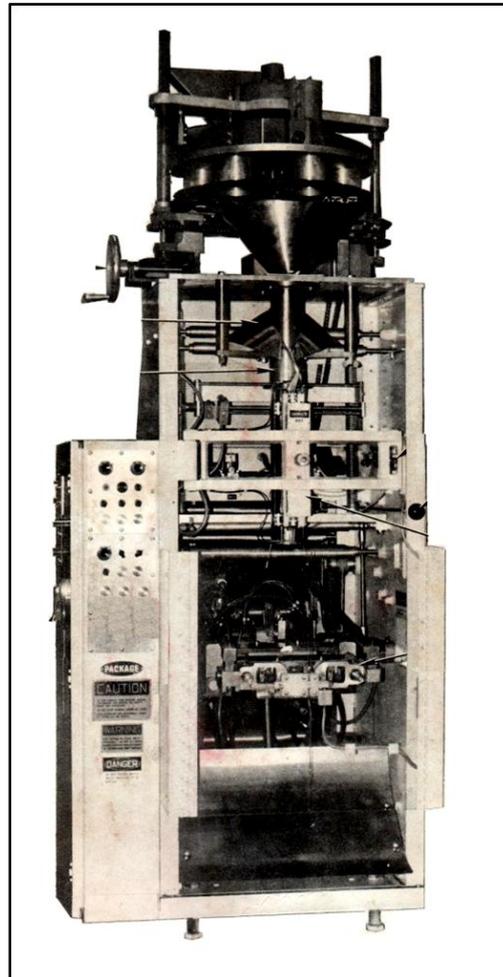
El desgaste y suciedad de los potenciómetros del panel de control.

Además, el sistema completo requiere de constante mantenimiento.

## CAPÍTULO II

### 2. EMPAQUETADORA CON CONTROL ELECTRÓNICO TRANSWRAP MODELO TWD-2

#### 2.1 Descripción de la máquina Transwrap Modelo TWD-2



**Figura 5.** Empaquetadora Transwrap

La máquina Transwrap Modelo TWD-2 es de fabricación norteamericana del año 1982. Dentro de las características de diseño, recibe un rollo de polietileno, forma una bolsa, la llena de un producto, sella la bolsa y por último, la corta separándola del rollo. Todo este proceso lo realiza de forma cíclica.

Ahora bien, debido al funcionamiento cíclico de la máquina, cada operación es realizada en un punto preseleccionado dentro del ciclo de la máquina. El dispositivo que asegura esta operación y provee al operador de un medio flexible de relacionar los puntos en los cuales las acciones de la máquina tienen lugar es el «*seleccionador de estado sólido*».

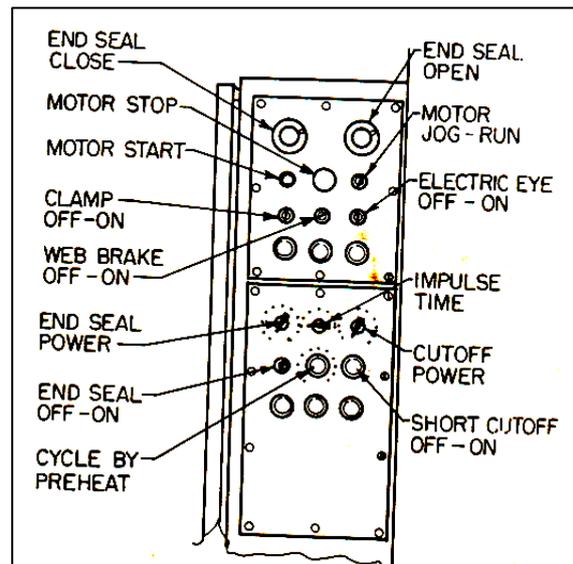
El sellado de los extremos de la bolsa se lo realiza con un proceso térmico de sellado por impulsos. El sellado vertical se lo efectúa con un elemento de calefacción en el que se mantiene la temperatura constante mediante un control electrónico. Para cortar la bolsa se usa un alambre de niquelina caliente, controlado por impulsos.

La máquina está equipada con un control fotoeléctrico para el corte de la bolsa según una marca en el polietileno. Además, tiene un enclavamiento para sincronizar la máquina con el dosificador.

## **2.2 Función de los elementos de control**

Los principales elementos de control se encuentran en el panel de operador de la máquina. Estos controles dependen del modelo de cada empaquetadora.

Algunos controles más importantes se encuentran en la Figura 6.



**Figura 6.** Panel de Control Frontal

### 2.2.1 Interruptor selector de funcionamiento.

Tiene dos posiciones: JOG y RUN. Cuando está en la posición RUN la máquina puede operar de forma continua cuando se pulsa el botón START, y puede detenerse si el botón STOP es pulsado. Cuando el selector está en posición JOG la máquina puede ciclar cuando se presiona START y se detiene cuando se lo afloja.

### 2.2.2 Pulsador de marcha (START).

Sirve para mover el motor principal una vez que la máquina está energizada.

### 2.2.3 Pulsador de paro (STOP).

Sirve para des-energizar todos los elementos de la máquina que son movidos por el motor principal.

#### 2.2.4 Botón de ciclo.

Es un pulsador tipo PUSH-PULL que sirve para que la máquina empiece a ciclar continuamente o parar de ciclar, sin desconectar el motor principal.

#### 2.2.5 Potenciómetros de abrir y cerrar mordaza.

Son potenciómetros de disco que ajustan el tiempo exacto en el que las mordazas se abren y cierran con relación al ciclo de la máquina.

#### 2.2.6 Interruptor de mordazas.

Tiene dos posiciones ON y OFF y sirve para arrancar y detener la acción de las mordazas.

#### 2.2.7 Interruptor de freno de polietileno.

Tiene dos posiciones ON y OFF. Sirve para accionar un freno impulsado por aire ubicado en el tubo de formado, opuesto a la placa sellado vertical, al mismo tiempo que está operando para producir el sellado vertical. En la posición OFF el freno no activa y se puede deslizar el polietileno en el tubo de formado. Debe estar en la posición ON para el funcionamiento de la máquina.

#### 2.2.8 Interruptor de control fotoeléctrico.

Tiene dos posiciones ON y OFF. En la posición ON se activa la unidad de registro fotoeléctrico para detectar la marca en la bolsa. La

longitud de la bolsa está determinada por la distancia entre las marcas en el rollo de polietileno. En la posición OFF, la unidad es desactivada y la longitud de la bolsa está determinada por la carrera de la caja de mordaza.

#### 2.2.9 Interruptor de sellado.

Tiene dos posiciones ON y OFF. En la posición ON se activa la unidad de control de sellado por impulso.

#### 2.2.10 Potenciómetro de fuerza de impulso para el sello.

Sirve para controlar la potencia aplicada a la cinta de sellado.

#### 2.2.11 Potenciómetro de fuerza de impulso para el corte.

Sirve para aplicar la potencia aplicada al alambre de corte.

#### 2.2.12 Potenciómetro de tiempo de impulso.

Sirve para ajustar el tiempo de duración del pulso de sellado.

#### 2.2.13 Potenciómetro de placa de sellado aplicada.

Sirve para controlar el punto dentro del ciclo de la máquina en el que un cilindro de aire actúa para poner la placa de sello vertical en contacto con el tubo de formado para producir el sellado.

#### 2.2.14 Potenciómetro placa de sellado afuera.

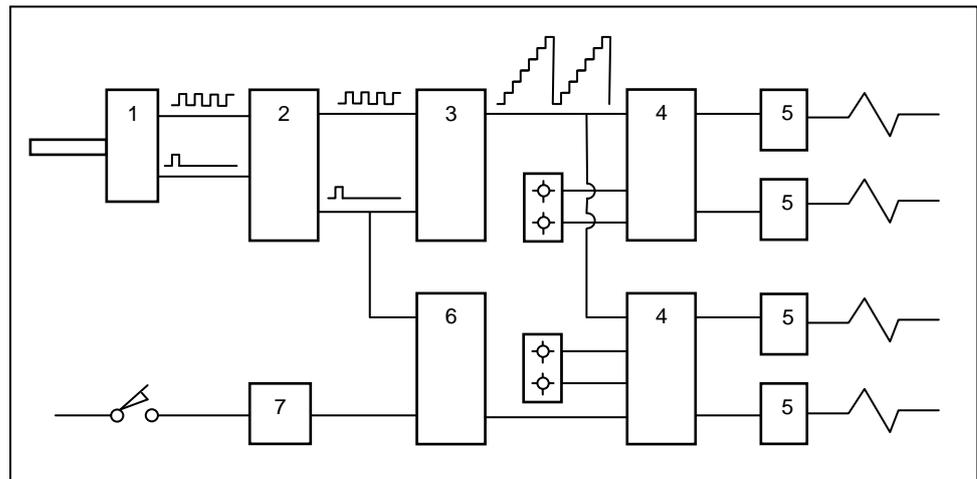
Sirve para seleccionar el punto en que el cilindro de aire actúa para mover la placa de sellado fuera del tubo de formado.

#### 2.2.15 Potenciómetro de arranque del control fotoeléctrico.

Sirve para seleccionar el punto en el ciclo de la máquina cuando la unidad de control fotoeléctrico puede recibir una señal.

## 2.3 Descripción de los circuitos de control

### 2.3.1 Secuenciador de estado sólido.



**Figura 7.** Diagrama de bloques del secuenciador de estado sólido

El *bloque 1* consiste en un encoder, que es un transductor que convierte el movimiento mecánico en una señal eléctrica, utilizado para relacionar todas las acciones de la máquina con su posición. El eje de este dispositivo está colocado de forma mecánica al eje de la máquina de tal manera que da una revolución por cada ciclo de la máquina. Así, cuando el eje de la máquina gira, el encoder produce dos señales de salida: una salida consiste en un flujo de 256 pulsos para un ciclo completo de la máquina, la otra señal de salida es un solo pulso en el punto alto (TDC) de la máquina.

En el *bloque 2* los pulsos son amplificados y pasan al siguiente bloque.

En el *tercer bloque*, el flujo de 256 pulsos es usado para producir un voltaje de rampa de 256 etapas, el cual es reiniciado por otro flujo de pulsos cada vez que la máquina pasa a través del punto TDC.

El *bloque 4* representa una tarjeta de interruptores. Estas tienen un par de interruptores-amplificadores. Cada amplificador tiene dos entradas, una de estas es el voltaje de rampa; la otra, un voltaje preseleccionado con un potenciómetro o resistencia fija. Cuando el voltaje de rampa excede el voltaje preseleccionado, el amplificador produce una salida.

Las salidas de los amplificadores son combinadas de tal manera que cuando el interruptor-amplificador arranca, un voltaje de salida se produce; pero, cuando se detiene, la salida combinada es eliminada. De esta manera, se dispone de un dispositivo que puede encender o apagar en cualquier punto dentro del ciclo de la máquina. Sin embargo, antes que la salida pase al exterior de la tarjeta, es invertida, teniendo así un modo posterior para controlar la salida de la tarjeta. La salida de esta tarjeta no es suficientemente fuerte para accionar una válvula solenoide.

El *bloque 5* es usado para elevar la potencia. Este bloque convierte la señal de corriente continua provenientes del bloque 4 en una señal de corriente alterna de mayor potencia.

En ocasiones es necesario actuar según la información recibida en el ciclo anterior, tal como hacer que la máquina cicle sin sellar la bolsa si el dosificador no ha dejado caer el producto. Esta operación es realizada por el *bloque 6*. Aquí, la posición de la entrada del dosificador es chequeado en el TDC de la máquina: si éste es ALTO, la salida asume un voltaje ALTO y viceversa. La salida permanece en tal posición hasta la próxima señal en el TDC, de esta manera provee una memoria adecuada en el sistema de control.

El *bloque 7* permite usar señales de corriente alterna como entrada de control. Convierte la señal de 110 VCA en una señal de 0 a 12 VCD.

### 2.3.2 Alimentación de encoder y controlador. (Tarjeta 6022)

Es una tarjeta que cumple las siguientes funciones:

1. Producir los 5 VCD que necesita el encoder para operar.
2. Aceptar las señales del encoder, filtrarla de ruidos para luego generar una señal tipo reloj y una señal de restablecer, las que son enviadas a la tarjeta 6033.

3. Aceptar un voltaje de arranque (S1), un voltaje de paro (E1) y una señal inhibidora (I1), las cuales son usadas para controlar el sellador vertical a través de la tarjeta 5001.
4. Proporcionar una salida complementaria a la salida (T1) de sellado vertical, la que puede ser usada para suministrar aire de enfriamiento. Se dispone de una señal inhibidora (I2) separada para inhibir el aire de enfriamiento.
5. Proporcionar un circuito inhibidor de iniciar funcionamiento, el cual inhibe todas las funciones de la máquina hasta que el pulso índice es recibido del encoder. Esto previene operaciones erróneas durante el arranque de la máquina.

#### 2.3.3 Generador de rampa-contador. (Tarjeta 6033)

Este circuito cuenta las señales de reloj de la tarjeta 6022 y genera un voltaje de rampa proporcional al número de conteo recibido desde la última señal índice. El voltaje de rampa inicia en cero voltios y aumenta hasta un valor de 4,32 voltios. Este valor es ajustado con un potenciómetro de 5 K $\Omega$  calibrado previamente y no requiere calibración posterior.

#### 2.3.4 Interruptor doble de control. (Tarjeta 6012)

Este control son dos interruptores en una sola tarjeta. Para cada interruptor se tiene un voltaje de arranque, un voltaje de para, un voltaje de rampa o de control (terminal R1) y una señal inhibidora.

Los interruptores dan una señal baja en los terminales que van a los TRIACs (tarjeta 5001) y los LEDs se encienden si se cumple las tres siguientes condiciones:

1. El voltaje de rampa es mayor que el voltaje de arranque.
2. El voltaje de rampa es menor que el voltaje de paro.
3. La señal inhibidora es alta (arriba de 7 voltios).

En cualquier otra situación, la salida permanece alta.

#### 2.3.5 Convertidor de señales de corriente directa a corriente alterna. (Tarjeta 5001)

La tarjeta es usada para convertir las señales de control de 12 VCD a señales de 110 VCA, las cuales se utilizan para manejar cargas. Emplea un acoplamiento óptico para los circuitos de corriente directa con corriente alterna. El acoplamiento óptico previene que el ruido eléctrico retorne al circuito de corriente directa. El dispositivo de salida es un TRIAC capaz de manejar hasta 3 amperios RMS sin producir calor excesivo.

#### 2.3.6 Convertidor de señales de corriente alterna a corriente directa. (Tarjeta 5004)

Convierte las señales de 110 VCA a 12 VCD. Esta tarjeta utiliza un acoplamiento óptico para mantener el ruido de las señales transcientes sobre la línea de corriente alterna, fuera de los 12 VCD.

Su operación se resume de la siguiente manera: «Cuando se aplica 110 VCA en los terminales 1 y 2, la lámpara de neón en el acoplador óptico se enciende. La foto-resistencia en dicho acoplador conecta la clavija 11 del circuito integrado 303 con ES y la lámpara se enciende. Esto produce un estado lógico BAJO en la clavija 11 lo cual obliga a la clavija 9 a arrancar y producir un estado lógico ALTO. Después de 5 milisegundos, la entrada es alcanzada y la clavija 12 podría bajar a no ser que el terminal 272 esté en un lógico bajo. El terminal 272 es por lo tanto una señal inhibidora para la operación de la tarjeta 5004. Si no hay inhibición y se aplica voltaje de corriente alterna, entonces la línea 273 da BAJO, el LED se prende y la línea 274 da un ALTO»

#### 2.3.7 Doble memoria de retención. (Tarjeta 6017)

Esta tarjeta es un equivalente del relay electromecánico de retención. Sin embargo, como característica tiene dos dispositivos de memoria en vez de uno. En el momento que recibe una señal, el contenido de la memoria puede ser transferido para usarse como señal inhibidora en el siguiente ciclo.

#### 2.3.8 Módulo de control fotoeléctrico. (Tarjeta 6026)

Esta tarjeta es usada con un interruptor fotoeléctrico tipo ojo. El circuito permite que el ojo eléctrico actúe durante el momento del ciclo de la máquina que la señal de la tarjeta interruptor 6012 lo permite. El circuito emplea un acople óptico para prevenir una

conexión a tierra de ES (común del circuito). La tarjeta de control fotoeléctrico acepta también la señal de salida del módulo de ojo y hace que el TRIAC que abre las mordazas se accione. Cuando una marca es detectada por la unidad fotoeléctrica, en la tarjeta se enciende un LED.

#### **2.4 Desventajas actuales**

El tiempo de operación y desgaste mecánico origina que el sistema de control sea ineficiente, impreciso y susceptible a continuos daños.

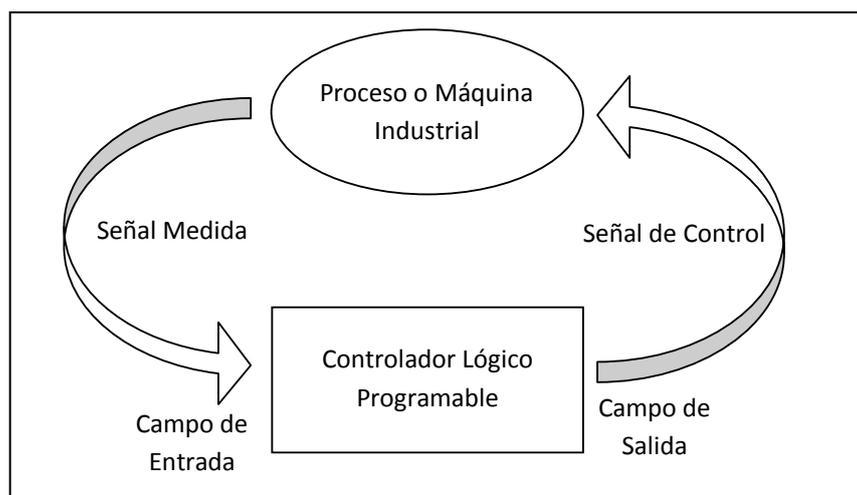
Tarjetas que se dañan constantemente. Probablemente por el tiempo de operación y el ambiente salino.

## CAPÍTULO III

### 3. INTRODUCCIÓN A LOS CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES

#### 3.1 Generalidades

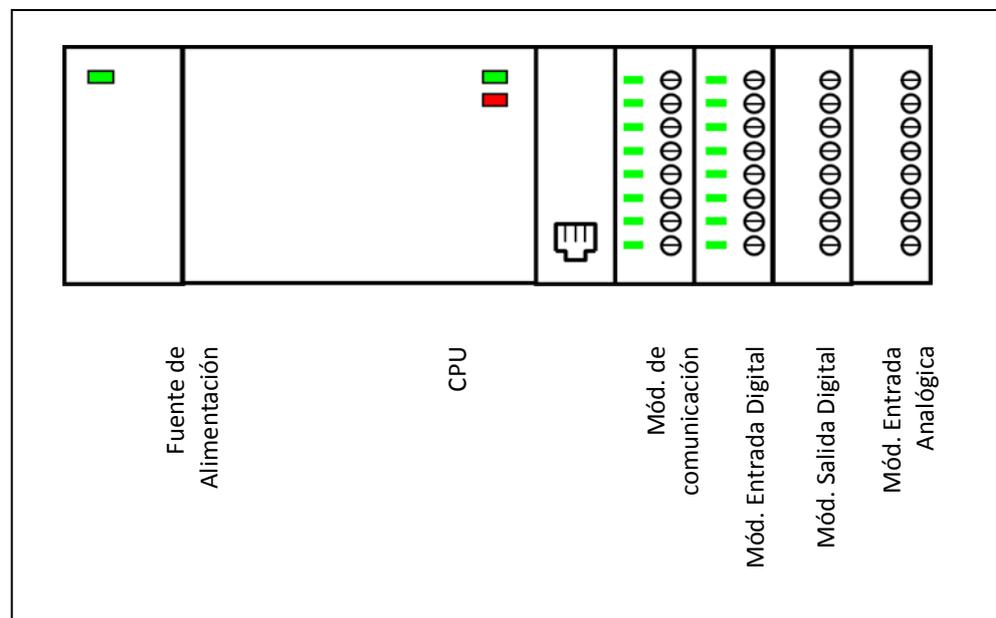
Los controladores lógicos programables (PLC de su sigla en inglés) es un computador dedicado. Recibe esta clasificación porque posee la circuitería básica de un computador (unidad de control, memorias y entradas-salidas) y son capaces de almacenar instrucciones, realizar operaciones de temporización, aritmética, conteo, manipulación de datos y efectuar comunicación con otros dispositivos y equipos.



**Figura 8.** Diagrama conceptual del PLC

Son empleados para controlar máquinas y procesos industriales. La figura 8 muestra el diagrama conceptual de la aplicación del PLC.

La arquitectura general de un PLC consiste en una unidad de CPU (Unidad Central de Proceso), unidad de entradas y salidas, unidad de comunicación y fuente de alimentación.



**Figura 9.** Arquitectura general de un sistema PLC

La *fente de alimentación* tiene la función de suministrar la energía de corriente directa debidamente regulada y la protección para las otras unidades o módulos del sistema. La mayoría de los PLC que requieren de fuente de alimentación operan con 24 Vdc. Debido a que en la industria se presentan fluctuaciones en las líneas de voltaje y frecuencia, las fuentes de alimentación de los PLC deben aceptar variaciones en la entrada de corriente

alterna alrededor del 10 al 15%. Cuando este valor de tolerancia es excedido, algunas fuentes de alimentación proporcionan un comando de apagado a la CPU.

La *Unidad Central de Proceso* CPU dispone de un microprocesador como elemento principal, y es la encargada de ejecutar el programa de control y de ordenar la transferencia entre las unidades de memoria con los módulos de entradas/salidas. Para ejecutar el programa de control, la CPU lee de la memoria la lista de instrucciones de forma secuencial, efectuando esto de manera cíclica.

La *memoria* de la CPU almacena los datos del proceso (señales de entrada y salida del proceso, variables internas de bit o de palabra, datos alfanuméricos, y contantes) y los datos necesarios para el control (programa de control y la configuración del PLC). Como todo dispositivo con microprocesador, debe de disponer de memorias ROM y RAM, cuya capacidad depende del modelo del PLC.

Los *módulos de entradas/salida*. Mediante este medio se provee la conexión física entre el CPU y los dispositivos de campo (sensores, transductores, actuadores, etc.). Las entradas y salidas del PLC son digitales o analógicas; pueden estar incluidas en la misma unidad del PLC o en módulos adicionales. Las señales digitales son de dos estados: ON y OFF. Las señales analógicas pueden ser de voltaje o corriente como lo muestra el cuadro:

Señales Analógicas	
Corriente	Voltaje
0 a 20 mA	0 a + 5 VCD
4 a 20 mA	0 a + 10 VCD ± 5 VCD ± 10 VCD

### 3.2 Configuración de un Controlador Lógico Programable

Al hablar de configuración del PLC se refiere a la estructura que adopta el sistema físico; esto es, cómo se ajustará el sistema PLC a la particularidad de un proceso. Existen dos configuraciones posibles para la unidad de control:

- *Control centralizado.* En este caso, la CPU soporta varios módulos de entrada/salida con sus respectivas interfaces. Los módulos no pueden operar de manera autónoma y queda centralizado en la CPU.
- *Control distribuido.* En esta configuración existen varios módulos con sus propias unidades de proceso. Estos módulos se conectan a la unidad maestra que gestiona de forma general todo los datos a ser intercambiados entre los módulos y unidades de proceso.

### 3.3 Criterios de selección

La selección del PLC dependerá de los siguientes factores:

- Disponibilidad en el medio, tanto del equipo, los repuestos, y la asistencia técnica. Esto definirá la marca a utilizar dentro de la gama disponible: Tememecanique, Allen Bradley, Festo, Siemens, etc.
- En una misma marca se dispone de diferentes modelos. Hay que tomar en cuenta la cantidad de memoria requerida, los tipos y cantidades de entradas y salidas, las funciones a emplearse, y el medio de comunicación.

Algunos controladores lógicos programables dependiendo de la casa comercial:

<p>Telemecanique Twido</p>  A beige, rectangular PLC unit with a blue stripe and a small display on the front panel. The word "Twido" is printed at the bottom right.	<p>Allen Bradley</p>  A dark grey, modular PLC system consisting of a main rack and several vertical modules.
<p>Festo</p>  A compact, silver-colored PLC unit with a black front panel and numerous connection points.	<p>Mitsubishi</p>  A silver-colored PLC unit with a black front panel, featuring a large terminal block and various connectors.



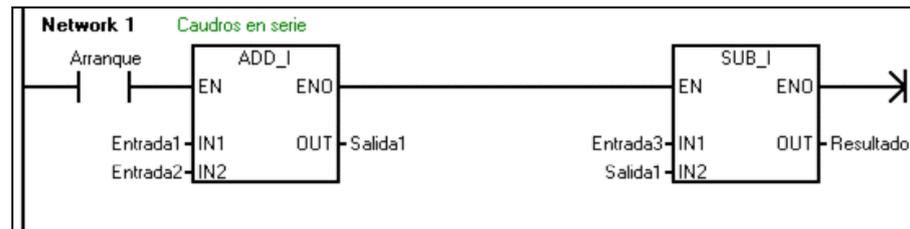
**Figura 10.** PLC de diferentes marcas

### 3.4 Programación

El editor de programación depende del tipo de PLC. Para la serie S7-200 se utiliza el “STEP7-Micro/Win” como editor de programación, y puede realizárselo en tres ambientes o lenguaje de programación: KOP, FUP y AWL.

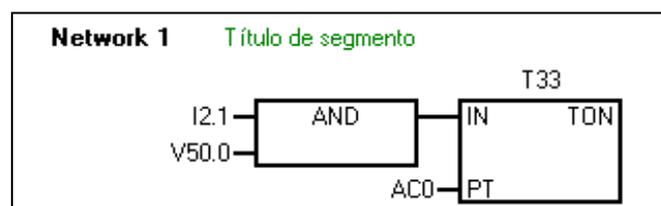
**El editor KOP** (Esquema de contactos) permite crear programas con componentes similares a los elementos de un esquema de circuitos. Los programas KOP hacen que la CPU emule la circulación de corriente eléctrica desde una fuente de alimentación, a través de una serie de condiciones lógicas de entrada que, a su vez, habilitan condiciones lógicas de salida. La lógica se divide en segmentos (Networks). El programa se ejecuta un segmento tras otro, de izquierda a derecha y luego de arriba a abajo. Tras

alcanzar la CPU el final del programa, comienza nuevamente en la primera operación del mismo.



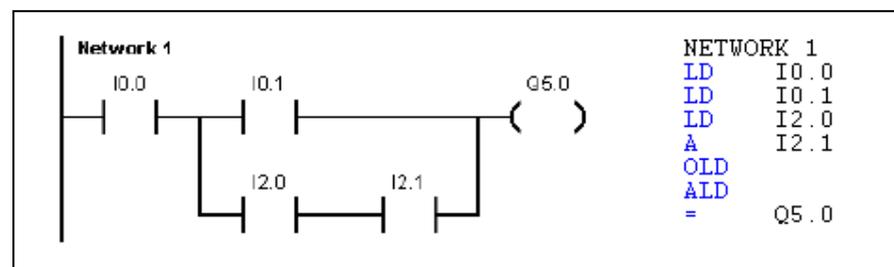
**Figura 11.** Programa en esquema de contactos

**El editor FUP** (Diagrama de funciones) permite visualizar las operaciones en forma de cuadros lógicos similares a los circuitos de puertas lógicas. En FUP no existen contactos ni bobinas como en el editor KOP, pero sí hay operaciones equivalentes que se representan en forma de cuadros. La lógica del programa se deriva de las conexiones entre esas operaciones de cuadro. Ello significa que la salida de una operación (por ejemplo, un cuadro AND) se puede utilizar para habilitar otra operación (por ejemplo, un temporizador) con objeto de crear la lógica de control necesaria. Estas conexiones permiten solucionar fácilmente numerosos problemas lógicos, al igual que con los otros editores.



**Figura 12.** Programa escrito en diagrama de funciones

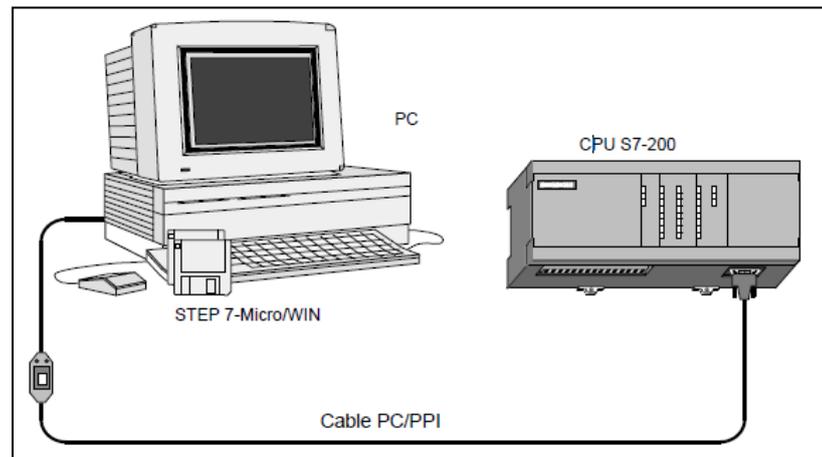
**El editor AWL** (Lista de instrucciones) permite crear programas de control introduciendo la nemotécnica de las operaciones; también permite crear ciertos programas que, de otra forma, no se podrían programar con los editores KOP ni FUP. Ello se debe a que AWL es el lenguaje nativo de la CPU, a diferencia de los editores gráficos en los que son aplicables ciertas restricciones para poder dibujar los diagramas correctamente.



**Figura 13.** Programa editado en lista de instrucciones

### 3.5 Instalación

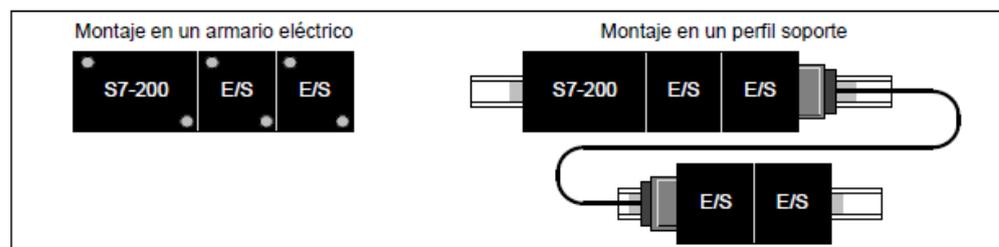
La figura 14 presenta la estructura básica de un sistema PLC, incluye un CPU S7-200, un computador y el cable de comunicación. Esta configuración es necesaria para cargar el programa en el PLC. Una vez que el programa está debidamente compilado, probado y cargado en el PLC, éste puede funcionar en el modo RUN sin la necesidad del computador.



**Figura 14.** Componentes básicos de un PLC S7-200

### Montaje físico

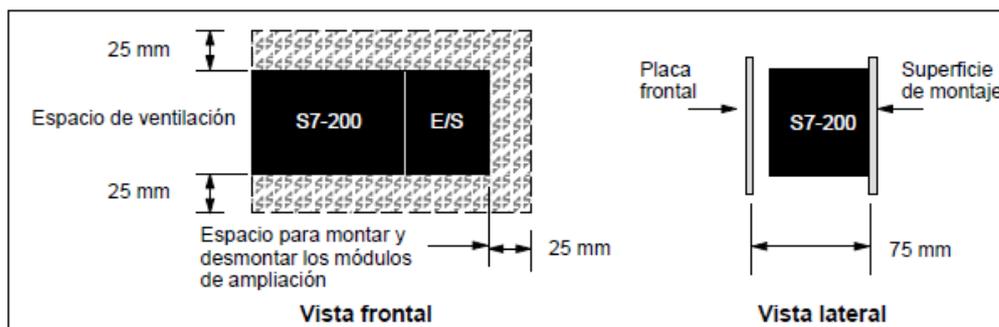
Los sistemas de automatización S7-200 se pueden disponer en un armario eléctrico o en un perfil soporte.



**Figura 15.** Montaje de S7-200

Para las CPUs S7-200 y los módulos de ampliación se ha previsto la ventilación por convección natural. Por lo tanto, se deberá dejar un margen mínimo de 25 mm por encima y por debajo de las unidades para garantizar su ventilación (v. fig. 16). El funcionamiento continuo a una temperatura ambiente máxima y con una carga muy elevada reduce la vida útil de

cualquier dispositivo electrónico. Al configurar la disposición de los módulos, prevea suficiente espacio para el cableado de las entradas y salidas, así como para las conexiones de los cables de comunicación.



**Figura 16.** Espacio necesario para montar una CPU S7-200

### Instalación eléctrica

Los puntos siguientes constituyen reglas de carácter general para la instalación y el cableado de los Micro-PLCs S7-200:

- Al cablear el Micro-PLC S7-200 es necesario respetar todos los reglamentos, códigos y normas eléctricas aplicables. Instale y utilice el equipo conforme a todas las normas nacionales y locales vigentes. Diríjase a las autoridades locales para informarse acerca de qué reglamentos, códigos o normas rigen en el lugar de instalación.

- Utilice siempre cables con un diámetro adecuado para la intensidad. Los módulos del S7-200 aceptan cables con sección de 1,50 mm<sup>2</sup> a 0,50 mm<sup>2</sup> (14 AWG a 22 AWG).
- Asegúrese de que los tornillos de los bornes no pasen de rosca. El par máximo de apriete es de 0,56 N-m.
- Utilice siempre un cable lo más corto posible (apantallado o blindado, como máximo 500 metros, sin pantalla o blindaje, 300 metros). El cableado deberá efectuarse por pares; con el cable de neutro o común apareado con un cable activo.
- Separe el cableado de corriente alterna y el cableado de corriente continua de alta tensión y rápida conmutación de los cables de señal de baja tensión.
- Identifique y disponga adecuadamente el cableado hacia los módulos S7-200; de ser necesario, prevea alivio de tracción.
- Instale dispositivos de supresión de sobretensiones apropiados en el cableado susceptible de recibir sobretensiones causadas por rayos.
- Ninguna alimentación externa deberá aplicarse a una carga de salida en paralelo con una salida de corriente continua (DC). En caso contrario puede circular corriente inversa a través de la salida a menos que se instale un diodo u otra barrera.

## Panel de operador

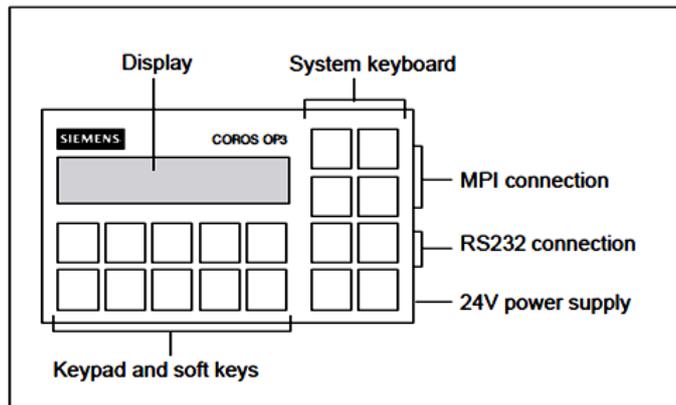
El panel de operador es un dispositivo de los controles de una máquina que permite al operador controlar los componentes de la máquina de forma manual.

**Tabla II.** Paneles de operador

	TD17	OP3	OP7
<b>Tecnología</b>			
Utilizable asociado al autómeta:	S5-90U a 135U y S5-155U, S7-200/-300/-400, M7-300@/-400@, 505, AEG Modicon, Allen Bradley, Mitsubishi, Telemecanique, OMRON, GE Fanuc	SIMATIC S7: S7-200/-300	SIMATIC S5/SIMATIC 505: S5-90U a 135U y S5-155U SIMATIC 505 SIMATIC S7, M7: S7-200/S7-300/S7-400, M7-300/-400 Otros sistemas PLC: Allen Bradley, Mitsubishi, Telemecanique, AEG Modicon, OMRON, GE Fanuc
<b>Pantalla</b>			
Tipo	De cristal líquido, retroiluminada por LED	De cristal líquido, retroiluminada por LED	De cristal líquido, retroiluminada por LED
Líneas/caracteres por línea	4 x 20 u 8 x 40	2 x 20	4 x 20
Altura de carácter en mm	11 ó 6	5	8
<b>Teclado</b>			
Tipo	De membrana	De membrana	De membrana
Teclas funcionales/teclas de sistema	-/7	-/18	8/22

El dispositivo seleccionado es el OP3. Permite la operación de los estados y valores corriente de los procesos de un PLC S7 a ser visualizado. Para ello

posee un teclado y una pantalla de visualización. Además, las entradas se pueden efectuar desde el OP3 y escribirlas en el PLC. La figura 27 muestra la configuración del OP3.



**Figura 17.** Configuración del OP3

## CAPÍTULO IV

### 4. EQUIPOS COMPLEMENTARIOS

#### 4.1 Fuentes de Poder

Fuente SITOP 5AMP entrada 120/230 VCA; salida 24 VCD. Serie: 6EP1

333- 3BA00



**Figura 18.** Fuente de poder Sitop 5A

Las fuentes de alimentación SITOP 24V/5A y 10A son equipos para montaje en conjuntos. A la hora de instalar los equipos es necesario respetar las normas DIN aplicables o las normas específicas del país correspondiente. La conexión debe efectuarse con cableado fijo en los bornes.

Fuentes conmutadas en el primario para conectar a redes monofásicas o a 2 conductores de fase de redes trifásicas (redes TN, TT o IT ( $\leq 3AC 500V$ )) con

tensión nominal 120-230V / 230V, 50/60Hz; tensión de salida +24V DC, aislada galvánicamente, protegidas contra cortocircuito y marcha en vacío.

### **Magnitudes de entrada**

Tensión nominal de entrada  $U_e$ : 120-230 / 230V-500V AC, 50/60Hz

Rango de tensión de trabajo: 85-264/176-550V

### **Magnitudes de salida**

Tensión continua de salida  $U_s$ : Ajuste de fábrica: 24V  $\pm$ 1%

Rango de ajuste: 24V a 28,8V, ajuste con potenciómetro en el frontal

Ondulación de la tensión de salida:

<50mVpp de ondulación residual

<200mVpp de picos de conmutación

Corriente continua de salida  $I_s$ : 0-5 A

### **Entorno**

Temperatura para funcionamiento: 0 a +60°C

Refrigeración natural por aire

Grado de polución 2

### **Instrucciones de montaje**

Fijación sobre el perfil normalizado DIN EN 50022-35x15/7,5. Para una refrigeración correcta la fuente debe montarse en un plano vertical de forma que los bornes de entrada y de salida queden en la parte inferior. Por encima y

por debajo de la fuente deberá dejarse un espacio libre de como mínimo 50mm.

La conexión de la tensión de alimentación (120V/230V AC) debe realizarse de acuerdo a VDE 0100 y VDE 0160. Es necesario prever un dispositivo de protección (magneto-térmico) y un dispositivo de seccionamiento para aislar de alimentación. Si la fuente funciona conectada a los conductores de fase L1 y L2 y para la protección contra contactos directos o indirectos se usa un dispositivo de protección diferencial, entonces sólo se permite un dispositivo de protección diferencial de tipo B sensible a todo tipo de corrientes.

#### **4.2 Captadores de posición incrementales**

El principio de funcionamiento de los captadores de posición incremental está en la utilización de un encoder, que consiste en un transductor rotativo que transforma un movimiento angular en una serie de impulsos digitales. El encoder incremental, por lo general, proporciona dos ondas cuadradas y desfasadas en 90° eléctricos. Una de las señales proporciona la señal correspondiente a la velocidad de rotación y sirve de información para una entrada rápida del PLC.

El H20 es un codificador extremadamente resistente (todo metálico) diseñado para una resolución de hasta 4096 ciclos por turno. Esta unidad compacta dispone de un disco resistente, cojinetes de alta resistencia, y del blindaje EMI

(Materiales para absorber, disminuir o atenuar la interferencia causada por electromagnetismo o la generada por radiofrecuencia.). El H20 se ajusta a los requisitos de la norma NEMA 4 y 13. Las aplicaciones típicas de la H20 incluyen el control de máquinas, control de procesos, maquinaria agrícola, equipos textiles, la robótica, el procesamiento de alimentos, y la medición.



**Figura 19.** Encoder H20

### **Electrical Specifications**

**Code:** Incremental

**Output Format:** 2 channels in quadrature, 1/2 cycle index gated with negative B channel as standard.

**Cycles per Shaft Turn:** 1 to 4096

**Supply Voltage:** 5 to 28 VDC available

**Current Requirements:** 100 mA typical + output load, 250 mA (max)

### **Voltage/Output:**

28V/V: Line Driver, 5–28 VDC in,  $V_{out} = V_{in}$

28V/5: Line Driver, 5–28 VDC in,  $V_{out} = 5$  VDC

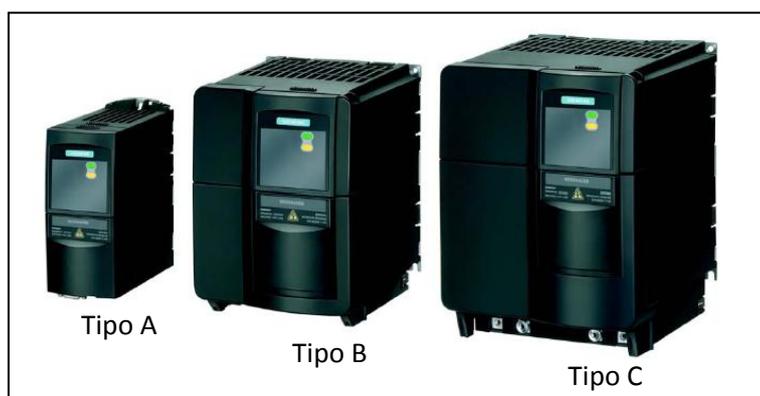
28V/OC: Open Collector, 5–28 VDC in,  $OC_{out}$

**Protection Level:** reverse, overvoltage and output short circuit

**Frequency Response:** 100 KHz

### 4.3 Variadores de velocidad

Los variadores de velocidad son dispositivos electrónicos que realizan la función de «convertidores de frecuencia» para modificar la velocidad de motores trifásicos. Estos convertidores están controlados por microprocesadores y utilizan tecnología IGBT (Transistor Bipolar de Compuerta Aislada) de última generación. Esto hace al equipo confiable y versátil.



**Figura 20.** Tipos de Micromaster 420

El convertidor empleado es el Micromaster MM420 de la casa Siemens. Este convertidor se puede usar en numerosas aplicaciones de accionamiento de velocidad variable. Es especialmente idóneo para aplicaciones con bombas, ventiladores y en manutención y transporte.

### **Características principales**

- Fácil de instalar
- Puesta en marcha sencilla
- Tiempo de respuesta a señales de mando rápido y repetible
- Amplio número de parámetros que permite la configuración de una gama extensa de aplicaciones
- Conexión sencilla de cables
- 1 relé de salida
- 1 salida analógica (0 – 20 mA)
- 3 entradas digitales NPN/PNP aisladas y conmutables
- 1 entrada analógica, ADC: 0 – 10 V  
(La entrada analógica se puede utilizar como cuarta entrada digital)
- Diseño modular para configuración extremadamente flexible
- Altas frecuencias de pulsación para funcionamiento silencioso del motor
- Información de estado detallada y funciones de mensaje integradas

### **Prestaciones**

- Control U/f
- Control de flujo corriente para una mejora de la respuesta dinámica y control del motor
- Rearranque automático

- Rearranque al vuelo
- Compensación de deslizamiento
- Freno de mantenimiento del motor
- Frenado compuesto o combinado para mejorar las prestaciones del frenado
- Prescripción de consignas a través de:
  - Entradas analógicas
  - Interface de comunicación
  - Función JOG
  - Potenciómetro motorizado
  - Frecuencias fijas
- Emisor de velocidad máxima
  - Con redondeado
  - Sin redondeado
- Control en lazo cerrado utilizando una función PI

La Tabla II presenta la características técnica resumidas del micromaster 420, y la Tabla III proporciona información necesaria para seleccionar el modelo de convertidor de acuerdo a las necesidades del proceso.

La instalación del convertidor es muy sencilla. En la figura 20 se presenta la exigencia del fabricante para la debida conexión.

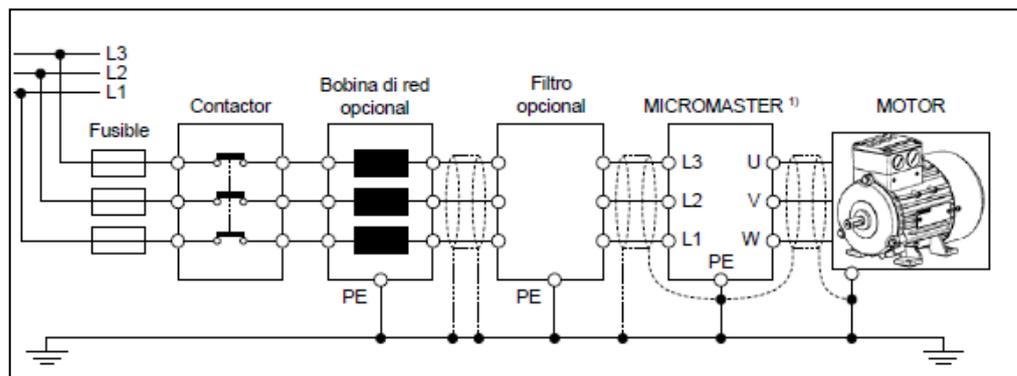
**Tabla III.** Datos técnicos de Micromaster 420

Característica	Especificación
Tensión de red en servicio y Márgenes de potencia	1 AC 200 V a 240 V $\pm$ 10 % 0,12 kW – 3,0 kW (0,16 hp – 4,0 hp) 3 AC 200 V a 240 V $\pm$ 10 % 0,12 kW – 5,5 kW (0,16 hp – 7,5 hp) 3 AC 380 V a 480 V $\pm$ 10 % 0,37 kW – 11,0 kW (0,50 hp – 15,0 hp)
Frecuencia de entrada	47 Hz a 63 Hz
Frecuencia de salida	0 Hz a 650 Hz
Factor de potencia	$\geq 0,7$
Rendimiento del convertidor	96 % a 97 %
Método de control	Control V/f lineal; Control V/f lineal con Flux Current Control (FCC); U Control V/f cuadrático; Control V/f multipunto
Entradas digitales	3, parametrizable (libre de potencial), conmutables entre activa con high/activa con low (PNP/NPN)
Entrada analógica	1, para valor de consigna o entrada PI (0 V a 10 V, escalable o utilizable como 4ª entrada digital)
Salida de relé	1, parametrizable DC 30 V / 5 A (carga resistiva), AC 250 V / 2 A (carga inductiva)
Salida analógica	1, parametrizable (0 mA a 20 mA)
Margen de temperatura	-10 °C a +50 °C (14 °F a 122 °F)

**Tabla IV.** Datos para selección Micromaster

Potencia		Corriente de entrada asignada <sup>1)</sup>	Corriente asignada de salida	Tamaño constructivo	Referencia	
kW	hp	A	A	(FS)	MICROMASTER 420 sin filtro	MICROMASTER 420 con filtro integrado clase A <sup>2)</sup>
<b>Tensión de red 1 AC 200 V a 240 V</b>						
0,12	0,16	1,4	0,9	A	6SE6420-2UC11-2AA0	6SE6420-2AB11-2AA0
0,25	0,33	2,7	1,7	A	6SE6420-2UC12-5AA0	6SE6420-2AB12-5AA0
0,37	0,50	3,7	2,3	A	6SE6420-2UC13-7AA0	6SE6420-2AB13-7AA0
0,55	0,75	5,0	3,0	A	6SE6420-2UC15-5AA0	6SE6420-2AB15-5AA0
0,75	1,0	6,6	3,9	A	6SE6420-2UC17-5AA0	6SE6420-2AB17-5AA0
1,1	1,5	9,6	5,5	B	6SE6420-2UC21-1BA0	6SE6420-2AB21-1BA0
1,5	2,0	13,0	7,4	B	6SE6420-2UC21-5BA0	6SE6420-2AB21-5BA0
2,2	3,0	17,6	10,4	B	6SE6420-2UC22-2BA0	6SE6420-2AB22-2BA0
3,0	4,0	23,7	13,6	C	6SE6420-2UC23-0CA0	6SE6420-2AB23-0CA0
<b>Tensión de red 3 AC 200 V a 240 V</b>						
0,12	0,16	0,6	0,9	A	6SE6420-2UC11-2AA0	–
0,25	0,33	1,1	1,7	A	6SE6420-2UC12-5AA0	–
0,37	0,50	1,6	2,3	A	6SE6420-2UC13-7AA0	–
0,55	0,75	2,1	3,0	A	6SE6420-2UC15-5AA0	–
0,75	1,0	2,9	3,9	A	6SE6420-2UC17-5AA0	–
1,1	1,5	4,1	5,5	B	6SE6420-2UC21-1BA0	–
1,5	2,0	5,6	7,4	B	6SE6420-2UC21-5BA0	–
2,2	3,0	7,6	10,4	B	6SE6420-2UC22-2BA0	–
3,0	4,0	10,5	13,6	C	6SE6420-2UC23-0CA0	6SE6420-2AC23-0CA0
4,0	5,0	13,1	17,5	C	6SE6420-2UC24-0CA0	6SE6420-2AC24-0CA0
5,5	7,5	17,5	22,0	C	6SE6420-2UC25-5CA0	6SE6420-2AC25-5CA0

Tensión de red 3 AC 380 V a 480 V						
0,37	0,50	1,1	1,2	A	6SE6420-2UD13-7AA0	-
0,55	0,75	1,4	1,6	A	6SE6420-2UD15-5AA0	-
0,75	1,0	1,9	2,1	A	6SE6420-2UD17-5AA0	-
1,1	1,5	2,8	3,0	A	6SE6420-2UD21-1AA0	-
1,5	2,0	3,9	4,0	A	6SE6420-2UD21-5AA0	-
2,2	3,0	5,0	5,9	B	6SE6420-2UD22-2BA0	6SE6420-2AD22-2BA0
3,0	4,0	6,7	7,7	B	6SE6420-2UD23-0BA0	6SE6420-2AD23-0BA0
4,0	5,0	8,5	10,2	B	6SE6420-2UD24-0BA0	6SE6420-2AD24-0BA0
5,5	7,5	11,6	13,2	C	6SE6420-2UD25-5CA0	6SE6420-2AD25-5CA0
7,5	10,0	15,4	19,0	C	6SE6420-2UD27-5CA0	6SE6420-2AD27-5CA0
11	15,0	22,5	26,0	C	6SE6420-2UD31-1CA0	6SE6420-2AD31-1CA0



**Figura 21.** Conexión del motor y la red con el convertidor

#### 4.4 Controladores de temperatura

El controlador E5CN dispone de una pantalla de 11 segmentos que facilitan la lectura del texto. El transductor puede ser a termopar o termo-resistencia de platino.



**Figura 22.** Controlador Omron de temperatura E5CN

## **Especificaciones**

Tensión de alimentación: 100 a 240 Vca, 50/60 Hz.

Consumo: 7,5 VA máx.

Entrada de sensor:

Temopar: K, J, T, E, L, U, N, R, S o B

Termo-resistencia de platino: Pt100 o JPt100

Entrada de corriente: 4 a 20 mA, 0 a 20 mA

Entrada de voltaje: 1 a 5 V, 0 a 5 V, 0 a 10 V

Salida de control:

Salida de relé: 250 Vca, 3 A

Salida de tensión: 12 Vcc, 21 mA máx.

Salida de corriente: 4 a 20 mA, 0 a 20 mA; carga de 600  $\Omega$  máx.

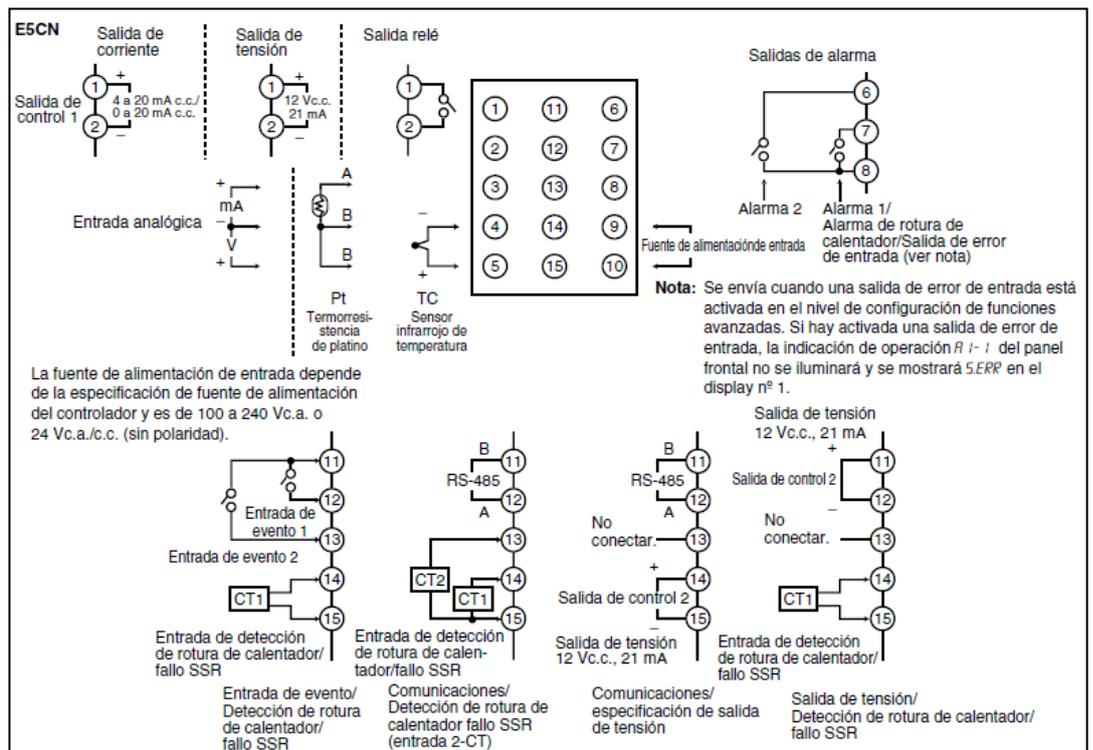
Método de control: Control ON/OFF; 2-PID

Temperatura de ambiente de servicio: -10 a 55 °C

## **Conexiones externas**

- Una salida de tensión (salida de control) no está aislada eléctricamente de los circuitos internos. Cuando se utilice un termopar conectado a masa, no conecte a masa ninguno de los terminales de salida de control para evitar errores en los valores de temperatura medidos provocados por la corriente de fuga.
- Se aplica aislamiento estándar entre cualquiera de los siguientes elementos: terminales de fuente de alimentación, terminales de

entrada, terminales de salida y terminales de comunicaciones (para modelos con comunicaciones). Si se precisa aislamiento reforzado, aplique aislamiento adicional, como distancia de separación o aislamiento de material según se define en IEC 60664, adecuado para la tensión de operación máxima.



**Figura 23.** Terminales de conexiones externas

### Termopar empleado:

Marca: Bolt-On Washer

Tipo: J

Modelo de 300 mm: WT J - 14 - 12

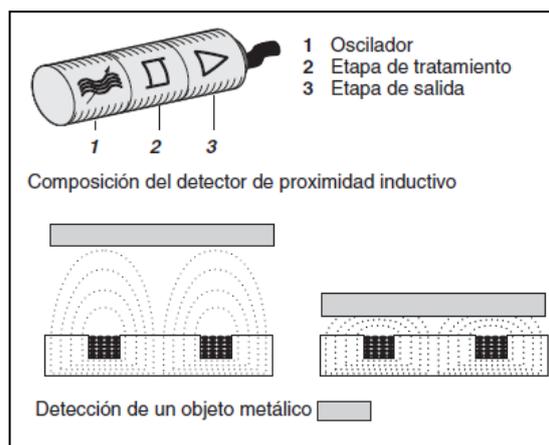
Un termopar versátil que se monta fácilmente a una variedad de superficies.



**Figura 24.** Termopar tipo J

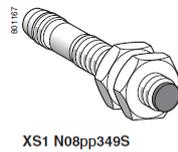
#### 4.5 Sensores de proximidad inductivo

Un detector inductivo detecta exclusivamente objetos metálicos. Se compone básicamente de un oscilador cuyos bobinados constituyen el lado sensible. Delante de este se crea un campo magnético alternativo. Cuando se coloca una pantalla metálica en el campo magnético del detector, las corrientes inducidas constituyen una carga adicional que provoca la parada de las oscilaciones. De acuerdo al formato, se genera una señal de salida correspondiente a un contacto de cierre NA o de apertura NC.



**Figura 25.** Sensor inductivo

**Tabla V.** Detectores de proximidad



XS1 N08pp349S

**Ø 18, roscado M18 × 1**

10	NA	PNP	Por cable 2 m (1)	XS1 N18PA349	0,100
			Conector M12	XS1 N18PA349D	0,040
		NPN	Por cable 2 m (1)	XS1 N18NA349	0,100
			Conector M12	XS1 N18NA349D	0,040
	NC	PNP	Por cable 2 m (1)	XS1 N18PB349	0,100
			Conector M12	XS1 N18PB349D	0,040
		NPN	Por cable 2 m (1)	XS1 N18NB349	0,100
			Conector M12	XS1 N18NB349D	0,040



XS1 Npppp349D

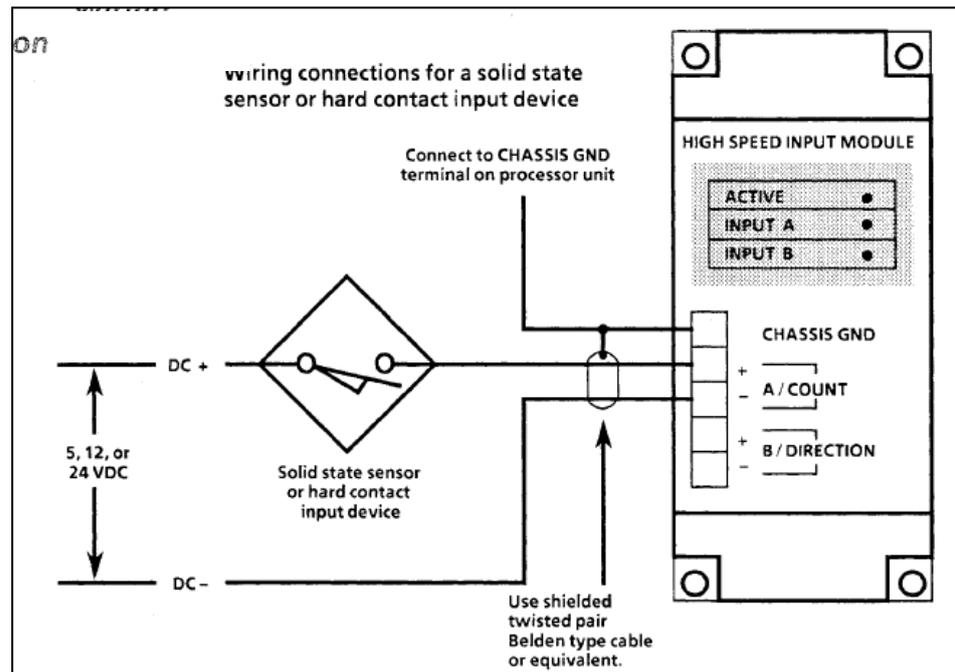
**Ø 30, roscado M30 × 1,5**

20	NA	PNP	Por cable 2 m (1)	XS1 N30PA349	0,160
			Conector M12	XS1 N30PA349D	0,100
		NPN	Por cable 2 m (1)	XS1 N30NA349	0,160
			Conector M12	XS1 N30NA349D	0,100
	NC	PNP	Por cable 2 m (1)	XS1 N30PB349	0,160
			Conector M12	XS1 N30PB349D	0,100
		NPN	Por cable 2 m (1)	XS1 N30NB349	0,160
			Conector M12	XS1 N30NB349D	0,100

#### 4.6 Módulo de velocidad

El módulo de entrada de alta velocidad (HSI – High Speed Input) permite al procesador SLC 150 (PLC Allen Bradley) aceptar señales hasta los 5 KHz. Una variedad de niveles de voltaje y retardo de tiempo son seleccionados mediante dip switches.

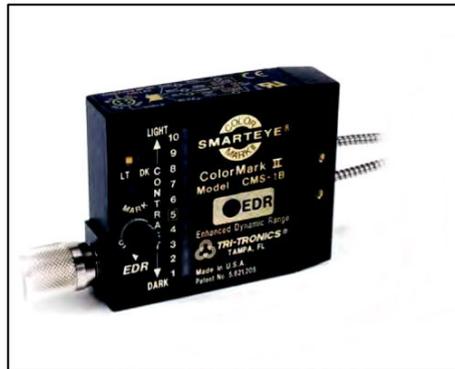
El modulo de entrada de alta velocidad sólo puede ser usado con el procesador SLC 150.



**Figura 26.** Conexión con un sensor de estado sólido

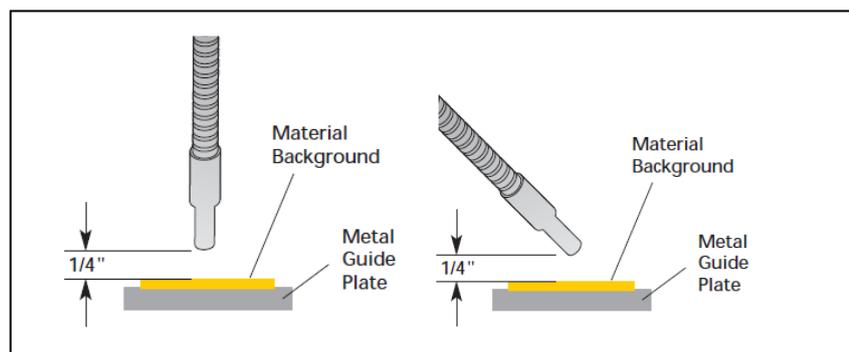
### Sensor óptico

Este sensor tiene la habilidad de percepción de color con una velocidad de respuesta muy alta. La tarea específica de un detector fotoeléctrico registro de marca tiene por objeto responder a las marcas de registro impresas en material de embalaje a medida que pasan a través del haz de luz del sensor. La salida del sensor debe cambiar cuando la marca llega precisamente en la posición en la que se debe producir la función de control.



**Figura 27.** Sensor óptico

La posición que se coloca el sensor con respecto al material puede ser perpendicular o con una inclinación de 45°.



**Figura 28.** Posiciones de instalación del sensor óptico

### Specifications

#### Supply voltage

- 12 to 24 VDC
- Polarity Protected

#### Current requirements

- 85 mA (exclusive of load)

**Output transistor**

- (1) NPN and (1) PNP output transistor
- NPN: Sink up to 150 mA
- PNP: Source up to 150 mA
- Momentary short circuit protected
- Output transistors turn “ON” when mark is in view
- Anti-pulsing on power-up

**Response time**

- Minimum duration of input event:
- Light state response: 50 microseconds
- Dark state response: 140 microseconds
- Leading edge variation: less than 20 microseconds

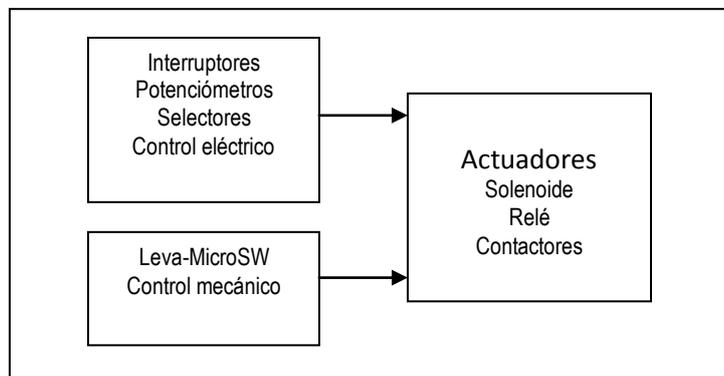
**Hysteresis**

- Less than 400 millivolts for maximum sensitivity and resolution

## CAPÍTULO V

### 5. AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA HAYSEN CP-16

La máquina electromecánica Hayssen se la puede representar por el siguiente diagrama de bloques:



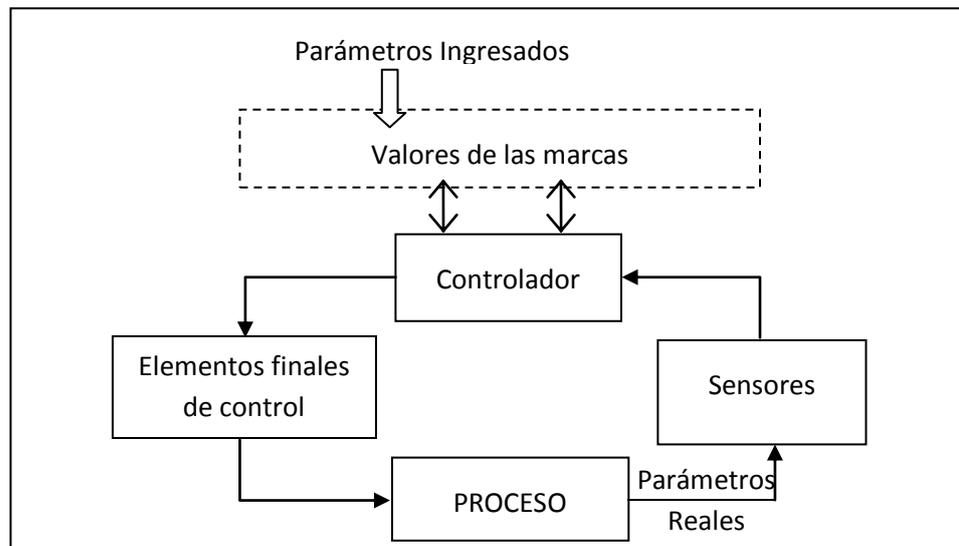
**Figura 29.** Diagrama de bloque de la máquina Hayssen

La parte que fue automatizada mediante un PLC fue el sistema de Levas y micro-interruptores.

#### 5.1 Elaboración del diagrama de bloque

El sistema de control, debido a las necesidades de operación de la máquina, es semiautomático. Se utilizaron la mayoría de los controles del Panel de Control de la máquina empaquetadora. Los cuáles serán comandados por el programa del PLC.

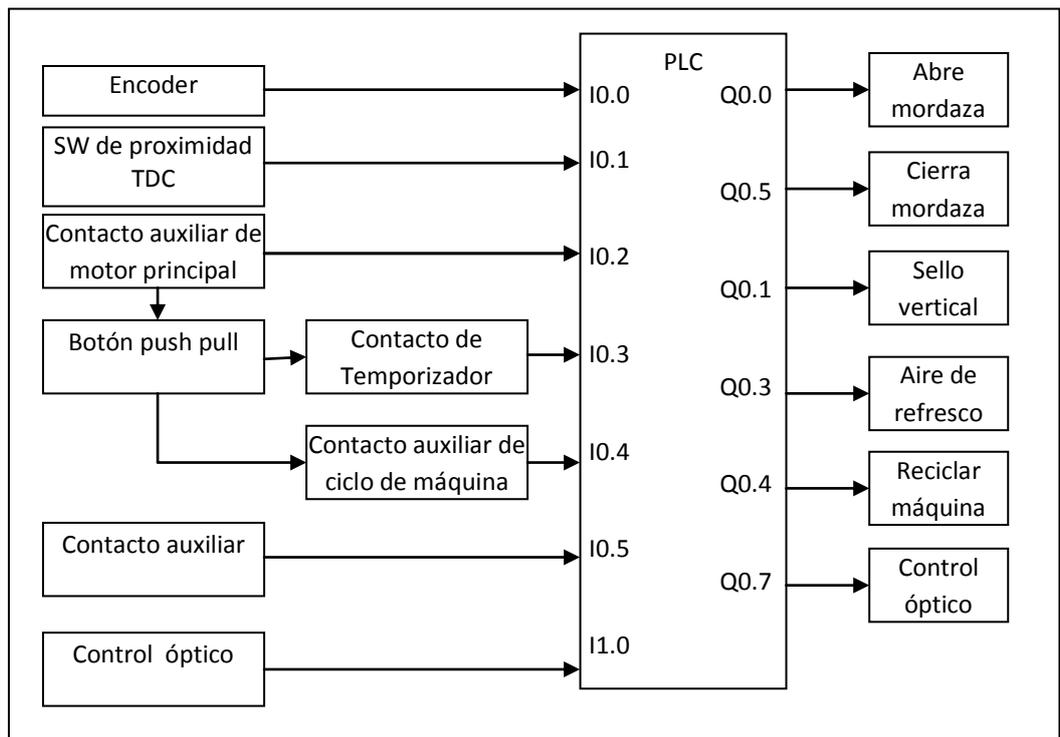
El sistema de control mediante PLC está representado por la figura 30. En el bloque «Sensores» están incluidos el encoder, el ojo eléctrico y el sensor fin de ciclo (TDC). El bloque «Elemento final de control» consiste en las válvulas solenoide. «Parámetros ingresados» corresponde a los valores que se definen mediante el OP3 (panel de operador).



**Figura 30.** Diagrama en bloque del sistema de control con PLC

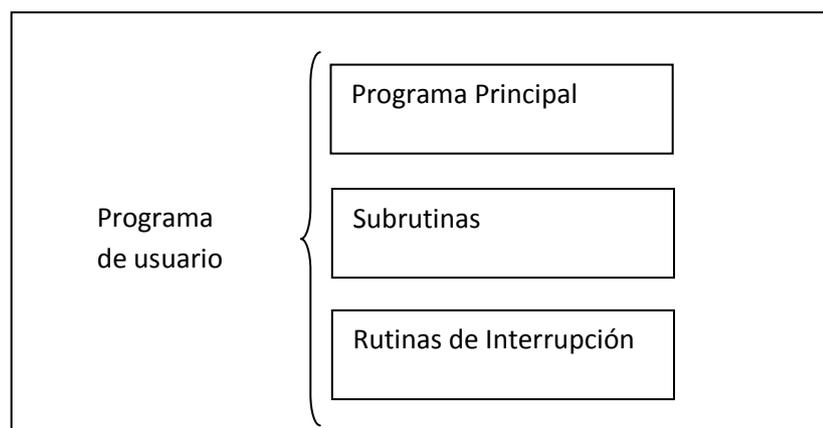
La figura 30 determina las conexiones del PLC con el sistema de control.

Mayor detalle se presenta en el **Anexo 3**.



**Figura 31.** Conexiones del PLC

Ahora bien, los programas para la CPU S7-200 se componen de tres partes básicas: el programa principal, las subrutinas y las rutinas de interrupción. Como muestra la figura 32, un programa S7-200 se estructura mediante los siguientes elementos:



**Figura 32.** Estructura del programa de una CPU S7-200

**Programa Principal:**

- Rutinas de inicialización para definir los parámetros del contador rápido.
- Definición de Valores Iniciales de la Tabla.
- Llama a subrutinas.

**Subrutinas:**

- Subrutina 5: Compara los valores del contador rápido con la tabla «Definición inicial de intervalos», para activar o desactivar memorias variables tipo bit (V).
- Subrutina 7: Programa de control.

**Rutinas de Interrupción:**

- Interrupción 0: Requerimientos para operar con contador HC0
- Interrupción 4: Requerimientos para operar con contador HC0

**5.2 Función de los elementos de control**

## 5.2.1. Pulsador de marcha (START).

Sirve para mover el motor principal una vez que la máquina está energizada.

## 5.2.2. Pulsador de paro (STOP).

Sirve para des-energizar todos los componentes de la máquina movidos por el motor principal.

## 5.2.3. Interruptor de freno de polietileno.

Tiene dos posiciones ON y OFF. Sirve para accionar el freno auxiliar que ejerce fuerza a la película contra el lado del tubo donde se está formando la funda. En la posición OFF el freno no activa y se puede deslizar el polietileno en el tubo de formado. Debe estar en la posición ON para el funcionamiento de la máquina.

#### 5.2.4. Interruptor de control fotoeléctrico.

Tiene dos posiciones ON y OFF. En la posición ON se activa la unidad de registro fotoeléctrico para detectar la marca en la bolsa. La longitud de la bolsa está determinada por la distancia entre las marcas en el rollo de polietileno. En la posición OFF, la unidad es desactivada y la longitud de la bolsa está determinada por la carrera de la caja de mordaza.

#### 5.2.5 Interruptor de sellado horizontal.

Tiene dos posiciones ON y OFF. En la posición ON se activa la unidad de control de sellado y corte por impulso.

#### 5.2.5. Interruptor de sellado vertical.

Sirve para energizar la resistencia para el sellado vertical de la bolsa.

#### 5.2.6. Potenciómetro de fuerza de impulso para el sello.

Sirve para controlar la potencia aplicada a la cinta de sellado.

#### 5.2.7. Potenciómetro de fuerza de impulso para el corte.

Sirve para aplicar la potencia aplicada al alambre de corte.

#### 5.2.8. Potenciómetro de tiempo de impulso.

Sirve para ajustar el tiempo de duración del pulso de sellado.

#### 5.2.9. Interruptor de hacer bolsas.

Este interruptor en la posición OFF previene que las mordazas se cierren cuando la máquina está ciclando, en la posición RUN las mordazas podrían cerrarse cada ciclo de la máquina si se dan otras condiciones.

#### 5.2.10. Interruptor de embrague para dosificador.

Sirve para conectar y desconectar el embrague del dosificador volumétrico.

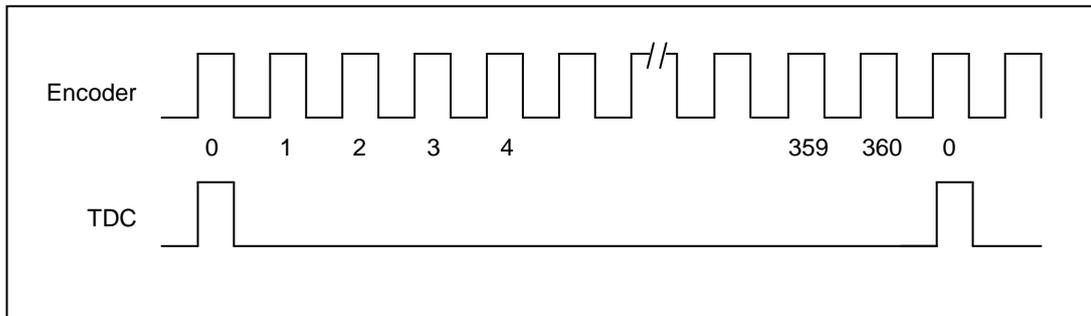
### **5.3 Descripción de los circuitos de control**

#### 5.3.1. Contador rápido

El sistema está sincronizado mediante el encoder incremental seleccionado. Este proporciona una onda rectangular en la salida con una respuesta de frecuencia de 100 KHz.

#### 5.3.2. Switch de proximidad.

Utilizado para proporcionar el pulso de reinicialización, a fin de que empiece a contar el contador rápido. Junto con el contador rápido, la señal del encoder, sincronizan el sistema (Figura 33).



**Figura 33.** Señal de sincronización

### 5.3.3. Carta de distribución.

Los valores son similares a los empleados en la Tabla 1 de posición de las levas:

**Tabla VI.** Definición Inicial de Intervalos

Mín	Máx	Función
15 °	245 °	Restablece fotocelda
90	0	Vertical abre y cierra
275	90	Aire para vertical
270	110	Sello horizontal
215	195	Dosificada
–	345	Mordaza abre
–	110	Mordaza cierra

5.3.4. Controlador lógico programable PLC Es el dispositivo que recibirá las señales de estos circuitos de control



**Figura 34.** PLC Siemens S7-224

#### 5.4 Selección del controlador y periféricos

Una vez seleccionado la marca del PLC, la casa comercial SIEMENS, es necesario definir el modelo. Lo que dependerá de las necesidades de entradas y salidas, analógicas y discretas, tamaño de memoria, tipo de comunicación, tipo de temporizadores requeridos, etc. Por lo que se ha desarrollado la siguiente tabla:

**Tabla VII.** Descripción de Entradas / Salidas

##### Entradas discretas

No.	TIPO	DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN
1	DIG	Encoder incremental	I 0.0
2	DIG	Switch de proximidad	I 0.1
3	DIG	Contacto auxiliar de Motor	I 0.2
4	DIG	Interruptor PB1 y Contacto de Temporizador TD1L	I 0.3

5	DIG	Interruptor PB1 y Contacto de CR5	I 0.4
6	DIG	Contacto de RE	I 0.5
7	DIG	Control óptico	I 1.0

### Salidas discretas

No.	TIPO	DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN
1	RELÉ	Solenoide para abrir mordaza	Q 0.0
2	RELÉ	Solenoide de sello vertical	Q 0.1
3	RELÉ	Solenoide de aire fresco	Q 0.3
4	RELÉ	Relé CR5	Q 0.4
5	RELÉ	Solenoide de cerrar mordaza	Q 0.5
6	RELÉ	Control óptico	Q 0.7

Se requiere de por lo menos 7 entradas digitales y 6 salidas digitales. Es conveniente considerar la expansión y la posibilidad de que las salidas digitales se dañen. Por lo que se seleccionó el S7-224 (vea Figura 31). Suficiente con un puerto de comunicación para el OP3 y las funciones son las respectivas para la programación.

**Tabla VIII.** Datos técnicos de PLC Siemens

Modelo de CPU	Alimentación (nominal)	Entradas digitales	Salidas digitales	Puertos COM	Entradas analógicas	Salidas analógicas	Bloque de terminales extraíble
CPU 221	24 V c.c.	6 x 24 V c.c.	4 x 24 V c.c.	1	No	No	No
CPU 221	120 a 240 V c.a.	6 x 24 V c.c.	4 salidas de relé	1	No	No	No
CPU 222	24 V c.c.	8 x 24 V c.c.	6 x 24 V c.c.	1	No	No	No
CPU 222	120 a 240 V c.a.	8 x 24 V c.c.	6 salidas de relé	1	No	No	No
CPU 224	24 V c.c.	14 x 24 V c.c.	10 x 24 V c.c.	1	No	No	Sí
CPU 224	120 a 240 V c.a.	14 x 24 V c.c.	10 salidas de relé	1	No	No	Sí
CPU 224XP	24 V c.c.	14 x 24 V c.c.	10 x 24 V c.c.	2	2	1	Sí
CPU 224XP	120 a 240 V c.a.	14 x 24 V c.c.	10 salidas de relé	2	2	1	Sí
CPU 226	24 V c.c.	24 x 24 V c.c.	16 x 24 V c.c.	2	No	No	Sí
CPU 226	120 a 240 V c.a.	24 x 24 V c.c.	16 salidas de relé	2	No	No	Sí

Tomado del Manual de Siemens

#### Características generales del PLC Siemens S7-224

- 14 entradas y 10 salidas digitales
- 1 puerto de comunicación RS-485
- 8 Kbyte de datos de usuario
- 8/12 Kbyte de memoria de programa
- 6 contadores rápidos a 30 KHz
- 256 temporizadores en total
- 256 contadores
- 256 marcas internas
- 2 potenciómetros analógicos con resolución de 8 bits
- 1 enlace MPI para conectar OP

- Programación en lenguaje de escales o lista de instrucciones

### 5.5 Elaboración del programa para el controlador

La operación del proceso está sincronizada con la información proporcionada por el encoder incremental, conectado a la entrada rápida del PLC. Los valores obtenidos son comparados con una tabla de datos: Definición inicial de intervalos (vea Tabla VI). Estos valores pueden ser modificados mediante el OP3 de acuerdo a las exigencias del proceso.

El valor del encoder es registrado en un área de memoria variable VD que al estar dentro del rango indicado por la Tabla VI, activa otra memoria tipo bit.

Las intrucciones quedan de la siguiente forma:

<pre> <b>Network 1</b> LD  SM0.0 MOVD HC0, VD78 LD  SM0.0 AD&gt;= VD78, VD10 S   V100.0, 1 LD  SM0.0 AD&gt;= VD78, VD14 R   V100.0, 1 </pre>	}	<p><b>Comentario:</b>          Cuando VD78 está entre 330 (mínimo) y 350 (máximo), V100.0 se activa (estado ALTO), cuando sale del rango, la memoria se desactiva (BAJO).</p>
--	---	---

La lógica de control se desarrolló con la siguiente lista de instrucciones:

```

Network 1
LD  I0.2           // Confirmación de Motor
LD  I1.0           // Control óptico
O   V100.0
ALD
S   Q0.0, 1       // → ACTIVA UNCLAMP

```

```

Network 2
LD  Q0.0           // ← UNCLAMP
TON  T37, +4      // Define tiempo de activación de UNCLAMP

Network 3
LD  T37
R   Q0.0, 1       // → DESACTIVA UNCLAMP

Network 4
LD  V100.5
S   Q0.7, 1
Network 5
LD  Q0.0
R   Q0.7, 1
}
} Habilita control de ojo fotoeléctrico

Network 6
LD  I0.3           // Temporizador TD1L
A   V300.0
=   Q0.1          // → ACTIVA SELLO VERTICAL

Network 7
LD  V300.1
A   V100.3
=   V300.0

Network 8
LD  V300.2
S   V300.1, 1

Network 9
LD  I0.1           // Señal TDC
EU
R   V300.1, 1

Network 10
LD  SM0.0
S   V300.2, 1

Network 11
LD  V100.6
R   V300.2, 1

Network 12
LD  I0.3           // Contacto auxiliar de TD1L
AN  Q0.1
A   V300.1
=   Q0.3          // → ACTIVA AIRE

Network 13
LD  I0.4           // Ciclo de máquina
A   V100.1
=   Q0.5          // → ACTIVA MORDAZA (CLAMP)

```

**Network 14**

LD I0.5

S Q0.4, 1

// → ACTIVA RELÉ CR5

**Network 15**

LD I0.1

EU

AN I0.5

R Q0.4, 1

// Señal TDC

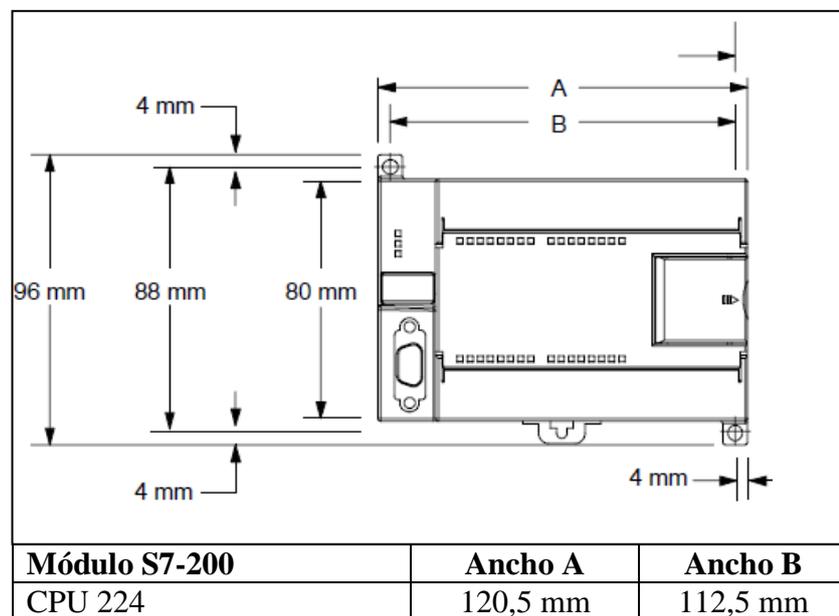
// → DESACTIVA RELÉ CR5

**5.6 Instalación**

El PLC S7-200 se ha montado en un raíl DIN, tomando en consideración las dimensiones del tipo de PLC (vea Figura 34).

Además, se presenta la conexión general del PLC con el OP3 (Figura 35).

Las conexiones eléctricas definitivas al PLC están definidas en el Anexo 3.

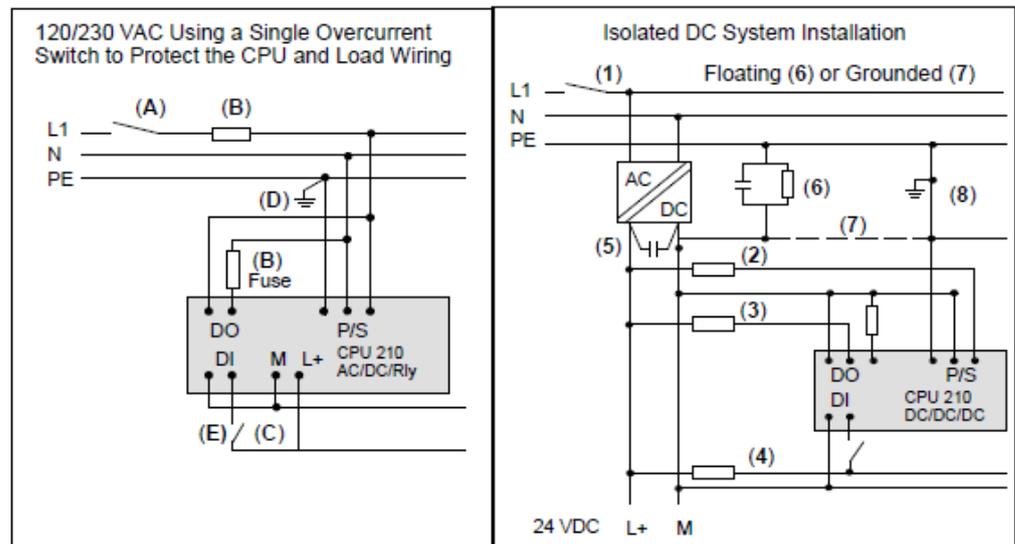


Tomado del Manual de Siemens

**Figura 35.** Dimensiones de montaje

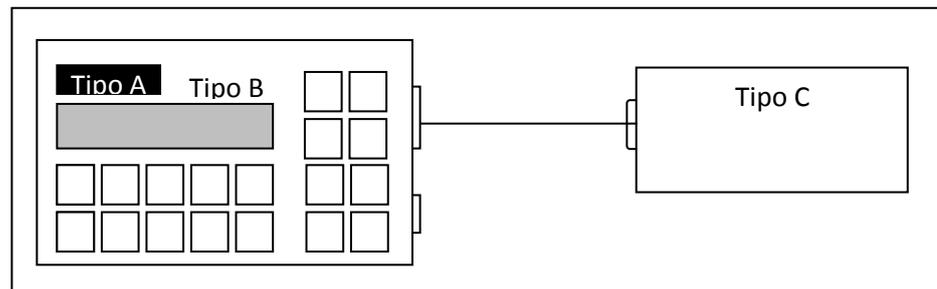
Conforme a las exigencias del Manual de Siemens s7-200 se presentan las reglas de carácter general para instalaciones con corriente alterna.

- Instale un interruptor unipolar (1) para cortar la alimentación de la CPU, todos circuitos de entrada y todos circuitos de salida (la carga).
- Prevea dispositivos de sobrecorriente (2) para proteger la alimentación de la CPU, las salidas y las entradas. Para mayor protección es posible instalar un fusible en cada salida. No se precisa protección de sobrecorriente externa para las entradas si se utiliza la fuente de alimentación de 24 VDC para sensores (3) integrada en el Micro-PLC. Esta fuente para sensores está protegida contra cortocircuitos.
- Conecte todos los terminales de tierra del S7-200 por el camino más corto a tierra (4) para obtener el mayor nivel posible de inmunidad a interferencias. Es recomendable conectar todos los terminales de masa a un solo punto eléctrico. Para establecer esta conexión, utilice un cable con un sección de 14 AWG ó 1,5 mm<sup>2</sup>.
- La fuente de alimentación DC para sensores integrada en el módulo base puede usarse también para alimentar las entradas de dicho componente (5), las entradas DC de ampliación (6) y las bobinas de los relés del módulo de ampliación (7). Esta fuente para sensores está protegida contra cortocircuitos.



Tomado del Manual de Siemens

**Figura 36.** Conexión del PLC



**Figura 37.** Conexión del PLC y Panel de Operador

## 5.7 Pruebas, ajustes y análisis de resultados

Las pruebas preliminares se efectuaron con las funciones que ayudan a comprobar y observar el programa, que posee el STEP 7 Micro/WIN.

Además, en la etapa preliminar se empleó el simulador de PLC Siemens.

Los valores definitivos de Tabla de intervalos para comparar con el contador rápido se lo obtuvieron mediante el método «prueba-error». Estos valores son ingresados mediante el OP3.

### **5.8 Ventajas**

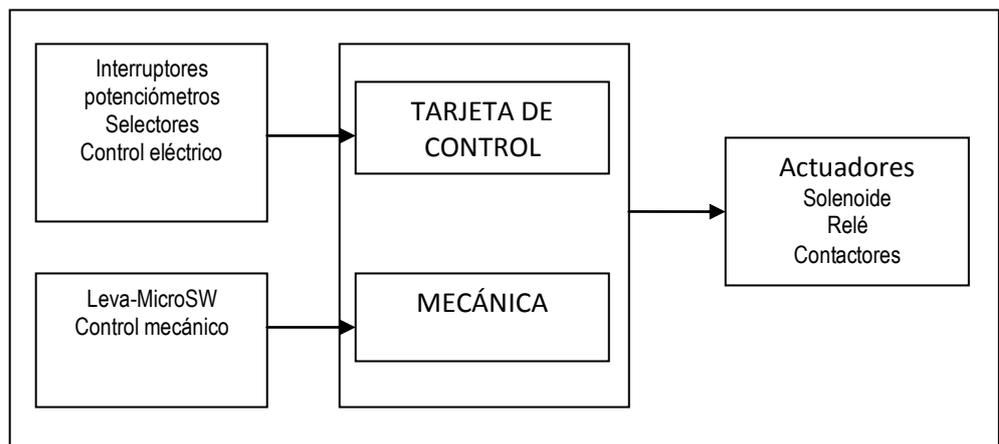
El sistema es mucho más preciso. Los errores se redujeron notablemente al momento de realizar las pruebas.

La operación es más amigable para el operador. Después de estar debidamente ajustado y obtener los valores definitivos para la Tabla de Intervalos, el OP3 facilita la configuración para empaquetas diferentes capacidades de fundas.

## CAPITULO VI

### 6. AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA TRANSWRAP MODELO TWD-2

La máquina electromecánica Transwrap se la puede representar por el siguiente diagrama de bloques:

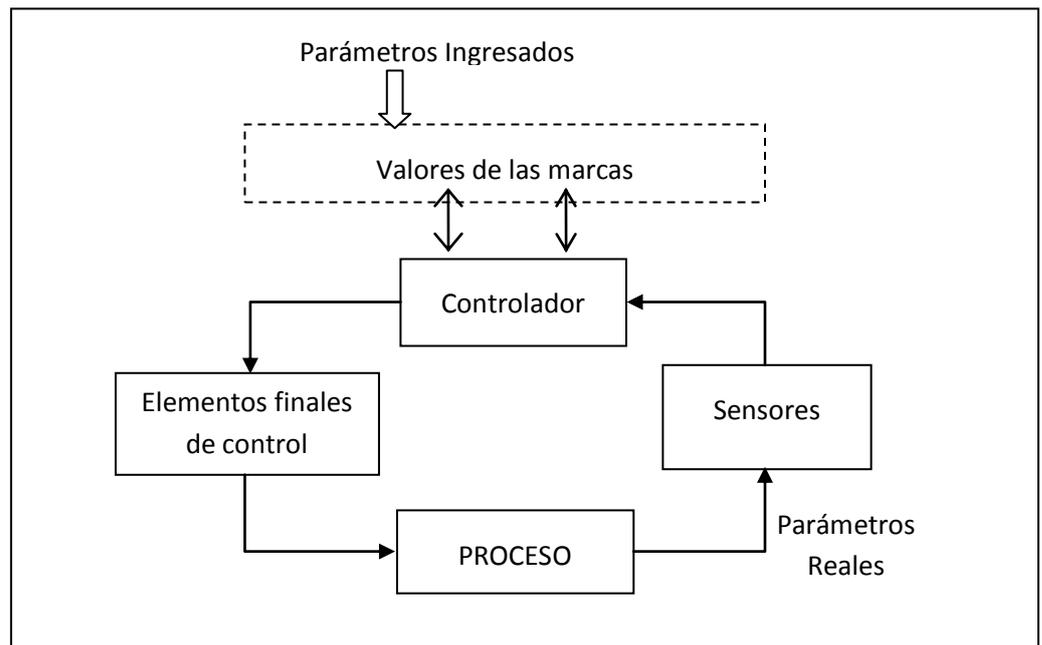


**Figura 38.** Diagrama de Bloques de la operación de Empaquetadora Transwrap

#### 6.1 Elaboración del diagrama de bloque

El sistema de control es semiautomático. Se utilizaron la mayoría de los controles del Panel de Control de la máquina empaquetadora, los cuales serán comandados por el programa del PLC.

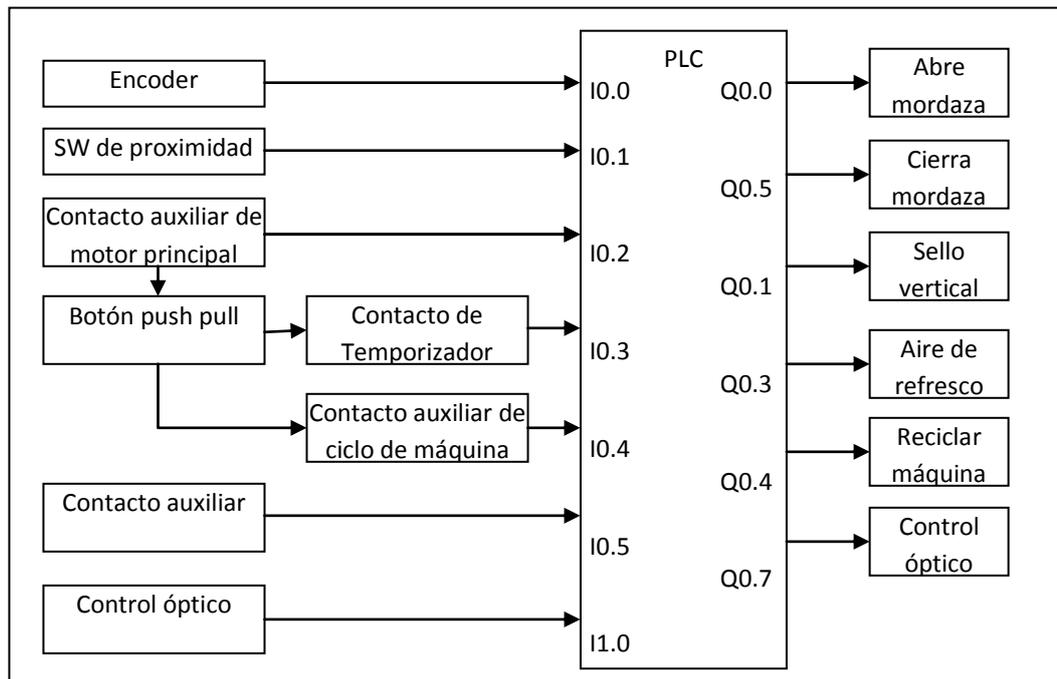
El sistema de control mediante PLC está representado por la figura 39. En el bloque «Sensores» están incluidos el encoder, el ojo eléctrico y el sensor fin de ciclo (TDC). El bloque «Elemento final de control» consiste en las válvulas solenoide. «Parámetros ingresados» corresponde a los valores que se definen mediante el OP3 (panel de operador).



**Figura 39.** Diagrama de bloques del sistema de control con PLC

La figura 40 determina las conexiones del PLC con el sistema de control.

Mayor detalle se presenta en el **Anexo 3**.



**Figura 40.** Conexiones del PLC

### Estructura del programa del PLC:

#### Programa Principal:

- Rutinas de inicialización
- Definición de Valores de la Tabla del Contador
- Llamado de subrutinas

#### Subrutinas:

- Subrutina 5: Comparación del valor del contador rápido con la tabla del contador, para activar o desactivar marcas.
- Subrutina 7: Programa de control

#### Rutinas de Interrupción:

- Interrupción 0:
- Interrupción 4:

## **6.2 Función de los elementos de control**

### 6.2.1. Interruptor selector de funcionamiento.

Tiene dos posiciones: JOG y RUN. Cuando está en la posición RUN la máquina puede operar de forma continua cuando se pulsa el botón START, y puede detenerse si el botón STOP es pulsado. Cuando el selector está en posición JOB la máquina puede ciclar cuando se presiona START y se detiene cuando se lo afloja.

### 6.2.2. Pulsador de marcha (START).

Sirve para mover el motor principal una vez que la máquina está energizada.

### 6.2.3. Pulsador de paro (STOP).

Sirve para desenergizar todos los elementos de la máquina que son movidos por el motor principal.

### 6.2.4. Botón de ciclo.

Es un pulsador tipo PUSH-PULL que sirve para que la máquina empiece a ciclar continuamente o parar de ciclar, sin desconectar el motor principal.

### 6.2.5. Potenciómetros de abrir y cerrar mordaza.

Son potenciómetros de disco que ajustan el tiempo exacto en el que las mordazas se abren y cierran con relación al ciclo de la máquina.

6.2.6. Interruptor de mordazas.

Tiene dos posiciones ON y OFF y sirve para arrancar y detener la acción de las mordazas.

6.2.7. Interruptor de freno de polietileno.

Tiene dos posiciones ON y OFF. Sirve para accionar un freno impulsado por aire ubicado en el tubo de formado, opuesto a la placa sellado vertical, al mismo tiempo que está operando para producir el sellado vertical. En la posición OFF el freno no activa y se puede deslizar el polietileno en el tubo de formado. Debe estar en la posición ON para el funcionamiento de la máquina.

6.2.8. Interruptor de control fotoeléctrico.

Tiene dos posiciones ON y OFF. En la posición ON se activa la unidad de registro fotoeléctrico para detectar la marca en la bolsa. La longitud de la bolsa está determinada por la distancia entre las marcas en el rollo de polietileno. En la posición OFF, la unidad es desactivada y la longitud de la bolsa está determinada por la carrera de la caja de mordaza.

6.2.9. Interruptor de sellado.

Tiene dos posiciones ON y OFF. En la posición ON se activa la unidad de control de sellado por impulso.

6.2.10. Potenciómetro de fuerza de impulso para el sello.

Sirve para controlar la potencia aplicada a la cinta de sellado.

6.2.11. Potenciómetro de fuerza de impulso para el corte.

Sirve para aplicar la potencia aplicada al alambre de corte.

6.2.12. Potenciómetro de tiempo de impulso.

Sirve para ajustar el tiempo de duración del pulso de sellado.

6.2.13. Potenciómetro de placa de sellado aplicada.

Sirve para controlar el punto dentro del ciclo de la máquina en el que un cilindro de aire actúa para poner la placa de sello vertical en contacto con el tubo de formado para producir el sellado.

6.2.14. Potenciómetro placa de sellado afuera.

Sirve para seleccionar el punto en que el cilindro de aire actúa para mover la placa de sellado fuera del tubo de formado.

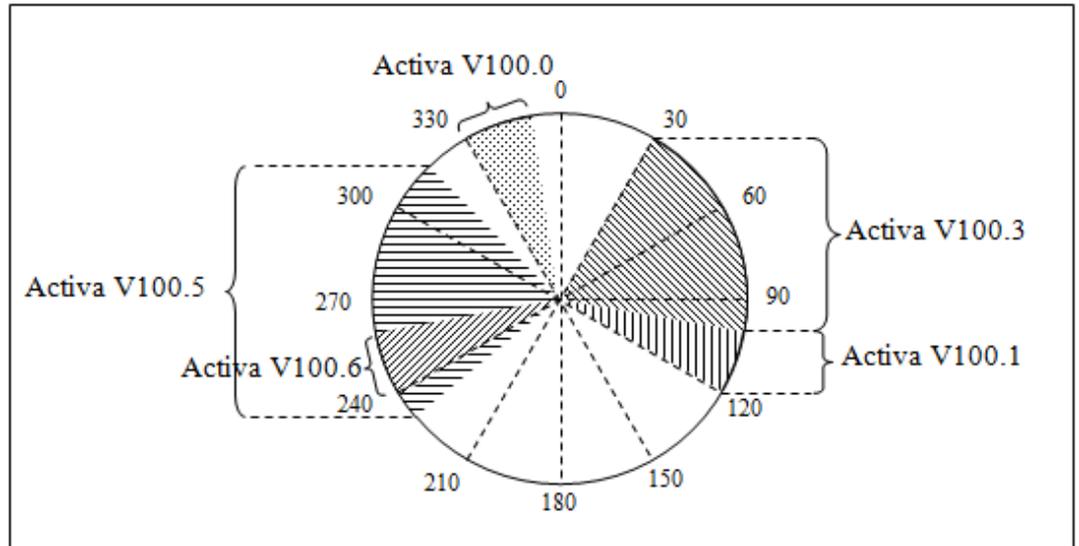
6.2.15. Potenciómetro de arranque del control fotoeléctrico.

Sirve para seleccionar el punto en el ciclo de la máquina cuando la unidad de control fotoeléctrico puede recibir una señal.

### **6.3 Descripción de los circuitos de control**

6.3.1 Contador rápido

El sistema está sincronizado mediante el encoder incremental seleccionado. Este proporciona una onda rectangular en la salida con una respuesta de frecuencia de 100 KHz.



**Figura 41.** Rango de activación de las memorias dependiendo del valor del contador rápido HC0.

### 6.3.2 Switch de proximidad (TDC)

Utilizado para proporcionar el pulso de reinicialización, a fin de que empiece a contar el contador rápido.

### 6.3.3 Panel operador

Mediante el OP3 se puede cambiar los valores de la Tabla inicial.

**Tabla IX.** Definición inicial de intervalos para Transwrap

	Min	Max	Rango	Marca
LS17	330	350	20	VD100.0
LS18	100	120	20	VD100.1
LS19	0	160	160	VD100.2
LS21	30	100	70	VD100.3
LS22	280	320	40	VD100.4
LS30	230	325	95	VD100.5
LS32	240	260	20	VD100.6

#### 6.3.4 Control de velocidad del motor principal

Se utilizó el MMV-420. Mediante el panel del convertidor se ajusta la velocidad del motor.

##### **Parametrización con BOP**

- Entrada de frecuencia de la red P0100 = 2 para 60 Hz
- Tensión nominal P0304 = 480 V
- Corriente nominal P0305 = 3 A
- Potencia nominal P0307 = 2 HP
- Frecuencia nominal del motor P0310 = 60 Hz
- Velocidad nominal del motor P0311 = 1750 rpm
- Selección de fuentes de órdenes P0700 = 1 Control por BOP
- Frecuencia mínima P1080 = 0 Hz
- Frecuencia máxima P1082 = 50 Hz
- Tiempo de aceleración P1120 = 10 s
- Tiempo de deceleración P1121 = 10 s

#### **6.4 Selección del controlador y periféricos**

La selección se desarrolló con los mismos criterios que en el caso de la máquina Hayssen.

## 6.5 Elaboración del programa para el controlador

A manera de estandarización se han definido las mismas entradas y salidas de la máquina Hayssen. Esto quiere decir que se utiliza el mismo tipo de PLC y el programa de control es similar.

```

Network 1
LD I0.2           // Confirmación de Motor
LD I1.0           // Control óptico
O V100.0
ALD
S Q0.0, 1        // → ACTIVA UNCLAMP

Network 2
LD Q0.0           // ← UNCLAMP
TON T37, +4      // Tiempo para operación de UNCLAMP

Network 3
LD T37
R Q0.0, 1        // → DESACTIVA UNCLAMP

Network 4
LD V100.5
S Q0.7, 1        // → ACTIVA E1.0

Network 5
LD Q0.0
R Q0.7, 1        // → DESACTIVA E1.0

Network 6
LD I0.3           // Temporizador TD1L
A V300.0
= Q0.1           // → ACTIVA SELLO VERTICAL

Network 7
LD V300.1
A V100.3
= V300.0

Network 8
LD V300.2
S V300.1, 1

Network 9
LD I0.1           // Señal TDC
EU

```

R V300.1, 1

**Network 10**

LD SM0.0  
S V300.2, 1

**Network 11**

LD V100.6  
R V300.2, 1

**Network 12**

LD I0.3 // Temporizador TD1L  
AN Q0.1  
A V300.1  
= Q0.3 // → ACTIVA AIRE

**Network 13**

LD I0.4  
A V100.1  
= Q0.5 // → ACTIVA MORDAZA (CLAMP)

**Network 14**

LD I0.5  
S Q0.4, 1 // → ACTIVA RELÉ CR5

**Network 15**

LD I0.1 // Señal TDC  
EU  
AN I0.5  
R Q0.4, 1 // → DESACTIVA RELÉ CR5

## 6.6 Instalación

La instalación siguió los mismos requerimientos que en la máquina Hayssen.

## 6.7 Pruebas, ajustes y análisis de resultados

Se emplearon las herramientas de comprobación de errores que tiene el

STEP 7 Micro/WIN.

Los valores definitivos de Tabla de intervalos para comparar con el contador rápido se lo obtuvieron mediante el método «prueba–error».

## **6.8 Ventajas**

El sistema es mucho más preciso. Los errores se redujeron notablemente al momento de realizar las pruebas.

La operación es más amigable para el operador. Después de estar debidamente ajustado y obtener los valores definitivos para la Tabla de Intervalos, el OP3 facilita la configuración para empaquetadoras de diferentes capacidades de fundas.

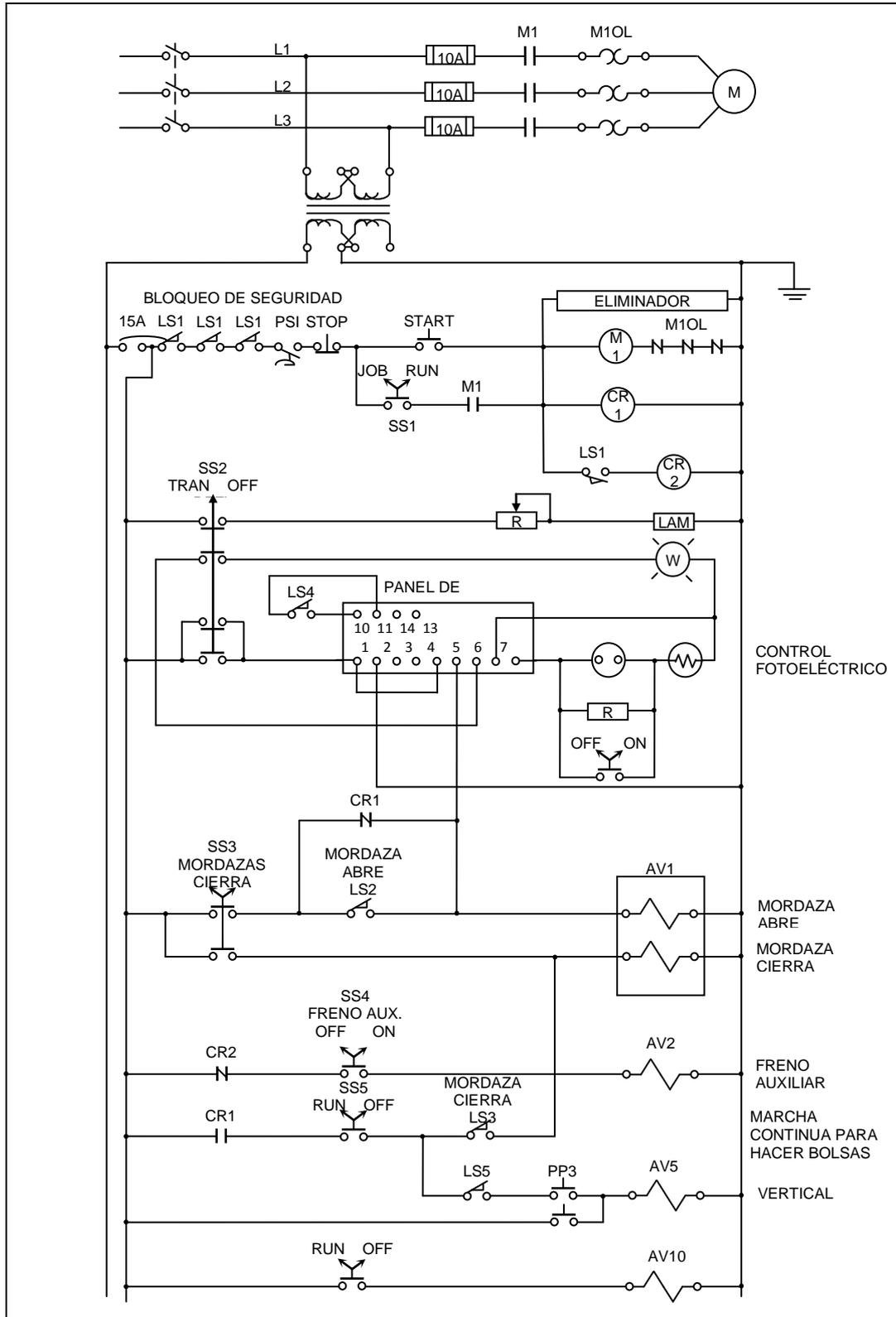
## **CONCLUSIONES**

1. Las máquinas empaquetadoras Hayssen y Transwrap de Ecuasal han sido mejoradas y actualizadas su tecnología mediante la automatización con controladores lógicos programables.
2. Como resultado de esta implementación se logró mejorar el proceso de empaquetamiento de sal y solucionar los problemas que presentaba el sistema antiguo.
3. La estandarización de los sistemas de control bajo un mismo formato de programación e instalación facilitan el mantenimiento o reparación en los equipos automatizados, tanto en hardware como en software.
4. En la industria Ecuatoriana, la automatización industrial ha desarrollado eficiencia en la producción y ha permitido entrar a las industrias en el cumplimiento de normas de calidad nacional e internacional.

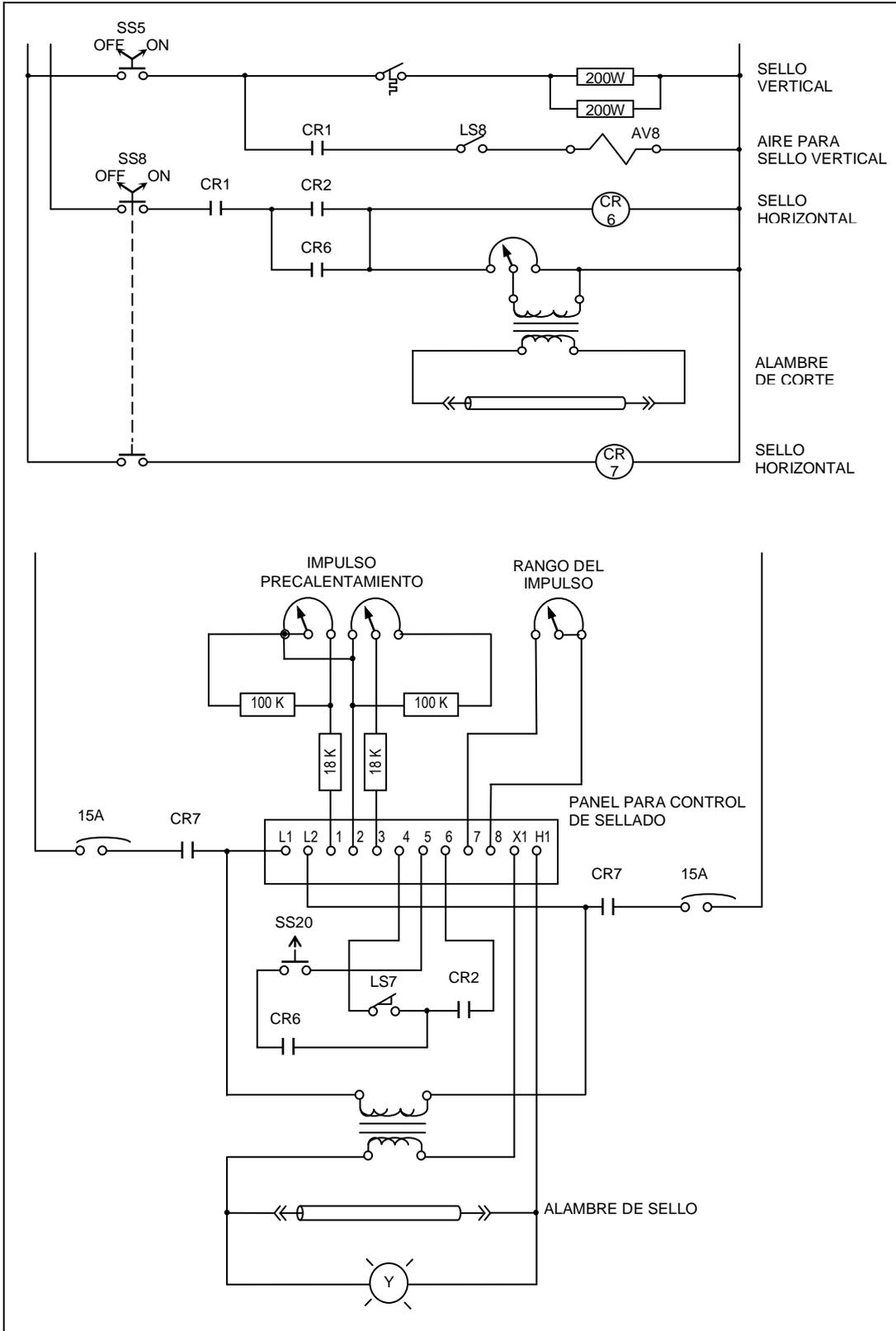
## **RECOMENDACIONES**

1. Completar la automatización de las máquinas. Es decir, que sea el controlador quien gobierne todo el sistema de operación de las empaquetadoras.
2. Visualizar el estado de posiciones de las máquinas empaquetadoras mediante el OP.
3. Realizar pruebas de ensayo-error a fin de ajustar los parámetros ingresados en el controlador (Carta de distribución) a las necesidades de los cambios del proceso.
4. Invertir tecnología de automatización en nuestro país debe ser considerado como una estrategia clave para la competitividad. Las universidades técnicas tienen la responsabilidad de formar profesionales actualizados en este desafío.

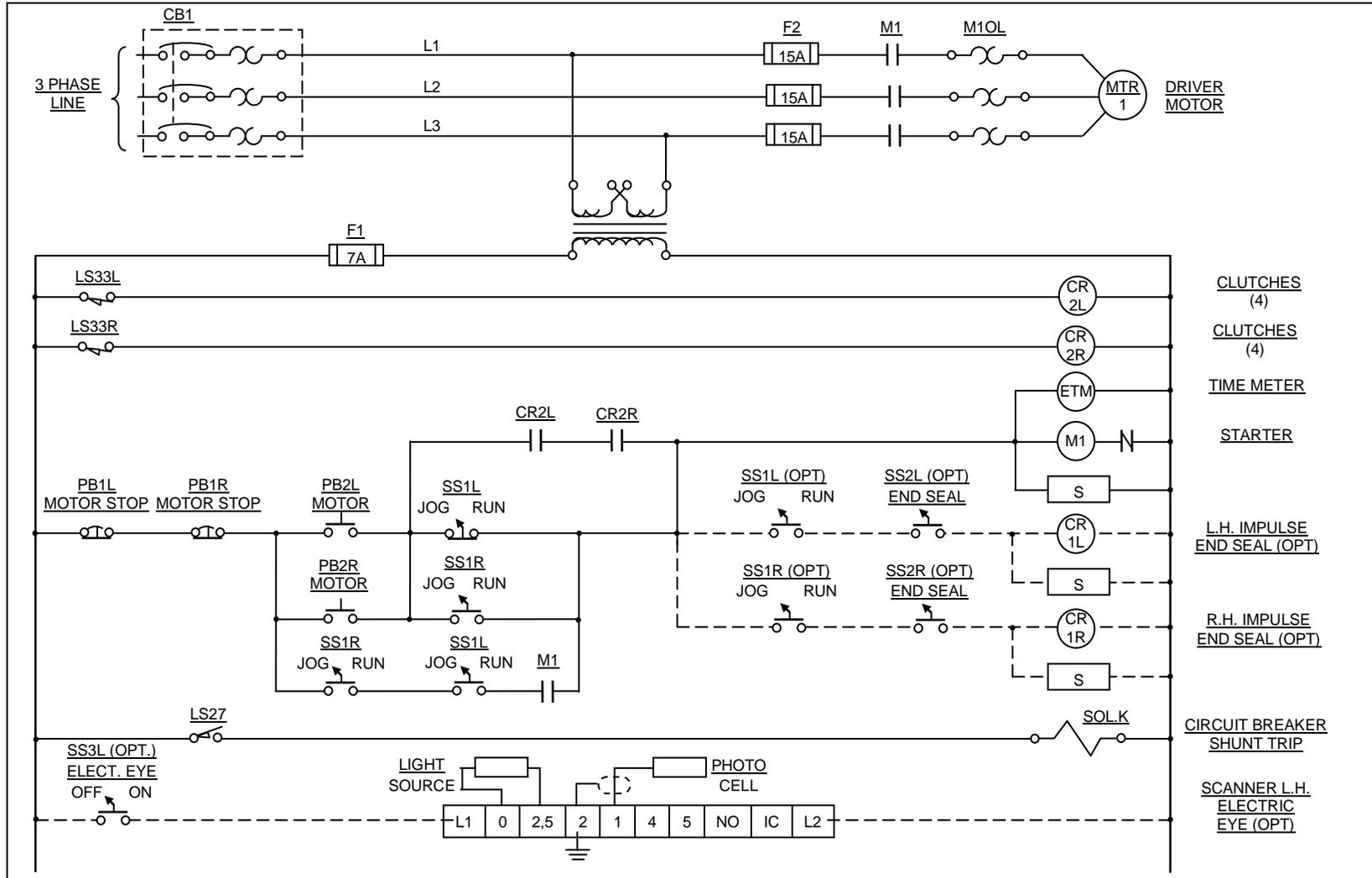
### Anexo 1A: Diagrama Eléctrico Máquina Hayssen



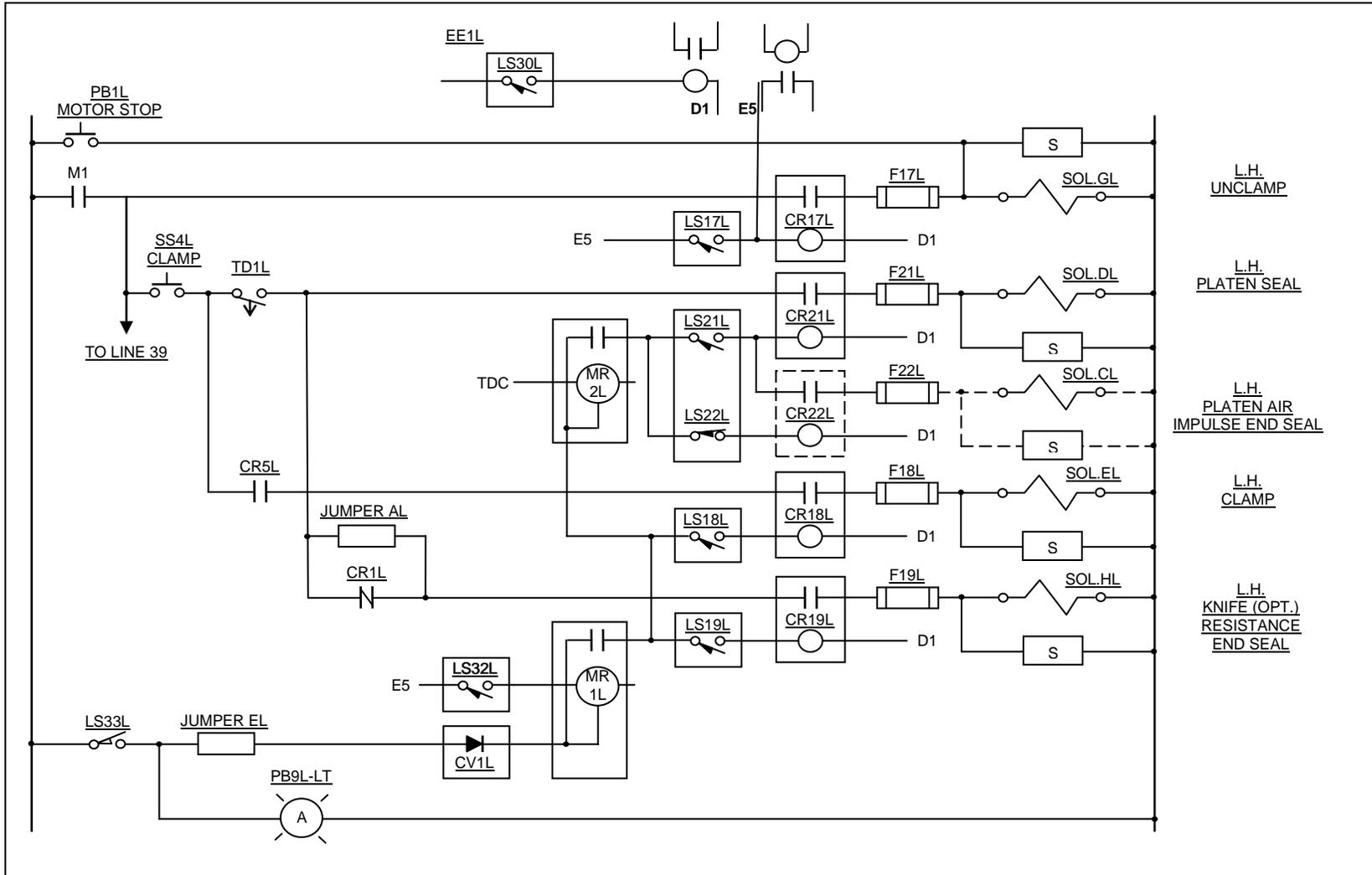
### Anexo 1B



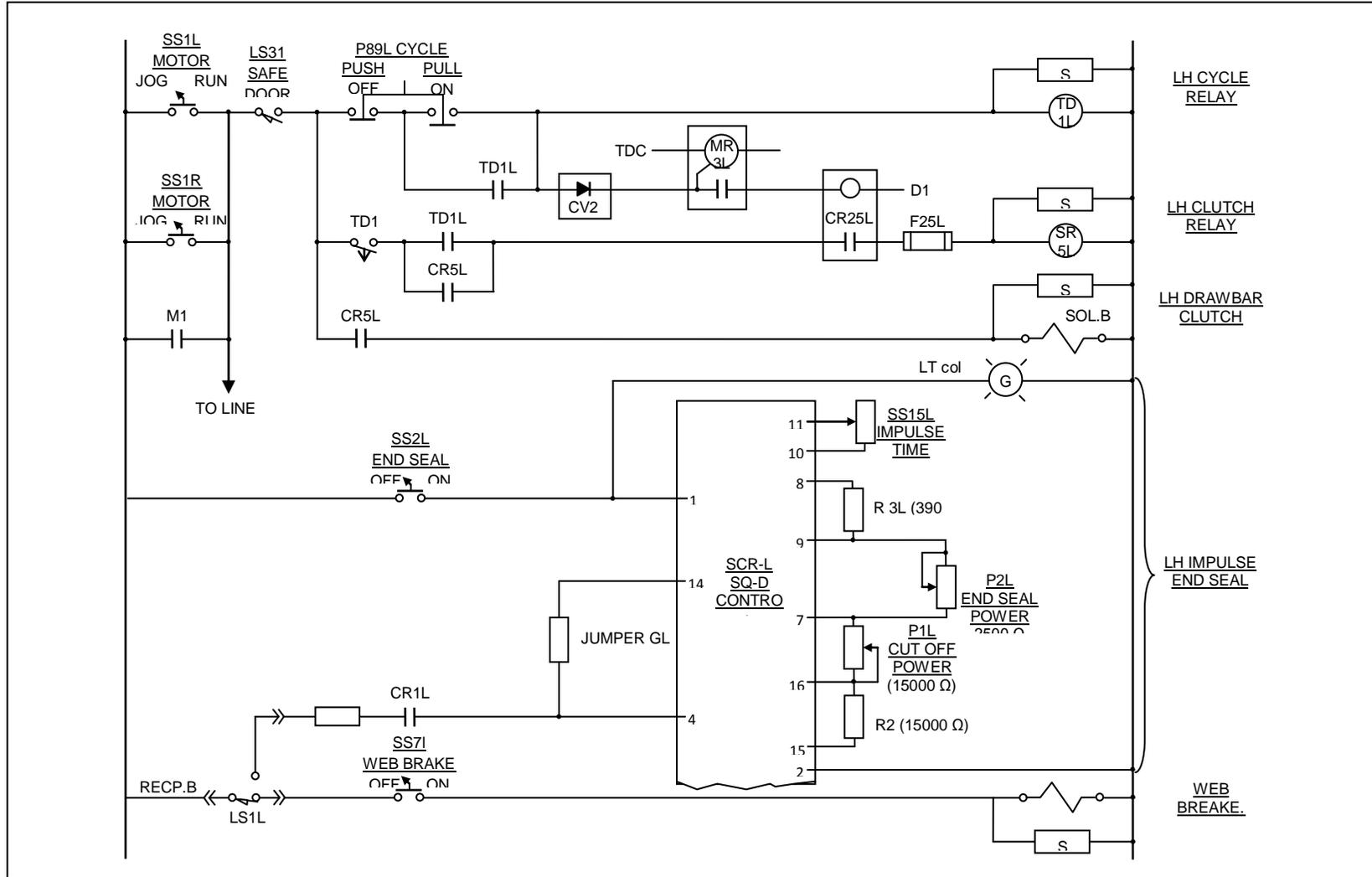
### Anexo 2A: Diagrama Eléctrico Máquina Transwrap



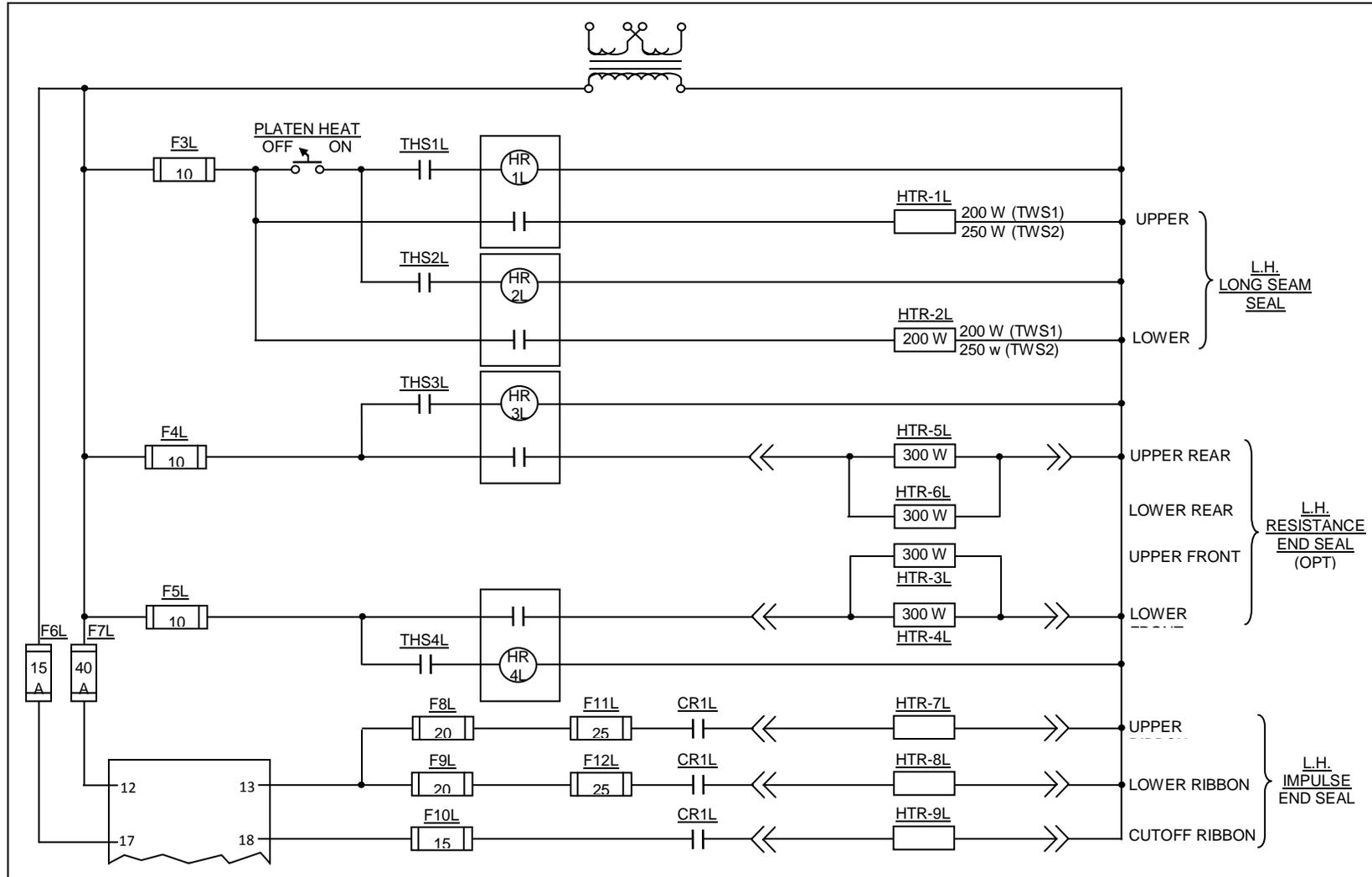
Anexo 2B



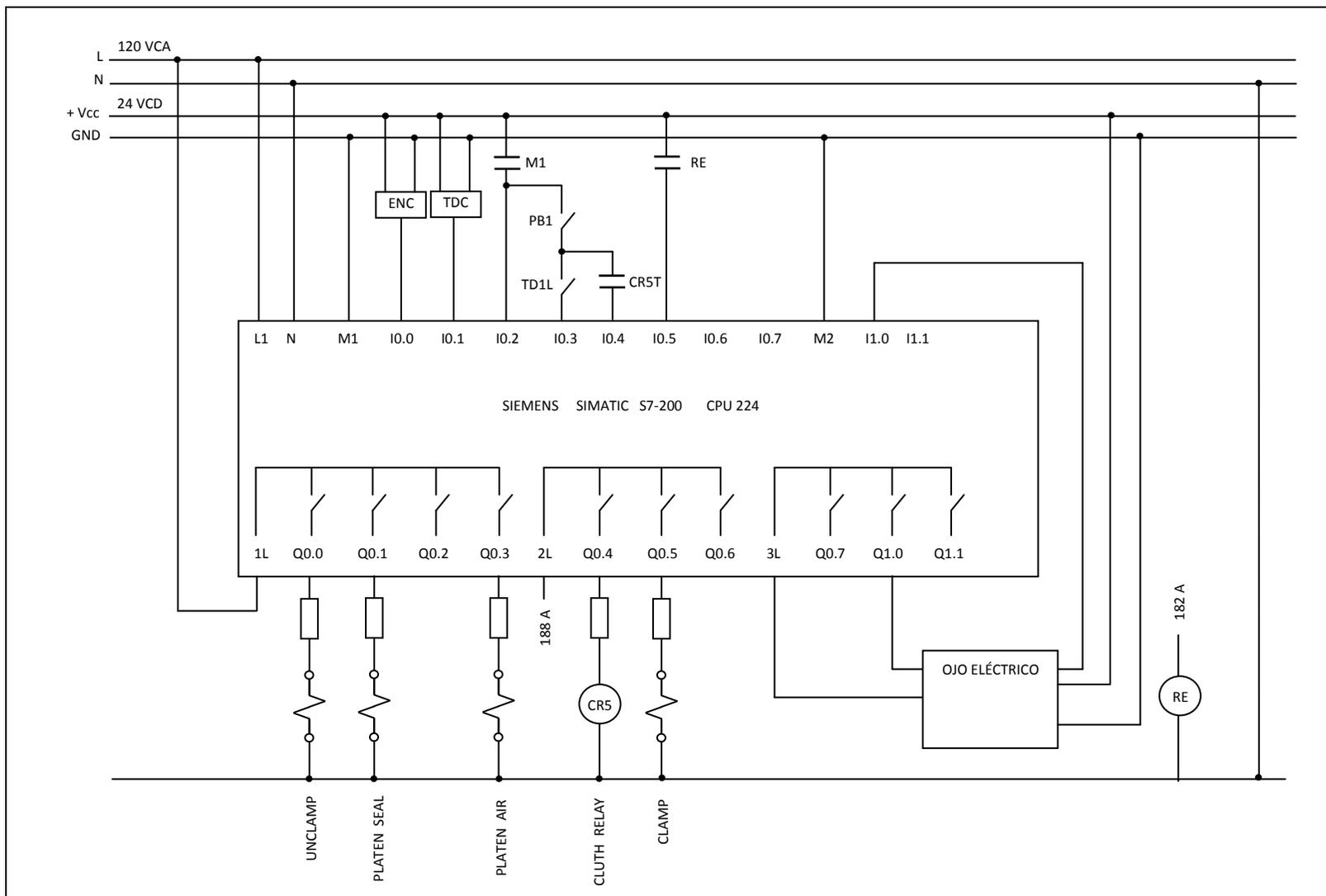
### Anexo 2C



### Anexo 2D



### ANEXO 3: DIAGRAMA DE CONECCIÓN DEL PLC



## **BIBLIOGRAFÍA**

**Bryan, L. A.** Programmable controllers. Theory and implementation. Second Edition. Edit. Industrial Text Company. Atlanta: Georgia. 1988. 1047 pp.

**Baicells, Joseph y José Luis Romeral.** Autómatas programables. Edi. Alfaomega. s/f. 439 pp.

**Siemens.** Sistema de automatización S7-200. Manual del sistema. 1998. 478 pp.

**Siemens.** Micromaster 420. 0,12 kW – 11 kW. Instrucciones de servicio. Documento de usuario. Edición 10/06.

**Siemens.** OP3 Operador panel. Equipment Manual. Release 11/99.

**Ecuasal, Página web, <http://www.ecuasal.com/>, 2010**