

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO EN INGENIERÍA**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
CONTROL AUTOMÁTICO PARA LA EMPACADORA
VOLUMÉTRICA DE LA EMPRESA MANÍ MANÍA”**

AUTOR:

JOSÉ FRANCISCO RODRÍGUEZ ACARO

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2007

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto fue realizado en su totalidad por el señor José Francisco Rodríguez Acaro, como requisito parcial para la obtención del título en INGENIERÍA ELECTRÓNICA.

Ing. Hugo Ortiz.
DIRECTOR

Ing. Víctor Proaño.
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida todos los días. A mi madre por ser la persona quien siempre estuvo apoyándome, brindándome seguridad y cariño para seguir adelante. A mi hermano por su apoyo incondicional. A mis amigos, con quienes aprendí a superar las duras tareas de la carrera. A mis maestros, que me guiaron el camino.

DEDICATORIA

Le dedico todos los días de esfuerzo y sacrificio que me ayudo a llegar a estar aquí, a la persona más importante de mi vida a quien amo y respeto mi madre.

PRÓLOGO

Para el desarrollo de la industria en el Ecuador es necesario la optimización de sus procesos de producción, donde la industria podrá posicionarse en el mercado, mantenerse y marcar la diferencia siempre que se realice la inversión en mano de obra profesional que sea capaz de realizar el mejoramiento de los procesos industriales a través de la automatización. El desarrollo tecnológico que ha experimentado la electrónica ha permitido la fabricación de una gran gama de autómatas programables llegando a ser aprovechados en muchos campos.

La realización de este proyecto en la empresa Maní Manía consistió en implementar en la empacadora volumétrica un nuevo sistema de control, para el desarrollo de la automatización fue seleccionado el PLC ya que ofrece la facilidad de integrar los elementos y dispositivos que componen el equipo, lo cual era imposible con el sistema de control antiguo compuesto por placas de circuitos impresos que limitaba su mejoramiento.

La integración del PLC permitirá encontrar soluciones sencillas, minimizar el número de componentes y mejorar los tiempos de respuestas en el desarrollo del sistema de control.

La realización del proyecto incluye el diseño del sistema de control, el desarrollo necesario para su implementación y el análisis económico respectivo.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
PRÓLOGO	V
INDICE	VI
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	1
1.1 TIPOS DE EMPACADORAS.....	1
1.1.1 Empacadora tipo manual.....	3
1.1.2 Empacadora tipo semiautomática.....	4
1.1.3 Empacadora tipo automática.....	5
1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA EMPACADORA VOLUMÉTRICA DE MANÍ MANÍA.....	8
1.3 COMPONENTES BÁSICOS DE LA EMPACADORA VOLUMÉTRICA.....	12
1.3.1 Cilindro de doble efecto.....	13
1.3.2 Electroválvula 5/2.....	15
1.3.3 Sistema de producción del aire comprimido.....	17
1.3.4 Motorreductor.....	19
1.3.5 Vibrador electromagnético.....	20
1.3.6 Controlador de temperatura.....	21
1.3.7 Relés.....	22
1.3.8 Sensores.....	24
1.4 MATERIAL DE EMPACADO.....	26
CAPÍTULO II	
DISEÑO ELÉCTRICO	29
2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.....	29
2.2 PLANOS.....	33
2.3 DIAGRAMAS Y PROTECCIONES.....	40
2.4 EQUIPAMIENTO.....	42
CAPÍTULO III	
DISEÑO DEL HARDWARE DE CONTROL	45
3.1 ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES.....	45

3.2 SISTEMA DE CONTROL.....	52
3.3 SISTEMA DE POTENCIA.....	54
CAPÍTULO IV	
DESARROLLO DEL SOFTWARE DE CONTROL.....	55
4.1 ASIGNACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS.....	55
4.2 PROGRAMACIÓN.....	58
CAPÍTULO V	
IMPLEMENTACIÓN.....	62
5.1 MONTAJE FÍSICO.....	62
5.2 PUESTA EN MARCHA.....	67
CAPÍTULO VI	
PRUEBAS Y RESULTADOS.....	69
6.1 PRUEBAS.....	69
6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	71
CAPÍTULO VII	
ANÁLISIS ECONÓMICO.....	72
7.1 PRESUPUESTO.....	72
7.2 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO.....	75
CAPÍTULO VIII	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
8.1 CONCLUSIONES.....	79
8.2 RECOMENDACIONES.....	80

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

Anexo 1: Controlador de temperatura OMRON

Anexo 2: Características del sensor optoelectrico tipo horquilla marca SICK

Anexo 3: Características del sensor optoelectrico marca OMRON

Anexo 4: Diagramas de diseño del sistema de control y potencia

Anexo 5: Programación en Ladder

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 TIPOS DE EMPACADORAS

Todos los fabricantes en el mundo necesitan cumplir estándares de desempeño, y elevadas normas de calidad de sus productos para que los resultados sean satisfactorios para el consumidor final, quien será el que determine el grado de satisfacción al utilizar un producto.

Los productos elaborados manualmente involucran realizar actividades repetitivas que generan altos costos de fabricación, tiempos de respuesta elevados y un bajo control de calidad.

A principios de la “Revolución Industrial”¹, el operario era el encargado de manipular las variables de un proceso tales como presión, temperatura, el nivel, la posición, la velocidad, etc., mediante la utilización de equipos mecánicos, neumáticos o eléctricos tales como válvulas, interruptores on-off, termómetros, etc., consecuentemente se podía realizar un control manual en mucho de los casos, por la simplicidad de los procesos.

En la actualidad existe una amplia variedad de sistemas y procesos en los cuales se opera con una mínima o sin intervención humana, ya que existen controles modernos, que mediante la utilización de sensores son capaces de manipular las variables de su entorno como temperatura, volumen, presión, corriente eléctrica, etc., permitiendo a los equipos realizar ajustes en su estructura y poder manipular estos cambios, a lo que se define como automatización².

¹ La industria se transformó gracias a dos cambios decisivos: la mecanización del trabajo y la aplicación del vapor a las nuevas máquinas

² Ortiz Hugo, Instrumentación y Sistema de Control, ESPE, 1998

El desarrollo de los sistemas de automatización, libera al hombre de una presencia permanente en el proceso y le permite dedicarse a la labor de supervisión y análisis de dichos sistemas, teniendo en cuenta que el principio de una automatización ajusta sus operaciones en respuesta a los cambios de condiciones externas en función de tres tareas: medición³, evaluación⁴ y control⁵.

Las empresas necesitan ser 100% competitivas en su producción y respuestas al consumidor, el cual demanda productos de mayor calidad, envase, presentación e higiene, siendo necesario la inversión de las empresas en maquinaria para el procesamiento y envasado.

La integración de la empacadora en las líneas de procesamiento ofrece a la industria ya sea ésta química, de alimentos y lácteos, de bebidas, de la confitería, de snack entre otras, nuevas ideas para empaquetar sus productos, además obliga a buscar soluciones para el área de empaque, que garanticen el correcto empaquetado, presentación del producto, seguridad y calidad, que además de ser vitales para atraer al público consumidor puedan ser competitivos en el mercado tan diverso de las industrias.

El desarrollo de la tecnología ha generado tres tipos de empacadoras de acuerdo al tipo de control que estas realizan que son: empacadoras de tipo manual, empacadoras de tipo semiautomáticas, y empacadoras de tipo automáticas. A su vez su dosificación puede ser por volumen con los vasos volumétricos, por peso con un multicabezal siempre que sean productos sólidos y libre flujo, y en el caso de productos líquidos, productos en polvo su variante esta dada por el sistema de dosificación.

³ El sistema automatizado está apto para medir cambios físicos mediante una retroalimentación (Feedback)

⁴ Se evalúa si una acción debe ser llevada a cabo o no

⁵ Es la acción resultante, pero un sistema puede involucrar mas de un lazo de control (Control loop)

1.1.1 Empacadora tipo manual

En este tipo de máquinas el control se lo realiza mecánicamente ya sea mediante un pedal o una palanca. Previamente es necesario realizar los ajustes del control de temperatura de las niquelinas mediante un potenciómetro, lo cual se realiza de acuerdo al material de empaque y su espesor, además la dosificación se la realiza manualmente siendo necesario pesar previamente.

La construcción del dosificador de la empacadora manual generalmente está inclinada, lo cual permite que el producto descienda fácilmente sobre la lámina de termoplástico preformada, siendo alimentado manualmente con el gramaje requerido para finalmente ser sellado, como se puede ver en la figura 1.1.



Figura 1.1. Empacadora manual con lámina preformada

Para las empacadoras manuales existe una amplia gama de láminas de termoplástico preformada de acuerdo a la necesidad del cliente, pero también existen fundas ya formadas de diversos materiales, que se pueden usar en el mismo equipo o en otro con pequeña variantes como se puede apreciar en la figura 1.2.



Figura 1.2. Empacadora manual con fundas terminadas

1.1.2 Empacadora tipo semiautomática

Estos equipos poseen un sistema de control basado en circuitos electrónicos encargados de controlar los actuadores que anteriormente eran realizados manualmente integrándose los selladores de calor mediante la utilización de relés. Se puede apreciar señales luminosas o audibles que indican la duración de un ciclo para poder obtener un sellado confiable.

El sistema de dosificación del producto sigue siendo manual, siendo necesario utilizar ciertos accesorios para poder suministrar el producto terminado al equipo como es una banda transportadora o un tablero; además puede haber equipos que necesiten el suministro de lámina de termoplástico ya sea preformada o en rollos como se puede ver en la figura 1.3.



Figura 1.3. Empacadora semiautomática con dosificador manual

Para empacar productos sólidos de volumen constante en diversos tamaños son comúnmente utilizadas las fundas ya formadas con el sellador horizontal o vertical. El producto requiere ser pesado previamente antes de su dosificación y para obtener una producción en serie se requiere un transportador del producto terminado como se puede ver en la figura 1.4.



Figura 1.4 Empacadora semiautomática con transportador

1.1.3 Empacadora tipo automática

La empacadora tipo automática utiliza los sistemas de control modernos, dichos sistemas pueden ser realizados por simples chips electrónicos que poseen una CPU como los microprocesadores, microcontroladores, o por equipos más sofisticados que en su CPU estén integradas más funciones como el PLC; la integración de los sistemas de control basado en un PLC, facilitan la integración de nuevos componentes en su estructura, generando mejoras en el equipo.

La integración de un sistema de control moderno en la empacadora, permite la integración de más componentes, consecuentemente el sistema de control puede manipular cualquier variable externa, desarrollando los procesos de dosificación, codificación, inspección, etc., que anteriormente eran realizados manualmente ahora serán automatizados⁶.

El sistema de dosificación volumétrico consiste en llenar cualquier producto sólido que tenga forma uniforme, flujo libre y pueda ser medido por unidades de volumen equivalentes a su peso en recipientes denominados vasos volumétricos (ver figura 1.5.), para obtener el peso requerido y posteriormente el producto se precipita hacia el formador donde será empaquetado, sellado y cortado automáticamente la lámina de termoplástico por el sistema de arrastre (ver figura 1.6.).



Figura 1.5. Dosificación mediante vasos volumétricos

⁶ <http://www.selladorashergo.com>, Catálogo General De Empacadoras

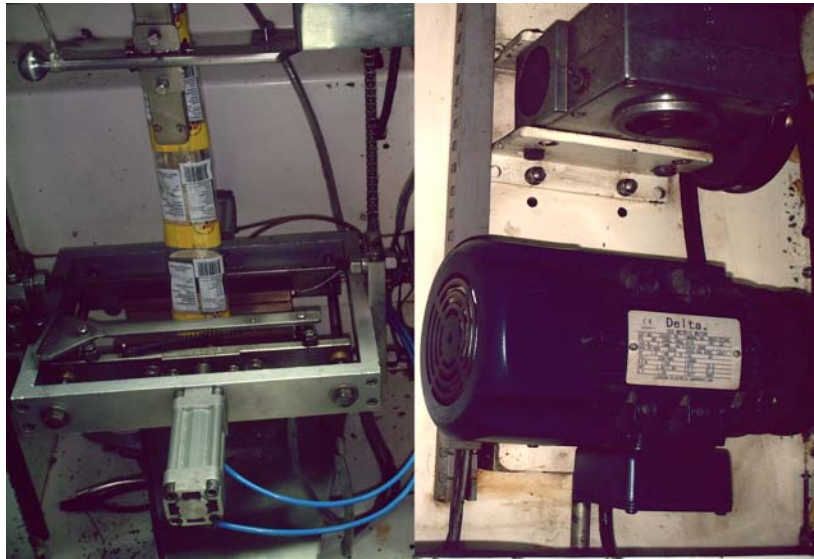


Figura 1.6. Sistema de arrastre

El sistema de dosificación multicabezal consiste en el aprovechamiento de una celda de carga que esta integrada a la tolva, inicialmente se calibra la balanza ingresando el peso requerido, luego se deposita el producto en la tolva y procede a encender el sistema, el producto es pesado a través de la celda de carga. Una vez obtenido el peso deseado, mediante cilindros de simple acción el producto es depositado en la lámina de termoplástico preformada o en rollos (ver figura 1.7.) posteriormente es empaquetado, sellado y cortado automáticamente por el sistema de arrastre como en la figura 1.6.

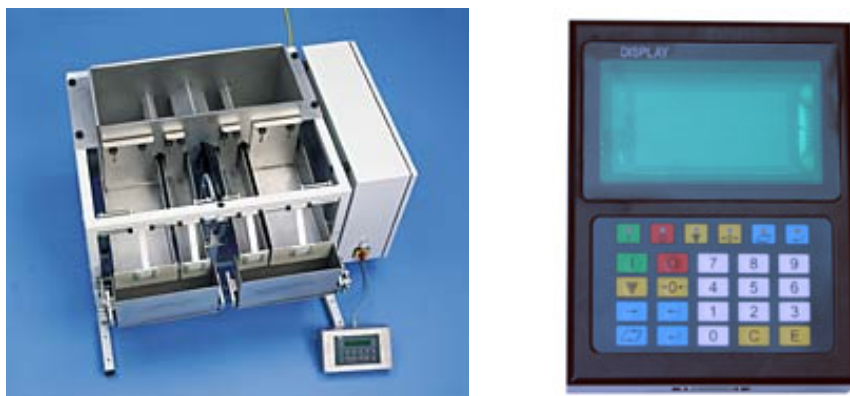


Figura 1.7. Dosificador multicabezal

Existen muchas soluciones⁷ a cualquier necesidad del cliente donde la diversidad de los sistemas de dosificación están bajo el mismo principio pero en lugar de cilindros de simple acción son remplazados por motores a pasos (ver figura 1.8.), siempre que se trate de productos sólidos, que tengan forma uniforme y flujo libre.



Figura 1.8 Dosificador multicabezal con motor a pasos

Para productos líquidos, pastosos o en polvo el sistema de dosificación se lo realiza con bombas extrusoras, motores eléctricos que están conectados a un tornillo sin fin etc., la consistencia de los productos pastosos dificulta que el producto descienda fácilmente hacia la lámina de termoplástico, para obtener un flujo constante se puede utilizar un tonillo sin fin que permite que el producto descienda hacia la lámina de termoplástico ver figura 1.9.

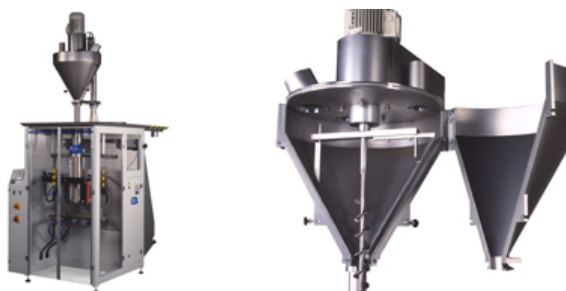


Figura 1.9 Dosificador mediante motor eléctrico

Las empacadoras automáticas se las ha descrito según el tipo de control, pero existen una gran cantidad de componentes básicos los cuales serán descritos en este mismo capítulo.

⁷ <http://www.audion.com>, Empacadoras y Empaques

1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA EMPACADORA VOLUMÉTRICA DE MANÍ MANÍA

Este equipo para empacar granos permite enfundar cualquier producto sólido que tenga forma uniforme, libre flujo y pueda ser medido por unidades de volumen equivalentes a su peso. Para el funcionamiento del equipo se requiere una línea neumática a 80 PSI y una conexión trifásica de 220 VAC.

El producto terminado es depositado en una tolva (figura 1.10), cuyo material es acero inoxidable AISI⁸ 304 y dependiendo del volumen del producto tiene una capacidad de carga de 30 a 40 kilos.



Figura 1.10. Tolva de acero inoxidable

⁸ Instituto Americano del hierro y el acero, AISI 304 presenta una mejor combinación de las propiedades mecánicas y físicas, 18% Cr y 8% Ni

La tolva es acoplada a una bandeja vibratoria inclinada con caída hacia un plato giratorio, donde por acción de la gravedad sumado con el movimiento vibrante de la bandeja, permite que el producto descienda para ser depositado en los vasos volumétricos, además se necesita la regulación de los vasos volumétricos mediante la reducción o ampliación de su altura para la obtención del gramaje requerido, ver figura 1.11.



Figura 1.11. Tolva, plato giratorio y vasos volumétricos

Mientras el producto cae desde la tolva hacia el plato giratorio por acción de la bandeja vibratoria, mediante un motorreductor al cual se encuentra conectado un cepillo se produce una barrera en el plato giratorio cuya función es nivelar el producto en los vasos volumétricos para finalmente obtener el gramaje deseado.

Las características técnicas del motorreductor se encuentran descritas en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Características técnicas del motorreductor

Voltaje [VAC]	Corriente [A]	Potencia [KW]	Potencia [HP]
110	2.5	0.09	0.12

Al girar el plato, el producto es depositado por acción de la gravedad justo en la funda de polipropileno preformada, la misma que luego es sellada y cortada automáticamente al mismo momento que es halada por el sistema de arrastre, como se vio en la figura 1.6.

La empacadora volumétrica dispone de un accionamiento mecánico para el sistema de arrastre y giro del plato mediante un motor trifásico el cual presenta las características técnicas en la tabla 1.2.

Tabla 1.2. Características técnicas del motor trifásico del sistema de arrastre

Voltaje [VAC]	Corriente [A]	Potencia [KW]	Potencia [HP]
330	3.80	0.75	1

El producto empacado al salir del sistema de arrastre, es depositado en un transportador elevador (ver figura 1.12), el cual permite evacuar el producto empacado al área de empaquetamiento en cajas antes de pasar a la bodega de almacenamiento.



Figura 1.12. Transportador elevador

Las características técnicas del motorreductor trifásico utilizado en el transportador elevador se encuentran en la tabla 1.3.

Tabla 1.3. Características técnicas del motorreductor elevador

Voltaje [VAC]	Corriente [A]	Potencia[KW]	Potencia [HP]
220	2.5	0.37	0.50

El panel de control consta de una botonera con interruptores on-off e interruptores pulsantes, cuyas características eléctricas son: unipolares, intensidad nominal 16 [A], voltaje de operación 110 – 220 [VAC].

La capacidad de la empacadora volumétrica para la producción en fundas varía desde 15 gramos hasta 400 gramos, el material de empaque es una lámina de polipropileno el mismo que viene en rollos.

El rendimiento de la empacadora volumétrica permite enfundar aproximadamente 40 unidades por minuto, la velocidad puede ser variada dependiendo del volumen a enfundar.

Las dimensiones de la empacadora volumétrica son ancho 0.80 m, largo de 0.80 m y una altura 2.00 m.

La estructura del equipo es de acero SAE⁹ 1010 de 6 mm de espesor, además tiene 4 bases de nivelación regulables constituidas de acero inoxidable. El formador, partes en contacto con el producto y con el plástico son de acero inoxidable AISI¹⁰ 304.

En la tabla 1.4 podemos observar una comparación de las propiedades físicas y mecánicas de aceros inoxidables AISI.

Tabla 1.4. Propiedades mecánicas y físicas de los aceros inoxidables

Tipo de acero propiedades	AISI 420 13 % Cromo	AISI 430 18 % Cromo	AISI 304 18 % Cr y 8 % Ni
Magnetismo	<i>sí</i>	<i>sí</i>	<i>no</i>
Resistencia a la Oxidación	<i>En contacto con la atmósfera</i>	<i>Usos interiores, pero presenta problemas en exteriores</i>	<i>Excelente</i>
Dilatación térmica	<i>Casi igual al acero de bajo carbono</i>	<i>Casi igual al acero de bajo carbono</i>	<i>1,5 veces superior al acero de bajo carbono</i>
Conductividad térmica	<i>Mitad que la del acero de bajo carbono</i>	<i>Mitad que la del acero de bajo carbono</i>	<i>Triple que la del acero de bajo carbono</i>
Soldabilidad	<i>Baja</i>	<i>Media</i>	<i>Excelente</i>

⁹ SAE Society of Automotive Engineers

¹⁰ AISI American Iron and Steel Institute

1.3 COMPONENTES BÁSICOS DE LA EMPACADORA VOLUMÉTRICA

En gran parte de las industrias actuales se utilizan instalaciones neumáticas, que se basan en el aprovechamiento del aire comprimido el mismo que es almacenado en depósitos especiales a través de un compresor, una vez presurizado el aire es transformado en energía.

Las múltiples posibilidades de aplicación de la neumática, se deben a las ventajas que se obtiene del aire comprimido como portador de energía, entre las que se puede destacar:

- La disponibilidad en cualquier ambiente al cual se le provea de un compresor para su transformación.
- La simplicidad de los elementos neumáticos ya que son sencillos de montar fáciles de configurar, además la fiabilidad siempre que se seleccione adecuadamente sus componentes.
- La seguridad, ya que no representan peligro de incendio en caso de sobrecarga del actuador, simplemente se para y no genera calor, siendo poco sensible a la suciedad y a los ambientes corrosivos.

La neumática se puede combinar con los sistemas electrónicos mediante un elemento de unión que es la válvula electromagnética, donde la información es transmitida mediante la señal eléctrica. Una vez interpretada la acción, la válvula mediante la neumática realiza la amplificación para realizar un trabajo¹¹.

Las válvulas electromagnéticas pueden responder con señales monoestables y bistables, normalmente con tensiones continuas o alternas de 12 [V], 24 [V], 110 [V].

¹¹ MAIXNER H., Introducción a la Neumática, FESTO DIDACTIC, 2001

La fijación del cilindro en el marco se lo realiza a través de pies como se ve en la figura 1.14.

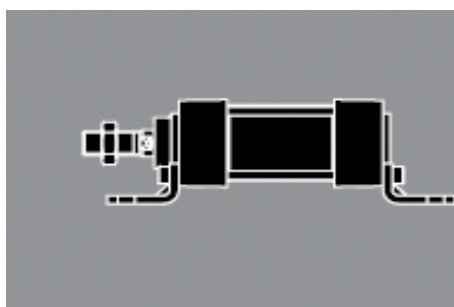


Figura 1.14. Fijación por pies

Es importante recalcar que existe una gran diversidad de modelos de cilindros neumáticos doble efecto con normas ISO/Estándar, con los cuales se pueden realizar aplicaciones específicas en cualquier área de trabajo, logrando obtener una amplia gama de modelos y diámetros.

Una de las marcas más reconocidas en la fabricación de equipos neumáticos es FESTO, quienes fabrican cilindros neumáticos estándar, cilindros neumáticos especiales o cilindros neumáticos combinados, los cuales se rigen a una nomenclatura para poder identificarlos cuando se necesite realizar una adquisición del equipo, repuesto o cambio como se ve en la figura 1.15.

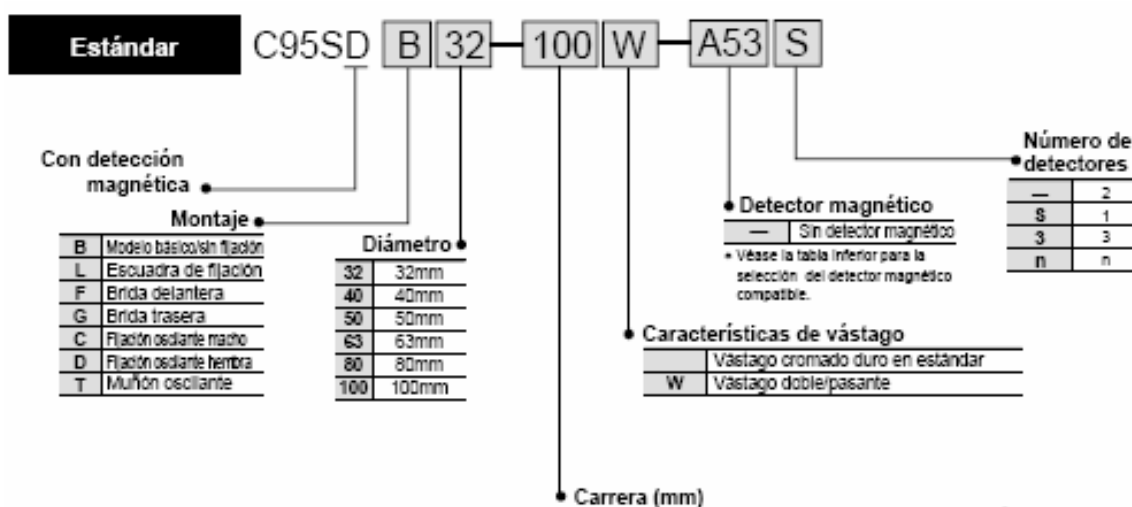


Figura 1.15. Nomenclatura Cilindro ISO/ Estándar, Doble Efecto

1.3.2 ELECTROVÁLVULA 5/2

Las electroválvulas o válvulas electromagnéticas se las utiliza cuando la señal de control proviene de un fin de carrera eléctrico, temporizador, mandos electrónicos, etc., donde los sistemas neumáticos bloquean o liberan el flujo de aire mediante una señal de control eléctrica, ya sea de forma directa o indirecta.

Las electroválvulas se clasifican de acuerdo a la cantidad de puertos y la cantidad de posiciones de control que poseen, la electroválvula 5/2 posee 5 puertos y permite dos posiciones.

Las electroválvulas están compuestas de una válvula neumática y una unidad de conmutación eléctrica o también conocido como cabezal electromagnético, su simbología se presenta en la figura 1.16.

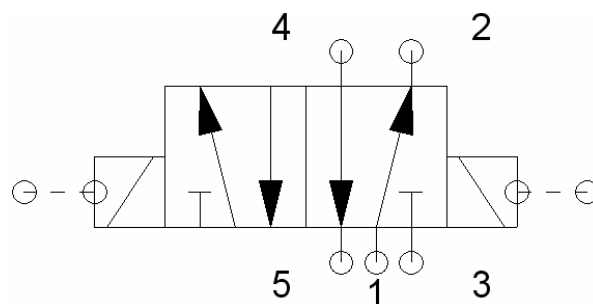


Figura 1.16 Esquema de Electroválvula 5/2

El control electromagnético de una válvula proviene de un dispositivo eléctrico, dichas válvulas pueden tener dos formas de construcción: ser de asiento, las cuales su activación es perpendicular al flujo; o de corredera las cuales se activan en el sentido del flujo. Se puede usar cualquiera de ellas indistintamente, necesitando un cabezal electromagnético para liberar o bloquear el flujo de aire, ver figura 1.17.

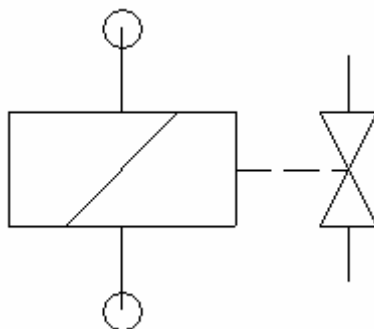


Figura 1.17 Cabezal electromagnético

El equipo posee dos electroválvulas 5/2, su activación es realizada por un cabezal electromagnético con un voltaje de 110 [VAC], ver figura 1.18.



Figura 1.18 Electroválvula 5/2, con cabezal electromagnético

La señal de control de la primera electroválvula es operada por dos micro switch utilizados como fines de carrera, que permiten el avance de la lámina de termoplástico para obtener el tamaño deseado, en el caso de láminas termoplásticos no impresas; en el caso de láminas termoplásticos impresas se incorpora el sensor fotoeléctrico denominados de marca¹² quien será el encargado de dar el avance justo para obtener el tamaño de la envoltura.

La señal de control de la segunda electroválvula es activada cuando el sistema de arrastre llegue al final del fin de carrera, encendiendo la codificadora electroneumática. Es desactivada una vez que se encuentre en el inicio del fin de carrera.

¹² Sensor fotoeléctrico es un sensor óptico que combina un receptor y emisor en una misma carcasa y detectan en láminas de plástico impresiones de marca.

1.3.3 SISTEMA DE PRODUCCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO

Para la producción de aire presurizado se utiliza el compresor, el cual eleva la presión del aire en el interior de un depósito especialmente diseñado para ello, la elección del compresor o compresores está en función del caudal y presión necesaria en una instalación neumática.

Es muy importante la pureza del aire para conseguir un buen rendimiento del compresor, sin embargo todos los compresores aspiran aire húmedo y sus filtros de aspiración no pueden modificar o eliminar los sólidos y vapor de agua totalmente, además el aire presurizado se puede condensar en el interior del depósito siendo siempre necesario realizar un acondicionamiento del aire comprimido.

Se distinguen dos tipos básicos de compresores: los que trabajan según el principio de desplazamiento conocido como alternativos, y los que trabajan según el principio de la dinámica de los fluidos conocidos como rotativos.

La instalación neumática tiene una red de distribución abierta, al cual esta conectado un compresor de dos etapas a pistón de 80 galones de capacidad, con una presión máxima 175 PSI, el accionamiento del compresor se lo realiza por un motor eléctrico de 220 VAC, su símbolo se representa en la figura 1.19.



Figura 1.19 Simbología de Compresor Neumático

En la instalación neumática es indispensable realizar la instalación de equipos y dispositivos de protección para las diferentes etapas de canalización¹³, mediante filtros, válvulas reguladoras de presión, lubricadores, etc., que aseguran la durabilidad y seguridad de los componentes.

¹³ Para el transporte de aire comprimido se realiza a través de: cañería principal, cañería secundaria, y cañería de servicio

En la red de canalización de la instalación neumática disponemos de una unidad de mantenimiento, que representa la combinación de tres elementos que son filtro de aire comprimido, regulador de presión y lubricador de aire comprimido los cuales se encargan de extraer las impurezas y el agua condensada del aire presurizado, mantener la presión de trabajo lo más constante posible en la red neumática, además de lubricar los elementos neumáticos previniendo un desgaste de las partes móviles o que se reduzca su rozamiento. La simbología se representa en la figura 1.20.

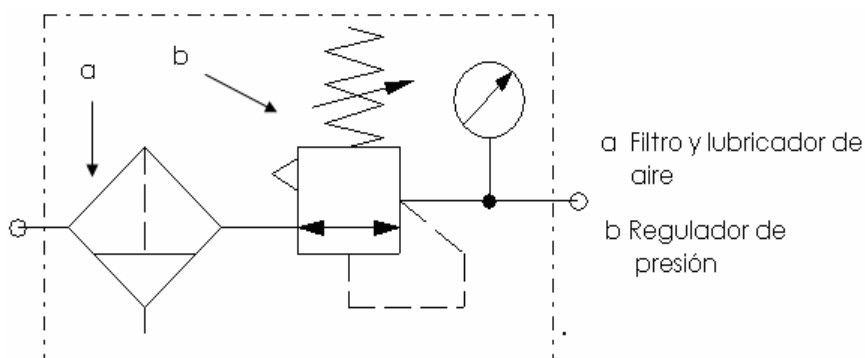


Figura 1.20 Unidad de mantenimiento

Es importante también realizar el correcto dimensionamiento de la tubería para garantizar un funcionamiento fiable de los equipos y aparatos conectados a la red neumática, es indispensable realizar una planificación generosa en función de la futura ampliación de la demanda de aire, por cuyo motivo es necesario determinar el diámetro de la tubería en función del caudal, longitud de la tubería, la pérdida de presión admisible en los componentes, la cantidad de estrujamientos en la red y la presión de servicio.

En la práctica se puede determinar el diámetro de la tubería gráficamente, con la ayuda de monogramas. Una vez dimensionado la tubería existe diversidad de materiales para la construcción de la red como son cobre, tubo de acero negro, latón, tubo de acero galvanizado, acero fino o plástico.

1.3.4 MOTORREDUCTOR

Mediante motores de corriente alterna existe diversas formas de reducir las revoluciones por minuto (r.p.m) para obtener una o más velocidades sin la utilización de equipos electrónicos, esto es posible mediante la utilización de motores asíncronos tales como, motor con bobinado separados y motor con conmutación de polos que proporcionan dos velocidades distintas.

Pero existen motorreductores de corriente alterna que están constituidos por acoples mecánicos, donde el objetivo de los acoples mecánicos es bajar el número de r.p.m pero manteniendo la potencia y carga del motor.

Existen además los motorreductores de corriente continua, los cuales son más voluminosos y a menudo más caros para una misma potencia con un menor rendimiento que los de corriente alterna, la rectificación también es una complicación, la ventaja de los motorreductores de corriente continua es la facilidad de accionamiento a velocidad variable con mandos simples.

La representación grafica de los motorreductores de corriente alterna se encuentra en la figura 1.21.

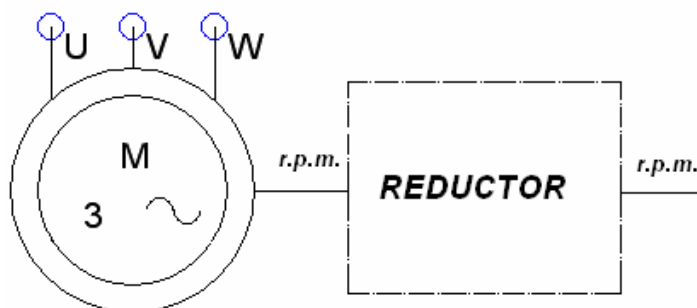


Figura 1.21 Motorreductor de corriente alterna

1.3.5 VIBRADOR ELECTROMAGNÉTICO

Los vibradores electromagnéticos son utilizados para dosificar una gran cantidad de materiales al granel, generalmente se lo realiza desde tolvas o silos de almacenamiento hacia bandas transportadoras, molinos, secadoras, mezcladoras, etc., se la utiliza en una gran variedad de industrias.

El principio de funcionamiento de los vibradores electromagnéticos está basado en un sistema de dos masas unidas mediante un medio elástico.

La primera masa o denominada masa móvil, es la propia bandeja (1). La segunda masa o denominada masa fija, está constituida por una pieza robusta de fundición (2) en cuyo interior se aloja una bobina de excitación y su circuito magnético.

La unión de estas masas se realiza mediante láminas de acero de gran elasticidad (3), todo este conjunto produce un movimiento vibrante, casi senoidal que se transmite a la bandeja produciendo un desplazamiento del material, ver figura 1.22.

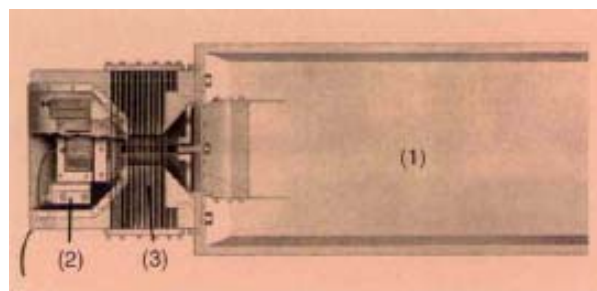


Figura 1.22 Vibrador Electromagnético

El sistema de control del vibrador electromagnético regula el descenso de producto a través de el número de vibraciones de la bandeja acoplada, logrando mantener constante la amplitud de vibración en el valor fijado mediante un potenciómetro, su funcionamiento consiste en rectificar la corriente alterna, esto produce la excitación del núcleo electromagnético y regular la corriente eléctrica de accionamiento.

Los vibradores electromagnéticos son ideales para trabajos continuos o intermitentes, además no necesitan de mantenimiento ya que no poseen piezas mecánicas.

Las características técnicas de éste equipo se encuentran descritos en la tabla 1.6.

Tabla 1.6. Vibrador Electromagnético

Voltaje [VAC]	Corriente [A]	Tasa de alimentación
220	1.0	4 toneladas x hora

El equipo posee su propio sistema de control, que produce 3600 vibraciones por minuto a 60 Hz,

1.3.6 CONTROLADOR DE TEMPERATURA

Los controladores de temperatura son básicamente, equipos que se puede ingresar una temperatura deseada (set), este equipo es capaz de comparar la diferencia entre la temperatura real y la deseada, consecuentemente el equipo aumentará o cesará la temperatura hasta alcanzar los niveles deseados para obtener un sellado confiable.

Los controladores de temperatura utilizan sensores semiconductores, termocuplas, entre otros; siendo su estructura básica dos alambres metálicos de diferente composición química que se encuentran soldados en un extremo, que al ser sometidos a temperatura generan una fuerza electromotriz (fem) de acuerdo a su temperatura.

Sus temperaturas de medición pueden ser tan elevadas como 1500 °C, para ello existen una gran diversidad de modelos de acuerdo a la variación de temperatura del proceso.

En el grafico 1.23 podemos observar como evoluciona la fem generadas por algunas termocuplas típicas en función de la temperatura.

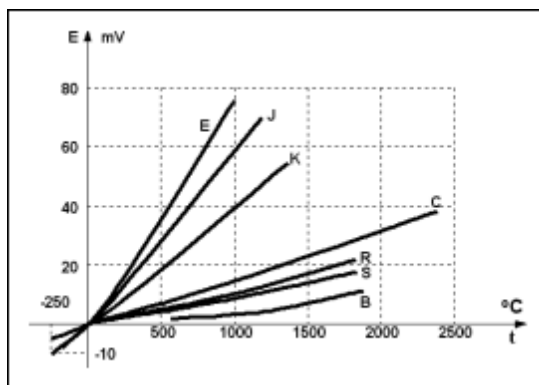


Figura 1.23 Termocuplas, Voltaje en función de la Temperatura

La empacadora volumétrica dispone de dos controladores de temperatura cuyas características técnicas están descritas en el *anexo 1*.

Este equipo utiliza termocuplas de tipo J, que aceptan variaciones de temperatura desde $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $750\text{ }^{\circ}\text{C}$, además el termopar está constituido de hierro y cobre.

1.3.7 RELÉS

Los sistemas de control necesitan realizar diferentes tipos de maniobra, ya sea para que un dispositivo accione grandes potencias, aislé dos circuitos eléctricos o en su defecto de un estado de información al sistema; la elección de los diferentes circuitos y componentes de regulación y control deberán estar vinculados de acuerdo a la potencia que maniobre la maquina.

El relé es un dispositivo electromecánico que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico y posee dos circuitos diferentes que son el electroimán y los contactos, dichos contactos permiten abrir o cerrar circuitos eléctricos independientes (ver figura 1.24), el circuito de salida puede ser de mayor potencia que la señal de entrada.

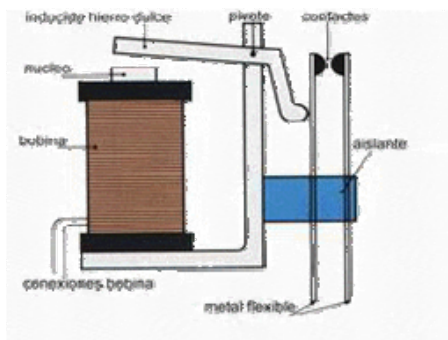


Figura 1.24 Esquema de un Relé Electromecánico

Los contactos de un relé pueden ser normalmente abiertos o normalmente cerrados, además pueden poseer más de un circuito de contactos, su simbología se muestra en la figura 1.25.

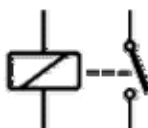


Figura 1.25 Simbología del relé Electromecánico de un contacto

Actualmente se han desarrollado los relés de estado sólido, los cuales carecen de partes móviles, consecuentemente el circuito es totalmente electrónico o también conocidos como circuitos híbridos, estos circuitos normalmente están compuestos por dos etapas que son, la etapa de control en la que se encuentra un optoacoplador el cual aísla la entrada y la etapa de potencia en la cual generalmente se encuentra los triacs, las cuales son capaces de conmutar la corriente alterna ya que estos son bidireccionales.

Actualmente disponemos de relés mecánicos de bobina para la conmutación de las señales de corriente alterna sus características se describen en la tabla 1.7.

Tabla 1.7. Características técnicas de relés electromagnéticos

Voltaje [VAC]	Corriente [A]	Potencia[HP]
110	10	1/3
220	10	1/2
600	3	1/2

1.3.8 SENSORES

En todo proceso moderno es necesario tener sistemas de gestión y de control, pero a su vez los sistemas de control necesitan información, dicha información es obtenida mediante la utilización de una gran gama de sensores, siendo necesario seleccionar el sensor de acuerdo a la aplicación a ser realizada,

El sensor fotoeléctrico funciona a partir de la reflexión de luz, cada cambio en el haz de luz se detecta, se evalúa en el receptor y se convierte en una señal eléctrica que puede ser digital o analógica.

El sensor fotoeléctrico es de tipo orquilla el cual es de gran precisión en la detección de marcas de impresión. Este permite al sistema de arrastre dar inicio exacto del corte, impresión y sellado de la lámina termoplástica, lo que garantiza que el equipo sea fiable como se puede ver en la figura 1.26.



Figura 1.26 Sensor fotoeléctrico tipo orquilla

Estos sensores contienen dos sistemas en una misma carcasa, el emisor provee de una luz emitida en forma concentrada y el receptor evalúa con precisión los cambios producidos, su hoja técnica es descrita en el *anexo 2*.

El sensor fotoeléctrico tipo cilíndrico que es capaz de reflejar un haz de luz que incide sobre una superficie sólida, detectando la presencia de objetos en un área

de exploración, generalmente pueden ir desde 11 cm. hasta una distancia máxima de 15 m, su forma de construcción es cilíndrica roscada, se puede ver en la figura 1.27.



Figura 1.27 Sensor fotoeléctrico, construcción cilíndrica

Cada vez que el sensor fotoeléctrico se active, la señal generada de tipo digital servirá para informar que no hay presencia de producto, consecuentemente es necesario activar o desactivar el sistema de vibración.

La salida del sensor fotoeléctrico es a transistor PNP, lo que significa que su salida tipo switch tiene un potencial de carga positivo, ver figura 1.28.

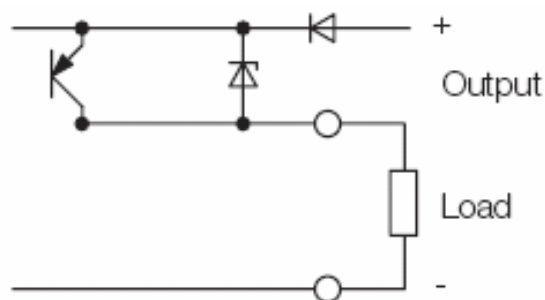


Figura 1.28 Sensores fotoeléctrico, salida PNP

La hoja técnica es descrita en el *anexo 3*.

1.4 MATERIAL DE EMPACADO

El término plástico en su significado más general, se aplica a las sustancias de distintas estructuras y naturalezas, que carecen de un punto de ebullición y poseen durante intervalo de temperatura, propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones.

Los plásticos están constituidos por polímeros orgánicos es decir por moléculas orgánicas gigantes, dichas moléculas pueden ser de origen natural, por ejemplo la celulosa, la cera, el caucho, o sintéticas como el polietileno y el nylon, los materiales utilizados en su fabricación son resinas en forma de bolitas, polvo o disolución que forman al plástico terminado.

Los polímeros formados pueden ser lineales, ramificadas que son termoplásticos (se ablandan con el calor) o entrecruzadas que son termoendurecibles (se endurecen con el calor), con estas propiedades es posible obtener una diversidad de materia prima, siendo posible generar diferentes tipos de plásticos.

Existe una gran diversidad de miembros de la familia de los termoplásticos, los cuales constantemente han evolucionado de acuerdo a los nuevos campos de aplicación como el polipropileno (PP), cloruro de polivinilo (PVC), polietileno (PE), tereftalato de polietileno (PET).

El PP posee la capacidad de fundirse a una temperatura determinada, además posee una gran recuperación elástica, excelente resistencia química, alta dureza y resistencia a la abrasión, tiene alta resistencia a ambientes alcalinos y ácidos, siendo desde el punto de ventas el más económico, es utilizado en el sector de emvasado de productos alimenticios, es totalmente reciclable y su incineración no produce ningún efecto contaminante

El PE es probablemente el polímero que más se ve en la vida diaria, su dureza e impermeabilidad son superiores al polipropileno, es utilizado para la fabricación de envases para productos líquidos, recubrimiento de cables, utensilios caseros,

artículos de fantasía y sus fibras pueden ser tan fuertes que pueden utilizarse para fabricar chalecos a prueba de balas ya que presenta ligereza de peso.

El PVC además de ser un plástico duro es resistente al fuego, siendo utilizado en la fabricación de cañerías de todo tipo, al agregarle aditivos se obtiene una materia mas blanda siendo un sustitutivo del caucho, es empleado donde la higiene es primordial como bolsas para sangre y hemoderivados donde su longevidad puede alcanzar los sesenta años.

El PET pertenece al grupo de los materiales sintéticos denominados poliésteres, su principal mercado son los envases rígidos utilizados para el embotellado de bebidas carbonatadas, dentífricos, lociones, polvos y talcos, vinos, aceites comestibles y medicinales, debido a que posee barrera de gases o aromas, transparencia y brillo con efecto lupa, Biorientable-cristalizable, pero no se aconseja el uso en ambientes a la intemperie¹⁴.

En el área alimenticia el desarrollo de la industria plástica ha evolucionado con nuevas técnicas y materiales de envasado que permiten preservar por más tiempo la vida de los productos perecibles, fusionándose polímeros de diferente estructura, permitiendo estructuras laminadas (figura 1.29), consecuentemente es posible mantener las siguientes propiedades mostradas en tabla 1.8.

Tabla 1.8. Propiedades físicas de los materiales de empaque

Mecánicas	Ópticas	Hermeticidad
Resistencia al impacto	Brillo	Sellabilidad
Resistencia al rasgado	Transparencia	Barrera a la luz
Resistencia a la elongación	Opacidad	Barrera a los gases
		Barrera a los sabores y aromas

¹⁴ MINK W., El plástico en la industria, Primera Edición, Gustavo Pili S.A., 1990



Figura 1.29 Estructura laminado

A partir de estas combinaciones es posible obtener una gran diversidad de espesores, el espesor del empaque que se puede obtener a partir de estas estructuras es 15 micrones (μm), consecuentemente al trabajar con espesores tan pequeños el material debe conjugar un buen balance de las propiedades físicas como una elevada rigidez y una buena resistencia el impacto.

CAPÍTULO II

DISEÑO ELÉCTRICO

2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Las redes eléctricas de baja o alta tensión permiten la realización de muchas aplicaciones en la industria, ésta forma de energía permite alimentar con corriente a los circuitos de fuerza y los circuitos de mando para iniciar cualquier proceso industrial.

Es importante en todo circuito eléctrico presentar esquemas del equipo para poder fácilmente interpretar dichas señales en el caso de una avería que tenga el mismo o para poder interpretar su funcionamiento y de ser posible su mejoramiento.

Los sistemas de control eléctrico y neumático resultan ser vitales para el funcionamiento del equipo ya que garantizan el accionamiento desde simples circuitos que gobiernen a través de elementos finales de control, hasta sistemas de automatización tan complejos que se encuentran interconectados los elementos de control eléctrico con los elementos de control neumático.

La implementación de protecciones a los sistemas de control, garantizan el funcionamiento óptimo de todo el proceso, permitiendo proteger cuando el tiempo de operación este fuera del régimen normal de trabajo y de existir sobrecargas o perturbaciones en su modo de funcionamiento normal permitir la respuesta adecuada del sistema.

Para que los sistemas de control o equipos se pongan en marcha es necesario utilizar aparatos de maniobra, los mismos que son capaces de unir, interrumpir, conmutar o seleccionar uno más circuitos eléctricos y/o neumáticos.

Los interruptores son equipos de maniobra manuales, a los que hay que accionarlos para ser activados y también para desactivarlos a través de un operario, una vez que son activados sirven para la conexión, desconexión o cambio de circuitos eléctricos; los interruptores pueden tener de uno a tres polos, llamados unipolares, bipolares y tripolares como se ilustra en las figuras 2.1 y 2.2.

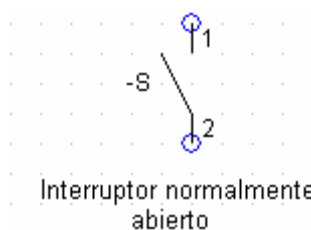


Figura 2.1. Interruptor unipolar N.O

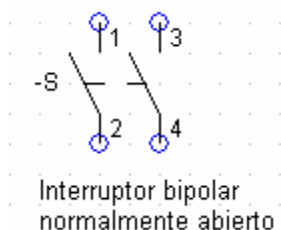


Figura 2.2. Interruptor bipolar N.O,

En la fase de conexión o desconexión en una instalación es necesario disponer de interruptores de poder, los cuales sean aptos para suministrar o interrumpir la alimentación del equipo, un ejemplo de ello son los interruptores rotativos que son usados en instalaciones eléctricas trifásicas para conexión y desconexión de cargas eléctricas, ver figura 2.3.



Figura 2.3. Interruptor rotativo de poder

Los pulsadores son dispositivos de bajo poder de corte, se diferencia de los interruptores porque actúan en apertura o cierre solamente si actúa sobre ellos una fuerza externa, recuperando su posición inicial tan pronto cesa dicha fuerza.

Los pulsadores son considerados como elementos sin memoria, siendo más utilizados en la operación de contactores y fundamentalmente en elementos de mando.

En las siguientes figuras observamos pulsadores normalmente abiertos, normalmente cerrados o la combinación de ambos, además pueden tener más de un polo.



Figura 2.4. Pulsador N.O

Figura 2.5. Pulsador N.C

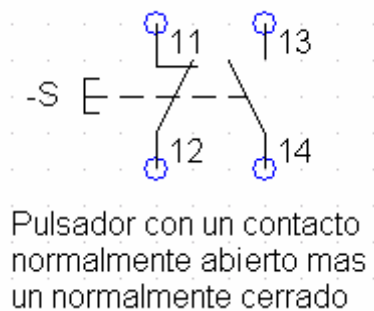


Figura 2.6. Pulsador N.C mas N.O

Para conexión de equipos externos es necesario utilizar los equipos de maniobra denominados dispositivos de enchufe, los cuales poseen las mismas características que los interruptores de unión o interrupción, pero la ubicación de las tomas no están montadas conjuntamente, en la figura 2.7 podemos observar dicha pieza.



Figura 2.7. Dispositivos de enchufe

Para poner en marcha motores eléctricos es necesario contar con aparatos de maniobra que puedan manejar gran cantidad de corriente eléctrica, para arranque, paro o protección de los motores eléctricos.

El contactor es un elemento de maniobra utilizado para el arranque automático de motores eléctricos, se operan con mandos a distancia, cuyo accionamiento puede realizarse con pulsadores, interruptores, salida de autómatas y otros, en la figura 2.8 se observa la estructura elemental del contactor electromagnético¹⁵.

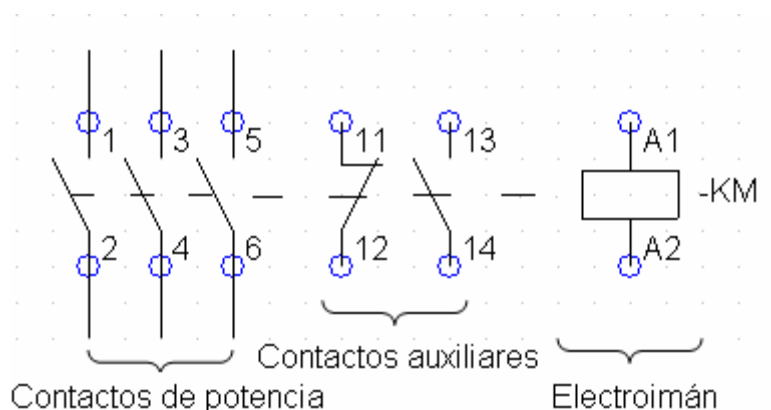


Figura 2.8. Estructura elemental de un contactor

Para garantizar la fiabilidad del contactor electromagnético es necesario conocer las características de la carga como tipo, clase de corriente, potencia, y otros, una vez interpretada las características de la carga determinamos que tipo de contactor se va utilizar basándonos en los datos técnicos del fabricante como el tipo de contactor, valores nominales, circuito de control y contactos auxiliares, estos valores son proporcionados por los fabricantes.

¹⁵ Jorge Molina, Apuntes de Control Industrial, EPN, 1998

2.2 PLANOS

Para poder interpretar fácilmente el funcionamiento de un equipo en una instalación eléctrica, cualquiera que sea su grado de complejidad puede ser representado en una forma abreviada mediante un esquema eléctrico. Los esquemas eléctricos son normalizados lo que hace que cualquier usuario pueda interpretar cualquier gráfico, símbolos o componente siendo vital para la comprensión de una instalación o parte de ella.

El esquema del equipo con sus principales componentes integrados, permitirá fácilmente ubicar e interpretar las señales y actuadores que intervienen en su funcionamiento.

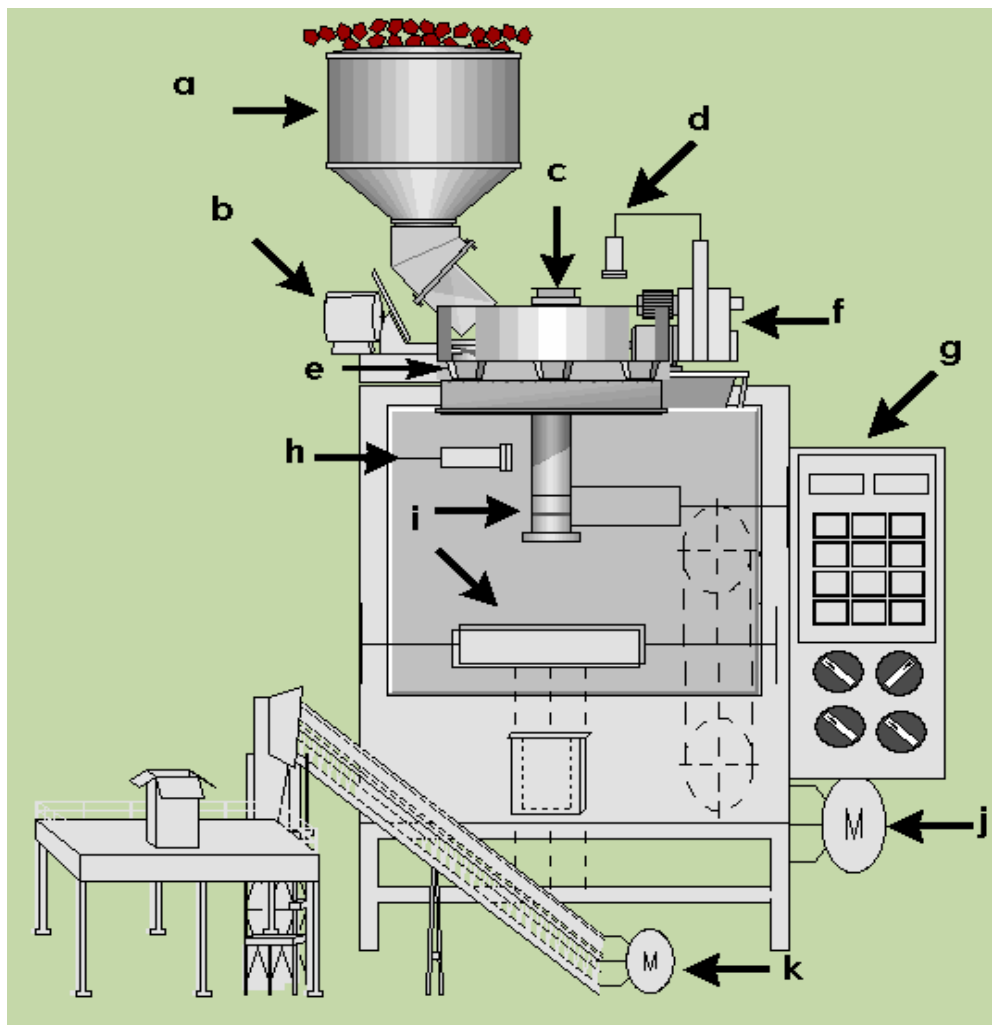


Figura 2.9. Esquema de la empacadora volumétrica

Donde:

a: Tolva

b: Vibrador electromagnético VE, alimentador de plato giratorio

c: Plato giratorio

d: Sensor óptico de presencia de producto SOP

e: Vasos volumétricos

f: Motorreductor monofásico ME2, nivelador de producto

g: Panel de control

h: Sensor óptico de presencia de marca SOM

i: Mordazas provistas de niquelinas para el sellado de lámina termoplástico

j: Motor eléctrico trifásico ME1 para el sistema de arrastre

k: Motor eléctrico trifásico para el elevador ME3

El producto que está depositado en la tolva, empieza a descender por acción de la bandeja vibratoria hacia los vasos volumétricos, donde son nivelados con una especie de barrera a través de motorreductor, el sistema de arrastre permite el avance del plato giratorio que contiene los vasos volumétricos, una vez alcanzado el peso requerido el producto se precipita por acción de la gravedad hacia la lámina de termoplástico, donde es sellada, cortada y finalmente el producto terminado mediante la banda transportadora es ubicado en la zona de empaquetado.

La empacadora volumétrica es operada a través del panel de control, el cual contiene una serie de interruptores, a los cuales están asignados de ciertas condiciones antes de realizar el encendido.

En la figura 2.10, se encuentran representados los mandos de control que permiten operar el equipo.



Figura 2.10. Panel de control

La botonera del panel de control está constituida por 2 pulsadores y 7 interruptores unipolares, una llave de seguridad del contador, además está provista de dos controladores de temperatura y un contador el cual está provisto de una llave de seguridad, el control que efectúan cada uno de estos elementos son descritos a continuación:

Auto/Manual SW0, este interruptor permite trabajar de dos modos de operación, cuando el interruptor se encuentra en operación manual el sistema de arrastre empieza a trabajar mientras se ejerza una fuerza pulsante sobre el pulsador START, cuando dicha fuerza cese el sistema de arrastre deja de funcionar. Cuando el interruptor se encuentra en modo automático, una vez pulsado START se enclava el equipo y solo se detendrá cuando se pulse el botón STOP.

Start PB1, este pulsador permite encender el sistema de arrastre, su modo de operación estará definido por SW0.

Stop PB2, este pulsador permite parar en cualquier momento el sistema de arrastre, en cualquier modo de operación manual o automática.

Arrastre SW1, este interruptor permite dar inicio al ciclo de enfundado que consiste en sellar, halar y cortar la lámina de termoplástico a través del cilindro de doble efecto, siendo necesaria la activación de la electroválvula EV1.

Impresora SW2, este interruptor permite encender la impresión de la codificadora CD en la lámina de termoplástico, esta impresión está sincronizada con el avance de la lámina de termoplástico, se activa únicamente si el avance está detenido, la activación de la impresión está gobernada por la electroválvula EV2.

Vibrador SW3, este interruptor permite encender o apagar el vibrador electromagnético VE el cual dosifica al plato giratorio, y estará intermitente hasta que el sensor óptico de presencia de producto SOP se desactive.

Sellado SW4, este interruptor enciende los controladores de temperatura CT1, CT2, permitiendo al equipo poder sellar la funda plástica.

Cepillo SW5, este interruptor permite encender el motorreductor monofásico ME2, al cual se encuentra instalado un cepillo nivelador de producto para los vasos volumétricos.

Elevador SW6, este interruptor permite encender el motorreductor trifásico ME3 conectado al elevador para transportar la funda plástica terminada.

El contador posee una llave de seguridad montada sobre en el mismo equipo, cuando es activada cuenta las unidades producidas y cuando es desactivada resetea los valores guardados, no necesita un interruptor para encender al equipo pero necesita ser gobernado por los dos microswitch MW1 y MW2 que pueden indicar el número de unidades producidas.

El avance de la lámina termoplástico tiene que estar gobernado por dos microswitch MW1 (cierra las mordazas) y MW2 (abre las mordazas), que dan la posición del marco para poder activar o desactivar el sistema de arrastre en un

ciclo continuo y para el tamaño exacto de la funda se utiliza el sensor óptico de marca SOM para abrir las mordazas una vez alcanzado el tamaño exacto.

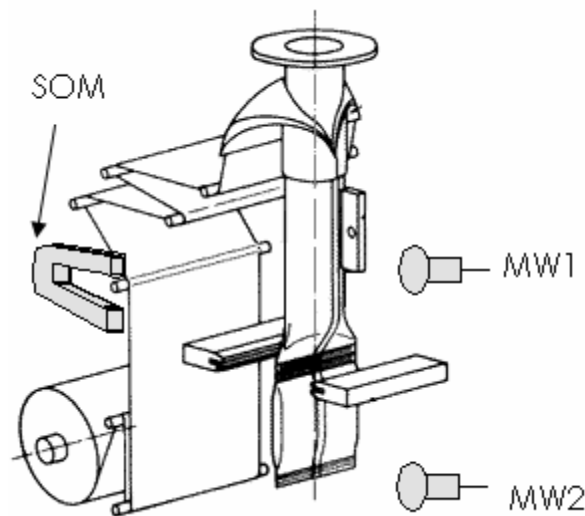


Figura 2.11. Avance de la lámina termoplástico

El PLC instalado además de las señales descritas deberá controlar dos electroválvulas, la primera electroválvula EV1 controla la apertura o cierre de las mordazas y se activará mediante un relé RL2, la segunda electroválvula EV2 controla la activación de la codificadora CD y se activará con un relé RL3, el cual debe estar sincronizado con el microswitch MW1 para no interferir en el avance de la lámina termoplástico.

Para el sistema de arrastre el equipo utiliza la combinación de un sistema neumático para la parte de potencia y un sistema eléctrico para la parte de control; para el sistema de arrastre su esquema neumático de fuerza es representado en la figura 2.12 y el esquema eléctrico de control esta dado en la figura 2.13.

En el esquema 2.12, se encuentra representado el actuador 1.0, que es el cilindro de doble acción al cual se encuentra acoplado a su émbolo de un par de mordazas, que puede ser activada o desactivada mediante la válvula de mando bidireccional 5/2, lo que permite el avance o parada de la lámina de termoplástico.

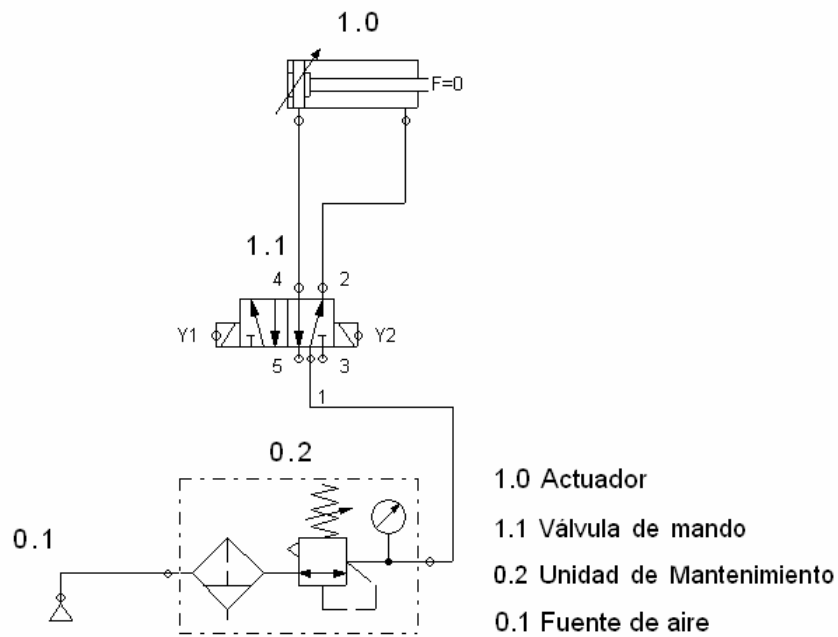


Figura 2.12. Esquema neumático del sistema de arrastre

En el esquema eléctrico 2.13, se dispone de dos fines de carrera MW, que indican la posición inicial o final del sistema de arrastre, estas señales permiten activar o desactivar la válvula de mando, además para obtener el tamaño exacto de cada funda terminada utilizamos el sensor óptico de marca SOM, el cual envía una señal eléctrica cada vez que detecte la marca impresa en la lámina de termoplástico.

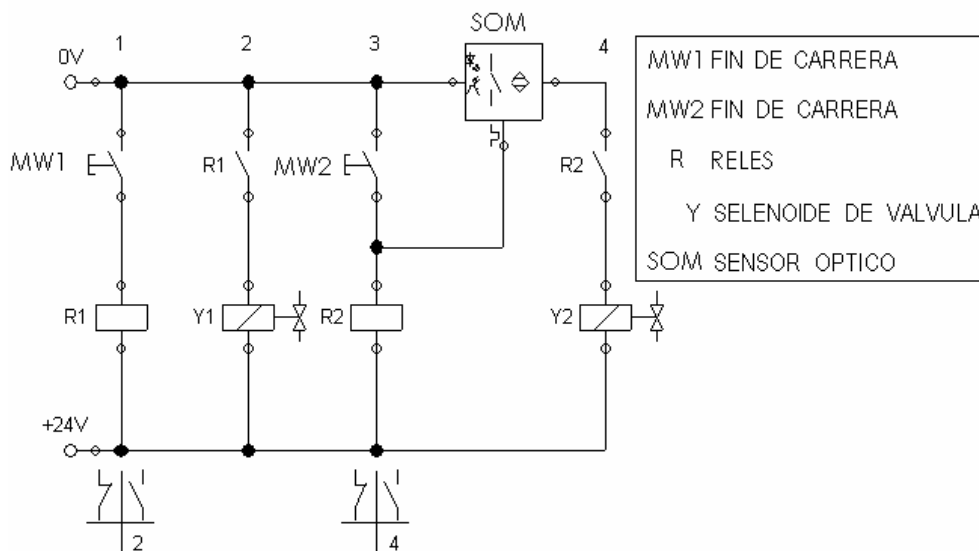


Figura 2.13. Esquema eléctrico de control del sistema de arrastre

Los planos eléctricos de diseño de la empacadora volumétrica se encuentran esquematizados en el *anexo 4*.

En los planos eléctricos del A1-A5 se encuentran descritos las cargas que serán conectadas al controlador lógico programable (PLC), variador de frecuencia (VFD) y al controlador de temperatura, con sus respectivas entradas donde se encuentran representadas todas las conexiones eléctricas que intervienen en su control.

Planos A1 y A2

El esquema eléctrico de las entradas del PLC se encuentra representadas todas las señales digitales que intervienen en el proceso de empaque, cabe recalcar que existen dos controladores que no necesitan ser gobernados por el PLC, que son el controlador de temperatura y el controlador del vibrador, donde su control puede ser autónomo, utilizando interruptores para encender o apagar estos controladores.

En el plano A1 realizamos la asignación de las variables de entrada al PLC, donde observamos 4 interruptores unipolares, 2 pulsantes unipolares, 2 fines de carrera y 2 sensores ópticos los cuales fueron descritos en este mismo capítulo.

En el plano A2 se encuentran representadas todas las variables que intervienen en la automatización, cada una de ellas tiene asignada una salida única en el PLC y para garantizar la ausencia de daños en el equipo se encuentran instalados fusibles como medida de protección.

Planos A3, A4 y A5

En los planos eléctricos A3, A4 y A5 observamos la conexión de cada carga hacia el PLC, mediante una bornera de distribución que facilita la identificación de cada señal generada o captada que intervienen en la automatización con su respectivo circuito de potencia encargado de conectar o desconectar un receptor a través del circuito de mando. El elemento fundamental utilizado en el circuito de potencia es el relé.

En el plano A3 se encuentran conectados dos controladores de temperaturas que utilizan como actuador 2 niquelinas, mediante el panel de control fijamos la temperatura a la cual debe permanecer las niquelinas para obtener el sellado confiable y mediante la numeración de las borneras podemos ubicar correctamente sus I/O.

Finalmente en los planos A4 y A5, se encuentran conectados el variador de frecuencia y el controlador lógico programable siendo este último el encargado de realizar la acción de activar/desactivar a distancia al circuito de potencia y el cual se encuentra ligado el variador de frecuencia para gobernar al motor trifásico ME1 que es el encargado del arrastre.

2.3 DIAGRAMAS Y PROTECCIONES

En la realización de trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas es necesario aplicar y observar una serie de medidas de prevención y protección, que garanticen la ausencia de accidentes para el personal humano y de todos los elementos y equipos que puedan constituir la instalación.

Es necesario tener un corte principal de las fuentes de tensión del circuito, esto se lo realiza con un interruptor rotativo de poder para cargas trifásicas, con esto garantizamos el cierre o apertura de tensión en el circuito eléctrico.

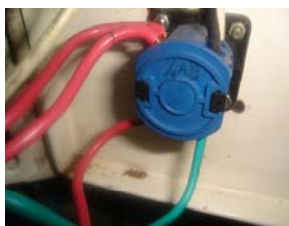


Figura 2.14. Interruptor trifásico de alimentación

Los fusibles son elementos de protección destinados a desconectar circuitos y receptores automáticamente contra las corrientes de cortocircuito o intensidades muy elevadas, es necesario la instalación de fusibles de 10 [A] en cada una de sus fases.

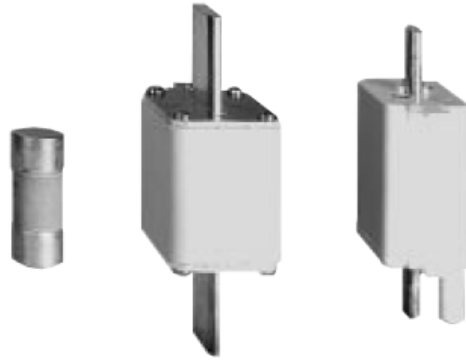


Figura 2.15. Fusibles de protección

La conmutación para el encendido del sistema de arrastre puede hacerse por medio de un arranque manual, arranque semiautomático, arranque automático con contactores para proteger al motor contra corrientes de cortocircuito e intensidades elevadas; actualmente surge la necesidad de poder controlar la velocidad de funcionamiento del motor, para ello se realizará el arranque con variador de frecuencia el cual permitirá poder variar la velocidad del motor para manipular el número de unidades producidas por minuto dependiendo del producto a ser empacado.

Los motores eléctricos pequeños serán conmutados por relés de estado sólido al igual que cada una de sus cargas, lo que garantizan el aislamiento de circuito de control con el circuito de potencia, protegiendo a los equipos de corrientes residuales.



Figura 2.16. Relés de estado sólido

Los equipos tienen que montarse en sitios fácilmente accesibles para su revisión y reparación, para ello necesitamos de la instalación en el tablero de control de una riel din, el cual facilitará la sujeción y aislamiento de sus elementos.

Las dimensiones del tablero de control son 135x150x50 [cm], donde se encuentra montada una riel DIN principal para la sujeción del PLC, para el encendido/apagado de la empacadora disponemos de un interruptor de corte principal y para la protección de un cortocircuito en la alimentación disponemos de fusibles a cada fase en su entrada; además disponemos de una riele DIN secundaria para el montaje de las borneras de conexión de I/O del PLC, bornera para las variables de entrada al PLC y bornera para las variables de salida hacia los circuitos de fuerza, como se puede observar en la figura 2.17.

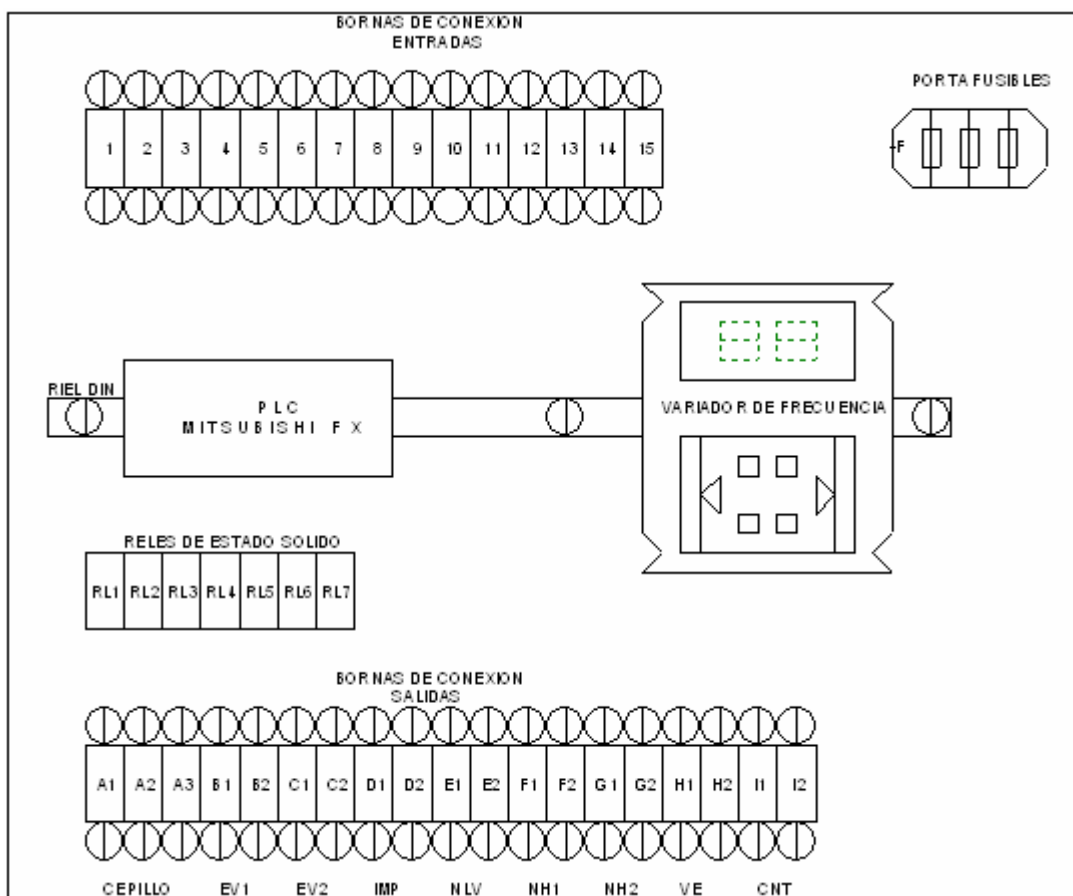


Figura 2.17. Diagrama de distribución de equipos

2.4 EQUIPAMIENTO

En el mercado existe una gran diversidad de precios y marcas de equipos de acuerdo a cada necesidad, para la elección del PLC, VFD, controladores de temperatura, sensores, etc., es necesario determinar las características básicas del proceso que se va automatizar, en los anteriores capítulos se ha realizado

dicho estudio a continuación se presentará un breve resumen de dichas características.

La técnica de control es ON – OFF para nuestro controlador ya que disponemos de 10 entradas discretas y 5 salidas a relé, no obstante debemos dejar abierta la posibilidad de una I/O analógica, disponible o ampliable a futuro, debe poseer una fuente de alimentación 24 VDC, para minimizar el número de componentes y para su fácil montaje en el tablero de control es necesario que pueda ser montado en riel DIN.

Tabla 2.1 Características del PLC

PLC	Montaje	Alimentación	I/O digital	I/O Analoga	Fuente
Modular/compact	Riel Din	110 VAC	12/8	DISPONIBLE	24 VDC

La asignación de sus entradas/salidas del PLC se encuentra descrita en los planos A1 y A2 del anexo 4.

La velocidad de operación necesita ser ajustada en función al gramaje de enfundado, sí el equipo se encuentra empacando fundas de gran gramaje el tiempo que el dosificador tarda en llenar el plato giratorio es muy corto, consecuentemente existe dos posibles soluciones. La primera es cambiar el controlador del vibrador electromagnético para aumentar el número de vibraciones y dosificar oportunamente el palto giratorio, o la segunda opción es poder aumentar o disminuir el número de revoluciones por minuto del sistema de arrastre, para ello es necesario instalar un VFD para poder bajar las revoluciones del motor eléctrico del sistema de arrastre cuando sea necesario.

Tabla 2.2 Características del VFD

EQUIPO	Alimentación	Potencia
VDF	330 [VAC]	1,0[Hp]

Para la conmutación de las cargas de tipo resistivas se puede conmutar directamente desde salidas a relé del PLC, para garantizar la fiabilidad del equipo la conmutación de dichas cargas se las realizará mediante relés de estado sólido.

Los relés de estado sólido al no contar con partes electromecánicas su tiempo de vida es superior a los relés electromagnéticos.

Tabla 2.3 Características de los relés

Cant	RELES	Amperios	Manejo
5	ESTADO SOLIDO	10 A	Cargas Resistivas
2	ESTADO SOLIDO	5 A	Controladores de Temperatura
1	ELECTROMECHANICO	15 A	Banda Transportadora

En la siguiente tabla se encuentran los sensores ópticos que son utilizados para la detección de marca y presencia de producto.

Tabla 2.4 Características de los sensores ópticos

Cant	Sensor	Tipo	Vin	Vout
1	Fotoelectrico	Horquilla	DC	PNP
1	Fotoelectrico	C	DC	PNP

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL HARDWARE DE CONTROL

3.1 ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES

En la figura 3.1 se muestra el diagrama P&ID del proceso a ser automatizado.

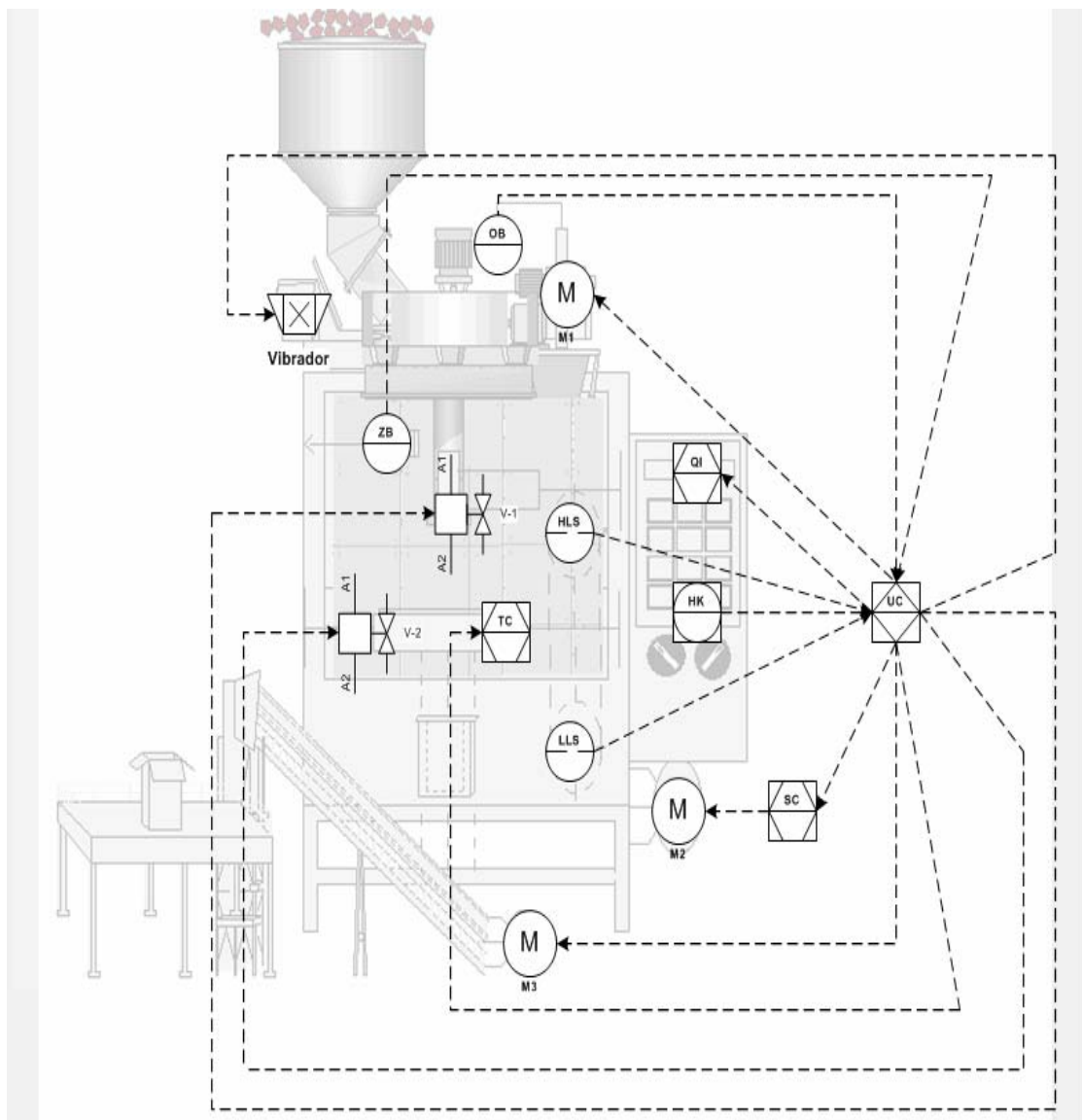


Figura 3.1. Diagrama P&ID del proceso

En la figura 3.2 se identifica y describe las señales representadas en el esquema del proceso.

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
OB	Sensor de presencia
ZB	Sensor de posición
HLS	Interruptor de nivel alto
LLS	Interruptor de nivel bajo
TC	Controlador de temperatura
QI	Indicador de cantidad
HK	Estación de control manual
SC	Controlador de frecuencia
UC	Controlador multivariable
V-1	Electroválvula V1
V-2	Electroválvula V2
M	Motor

Figura 3.2. Instrumentación del proceso

Los parámetros básicos que debemos considerar para el acondicionamiento de señales en un sistema de control son:

- El Controlador
- Los Sensores
- Elementos finales de control

El controlador que se utilizará es un PLC compacto MITSUBISHI serie FX, que dispone de 12 entradas discretas a 24 VDC y 8 salidas a relé ninguno de las I/O necesita ser configurado.



Figura 3.3. MITSUBISHI Serie FX

El PLC MITSUBISHI serie Fx, está provisto de una fuente de 24 VDC y una corriente máximo de consumo de 400 mA, la comunicación entre el PLC y computador se lo realiza por un conector RS 422.

La familia de micros controladores FX1S posee un sinnúmero de prestaciones pese a ser un equipo tan pequeño, como sus principales características tenemos las siguientes:

- Existe tres opciones disponibles para poder llevar a cabo la programación del autómeta que son a través de lista de instrucciones, ladder o lenguaje de contacto y lenguaje SFC siendo este último el más estructurado.
- Una memoria de programa de 2000 steps y puede manejar registro de datos de 16 bits de información utilizada para contadores, temporizadores, etc., y de un bit de información utilizada para relés auxiliares, entradas, salidas, etc., dentro del tipo de datos existen dos rangos llamados de uso general (memoria volátil) y de uso retentivos (memoria EEPROM).
- Posee contadores de alta velocidad que puede aceptar señales encima de 60 KHz., además posee un poderoso grupo de 29 instrucciones básicas y 85 instrucciones de aplicación, con una velocidad de procesamiento de instrucciones básicas de 0.55 μ s.

La programación se la realiza a través de una computadora con el software GX Developer 8.20, siendo una herramienta muy sencilla que permite monitorear el programa en ejecución, además permite al usuario acceder a los datos del programa, donde es posible manipular los valores almacenados en contadores, temporizadores, alarmas de texto, etc.

Las especificaciones del hardware del autómeta FS1S-20MR-ES son las siguientes:

- 12 entradas de 24 VDC

- 8 salidas a relé a 250 VAC, con una corriente máxima 2 A en cada punto
- Fuente de alimentación de 100 – 240 VAC
- Incluye una fuente de voltaje de 24 VDC a 400 mA
- Soporta módulos de ampliación de entradas/salidas analógicas
- Peso de 0.3 Kg.
- Dimensiones son 60x90x75 mm.

El esquema de sus terminales para realizar el cableado se encuentra descrito en la figura 3.4

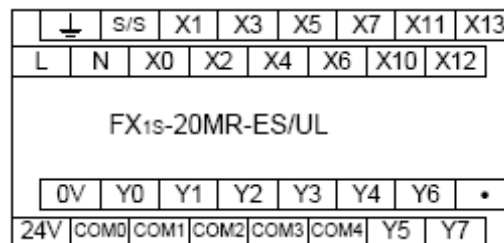


Figura 3.4. Diseño de terminales, salidas a relé

Los sensores también conocidos como elementos primarios, son dispositivos que captan información de magnitudes físicas, donde es modificada dicha información para poder transmitir una señal de salida hacia el controlador.

El sensor fotoeléctrico Optex CDD-40CP es capaz de resistir golpes y vibraciones, trabaja con una fuente de alimentación en el rango 12 a 30 VDC, y sus principales características son:

- Corriente de consumo es 25 mA.
- Señal de control tipo PNP
- Tiempo de respuesta de 1.5 ms.
- Fuente de luz infrarrojo
- Sensibilidad puede ser ajustado girando un potenciómetro

Es un sensor compacto cuyas dimensiones se describen en la figura 3.5

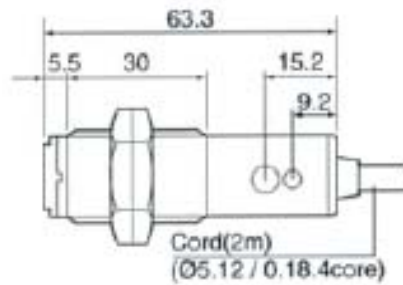


Figura 3.5. Dimensión del sensor Optex

El diagrama del circuito de sus entradas y salidas se muestra en la figura 3.6

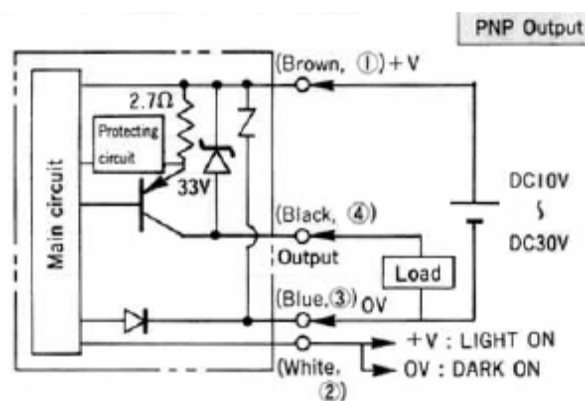


Figura 3.6. Conexiones del sensor Optex

El sensor fotoeléctrico Sick tipo horquilla puede ser ajustado su sensibilidad presionando una tecla, trabaja con una fuente de alimentación en el rango 12 a 30 VDC, y sus principales características son:

- Corriente de consumo 40 mA.
- Señal de control tipo PNP
- Tiempo de respuesta 50 μ s.
- Fuente de luz infrarrojo
- Dimensiones son 12x39.5x80 mm.



Figura 3.7. Sensor fotoeléctrico Sick

El diagrama del circuito de sus entradas y salidas se muestra en la figura 3.8

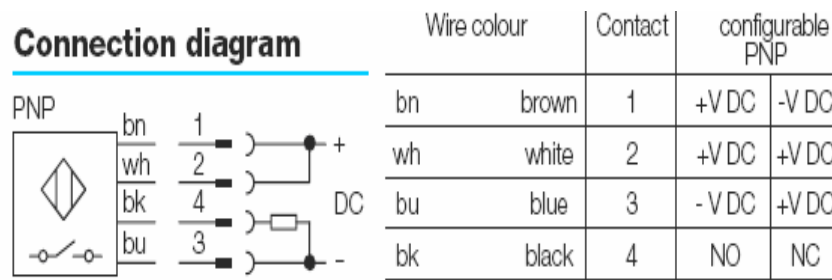


Figura 3.8. Conexiones del sensor Sick

Los elementos finales de control son aquellos elementos que actúan sobre el proceso; a continuación se describe los equipos que se utilizan para realizar esta acción.

El variador de frecuencia serie LG ig5 modelo 008-1 posee las siguientes características:

- Capacidad de carga para motores de 1 HP
- Voltaje de alimentación debe ser 230 VAC entre fases
- Frecuencia de salida de 0.1 hasta 400 Hz.
- Método de control por frecuencia o voltaje
- Método de operación por teclado, terminales y protocolo de comunicación Modbus.

El diagrama esquemático de control a través de sus terminales se muestra en la figura 3.9.

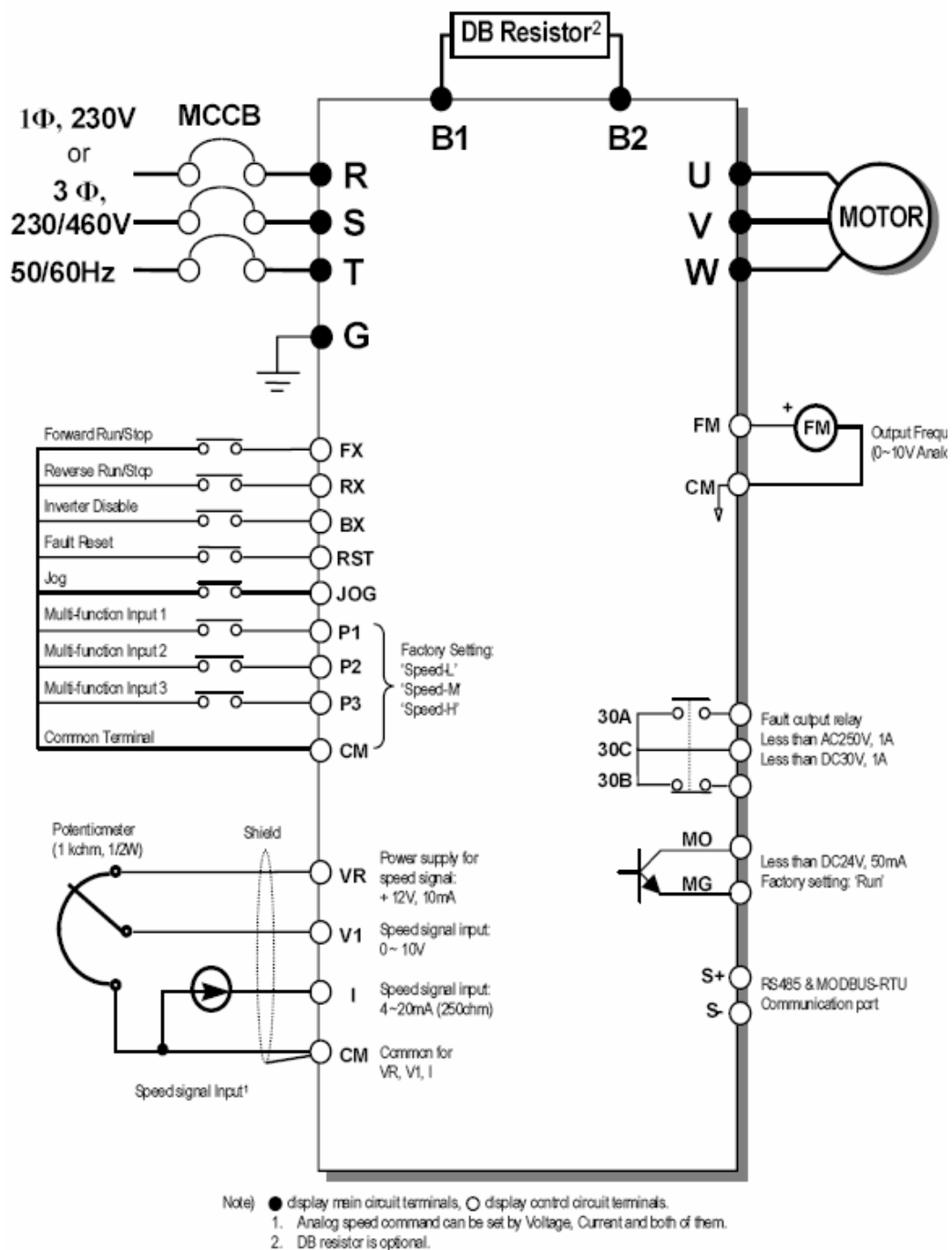


Figura 3.9. Conexiones del variador de frecuencia

El controlador de temperatura OMRON puede realizar un ajuste automático mediante control ON/OFF o PID, selección de temperatura °C o °F, modelo para termocuplas J, L, K y RTD, fuente de alimentación de 100 a 240 VAC.

El diagrama de conexiones para los controladores de temperatura se encuentra descrito en el siguiente circuito.

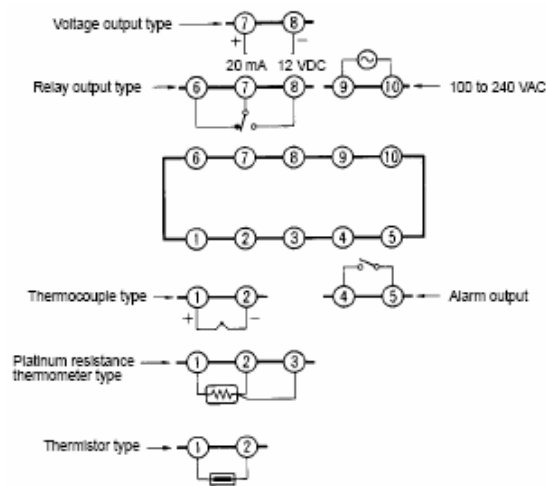


Figura 3.10. Diagrama de conexiones del controlador de temperatura

3.2 SISTEMA DE CONTROL

La técnica de control utilizada en el proceso de automatización de la empacadora volumétrica es un control ON/OFF, ya que sus elementos finales de control conmutan entre dos posiciones fijas, para un valor único de la variable controlada.

La operación de control será realizado mediante un operario situado frente al panel de control, consecuentemente el punto de control es local a través de las condiciones fijadas en cada uno de sus interruptores.

El modo de operación del controlador está gobernado por el selector SW0 de modo manual o modo automático ubicado en el panel de control, dependiendo de la posición de SW0, el controlador activará o cesará sus señales hacia los elementos finales de control.

El switch SW1 de dos posiciones, energiza una de las entradas del PLC, este interruptor de arrastre permite encender o apagar el relé RL2 que activa la electroválvula EV1, se encuentra gobernado por dos microswitch MW1 y MW2, quienes transmiten la posición del sistema de arrastre que controla la activación del cilindro de doble efecto al que se encuentran conectado las mordazas para el sistema de sellado y corte continuo.

El switch SW2 de dos posiciones, energiza una de las entradas del PLC, el cual permite encender o apagar el RL3 que activa la electroválvula EV2, que activa la impresión de codificadora CD, la cual será activa únicamente si el avance está detenido, la activación de la codificadora se lo realiza a través de una de las salidas del PLC.

El switch SW3 de dos posiciones, energiza una de las entradas del PLC, el cual permite encender o apagar el RL5 que activa el vibrador electromagnético VE, el cual dosifica al plato giratorio, y estará intermitente hasta que el sensor óptico de presencia de producto SOP se desactive a través de una de las salidas del PLC.

El switch SW4 de dos posiciones, energiza la alimentación de los controladores de temperatura, permitiendo encender o apagar dichos equipos.

El switch SW5 de dos posiciones, permite encender o apagar el RL7 que activa el motoreductor ME2, el mismo que es el encargado de nivelar el producto que se encuentran en los vasos volumétricos.

El switch SW6 de dos posiciones, permite encender o apagar el relé RL6 que activa el motoreductor ME3, el cual se encuentra conectado una banda transportadora.

Los pulsadores PB1 (NO) y PB2 (NC), energizan dos entradas del PLC, el cual activa al variador de frecuencia, quien es el encargado de manipular al motor eléctrico trifásico para el sistema de arrastre.

El contador de unidades es activado a través de una de las salidas del PLC el cual permite encender o apagar el relé RL7 que activa la cuenta de unidades terminadas.

Los diagramas electrónicos se encuentran detallados en el *anexo 4*, plano A1 y A2, para el circuito de control.

3.3 SISTEMA DE POTENCIA

El sistema de potencia es el circuito eléctrico encargado de manejar adecuadamente la alimentación trifásica, que proporciona de energía a todo el equipo.

En la entrada de red eléctrica se dispone de un interruptor principal SW, capaz de interrumpir o suministrar la alimentación hacia el equipo y para la protección ante un cortocircuito se ha colocado fusibles de 10 [A] en cada una de las fases.

En los controladores programables, las interfases de entrada se encargan de convertir la tensión que reciben de sensores, límites de carrera, pulsadores, llaves, etc., en un nivel de tensión apropiado para la operación de la CPU, de la misma manera, las interfases de salida permiten, partiendo de señales de baja tensión originadas en la CPU, comandar contactores, solenoides de válvulas, arrancadores de motores, etc., valiéndose de elementos que los puedan manejar, tales como triacs, transistores o relés de potencia.

El motor eléctrico trifásico que mueve la banda transportadora se utiliza un relé electromagnético tripolar RL7 y fusibles de protección en cada polo, para la conmutación de dicha carga.

Para la conmutación de todas las cargas conectadas en el equipo, se lo realiza con relés de estado sólido de 10 A, que aíslan la etapa de control de la etapa de potencia, garantizando la seguridad del equipo.

Para el manejo del motor trifásico encargado del sistema de arrastre y avance se utiliza un VDF, el cual permite fijar la frecuencia de operación del motor trifásico, de acuerdo al gramaje que se requiera empacar se puede aumentar o disminuir la velocidad de operación del motor, el diagrama de conexión del VDF se encuentra descrito en la figura 3.9.

El circuito de potencia se encuentra detallado en el *anexo 4*, plano A3, A4 y A5

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL SOFTWARE DE CONTROL

4.1 ASIGNACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS

La notación utilizada en el caso de entradas y salidas del autómata es octal, en el caso de las entradas comienza en la dirección X0 y para el caso de salidas comienza en la dirección Y0, a continuación se esquematiza con detalle todas las I/O del autómata en la figura 4.1.

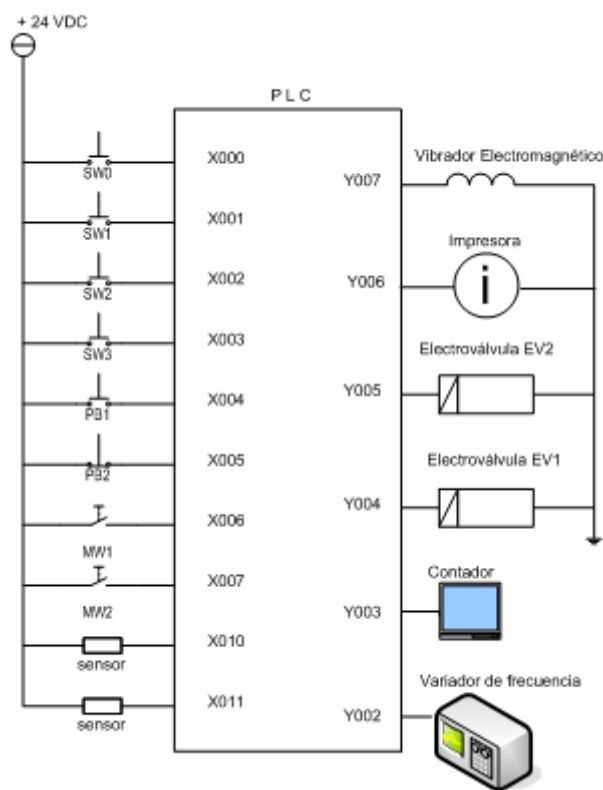


Figura 4.1. Asignación de las variables en el PLC

La lógica de programación involucra la utilización de funciones integradas en la CPU del PLC, que ayudan a encontrar mediante los bloques de instrucciones una solución fiable y factible a los requerimientos planteados por el usuario.

La programación del PLC Mitsubishi FX1S se lo realiza en diagramas en escalera también conocidos como Ladder Logic, como se muestra en la figura 4.2.

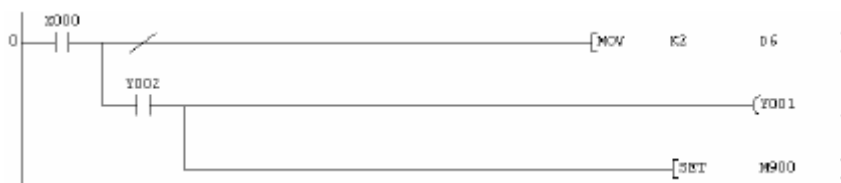


Figura 4.2. Diagramas Ladder logic

Para ello en la tabla 4.1 describe todas las variables involucradas en el proceso, las cuales han sido explicadas detalladamente en capítulos anteriores y se resumen a continuación.

Tabla 4.1. Descripción de E/S usadas en el PLC

Entradas

PLC	Variable	Descripción	
X000	SW0	Interruptor	Auto/Manual
X001	SW1	Interruptor	Arrastre
X002	SW2	Interruptor	Impresora
X003	SW3	Interruptor	Vibrador
X004	PB1	Pulsador	Start
X005	PB2	Pulsador	Stop
X006	MW1	Microswitch	Fin de carrera
X007	MW2	Microswitch	Fin de carrera
X010	SOM	Sensor	Sensor de posición
X011	SOP	Sensor	Sensor de presencia

Salidas

PLC	Variable	Descripción
Y007	VE	Vibrador Electromagnético
Y006	i	Impresora electroneumática
Y005	EV2	Electroválvula EV2 impresora
Y004	EV1	Electroválvula EV1 cilindro
Y003	CNT	Contador
Y002	VDF ON/OFF	Variador de Frecuencia

Registros

M2	T0	Temporizador
M4	C0	Contador

Para empezar un nuevo proyecto mediante el software GX Developer es necesario ingresar en el formulario de trabajo, las especificaciones de serie del PLC, tipo de PLC y tipo de programa, generando la siguiente pantalla.

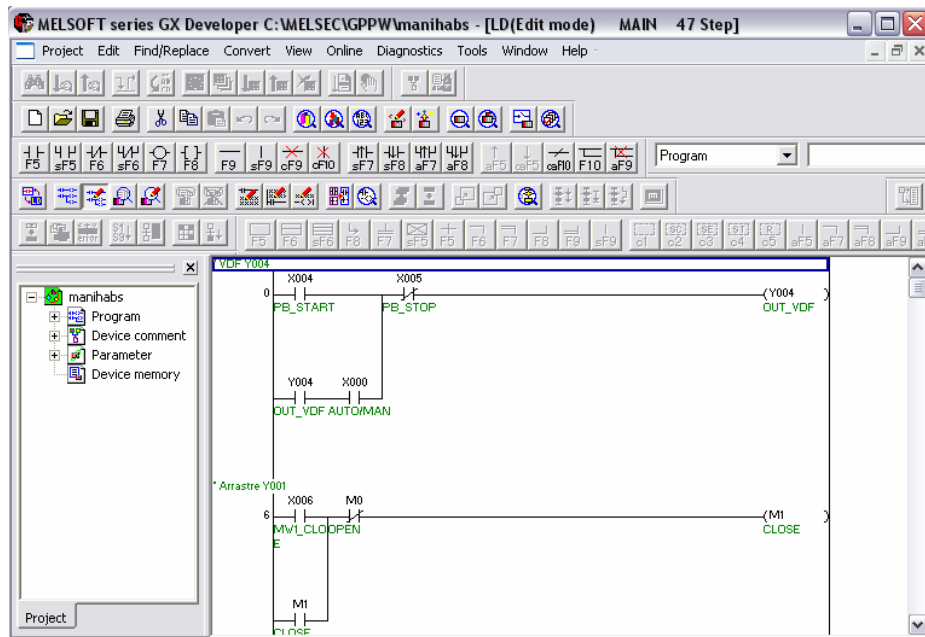


Figura 4.3. Entorno de programación

En el controlador lógico programable es necesario monitorear el estado de las variables que son captadas y/o generadas por el circuito de control, de tal manera que se puede determinar si el estado lógico de dichas variables, es el adecuado en la lógica de programación, para ello contamos con un modo de cuatro ventanas que nos permite monitorizar que son, Device batch monitor, Entry data monitor, Buffer memory batch, Device test como se muestra en la figura 4.4

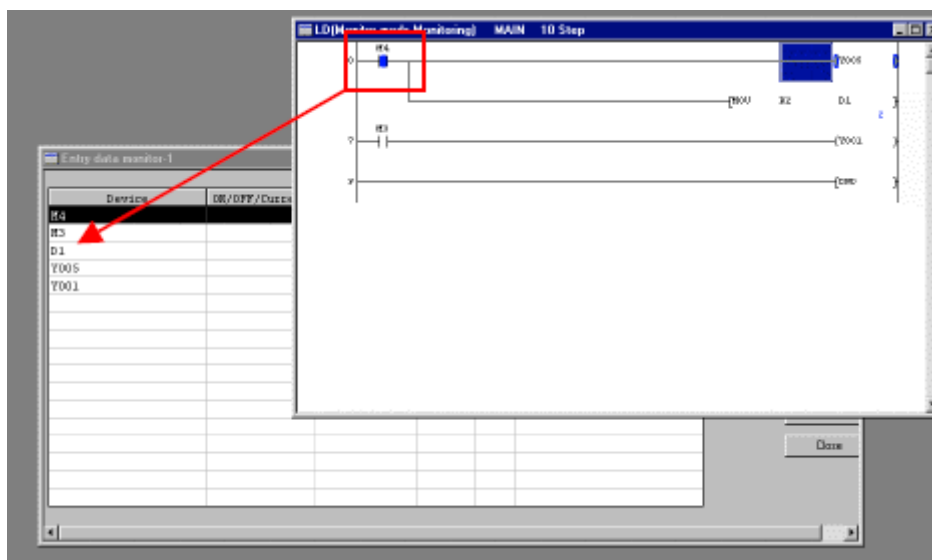


Figura 4.4 Modos Monitor

4.2 PROGRAMACIÓN

GX Developer es un paquete de software basado en la plataforma de Windows, el cual permite la programación de los autómatas programables de la compañía MITSUBISHI para la familia FX.

El programa cargado en el PLC esta constituido por los modos de operación manual y automático, los cuales se ejecutan en un programa principal, dentro del programa principal se realiza la llamada a subprogramas que permiten ejecutar las condiciones de operación para el desarrollo de ciclos continuos permitiendo a la lógica de control la activación de sus salidas físicas.

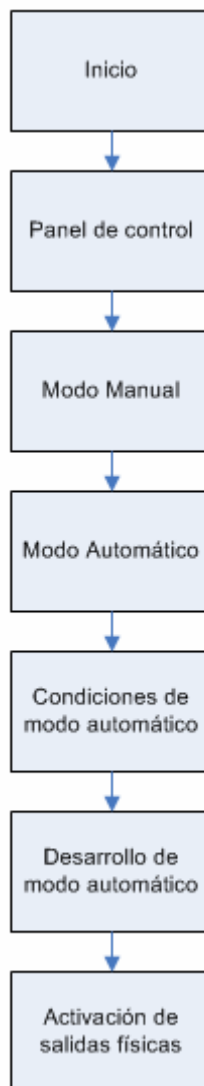


Figura 4.5 Estructura principal del programa

Antes de energizar al sistema es necesario realizar ajuste inicial de sus condiciones externas como el largo de la funda, el ajuste de la altura de los vasos volumétricos para obtener el peso deseado y la alimentación de producto terminado en la tolva.

Una vez realizado el ajuste de las condiciones iniciales de operación al energizar el sistema, el programa principal ejecutará las condiciones fijadas en el panel de control, además mediante la información recibida a través de los fines de carrera y los sensores permitirán desarrollar adecuadamente la lógica de funcionamiento del equipo como se muestra en la figura 4.6.

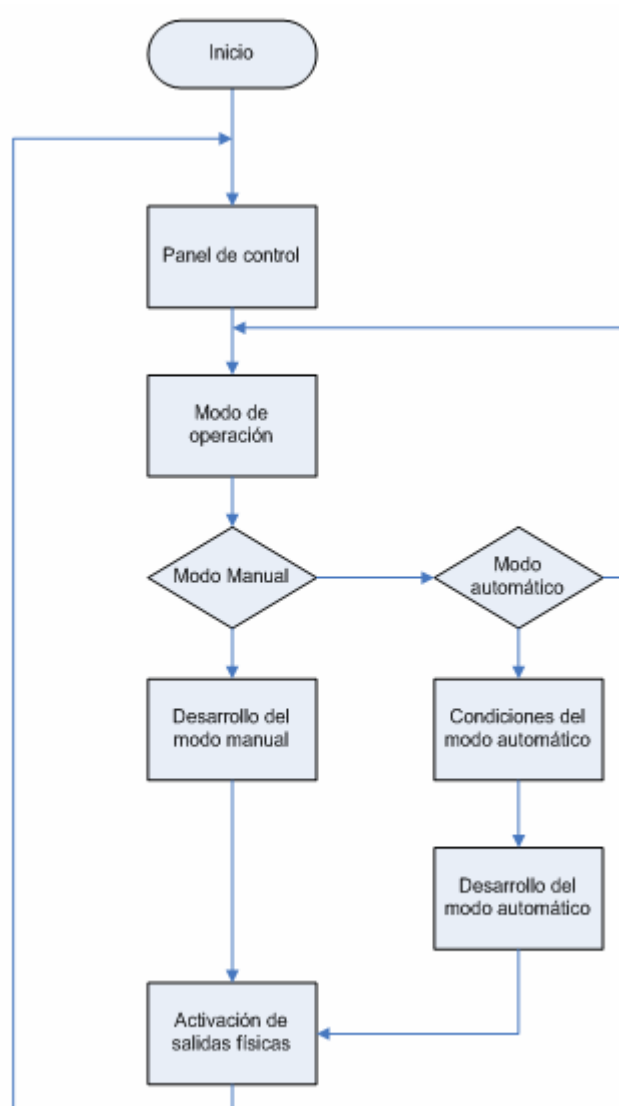


Figura 4.6 Diagrama de flujo del programa principal

El desarrollo del programa en modo manual consiste en el funcionamiento del equipo mediante el operario, quien será el que determine que salidas físicas necesita encender o apagar.

Si el programa se encuentra en modo automático es necesario ubicar adecuadamente los sensores, energizar los dispositivos de control como controlador de vibrador, controlador de temperatura, esto permitirá al control principal gobernar adecuadamente los actuadores que se encuentran conectados a su estructura.

El programa es desarrollado en un ambiente gráfico de contactos y bobinas que contienen segmentos numerados donde se almacena la lógica de funcionamiento lo cual permite encender o apagar a los dispositivos que integran a la empacadora volumétrica, el programa del PLC en Ladder Logic se encuentra en el *anexo 5* y su explicación se la realiza a continuación.

Para obtener la señal que controla al variador de frecuencia debemos determinar la condición que activan la salida Y002 del autómeta; se pondrá en marcha el equipo solo cuando pulsemos START y solo será necesario de una pulsación para la puesta en marcha del equipo si se activa la señal de automático caso contrario el equipo permanecerá encendido mientras dure la fuerza pulsante sobre el botón START.

La electroválvula EV1 se utiliza dos relés auxiliares para almacenar las condiciones que hacen activar (M1) o desactivar (M0) la electroválvula que gobierna el sistema de arrastre que son:

- X007: MW1 CLOSE
- X010: MW2 OPEN
- X011: Sensor de marca

La electroválvula EV2 se utiliza un temporizador T0 de 0.5 segundos, tiempo necesario para efectuar la impresión en la lámina de plástico, siempre que la

señal X010: MW2 OPEN se active y podrá volver a su estado inicial una vez culminado el retardo almacenado en el relé auxiliar M3.

El vibrador electromagnético podrá ser activado por cualquiera de las siguientes variables:

- X003: SW3
- X0012: Sensor óptico

Se activa el contador de unidades producidas una vez armada la envoltura, para ello necesitamos de un contador (C0) que registre el cambio de estado de las variables:

- X007: MW1 CLOSE
- X010: SOP

Almacenamos el valor de cuenta K2 en C0, donde una vez cumplida la cuenta este variable auxiliar se activará y para volver a su estado inicial necesitamos reanudar el contador llamando a la función [RST C0].

CAPÍTULO V

IMPLEMENTACIÓN

5.1 MONTAJE FÍSICO

En el armario es necesario remover todo el sistema de control anterior, ya que ninguno de los elementos será utilizado a excepción de relé electromagnético tripolar ubicado en la parte superior derecha utilizado en la banda transportadora, para poder desmontar la placa base donde se encuentran sujetos dichos elementos es necesaria la desconexión de las cargas, desconexión de la botonera como se muestra en las figuras 5.1 y 5.2.



Figura 5.1. Sistema de control antiguo



Figura 5.2. Panel de control

Una vez desmontada la placa base del panel de control, es posible el montaje y sujeción de cada elemento del nuevo sistema de control, como se muestra en las figuras 5.3 y 5.4.



Figura 5.3. Armario y placa base



Figura 5.4. Montaje y sujeción

Para la sujeción del PLC MITSUBISHI FX se utilizó una riel Din montada en la parte central izquierda dentro del armario, este lugar prestaba la facilidad en su posición superior para el cableado de entradas desde el panel de control y en su posición inferior la conexión de los actuadores. Además se montó canaletas distribuidas a su largo y ancho del armario para la distribución del cable.

Para poder efectuar operaciones de mantenimiento o en caso de daño su reparación, en la posición actual que se encuentra el PLC permitirá tener una fácil manipulación para realizar dichos trabajos, como se muestra en la figura 5.5.



Figura 5.5. Sujeción en riel DIN 35 mm del PLC

Los relés de estado sólido fueron ubicados en la parte inferior de la placa base, ya que facilita la conexión entre las salidas del sistema de control con las bornas de los actuadores, la sujeción de estos elementos y variador de frecuencia fue realizada a través de pernos con tuerca como se muestra en la figura 5.6.



Figura 5.6. Ubicación de los relés

Los microswitch MW1 y MW2, se encuentran ubicados en la parte posterior externa junto al motor trifásico principal del sistema de arrastre, los cuales no requieren ser cambiados de su posición original, pero solo son necesarios la

conservación de dos de los cuatro microswitch que originalmente estaban instalados como se muestra en la figura 5.7.

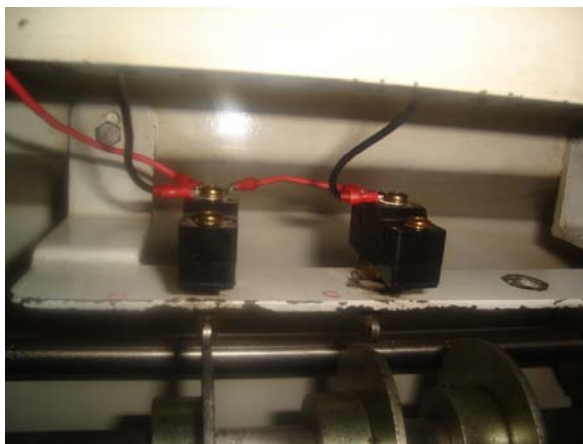


Figura 5.7. Ubicación de los fines de carrera

El sensor de marca proporciona la medida exacta de la funda, el cual se encuentra ubicado bajo la estructura del plato giratorio en su parte interna, puede ser desplazado arriba, abajo, adelante y atrás debido a que es sujetado por dos placas móviles que facilita su correcta ubicación para poder calibrar al equipo, como se muestra en la figura 5.8



Figura 5.8 Ubicación del sensor de marca

En el panel de control se realizó la conexión y señalización de todas las señales que se generan en la botonera como interruptores, pulsadores, controladores de temperatura y el contador de unidades producidas, esto permite identificar las señales al momento de ser conectadas a las entradas del PLC una

vez que se ubique el panel de control en el armario, como se muestra en la figura 5.9.

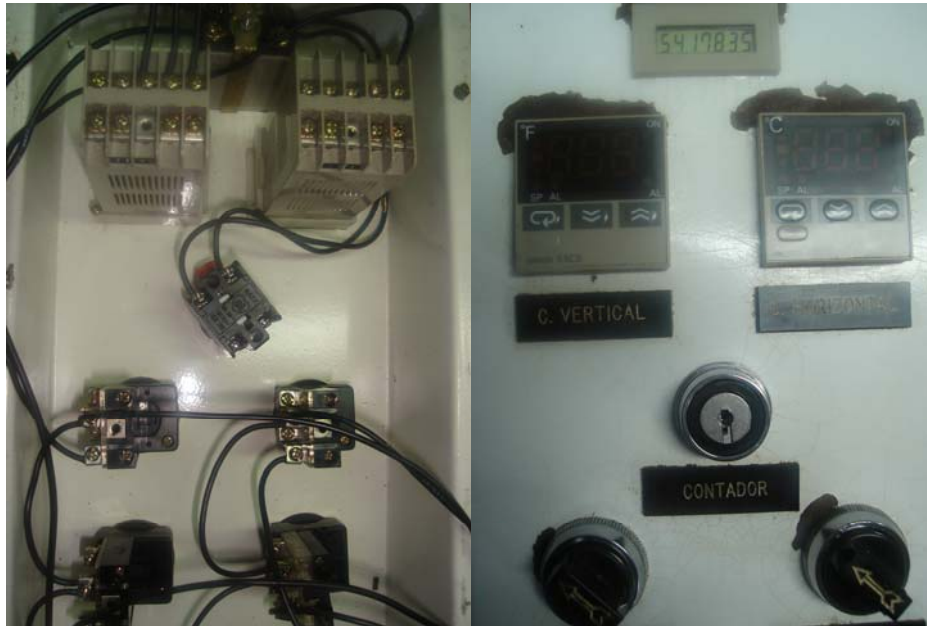


Figura 5.9. Panel de control

En la red de distribución neumática hubo la necesidad de reemplazar toda manguera que estaba conectada a la unidad de mantenimiento, válvula distribuidora, actuadores debido al desgaste y presencia de fugas de aire, además se reemplazó los racores defectuosos de las electroválvulas e impresora y todos estos elementos fueron reemplazados por elementos de la marca FESTO como se muestra en la figura 5.10.



Figura 5.10. Red de distribución neumática

5.2 PUESTA EN MARCHA

Se realizó la interconexión de todos los elementos y equipos, fuente de alimentación DC y bornas de distribución de la red eléctrica respectivamente, para la ubicación de toda señal de entrada hacia el PLC se implementó con bornas de carril de dos conductores y para la conexión de todas las cargas se implementó con bornas de carril de tres conductores de la marca WAGO que ahorró un 50% de tiempo en la conexión de los conductores y se acoplan al tablero en riel DIN 35 mm.

En el variador de frecuencia SV-iG5 se necesita configurar dos parámetros básicos antes de su operación que son el DRIVE MODE, el cual será operado únicamente a través del PLC (FX/RX-1) y el MOTOR DIRECTION SET que deberá trabajar en modo FORWARD.

En la figura 5.11 se muestra la interconexión de todos los dispositivos montados sobre la placa base antes de ser conectadas en el armario.



Figura 5.11. Interconexión del sistema de control

Una vez realizado todo el cableado se procedió a montar el nuevo sistema de control en el armario como se muestra en la figura 5.12, una vez montado se conectaron cada una de las cargas incluida su alimentación, posteriormente se energizó el sistema de control donde se procedió a verificar que cada señal este

conectada correctamente en sistema de control implementado y a través del ordenador se realizó un monitoreo de todas las señales para garantizar la fiabilidad del equipo.



Figura 5.12. Montaje del sistema de control en el armario

Al finalizar la implementación del nuevo sistema de control es necesaria la calibración de los sensores de marca y presencia los cuales necesitan estar posicionados adecuadamente para que realicen un trabajo óptimo.

Además de la calibración de los sensores hubo la necesidad de ajustar el tiempo de activación de los fines de carrera debido a que el tiempo de activación de los actuadores neumáticos era mayor que la señal de control, la calibración del equipo se realizó con funda plástica impresa como se muestra en la figura 5.13.



Figura 5.13. Material utilizado para sincronización

CAPÍTULO VI

PRUEBAS Y RESULTADOS

6.1 PRUEBAS

Una vez concluida la instalación de los dispositivos de control, se realizó la calibración de los dos sensores, la calibración de los dos fines de carrera, la fijación de los parámetros de trabajo del variador de frecuencia y se realizaron las siguientes pruebas de funcionamiento.

Primeramente se verificó la continuidad de cada uno de los interruptores del panel de control para garantizar que la lógica de control normalmente abierto o normalmente cerrada se encontraba adecuadamente conectada al sistema de control.

Se verificó si todos los elementos y dispositivos de control se encuentren alimentados y en sus salidas presenten los niveles adecuados de voltaje necesarios para el control, siendo necesaria la adecuada polarización de los detectores para que su lógica de conexión no esté invertida NPN o PNP.

Se verificó que todos los actuadores como electroválvulas, motores, vibrador electromagnético, impresora electroneumática y contador sean encendidos y apagados mediante las señales de control generadas en el panel de control a través de los relés de estado sólido para la parte de potencia.

Se procedió a encender el equipo sin lámina de termoplástico y sin producto terminado en la tolva, para el ajuste de los tiempos de activación en los fines de carrera, debido a que el tiempo de activación de los actuadores neumáticos era mayor que la señal de control.

En el fin de carrera superior hubo la necesidad de adelantar su activación para obtener la sincronización del avance, al igual hubo que adelantar el fin de carrera inferior para evitar que la lámina de termoplástico sea deformada por el sistema de arrastre.

Para la calibración del sensor de marca hubo la necesidad de alimentar al equipo con lámina de termoplástico, pero fue necesario la integración de una referencia numérica en la riel del sensor debido a que existe una marca impresa en el punto medio de la lámina de termoplástico pero en otras láminas de termoplástico se encuentra impresa la marca al inicio; consecuentemente se calibró en las dos posiciones.

Para la calibración del sensor de presencia hubo la necesidad de alimentar con producto terminado a la tolva, donde el sensor de presencia se encuentra sujetado en ejes móviles que permiten ubicarlo adecuadamente para que el sensor alimente sin exceder de producto terminado al plato giratorio.

Se realizó la calibración de los controladores de temperatura con lámina de termoplástico lo que garantiza un sellado confiable.

Se fijó los valores de trabajo para el variador de frecuencia como tiempos de aceleración y desaceleración, DRIVE MODE fijado en FX/DX-1, Motor Direction Set fijado en Forward y frecuencia de operación 60.00 Hz.

Se presentó un inconveniente con el temporizador que gobierna la activación y desactivación de la impresora electroneumática, inicialmente se fijó en 1.0 s, tiempo que fue muy alto ya que interrumpía el avance de la lámina de termoplástico, consecuentemente se redujo a 0.5 s, tiempo necesario y suficiente para la impresión.

Simultáneamente se realizaron trabajos de mantenimiento mecánico como rectificación de piezas, cambio de rodamientos, ajuste y lubricación de cadenas, asentamiento de mordazas entre otros, consecuentemente se logró mejorar el

funcionamiento de todo el equipo ya que los sistemas mecánicos y eléctricos se encuentran íntimamente relacionados.

6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Actualmente la cantidad de unidades producidas por minuto se incremento de 40 a 51 unidades producidas por minuto, esto constituye un aumento de la productividad debido al mejoramiento en los tiempos de respuesta del nuevo sistema de control, siendo más eficiente con las mismas condiciones de operación.

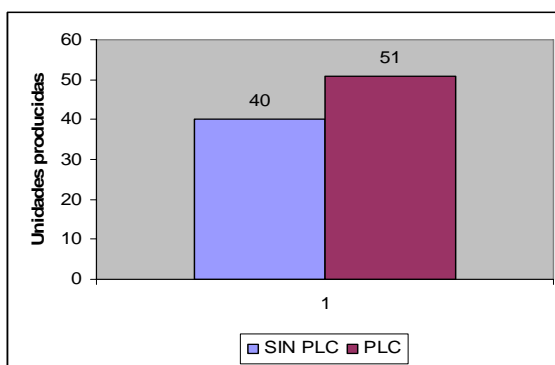


Figura 6.1. Comparación entre los dos sistemas de control

Ahora es posible pasar a enfundar de lámina impresa a no impresa solo cambiando el rollo de termoplástico, donde el tamaño de la funda será determinado por la carrera móvil que posee el sistema de arrastre, además para el empaque de fundas de mayor tamaño es posible reducir frecuencia de trabajo del motor de arrastre en un 5%, generando un tiempo suficiente para que descienda un producto que sea voluminoso.

La integración del PLC en el nuevo sistema de control y reducción del número de componentes en la empacadora cumple con dos conceptos fundamentales que se persigue en la metas de producción confiable que son confiabilidad y eficiencia.

El nuevo sistema de control implementado es flexible a los posibles cambios que sean necesarios para su mejoramiento, reparación o integración.

CAPÍTULO VII

ANÁLISIS ECONÓMICO

7.1 PRESUPUESTO

Se presenta a continuación los costos generados en la realización de este proyecto.

El costo total realizado en la adquisición de equipos se encuentra detallado en la tabla 7.1

Tabla 7.1. Detalle de costos de equipos

EQUIPO	Descripción	CANTIDAD	COSTO USD
PLC MITSUBISHI FX1S*	Compacto 12/8 I/O, relé	1	234,00
FX-USB-AW	RS-422/USB	1	170,85
IG5 SERIES	1 HP	1	270,65
COSTO TOTAL USD			675,50

El costo de los relés de estado sólido, elementos encargados de manejar las cargas se encuentran detalladas en tabla 7.2.

Tabla 7.2. Detalle de costos de elementos para el manejo de cargas

ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO USD
RELE W6410ASX* 10A	6	90
RELE RKC 10 A	2	75,16
COSTO TOTAL USD		165,16

El costo realizado en material eléctrico para la conexión de cargas como alambre debido a la presencia de más de un empalme, bornas de paso que agilicen la conexión e identificación y porta fusibles para la protección se detalla en la tabla 7.3.

Tabla 7.3. Detalle de costos del material eléctrico y afines

ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO USD
CABLE 16 AWG	20	5
BORNAS DE 2 CONDUCTOERES WAGO	14	5,6
BORNAS DE 3 CONDUCTOERES WAGO	27	16,2
PORTA FUSIBLES	3	3,75
CANALETA 25x40, 1m	1	3,15
RIEL DIN 35mm, 1m	1	3,25
COSTO TOTAL USD		36,95

Los costos generados por mano de obra se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 7.4. Detalle de costos en mano de obra

Mantenimiento Mecánico	400
Implementación Eléctrica	400
COSTO TOTAL USD	800

Una vez realizado la revisión de costos individual, se presenta en la tabla 7.5 el valor total de la inversión para la implementación del nuevo sistema de control para la empresa Maní Manía.

Tabla 7.5. Costo total de la implementación

Equipos	675,5
Elementos	165,16
Material Eléctrico	36,95
Mano de Obra	800
COSTO TOTAL USD	1677,61

Ahora para determinar el ahorro obtenido es necesario sumar todos los costos que se generaban con el anterior sistema de control.

La sincronización del equipo con el anterior sistema de control se la realizaba mediante la manipulación manual del operador, consecuentemente se generaba desperdicio en el empaque, además este equipo empaqueta 8 ítems diferentes en un mismo tamaño generando más desperdicios al momento de cambiar de empaque.

El desperdicio de empaque era una de las desventajas del antiguo sistema de control, el desperdicio acumulado de empaque suma aproximadamente 20 kilos con un costo por kilo de 8.50, lo cual se resume en la tabla 7.6.

Tabla 7.6. Desperdicio en empaque

Cantidad de desperdicio Kg.	Precio x kilo	Costo USD
20	8,5	170
COSTO TOTAL USD		170

El manipular el antiguo sistema de control por el operador producía daños en el equipo debido a que sistema de control realizaba operaciones no permitidas, lo que generabas fallas graves, siendo necesario contratar técnicos especializados para efectuar su reparación, generando un costo como se resume en la tabla 7.7.

Tabla 7.7. Costo por reparación

Mano de obra calificada	Costo	Costo USD
1	200	200
COSTO TOTAL USD		200

El antiguo sistema de control necesitaba de dos operarios para mantener al equipo continuamente trabajando actualmente solo se requiere de uno para su operación lo que genera un ahorro que se resume en la tabla 7.8.

Tabla 7.8. Gastos en mano de obra

Operador	Salario	Costo USD
1	400	400
COSTO TOTAL USD		400

En la tabla 7.9 se muestra un resumen de los valores que se ahorran al realizar la implementación del nuevo sistema de control.

Tabla 7.9. Ahorro total obtenido en la implementación

Desperdicio de empaque	170
Gastos por reparación	200
Gastos por mano de obra	400
COSTO TOTAL USD	770

Una vez determinado el monto total de la inversión y el ahorro que genera la implantación del nuevo sistema de control es necesario realizar un análisis de costo – beneficio.

7.2 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

En la realización de todo proyecto es importante determinar los beneficios o pérdidas que puede generar la realización del proyecto, siendo necesaria la evaluación financiera para apoyar o rechazar dicho proyecto.

La evaluación financiera se apoya en el cálculo de los aspectos financieros del proyecto o puede ser utilizado para determinar la viabilidad entre dos o más proyectos, donde algunos de sus fines son los siguientes:

- a. Establecer razones e índices financieros derivados del balance general.
- b. Identificar la repercusión financiera por el empleo de los recursos monetarios en el proyecto seleccionado.
- c. Calcular las utilidades, pérdidas o ambas, que se estiman obtener en el futuro, a valores actualizados.
- d. Determinar la tasa de rentabilidad financiera que ha de generar el proyecto, a partir del cálculo e igualación de los ingresos con los egresos, a valores actualizados.

Para la realización del análisis financiero existen básicamente dos métodos que son los siguientes:

1. Métodos Estáticos

- El método del Flujo Neto de Caja (Cash - Flow Estático).
- El método del Pay - Back o Plazo de recuperación.
- El método de la Tasa de rendimiento contable.

Estos métodos adolecen todos de un mismo defecto: no tienen en cuenta el tiempo. Es decir, no tienen en cuenta en los cálculos, el momento en que se produce la salida o la entrada de dinero (y por lo tanto su diferente valor).

2. Métodos Dinámicos

- El Valor Actual Neto (VAN).
- La Tasa de Rentabilidad Interna (TIR).

En realidad, estos dos métodos son complementarios puesto que cada uno de ellos aclara o contempla un aspecto diferente del problema. Usados simultáneamente pueden dar una visión más completa.

“El valor actual neto (**VAN**) de una inversión es igual a la suma algebraica de los valores actualizados de los flujos netos de caja asociados a esa inversión... Si el valor actual neto de una inversión es positivo, la inversión debe aceptarse, y rechazarse si es negativo.”¹⁶

Para determinar el VAN se utiliza la siguiente ecuación para realizar el cálculo:

$$VAN = \sum_{n=0}^N \frac{FNC}{(1+i)^n}$$

FNC = Flujo neto de caja.

i = Tasa de descuento.

n = Número de períodos de duración del proyecto.

En donde, si:

VAN > 1 se acepta la inversión

VAN < 1 no se recomienda la inversión

La tasa interna de rendimiento o tasa interna de retorno de la inversión (**TIR**) es un indicador financiero que se utiliza en la evaluación de proyectos para considerar su factibilidad en un proyecto. En otras palabras, para evaluar si un proyecto de inversión es o no rentable, cualquiera sea. Se obtiene calculando el valor actual neto de la inversión y su posible recuperación en el largo plazo, con diferentes alternativas de tasa de interés.

“Tasa interna de rendimiento es aquella por la cual se expresa el lucro o beneficio neto que proporciona una determinada inversión en función de un porcentaje anual, que permite igualar el valor actual de los beneficios y costos y, en consecuencia, el resultado del VAN actual es igual a cero. Si la tasa interna de rendimiento es igual o sobrepasa el costo estimado de oportunidad o de

¹⁶ Celio Vega, Ingeniería Económica, Mediavilla, 1983, p. 102.

sustitución del capital, la inversión permitirá, por lo menos, recuperar todos los gastos de explotación y de capital. ¹⁷

La tasa interna de retorno (TIR) puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$VAN = \sum_{n=0}^N \frac{FNC}{(1 + TIR)^n} = 0$$

Para la realización de proyectos de automatización el proyecto será realizable siempre que se obtenga un valor de TIR mayor al valor de tasa de interés anual $i \geq 20\%$.

Los resultados del cálculo del Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno se presentan a continuación:

Tabla 7.10. Proyección para tres años de las premisas de trabajo

PREMISAS DE TRABAJO	2007	2008	2009
Inflación	2,68%	5,00%	5,00%
TMAR	7,68%	7,68%	7,68%
Tasa de crecimiento del proyecto	100%	100%	100%
Monto de ingreso en USD	770	1540	2310

Tabla 7.11. Cálculo del VAN y TIR

INGRESOS	INVERSION	2007	2008	2009	
Inversión		1677,61			
Total de Ingresos		-1677,61	770,00	1540	2310
Indices de Evaluación	INVERSIÓN	ENE-DIC-07	ENE-DIC-08	ENE-DIC-09	
Concepto					
Flujo de fondos nominales		-1677,61	770,00	1540,00	2310,00
Tasa de descuento aplicable			7,68%	7,68%	7,68%
Factor de valor actual			0,93	0,86	0,80
Flujo de caja acumulados			715,08	1328,16	1850,15
FNCi actualizados y acumulados			715,08	2043,24	3893,39
Suma de los FNCi actualizados			3893,39		

VALOR ACTUAL NETO	2.215,78
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO	1,32
TASA INTERNA DE RETORNO	59%

¹⁷ N. Dávalos Arcentales, Enciclopedia Básica de Administración, *Contabilidad y Auditoría*, 1981, p. 498.

Una vez concluida la evaluación de diseño e implementación del presente proyecto a través de un análisis financiero básico mediante los valores generados en la inversión y el ahorro obtenidos en la realización del proyecto, se concluye que los valores calculados en la tabla 7.11 indican que el proyecto es económicamente rentable.

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

Al finalizar el diseño e implementación del presente proyecto se ha conseguido obtener un equipo que presenta un sistema de control moderno y flexible que facilitará su mejora, adecuación o reparación cuando sea necesario.

El análisis detallado realizado a la empacadora volumétrica permitió conocer claramente su funcionamiento, consecuentemente se pudo elegir los equipos apropiados para efectuar la automatización.

Al conocer detalladamente el funcionamiento y los componentes de la empacadora volumétrica, se puede desarrollar la lógica de control y los diagramas de diseño del sistema de control y potencia.

La programación realizada en el PLC ha sido desarrollada en forma ordenada, esto permite encontrar ágilmente cualquier falla en la programación al probar el nuevo sistema de control.

La implementación del PLC en el sistema de control permite integrar fácilmente a su estructura todos los elementos que conforman la empacadora volumétrica.

El operador está totalmente familiarizado con el funcionamiento del equipo ya que al mantener las características originales de funcionamiento, el operador no necesita involucrarse con la lógica funcional del equipo sino con el manejo adecuado del equipo.

Para la puesta en marcha del proyecto fue necesaria la colaboración de las personas encargadas de operar el equipo, para determinar si el nuevo sistema de control implementado presenta algún tipo de falla.

Para garantizar el óptimo funcionamiento de los equipos utilizados en la automatización es indispensable entender y conocer las especificaciones técnicas del fabricante.

8.2 RECOMENDACIONES

Es necesario realizar la comprobación de todos los elementos que integran la empacadora con la finalidad de determinar su estado actual y al ponerla en marcha no produzcan dichos elementos daños al equipo o al sistema.

Es necesario que el operador esté familiarizado con los elementos y equipos que se encuentran conectados en la máquina empacadora, para que cuando sea necesario fijar nuevos valores como en el variador de frecuencia o mover algún sensor se lo realice correctamente.

Se recomienda que se realice el mejoramiento de la red neumática para evitar posibles daños en electroválvulas o cilindros debido a condensación del agua producto del uso de tubería no apropiada para el manejo del fluido.

Se recomienda que el operador antes de efectuar el arranque de la máquina primero efectúe la revisión de los sistemas neumáticos como purga de los depósitos, presión de trabajo con el fin de prevenir daños graves a los actuadores.

Se recomienda cortar la red eléctrica mediante el interruptor de poder antes de realizar cualquier reparación en el sistema eléctrico ya sea tan simple como el cambio de una termocupla.

BIBLIOGRAFÍA

- ORTIZ, Hugo R., **Instrumentación y Sistemas de Control**, ESPE, 1998.
- MINK W., **El plástico en la industria**, Primera Edición, Gustavo Pili S.A., 1990
- DEPERT W., STOLL K.; **Aplicaciones de la Neumática**; Segunda Edición; Alfaomega; 2001.
- MAIXNER H., **Introducción a la Neumática**, FESTO DIDACTIC, 2001
- Jorge Molina, **Apuntes de Control Industrial**, EPN, 1998
- Celio Vega, **Ingeniería Económica**, Mediavilla, 1983, p. 102.
- N. Dávalos Arcentales, **Enciclopedia Básica de Administración, Contabilidad y Auditoría**, 1981, p. 498.
- <http://www.selladorashergo.com>, Catalogo General De Empacadoras
- <http://www.audion.com>, Empacadoras y Empaques
- <http://www.lt-automation.com/Reles.htm>, Relés Industriales
- http://www.infopl.net/Descargas/Descargas_Mitsubishi/Descargas_Mitsubishi.htm, Sitio de descarga del software DEVELOPER 8.2

ANEXO 1

CONTROLADOR DE TEMPERATURA OMRON

Temperature Controller

E5CS-X

DIN-sized (48 × 48 mm) Temperature Controller Features Automatic P (proportional action) Tuning Function

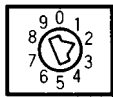
- Accurate to ±0.5% of full scale.
- Multiple temperature ranges allow easy selection for application.
- Field-selectable temperature ranges in °C and °F.
- Easy-to-read, 11-mm high LED digital display.
- Tamper-proof setting, faulty-sensor detection, and controller diagnostics.
- 8-function alarm available.
- Nonvolatile memory.
- Field-selectable control mode (ON/OFF or PID).



Ordering Information

Thermocouple Type

Input	K (CA) Chromel-alumel					J (IC) Iron-constantan					
	1,000 900 800 700 600 500 400 300 200 100 0					999	999				
Set no.	0	1	2	3	4	5	6	6	7	8	9
Temperature unit (selectable)	°C	°C	°C/°F	°C/°F	°C/°F	°C/°F	°F	°C	°C	°C/°F	°C/°F
Measurement unit	1										
Control mode	ON/OFF or PID										
Without alarm	Relay output	E5CS-RKJX									
	Voltage output	E5CS-QKJX									
With alarm	Relay output	E5CS-R1KJX									
	Voltage output	E5CS-Q1KJX									



Standard temperature ranges (switch selectable)

Specifications

■ Ratings

Supply voltage		100 to 240 VAC 50/60 Hz
Operating voltage range		85 to 110% of rated supply voltage
Power consumption		Approx. 7 VA
Control output	Relay	3 A 250 VAC (resistive load), SPDT
	Voltage	20 mA 12 VDC, w/short-circuit protection circuit
Alarm output		1 A 250 VAC (resistive load), SPST-NO

■ Characteristics

Setting accuracy	±0.5% of full scale, ±1 digit max.
Indication accuracy	Set value coincides with indicated value, since no relative error exists between these values.
Hysteresis	0.2% of full scale (during ON/OFF control)
Proportional band	3% to 20% (automatically adjusted according to the rise time of the controlled system)
Reset time	4 minutes (fixed)
Rate time	0.4 minutes (fixed)
Alarm output setting range	0 to full scale for all modes except the absolute-value alarm mode (see note)
Alarm output setting range (Absolute-value alarm mode)	Same as switch-selectable standard temperature ranges shown at the top of the tables in <i>Ordering Information</i>
Proportional period	2/20 seconds
Sampling period	500 ms (Output change period: 2 seconds; Indication change period: 2 seconds)
Insulation resistance	20 MΩ min. (at 500 VDC)
Dielectric strength	2,000 VAC, 50/60 Hz for 1 minute (between current-carrying terminals of different polarity)
Vibration resistance	Malfunction: 2 to 55 Hz, 2 G for 10 minutes each in X, Y, and Z directions Destruction: 10 to 55 Hz, 0.75 mm double amplitude for 2 hours each in X, Y, and Z directions
Shock resistance	Malfunction: 100 m/s ² , in 6 directions, 3 times each Destruction: 300 m/s ² , in 6 directions, 3 times each
Ambient temperature	Operating: -10 to 55°C Storage: -25 to 65°C
Humidity	35% to 85% RH
Degree of protection	IEC 144 Front panel: IP50 Rear panel: IP30 Terminals: IP00
Life expectancy	Mechanical: 10,000,000 operations min. (relay output) Electrical: 100,000 operations min. (relay output)
Weight	Approx. 170 g (main enclosure only)

Note: Set values must be within the allowable range limits for alarm values, control outputs, etc. If a set value does not satisfy the following condition, select another range:

$$\text{Minimum of temperature range} \leq T_{\text{set}} \pm X \leq \text{Maximum of temperature range}$$

where:

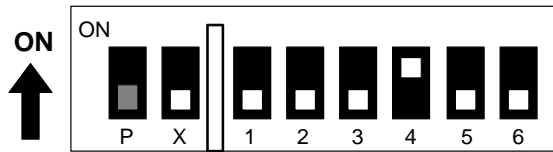
T_{set} =Set temperature, and

X=Alarm value.

Input Shift Function

This function is used to shift the value displayed in the main display from the value actual measured by a desired amount. This powerful feature can be used for “fine tuning” compensation, while leaving the set temperature unaffected.

The input shift function is activated by setting pin 4 of the internal DIP switch to ON.



This allows the setting of the temperature shift value. Press the temperature indication switching (↻) key repeatedly until “H 0” (in this case, indicating a zero input shift) is displayed on the main display. Then set the input shift value by using the upward and downward setting keys.

Example

Main display	Temperature measured by sensor	Temperature displayed
H 0 (without shift)	100°C	100°C
H 9 (offset by +9°C)	100°C	109°C
L 16 (offset by -16°C)	100°C	84°C

The input shift value can be set within a range of -99 to 99, except with a 0.0 to 99.9 platinum resistance thermometer, where the input shift narrows to a range of -9.9 to 9.9.

When the desired shift has been entered, set pin 4 to OFF. The input shift value remains in memory. Consequently, if the input shift function is not needed, with pin 4 activated set the input shift value to 0.

Sensor Failure Operation

Thermocouple Type

Condition	Display	Control output
Break in sensor 	FFF blinks	OFF

Note: When the input is short-circuited, the room temperature is displayed.

Platinum Resistance Thermometer Type

Condition	Display	Control output
Break in sensor 	FFF blinks	OFF
	--- blinks	OFF
Disconnection of two or three wires	FFF blinks	OFF
Short-circuit 	--- blinks	OFF

Note: The resistance of the platinum resistance thermometer is 100 Ω at 0°C. It increases to about 140 Ω at 100°C.

Thermistor Type

Condition	Display	Control output
Break in sensor 	---	ON during heating (reverse) OFF during cooling (normal)
Short-circuit 	FFF	ON during heating (reverse) OFF during cooling (normal)

Error Messages

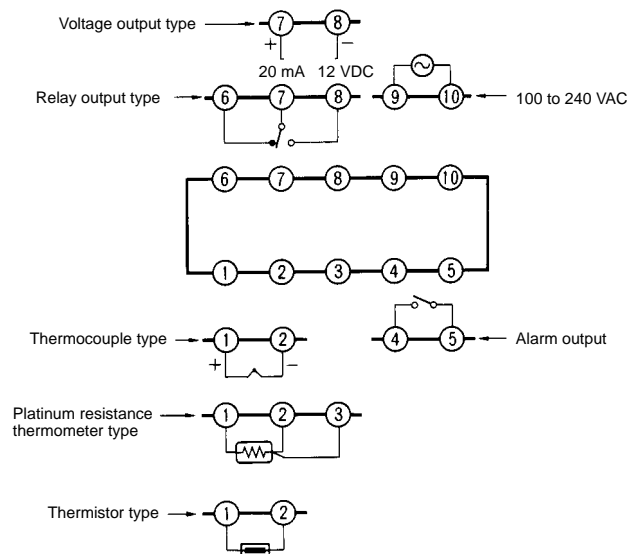
The Temperature Controller is provided with self-diagnostic functions, and will display the following error messages if an error occurs.

Message	Cause	Control output
FFF	(1) Temperature has risen above set temperature range. (2) Thermistor has been short-circuited.	OFF during heating (reverse) ON during cooling (normal)
---	(1) Temperature has fallen below set temperature range. (2) Thermistor has broken.	ON during heating (reverse) OFF during cooling (normal)
FFF (blinks) (see note 1)	(1) Failure has occurred in thermocouple or platinum resistance thermometer. (2) Temperature has risen to a value much greater than the set temperature range.	OFF
--- (blinks) (see note 1)	(1) Failure has occurred in platinum resistance thermometer. (2) Polarities (positive and negative) of thermocouple have been reversed. (3) Temperature has fallen to a value much smaller than the set temperature range.	OFF
E11 or E33 (see note 1)	Memory failure (E11) or A/D converter failure (E33) has occurred. Temperature Controller must be repaired if normal operation is not restored by turning power OFF once and ON again.	Both control output and alarm output are OFF.

Note: 1. The key operations are disabled.

2. The models with alarm output produce alarm output according to the alarm output setting when the message "FFF" is displayed (or blinks), indicating that the temperature has risen above the set temperature range. Similarly, the alarm output is produced when the message "--" is displayed (or blinks), indicating that the temperature has fallen below the set temperature range.

■ Connections



Precautions

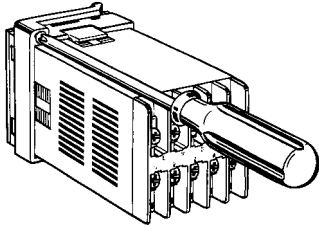
Mounting

All Temperature Controllers in the E5CS-X Series conform to DIN43700 standard.

The recommended panel thickness is 1 to 4 mm.

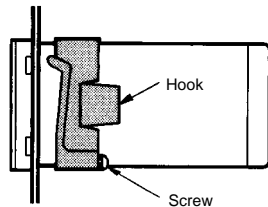
Flush Mounting

Insert the Temperature Controller, back end first, into the hole of the mounting panel. Mount the adapter by pushing it forward from the back of the Temperature Controller. Push the adapter as close as possible to the front panel of the Temperature Controller to eliminate the gap between them. Then, secure the adapter with screws as shown in the figure below.



Removal

Loosen the screws on the adapter and push the hook open to remove the adapter.



Environment

Do not install the Temperature Controller in locations subject to dust or corrosive gases. Do not install the Temperature Controller in locations subject to heavy vibrations or shocks, splashes of water or oil,

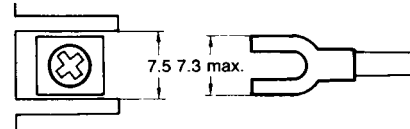
or high temperatures.

Separate the Temperature Controller from equipment that generates strong, high-frequency noise such as high-frequency welders.

Connection Examples

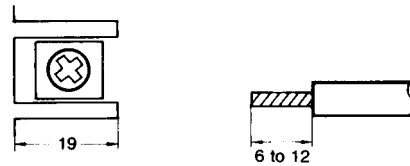
Solderless Terminal

Use M3.5 solderless terminals with the Temperature Controller's M3.5 self-rising pressure plate screws.



Solder-dipped Lead Wires

Strip the lead wire 6 to 12 mm and carefully arrange the wire tip.



Do not tighten the terminal screw with excessive force.

Input Sensor Connection

The lead wires connecting the sensor to the Temperature Controller must be separated from power lines and load lines wherever possible, to prevent them from being induced by noise.

Use the specified compensating conductors for the thermocouple type Temperature Controllers.

Use lead wires with a small resistance for the Platinum resistance thermometer type Temperature Controllers.

Sequence Circuit

Several seconds are required until the relay is turned ON after power is supplied to the Temperature Controller. Therefore, take this time lag into consideration when designing a sequence circuit which incorporates the Temperature Controller.

ALL DIMENSIONS SHOWN ARE IN MILLIMETERS.

To convert millimeters into inches, multiply by 0.03937. To convert grams into ounces, multiply by 0.03527.

Cat. No. H032-E1-2A In the interest of product improvement, specifications are subject to change without notice.

OMRON Corporation

Industrial Automation Company

Measuring and Supervisory Controls Division
28th Fl., Crystal Tower Bldg.,
1-2-27, Shiromi, Chuo-ku,
Osaka 540-6028 Japan
Tel: (81)6-6949-6035/Fax: (81)6-6949-606

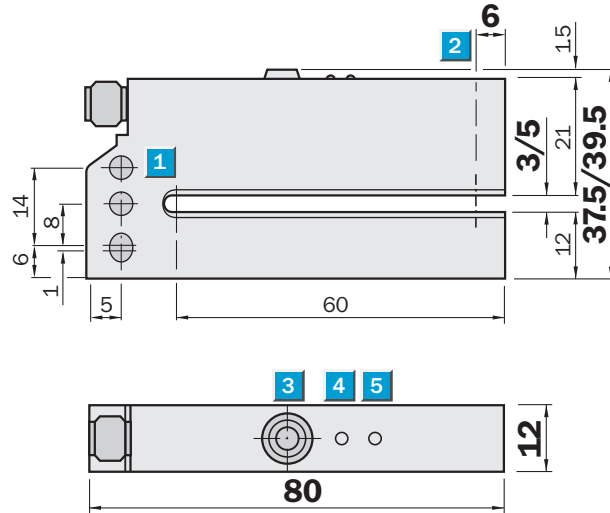
Printed in Japan
0300-0.3M (0689) A

ANEXO 2

CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR OPTOELÉCTRICO TIPO ORQUILLA MARCA SICK

WF 3T/5T Teach-In Fork Sensor

Dimension illustration

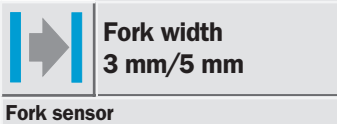
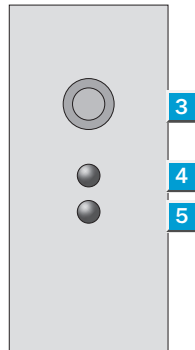


Setting options

WF 3T-B4210

WF 5T-B4210

- 1 Mounting holes, \varnothing 4.2 mm (3x)
- 2 Optical axis
- 3 Teach In key
- 4 Function indicator LED red
- 5 Function indicator LED yellow, light path unobstructed

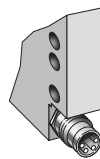


- Standard and fine adjustment with Teach-In function
- Teach-In: Teach key or via "ET" input line
- Universal switching output

Connection type

WF 3T-B4210

WF 5T-B4210

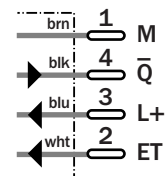
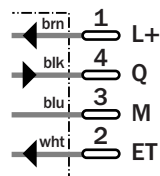


light switching

4pin, M 8

dark switching

4pin, M 8



Technical data		WF	3T-B 4210	5T-B 4210							
Fork width	3 mm										
	5 mm										
Light sender	LED, infrared, continuous										
Supply voltage V_S ¹⁾	10 ... 30 V DC										
Current consumption ²⁾	40 mA										
Ripple ³⁾	< 10%, < 5 V_{pp}										
Switching output	PNP/NPN, light/dark switching										
Signal voltage HIGH	$V_S - (< 2 \text{ V})$ PNP, Q										
Signal voltage LOW	Approx. 0 V PNP, Q										
Output current I_A max.	100 mA										
Response time ⁴⁾	50 μ s										
Switching frequency ⁵⁾	10 000/s										
Teach In via key											
Teach In adjustment ET	ET on V_S										
Standard adjustment	1 impulse 0.3 ... 4 s										
Fine adjustment	1 impulse 0.3 ... 4 s + pause 0.3 ... 1.3 s + 1 impulse 0.3 ... 4 s										
Incandescent light immunity	3000 lux										
VDE protection class ⁶⁾	III										
Enclosure rating	IP 65										
Circuit protection ⁷⁾	B, C										
Ambient temperature ⁸⁾	Operation -20 ... +60 °C Storage -20 ... +80 °C										
Housing	Aluminium										
Weight	Approx. 60 g										

¹⁾ Limit values

²⁾ Without load

³⁾ Must be within V_S tolerances

⁴⁾ With resistive load

⁵⁾ With light/dark ratio 1 : 1,

no time delay

⁶⁾ Withstand voltage 50 V DC

⁷⁾ B = Outputs short-circuit protected

C = Interference suppression

⁸⁾ Do not distort cable below 0 °C

Teach-In

The switching threshold is set for this fork sensor by a simple Teach-In procedure. This can be set manually or via the "ET" (External Teach) input line.

Procedure

- Place the background material (without label) in the light spot.
- Activate the Teach signal using the Teach key or via the "ET" (ET on L+) input line:
(1x push button): standard adjustment with standard switching hysteresis (red LED is flashing),
(2x push button): fine adjustment with small switching hysteresis (yellow LED is flashing).

Notes

- Lockable Teach key: push Teach key for approx. 6 s, red LED must light.
- Release Teach key: push Teach key for approx. 6 s, red LED must switch off.
- In case of current failure or production start, the Teach-In value is stored in a memory.

Ordering information

Type	Order no.
WF 3T-B4210	6 020 874
WF 5T-B4210	6 021 220

Great Britain

Erwin Sick Ltd.
Waldkirch House
39 Hedley Road, St. Albans
Hertfordshire AL 1 5BN
☎ +44 17 27-83 11 21
Fax +44 17 27-85 67 67

USA

SICK, Inc.
6900 West 110th Street
Bloomington, MN 55438
☎ +1 612 941-67 80
Fax +1 612 941-92 87
WATS: 1-800-325-7425

Australia

Erwin Sick Optic-Electronic
Pty. Ltd. Head Office, P.O. Box 214
899 Heidelberg Road
Ivanhoe, Vic. 3079, Australia
☎ +61 39 49 74 10 0
(0 08) 33 48 02 - toll free
Fax +61 39 49 71 18 7

SICK

ANEXO 3

CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR OPTOELÉCTRICO MARCA OMRON

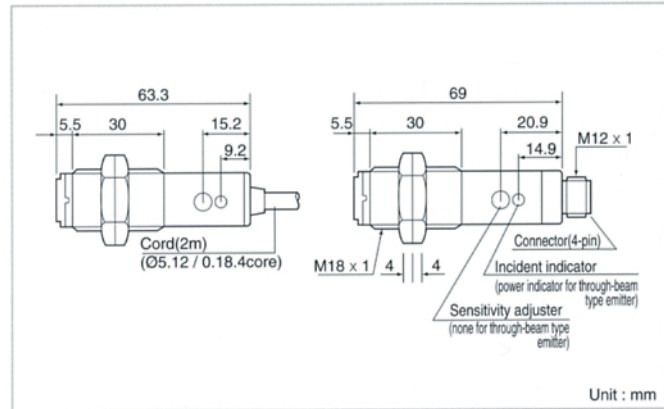
C series

M18 threaded metal housing is filled with epoxy, sensor is able to withstand shock and vibration.



Brass-Nickel metal housing, tough to corrosion.

Dimensions



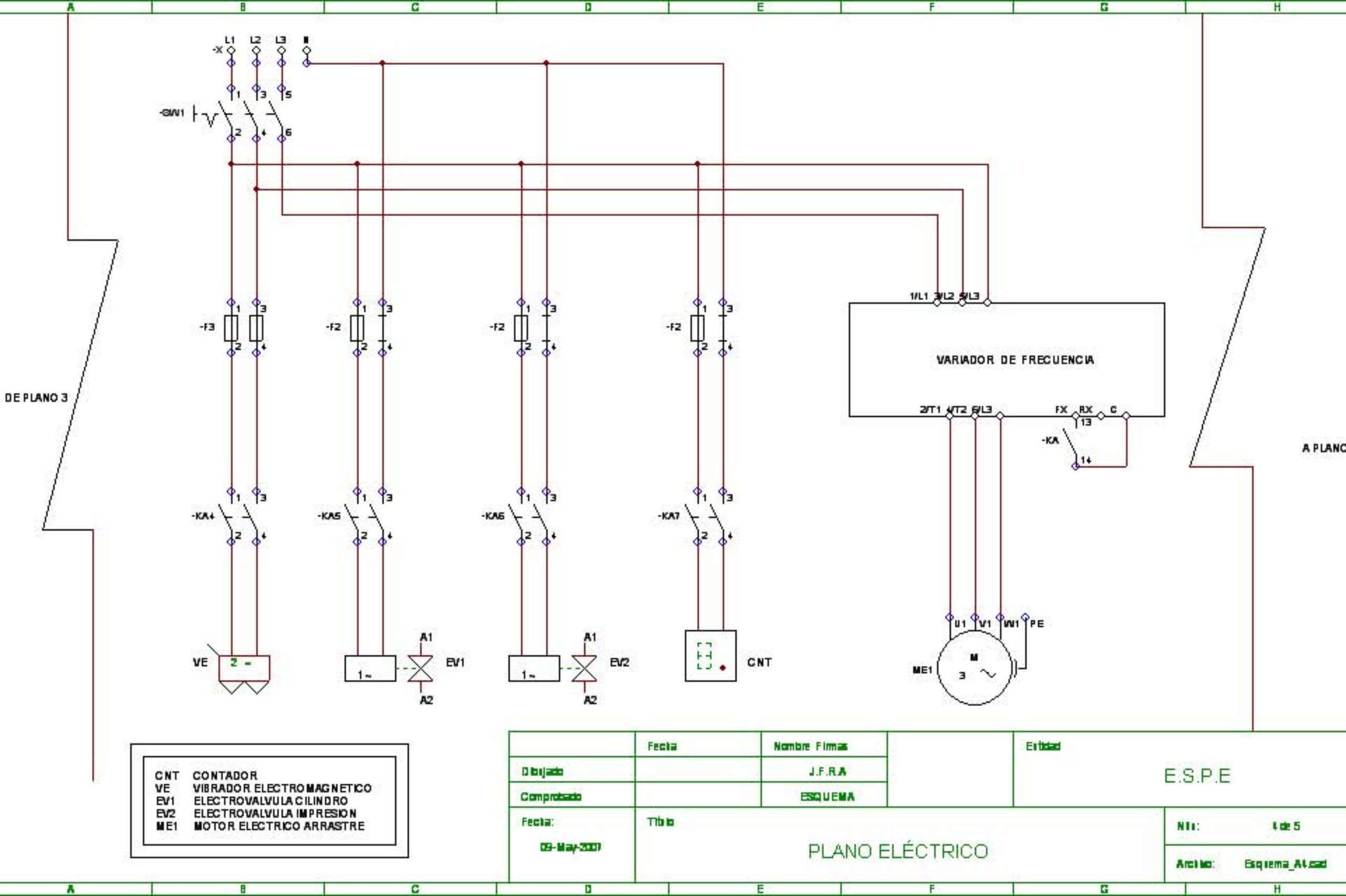
Specifications

Type			C Series				
			Thru-beam	Retro-reflective	Retro-reflective w/ Polarizing Filter	Diffuse Reflective	Diffuse Reflective
Model Number	Cable Type	NPN	CTD-1500N	CRD-300N	CRDF-100N	CDD-11N	CDD-40N
		PNP	CTD-1500P	CRD-300P	CRDF-100P	CDD-11P	CDD-40P
	M12 QD Type	NPN	CTD-1500CN	CRD-300CN	CRDF-100CN	CDD-11CN	CDD-40CN
		PNP	CTD-1500CP	CRD-300CP	CRDF-100CP	CDD-11CP	CDD-40CP
Sensing Range			15 meter	0.05 ~ 3 meter	0.05 ~ 1 meter	110 mm	400 mm
Hysteresis			-----	-----	-----	10% max.	10% max.
Supply Voltage			10 ~ 30 VDC incl. 10% ripple				
Current Consumption			40 mA max.	30 mA max.			
Response Time			1.5 msec. max.				
Control Output			NPN or PNP Open Collector Transistor, 100 mA / 30 VDC Max.				
Operation Mode			Selectable Light-On or Dark-On operation				
Light Source			Infrared LED	Red LED	Infrared LED		
Sensitivity Adjustment			Single turn potentiometer				
Regulation			JIS/C4525, CE, UL				
Indicators			Single Output Indicator (Red), Power indicator on Emitter of Thru-beam				
Ambient Temperature			Operation: -25° to +55°C				
Ambient Humidity			35 - 85% RH				
IP Protection			IEC 144 IP66				
Shock Resistance			50 G (500 m/s), X-Y-Z 3 ways				
Environment Illuminance			Sunlight: 10,000 lux, Halogen Lamp: 3,000 lux				
Material			BSBM + Ni case, PC lens				
Accessories			-----	Reflector # V-61			-----

Note: Cables are not included with the QD sensor, please order separately.

ANEXO 4

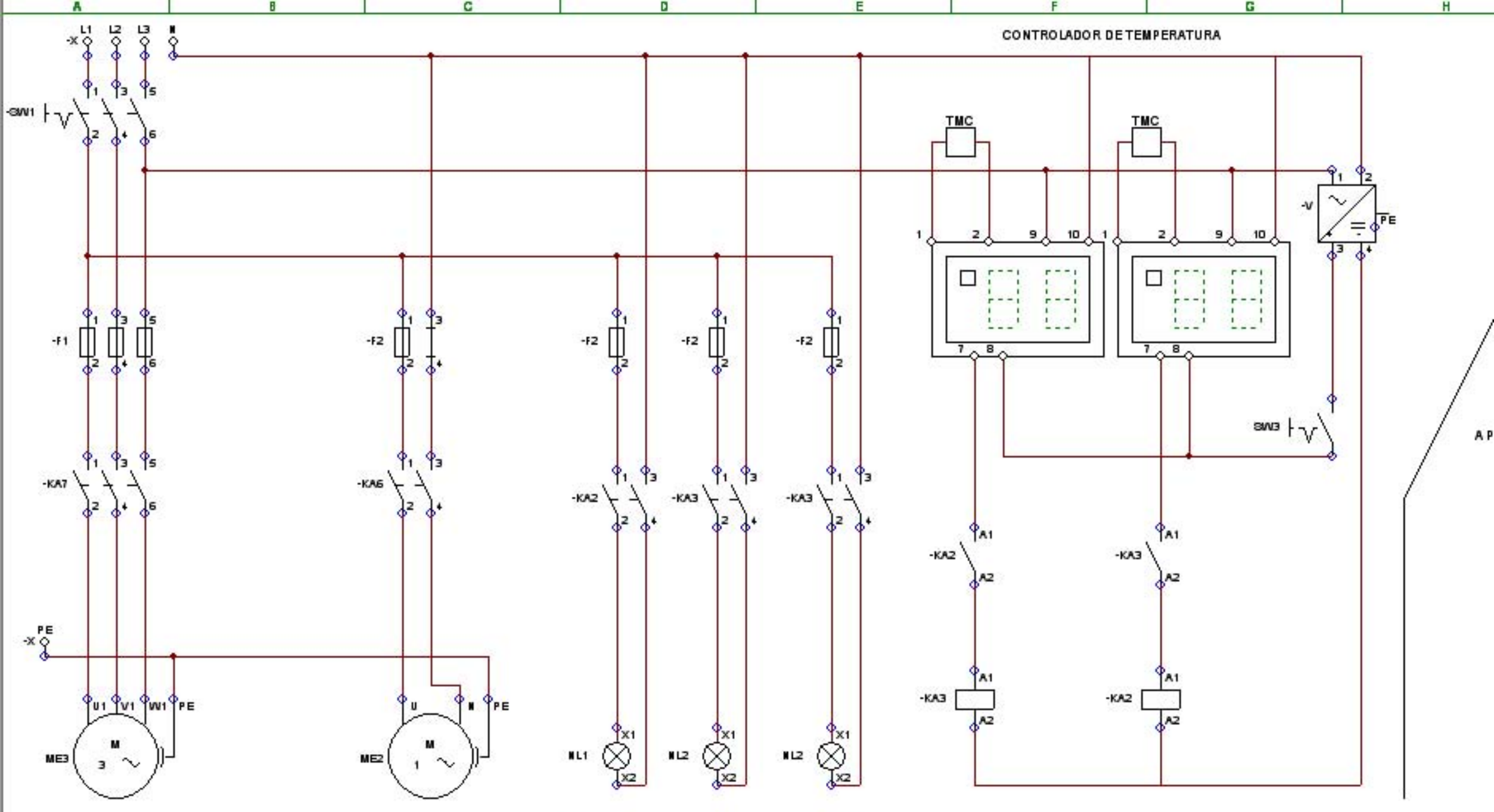
DIAGRAMAS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y POTENCIA



CNT CONTADOR
 VE VIBRADOR ELECTROMAGNETICO
 EV1 ELECTROVALVULA CILINDRO
 EV2 ELECTROVALVULA IMPRESION
 ME1 MOTOR ELECTRICO ARRASTRE

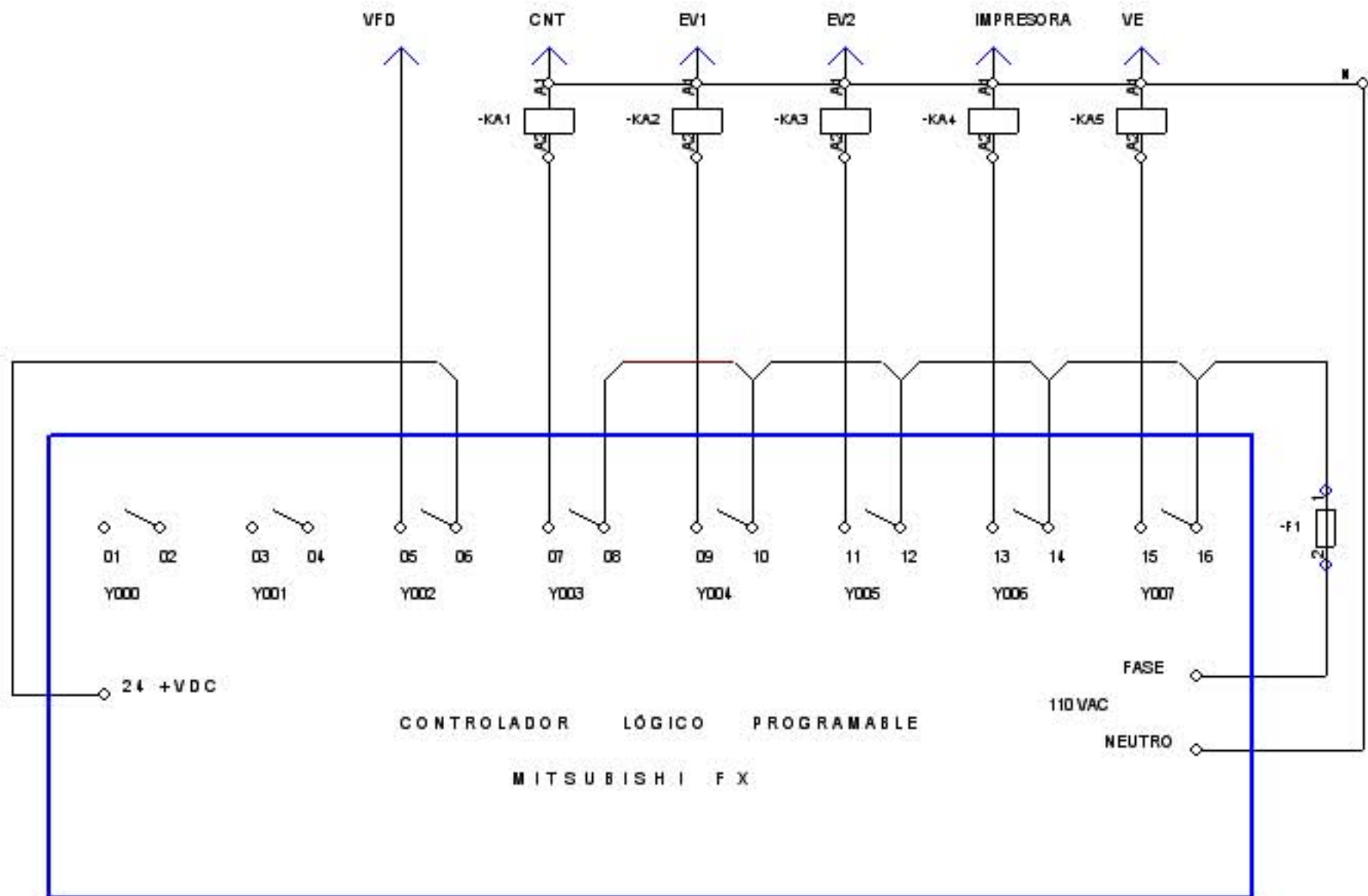
Fecha:	Título:	Nombre Firmas:	Entidad:
09-May-2007	PLANO ELÉCTRICO	J.F.R.A.	E.S.P.E
Dibujado:	Comprobado:	ESQUEMA	

Nro: 4 de 5
 Archivo: Esquema_A1.cad



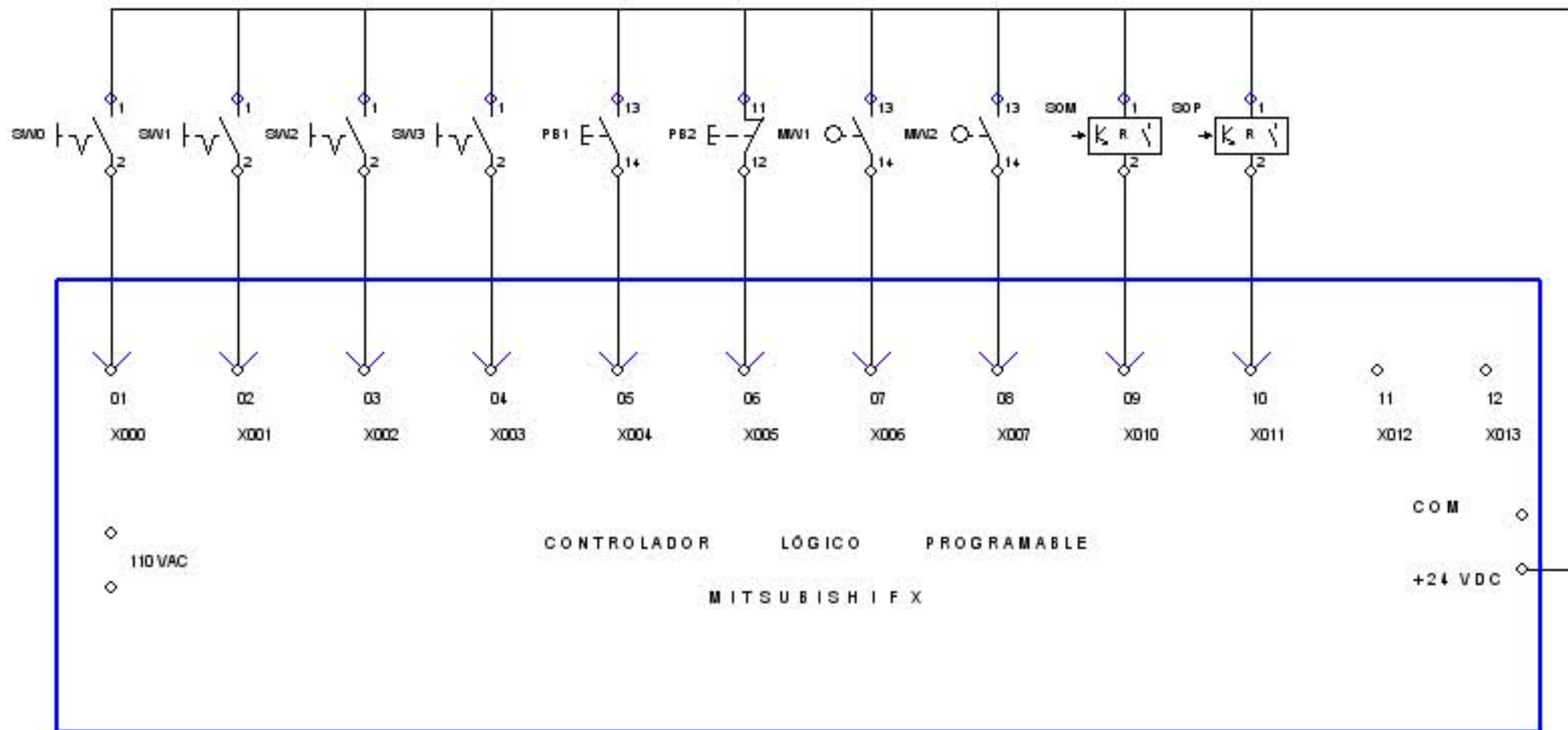
- ME3 MOTOR ELECTRICO ELEVADOR
- ME2 MOTOR ELECTRICO CEPILLO
- NL1 NIQUELINA SELLADO H
- NL2 NIQUELINA SELLADO V
- TMC TERMOCUPLA TIPO J
- V FUENTE DE VOLTAJE DC

	Fecha	Nombre Firmas	Entidad
Dibujado		J.F.R.A	E.S.P.E
Comprobado		ESQUEMA	
Fecha: 07-May-2007	Titulo		Nit: 3 de 5
PLANO ELÉCTRICO			Archivo: Esqrema_A3.doc



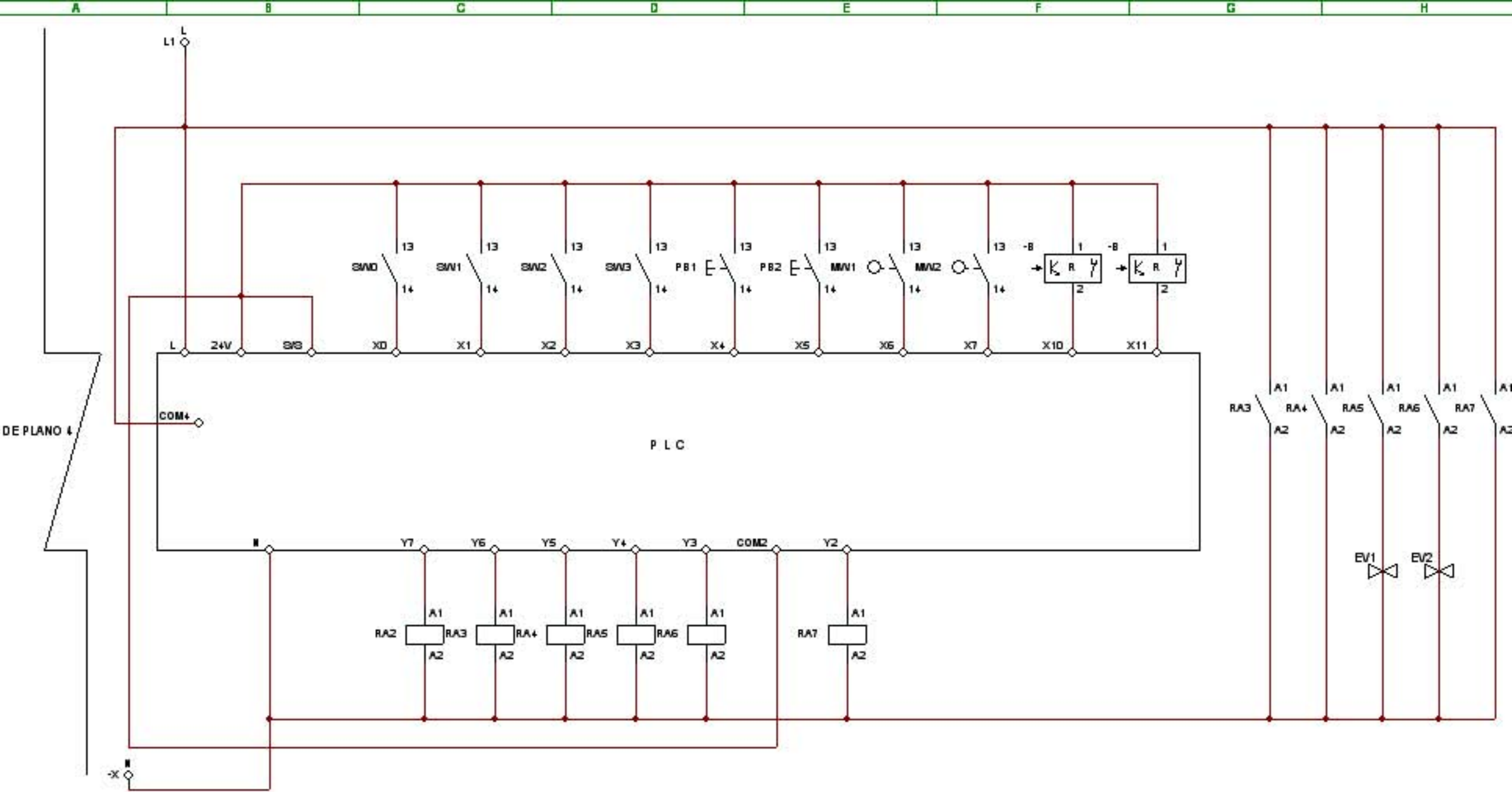
VFD	START/STOP VARIADOR
CNT	CONTADOR
EV1	ELECTROVALVULA ARRASTRE
EV2	ELECTROVALVULA IMPRESORA
VE	VIBRADOR ELECTROMAGNETICO

	Fecha	Nombre Firmas	Entidad
Dibujado		J.F.R.A	E.S.P.E
Comprobado		ESQUEMA	
Fecha: 10-May-2007	Titulo SALIDAS DIGITALES PLC		Nit: 2 de 5
			Arch No: SALIDAS_IO_PLC.cad



SW0	AUTO/MANUAL
SW1	ARRASTRE
SW2	IMPRESORA
SW3	VIBRADOR
PB1	START
PB2	STOP
MW1	NIVEL ALTO
MW2	NIVEL BAJO
SOM	SENSOR DE POSICION
MW2	SENSOR DE PRESENCIA

	Fecha	Nombre Fimas	Entidad
Dibujado		J.F.R.A	E.S.P.E
Comprobado		ESQUEMA	
Fecha:	Título		Ni: 1 de 5
10-May-2007	ENTRADAS DIGITALES A PLC		Archivo: Entradas_IO_PLC.cad



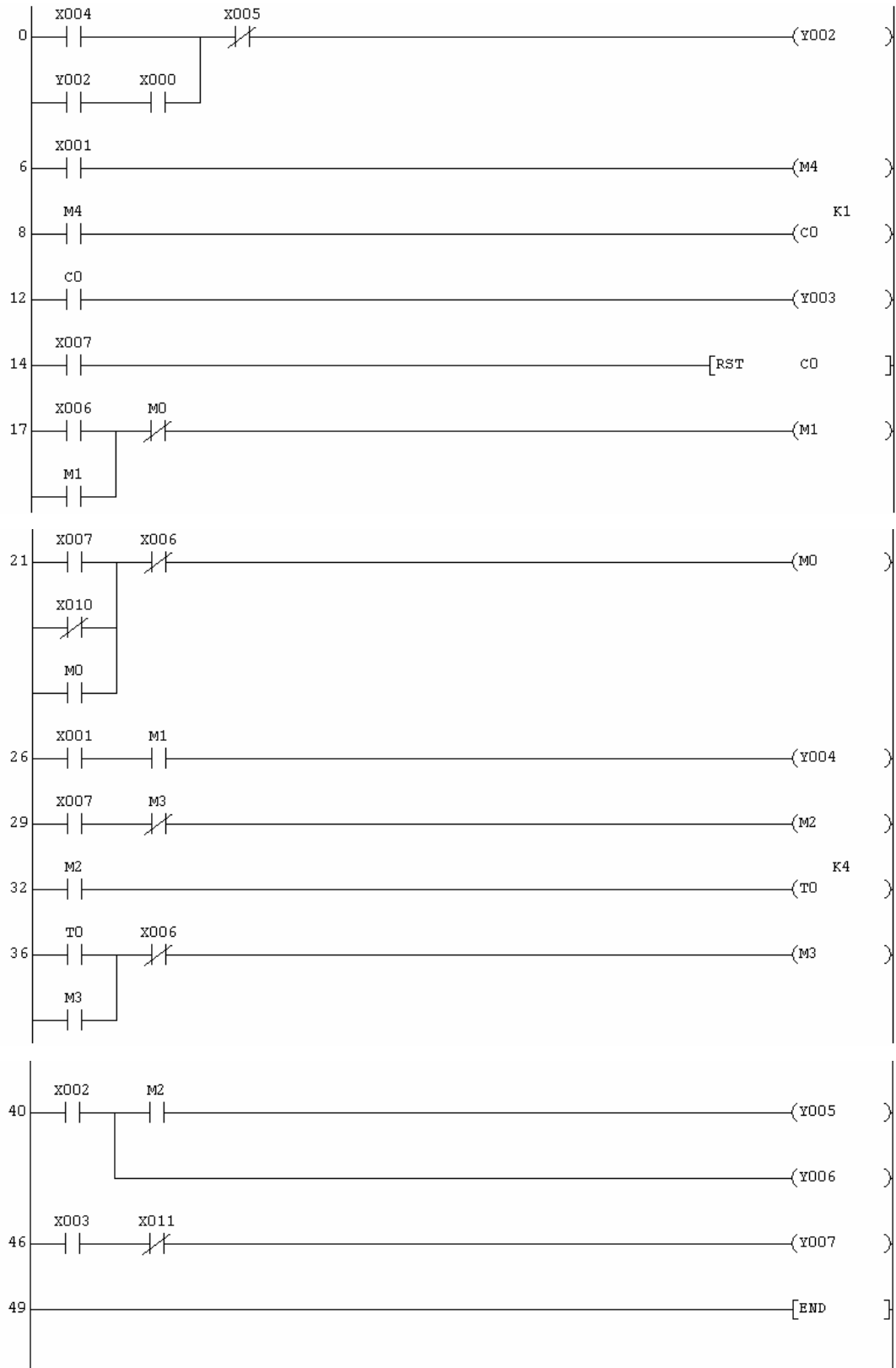
DE PLANO 4

	Fecha	Nombre Firmas	Entidad
Dibujado		J.F.R.A	E.S.P.E
Comprobado		ESQUEMA	
Fecha: 09-May-2007	Título		Nit: 5 de 5
PLANO ELÉCTRICO			Archivo: Esquema_A5.cad

ANEXO 5

PROGRAMACIÓN EN LADDER

Programación



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Empacadora manual con lámina preformada.....	3
Figura 1.2	Empacadora manual con fundas terminadas.....	3
Figura 1.3	Empacadora semiautomática con dosificador manual.....	4
Figura 1.4	Empacadora semiautomática con transportador.....	4
Figura 1.5	Dosificación mediante vasos volumétricos.....	5
Figura 1.6	Sistema de arrastre.....	6
Figura 1.7	Dosificador multicabezal.....	6
Figura 1.8	Dosificador multicabezal con motor a pasos.....	7
Figura 1.9	Dosificador mediante motor eléctrico.....	7
Figura 1.10	Tolva de acero inoxidable.....	8
Figura 1.11	Tolva, plato giratorio y vasos volumétricos.....	9
Figura 1.12	Transportador elevador.....	10
Figura 1.13	Simbología del cilindro doble efecto.....	13
Figura 1.14	Fijación por pies.....	14
Figura 1.15	Nomenclatura cilindro ISO/Estándar, doble efecto.....	14
Figura 1.16	Esquema de electroválvula 5/2.....	15
Figura 1.17	Cabezal electromagnético.....	16
Figura 1.18	Electroválvula 5/2 con cabezal electromagnético.....	16
Figura 1.19	Simbología de Compresor Neumático.....	17
Figura 1.20	Unidad de mantenimiento.....	18
Figura 1.21	Motorreductor de corriente alterna.....	19
Figura 1.22	Vibrador electromagnético.....	20
Figura 1.23	Termocuplas, voltaje en función de la temperatura.....	22
Figura 1.24	Esquema de un relé electromecánico.....	23
Figura 1.25	Simbología del relé electromecánico de un contacto.....	23
Figura 1.26	Sensor fotoeléctrico tipo horquilla.....	24
Figura 1.27	Sensor fotoeléctrico, construcción cilíndrica.....	25
Figura 1.28	Sensor fotoeléctrico salida PNP.....	25
Figura 1.29	Estructura laminado.....	28
Figura 2.1	Interruptor unipolar N.O.....	30
Figura 2.2	Interruptor bipolar N.O.....	30
Figura 2.3	Interruptor rotativo de poder.....	30
Figura 2.4	Pulsador N.O.....	31
Figura 2.5	Pulsador N.C.....	31
Figura 2.6	Pulsador N.C mas N.O.....	31
Figura 2.7	Dispositivos de enchufe.....	32
Figura 2.8	Estructura elemental de un contactor.....	32
Figura 2.9	Esquema de la empacadora volumétrica.....	33
Figura 2.10	Panel de control.....	35
Figura 2.11	Avance de la lámina termoplástico.....	37
Figura 2.12	Esquema neumático del sistema de arrastre.....	38
Figura 2.13	Esquema eléctrico de control del sistema de arrastre.....	38
Figura 2.14	Interruptor trifásico de alimentación.....	40
Figura 2.15	Fusibles de protección.....	41
Figura 2.16	Relés de estado sólido.....	41
Figura 2.17	Diagrama de distribución de equipos.....	42
Figura 3.1	Diagrama P&ID del proceso.....	45

Figura 3.2	Instrumentación del proceso.....	46
Figura 3.3	Mitsubishi serie FX.....	46
Figura 3.4	Diseño de terminales, salidas a relé.....	48
Figura 3.5	Dimensión del sensor Optex.....	49
Figura 3.6	Conexiones del sensor Optex.....	49
Figura 3.7	Sensor fotoeléctrico Sick.....	49
Figura 3.8	Conexiones del sensor Sick.....	50
Figura 3.9	Conexiones del variador de frecuencia.....	51
Figura 3.10	Diagrama de conexiones del controlador de temperatura.....	52
Figura 4.1	Asignación de las variables en el PLC.....	55
Figura 4.2	Diagrama Ladder Logic.....	56
Figura 4.3	Entorno de programación.....	57
Figura 4.4	Modos monitor.....	57
Figura 4.5	Estructura principal del programa.....	58
Figura 4.6	Diagrama de flujo del programa principal.....	59
Figura 5.1	Sistema de control antiguo.....	62
Figura 5.2	Panel de control.....	62
Figura 5.3	Armario y placa base.....	63
Figura 5.4	Montaje y sujeción.....	63
Figura 5.5	Sujeción en riel din 35mm. del PLC.....	64
Figura 5.6	Ubicación de los relés.....	64
Figura 5.7	Ubicación de los fines de carrera.....	65
Figura 5.8	Ubicación del sensor de marca.....	65
Figura 5.9	Panel de control.....	66
Figura 5.10	Red de distribución neumática.....	66
Figura 5.11	Interconexión del sistema de control.....	67
Figura 5.12	Montaje del sistema de control en el armario.....	68
Figura 5.13	Material utilizado en la sincronización.....	68
Figura 6.1	Comparación entre los dos sistemas de control.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Características técnicas del motorreductor.....	9
Tabla 1.2	Características técnicas del motor trifásico del sistema de arrastre.....	10
Tabla 1.3	Características técnicas del motorreductor elevador.....	10
Tabla 1.4	Propiedades mecánicas y físicas de los aceros inoxidable..	11
Tabla 1.5	Norma ISO 3320 para el diámetro de los cilindros.....	13
Tabla 1.6	Vibrador electromagnético.....	21
Tabla 1.7	Características técnicas de los relés electromagnéticos.....	23
Tabla 1.8	Propiedades físicas de los materiales de empaque.....	27
Tabla 2.1	Características del PLC.....	43
Tabla 2.2	Características del VDF.....	43
Tabla 2.3	Características de los relés.....	44
Tabla 2.4	Características de los sensores ópticos.....	44
Tabla 4.1	Descripción de E/S usadas en el PLC.....	56
Tabla 7.1	Detalle de costo de equipos.....	72
Tabla 7.2	Detalle de costos de elementos para el manejo de cargas....	72
Tabla 7.3	Detalle de costos del material eléctrico y afines.....	73
Tabla 7.4	Detalle de costos en mano de obra.....	73
Tabla 7.5	Costo total de la implementación.....	73
Tabla 7.6	Desperdicio de empaque.....	74
Tabla 7.7	Costo por reparación.....	74
Tabla 7.8	Gastos en mano de obra.....	74
Tabla 7.9	Ahorro total obtenido en la implementación.....	74
Tabla 7.10	Proyección para tres años de las premisas de trabajo.....	77
Tabla 7.11	Cálculo del VAN y el TIR.....	77

HOJA DE ENTREGA

Este proyecto de grado fue entregado a la facultad de Ingeniería Electrónica y reposa en la Escuela Politécnica del Ejército desde:

Sangolquí, a _____ del 2007

Sr. José Francisco Rodríguez Acaro
AUTOR

Ing. Víctor Proaño
COORDINADOR DE CARRERA DE INGENIERÍA EN
ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL