



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRÓNICO EN INSTRUMENTACIÓN**

**“AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA MÁQUINA
EMPACADORA CASSOLI PAC600R DE LA PLANTA
PRODUCTOS FAMILIA SANCELTA DEL ECUADOR S.A.”**

JOSE MARIA RODRÍGUEZ RIVERA

FAUSTO DANILO TAPIA MOLINA

LATACUNGA - ECUADOR

MARZO 2006

CERTIFICACIÓN

Certificamos, que el presente proyecto de grado fue desarrollado en su totalidad por los señores JOSÉ MARÍA RODRÍGUEZ RIVERA y FAUSTO DANILO TAPIA MOLINA, previo a la obtención de su Título de Ingeniero Electrónico en Instrumentación.

Latacunga, marzo del 2006

Ing. Marco Singaña
DIRECTOR

Ing. Eddie Galarza
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a un gran amigo, el Ingeniero Angel Cárdenas, Jefe de Mantenimiento Eléctrico y Servicios Especiales, quien nos dio total apertura y confianza para la ejecución de este proyecto; a todo el personal de Mantenimiento Eléctrico y Mecánico Conversión, por su importante colaboración durante las fases de montaje y pruebas de la máquina.

A la Escuela Politécnica del Ejército, por los conocimientos adquiridos en nuestra formación profesional, y a los Ingenieros Marco Singaña y Eddie Galarza, por su acertada dirección y recomendaciones durante el desarrollo del proyecto.

DEDICATORIA

A Marieu, mi querida esposa y compañera de viaje, por su amor, comprensión y ayuda durante esta etapa de mi vida y las que están por venir. A mis Padres, Herman@s y sus pequeños retoños, con quienes formamos una familia indisoluble y luchamos por la utopía realizable de una sociedad honesta, justa y equitativa.

José María

Todo este trabajo dedico primero a Dios, el guía de nuestras vidas. A Papá, a Mamá que son el pilar de mi vida. Para Milton, Ximena, Patricia, Betty mis queridos hermanos que siempre me han apoyado en todo. Para los pequeños Esteban y Danilo el futuro de la familia.

Fausto Danilo

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS

1.1 ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2 PROCESO DE ELABORACIÓN Y CONVERSIÓN DEL PAPEL.....	2
1.2.1 Papel reciclado.....	2
1.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE LA MÁQUINA EMPACADORA PAC600R.....	4
1.4 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.....	5
1.4.1 Tipos de automatización industrial.....	6
1.4.1.1 Fija.....	6
1.4.1.2 Programable.....	6
1.4.1.3 Flexible.....	6
1.4.2 PLCs o autómatas programables.....	6
1.4.2.1 Arquitectura interna.....	7
1.4.2.2 Software para la programación.....	13
1.5 MOTORES ELÉCTRICOS DE INDUCCIÓN.....	15
1.5.1 Principio de funcionamiento de los motores de inducción.....	15
1.5.1.1 Acción del rotor.....	16
1.5.1.2 Bobinas del estator.....	16
1.5.1.3 Construcción de un motor de inducción de jaula de ardilla.....	18
1.5.1.4 Control de velocidad de un motor de jaula de ardilla.....	19
1.5.1.5 Corriente y velocidad.....	21
1.5.1.6 Motores especiales.....	21
1.5.1.7 Relación par-velocidad.....	22
1.6 CONTROL ELECTRÓNICO DE VELOCIDAD DE MOTORES DE INDUCCIÓN	24
1.6.1 Esquema genérico de un variador de frecuencia.....	24
1.6.2 Métodos de control de velocidad de motores de inducción.....	26
1.6.2.1 Métodos de control escalares.....	26
1.6.2.2 Métodos de control vectoriales.....	27
1.6.3 Principios del control vectorial de flujo.....	28
1.6.4 Diferencia entre el control escalar y el control vectorial.....	32
1.6.5 Síntesis de la corriente del estator.....	33
1.7 INFLUENCIA DEL RUIDO ELECTROMAGNÉTICO EN VARIADORES DE VELOCIDAD.....	34
1.7.1 Apantallamiento.....	34
1.7.2 Conexión a tierra.....	34
1.8 CONTROLADORES DE TEMPERATURA.....	36
1.8.1 Funciones típicas de los controladores de temperatura.....	37
1.8.2 Tipos de alarmas.....	40
1.9 SENSORES Y TRANSDUCTORES.....	42

1.9.1	Sensores analógicos.....	42
1.9.1.1	Termopares.....	42
1.9.1.2	RTDs.....	48
1.9.2	Sensores discretos.....	49
1.9.2.1	Sensores inductivos.....	50
1.9.2.2	Sensores fotoeléctricos.....	55
CAPÍTULO II	ANÁLISIS Y DISEÑO	
2.1	SELECCIÓN DE LA PLATAFORMA DE AUTOMATIZACIÓN Y ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DEL SISTEMA.....	61
2.2	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA.....	62
2.3	SELECCIÓN DE COMPONENTES.....	65
2.3.1	Selección de motores eléctricos.....	66
2.3.1.1	Motor principal de la máquina.....	67
2.3.1.2	Motor bomba de vacío.....	67
2.3.1.3	Motor banda de alimentación.....	67
2.3.1.4	Motor tambor en la entrada de alimentación.....	68
2.3.1.5	Motor bandas selladoras.....	68
2.3.1.6	Motor refrigerador.....	69
2.3.1.7	Motor banda de salida.....	69
2.3.1.8	Motor debobinador de polietileno.....	69
2.3.2	Selección de sensores.....	70
2.3.2.1	Sensores inductivos.....	71
2.3.2.2	Sensores fotoeléctricos.....	72
2.3.2.3	Botoneras y paradas de emergencia.....	72
2.3.2.4	Finales de carrera.....	72
2.3.2.5	Presóstatos.....	76
2.3.2.6	Detector de nivel y de presión de aceite.....	77
2.3.3	Selección de la fuente de alimentación de tensión auxiliar.....	77
2.3.4	Selección de los variadores de velocidad.....	78
2.3.4.1	Variador de velocidad para el motor principal.....	78
2.3.4.2	Variador de velocidad para el motor debobinador de polietileno.....	79
2.3.5	Selección de contactores, relés de estado sólido, guardamotores e interruptores termomagnéticos.....	80
2.3.6	Selección de unidades de mantenimiento neumáticas.....	85
2.3.7	Selección de electroválvulas y cilindros neumáticos.....	85
2.3.8	Selección de controladores de temperatura.....	87
2.4	DISEÑO, CONFIGURACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL PLC.....	88
2.4.1	Diseño de la CPU.....	93
2.4.2	Diseño de los módulos de entradas discretas.....	93
2.4.3	Diseño de los módulos de salidas discretas.....	94
2.4.4	Diseño de la fuente de alimentación del PLC.....	94
2.5	DISEÑO DE LA PANTALLA.....	94
2.6	DISEÑO DE LOS PLANOS ELÉCTRICOS Y NEUMÁTICOS.....	95
2.7	DISEÑO DEL SOFTWARE DE CONTROL.....	97
2.7.1	Alarmas.....	98
2.7.2	Intercambiador.....	98
2.7.3	Alimentador de rollos.....	99
2.7.4	Plegado, sellado y refrigeración.....	100
2.7.5	Motor principal.....	101

2.7.6	Lubricación.....	102
2.7.7	Datos de producción.....	102
2.8	PARAMETRIZACIÓN DE LOS VARIADORES DE VELOCIDAD.....	103
2.8.1	Variador de velocidad del motor principal.....	103
2.8.2	Variador de velocidad del motor debobinador de polietileno.....	103
2.9	PARAMETRIZACIÓN DE LOS CONTROLADORES DE TEMPERATURA.....	106
2.10	DISEÑO DE LAS INTERFACES HMI.....	109
2.10.1	Página principal.....	110
2.10.2	Páginas de estado.....	110
2.10.3	Página de alarmas.....	112
2.10.4	Página de datos de producción.....	113
2.10.5	Página de configuración.....	115
2.10.6	Página de autores.....	115
CAPÍTULO III RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES		
3.1	DETALLES DE CONSTRUCCIÓN.....	117
3.2	MEDICIONES Y PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	125
3.2.1	Velocidad de la máquina.....	125
3.2.2	Tiempos muertos.....	125
3.2.3	Parámetros eléctricos de los motores.....	127
3.3	OPERACIÓN DE LAS PROTECCIONES.....	130
3.4	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y LA ALTITUD EN LOS MOTORES ELÉCTRICOS.....	131
3.5	ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	132
3.5.1	Velocidad de la máquina.....	132
3.5.2	Tiempos muertos.....	133
3.5.3	Parámetros eléctricos de los motores.....	134
3.6	ALCANCES Y LIMITACIONES.....	135
3.7	ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO.....	136
CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		
4.1	CONCLUSIONES.....	138
4.2	RECOMENDACIONES.....	140
BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES.....		142
ANEXOS		
Anexo A	Glosario de términos	
Anexo B	Planos eléctricos	
Anexo C	Planos neumáticos	
Anexo D	Listado del programa del PLC	
Anexo E	Manual de operación y mantenimiento	
Anexo F	Hojas de especificaciones técnicas	

INTRODUCCIÓN

“No basta saber, sino también aplicar el saber; no basta querer, es preciso obrar”

Johann Wolfgang von Goethe

Automatización Industrial es un conjunto de técnicas que involucran la aplicación e integración de sistemas mecánicos, eléctricos-electrónicos, fluidos unidos con los controladores lógicos programables para operar y controlar diferentes tipos de sistemas industriales de forma autónoma. Es un área en la que confluyen diferentes disciplinas para la solución de problemas industriales. Los problemas de eficiencia, productividad, calidad, decisiones estratégicas y diseño de procesos, tanto en el ámbito de producción y planta como a nivel gerencial, son también problemas de Automatización Industrial.¹

La presente tesis de grado, se enmarca bajo esta visión y trata de solucionar un problema real de la industria papelera en la sección de conversión de papel tissue para soluciones de aseo personal. La clave del asunto radica en *automatizar y poner en marcha a la máquina empacadora CASSOLI PAC600R de la planta Productos Familia Sancela del Ecuador S.A.*

Las máquinas empacadoras generalmente utilizan un complejo sistema electromecánico y neumático controlados electrónicamente por una secuencia de apertura y cierre de contactos. Adicionalmente incluye variables de control tales como la temperatura para el sellado del polietileno y de velocidad de rotación de motores, que hoy en día se realiza a través de variadores de frecuencia.

Uno de los principales problemas a los que se expone quien busca actualizar o repotenciar una máquina (update & upgrading) es partir de un diseño preconcebido que restringe el campo de selección de dispositivos sensores y actuadores, así como de la plataforma de automatización cuya base es un PLC.

Para el efecto el proyecto se ha dividido en cuatro capítulos, como sigue:

¹ cursos.bankhacker.com

En el capítulo I se presenta el marco teórico referencial: principios, leyes, definiciones y nomenclatura propia relacionada con la máquina empacadora CASSOLI PAC 600-R y demás aspectos relacionados con proyectos de automatización industrial.

En el capítulo II se detalla el aporte en sí, de los autores, correspondiendo las fases de análisis y diseño, empleando para aquello una lógica de desarrollo incremental, acogida de la teoría de ingeniería de software, caracterizado por la entrega de una parte, evaluación, ajuste y ampliación. Dado que la Automatización Industrial en alguna instancia implica el desarrollo de software, esta metodología ha permitido organizar de mejor manera la evolución del proyecto. La parte física se diseña a partir de la plataforma del PLC Simatic S7-300 de Siemens, que es parte del principio de homologación de tecnología de la empresa.

En el capítulo III se detallan los resultados obtenidos y las pruebas experimentales a las que fue sometida la máquina para ratificar el óptimo funcionamiento y el grado de satisfacción del cliente.

Finalmente en el capítulo IV se exponen las conclusiones y recomendaciones que podrán aportar con futuros trabajos de la misma índole.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS

1.1 ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Empresa Productos Familia-Sancela del Ecuador S.A. se dedica a la producción y comercialización de artículos de aseo personal, basados en papel. Su planta industrial, ubicada en Lasso, provincia de Cotopaxi procesa en su mayor parte papel reciclado y en menor proporción, pulpa de madera virgen convirtiéndolo en una gama de productos, conocidos en la industria como papel tissue, que se caracteriza por su suavidad y absorción, orientados para el uso doméstico y sanitario; además es de bajo peso y crepado, es decir, con toda su superficie cubierta de microarrugas, las que le confieren elasticidad, absorción y suavidad. El crepado aumenta la superficie específica del papel y abre las fibras, permitiendo mayor capacidad de absorción y mayor flexibilidad que las de una hoja de papel corriente.¹ En la figura 1.1 se muestra una bobina típica de papel tissue empleada en el área de conversión.

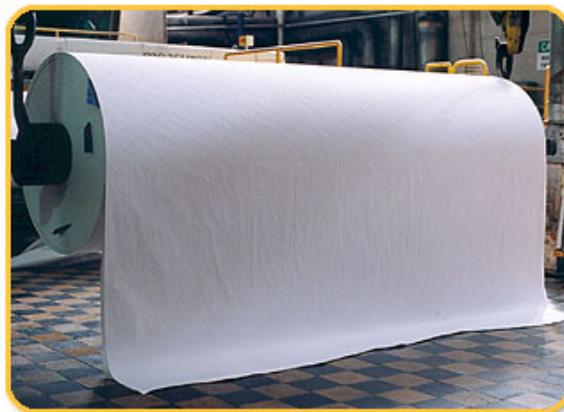


Figura 1.1 Bobina de papel tissue

¹ www.papelnet.cl/papel_tissue/papel_tissue.htm

Resultados del análisis preliminar, consistente en el reconocimiento de la máquina Cassoli PAC 600R, secuencia de funcionamiento, entrevista con técnicos eléctricos, mecánicos y operadores de máquinas similares, contraste de los tableros actuales con los planos eléctricos, se identifican los siguientes problemas:

- Máquina fuera de operación por tiempo prolongado.
- Falta de sensores, componentes neumáticos y mecánicos.
- Alteración de las conexiones eléctricas en contraste con los planos originales.
- Ausencia de los planos neumáticos.
- PLC Texas Instruments, fuera de operación y obsoleto.

1.2 PROCESO DE ELABORACIÓN Y CONVERSIÓN DEL PAPEL

La obtención de papel tissue en la planta industrial de Familia Sancela del Ecuador S.A se lo obtiene a partir de papel reciclado y pulpa de madera virgen en menor proporción. Las dos máquinas papeleras disponibles utilizan el principio de las *máquinas fourdrinier*² y *crecent former*.

En el proceso de conversión, las bobinas de papel de grandes dimensiones y peso, pasa por procesos de bobinado (doble hoja), desenrollado, corte, empaque y embalaje. Los dos productos finales son papel higiénico y servilletas en diferentes formatos.

1.2.1 Papel reciclado³

La industria papelera tradicional centra sus investigaciones en la explotación racional del bosque, utilizando un proceso de fabricación en el que interviene de modo notable la Física de Superficie, la Mecánica de Fluidos y de Materiales Compuestos, la Termodinámica y sobre todo, la Química.

En la fabricación del papel de fibras vírgenes pueden intervenir los siguientes elementos:

- Celulosa Química: procede de árboles resinosos de hoja perenne (abeto, pino, etc.) característicos de zonas frías como el norte de Europa y Canadá. Se obtiene por tratamiento químico, lo que produce una gran cantidad de desechos de difícil biodegradación, y un aprovechamiento real del 50 % (de 1 Tm de madera cortada se obtienen 500 Kg. de celulosa química).

² Los hermanos Henry y Sealy Fourdrinier crearon en 1803 la primera máquina papelera que lleva su nombre

³ www.manueljodar.com/pua/pua3.htm

- Celulosa Mecánica: procede de árboles de hoja caduca (abedul, eucalipto, haya, etc.), aunque ocasionalmente se utilizan árboles resinosos. Su proceso de obtención es puramente mecánico, pero necesita un importante consumo de energía. Esta celulosa es de color marrón oscuro, por lo que es necesario blanquearla para obtener el color blanco del papel. Para ello se puede utilizar agua oxigenada, que tiene la gran ventaja de transformarse en agua y oxígeno, productos naturales 100 %, pero el problema se plantea cuando se utilizan elementos químicos como el cloro, que blanquean el papel contaminando la naturaleza. Su aprovechamiento es del 95 %, es decir, de 1 Tm. de madera se consigue 950 Kg. de celulosa química.
- Capa de Estuco: se compone en un 80 % de un producto mineral (caolín o carbonato de cal) y en un 20 % de un preparado sintético derivado del petróleo. Tienen como función aglutinar y dar consistencia a las fibras vegetales.

Después de añadir algunos aditivos químicos, se consigue una *pasta química* que sirve de base para la elaboración del papel blanco normal o de fibra virgen.

Analizando estos datos se determina que cada proceso aporta elementos no deseables en la cadena industrial, como son el *derroche* de recursos, tanto materiales como energéticos, y la contaminación ambiental.

Al estudiar el sistema de fabricación del *papel reciclado*, se determina que el proceso es, hasta cierto punto parecido al del papel blanco, sin embargo, en este caso la materia prima es residuo de papel. En este apartado es necesario hacer una puntualización: un método de producción de papel reciclado que se precie de serlo, debe evitar el blanqueo de la pasta con procesos químicos, por lo tanto, el color blanco de la hoja final, debe ser el color natural de la pasta una vez preparada.

La última etapa es la formación de la hoja de papel. La pasta es alimentada y depositada sobre la tela de la maquinaria, eliminando el agua en las prensas y la zona de secado. Finalmente pasa por unos rodillos en contacto entre sí, que proporcionan el acabado superficial idóneo en cada caso.

La filosofía productiva debe ser la fabricación de papel reciclado de calidad homologable al papel elaborado con pasta virgen, mediante la aplicación de un proceso que, desde su inicio hasta el fin, produzca el menor impacto medioambiental posible.

Una vez conseguido el producto final, es importante descubrir que se ha reducido el consumo de *energía* en un 70%; el de *agua* en un 90%; la *contaminación atmosférica* en un 73% y los *desechos sólidos* en un 39%.

1.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE LA MÁQUINA EMPACADORA PAC600R⁴

El Area de Conversión⁵ de la empresa Productos Familia-Sancela del Ecuador S.A., en la línea de productos tissue, cuenta con la Máquina CASSOLI PAC600R, de fabricación italiana con fecha 25 de octubre de 1985, adquirida de “segunda mano” y fuera de operación.

Es una máquina de empaqueo con funciones electromecánicas, manejada por un motor eléctrico acoplado a dos poleas que permiten modificar la velocidad de la máquina y que conectadas a una caja de cambios accionan un programador o túnel de levas. El programador de levas permite controlar la secuencia principal del funcionamiento de la máquina. Este mecanismo es semejante a los programadores mecánicos que disponen ciertos calderos.

El transportador de alimentación de los rollos tissue es manejado por la depresión del túnel o programador de levas transmitido por una cadena a 90° de la caja de cambios; mientras que por medio de una banda dentada permite la alimentación del polietileno desde la parte superior.

Los rollos deben ser alimentados por una banda de alimentación de cinco columnas que al pasar por un *intercambiador* o *diverter* (segmento de la máquina que convierte las cinco hileras de rollos tissue en tres) ingresan al sistema de alimentación principal de la máquina empacadora en tres columnas. Este sistema es posible a través de una lógica digital que es adquirida por una gama de sensores fotoeléctricos. Los actuadores de este segmento son cilindros neumáticos.

Un conjunto de sensores inductivos detecta la presencia del rollo de polietileno, para permitir el desenrollo y la alimentación al sistema de empaqueo. Esta sección tiene su propio controlador de velocidad, un sistema centrador de taca⁶ y un transformador elevador de tensión, que por principio electrostático mantiene al polietileno pegado y libre de pliegues al alimentador de la máquina.

Los rollos tissue ingresan en dos ciclos de seis unidades, formando un empaque final de doce rollos. A través de un sistema de movimiento y pliegues mecánicos, se forma la envoltura que es sellada térmicamente por planchas metálicas que son calentadas por

⁴ CASMATIC, “Operating Maintenance and Setting Instructions”, Boloña-Italia, 2001

⁵ Corresponde físicamente al lugar donde se elabora el producto terminado tissue: papel higiénico y servilletas.

resistencias eléctricas. Para el efecto se tiene tres controladores de temperatura tipo PID: dos laterales y un inferior, fijados con referencias independientes alrededor de 350°C. Al final del sistema de sellado se utiliza un sistema de enfriamiento a través de dos planchas laterales, que tiene su propio controlador PID.

El control de la secuencia ha sido implementado a través de un PLC de primera generación: Texas Instruments de la Serie 5, actualmente discontinuados. Al inicio se pensó arrancar con este PLC, pero literalmente *“no muestra señales de vida”*.

La alimentación del polietileno y el sistema de sellado son manejados independientemente por motores eléctricos y sistemas reductores de velocidad.

Se resalta que la máquina al no estar en operación por un período de tiempo prolongado, y provenir de otra empresa, algunas secuencias de control han sido alteradas y no concuerdan con las especificaciones detalladas en los planos del fabricante.

1.4 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Automatización Industrial es un conjunto de técnicas que involucran la aplicación e integración de sistemas mecánicos, eléctricos-electrónicos, unidos con los controladores lógicos programables (PLCs) para operar y controlar diferentes tipos de sistemas industriales de forma autónoma. Es un área en la que confluyen diferentes disciplinas para la solución de problemas industriales. Los problemas de eficiencia, productividad, calidad, decisiones estratégicas y diseño de procesos, tanto en el ámbito de producción y planta como a nivel gerencial, son también problemas de Automatización Industrial.⁷

En el contexto industrial, la automatización es una tecnología que está relacionada con el empleo de sistemas mecánicos, electrónicos basados en la informática en la operación y control de la producción. Este concepto, para ser actualizado, debe incluir el uso de robots. El robot industrial forma parte del progresivo desarrollo de la automatización industrial, favorecido notablemente por el avance de las técnicas de control por computadora, y contribuye de manera decisiva a la automatización en los procesos de fabricación de series de mediana y pequeña escala.

⁶ Marca que viene impresa en el rollo de polietileno y que permite controlar el centrado y corte exactos con el logotipo del producto.

⁷ cursos.bankhacker.com

1.4.1 Tipos de automatización industrial⁸

1.4.1.1 Fija

Se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, y por lo tanto es adecuada para diseñar equipos especializados para procesar productos o componentes de éstos con alto rendimiento y elevadas tasas de producción.

1.4.1.2 Programable

Se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de productos a obtener. En este caso, el equipo de producción está diseñado para ser adaptable a variaciones en la configuración del producto. Esta característica de adaptabilidad se logra haciendo funcionar el equipo bajo el control de un programa de instrucciones para el producto dado. La producción se obtiene por lotes.

1.4.1.3 Flexible

Es una categoría situada entre las dos anteriores. Se ha comprobado que es más adecuada para el rango medio de producción. Con este tipo de automatización pueden obtenerse simultáneamente varios tipos de producto, en el mismo sistema de fabricación.

1.4.2 PLCs o autómatas programables⁹

Se entiende por *autómata programable*, o *PLC* (Controlador Lógico Programable), toda máquina electrónica, diseñada para controlar procesos secuenciales, en tiempo real y en ambientes industriales. Su manejo y programación puede ser realizada por personal eléctrico o electrónico sin conocimientos informáticos. Realiza funciones lógicas: series, paralelas, temporizaciones, contajes y otras más potentes como cálculos, regulaciones, etc.

Otra definición de PLC, es una «*caja*» en la que existen, por una parte, terminales de entrada o captadores a los que se conectan: pulsadores, finales de carrera, fotoceldas, detectores, etc. y por otra, terminales de salida o actuadores, a los que se conectan: bobinas de contactores, electroválvulas, lámparas, etc., de forma que la actuación de estos últimos está en función de las señales de entrada que estén activadas en cada momento, según el programa almacenado.

La función básica de los PLCs, es la de reducir el trabajo del usuario a realizar el programa, es decir, la relación entre las señales de entrada que se tienen que cumplir

⁸ www.monografias.com/trabajos16/estrategia-produccion/estrategia-produccion.shtml

⁹ CEKIT S.A., "Electrónica Industrial y Automatización", Tomo 2, Colombia, 2002

para activar cada salida, puesto que los elementos tradicionales (como relés auxiliares, de enclavamiento, temporizadores, contadores...) son internos.¹⁰

Un PLC o Autómata Programable, es un dispositivo programable diseñado para el control de señales eléctricas asociadas al control automático de procesos industriales o automatización industrial. Posee las herramientas necesarias, tanto de software como de hardware, para controlar dispositivos externos, recibir señales de sensores y tomar decisiones de acuerdo a un programa que el usuario elabore según la aplicación (Ver figura 1.2). Esto conlleva, que además de los componentes físicos requeridos para la adaptación de señales, es necesario disponer de un programa para que el PLC pueda saber qué es lo que tiene que hacer con cada una de ellas.

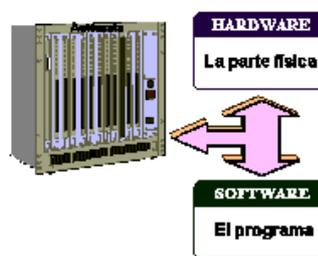


Figura 1.2 Controlador lógico programable

Dado que, prácticamente un PLC es un computador, pero especializado en la automatización de procesos; algunos tópicos son asumidos como enteramente conocidos. Por tanto, se ha considerado solamente aquellos tópicos esenciales, con la posibilidad de ser recogidos por otros proyectos similares.

1.4.2.1 Arquitectura interna¹¹

El hardware de un PLC, básicamente consta de los siguientes componentes:

- Fuente de alimentación
- CPU
- Memoria datos (RAM)
- Memoria de programa (ROM; EEPROM o FLASH)
- Módulos de entradas/salidas
- Terminal de programación

¹⁰ http://html.rincondelvago.com/automatas-programables_2.html

¹¹ www.unicrom.com/tut_PIC3.asp

a) Fuente de alimentación

Es la encargada de suministrar los niveles de tensión DC a todos los módulos que se conectan al PLC, así como a la CPU. Su función es reducir y adaptar el voltaje de entrada, generalmente de 120 ó 220 VAC a voltajes más bajos DC, usualmente 12 ó 24 VDC.

Con frecuencia, las fuentes son de tipo conmutadas, cuyas principales características son un peso y tamaño reducidos, y un amplio rango de tensión de entrada. A esto se añade toda la electrónica que realiza las funciones de protección, regulación e inclusive gestión de alarmas y estado de la fuente.

En algunas aplicaciones, inclusive es necesario utilizar el criterio de *redundancia*, para mantener siempre en estado operativo al PLC, y el uso de un UPS o fuente ininterrumpida de potencia, la cual suministra el voltaje adecuado, por un tiempo determinado, a la fuente del PLC o directamente a la CPU y módulos, hasta que se pueda restablecer el suministro de la energía convencional.

Algunos PLCs incluyen una batería de respaldo para alimentar a la memoria del programa cuando ésta sea desconectada de la alimentación de la red. También puede ser utilizada para el almacenamiento de algún tipo de configuración, en caso de ser guardada en una memoria de tipo RAM. Dichas baterías son recargables y la operación de carga es efectuada por el mismo equipo en forma automática. El tiempo de duración de este tipo de baterías oscila entre 2 y 10 años.

b) CPU

Como en toda computadora, la CPU es la unidad que controla todas las acciones del PLC y proporciona la capacidad de cálculo. Los circuitos integrados que permite esta acción son los microprocesadores y el conjunto de circuitos adicionales conocido como *chipset*.

Se encarga de recibir las órdenes del operario por medio de la consola de programación y los módulos de entradas. Posteriormente, las procesa para enviar respuestas a los módulos de salidas. En su memoria se encuentra residente el programa destinado a controlar el proceso.

Contiene las siguientes partes:

- Unidad central o de proceso
- Temporizadores y contadores
- Memoria de programa
- Memoria de datos
- Memoria imagen de entrada

- Memoria de salida
- Periféricos

El microprocesador en un ciclo de instrucción, lee el contenido de las entradas, que previamente han sido copiadas en un segmento de memoria, conocido como *imagen de las entradas*. Luego, interpreta las instrucciones almacenadas en la memoria de programa, para posteriormente ordenar la activación de las salidas físicas a través de otro segmento de memoria de salida. En realidad el microprocesador no interactúa directamente con los módulos de entradas y salidas, son otros circuitos los que realizan estas acciones.

c) Memoria de datos (RAM)

En la memoria de datos se copia los operandos y/o el resultado de las instrucciones, así como ciertas configuraciones del PLC. Para mayor detalle, sobre el direccionamiento, mapa de memoria, operaciones de lectura-escritura, existe una amplia bibliografía. Se omite esta información, por considerarla elemental y plenamente entendida por cualquier profesional formado en electrónica.

La memoria RAM se caracteriza por su extremada rapidez, en ella se puede leer y escribir cuantas veces se requiera. Su principal desventaja es que pierde todo su contenido al perder la alimentación. El microprocesador del PLC utiliza esta memoria para escribir los datos (estado de las entradas, órdenes de salida, resultados intermedios, etc.) y recurre a ella para leer el programa. No se utiliza otro tipo de memoria (la EPROM, por ejemplo) porque, aunque tienen la ventaja de no perder los datos cuando no tienen alimentación, son memorias lentas, que requieren procesos más complicados para su borrado y regrabación. Otra de las ventajas de la memoria RAM es que no se necesita borrar los datos que contiene, se puede escribir directamente los nuevos datos sobre los que ya tiene grabados.

d) Memoria de programa (ROM)

En esta memoria no volátil reside el programa y el sistema operativo del PLC, más conocido como *firmware*. Tecnológicamente los PLCs están implementando esta área, a través de memorias EEPROM o tipo FLASH. En el caso de ciertas CPU's de la familia Simatic S7-300/400, se utiliza unos pequeños módulos de memoria, llamados *memory card*, que son de tipo Flash, garantizando la permanencia fija de su contenido y la facilidad de reprogramación.

Este tipo de memoria tiene la particularidad de que mantiene la información aunque no esté alimentada. En este módulo, reside el programa que va a ejecutar el PLC. Previo a la ejecución del programa, la CPU realiza una copia del programa en la memoria RAM.

e) Módulos de entrada

Son el hardware que transfiere las señales eléctricas entre la CPU del PLC y los sensores que intervienen en el proceso.

En el caso de los módulos de entrada, las señales provenientes de los sensores, que usualmente oscilan entre 12 y 240 V AC/DC, acondicionan a la CPU como señales binarias compatibles con la lógica TTL, es decir niveles binarios de 0 y 1 con voltajes entre 0 y 5 VDC, respectivamente.

Cada cierto tiempo el estado de las entradas se transfiere a la memoria imagen de entrada. La información recibida en ella, es enviada a la CPU para ser procesada de acuerdo a la programación.

Se pueden diferenciar dos tipos de sensores o captadores que van conectados a los módulos de entradas: los *pasivos* y los *activos*.

Los *captadores pasivos* son los que cambian su estado lógico (activado o no activado) por medio de una acción mecánica. Corresponde a los interruptores, pulsadores, finales de carrera, etc.

Los *captadores activos* son dispositivos electrónicos que suministran una tensión al PLC, que es función del estado de una variable.

f) Módulos de salida

Por su parte, los módulos de salida, transforman las señales TTL en diversos niveles de voltaje y corriente para ser llevados a los actuadores del proceso.

Son los encargados de activar y desactivar los actuadores: bobinas de contactores, solenoides, lámparas, motores pequeños, etc.

La información enviada por las entradas a la CPU, una vez procesada, se envía a la imagen de memoria de las salidas, y luego a la interfase de las salidas, para que éstas sean activadas o desactivadas.

Según el tipo de proceso a controlar por el PLC, se puede utilizar diferentes módulos de salidas. Existen tres tipos bien diferenciados:

- A relés: son usados en circuitos de corriente continua y corriente alterna. Están basados en la conmutación mecánica, por la bobina del relé, de un contacto eléctrico normalmente abierto.

- A triac: se utilizan en circuitos de corriente continua y corriente alterna que necesitan maniobras de conmutación muy rápidas.
- A transistores a colector abierto: son utilizados en circuitos que necesiten maniobras de conexión/desconexión muy rápidas. El uso de este tipo de módulos es exclusivo en circuitos de corriente continua.

g) Terminal de programación

El terminal o consola de programación es el que permite comunicar al operario con el sistema.

Las funciones básicas de éste son las siguientes:

- Transferencia y modificación de programas.
- Verificación de la programación.
- Información del funcionamiento de los procesos.

Como consolas de programación, pueden ser utilizadas las construidas específicamente para el PLC, tipo calculadora o bien un computador personal (PC), que soporte un software específicamente diseñado para resolver los problemas de programación y control.

El equipo de programación de un PLC tiene por misión configurar, estructurar, programar, almacenar y aprobar las diferentes funciones del automatismo, tanto las contenidas en la CPU básica, como las que aparecen en las CPU auxiliares y módulos periféricos. Se define entonces el equipo de programación como el conjunto de medios: hardware y software, mediante los cuales el programador introduce y depura el programa a ejecutar, en uno u otro lenguaje.

Son funciones específicas de los tipos de programación las siguientes:

- Escritura del programa de usuario, directamente en la memoria del autómatas, o en la memoria auxiliar del mismo equipo. Verificación sintáctica y formal del programa escrito.
- Edición y documentación del programa o aplicación.
- Almacenamiento y gestión del programa o bloques del programa.
- Transferencias de programas de y hacia el PLC.

- Gestión de errores del PLC, con identificación de los mismos, ayudas para su localización y corrección, y reinicialización del sistema.

Además de las funciones anteriores, es muy frecuente encontrar otras adicionales:

- Puesta en marcha y detención del PLC (RUN / STOP).
- Monitorización del funcionamiento, sobre variables seleccionadas o sobre las propias líneas del programa.
- Forzado de variables binarias o numéricas y preselección de contadores, temporizadores y registros de datos.

El programador se comunica con el equipo utilizando un entorno operativo simplificado, con comandos como editar, insertar, buscar, transferir. etc.

Introducido el programa, el equipo de programación lo compila a:

- Código máquina ejecutable directamente por el procesador del PLC.
- Código intermedio interpretado por el procesador del PLC para obtener un código máquina ejecutable.

En el primer caso, el equipo será específico para el PLC considerado, o ha sido configurado para él, mientras que en el segundo podrá utilizarse para PLCs equipados con diferentes procesadores, aunque siempre del mismo fabricante, restricción obligada por el empleo de lenguajes, o variantes de lenguaje, particulares por cada fabricante.

Debe indicarse que el programador necesita siempre introducir una configuración adicional sobre el equipo, a fin de que el sistema pueda verificar el mapa de memoria que se está utilizando, aceptar o no instrucciones particulares, comprobar el número y tipo de variables utilizadas, etc.

En general, los equipos de programación podrán ser de dos tipos:

- Específicos, bajo la forma de una consola o terminal conectado directamente a la entrada de programación del autómata.
- Implementados sobre una máquina de uso general, mediante un software dedicado que corre bajo un entorno operativo de amplio uso (DOS, UNIX, WINDOWS).

Entre los equipos específicos, y según su complejidad, podemos distinguir dos variantes:

- Consola o unidad de programación.

- Terminales de programación.

Aunque existen pocas diferencias entre unas y otros, éstas se hacen diferentes cuando se considera la facilidad de manejo e integración de ayudas al programador: almacenamiento, documentación, trabajo con símbolos, etc., las cuales son funciones propias de los terminales que no aparecen o son muy reducidas en las consolas de programación.

h) Periféricos

Los periféricos no intervienen directamente en el funcionamiento del PLC, pero sin embargo facilitan la labor del operario.

Los más utilizados son:

- Grabadoras a cassettes.
- Impresoras.
- Cartuchos de memoria EPROM.
- Visualizadores y paneles de operación (OP).
- Memorias EEPROM.

1.4.2.2 Software para la programación.

Los paquetes de software para programación de PLCs convierten a un PC en un equipo de programación específico, aprovechando sus potentes recursos de interfaz con otros sistemas (impresoras, otros PCs) y con el usuario (teclado, monitor), y el bajo precio del hardware debido a la estandarización y generalización de uso de los PCs. Esta opción (PC + software) constituye, junto con las consolas, y éstas en menor medida, prácticamente la totalidad de equipos de programación utilizados por los programadores de PLCs.

Los requisitos de hardware y software exigidos para instalar sobre el PC un entorno de programación de PLCs, varían en función del tipo de PLC.

En el caso del software STEP 7, que permite la programación de los PLCs de marca Siemens de la familia S7 200/300/400; los requerimientos son un PC con procesador Pentium I en adelante, con sistema operativo Windows 9x/Me/2K/XP o NT, 32 Mb de memoria RAM, 8 Gb de espacio libre en disco duro y un puerto serial libre.

El paquete de programación se completa con la unidad externa de conexión que convierte y hace compatibles las señales físicas entre la salida serie estándar de PC (RS-

232C, RS-422/485) y el puerto de conexión de la consola del PLC, canal usualmente utilizado también para la conexión con el PC.

a) Ciclo de funcionamiento del PLC

El PLC siempre está repitiendo un ciclo, llamado ciclo de SCAN, que consiste en lo siguiente:

- Lectura de todas las entradas y almacena el estado de cada una de ellas en el área de memoria conocida como *imagen de las entradas*.
- Ejecución de las operaciones del programa siguiendo el orden en que se han grabado (segmento por segmento).
- Escritura del resultado de las operaciones en las salidas.
- Una vez escritas todas las salidas (activando o desactivando, las que el resultado de las operaciones así lo requieran) se repite el ciclo.

Este ciclo de Scan (ver figura 1.3) se realiza indefinidamente a menos que, físicamente se conmute el interruptor del PLC a la posición STOP, o debido a algún error diagnosticado por la CPU, o por pérdida de la tensión de alimentación.



Figura 1.3 Ciclo de funcionamiento del PLC

b) Lenguajes de programación para PLCs

Cuando surgieron los PLCs, lo diseñaron con la necesidad de sustituir a los enormes tableros de maniobra contruidos con contactores y relés. Por lo tanto, la comunicación hombre-máquina debería ser similar a la utilizada hasta ese momento. El lenguaje usado, debería ser interpretado con facilidad por los mismos técnicos eléctricos que anteriormente estaban en contacto con la instalación. Estos lenguajes han evolucionado, en los últimos tiempos, de tal forma que algunos de ellos ya no tienen nada que ver con el típico plano eléctrico a relés.

Los lenguajes más significativos son:

- **Lenguaje a contactos**

Es el que más similitudes tiene con el utilizado por un eléctrico al elaborar tableros de automatismos. Muchos PLCs incluyen módulos especiales de software para poder programar gráficamente de esta forma. Siemens denomina KOP a esta forma de programación.

- **Lenguaje por lista de instrucciones**

En los PLCs de gama baja, es el único modo de programación. Consiste en elaborar una lista de instrucciones o mnemónicos que se asocian a los símbolos y su combinación en un circuito eléctrico a contactos. Este tipo de lenguaje es, en algunos casos, la forma más rápida de programación e incluso la más potente. Siemens tiene su propia versión llamada AWL.

- **GRAF CET (Gráfico Funcional de Etapas y Transiciones)**

Ha sido especialmente diseñado para resolver problemas de automatismos secuenciales. Las acciones son asociadas a las etapas y las condiciones a cumplir a las transiciones. Este lenguaje resulta enormemente sencillo de interpretar por operarios sin conocimientos de automatismos eléctricos. Muchos de los PLCs que existen en el mercado permiten la programación en GRAFCET, tanto en modo gráfico o por lista de instrucciones. También se puede utilizarlo para resolver problemas de automatización de forma teórica y posteriormente convertirlo a plano de contactos.

- **Plano de funciones lógicas**

Resulta cómodo de utilizar, especialmente a los técnicos habituados a trabajar con circuitos de compuertas lógicas, ya que la simbología usada en ambos casos, es equivalente. Siemens tiene su implementación llamada FUP.

1.5 MOTORES ELÉCTRICOS DE INDUCCIÓN¹²

1.5.1 Principio de funcionamiento de los motores de inducción

Los motores o máquinas de inducción, son máquinas de excitación doble que tienen una tensión de corriente alterna aplicada tanto a su devanado del estator o inducido como a su devanado rotórico, que en los casos más generales es un rotor de jaula de ardilla. A

¹² www.tecnicsuport.com/elec/taulesconsulta/vectorials

continuación se detalla el funcionamiento de los motores de inducción asincrónicos, que son los más empleados en la industria.

1.5.1.1 Acción del rotor

Cuando se aplica tensión en bornes del motor, el campo magnético rotativo generado por las bobinas del estator corta el rotor, generando corrientes inducidas en sus barras (figura 1.4a).

La frecuencia de la corriente del rotor es proporcional a la diferencia entre la velocidad del rotor y el campo magnético generado por el estator, y se denomina *frecuencia de deslizamiento*. La corriente del estator induce un campo magnético en el rotor que gira a la misma velocidad que el campo del estator, siendo la interacción entre ambos campos la que produce un par de giro en el rotor (figura 1.4b)

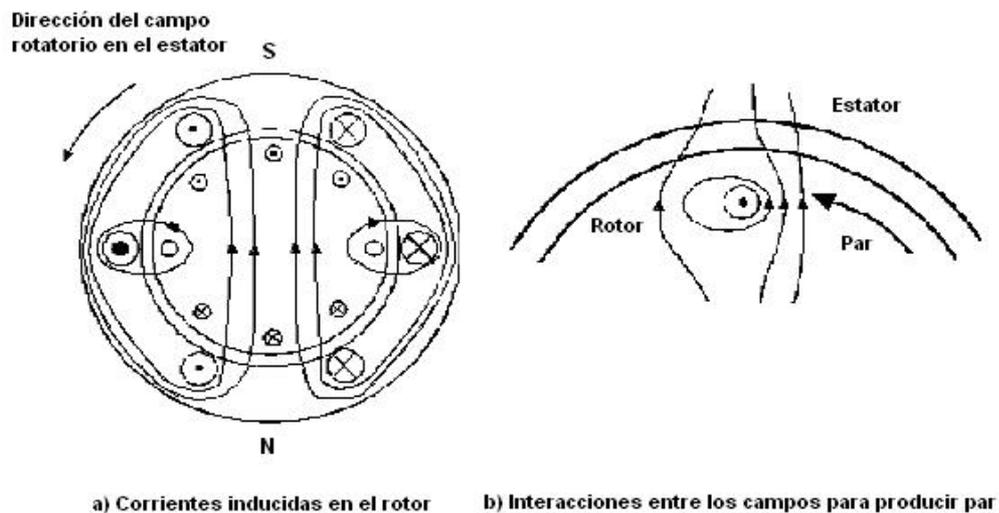


Figura 1.4 Corrientes inducidas en el rotor

1.5.1.2 Bobinas del estator

El estator se construye con acero perforado y montado como un cilindro hueco, la parte interior es un armazón de hierro fundido o aluminio (Ver figura 1.5). Unas bobinas distribuidas en tres fases se distribuyen en las ranuras del interior de la circunferencia. Cada una de las tres bobinas del estator tiene dos mitades, colocadas en posiciones diagonalmente opuestas respecto al estator. Las bobinas están desfasadas 120° entre sí, (estas bobinas están representadas en la figura 1.6). El sentido de arrollamiento de las bobinas, es tal que, cuando la corriente pasa a través de ellas, se induce un campo magnético a través del rotor. En este caso, cada bobina tiene dos polos, con lo que el motor será *bipolar*.



Figura 1.5 Bobinados del estator

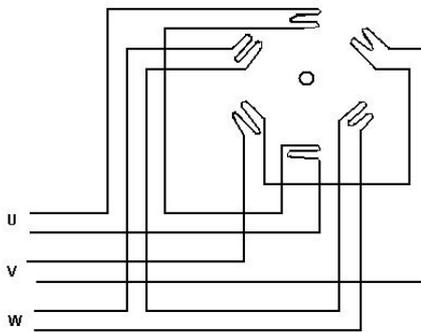


Figura 1.6 Cableado de un estator de dos polos

Las bobinas en un estator de dos polos se muestran en la figura 1.7. Cuando tres bobinas se conectan a una alimentación trifásica, ya sea en configuración estrella o triángulo, crean un campo magnético que produce la rotación. La velocidad de rotación del campo está directamente relacionada con la frecuencia de la alimentación. Así, una alimentación de 60Hz crea un campo de rotación de 60 rev./segundo, es decir, 3600 rpm.

En el estator de la figura 1.8, cada bobina tiene cuatro secciones, desfasadas 90° entre sí. Cuando la corriente pasa por cada una de las bobinas, en el estator se crean dos campos magnéticos, con lo que cada bobina tiene cuatro polos y el motor se denomina *tetrapolar*. Cuando las bobinas se conectan a una fuente de alimentación trifásica, el campo magnético gira a la mitad de la frecuencia de suministro. Por lo tanto para un suministro de 60Hz la velocidad de rotación del campo será de 30 rev./segundo, o lo que es lo mismo 1800 rpm.

De la misma forma, el campo en un estator de 6 polos gira a un tercio de la frecuencia de alimentación, (1200 rpm a 60Hz) y para un estator de 8 polos el campo gira a un cuarto de la frecuencia de alimentación (900 rpm a 60Hz).

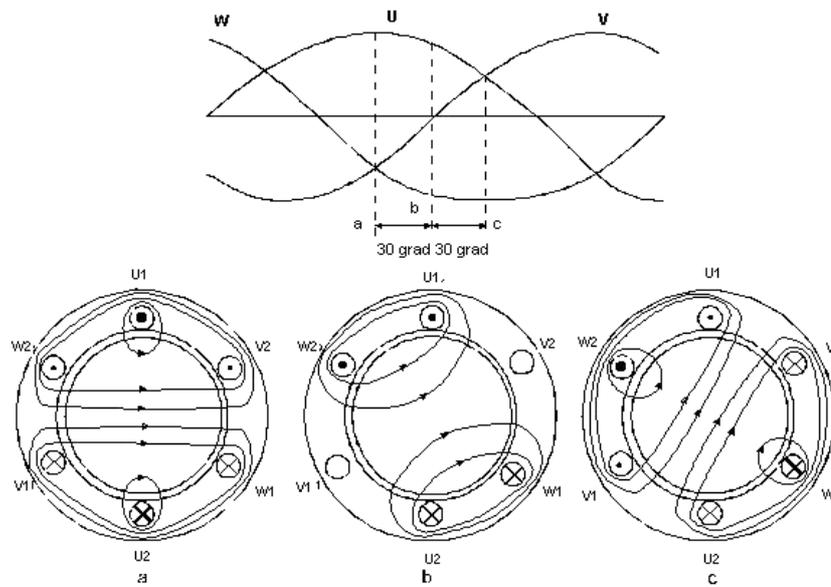


Figura 1.7 Generación del campo magnético rotatorio en un motor bipolar

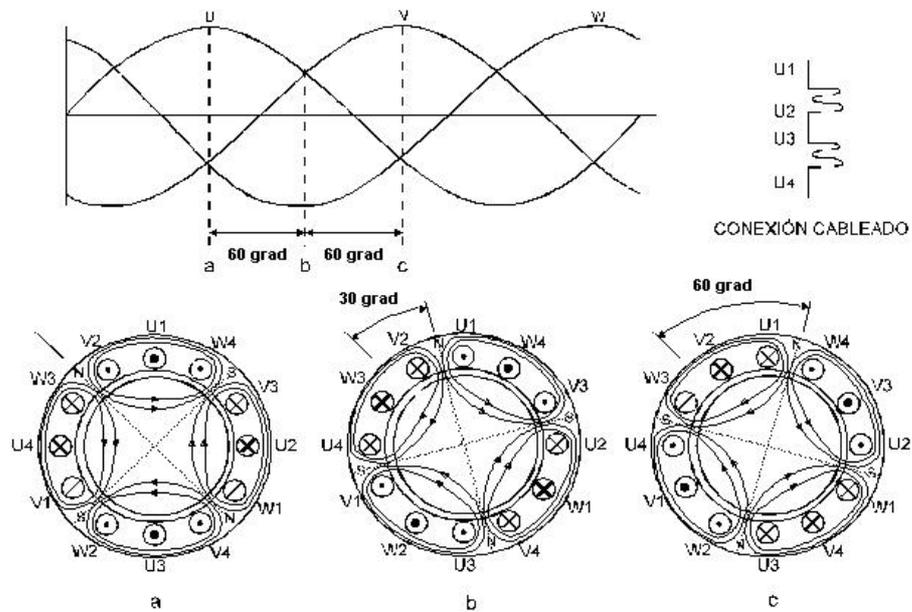


Figura 1.8 Generación del campo magnético en un estator tetrapolar

1.5.1.3 Construcción de un motor de inducción de jaula de ardilla

En todo motor eléctrico se distingue dos partes: rotor y estator. El rotor está fijado a un eje (ver figura 1.9), e introducido dentro del estator mediante rodamientos, de forma que puede girar libremente.

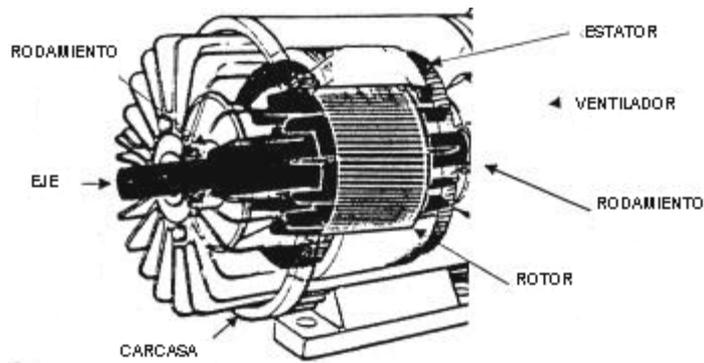


Figura 1.9 Constitución del motor de jaula de ardilla

El rotor se construye con barras cortocircuitadas eléctricamente por medio de anillos en los extremos formando la denominada *jaula de ardilla* (ver figura 1.10). Cuando el motor se conecta a una fuente de suministro trifásica, el estator induce unas corrientes en las barras del rotor. La interacción del campo magnético generado entre el rotor y el estator origina el par y por tanto, el giro del rotor.

Al final del eje del rotor se fija un ventilador, encargado de refrigerar el interior del motor.

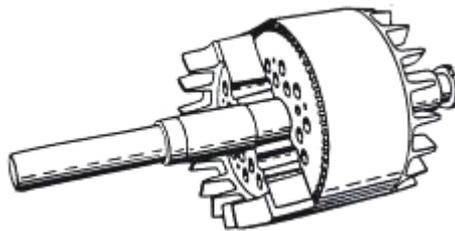


Figura 1.10 Rotor jaula de ardilla

1.5.1.4 Control de velocidad de un motor de jaula de ardilla

En principio, un motor de jaula de ardilla fue de velocidad fija. El afán de obtener velocidades variables dio origen a los motores asincrónicos jaula de ardilla de polos conmutables, más conocidos como *motores Dahlander*.

La ecuación de la velocidad de un motor asincrónico es:

$$N = \frac{f * 120}{p} (1 - s) \quad (1)$$

donde:

N = Velocidad del motor en revoluciones por minuto

f = Frecuencia de suministro al motor en Hz

p = Número de polos en el estator

s = Coeficiente de deslizamiento

De esta ecuación, se desprende que la velocidad puede ser variada de tres formas diferentes:

a) Cambiando el número de polos.

Esto requiere un motor con doble bobinado, y además la velocidad no varía de forma continua sino que se produce un salto de una velocidad a otra. Por ejemplo, un motor de 2/8 polos conectado a 60Hz tiene dos velocidades de sincronismo: 3600 y 900 rpm.

b) Cambiando el deslizamiento.

Esto puede hacerse variando la tensión suministrada al motor, lo que provoca que la curva de par velocidad disminuya causando un mayor deslizamiento conforme aumenta la carga en el motor. En general, la reducción de par es proporcional al cuadrado de la reducción de voltaje. Ver figura 1.11

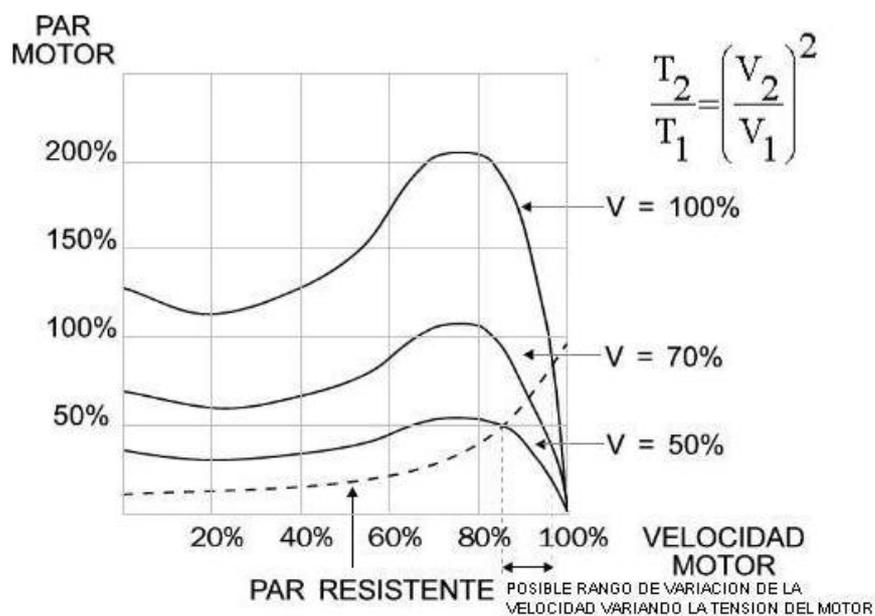


Figura 1.11 Variación de la velocidad actuando sobre el deslizamiento

c) Variando la frecuencia de suministro del motor

Para trabajar correctamente, este método requiere una carga con una característica creciente de par y velocidad. Cualquier variación en la carga causará una variación en la velocidad del motor.

Este método es el utilizado por los controladores de velocidad electrónicos. Este es el mejor método para el control de la velocidad, por las siguientes razones:

- Se obtiene un rendimiento elevado en todo el rango de velocidades.

- Se dispone de una variación continua (sin saltos) de la velocidad, que puede ser controlada eléctricamente vía señales de control tales como 0-10Vdc o 4-20mA. Esto hace que los variadores de velocidad para motores de CA sean ideales para los procesos de automatización.
- El par disponible en el motor es constante, incluso a bajas velocidades, esto posibilita trabajar con cualquier tipo de carga.
- Se puede trabajar con frecuencias superiores a 60Hz.

1.5.1.5 Corriente y velocidad

Con deslizamientos altos, la velocidad del campo magnético que corta el rotor aumenta, así como la corriente que circula por él. Esto se ve reflejado en un aumento en la corriente del estator. Como en el instante inicial el rotor está inmóvil y alimentado con una frecuencia de suministro de 60Hz, la corriente en el estator puede alcanzar entre 6 y 10 veces la corriente nominal a plena carga. Incluso cuando el motor está sin carga y girando cerca de la velocidad de sincronismo, absorbe una significativa cantidad de corriente de naturaleza reactiva, destinada a la magnetización de la máquina. Estas componentes de magnetización crean el flujo en el motor. Esta es la razón por la que un motor siempre funciona con un factor de potencia por debajo de la unidad, típicamente 0.86 a plena carga.

1.5.1.6 Motores especiales

a) Motor de rotor bobinado

En este tipo de motores, en el rotor se introduce un bobinado trifásico (Ver figura 1.12). El bobinado del rotor se puede conectar al exterior por medio de escobillas y anillos rozantes. Este tipo de motor puede tener resistencias exteriores colocadas en el circuito del rotor, lo que permite reducir la corriente absorbida, reduciendo la saturación en el hierro y permitiendo un incremento en el par de arranque. Conforme la velocidad del rotor aumenta el valor de las resistencias se reduce hasta llegar a cero, lo que permite mantener un par alto.

La figura 1.13 muestra la curva característica de par y velocidad cuando varían las resistencias del rotor.

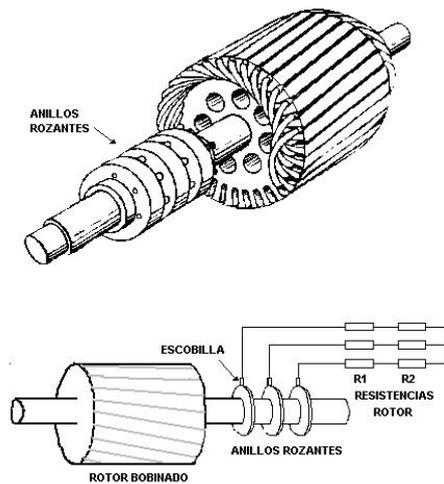


Figura 1.12 Motor de rotor bobinado

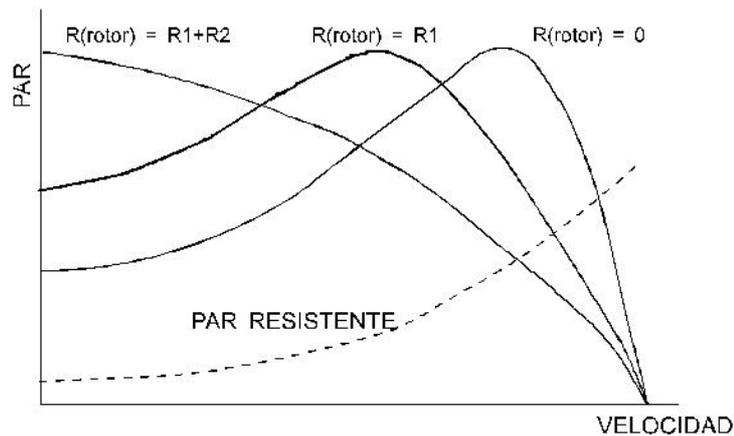


Figura 1.13 Curva par-velocidad variando la resistencia rotórica

b) Motor de rotor de doble jaula

En este tipo de motor el rotor tiene dos secciones, la exterior está diseñada con un material de resistencia más elevada que la interior. Cuando el motor está funcionando a baja velocidad (mientras arranca), la frecuencia de deslizamiento es alta y la corriente del rotor tiende a circular por la cara exterior (debido al *efecto piel*), con lo que la resistencia efectiva es mayor y en consecuencia aumenta el par de arranque. Cuando la velocidad del rotor aumenta, la frecuencia de deslizamiento decrece, y la corriente del rotor circula por la zona de baja resistencia del rotor, de forma que las pérdidas energéticas son menores.

1.5.1.7 Relación par-velocidad

Cuando se incrementa la velocidad del motor, la diferencia entre la velocidad del campo en el estator y las barras del rotor es menor, lo que reduce el campo rotórico, y en consecuencia el par disminuye. Cuando se alcanza la velocidad del campo del estator no

hay campo inducido en el rotor y el par generado es cero. Estamos en la llamada **velocidad de sincronismo** del motor. En la figura 1.14 aparecen las diferentes velocidades de sincronismo de acuerdo con el número de polos del estator para una frecuencia de suministro de 60Hz.

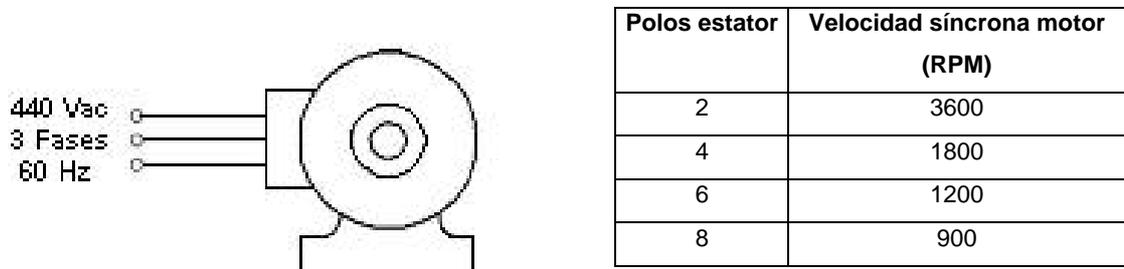


Figura 1.14 Velocidad de sincronismo según el número de polos

Cuando aumenta el par de la carga, la velocidad del rotor decrece con lo que aumenta el deslizamiento. Esto provoca que el flujo del estator corte las barras del rotor a mayor velocidad, con lo que se incrementa la corriente en el rotor y el par. Sin embargo, con el incremento de la corriente del motor se produce una caída de tensión suplementaria en las bobinas del estator, la cual provocará un debilitamiento del campo en el estator.

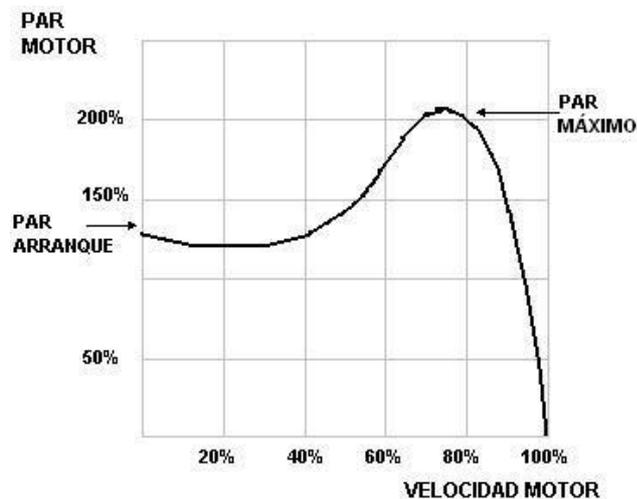


Figura 1.15 Curva par-velocidad de un motor de inducción

En la figura 1.15 se muestra una curva típica de par/velocidad cuando el motor es excitado con una fuente de alimentación trifásica; mientras que en la figura 1.16 se indica la curva corriente de línea-velocidad.

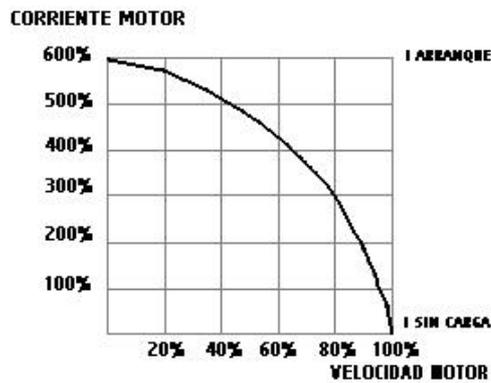


Figura 1.16 Curva corriente de línea-velocidad

1.6 CONTROL ELECTRÓNICO DE VELOCIDAD DE MOTORES DE INDUCCIÓN¹³

Durante las últimas décadas, la máquina de corriente alterna ha ido progresivamente reemplazando a la máquina de corriente continua gracias a la aparición de técnicas de control de flujo: escalar y vectorial, que las hace comparables y en muchos casos prácticamente equivalentes, desde el punto de vista de las prestaciones dinámicas a las máquinas de corriente continua. Sumado a la gran robustez, bajo costo de fabricación y casi nulo mantenimiento, ha hecho que la utilización industrial de la máquina de inducción se haya impuesto sobre la de continua.

1.6.1 Esquema genérico de un variador de frecuencia¹⁴

Los variadores de frecuencia están compuestos por:

1) Etapa rectificadora

Convierte la tensión alterna en continua mediante rectificadores de diodos o tiristores.

2) Etapa intermedia

Filtro compuesto por condensadores y/o bobinas para suavizar la tensión rectificada, reducir la emisión de armónicos y mejorar el factor de potencia. La función del circuito intermedio es alimentar al inversor y esto puede hacerlo funcionando como fuente de tensión, en cuyo caso se colocaría un condensador electrostático entre los terminales (+) y (-) para mantener constante la tensión y daría lugar a un inversor con circuito intermedio de tensión. Cuando el circuito intermedio funciona como fuente de intensidad para el inversor, se utiliza una inductancia en serie con una de sus ramas, su función es mantener constante la intensidad.

¹³ MORENO EGUILAZ Juan Manuel, "Aportaciones a la Optimización de Energía en Accionamientos Eléctricos de Motores de Inducción mediante Lógica Difusa", Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña, 1997.

¹⁴ www.varimak.com

Según la configuración que se adopte las características del inversor son distintas y condiciona cuestiones tales como: armónicos, resistencia de frenado, gama de potencias, accionamiento para un solo motor o varios a la vez, etc.

3) Inversor o "Inverter"

El inversor es un conmutador electrónico que comunica alternativamente la tensión o intensidad continua del circuito intermedio sobre las fases del motor de ca conectado a su salida. La disposición más común es el puente trifásico de Graetz y está formado por semiconductores controlables que pueden ser tiristores, GTOs (tiristores desconectables por puerta), transistores de potencia, IGBT(transistor bipolar de compuerta aislada) o MOSFET (transistor de efecto campo de óxido metálico). De los anteriores, el que más se utiliza para motores industriales de baja tensión es el IGBT.

Los equipos más modernos utilizan IGBTs inteligentes que incorporan un microprocesador que incluyen protecciones, tales como: sobrecorriente, sobretensión, baja tensión, cortocircuitos, puesta a masa del motor, sobretemperaturas, entre otras.

4) Etapa de control

Esta etapa controla los IGBTs para generar los pulsos variables de tensión y frecuencia. Además controla los parámetros externos en general. La técnica de conmutación más empleada para los interruptores de estado sólido es la modulación PWM (Modulación de Ancho de Pulso).

La frecuencia portadora de los IGBT se encuentra entre 2 a 16kHz. Una portadora con alta frecuencia reduce el ruido acústico del motor pero disminuye su rendimiento y la longitud permisible del cable hacia el motor.

Las señales de control para arranque, parada y variación de velocidad (potenciómetro o señales externas de referencia) deben estar aisladas galvánicamente para evitar daños en sensores y evitar ruidos en la etapa de control.

En la figura 1.17 se indican las etapas de un variador de frecuencia.

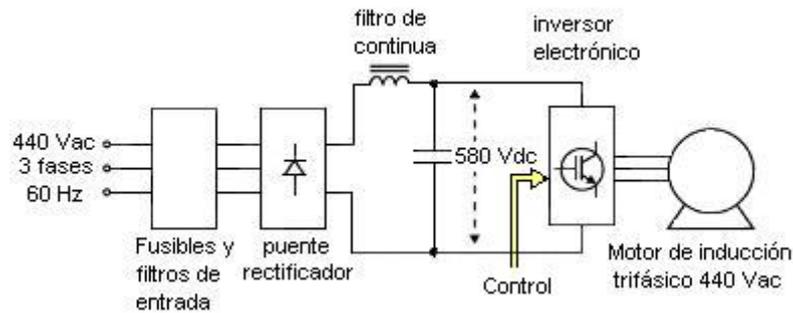


Figura 1.17 Esquema genérico de un variador de frecuencia

1.6.2 Métodos de control de velocidad de motores de inducción

1.6.2.1 Métodos de control escalares

Las técnicas de control escalar están basadas en el modelo de la máquina en régimen permanente y son empleadas en aplicaciones donde no se requiere una buena respuesta dinámica, ni un control preciso.

a) Control voltaje/frecuencia

La técnica de control escalar más utilizada es la denominada *voltaje/frecuencia (V/f)*. Esta estrategia de control se basa en mantener el flujo del motor en un valor determinado, haciendo que la relación voltaje/frecuencia de la señal de entrada al motor sea constante.

Para conseguir arranques suaves de motores de inducción mediante este método de control, se suele emplear el arranque en rampa de tensión y frecuencia. El objetivo es tratar de mantener el deslizamiento en valores relativamente bajos durante todo el arranque, de manera que, se limite la amplitud de la corriente máxima por los devanados del estator, lo cual se consigue incrementando de forma continua tanto la tensión como la frecuencia de alimentación de la máquina.

En los métodos escalares, el módulo del voltaje o intensidad del estator y su frecuencia son las variables de control. En un control con realimentación de tensión, tanto el par como el flujo del entrehierro son funciones directas del voltaje y la frecuencia. Este acoplamiento es el responsable de una mala respuesta del motor de inducción en régimen transitorio.

b) Control por deslizamiento controlado

Otra técnica de control escalar, es la denominada *control de velocidad por deslizamiento controlado*. Básicamente, esta estrategia consiste en mantener el flujo de magnetización de la máquina constante, mediante el control de la corriente de magnetización. De esta

forma, se intenta conseguir una mayor sensibilidad del par en función de la corriente del estator en toda la zona de trabajo. En régimen permanente, se consigue un control de par preciso, si bien, al igual que el control V/f , no es eficiente durante los transitorios.

1.6.2.2 Métodos de control vectoriales

Existen diversas denominaciones para el *control vectorial*, *control por orientación del campo*, *campo orientado*, *control desacoplado*, si bien el término control vectorial suele englobar una serie de técnicas más avanzadas que las escalares. El principio del método de control vectorial fue desarrollado por K. Hasse y F. Blaschke en la Universidad de Darmstadt y Braunschweig (Alemania) y en los laboratorios de Siemens AG, a finales de los años 60. Estas técnicas pueden ser clasificadas en dos grandes grupos, según el método usado para la determinación de la posición del vector del flujo rotórico: el método directo y el indirecto.

a) Control vectorial directo

Este método fue primeramente sugerido por Blaschke, para la determinación de la magnitud y de la posición del vector del flujo rotórico se realiza un sensado directo del flujo a través de bobinas exploratorias o sensores especiales, tales como los de efecto Hall, introducidas en el motor. Este método en la actualidad no se usa porque requiere modificaciones en la máquina, y los sensores se ven afectados por la temperatura y mecánicamente son frágiles.

b) Control vectorial indirecto

Hasse propuso el método indirecto, el cual no mide directamente el flujo, pero requiere un sensor de posición del rotor de alta resolución, tal como un *encoder* o *resolver*, para determinar la posición del flujo.

Otra solución que actualmente es empleada para obtener la posición del flujo del rotor, llamada *sensor less (sin sensor)*, consiste en estimarla a partir de señales aplicadas en bornes del motor: tensión y corriente del estator y la velocidad del eje del motor.

La posición del flujo se calcula a partir de la integración de la velocidad de deslizamiento y la del rotor. La velocidad de deslizamiento el rotor se estima a partir de las señales de referencia, mientras que la del eje del motor se obtiene por medición o estimación.

En 1980, en Dusseldorf, se realizó la primera demostración pública de un accionamiento de velocidad con orientación del campo, mediante el empleo de un microprocesador.

c) Control por orientación de campo universal

En 1988, D. Doncker propuso un nuevo esquema de control vectorial genérico denominado *control por orientación de campo universal (UFO)*. Este método permite alinear la referencia sincrónica a los vectores del flujo del rotor, del estator o del entrehierro.

Esta técnica, no requiere necesariamente el conocimiento del flujo del rotor para efectuar el desacoplamiento entre las componentes de par y de flujo de la corriente estática, puesto que puede funcionar con cualquier referencia sincrónica. En la teoría tradicional del control por orientación de campo, el flujo del rotor se debe estimar, dado que no se puede medir directamente. Los eventuales errores en los parámetros del modelo producen variaciones en el cálculo de la posición del flujo del rotor, discrepando con la posición real del mismo. El control universal basado en el flujo del estator y del entrehierro no requiere de métodos sofisticados de estimación de parámetros, ni indicadores basados en complejos modelos de la máquina, con lo que se obtiene un control de par preciso y relativamente robusto.

d) Control directo de par

El control directo de par (DTC), es el método de control de motores de inducción más reciente. La idea surgió en una universidad europea y posteriormente fue desarrollada por ABB (Asea Brown Boveri). Incorpora el control del convertidor dentro del algoritmo de regulación de la velocidad. La conmutación de los semiconductores de potencia se realiza directamente en base al estado electromagnético del motor. La conmutación óptima de los interruptores se realiza en cada ciclo de control, con un tiempo de ciclo de 25 μ s aproximadamente. Para ello, es preciso el cálculo del flujo de estator, mediante un modelo preciso del motor y la medida de las tensiones y corrientes del motor. No es necesaria la medida de la velocidad del motor. El motor es identificado en vacío y sus parámetros son adaptados en línea durante su funcionamiento. El control directo de par ofrece características dinámicas excelentes, con un control preciso de par, incluso a velocidad cero. Su implementación se realiza mediante DSPs (Procesadores Digitales de Señales) y circuitos integrados de aplicación específica (ASICs).

1.6.3 Principios del control vectorial de flujo

En una máquina de corriente continua (ver figura 1.18), despreciando el efecto de desmagnetización del inducido y la saturación del campo, el par puede expresarse como:

$$m_e = k_t I_t I_f \quad (2)$$

donde I_t es la componente de la corriente de inducido (o de armadura), llamada también corriente de par, e I_f es la componente de corriente de campo o también llamada componente de corriente de flujo.

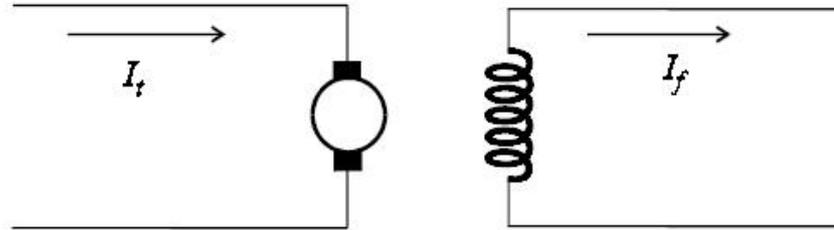


Figura 1.18 Máquina de corriente continua con excitación independiente

En una máquina de corriente continua, las variables de control I_t e I_f pueden ser considerados como vectores ortogonales sobre los ejes d - q . En funcionamiento normal, la corriente de campo I_f se impone para mantener el flujo nominal, y el par se modifica mediante la variación de la componente de la corriente de inducido I_t .

Puesto que la corriente I_f o el flujo de campo correspondiente está desacoplado con respecto a la corriente de inducido I_t , la sensibilidad del par permanece máxima tanto en régimen permanente como transitorio o dinámico. Este modo de control puede ser extendido también al motor de inducción, si el modelo de la máquina se considera en un sistema de referencia síncrono, donde las variables senoidales aparecen como magnitudes continuas.

En la figura 1.19 se muestra el motor de inducción, el inversor y el control vectorial, con dos entradas i_{ds}^* e i_{qs}^* . Estas corrientes son las componentes en el eje directo (eje d) y en el eje de cuadratura (eje q) respectivamente, de la corriente del estator, ambas referidas a un sistema de referencia síncrono.

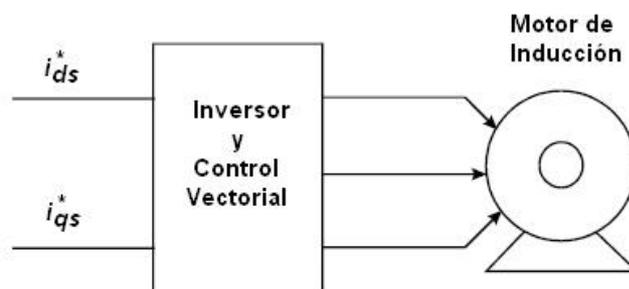


Figura 1.19 Principio del control vectorial de un motor de inducción.

En un motor de inducción, el flujo en el entrehierro gira a la velocidad síncrona. La corriente rotórica y en consecuencia el flujo inducido en el entrehierro gira alrededor del rotor a la velocidad de deslizamiento. Así, la posición angular relativa del flujo rotórico es estacionaria respecto al flujo del estator.

Se puede utilizar un sistema de referencia rotatorio a la velocidad síncrona como referencia general. Con relación a este sistema de referencia, los flujos estático y rotórico son estacionarios y su interacción produce par. Para construir este sistema de referencia, se lleva a cabo una transformación matemática lineal que permite pasar de una referencia trifásica estacionaria a un nuevo sistema de referencia con dos ejes generalmente denominados d y q, tal como muestra la figura 1.20.

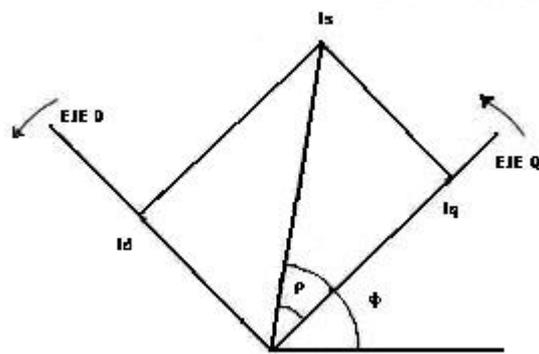


Figura 1.20 Sistema de referencia rotatorio

En el control vectorial, i_{ds} es análoga a la corriente de campo I_f e i_{qs} es equivalente a la corriente de inducido I_t de una máquina de corriente continua. Por lo tanto, el par puede ser expresado como:

$$m_e = k_T * i_{ds} * i_{qs} \quad (3)$$

Debido a que estas señales están totalmente desacopladas, se puede controlar de forma independiente y rápida el par electromagnético, actuando sobre i_{qs} , mientras la componente i_{ds} se mantiene a su valor máximo admisible. De este modo, se consigue unas óptimas prestaciones al igual que ocurre en las máquinas de corriente continua.

En la figura 1.21 se muestra el modelo matemático de un motor de inducción. La corriente del motor tiene dos componentes:

IM(t) corriente magnetizante, generadora de flujo. Esta corriente es principalmente imaginaria, esto es, inductiva. Una pequeña parte es real (resistiva), debido a las pérdidas en el hierro del estator.

$I_R(t)$ corriente de carga, generadora de par. Es principalmente real (resistiva), capaz de producir trabajo. Una pequeña parte es imaginaria (inductiva), debido a las inductancias de fugas del rotor y del estator.

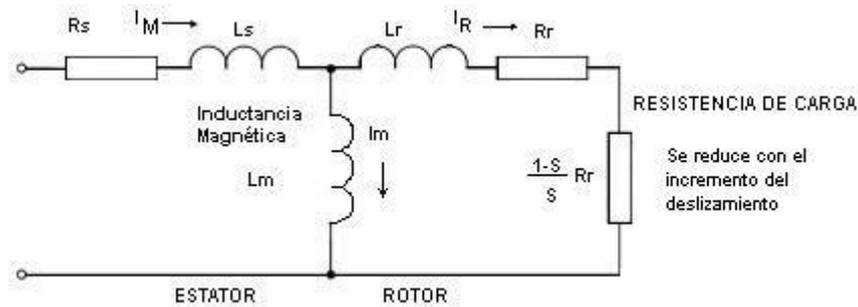


Figura 1.21 Modelo matemático de un motor de inducción

El par desarrollado por el motor puede determinarse a partir de la ecuación de Laplace:

$$F = B * I * L \quad (4)$$

donde:

F = fuerza

B = inducción magnética

I = corriente en los conductores

L = longitud del conductor

En el caso de un motor de inducción, esta fuerza (F) es aplicada sobre los conductores del rotor. B se establece a partir de la corriente magnetizante, e I (corriente de inductor) depende de la corriente generadora de par. El par resultante puede expresarse como:

$$T = K_a * I_M(t) * I_R(t) * \text{Sen}(\alpha) \quad (5)$$

Se debe señalar que las dos corrientes tienen la misma frecuencia pero no están necesariamente en cuadratura. La diferencia de fase α entre las dos corrientes difiere de 90° debido a las inductancias de fuga. El desfase empeora a bajas velocidades y cargas pesadas.

La diferencia entre el motor de cc y el motor de inducción es la siguiente: en el motor de inducción, el flujo en el entrehierro es giratorio, en tanto que para el motor de cc es fijo. Así mismo, en el motor de cc, las corrientes del inductor y de armadura circulan por devanados distintos, formando 90° en cuadratura por el colector y las escobillas. En un motor de inducción, no es posible acceder separadamente a las corrientes generadoras de par y de flujo, pues el motor sólo tiene accesible los devanados trifásicos del estator. La principal función que realiza el control vectorial para solucionar este problema es

mantener en cuadratura las componentes de magnetización y de par de la corriente estática, desacoplando ambas componentes de forma que sean controlables por separado, incluso en regímenes dinámicos severos.

El control vectorial necesita disponer de una señal de realimentación de la amplitud y la posición instantánea del flujo en el entrehierro, posibilitando el control de las dos componentes de la corriente. Algunos controles vectoriales emplean un control directo, incorporando sensores de flujo en el entrehierro para reproducir las señales requeridas. Sin embargo, este método requiere un motor especial y en consecuencia no ha tenido demasiada aceptación.

Los controladores más extendidos utilizan un *control vectorial indirecto*, en el cual la amplitud y la orientación del flujo en el entrehierro se calcula a partir de los parámetros del motor (denominado *mapa del motor*), y la posición relativa instantánea del rotor es medida mediante un encoder diferencial situado en el rotor. Para obtener respuestas rápidas, es necesario realizar complejos y tediosos cálculos en tiempo real y en alta velocidad. Esto solamente puede ser llevado a cabo en la práctica utilizando microprocesadores rápidos y potentes.

1.6.4 Diferencia entre el control escalar y el control vectorial

El funcionamiento de un motor de inducción trifásico se basa en la interacción de los campos magnéticos del rotor y del estator. El estator genera un campo en el entrehierro que gira a la velocidad síncrona. Este campo induce corrientes polifásicas en el rotor, que a su vez generan un campo magnético giratorio a la velocidad síncrona respecto al estator. Como consecuencia, de acuerdo con el principio de alineamiento de campos magnéticos, el rotor se ve sometido a un par, tendiente a alinear ambos campos. El rotor gira en la misma dirección que el campo magnético del estator.

Cuando la velocidad del rotor se aproxima a la del campo estático, la magnitud de las corrientes inducidas en el rotor disminuye. De esta forma el par aplicado al rotor disminuye, hasta que a la velocidad de sincronismo el par es nulo. Así pues, en condiciones normales de funcionamiento el rotor girará a una velocidad ligeramente inferior a la de sincronismo. La diferencia entre la velocidad del campo magnético y la del rotor se denomina deslizamiento. Cuanto mayor es el deslizamiento, mayor es el par que puede ser aplicado a la carga. Si la frecuencia de la tensión de alimentación es variable, la velocidad del campo magnético podrá ser variada y en definitiva podremos variar la velocidad del motor. Esto se lleva a cabo variando simultáneamente la tensión y la frecuencia aplicadas al motor.

Este tipo de control de motores de inducción se denomina control escalar, se utiliza cuando las especificaciones dinámicas son moderadas, siendo el funcionamiento en régimen permanente el principal objetivo, debido a que este tipo de control fija la amplitud del flujo en el motor, pero no su posición instantánea. En régimen dinámico, cualquier ajuste debe ser realizado de forma suave, pues de lo contrario se pueden producir inestabilidades indeseables. La velocidad del motor es controlada por completo mediante el ajuste de la tensión y la frecuencia de salida, y el par por ajuste del deslizamiento.

1.6.5 Síntesis de la corriente del estator

Cuando el variador funciona por debajo de la velocidad nominal, la amplitud de I_d es constante, al igual que la corriente de armadura en un motor de cc. El valor de I_q requerido puede entonces determinarse a partir de la referencia de par impuesta. A partir de estos valores, la corriente estatórica puede calcularse de la siguiente forma:

$$I = \sqrt{I_d^2 + I_q^2} \quad (6)$$

I_q es función del deslizamiento del rotor. La pulsación de deslizamiento puede ser calculada mediante la expresión:

$$\omega_s = \frac{I_q}{T_r * I_d} \quad (7)$$

donde T_r es la constante de tiempo del rotor, definida como L_r/R_r , la cual es función del diseño del motor.

Este valor de pulsación puede ser utilizado para calcular la fase instantánea de la corriente estatórica, por integración de la velocidad del rotor (ω_r) y el deslizamiento generado (ω_s).

$$\varphi = \int (\omega_r + \omega_s) dt + \theta \quad (8)$$

donde: $\theta = \tan^{-1}(I_d/I_q)$

Por combinación de todas estas ecuaciones, pueden calcularse el valor y la fase instantáneos de la corriente estatórica. La precisión de los cálculos depende de la precisión de los parámetros del motor programados en el controlador y del encoder utilizado, de manera que el ajuste correcto del controlador es muy importante si se desean buenas prestaciones.

1.7 INFLUENCIA DEL RUIDO ELECTROMAGNÉTICO EN VARIADORES DE VELOCIDAD

1.7.1 Apantallamiento

El objetivo del apantallamiento es prevenir que el equipo emita o se vea afectado por radiaciones electromagnéticas indeseables. Las tres partes principales que requieren apantallamiento son:

- **El variador.** Recuérdese que el variador es la principal fuente de interferencias. Normalmente un variador debe ir equipado con las pantallas adecuadas cuando se suministra con su armario. Sin embargo, si el variador no dispone de un armario propio y es alojado en el interior de otro distinto, deben adoptarse las medidas oportunas de apantallamiento. Esto incluye el blindaje de todos los paneles, con baja impedancia a altas frecuencias. Puede necesitarse la eliminación de la pintura para mejorar la conductividad.
- **Los cables del motor.** Es muy recomendable utilizar un cable apantallado, y es esencial para longitudes de cable superiores a 1m. Se recomienda cable tripolar con pantalla neutra, o cable de acero blindado, con la pantalla puesta a tierra en los dos extremos. No deben existir roturas en la pantalla entre el variador y el motor.
- **La carcasa del motor.** Normalmente la carcasa del motor supone una efectiva pantalla RFI, conectada con el variador a través de la pantalla de los cables del motor.

Las tres pantallas (armario, pantalla de los cables y carcasa del motor) deben unirse siempre para que formen una única pantalla.

1.7.2 Conexión a tierra

En cualquier local debe establecerse un único punto de baja impedancia a tierra, al cual se conectan todas las tierras independientes y la tierra de entrada. Sin embargo, la tierra de retorno del cable del motor debe conectarse a la tierra del variador, no a las barras de tierra del local.

En general, los objetivos esenciales de una buena puesta a tierra son:

- Asegurar que las corrientes de tierra de alta frecuencia circulan solamente por los recorridos definidos.
- Minimizar el área encerrada por estos recorridos.

- Asegurar que ningún circuito sensible comparta recorrido con estas corrientes.

La figura 1.22 muestra una buena disposición de tierras para un variador. Con referencia a un sistema de este tipo, se pueden destacar las siguientes consideraciones:

1. Utilizar cable apantallado, con la pantalla conectada a la tierra del motor y del variador.
2. Se ha establecido una conexión exclusiva entre la tierra del variador y la tierra general del local, sin que ningún otro equipo comparta la tierra del variador.
3. Asegurar de que la carcasa del motor esté conectada correctamente a la tierra del variador, mediante cable apantallado. Si no fuera así, la carcasa del motor puede convertirse en una fuente de RFI¹⁵, por acoplamiento capacitivo entre las masas metálicas y la instalación de tierra.
4. No instalar equipos sensibles a menos de 300 mm del variador y los cables de entrada y salida.
5. La conexión "0V" del sistema de control debe estar conectada a tierra en un sólo punto.
6. Es de destacar que aparece un filtro extra en la entrada del variador. Si el variador no se suministra con el filtro de entrada adecuado, este filtro puede resultar necesario.

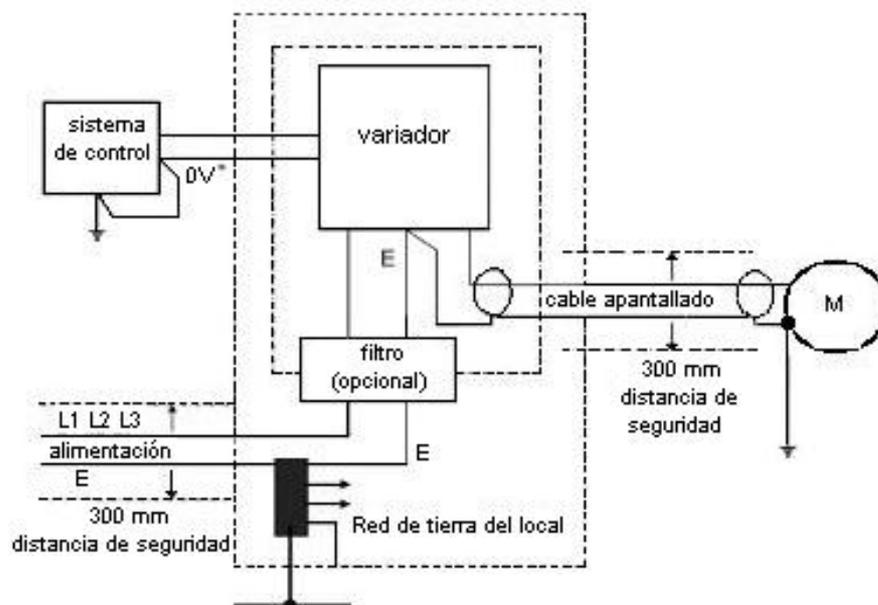


Figura 1.22 Estructura de las tierras para un variador

¹⁵ RFI: Interferencias de Radio Frecuencia

1.8 CONTROLADORES DE TEMPERATURA

Para el control específico de ciertas variables como: temperatura, humedad, llama de un caldero, etc. se utilizan controladores específicos. También existen en el mercado los denominados *controladores de proceso*, que son unidades electrónicas digitales que permiten el control de una variable analógica, para lo cual se provee de entradas y salidas analógicas estandarizadas por corriente o voltaje (generalmente dos: una principal y otra auxiliar) y una interfase de comunicación para *engancharse* a una red de campo. Este tipo de dispositivo forma parte de un esquema de control llamado *DCS (Distributed Control System)*, cuyo objetivo es repartir las acciones de control en diferentes unidades para evitar sobrecargar a una sola CPU.

Para la variable física temperatura, existe una amplia gama de controladores de temperatura, que incluye para las entradas, etapas de acondicionamiento para los sensores clásicos de temperatura, como son las termocuplas, que requieren entre otras: amplificación, compensación de la junta fría, limitación, filtros. Además se provee acondicionamiento para la conexión directa de RTD's.

Es decir que este tipo de controladores, permite conectar los sensores de forma totalmente transparente.

La aplicación de nuevos paradigmas matemáticos en el control clásico de procesos ha sido insertado en estos controladores, como es el caso de algoritmos de lógica difusa para la auto-sintonización de los mismos, logrando reducir el tiempo que conllevaría efectuar este proceso utilizando algún método tradicional, como el de Ziegler-Nichols, Coheen-Coon, curva de reacción, entre otros.

En la figura 1.23 se muestra un modelo de controlador de temperatura.



Figura 1.23 Controlador de temperatura Autonics TZ4ST

1.8.1 Funciones típicas de los controladores de temperatura

Las funciones típicas de un controlador de temperatura son:

- **Operación AUTO TUNING**

La función Auto Tuning PID obtiene las características térmicas y respuesta del objeto de control y calcula las constantes del lazo de control PID requeridas para un control óptimo de temperatura, a través de un algoritmo interno basado en un criterio de sintonización. En la figura 1.24 se presenta el panel frontal del controlador.

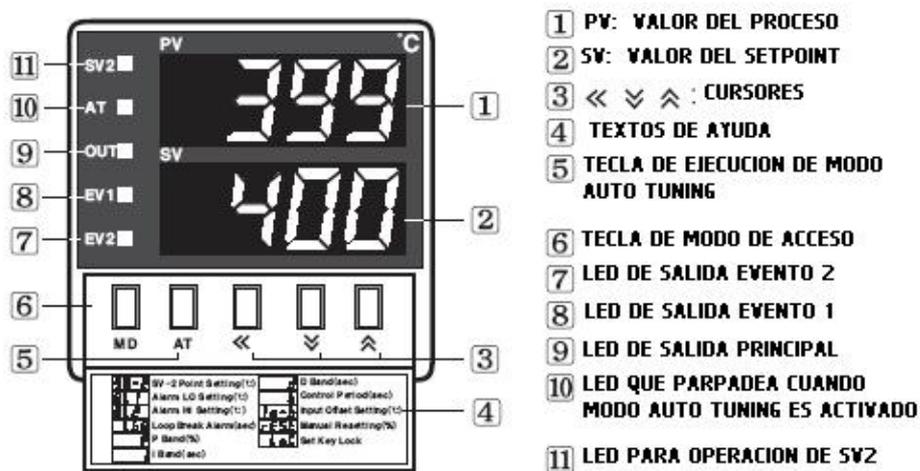


Figura 1.24 Panel frontal del controlador Autonics TZ4ST

Existen dos modos de funcionamiento en Auto Tuning:

- 1) Modo Tun 1. La operación Auto Tuning es ejecutada cuando el valor del proceso (PV) alcanza por primera vez el valor ajustado (SV). Figura 1.25.
- 2) Modo Tun 2. La operación Auto Tuning se ejecuta cuando el valor del proceso alcanza el 70% el valor ajustado. Figura 1.26.

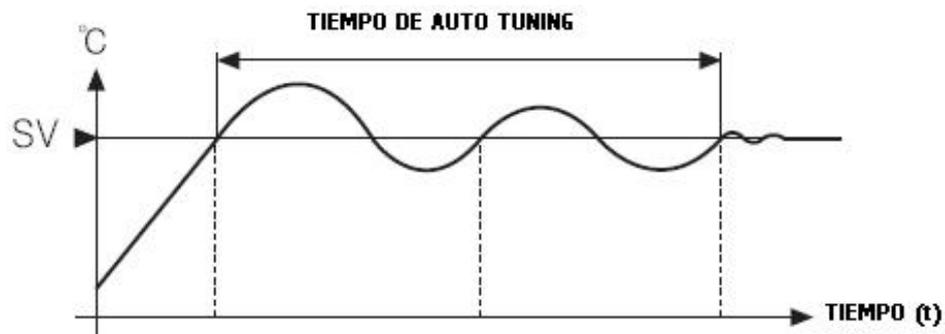


Figura 1.25 Modo de operación Auto Tuning Tun 1

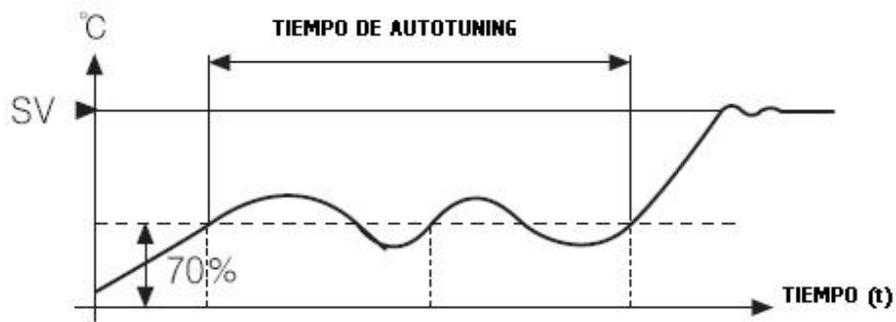


Figura 1.26 Modos de operación Auto Tuning Tun 2

- **Función LOOP BREAK ALARM (LBA)**

La función LBA permite diagnosticar una temperatura anormal del sistema de control. Si la temperatura del objeto de control no varía en $\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante el tiempo configurado en el modo LBA, entonces esta salida se activa. Por ejemplo: Cuando el valor ajustado (SV) es de 300°C y el valor del proceso (PV) es de 50°C ; por lo tanto el controlador envía la señal de salida al 100%. Si durante un tiempo ajustado para el modo LBA, SV no varía, entonces el controlador reconoce que el actuador (calentador) está en circuito abierto, activándose en consecuencia la alarma LBA.

Generalmente, el rango de tiempo de la salida LBA es de 1 a 999 segundos. Si la respuesta térmica del objeto de control es baja, el valor configurado para LBA debe estar en la zona de tiempos altos. La salida LBA se enciende cuando la variable manipulada del controlador está en 0% y 100%. Este modo funciona solo cuando la salida es de tipo PWM y no cuando la salida está acondicionada como una señal analógica de corriente.

Las causas para que se active la salida LBA, puede ser:

- Cortocircuito o circuito abierto del sensor de temperatura.
- Condición anormal del equipo (conductores, salida de los relés, etc.).
- Condición anormal de la carga (actuadores: calentadores, ventiladores, sistemas de refrigeración).
- Cableado incorrecto o circuito abierto de otros cables.

- **Función SENSOR BREAK ALARM (SBA)**

Esta función activa una salida auxiliar, generalmente tipo relé, cuando la línea del sensor se encuentra en circuito abierto. Si la salida SBA se enciende por problemas en la línea del sensor y si la salida principal no se activa aun cuando se ha conectado el sensor correctamente, se debe resetear completamente al controlador.

- **Función de control DUAL PID**

Cuando se controla temperatura, hay dos tipos de control. El primero está basado en minimizar el tiempo en el cual el valor del proceso (PV) alcanza el valor ajustado (SV) y se estabiliza, se le conoce como PIDF (PID Fast) tal como se indica en la figura 1.27. Este modo es aplicado en máquinas o procesos que requieren una alta velocidad de respuesta.

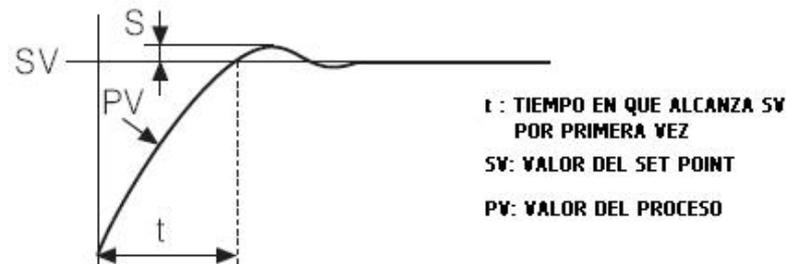


Figura 1.27 Modo de control PIDF

En cambio el segundo tipo de control, llamado PIDS (PID Slow) minimiza el sobreimpulso del valor del proceso (PV) con respecto al valor ajustado (SV). Este tipo de control se utiliza en máquinas o procesos donde se requiere un sobreimpulso mínimo. Ver figura 1.28.

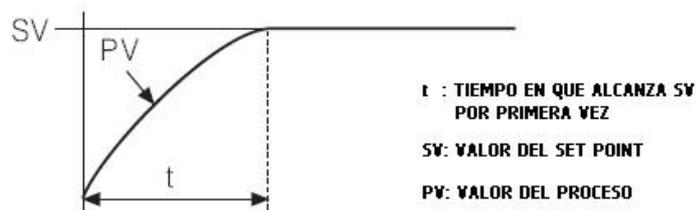


Figura 1.28 Modo de control PIDS

- **Función de salida auxiliar SUB OUTPUT**

La gran mayoría de controladores de temperatura, ofrecen salidas auxiliares que también podrían usarse como salida de control principal. Sin embargo, su finalidad es utilizarlo como una salida discreta para las diferentes clases de alarmas.

- **Salida de control**

Existen tres clases de salida de control, misma que debe ser seleccionada en la etapa de diseño, de acuerdo a las características del proceso, y son: tipo relé, SSR (Solid State Relay), salida de corriente de 4 a 20 mA.

- **Función rampa**

Esta función permite retardar el tiempo de rizado de la pendiente ascendente y descendente de la temperatura del proceso (PV), cuando existe un cambio (escalón) en

la referencia SV. Estos tiempos se pueden seleccionar independiente de 1 a 99 minutos, a través de las variables rAPU y rAPD, respectivamente. Sin embargo, este tiempo por ningún motivo debe ser menor al tiempo de rizado (t_r). Esta función es útil, en procesos que no toleran cambios bruscos de temperatura. En las siguientes figuras 1.29 y 1.30 se aclara esta función.

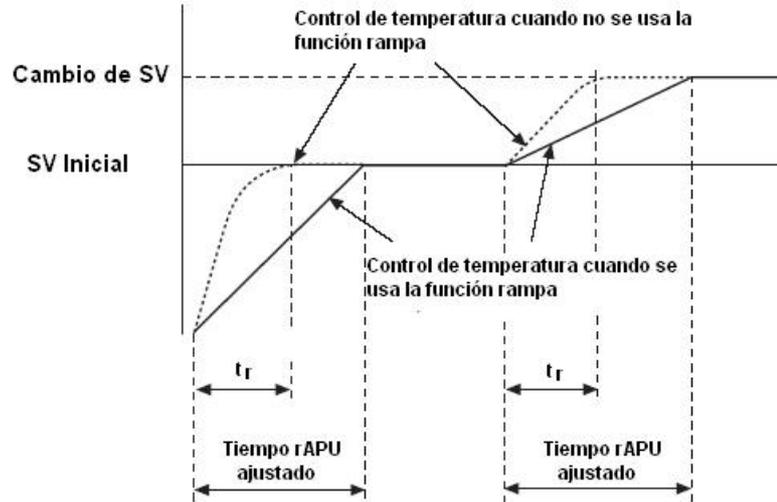


Figura 1.29 Función del tiempo de rampa ascendente (rAPU)

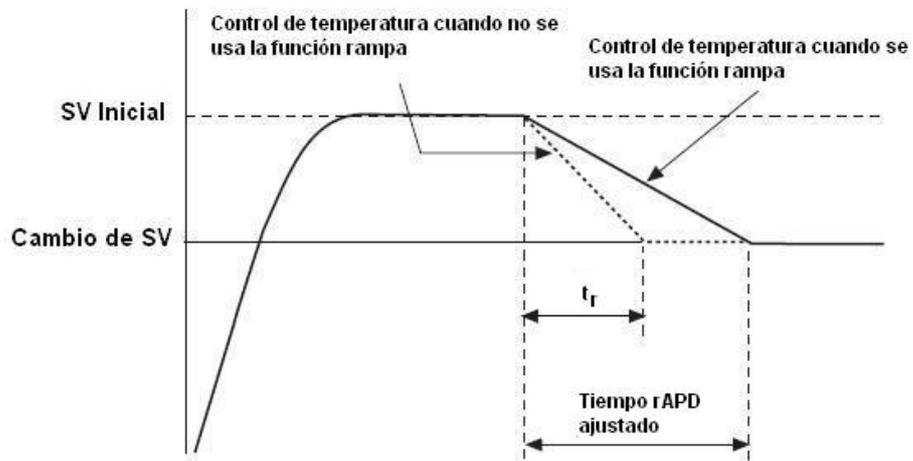


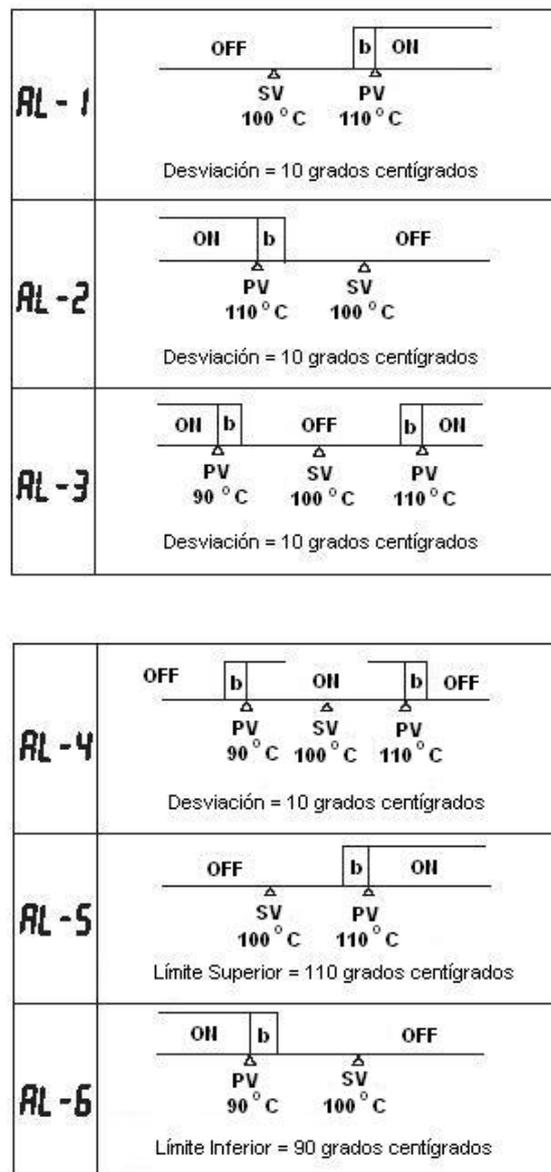
Figura 1.30 Función del tiempo de rampa descendente (rAPD)

1.8.2 Tipos de alarmas

Los controladores de temperatura, generalmente disponen de seis tipos de alarmas (ver figura 1.31), cuyas funciones son:

1. Desviación alta.- Se activa cuando el valor de la desviación en grados de temperatura entre el valor del proceso (PV) y el valor de referencia (SV) es mayor que el configurado en el controlador.

2. Desviación baja.- Si la desviación entre PV y SV es menor que la desviación configurada en el controlador, entonces la alarma se activa.
3. Desviación alta/baja.- Es una combinación de los dos tipos anteriores, activándose la alarma cuando la desviación entre PV y SV es mayor o menor a la configurada.
4. Desviación alta/baja reversa.- La salida de este tipo de alarma es la negación de la alarma anterior.
5. Límite alto.- Si el valor de PV es mayor o igual que el valor de SV, la alarma se activa.
6. Límite bajo.- Esta alarma se activa cuando el valor de PV es menor o igual que SV.



b = zona de histéresis

Figura 1.31 Tipos de alarmas de los controladores de temperatura

1.9 SENSORES Y TRANSDUCTORES

Se entiende por *transductor* aquel dispositivo que recibe una señal de entrada función de una o más cantidades físicas y la convierten modificada o no a una señal de salida. En efecto, este es un término general empleado en instrumentación para indicar que existe una transformación de una señal. Con fines de medición y/o control, la salida debe ser eléctrica.

En cuanto a la definición de *sensor*, existen múltiples criterios, y tratar de buscar una o varias diferencias entre transductor y sensor es vano e innecesario. Sin embargo, para el presente proyecto se toma como definición de sensor, a aquel transductor que convierte la señal de entrada en una señal de salida eléctrica y que facilita su medida

Algunos sensores electrónicos son: termistor, termopar, galga extensiométrico, fotodiodo, etc. Por lo general la señal de salida de estos sensores no es apta para su procesamiento, por lo que se usa un circuito de acondicionamiento, como por ejemplo un puente de Wheatstone, y amplificadores que adaptan la señal a los niveles apropiados para el resto de la circuitería.¹⁶

Existen dos tipos de sensores: analógicos y discretos. Los sensores analógicos son aquellos que entregan una salida continua en todo el campo de medida. Las señales de los sensores son acondicionadas generalmente en niveles de corriente continua de 4 a 20 mA o de tensión de 0 a 10 Vdc. En este grupo se encuentran los termopares, termistores, RTD's.

1.9.1 Sensores analógicos

1.9.1.1 Termopares¹⁷

Un *termopar* o *termocupla* es un par de alambres de metales diferentes unidos en dos juntas o uniones llamadas: unión caliente, debido a que a través de aquella se somete a las temperaturas de medición (generalmente mayores a la temperatura ambiente), y la unión fría que en la mayoría de ocasiones se somete a la temperatura ambiente. En esta configuración se crea un voltaje neto en la malla, que es proporcional a la diferencia entre las dos temperaturas de las uniones.

¹⁶ <http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>

¹⁷ Maloney Timothy J., "Electrónica Industrial Moderna", Tercera Edición, Prentice-Hall Hispanoamericana S.A., México, 1997

En su implementación práctica, los alambres están soldados en un extremo, y terminan en una clavija en el otro, tal como se indica en la figura 1.32.



Figura 1.32 Aspecto físico de un termopar

La lista de los materiales empleados como alambres, puede extenderse indefinidamente. Sin embargo, se han estandarizado unas pocas combinaciones. Para distinguirlas, se menciona los materiales empleados, así por ejemplo, una termocupla de Cromel-Alumel (tipo K).

En un circuito termopar se produce un pequeño voltaje en cada unión de los metales distintos, debido al *efecto Seebeck*. La constante de proporcionalidad entre el voltaje y la temperatura depende de los metales en uso. Entre los tipos de termopares más utilizados a nivel industrial, se tiene:¹⁸

Los tipos E, J, K, y T son termopares de base metálica y se pueden utilizar hasta por encima de 1000 °C, mientras que los tipos S, R, y B se denominan termopares nobles por poseer platino como elemento básico y se pueden utilizar hasta por encima de 2000 °C.

Termopar tipo T (Cu- Constantán)

Termoelemento positivo: Cu 100%

Termoelemento negativo: Cu 55%, Ni 45%

Rango de utilización: -270 °C a 400 °C

F.E.M. producida: -6,258 mV a 20,872 mV

Características: Puede utilizarse en atmósferas inertes, oxidables o reductoras. Gracias a la gran homogeneidad con que el cobre puede ser procesado, se obtiene una buena precisión. En temperaturas superiores a 300 °C, la oxidación del cobre se torna muy intensa, lo que reduce su vida útil y ocasiona desvíos en la curva de respuesta original.

¹⁸ <http://materiales.eia.edu.co/ciencia%20de%20los%20materiales/articulo-termopares.htm>

Termopar tipo J (Fe- Constantán)

Termoelemento positivo: Fe 99,5%

Termoelemento negativo: Cu 55%, Ni 45%

Rango de utilización: -210 °C a 760 °C

F.E.M. producida: -8,096 mV a 42,919 mV

Características: Puede utilizarse en atmósferas neutras, oxidables o reductoras. No se recomienda en atmósferas muy húmedas y a bajas temperaturas el termoelemento positivo se vuelve quebradizo. Por encima de 540 °C el hierro se oxida rápidamente. No se recomienda en atmósferas sulfurosas por encima de 500 °C.

Termopar tipo E (Cr- Constantán)

Termoelemento positivo: Ni 90%, Cr 10%

Termoelemento negativo: Cu 55%, Ni 45%

Rango de utilización: -270 °C a 1000 °C

F.E.M. producida: -9,835 mV a 76,373 mV

Características: Puede utilizarse en atmósferas oxidables, inertes o al vacío, no debe utilizarse en atmósferas alternadamente oxidables y reductoras. Dentro de los termopares a menudo utilizados, es el que posee mayor potencia termoeléctrica, bastante conveniente cuando se desea detectar pequeñas variaciones de temperatura.

Termopar tipo K (Cr- Constantán)

Termoelemento positivo: Ni 90%, Cr 10%

Termoelemento negativo: Ni 95%, Mn 2%, Si 1%, Al 2%

Rango de utilización: -270 °C a 1200 °C

F.E.M. producida: -6,458 mV a 48,838 mV

Características: Puede utilizarse en atmósferas inertes y oxidables. Por su alta resistencia a la oxidación se utiliza en temperaturas superiores a 600 °C y en algunas ocasiones en temperaturas por debajo de 0 °C. No debe utilizarse en atmósferas reductoras y sulfurosas. En temperaturas muy altas y atmósferas pobres en oxígeno ocurre una difusión del cromo, lo que ocasiona grandes desvíos de la curva de respuesta del termopar. Este último efecto se llama "green - root".

Termopar tipo N (Nicrosil - Nisil)

Termoelemento positivo: Ni 84,4%, Cr 14,2%, Si 1,4%

Termoelemento negativo: Ni 95,45% Si 4,40%, Mg 0,15%

Rango de utilización: -270 °C a 1300 °C

F.E.M. producida: -4,345 mV a 47,513 mV

Características: Este nuevo tipo de termopar es un sustituto del termopar tipo K que posee una resistencia a la oxidación superior a éste. En muchos casos también es un sustituto de los termopares basados en platino a raíz de su temperatura máxima de utilización. Se recomienda para atmósferas oxidables, inertes o pobres en oxígeno, ya que no sufre el efecto "green - root". No debe exponerse a atmósferas sulfurosas.

Termopar tipo S

Termoelemento positivo: Pt 90%, Rh 10%

Termoelemento negativo: Pt 100%

Rango de utilización: -50 °C a 1768 °C

F.E.M. producida: -0,236 mV a 18,693 mV

Características: Puede utilizarse en atmósferas inertes y oxidables, presenta estabilidad a lo largo del tiempo en temperaturas elevadas, superiores a las de los termopares no constituidos de platino. Sus termoelementos no deben exponerse a atmósferas reductoras o con vapores metálicos. Nunca deben insertarse directamente en tubos de protección metálicos, pero sí en tubos con protección de cerámica. Fabricado con alúmina (Al_2O_3) de alto contenido de pureza. Para temperaturas superiores a 1500 °C se utilizan tubos de protección de platino. No se recomienda el uso de los termopares de platino en temperaturas abajo de 0 °C debido a la inestabilidad en la respuesta del sensor. En temperaturas por encima de 1400 °C ocurre crecimiento de granulaciones que los dejan quebradizos.

Termopar tipo R

Termoelemento positivo: Pt 87%, Rh 13%

Termoelemento negativo: Pt 100%

Rango de utilización: -50 °C a 1768 °C

F.E.M. producida: -0,226 mV a 21,101 mV

Características: Posee las mismas características del termopar tipo "S", aunque en algunos casos es preferible el tipo "R" por tener una potencia termoeléctrica mayor en un 11 %.

Termopar tipo B

Termoelemento positivo: Pt 70,4%, Rh 29,6%

Termoelemento negativo: Pt 93,9%, Rh 6,1%

Rango de utilización: 0 °C a 1820 °C

F.E.M. producida: 0,000 mV a 13820 mV

Características: Puede ser utilizado en atmósferas oxidables, inertes y por un corto espacio de tiempo en el vacío. Normalmente se utiliza en temperaturas superiores a 1400 °C, por presentar menor difusión de rodios que los tipos S y R. A temperaturas abajo de los 50 °C la fuerza electromotriz termoeléctrica generada es muy pequeña.

En la figura 1.33 se muestra las curvas de tensión versus temperatura para los diferentes tipos de termopares.

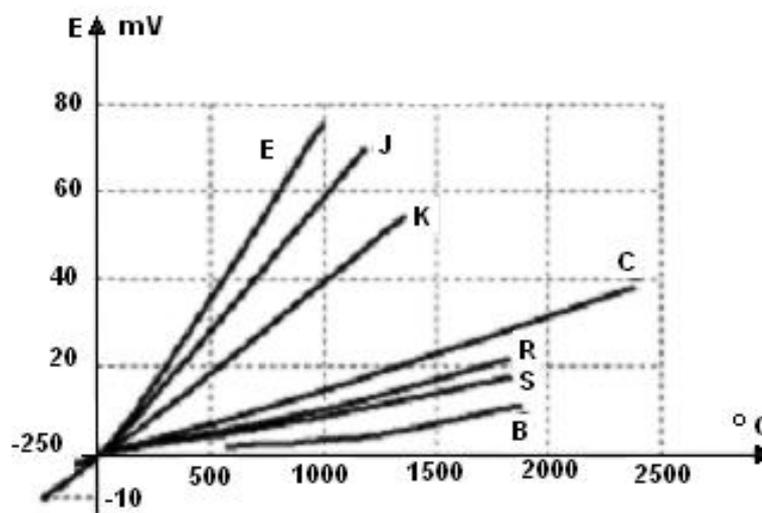


Figura 1.33 Curvas tensión vs. temperatura para los termopares

Con la finalidad de establecer uniformidad en la designación de los termopares y cables de extensión, ANSI (American National Standards Institute) ha definido en la norma MC96.1-1992 un código de colores para identificar el tipo y la polaridad de cada termopar¹⁹. Ver la figura 1.34.

¹⁹ www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-02-07-TC.pdf

Código ANSI	Combinación de la aleación		Código de color	
	+	-	Termopar	Extensión
E	Cromel níquel - cromo Ni-Cr	Constantan cobre - níquel Cu-Ni		
J	hierro Fe	Constantan cobre - níquel Cu-Ni		
T	cobre Cu	Constantan cobre - níquel Cu-Ni		
K	Cromel níquel - cromo Ni-Cr	Alumel níquel - aluminio Ni-Al		
N	Nicrosil níquel - cromo - silicio Ni-Cr-Si	Nisil níquel - silicio - magnesio Ni-Si-Mg		
R	platino - 13% rodio Pt-13% Rh	platino Pt	No establecido	
S	platino - 10% rodio Pt-10% Rh	platino Pt	No establecido	
B	platino - 30% rodio Pt-30% Rh	platino - 6% rodio Pt-6% Rh	No establecido	

Figura 1.34 Código de colores de los termopares

Ventajas:

- Bajo costo.
- No hay piezas móviles, menos probabilidad de romperse.
- Amplia gama de temperaturas.
- Tiempo de reacción razonablemente corto.
- Capacidad de repetición y exactitud razonables.

Desventajas:

- La sensibilidad es baja, generalmente $50 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ o menos. Este problema se puede mejorar (pero no eliminar) por una mejor señal filtrada, blindando, y por la conversión de análogo a digital.
- Generalmente la exactitud no es mejor que $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Requiere una temperatura de referencia, generalmente la del hielo (0°C). Por otra parte, los termopares modernos confían en una referencia generada eléctricamente.

Esquemas de Montaje:

- Montaje con unión de referencia, utilizado solo con fines de calibración.
- Montaje con compensación de juntura fría.
- Montaje en paralelo: permite obtener la temperatura promedio de una zona, también permite el funcionamiento parcial del sistema aunque falle alguno de ellos.
- Montaje en oposición: Mide la diferencia de temperatura entre dos puntos.

1.9.1.2 RTDs²⁰

La medida de temperatura utilizando sondas de resistencia depende de las características de resistencia en función de la temperatura que son propias del elemento de detección.

El elemento consiste usualmente en un arrollamiento de hilo muy fino del conductor adecuado bobinado entre capas de material aislante y protegido con un revestimiento de vidrio o de cerámica.

El material que forma el conductor se caracteriza por el llamado "*coeficiente de temperatura de resistencia*", que expresa, a una temperatura especificada, la variación de la resistencia en ohmios del conductor por cada grado que cambia su temperatura.

La relación entre estos factores se indica en la siguiente ecuación:

$$R_t = R_0(1 + \alpha \Delta t) \quad (9)$$

Donde:

R_0 = Resistencia en ohmios a la temperatura de referencia

R_t = Resistencia en ohmios a t °C

α = Coeficiente de temperatura de la resistencia

Δt = Variación de temperatura ($t - t_{ref}$)

El detector *de temperatura de resistencia (RTD)* se basa en el principio según el cual la resistencia de todos los metales depende de la temperatura. La elección del platino en los RTD de la máxima calidad permite realizar medidas más exactas y estables hasta una temperatura de aproximadamente 500 °C. Los RTD más económicos utilizan níquel o aleaciones de níquel, pero no son tan estables ni lineales como los que emplean platino. En cuanto a las desventajas, el platino encarece los RTD, y otro inconveniente es el autocalentamiento. Para medir la resistencia hay que aplicar una corriente, la misma que, produce una cantidad de calor que distorsiona los resultados de la medida.

²⁰ OMRON, "Controladores y DPM's", Diapositivas Procontic, 2005.

Una tercera desventaja, que afecta al uso de este dispositivo para medir la temperatura, es la resistencia de los RTD. Al ser tan baja, la resistencia de los hilos conductores que conectan el RTD puede provocar errores importantes. En la denominada técnica de dos hilos (Ver figura 1.35), la resistencia se mide en los terminales del sistema de adquisición de datos, por lo que la resistencia de los hilos forma parte de la cantidad desconocida que se pretende medir. Por el contrario, la técnica de cuatro hilos (Ver figura 1.36) mide la resistencia en los terminales del RTD, con lo cual la resistencia de los hilos queda eliminada de la medida. La contrapartida es que se necesita el doble de cables y canales de adquisición de datos. La técnica de tres hilos ofrece una solución intermedia que elimina un cable, pero no es tan precisa.

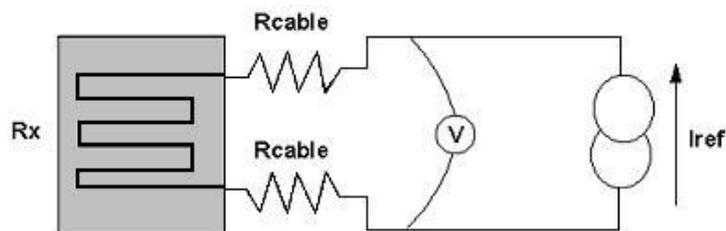


Figura 1.35 Medición a dos hilos con un RTD

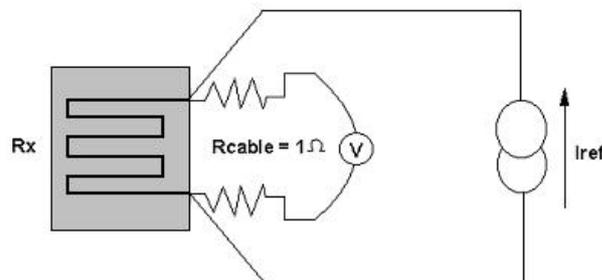


Figura 1.36 Medición a cuatro hilos con un RTD

1.9.2 Sensores discretos

Los sensores discretos, llamados también detectores, cumplen la función de detección de uno o varios niveles específicos del campo de medida, generando señales binarias de presencia-ausencia, en niveles de tensión dc ó ac. En este grupo se encuentran la gama de sensores inductivos, fotoeléctricos, capacitivos, encoders, ultrasónicos, magnéticos, láser, finales de carrera, entre otros. Los detectores electrónicos están desplazando a los clásicos finales de carrera y todo dispositivo electrónico, por la condición esencial de realizar la detección sin contacto físico con la variable del proceso. Son ventajas adicionales las siguientes:

- Confiables. Sin partes móviles.
- Variedad de capacidades de medición.
- Variedad de características de diseño.
- Mayor repetibilidad.
- Mayor precisión.

En el presente proyecto de automatización industrial, los sensores más utilizados y que se hará referencia son los sensores inductivos, fotoeléctricos, termopares y RTDs.

1.9.2.1 Sensores inductivos²¹

El principio de funcionamiento de los sensores de proximidad inductivos se basa en la interacción de conductores metálicos con su campo alterno electromagnético. Dentro del material atenuador metálico se inducen corrientes de Foucault que extraen energía del campo y de este modo reducen la altura de la amplitud de oscilación. Esta variación se evalúa en el elemento sensor. Los elementos de un sensor inductivo se muestran en la figura 1.37. En la figura 1.38 se indica la forma de onda de las señales internas de un sensor inductivo.

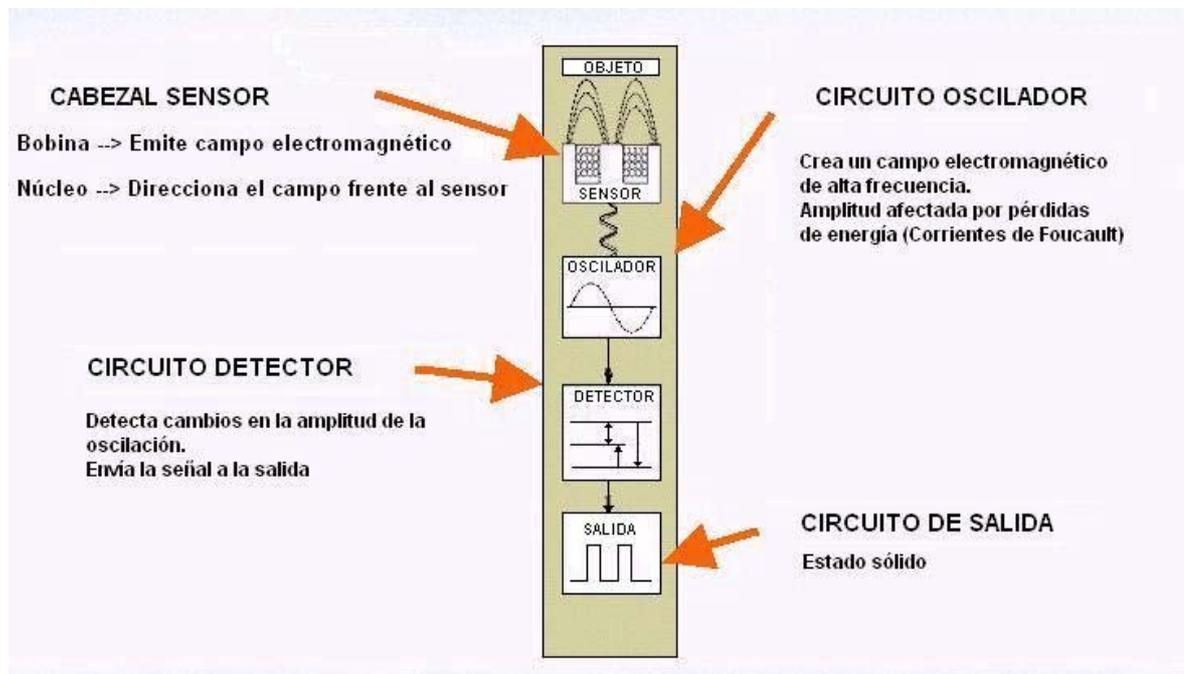


Figura 1.37 Elementos de un sensor de proximidad inductivo

²¹ OMRON, "Sensores Inductivos, Capacitivos y Fotoeléctricos", Diapositivas Procontic, 2005

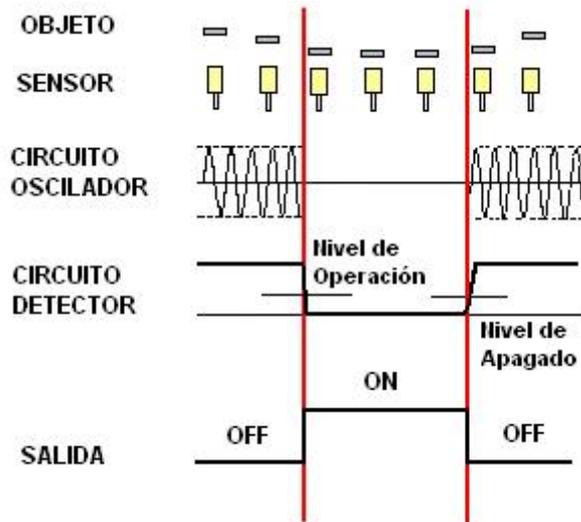


Figura 1.38 Señales eléctricas internas en un sensor inductivo

Existen dos tipos de sensores inductivos: blindados y no blindados.

Los blindados (Ver figura 1.39) tienen un agregado al núcleo y un blindaje metálico que limita el campo magnético al frente del sensor. Tienen las siguientes características:

- Enrasables.
- Especial para posicionamiento
- Distancias más Cortas
- Sensado limitado al frente del sensor

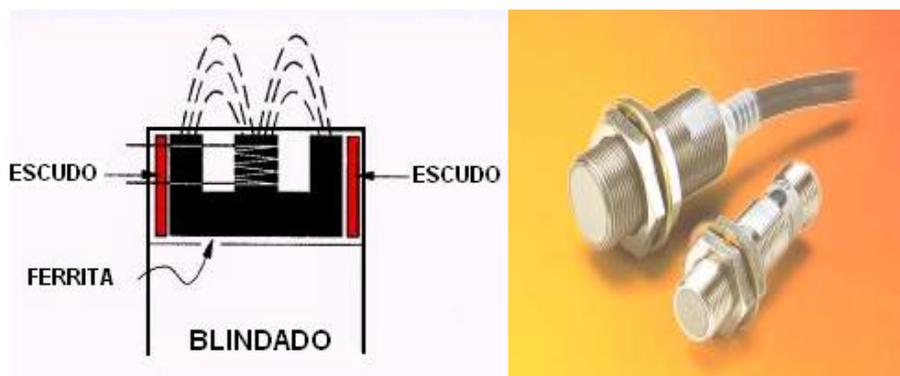


Figura 1.39 Sensor inductivo blindado

En cambio, los sensores no blindados (Ver figura 1.40) no tienen blindaje extra, resultando en un área de sensado mayor. Las principales características son:

- No enrasables.
- Detección de presencia.
- Distancias de sensado mayores a los blindados.

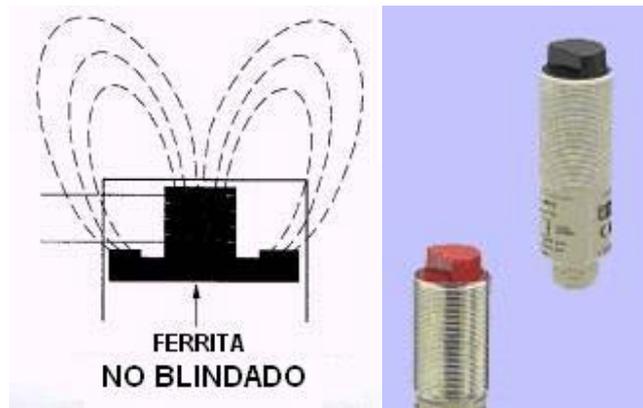


Figura 1.40 Sensor inductivo no blindado

La distancia de detección de un sensor inductivo depende del tipo de metal a sensor. Se puede detectar a mayor distancia cuando se trata de metales ferromagnéticos y una menor distancia con metales no ferromagnéticos, tal como el aluminio (Ver figura 1.41).

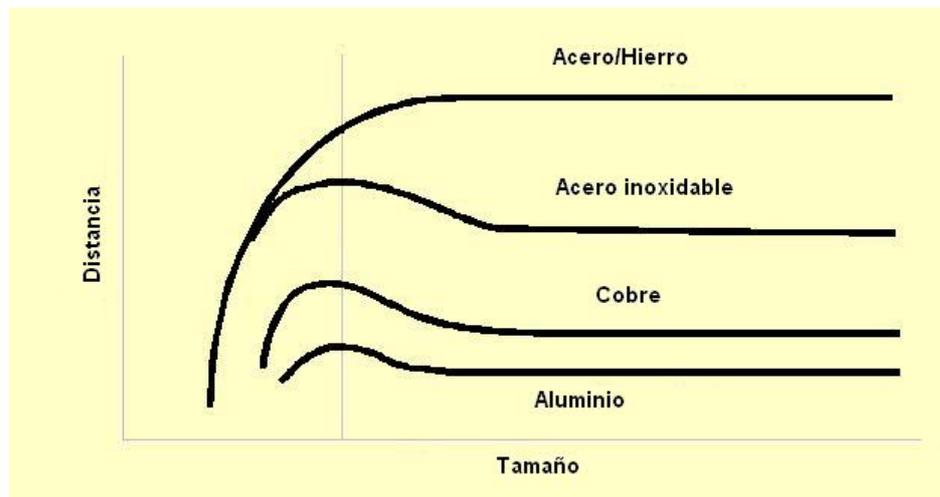


Figura 1.41 Respuesta distancia vs material de un sensor inductivo

En general todo sensor discreto, tiene los siguientes tipos de salida:

1) Transistor

La salida tipo transistor ofrece salidas con niveles más seguros y confiables que los de tipo SCR; tienen velocidades de respuesta comprendidos entre 0.050 ms a 1 ms; corrientes de 100 a 200 mA; conexión directa a equipos electrónicos (PLCs); a esto se suma que los cableados en DC resultan más baratos y más densos. Dentro de esta clasificación, se tiene las siguientes opciones:

a) DC 3 hilos (transistor)

- NPN (Positivo Común)

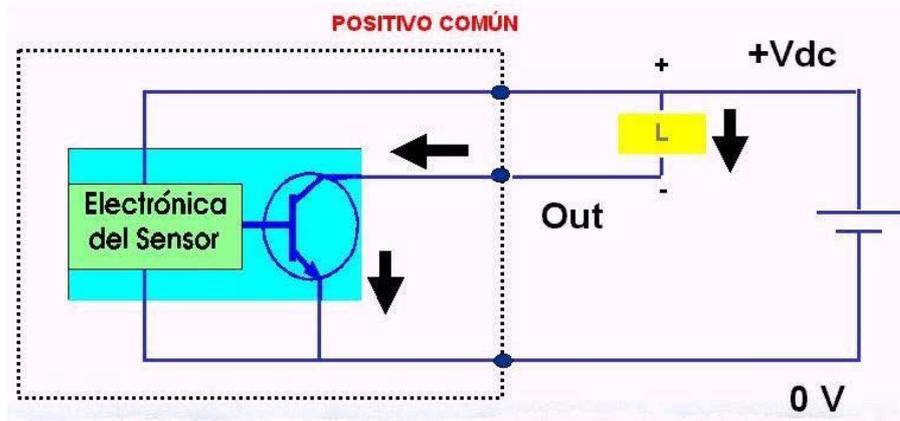


Figura 1.42 Salida NPN

b) PNP (Negativo Común)

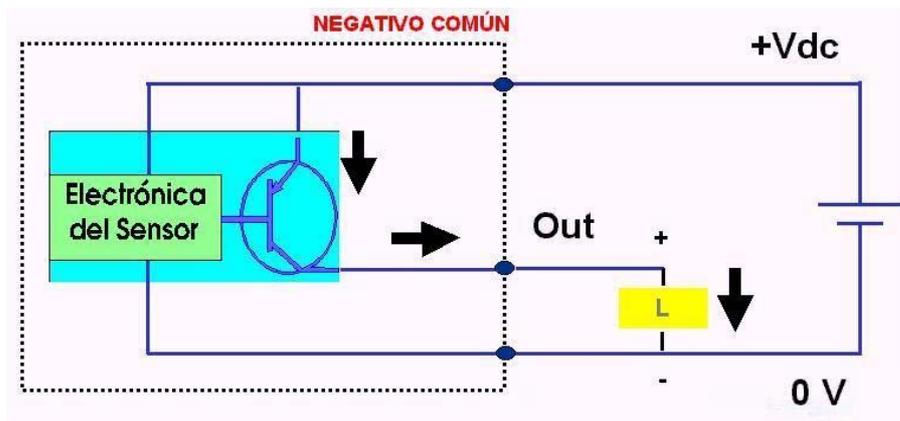


Figura 1.43 Salida PNP

c) DC 2 hilos (transistor)

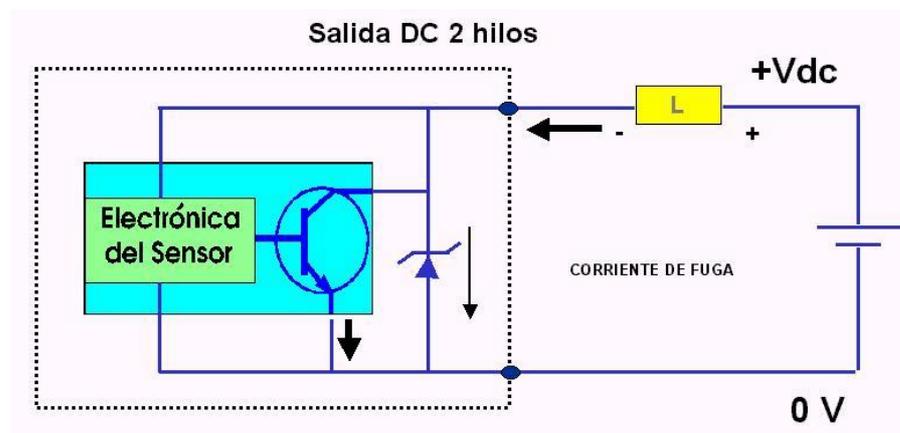


Figura 1.44 Salida DC 2 hilos

2) SCR (AC 2 hilos)

La salida tipo SCR permite el manejo de cargas en AC; maneja corrientes de hasta 1A; velocidades de respuesta de 1.5 ms; genera corrientes de pérdida; requieren de una corriente mínima de operación; los picos y transitorios de la red pueden energizar la salida.

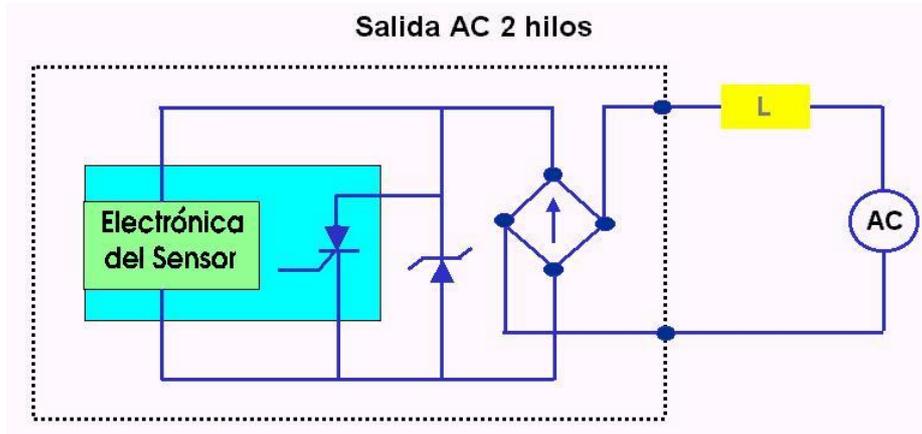


Figura 1.45 Salida AC 2 hilos

3) Relé

Los sensores con salida tipo de relé pueden ser reemplazables, la salida a contacto seco soporta cargas en AC ó DC, sin embargo la velocidad de respuesta es más lenta que los anteriores, típica de 15 ms. Las corrientes de utilización pueden ser hasta 2A. Generalmente se emplean en aplicaciones con tensiones no estándares.

En síntesis, los parámetros especificados para los sensores inductivos son:

- Tamaño M8, M12, M18, M30 o especiales.
- Cableado o con conector. 2 ó 3 hilos.
- Blindado o Sin Blindar.
- Tipo de Material del Cuerpo y Resina del Elemento Sensor.
- Normal Abierto – Normal Cerrado.
- Tipo de Salida. Corriente Máxima.
- Distancia de Detección.
- Diferencia en Recorrido Horizontal (Differential Travel) – 2% aprox de distancia de detección.
- Frecuencia de Trabajo.
- Protecciones.

En las figuras 1.46 a), b) y c) se ilustran algunas aplicaciones de los sensores inductivos.

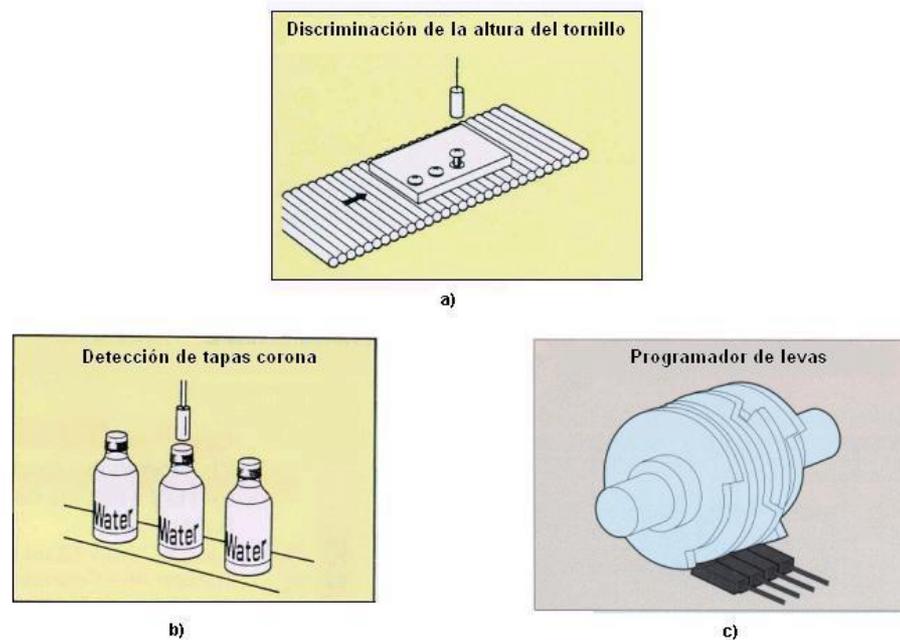


Figura 1.46 Aplicación de los sensores inductivos

a) Detección de piezas internas de máquinas b) Detección directa de objetos c) Programador de levas

1.9.2.2 Sensores fotoeléctricos²²

Los sensores fotoeléctricos están basados en la emisión de un haz de luz, que puede provenir de un LED rojo, verde o azul; un infrarrojo o de una fuente de luz láser. El haz de luz es captado por un transductor sensible a la luz: fotodiodo o fototransistor; de modo que la presencia de un objeto entre el emisor y receptor de luz, es detectada en un determinado nivel eléctrico de presencia o ausencia (Ver la figura 1.47).

La salida de los sensores fotoeléctricos tiene dos modos de activación:

- a) Light ON: La salida se energiza cuando hay luz.
- b) Dark ON: La salida se energiza cuando no hay luz

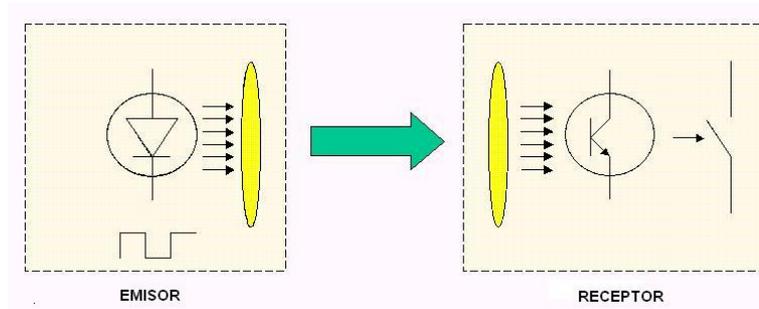


Figura 1.47 Principio de funcionamiento de los sensores fotoeléctricos

²² IDEM 21

De acuerdo a como se produce la interferencia del objeto entre el emisor y receptor de luz, existen los siguientes tipos de sensores fotoeléctricos:

1) Tipo barrera

Constan de un emisor de luz y de un receptor en dos unidades diferentes que deberán ser ubicados con precisión uno al frente del otro. Por la mitad de aquellos se detecta el objeto presente. Ver figura 1.48. Las características más apreciables de este tipo son:

- Larga distancia de detección
- Buen desempeño en ambientes contaminados
- Buena precisión
- Dificultad para ser alineados y para detectar material transparente
- Más costosos e instalación más dificultosa

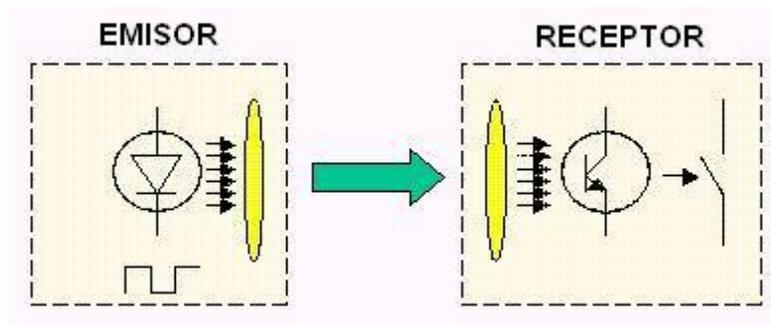


Figura 1.48 Sensor fotoeléctrico tipo barrera

Estos tipos de sensores generalmente se aplican en: posicionamiento preciso de materiales, discriminación de diferencias de altura, detección de objetos a distancias importantes (hasta 10 m), aplicaciones con alta contaminación (intemperie, ambientes polvorientos, vapor), disparo de codificadores ink-jet, detectores de contraste o taca.

2) Reflectivos

A diferencia de los sensores tipo barrera, los reflectivos incluyen en la misma unidad al emisor y al receptor de luz que operan con un lente común, pero requieren de reflectores, que son bases reflectivas prismáticas que devuelven al lente la luz de emisión. De esta forma las barreras fotoeléctricas tienen un perfil de haz pequeño y circular. Esto proporciona una mejor detección para piezas pequeñas y comportamiento de conmutación independiente de la dirección de aproximación. Ver la figura 1.49.

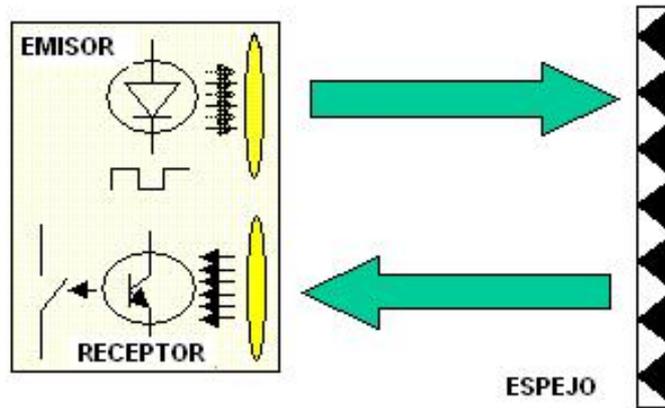


Figura 1.49 Sensor fotoeléctrico reflectivo

Otras características adicionales de este tipo de sensores son:

- Distancia de detección media, hasta los 3 m
- Fácil alineación y montaje.
- Baja precisión y sensible a ambientes contaminados.
- Se requiere de lentes polarizados para eliminar la sensibilidad a superficies brillantes, tal como se indica en la figura 1.50

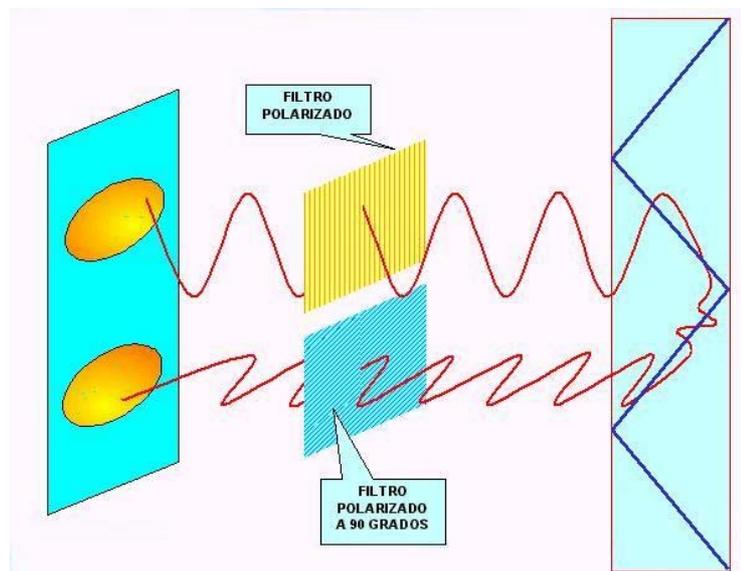


Figura 1.50 Polarización de un sensor fotoeléctrico reflectivo

Estos sensores se utilizan entre otras aplicaciones, en contaje, circulación en bandas transportadoras, posicionamiento sin mucha precisión, paletizadoras, y en casos especiales en la detección de materiales translúcidos.

3) Difusorreflectivos

Tienen una construcción similar a los reflectivos, pero la diferencia esencial radica en que éstos no necesitan de espejos reflectores, aprovechando las características reflectivas del objeto. Por tanto, el rango de detección es restringido para distancias cortas hasta los 40 cm., en función del color del objeto. La distancia es mayor cuando los cuerpos detectados son claros, mientras que para cuerpos oscuros, la distancia es menor. En la figura 1.51 se muestra el principio de operación de un sensor difusorreflectivo.

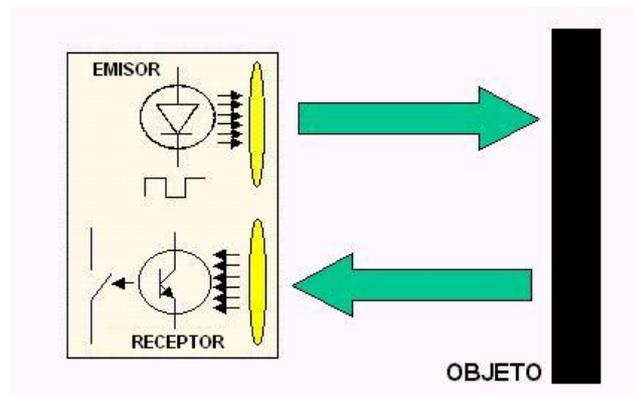


Figura 1.51 Sensor difusorreflectivo

Las características fundamentales de éstos son:

- Distancia de detección corta. Depende de la reflectividad, hasta 40 cm.
- Fácil alineación y montaje.
- Baja precisión y muy sensibles a ambientes contaminados.
- Confundidos con objetos oscuros y fondos muy reflectivos.

Las aplicaciones típicas de estos sensores, son entre otras: contaje o circulación en bandas transportadoras, verificación de presencia de productos en envases, discriminación de objetos por color, y en ciertos casos especiales como detector de marcas por contraste (detección de taca). En la figura 1.52 se muestra la incidencia del color del objeto en la distancia de detección.

En la actualidad también existen otros tipos de sensores fotoeléctricos que con el paso del tiempo van cubriendo mejor las expectativas de ciertas aplicaciones, así tenemos: sensores de fibra óptica, rayo láser, difusos para aplicaciones de color RGB (Red-Green-Blue), etc.; que a más de proporcionar mayor exactitud también incorporan en su electrónica funciones especiales, tales como: Auto-teach (auto aprendizaje) que permite ajustar digitalmente la distancia de sensado, BGS (Background supresion) supresión de fondo, FGS (Foreground Supresión) supresión de frente.

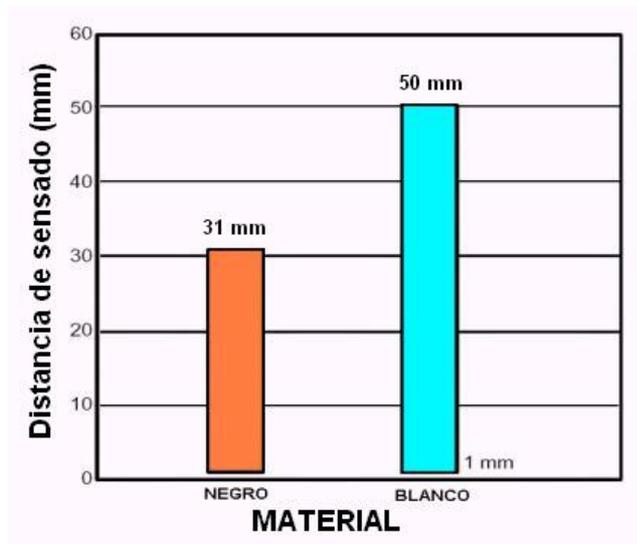


Figura 1.52 Incidencia del color en la cobertura de un sensor difuso

CAPÍTULO II

ANÁLISIS Y DISEÑO

El sector industrial del país experimenta actualmente un estado de transición tecnológica para alcanzar la automatización de sus procesos de producción realizado por máquinas. Lejos de analizar la conveniencia o no de la automatización de máquinas industriales, que más bien es producto de un análisis de Gerencia, la factibilidad de ejecutar la automatización de una máquina industrial, reviste dos opciones:

- a) Update: Entendido como el proceso de automatización de la máquina, sin mayores cambios de hardware, centrandose su objetivo más bien en la actualización de componentes, y en el caso del o los PLCs, que es el actor principal, significa actualizar el firmware, o cambios en el software de aplicación.
- b) Upgrade: Es un proceso de automatización más completo, que implica cambios más radicales en hardware, cambios en las técnicas de control, tales como: incluir PLCs en lugar de relés electromecánicos o sistemas neumáticos.

El propósito de ambas acciones será reutilizar la máquina y alargar su vida útil.

Máquina, de acuerdo a la Directiva 98/37/CE²¹, del Parlamento Europeo, relativa a la aproximación de legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas, es:

- Un conjunto de piezas u órganos unidos entre ellos, de los cuales uno por lo menos habrá de ser móvil y, en su caso, de órganos de accionamiento, circuitos de mando y de potencia, etc., asociados de forma solidaria para una aplicación determinada, en particular para la transformación, tratamiento, desplazamiento y acondicionamiento de un material.

²¹ DIRECTIVA 98/37/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO relativa a la aproximación de legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas

- Un conjunto de máquinas que, para llegar a un mismo resultado, estén dispuestas y accionadas para funcionar solidariamente.

Desde el punto de vista de los autores, para cualquiera de las acciones de automatización: Update o Upgrade, se propone el siguiente proceso:

- a) Identificación del problema.
- b) Selección de la plataforma de automatización.
- c) Análisis y diseño
- d) Montaje e instalaciones industriales.
- e) Puesta en marcha.

2.1 SELECCIÓN DE LA PLATAFORMA DE AUTOMATIZACIÓN Y ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DEL SISTEMA

Por aspectos de homologación tecnológica de la empresa, entendido como la estandarización de plataformas de control que permitan el mejor desempeño para las tareas de mantenimiento, el proceso de automatización a seguir, se considera de la siguiente manera:

Reemplazo del PLC; diseño, y montaje de los tableros de control, sensores y actuadores; empleo de variadores de velocidad para el manejo del motor principal de la máquina y del debobinador de polietileno, e implementación de un sistema HMI con fines de mantenimiento y monitoreo del estado de la máquina, lo que implicará el establecimiento de una comunicación entre dispositivos entrada/salida y control.

Haciendo analogía con la Ingeniería de Software, para el diseño bajo el estándar IEEE 830, se estimó conveniente realizar para este proyecto de automatización y puesta en marcha, el documento de especificación de requisitos del sistema, consistente en la fijación del alcance, prestaciones, seguridades, es decir, un acuerdo fijado con el cliente, en este caso los Jefes de Mantenimiento Eléctrico, Conversión y Mantenimiento Mecánico-Conversión; con el propósito de evaluar el progreso y los resultados finales, en base al mencionado documento.

Para el efecto, se acordó que la automatización se lleve a cabo en los siguientes términos:

1. Upgrade del PLC. De acuerdo a los lineamientos de homologación tecnológica de la empresa, se optó por la plataforma Siemens Simatic S7-300. Este proceso es uno de los más importantes, porque consiste en analizar el listado del programa del PLC fuera de servicio (Texas Instruments 5TI), interpretar, rediseñar y optimizar la lógica de control de acuerdo a las nuevas condiciones de servicio, establecidas por el Departamento de Conversión.
2. Upgrade de los controladores de temperatura de los selladores laterales, inferior y de la unidad de refrigeración.
3. Reutilización de tableros, sensores, actuadores y demás componentes eléctricos y electrónicos que satisfagan los requisitos técnicos.
4. Implementación de controles de velocidad a través de variadores de velocidad para el motor principal de la máquina y para el motor debobinador de polietileno.
5. Selección de sensores electrónicos y electromecánicos que garanticen la mayor vida útil posible.
6. Diseño de un sistema de visualización de estado de funcionamiento de la máquina y de un código de alarmas que faciliten el mantenimiento y reparación de la máquina reduciendo los tiempos perdidos.
7. Interpretar el funcionamiento del sistema neumático de la máquina, que al momento del inicio del proyecto, careció de la información respectiva.
8. Generar la documentación técnica necesaria: planos eléctricos, neumáticos, respaldo de los programas, listados de parámetros de los variadores de velocidad y controladores de temperatura, así como el manual de operación y mantenimiento del equipo.

2.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA

Para la realización del proyecto, los autores han estimado conveniente plantear la solución del problema, representado en el diagrama de bloques de la figura 2.1.

B1.- Representa al PLC que se emplea en el proyecto. Por cuestiones de homologación tecnológica²² se utiliza la plataforma escalable Siemens Simatic S7-300. Éste se encargará de controlar el funcionamiento de la máquina empacadora Cassoli PAC-600R con los estados provenientes de los sensores que ingresan al mismo, gestionar las alarmas y comunicar el estado del proceso a un Panel de Operación o pantalla (OP).

²² Las máquinas, especialmente el diseño mecánico son de tecnología italiana, los PLCs adoptados como estándar son de la familia Siemens Simatic S7-300.

B2.- Túnel o programador de levas, permite controlar la secuencia principal del funcionamiento de la máquina. Estas levas están maquinadas en acero inoxidable y acopladas al motor principal de la máquina a través de un sistema de engranajes y poleas. Las señales son reconocidas por el PLC por medio de sensores de proximidad inductivos.

B3.- Sensores de proximidad. A más de los que ya están ubicados en el túnel de levas, se emplean una gama de sensores de proximidad inductivos, fotoeléctricos y finales de carrera; que envían al PLC estados de presencia o ausencia para cumplir las diferentes secuencias de la máquina.

B4.- Botoneras. Son el conjunto de pulsadores de marcha y paro, con contactos normalmente abiertos (NO) y normalmente cerrados (NC), respectivamente; y los interruptores de seguridad o paradas de emergencia, que permiten la operación segura de la máquina.

B5.- Variador de velocidad del motor principal de la máquina. Con este se pretende controlar la velocidad de la misma desde el reposo a la velocidad nominal del motor, mejorando el sistema original que disponía de dos velocidades fijas utilizando para ello un motor Dahlander (polos conmutables).

B6.- Motor principal de la máquina. Es un motor asíncrono de corriente alterna con rotor de doble jaula de ardilla, que son los más comunes en la industria y que con el desarrollo de los variadores de velocidad han desplazado a los antiguos motores de rotor bobinado o de polos conmutables más conocidos como motores Dahlander. Para el presente proyecto se deberá seleccionar el motor adecuado que cumpla con los requerimientos del sistema.

B7.- Variador de velocidad del debobinador de polietileno. A través de este equipo, el proceso de desenrollado de polietileno estará sincronizado con la velocidad de la máquina ajustada mediante el variador de velocidad del motor principal.

B8.- Es el motor asíncrono que permite debobinar el polietileno. Está acoplado con un reductor de velocidad.

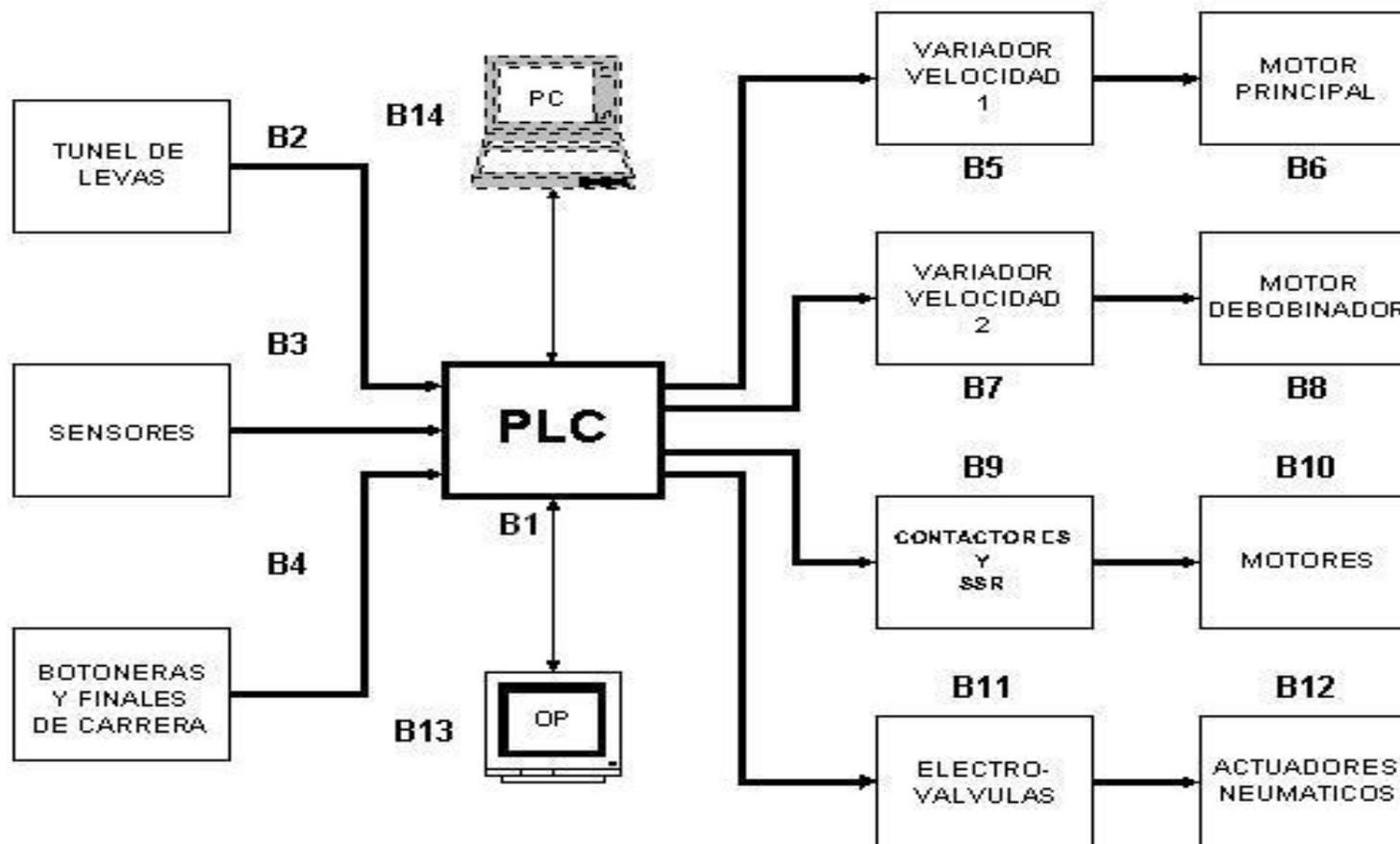


Figura 2.1 Diagrama de Bloques del Sistema

B9.- Contactores. Aún cuando en un proceso de automatización industrial, se reduce a la mínima expresión el uso de relés o contactores, estos son imprescindibles para comandar a los elementos de fuerza de la máquina.

B10.- Corresponde al conjunto de motores que en su mayoría son asincrónicos de corriente alterna. Se utilizan para generar movimiento a bandas transportadores y mecanismos de arrastre.

B11.- Representa al juego de electroválvulas que comandan a los actuadores neumáticos.

B12.- Corresponde al grupo de cilindros neumáticos y sopladores, que permiten realizar el proceso de envoltura, pliegues, sellado inferior y alimentación de rollos.

B13.- Es el panel de operación donde se visualiza el estado de funcionamiento de los sensores y actuadores de la máquina, así como también, alertará cuando se produzca un evento de alarma y detallará el sitio donde se origina el mismo. Como una función adicional, se presentará datos de producción y de velocidad de la máquina. La comunicación con el PLC se realizará a través del puerto de comunicación MPI (Multi Point Interface), que es una interfaz de comunicación propia de Siemens.

B14.- Es la representación de una PC convencional o de una computadora de campo exclusiva de Siemens, denominada PG (Unidad de Programación). A través de ésta, con el empleo del software STEP 7²³, se puede entre otras cosas: configurar el hardware, programar y monitorear en línea al PLC, simular un programa, configurar una red, etc.

2.3 SELECCIÓN DE COMPONENTES

Uno de los aspectos fundamentales en el proceso de automatización es el óptimo proceso de diseño y selección de componentes, que se ajusta a parámetros técnicos, económicos, disponibilidad en el mercado, tiempos de retardo en la importación (si fuere el caso), etc.

Para los fines de una mejor identificación y codificación de los componentes, se asigna la nomenclatura que se empleará posteriormente en los planos definitivos del proyecto. Ver anexos B, Planos eléctricos y C, Planos neumáticos.

²³ Software propietario de Siemens

2.3.1 Selección de motores eléctricos

Los motores eléctricos en la industria, son los actuadores más empleados e importantes, puesto que son la primera fuente de movimiento mecánico. El proceso de selección de un motor conlleva aspectos tales como: características de accionamiento; aspectos constructivos; potencia, calentamiento y refrigeración; medio ambiente; sistema aislante; aspectos de instalación, mantenimiento y protecciones.²⁴

De los antes mencionados, a más de los parámetros mecánicos, que no aparecen en el proceso de selección, dado que para los motores eléctricos, se trata de un proceso de upgrade y no de un proceso de diseño, se han tomado en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Potencia y dimensiones mecánicas requeridas
- b) Tensión y frecuencia de alimentación
- c) Velocidad requerida
- d) Tipo de mando

Analizando la expresión de la eficiencia de los motores eléctricos:

$$\eta(\%) = \frac{P_M}{P_E} * 100\% \quad (9)$$

siendo:

n = eficiencia o rendimiento en %.

P_M = Potencia mecánica o de salida

P_E = Potencia eléctrica o de entrada

Partiendo del conocimiento de la potencia mecánica requerida en el eje, y considerando la eficiencia típica de los motores eléctricos del 95 %²⁵, se despeja P_E y se aplica la ecuación (10), para la selección de la potencia eléctrica de los motores:

$$P_E = \frac{P_M}{\eta(\%)} * 100\% \quad (10)$$

El valor de potencia obtenido, se ajusta a los valores estándares de los fabricantes de motores. En casos de aproximación, se escogerá el valor inmediato superior.

²⁴ LOBOSCO Orlando, Pereira José Luiz, "SIEMENS: Selección y aplicación de motores eléctricos", Marcombo-Boixareu Editores, Barcelona, 1989.

²⁵ IDEM 24

2.3.1.1 Motor principal de la máquina (M1)

Potencia mecánica: 2.24 Kw

Tensión y frecuencia de alimentación: 440 V / 60 Hz

Velocidad requerida: 1400 rpm

Tipo de mando: controlado por variador de frecuencia

Características del motor seleccionado:

Voltaje	440 V
Corriente	7.9 A
Frecuencia	60 Hz
Velocidad	1740 rpm
Potencia	3.7 Kw
cos ϕ	0.78

2.3.1.2 Motor bomba de vacío (M2)

Potencia mecánica: 0.37 HP

Tensión y frecuencia de alimentación: 440 V / 60Hz

Velocidad requerida: 3450 rpm

Tipo de mando: arranque directo

Características del motor seleccionado:

Voltaje	208-230 / 460 V
Corriente	2.2-2 / 1 A
Frecuencia	60 Hz
Velocidad	3450 rpm
Potencia	0.37 Kw
Cos ϕ	0.7

2.3.1.3 Motor banda de alimentación (M5)

Potencia mecánica: 0.5 Kw

Tensión y frecuencia de alimentación: 440 V / 60Hz

Velocidad requerida: 1100 rpm

Tipo de mando: arranque directo

Características del motor seleccionado:

Voltaje	220 / 380 V
Corriente	3.2 / 1.85 A
Frecuencia	50 Hz
Velocidad	1120 rpm
Potencia	0.55 Kw
Cos ϕ	0.7

2.3.1.4 Motor tambor en la entrada de alimentación (M6)

Potencia mecánica: 0.4 Kw

Tensión y frecuencia de alimentación: 440 V / 60Hz

Velocidad requerida: 1600 rpm

Tipo de mando: arranque directo

Características del motor seleccionado:

Voltaje	440 V
Corriente	1.06 A
Frecuencia	60 Hz
Velocidad	1670 rpm
Potencia	0.43 Kw
Cos ϕ	0.77

2.3.1.5 Motor bandas selladoras (M7)

Potencia mecánica: 0.35 Kw

Tensión y frecuencia de alimentación: 440 V / 60Hz

Velocidad requerida: 1300 rpm

Tipo de mando: arranque directo

Características del motor seleccionado:

Voltaje	220 / 380 V
Corriente	2.4 / 1.4 A
Frecuencia	50 Hz
Velocidad	1380 rpm
Potencia	0.37 Kw
Cos ϕ	0.57

2.3.1.6 Motor refrigerador (M8)

Potencia mecánica: 1 Kw

Tensión y frecuencia de alimentación: 440 V / 60Hz

Velocidad requerida: 1450 rpm

Tipo de mando: arranque directo

Características del motor seleccionado:

Voltaje	380 V
Corriente	2.4 A
Frecuencia	50 Hz
Velocidad	1450 rpm
Potencia	1.1 Kw
Cos ϕ	0.7

2.3.1.7 Motor banda de salida (M9)

Potencia mecánica: 0.8 Kw

Tensión y frecuencia de alimentación: 440 V / 60Hz

Velocidad requerida: 1700 rpm

Tipo de mando: arranque directo

Características del motor seleccionado:

Voltaje	250-265 / 440-460 V
Corriente	3.7 / 2.3 A
Frecuencia	60 Hz
Velocidad	1700 rpm
Potencia	0.9 Kw
Cos ϕ	0.7

2.3.1.8 Motor debobinador de polietileno (M15)

Potencia mecánica: 0.4 Kw

Tensión y frecuencia de alimentación: 440 V / 60 Hz

Velocidad requerida: 1600 rpm

Tipo de mando: controlado por variador de frecuencia

Características del motor seleccionado:

Voltaje	250 / 440 V
Corriente	2.2 / 1.27 A
Frecuencia	60 Hz
Velocidad	1560 rpm
Potencia	0.45 Kw
cos ϕ	0.6

2.3.2 Selección de sensores²⁶

En un proceso industrial, la selección adecuada de los equipos, y de forma particular de los sensores, es un paso trascendental, puesto que definirá el buen funcionamiento del proceso y fundamentalmente garantiza la seguridad de las personas, que es el factor más importante.

En el presente proyecto, la mayor cantidad de sensores son discretos y determinan precisamente las diferentes secuencias de operación y órdenes de parada de la máquina. Para la tarea de selección de sensores discretos, se va contestando las interrogantes y requerimientos de la aplicación, de acuerdo a los siguientes puntos:

1. Presencia/ausencia (proximidad)
 - Hay objeto o no
 - El objeto está en posición
 - Detección de nivel
 - Detección de marcas (taca)
2. Medición e inspección
 - Distancia
 - Tamaño
 - Transparencia, reflectividad
 - Discriminación de color
 - Normalmente requieren otros sensores para el posicionamiento
3. Características del objeto
 - Tamaño
 - Rango
 - Velocidad
 - Movimiento entre el sensor y el objeto
 - Forma
 - Acabado superficial

²⁶ IDEM 14

- Translucidez
 - Tipo de material
4. Requerimientos funcionales
- Tamaño del sensor
 - Alimentación
 - Tipo de salida
 - Tiempo de respuesta
 - Diagnósticos
 - Temporizador
 - Activo con o sin luz (NA=normalmente abierto o NC=normalmente cerrado)
 - Ajuste de sensibilidad
5. Características ambientales
- Contaminación del aire
 - Temperatura
 - Choques, vibración
 - Inmersión en el agua
 - Peligrosidad
6. Requerimientos del servicio
- Ajustabilidad
 - Salidas reemplazables
 - Desconexión rápida
7. Montaje físico
- Espacio restringido
 - Mordazas, soportes, abrazaderas
 - Pre-cableado o cable-conector

2.3.2.1 Sensores inductivos

Para la selección de los sensores inductivos que se utilizaron en la máquina, se han tomado en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Tensión de alimentación
- b) Corriente de consumo
- c) Distancia de sensado
- d) Configuración de salida
- e) Conectores utilizados
- f) Dimensiones físicas

En la tabla 2.1 se resume los criterios de selección y su propósito dentro del proceso. Las especificaciones técnicas de los sensores inductivos se muestran en el anexo F, Hojas de especificaciones técnicas.

2.3.2.2 Sensores fotoeléctricos

Siendo los sensores fotoeléctricos de tipo discreto, para la selección se toman en cuenta los mismos parámetros utilizados en los sensores inductivos. En la tabla 2.2 se detalla los resultados del proceso de selección y el propósito de cada uno de ellos en el proceso. Las especificaciones técnicas de los sensores fotoeléctricos se muestran en el anexo F, Hojas de especificaciones técnicas.

2.3.2.3 Botoneras y paradas de emergencia

Corresponde a la serie de pulsadores de marcha y paro, interruptores, selectores y paradas de emergencia que permiten la operación de la máquina por parte del operador o del personal de mantenimiento. Los parámetros de selección considerados son:

- a) Contacto
- b) Accionamiento
- c) Luz piloto
- d) Número de posiciones
- e) Dimensiones físicas (diámetro)

En la tabla 2.3 se detalla los resultados del proceso de selección de estos ítems.

2.3.2.4 Finales de carrera

Dentro del proceso de la máquina se utilizan interruptores electromecánicos conocidos como finales de carrera, cuya función es detectar la apertura/cierre de cubiertas, y el accionamiento de los embragues de seguridad en la máquina. Los parámetros considerados para la selección son:

- a) Tipo de accionamiento mecánico
- b) Contacto
- c) Dimensiones físicas

En la tabla 2.4 se resume los resultados del proceso de selección. Las especificaciones técnicas de los finales de carrera se muestran en el anexo F, Hojas de especificaciones técnicas.

Tabla 2.1 Resultados del proceso de selección de los sensores

Sensor	Tensión de alimentación (Vdc)	Corriente de consumo (mA)	Distancia de sensado (mm)	Configuración de salida	Conector	Dimensiones físicas (Diámetro) mm
Polietileno arrugado (FS1)	12 a 24	7	4	PNP	Precableado	M12
Acumulación de rollos (FS2)	12 a 24	7	4	PNP	Cable conector	M12
Bobina de polietileno vacía (FS3)	12 a 24	7	4	PNP	Precableado	M12
Seguridad de transmisión derecha (FS4)	12 a 24	7	4	PNP	Precableado	M12
Seguridad de transmisión derecha (FS5)	12 a 24	7	4	PNP	Precableado	M12
Seguridad soporte de producto (FS6)	12 a 24	7	4	PNP	Precableado	M12
Segunda fase de control de rollos (FS7)	12 a 24	7	4	PNP	Cable conector	M12
Fase de inhibición de sensor de taca TL10 (FS8)	12 a 24	7	4	NPN	Cable conector	M12
Seguridad soporte de producto (FS9)	12 a 24	7	4	PNP	Precableado	M12
Fase de soldadura inferior (FS10)	12 a 24	7	4	PNP	Cable conector	M12
Fase inicio de debobinado de polietileno (FS11)	12 a 24	7	4	PNP	Cable conector	M12
Fase final de debobinado de polietileno (FS12)	12 a 24	7	4	NPN	Cable conector	M12
Desbloqueo de alimentación de rollos (FS13)	12 a 24	7	4	PNP	Cable conector	M12
Antes de la fase de control de rollos (FS14)	12 a 24	7	4	PNP	Cable conector	M12
Alimentador de rollos abajo (FS15)	12 a 24	7	4	PNP	Cable conector	M12
Fase primera de aspiración (FS16)	12 a 24	7	4	PNP	Cable conector	M12
Segunda fase de aspiración (FS19)	12 a 24	7	4	PNP	Cable conector	M12
Tercera fase de aspiración (FS20)	12 a 24	7	4	PNP	Cable conector	M12
Debobinado de polietileno (FS21)	12 a 24	7	4	PNP	Precableado	M12

Tabla 2.2 Resultados del proceso de selección de los sensores fotoeléctricos

Sensor	Tensión de alimentación (Vdc)	Corriente de consumo (mA)	Distancia de sensado (cm)	Configuración de salida	Conector	Dimensiones físicas (Diámetro) mm
Presencia de producto en la banda de alimentación (FC1)	10 a 30	40	0 a 70	PNP	Precableado	20.4 x 50 x 23*
Presencia de producto en la banda de alimentación para funcionamiento de 3 ó 2 canales (FC2, FC3, FC7)	10 a 30	40	10	PNP	Precableado	M18
Seguridad entrada de rollos a la bandeja de entrada (FC4, FC5, FC8)	10 a 30	30	10 a 200	PNP	Precableado	M18
Detector de salida de paquetes (FC6)	10 a 30	40	10	PNP	Precableado	M18
Detectores de presencia de producto en el canal 1 (FC9, FC14)	10 a 30	40	10	PNP	Precableado	M18
Detectores de presencia de producto en el canal 2 (FC10, FC15)	10 a 30	40	10	PNP	Precableado	M18
Detectores de presencia de producto en el canal 4 (FC11, FC16)	10 a 30	40	10	PNP	Precableado	M18
Detectores de presencia de producto en el canal 5 (FC13, FC17)	10 a 30	40	10	PNP	Precableado	M18
Detector de taca (FC12)	10 a 30 4.5 Vac (Lámpara)	50 0.8 A (lámpara)	0.8 a 1.2 (lente 8 mm)	NPN	Precableado	30 x 87 x 62.5*

* largo x ancho x profundidad

Tabla 2.3 Resultados del proceso de selección de las botoneras y paradas de emergencia

Botonera	Contacto	Accionamiento	Luz piloto	Número de posiciones	Dimensiones físicas (Ø: mm)
Interruptor controlador de temperatura resistencias laterales derechas (b1)	NA	Manual sin retorno automático	No	-	11.5
Interruptor controlador de temperatura resistencias laterales izquierdas (b2)	NA	Manual sin retorno automático	No	-	11.5
Interruptor controlador de temperatura resistencia inferior (b3)	NA	Manual sin retorno automático	No	-	11.5
Interruptor controlador de temperatura refrigerador (b4)	NA	Manual sin retorno automático	No	-	11.5
Pulsante de emergencia en el panel de operación (b5)	NC	Pulsante, tipo hongo	No	-	23.0
Pulsante de marcha de la máquina (b6, b6A)	NA	Pulsante, color verde	Sí	-	23.0
Pulsante de parada de la máquina (b7, b7A)	NC	Pulsante, color rojo	No	-	30.0
Selector manual/automático (b8)	NA / NC	Manual	No	2	23.0
Pulsante de marcha de la banda de alimentación y tambor de entrada (b11, b11A)	NA	Pulsante, color verde	Sí	-	23.0
Pulsante de parada de la banda de alimentación y tambor de entrada (b12, b12A)	NC	Pulsante, color rojo	No	-	23
Selector una o dos capas de papel (b13)	NA / NC	Manual	No	2	25 x 50 x 30*
Pulsante de marcha de las bandas selladoras y banda de salida (b14)	NA	Pulsante, color verde	Sí	-	23
Pulsante de parada de las bandas selladoras y banda de salida (b15)	NC	Pulsante, color rojo	No	-	23
Pulsante de marcha de la unidad de refrigeración (b16)	NA	Pulsante, color verde	Sí	-	23
Pulsante de parada de la unidad de refrigeración (b17)	NC	Pulsante, color rojo	No	-	23
Pulsante para funcionamiento manual de la bomba de aceite (b20)	NA	Pulsante, color negro	No	-	23
Pulsante de emergencia en el panel de operación (b21)	NC	Pulsante, tipo hongo	No	-	23
Selector dos o tres canales de papel (b27)	NA / NC	Manual	No	2	25 x 50 x 30*

* largo x ancho x profundidad

Tabla 2.4 Resultados del proceso de selección de los finales de carrera

Final de carrera	Tipo de accionamiento mecánico	Contacto	Dimensiones físicas (Al x An x P) mm
Cubierta de alimentación bandeja de entrada (b24)	Embolo con rodillo	NC	42 x 97.5 x 44
Cubierta ventanas de la máquina (b25A) *	Embolo con rodillo	NC	42 x 97.5 x 44
Cubierta del volante lateral izquierdo de la máquina (b25B)	Embolo con rodillo	NC	42 x 97.5 x 44
Cubierta del volante lateral derecho de la máquina (b26)	Embolo con rodillo	NC	42 x 97.5 x 44
Embrague principal de la máquina (b29)	Palanca	NC	42 x 97.5 x 44
Embrague de la transmisión superior (b30)	Palanca	NC	42 x 97.5 x 44

* Representa a cinco finales de carrera idénticos

Al = largo

An = ancho

P = profundidad

2.3.2.5 Presóstatos

La máquina utiliza dos presóstatos, uno para detectar la presión neumática mínima de entrada y el otro para detectar las presiones máxima y mínima de la unidad de refrigeración. Los aspectos tomados en cuenta para su selección son los siguientes:

- Rango de presión
- Contactos
- Conector para presión
- Dimensiones físicas

En la tabla 2.5 se detalla los resultados del proceso de selección de los presóstatos:

Tabla 2.5 Resultados del proceso de selección de los presóstatos

Presóstato	Rango de presión (psi)	Contactos	Conector para presión (plg)	Dimensiones físicas (Al x An x P) mm
Presóstato de aire de la máquina (b9)	0 - 145	1 NA	1/4	90 x 30 x 75
Presóstato de máxima y mínima presión en el refrigerador (b18 / b19)	Baja: 6-108 Alta: 85-455 Difer: 0-35	2 NC	1/4	55 x 10 x 40

Al = largo

An = ancho

P = profundidad

2.3.2.6 Detector de nivel y de presión de aceite

La lubricación de la máquina es un factor imprescindible para evitar la fricción excesiva y por consecuencia el mayor desgaste de las partes mecánicas en movimiento. El diseño original prevé un detector del nivel de aceite del reservorio cuyo principio de funcionamiento se basa en electrodos conductores que cierran el circuito eléctrico aprovechando las características conductivas del aceite lubricante.

Mientras que el detector de presión de aceite ubicado en la parte inferior de la bandeja de alimentación de rollos determina la presión mínima de aceite para la lubricación de la máquina. Los parámetros considerados para la selección de estos componentes son:

- a) Rango de operación
- b) Contacto
- c) Dimensiones físicas

En la tabla 2.6 se detalla los resultados del proceso de selección:

Tabla 2.6 Resultados del proceso de selección del detector de nivel y de presión de aceite

Detector	Rango de operación	Contacto	Dimensiones físicas (Al x An x P) mm
Nivel de aceite (b10A)	0 - 2 litros	1 NA	22 x 11 x 10
Presóstato de aceite (b10)	0 – 40 psi	1 NA + 1 NC	25 x 15 x 12

Al = largo

An = ancho

P = profundidad

2.3.3 Selección de la fuente de alimentación de tensión auxiliar

El control de la máquina está diseñado para 24 Vdc, en concordancia con el nivel utilizado en la mayoría de tableros industriales del área de conversión de papel de la empresa. Adicionalmente, la máquina Cassoli PAC600R requiere energizar a 24 Vdc y 2 A un electroimán, para frenar la alimentación de polietileno. Para dimensionar la potencia de la fuente, se considera la carga total. Siendo 40 sensores electrónicos, que demandan una corriente promedio de 40 mA, y 70 entradas discretas a los módulos del PLC, que consumen una corriente de 7 mA. Por lo tanto, la corriente que requiere suministrar la fuente de tensión auxiliar, se indica a continuación:

Componente	Cantidad	Corriente (mA)
Sensores electrónicos	40	40
Consumo entrada discreta	70	7
Electroimán freno polietileno	1	2000
Corriente total		4090

Considerando que la demanda, en el peor de los casos es toda la carga instalada y un factor de seguridad, para futuras expansiones y la disponibilidad inmediata en el mercado local, la fuente seleccionada es una Siemens Sitop de 24Vdc/5 A, que además ofrece regulación y protección contra cortocircuito a su salida. Las especificaciones técnicas de la fuente auxiliar de 24 Vdc se detalla en el anexo F, Hojas de especificaciones técnicas.

2.3.4 Selección de los variadores de velocidad

2.3.4.1 Variador de velocidad para el motor principal

La selección del variador de velocidad es directamente dependiente de los parámetros eléctricos del motor empleado. En el caso del motor principal, los aspectos principales son:

Voltaje	440 V
Corriente	7.9 A
Frecuencia	60 Hz
Velocidad	1740 rpm
Potencia	3.7 Kw
cos ϕ	0.78

Para esta aplicación se requiere ajustar la velocidad a través de una señal analógica de un potenciómetro, desde 0 a la velocidad nominal, protección contra sobrecarga, sobrevelocidad y pérdida de fase.

Adicionalmente, considerando que la técnica más eficiente en la actualidad para el control de velocidad de un motor asincrónico, corresponde al control vectorial, y analizando las ofertas disponibles en el mercado y el historial de desempeño de equipos similares, se optó por el variador WEG CFW-09. Las características técnicas del variador de velocidad seleccionado se encuentran en el anexo F, Hojas de especificaciones técnicas.

En la tabla 2.7 se indican los resultados del proceso de selección.

Tabla 2.7 Resultados del proceso de selección del variador de velocidad para el motor principal

Variador de velocidad	
Alimentación entrada	380 a 480 V +10% - 15% 3AC
Corriente nominal salida	16 A a torque constante
Frecuencia de entrada	50/60Hz ± 2Hz
Frecuencia de salida	0 - 204 Hz
Motor Aplicable	220/230 V: hasta 7.5 Kw 380/400 V: hasta 7.5 Kw 440 V: hasta 9.2 Kw
Tipos de Control	Control vectorial de flujo sin realimentación Control vectorial de flujo con realimentación V/Hz Escalar
Conmutación	Transistores IGBT - frecuencias seleccionables: 1.25/2.5/5.0/10 KHz
Temperatura	0 a 40° C, hasta 50° C (con reducción)
Humedad	0 a 90% sin condensación
Altitud	0 a 1000 m, hasta 4000 m (con reducción)
Métodos de Frenado	Frenado reostático, Frenado DC y Frenado óptimo (Optimal Braking)
Protecciones	Sobrecorriente / Cortocircuito en la salida Link DC sub/sobretensión Subtensión en la alimentación/falta de fase Sobretemperatura en el convertidor Sobrecarga en la resistencia del frenado reostático Sobrecarga en la salida Sobretemperatura en el motor
Entradas Analógicas	2 diferenciales: 0...10 V ó 0...20 mA 1 bipolar: -10...+10 V ó 0...20 mA (opcional) 1 aislada: 0...10 V ó 0...20 mA (opcional)
Salidas Analógicas	2 programables (11bits): 0...10 V 2 bipolares: -10...+10 V (opcional) 2 aisladas: 0...20 mA (opcional)
Entradas Digitales	6 aisladas: 24 Vdc 1 aislada: 24 Vdc (opcional) 1 aislada: 24 Vdc (Termistor-PTC motor) (opcional)
Salidas Relé	2 NA/NC, 1 NA: 240 Vac 1 A
Salidas Digitales	2 aisladas (transistor), 2 aisladas analógicas(opcional)

2.3.4.2 Variador de velocidad para el motor debobinador de polietileno

Considerando las características del motor debobinador de polietileno

Voltaje	440 V
Corriente	1.27 A
Frecuencia	60 Hz
Velocidad	1560 rpm
Potencia	0.45 Kw
cos ϕ	0.6

Para esta aplicación, los requerimientos son similares al variador del motor principal, es decir: ajuste de la velocidad a través de una señal analógica, desde 0 a la velocidad nominal, protección contra sobrecarga, sobrevelocidad y pérdida de fase.

Por las mismas circunstancias determinadas en el ítem anterior, en la tabla 2.8 se resume los resultados del proceso de selección. Las características técnicas del variador de velocidad seleccionado se encuentran en el anexo F, Hojas de especificaciones técnicas.

Tabla 2.8 Resultados del proceso de selección del variador de velocidad para el motor debobinador de polietileno

Variador de velocidad	
Alimentación entrada	380 a 480 V +10% - 15% 3AC
Corriente nominal salida	5.5 A a torque constante
Frecuencia de entrada	50/60Hz ± 2Hz
Frecuencia de salida	0 - 204 Hz
Motor Aplicable	220/230 V: hasta 2.2 Kw 380/400 V: hasta 2.2 Kw 440 V: hasta 2.2 Kw
Tipos de Control	Control vectorial de flujo sin realimentación Control vectorial de flujo con realimentación V/Hz Escalar
Conmutación	Transistores IGBT - frecuencias seleccionables: 1.25/2.5/5.0/10 KHz
Temperatura	0 a 40° C, hasta 50° C (con reducción)
Humedad	0 a 90% sin condensación
Altitud	0 a 1000 m, hasta 4000 m (con reducción)
Métodos de Frenado	Frenado reostático, Frenado DC y Frenado óptimo (Optimal Braking)
Protecciones	Sobrecorriente / Cortocircuito en la salida Link DC sub/sobretensión Subtensión en la alimentación/falta de fase Sobretemperatura en el convertidor Sobrecarga en la resistencia del frenado reostático Sobrecarga en la salida Sobretemperatura en el motor
Rendimiento	Mayor que 97%
Entradas Analógicas	2 diferenciales: 0...10 V ó 0...20 mA 1 bipolar: -10...+10 V ó 0...20 mA (opcional) 1 aislada: 0...10 V ó 0...20 mA (opcional)
Salidas Analógicas	2 programables (11bits): 0...10 V 2 bipolares: -10...+10 V (opcional) 2 aisladas: 0...20 mA (opcional)
Entradas Digitales	6 aisladas: 24 Vdc 1 aislada: 24 Vdc (opcional) 1 aislada: 24 Vdc (Termistor-PTC motor) (opcional)
Salidas Relé	2 NA/NC, 1 NA: 240 Vac 1 A
Salidas Digitales	2 aisladas (transistor), 2 aisladas analógicas(opcional)

2.3.5 Selección de contactores, relés de estado sólido, guardamotores e interruptores termomagnéticos

Del análisis preliminar del estado de la máquina, se determinó que la gran mayoría de contactores y guardamotores existentes en los tableros de control se pueden reutilizar. Por homologación tecnológica, la tensión de mando para las bobinas de los contactores es de 220 VAC, y que en el caso de esta máquina serán activados por los módulos de salida discreta del PLC.

Los parámetros considerados para la selección de los contactores son:

- a) Voltaje y frecuencia de la bobina
- b) Voltaje y corriente de los contactos
- c) Potencia Trifásica Nominal

Cuando la carga eléctrica de un proceso requiere activaciones intermitentes, es recomendable el uso de relés de estado sólido, ya que los contactores tienen una vida útil limitada. En el presente proyecto, las resistencias eléctricas utilizadas para el proceso de sellado tienen esta característica, por lo que se optó por el uso de estos actuadores electrónicos, cuyos parámetros de selección son:

- a) Voltaje de control
- b) Voltaje y corriente de los contactos

Las especificaciones técnicas de los relés de estado sólido se detalla en el anexo F, Hojas de especificaciones técnicas.

Para los guardamotores, que son dispositivos de protección eléctrica contra sobrecarga y sobrecorriente, los parámetros de selección son los siguientes:

- a) Rango de corriente nominal
- b) Corriente de cortocircuito
- c) Contacto auxiliar

De igual manera, para seleccionar los interruptores termomagnéticos, que son protecciones contra cortocircuito, se considera los siguientes parámetros de selección:

- a) Corriente de cortocircuito
- b) Tensión de los contactos
- c) Número de polos

En las tablas 2.9, 2.10, 2.11 y 2.12 se indican los resultados del proceso de selección de los componentes en mención:

Tabla 2.9 Resultados del proceso de selección de los contactores

Contactador	Bobina		Contactos principales		
	Tensión (Vac)	Frecuencia (Hz)	Tensión (Vac)	Corriente (A)	Potencia (Kw)
Contactador del variador de velocidad del motor principal (C1)	220	50-60	200-575	9	2.24-3.74
Contactador del motor de la bomba de vacío (C2)	220	50-60	200-575	9	2.24-3.74
Contactador del motor de la banda de alimentación (C5)	220	50-60	200-575	9	2.24-3.74
Contactador del motor del tambor de entrada de rollos (C6)	220	50-60	200-575	9	2.24-3.74
Contactador del motor de las bandas selladoras (C7)	220	50-60	200-575	9	2.24-3.74
Contactador del motor del refrigerador (C8)	220	50-60	200-575	9	2.24-3.74
Contactador del motor de la banda de salida (C9)	220	50-60	200-575	9	2.24-3.74
Contactador del variador de velocidad del debobinador de polietileno (C15)	220	50-60	200-575	9	2.24-3.74
Contactores de reserva (C17, C18, C19)	220	50-60	200-575	9	2.24-3.74
Relé comando de marcha del motor principal (R1)	220	60	250	5	–
Relé comando de marcha del motor debobinador de polietileno (R2)	220-240	60	240	5	–
Relé presencia de rollos en la bandeja de entrada (R3)	220-240	60	240	5	–

Tabla 2.10 Resultados del proceso de selección de los relés de estado sólido

Relé de estado sólido	Entrada	Salida	
	Voltaje de control (Vdc)	Voltaje de línea (Vac)	Rango de corriente de carga (A)
Relé de estado sólido de resistencias laterales derechas (C12a)	3 - 32	24 - 400	0.1 - 40
Relé de estado sólido de resistencias laterales derechas (C12b)	3 - 32	24 - 400	0.1 - 40
Relé de estado sólido de resistencias laterales derechas (C12c)	3 - 32	24 - 400	0.1 - 40
Relé de estado sólido de resistencias laterales izquierdas (C13a)	3 - 32	24 - 400	0.1 - 40
Relé de estado sólido de resistencias laterales izquierdas (C13b)	3 - 32	24 - 400	0.1 - 40
Relé de estado sólido de resistencias laterales izquierdas (C13c)	3 - 32	24 - 400	0.1 - 40
Relé de estado sólido de resistencia inferior (C16)	3 - 32	24 - 400	0.1 - 40

Tabla 2.11 Resultados del proceso de selección de los guardamotores

Guardamotor	Rango de corriente (A)	Corriente de cortocircuito (A)	Contacto auxiliar
Guardamotor del variador de velocidad del motor principal (e1)	4-6.3	75	1 NA, 1 NC
Guardamotor del motor de la bomba de vacío (e2)	1-1.6	19.2	1 NA, 1 NC
Guardamotor del motor de la banda de alimentación (e5)	1-1.6	19.2	1 NA, 1 NC
Guardamotor del motor del tambor de entrada de rollos (e6)	1-1.6	19.2	1 NA, 1 NC
Guardamotor del motor de las bandas selladoras (e7)	1.6-2.5	30	1 NA, 1 NC
Guardamotor del motor del refrigerador (e8)	2.5-4	38	1 NA, 1 NC
Guardamotor del motor de la banda de salida (e9)	4-6.3	75	1 NA, 1 NC
Guardamotor resistencias laterales derechas (e12)	4-6.3	75	1 NA, 1 NC
Guardamotor resistencias laterales izquierdas (e13)	14-20	240	1 NA, 1 NC
Guardamotor del variador de velocidad del debobinador de polietileno (e15)	1.6-2.5	30	1 NA, 1 NC
Guardamotors de reserva (e17, e18, e19)	1-1.6	19.2	1 NA, 1 NC

Tabla 2.12 Resultados del proceso de selección de los interruptores termomagnéticos

Interruptor termomagnético	Corriente de cortocircuito (A)	Tensión de contactos (Vac)	Número de polos
Interruptor termomagnético general (e0)	60	220-415	3
Interruptor termomagnético de la resistencia inferior (e16)	4	220-415	3
Interruptor termomagnético protección del secundario del transformador m20 (e20)	1.6	220-415	2
Interruptor termomagnético protección toma monofásica de 220V tablero (e21)	6	220-415	2
Interruptor termomagnético protección del primario del transformador m17 (e22)	3	220-415	2
Interruptor termomagnético protección del circuito auxiliar (e23)	4	220-415	1
Interruptor termomagnético protección fuente de alimentación de 24 Vdc (e24)	16	400	2
Interruptor termomagnético protección de toma exterior de 220 V (e25)	16	400	2

2.3.6 Selección de unidades de mantenimiento neumáticas

Considerando que la presión de línea de los componentes neumáticos es de 120 psi, se requiere de dos unidades de mantenimiento neumáticas, que se ubican a la entrada del suministro de aire de la máquina y del intercambiador 5 a 3, respectivamente.

Los aspectos considerados para la selección de las unidades de mantenimiento son:

Conexión de entrada y salida:	1/4 plg
Regulador de presión:	incluido
Manómetro de presión:	0 a 200 psi
Unidad de lubricación:	incluida

2.3.7 Selección de electroválvulas y cilindros neumáticos

Para el control de los actuadores neumáticos se utilizan electroválvulas, que esencialmente son dispositivos mecánicos que conducen o restringen el paso del aire comprimido hacia los actuadores. Como es lógico suponer, para que el sistema neumático sea compatible con las acciones de control dadas por el PLC, los comandos de las válvulas son a través de solenoides de 220 Vac. Los parámetros considerados para la selección de las válvulas son:

- a) Vías/posiciones
- b) Conexiones neumáticas
- c) Rango de presión
- d) Accionamiento

Las especificaciones técnicas de las electroválvulas están indicadas en el anexo F, Hojas de especificaciones técnicas.

El primer sistema de aprovechamiento de la fuerza del aire comprimido son los cilindros neumáticos. Las consideraciones aplicadas para la selección son:

- a) Diámetro del émbolo
- b) Diámetro del vástago
- c) Carrera del vástago
- d) Rango de presión
- e) Conexiones neumáticas.

En las tablas 2.13 y 2.14 se indican los resultados del proceso de selección de las electroválvulas y cilindros neumáticos.

Tabla 2.13 Resultados del proceso de selección de las electroválvulas

Válvula	Vías/Posiciones	Conexiones neumáticas (plg)	Rango de presión (PSI)	Accionamiento
Electroválvula bloqueo/desbloqueo alimentación rollos papel (1.1, S2-S3)	5/2	1/4	28-145	Eléctrico doble pilotaje
Electroválvula ascenso/descenso del soldador inferior (2.1, S7-S8)	5/2	1/4	28-145	Eléctrico doble pilotaje
Electroválvula intercambiador canales 1, 2, 4, 5 (9.1, 10.1, 11.1, 12.1 - S12, S13, S30, S31)	5/2	1/4	28-245	Eléctrico retorno por resorte
Electroválvula bomba de lubricación (8.1, S20)	3/2	1/4	28-245	Eléctrico retorno por resorte
Electroválvulas de aspiración (3.1, 4.1, 6.1 - S22, S23, S24)	5/2	1/4	28-245	Eléctrico retorno por resorte

Tabla 2.14 Resultados del proceso de selección de los cilindros neumáticos

Cilindro	Diámetro del émbolo (mm)	Diámetro del vástago (mm)	Carrera del vástago (mm)	Rango de presión (PSI)	Conexiones neumáticas
Cilindro alimentación de rollos (1.0)	50	16	80	50 - 150	1/4
Cilindro sellador inferior (2.0)	45	12	50	50 - 150	1/4
Cilindro apertura / cierre canal papel 2 (9.0)	16	6	50	14.5 - 145	M5
Cilindro apertura / cierre canal papel 1 (10.0)	16	6	50	14.5 - 145	M5
Cilindro apertura / cierre canal papel 5 (11.0)	16	6	50	14.5 - 145	M5
Cilindro apertura / cierre canal papel 4 (12.0)	16	6	50	14.5 - 145	M5

2.3.8 Selección de controladores de temperatura

Para el proceso de sellado de los paquetes, se requiere que las resistencias calienten entre 250 °C a 300 °C, empleando para la medición termopares tipo J. En el caso de la unidad de refrigeración, la temperatura del proceso oscila entre -5 °C a + 15 °C, medida a través de una RTD Pt-100.

Para incrementar la vida útil de los actuadores, se emplean relés de estado sólido, por lo tanto, los controladores deben tener su salida principal compatible con este actuador.

Los parámetros de selección de los controladores de temperatura son los siguientes:

- a) Entrada analógica para termopar, para las bandas selladoras y RTD para la unidad del refrigerador.
- b) Salida de control para SSR (Solid State Relay: relé de estado sólido)
- c) Tamaño: DIN 1/32
- d) Funciones SBA (Sensor Break Alarm: alarma de sensor roto) y/o LBA (Loop Break Alarm: alarma de lazo abierto)
- e) Tipo de acción: directa o calentamiento (heater)

Para cumplir estos requerimientos, se seleccionó al controlador de temperatura AUTONICS TZ4ST. Las especificaciones técnicas de los controladores de temperatura se encuentran en el anexo F, Hojas de especificaciones técnicas.

2.3.9 Selección de transductores de temperatura

La temperatura de las resistencias laterales derechas, izquierdas e inferior para los procesos de sellado de los paquetes oscilará entre 250 °C a 300 °C. En cambio, para la unidad de refrigeración se necesita que la temperatura permanezca entre -5 °C a +15 °C.

Los parámetros para la selección de los transductores de temperatura son:

- Tipo
- Rango de operación
- Forma

En la tabla 2.15 se resume los resultados del proceso de selección de los transductores de temperatura utilizados en la máquina.

Tabla 2.15 Resultados del proceso de selección de transductores de temperatura

Transductor de temperatura	Tipo	Rango de operación	Forma
Termocupla resistencias laterales derechas (f1A)	J	-210 °C a 760 °C	vaina
Termocupla resistencias laterales izquierdas (f1A)	J	-210 °C a 760 °C	vaina
Termocupla resistencia inferior (f3C)	T	-270 °C a 400 °C	vaina
Termoresistencia refrigerador (f4D)	Pt-100	-200 °C a 650 °C	vaina

2.4 DISEÑO, CONFIGURACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL PLC²⁷

La configuración del PLC es un proceso mediante el cual se determina ¿cómo? y ¿dónde? se sitúan los distintos componentes del sistema de control.

La configuración dependerá de la tarea y del tipo de control propiamente dicho que se haya decidido y contempla tanto los elementos del PLC como sus periféricos.

Durante la elaboración del algoritmo de control, se han determinado las entradas y salidas, tanto discretas como analógicas, y éstas se han relacionado mediante diagramas o esquemas lógicos. La cantidad y tipo de las E/S determina los componentes que son necesarios.

La mejor manera de realizar la configuración es elaborar un mapa de direccionamiento, en el que mediante una representación de las estructuras de E/S se indica los componentes que se ubican en el local junto a la CPU y cuáles se sitúan en posiciones remotas. Concluida la configuración del sistema, se ejecutan simultáneamente dos trabajos: la programación y la instalación.

Para la instalación, dadas las características constructivas y de diseño de los PLCs, su instalación es viable en prácticamente cualquier ambiente industrial siempre que no se sobrepasen las especificaciones dadas por el fabricante. No obstante, existen ciertas recomendaciones prácticas para asegurar un correcto funcionamiento del sistema, que atañen principalmente a las condiciones de temperatura, humedad y a la inmunidad frente a interferencias eléctricas.

Por tal motivo, el PLC se montará en un armario de maniobra de dimensiones adecuadas para contener con holgura los componentes del equipo y el resto de elementos, como interruptores/seccionadores, fuentes de alimentación, circuitos de protección, conductos de cableado, etc. Se recomienda el empleo de armarios metálicos ya que minimizan los efectos de la radiación electromagnética generada por equipos de conmutación

²⁷ IDEM 11

instalados en las inmediaciones. Para la instalación, se seguirán las normas y reglamentos vigentes de aplicación habitual en cualquier instalación eléctrica de control, tal como la directiva para el diseño de máquinas de la Comunidad Europea 98/37/CE.

La convección natural es suficiente ya que la mayoría de los fabricantes preparan los PLCs para que trabajen a una temperatura máxima de 60 °C.

Ubicación de los componentes

Los componentes del PLC se montarán siguiendo las recomendaciones del fabricante y en todo caso se pueden seguir las siguientes pautas de aplicación general:

- Es recomendable el montaje vertical de los componentes para facilitar la convección y disipación del calor.
- Las fuentes de alimentación deberán ocupar una posición por encima del resto de componentes y en la parte superior del armario, ya que son generadores de calor.
- La CPU ocupará una posición adyacente o por debajo de las fuentes de alimentación, en la zona superior del armario, quedando a una altura que facilite su inspección.
- Los módulos de E/S estarán dispuestos de la forma más conveniente para el acceso y cableado en el espacio libre.
- Se dejarán espacios suficientes entre los para una adecuada disipación del calor.
- Para el resto de componentes del sistema, se recomienda su instalación en posiciones lo más alejadas posible del equipo, principalmente si se trata de componentes electromecánicos, para minimizar las interferencias electromagnéticas.

Cableado

Siempre que sea posible, en la configuración del sistema se intentará agrupar los módulos por categorías en cuanto a entradas/salidas, tensión alterna o continua, señales discretas o analógicas.

Una configuración por grupos permite un cableado racional y una necesaria segregación de los cables de señal débil respecto a los que alimentan cargas, y de los de comunicaciones. Siempre que sea posible se separan los cables de corriente directa con respecto de los de corriente alterna, tal como lo recomienda la directiva de compatibilidad electromagnética de la Comunidad Europea CE 89/336, para minimizar las interferencias

producidas por la conmutación de cargas y también los cables de interconexión de bastidores (racks) y de comunicaciones se separan completamente de otros.

Puesta a tierra

Se seguirá lo especificado en la normativa vigente EN50178 y las recomendaciones de los fabricantes, pero hay que recordar que cada uno de los bastidores del PLC, deben estar unidos mediante un cable independiente de sección adecuada, a la platina de tomas de tierra del armario. Nunca deben compartirse circuitos de tierra entre bastidores con otros componentes del sistema.

Circuitos de seguridad

Los dispositivos de parada de emergencia se instalarán con independencia del PLC, de acuerdo a la directiva para el diseño de máquinas de la Comunidad Europea 98/37/CE, para permitir la parada del sistema aún en caso de avería del mismo; en general, deben actuar sobre un contactor de maniobra que corta la alimentación a las cargas de la instalación.

Circuitos de disposición de E/S

En general, o por lo menos para los dispositivos de salida, es deseable que exista un contactor de maniobra que permita cortar la alimentación de esos elementos y que hará posible trabajar con seguridad en la puesta a punto o investigación de averías, con el PLC alimentado.

Alimentación

Se emplearán transformadores separadores de alimentación ya que proporcionan una buena protección frente a interferencias introducidas en las líneas por la conmutación de cargas importantes existentes en la instalación.

En caso de que se prevea la existencia de variaciones de tensión en la línea de alimentación que puedan superar los márgenes de trabajo especificados para el equipo, se deberá instalar transformadores estabilizadores para alimentar a los circuitos de control.

Consideraciones sobre la instalación de E/S.

Cuando se emplean dispositivos electrónicos de detección como elementos de entrada, hay que tener en cuenta la corriente residual de los mismos (sensores de 2 hilos de corriente alterna). En general, el problema se reduce a que el indicador de entrada se ilumina tenuemente, pero en ocasiones, cuando la corriente residual es elevada, o

dependiendo de los umbrales de disparo del circuito de entrada, pueden darse señales falsas.

Los circuitos de salida controlan habitualmente cargas inductivas (relés o contactores), que provocan la aparición de picos de tensión cuando se interrumpe el circuito de alimentación (descarga del circuito inductivo). Estas crestas, que pueden alcanzar varios centenares de voltios, deben ser suprimidas, ya que pueden averiar los circuitos de salida (estáticos) y provocar interferencias en todo el sistema. Los fabricantes suelen incorporar supresores de transitorios en los circuitos de los módulos de salida pero a veces no son suficientes para evitar anomalías. En el caso de los relés de estado sólido se incorporan varistores en el lado de la carga.

En general los módulos de salida incorporan circuitos de protección dimensionados adecuadamente a las características nominales de la salida (transistor, triac); sin embargo, se redunda esta protección a través de fusibles instalados en la regleta de borneras, dimensionados de acuerdo a la corriente de la carga.

Puesta a punto

Una vez montado e instalado el equipo y cargado el programa en la memoria de la CPU, hay que poner en marcha el sistema para comprobar que responde adecuadamente a la descripción de la tarea de control original, y en su caso realizar las correcciones y mejoras oportunas.

Antes de energizar, hay que hacer una serie de comprobaciones rutinarias pero importantes:

1. Comprobar que todos los componentes del PLC están en su lugar perfectamente insertados y asegurados en sus conectores.
2. Comprobar que la línea de alimentación está conectada a los correspondientes terminales de la fuente de alimentación del equipo, y que se distribuye adecuadamente a los módulos de entrada y salida.
3. Verificar que los cables de interconexión entre bastidores están correctamente instalados.
4. Verificar que los cables de conexión a periféricos están correctamente instalados.
5. Verificar que las conexiones de las borneras están firmes y corresponden al esquema de cableado.

6. Verificar que las conexiones a los módulos de E/S están firmes y corresponden al esquema de conexiones.

Previo al ensayo de funcionamiento según lo programado, hay que comprobar que los dispositivos de E/S funcionan correctamente:

- a) Con el equipo en PARO (STOP) aplicar tensión al sistema.
- b) Verificar que los indicadores de diagnóstico de la CPU reflejan una situación correcta.
- c) Comprobar que los paros de emergencia actúan correctamente.
- d) Accionar los dispositivos de entrada manualmente y verificar que su estado es registrado por el PLC; el funcionamiento se puede seguir en los indicadores de los módulos y también se puede seguir visualizando la tabla de E/S mediante un equipo de programación.

Para la comprobación de los dispositivos de salida, hay que cortar la alimentación de las cargas que pudieran dar lugar a situaciones peligrosas y verificar con el PLC en MARCHA (RUN) que las salidas se activan. Esta comprobación resulta más fácil si se utiliza un terminal de programación en el modo "forzado de E/S" para activar o desactivar las salidas una a una. En el caso del PLC Siemens S7-300, se lo realiza a través de una PC, a través del programa Step 7, previamente instalado.

Una vez finalizadas todas las comprobaciones anteriores, hay que introducir el programa en la memoria de la CPU y energizar el sistema. Se recomienda, siempre que sea posible, que las pruebas de funcionamiento se realicen por áreas, particularmente si se trata de sistemas grandes, dejando fuera de servicio los componentes de las áreas que no se prueban; esto puede realizarse cortando la alimentación de campo de los módulos de E/S o inhibiendo su funcionamiento, incluyendo las oportunas instrucciones en el programa MCR (Master Control Relay) que se eliminarán una vez concluidas las pruebas.

Verificadas y corregidas las distintas secuencias, el sistema puede arrancar en automático debiendo funcionar correctamente si todas las comprobaciones se han efectuado con éxito. Las correcciones efectuadas, tanto en la instalación como en el programa deben ser documentadas inmediatamente, y se obtendrán copias del programa definitivo.

El diseño del hardware del PLC se basará en la plataforma escalable Siemens Simatic S7-300, la cual dispone de una gran variedad de CPUs, módulos estándar y especiales para la configuración del PLC.

2.4.1 Diseño de la CPU

Se recalca que por motivo de homologación tecnológica, se planteó la solución del problema utilizando el PLC Siemens Simatic S7-300. Esta familia tiene algunas alternativas de CPU: 312, 313, 314, 315 y 317.

Las necesidades de automatización de la máquina con el PLC, se resumen a continuación:

Descripción	Requerimiento
Entradas discretas	Mayor o igual a 80
Salidas discretas	Mayor o igual a 32
Memoria de programa	Mayor o igual a 32 Kb
Temporizadores	Mayor o igual a 30
Contadores	Mayor o igual a 10
Funciones de programa	Mayor o igual a 10
Comunicación con panel de operador (OP)	Sí
Función de test y puesta en marcha	Sí

Por disponibilidad y cumplimiento de los parámetros técnicos deseados, se utiliza la CPU 313C-2 DP. Las especificaciones de la CPU seleccionada se detallan en el anexo F, Hojas de especificaciones técnicas.

2.4.2 Diseño de los módulos de entradas discretas

La máquina requiere eminentemente entradas discretas, por lo tanto, los parámetros considerados para la selección de los módulos de entradas son:

Descripción	Requerimiento
Número de entradas	70
Tipo de entrada	Para sensores PNP y contacto seco
Tensión de entrada	24 Vdc
Corriente de entrada	Menor a 10 mA
Longitud del cable	Mayor a 50 m

La familia Siemens Simatic S7-300 provee de módulos que agrupan 8, 16 ó 32 entradas discretas. Por lo tanto, se seleccionó cinco módulos de 16 entradas que cumplen con las necesidades del proyecto, y que corresponden al modelo SM 321; DI 16 x DC 24 V, cuyas características se detallan en el anexo F, Hojas de especificaciones técnicas.

2.4.3 Diseño de los módulos de salidas discretas

En lo que se refiere a las salidas discretas a utilizarse en el proyecto, los parámetros considerados para la selección de los módulos de salidas discretas son:

Descripción	Requerimiento
Número de salidas	25
Tipo de salida	Triac
Tensión de carga nominal	220 Vac
Corriente de carga	Mayor a 500 mA
Longitud del cable	Mayor a 50 m

La familia de PLCs S7-300 dispone de módulos de salida discretas de 8, 16 ó 32 salidas discretas. Por lo tanto, se seleccionó dos módulos de 16 salidas que cumplen con las necesidades del proyecto, y que corresponden al modelo SM 322; DO 16 x AC 120/230 V 1 A, cuyas características se detallan en el anexo F, Hojas de especificaciones técnicas.

2.4.4 Diseño de la fuente de alimentación del PLC

La fuente de alimentación se diseña tomando en cuenta el consumo de corriente de cada uno de los componentes del PLC, a continuación se muestra el cálculo respectivo de la corriente total:

Componente	Cantidad	Corriente (A)
CPU 313C-2 DP	1	0.9
Entradas digitales SM 321; DI 16 x DC 24 V	5	0.05
Salidas digitales SM 322; DO 16 x AC 120/230 V/1 A	2	0.4
Corriente total		1.35

Por lo tanto, se selecciona una fuente de alimentación de 24V de corriente continua con una capacidad de 5A, cuyas características se detallan en el anexo F, Hojas de especificaciones técnicas.

2.5 DISEÑO DE LA PANTALLA

Las pantallas, también conocidas como paneles de operación (OP: Operation Panel), panel de visualización (PV: Panel View), actualmente son utilizadas en procesos industriales como sustitutos de PCs, para dotar de un HMI local. Entre otros, los factores que justifican su empleo son:

- Bajo costo/beneficio.
- Robustos.
- Teclado apto para ambientes rigurosos: humedad, temperatura, polvos, etc.
- En algunos casos, incluye herramientas HMI de desarrollo.
- Puede actuar como Gateway de redes industriales.

Teniendo en cuenta los objetivos del proyecto, en cuanto al HMI local (detallado en la sección 2.10), se requiere que la pantalla reúna los siguientes parámetros:

Descripción	Requerimiento
Tipo	Gráfica a colores
Tamaño del display	Mayor a 5 plg.
Teclado	Mayor a 4 teclas o touch screen
Memoria	Mayor a 1 Mb
Puertos de comunicación	RS-232 ó RS-485
Protocolo de comunicación	MPI ó Profibus DP

Por lo tanto, se optó por el uso de la pantalla Red Lion G306 y el adaptador HMI SSW7-HMI para bus MPI, cuyas especificaciones se detallan en el anexo F, Hojas de especificaciones técnicas.

2.6 DISEÑO DE LOS PLANOS ELÉCTRICOS Y NEUMÁTICOS

El diseño de los planos eléctricos se los realizó tomando como base los planos originales de la máquina PAC600R proveídos por la fábrica CASSOLI, los cuales fueron la base inicial para el reconocimiento de las partes eléctricas y electrónicas así como para efectuar los cambios respectivos en los circuitos de control y potencia de la máquina.

Los planos eléctricos finales están divididos en trece partes:

- Circuito eléctrico de potencia, esta parte muestra las conexiones eléctricas de los elementos de potencia como son:
 - Variadores de velocidad de motores
 - Motores eléctricos
 - Resistencias calefactoras
 - Protecciones eléctricas de la máquina
 - Circuitos de alimentación auxiliar
- Emergencias y seguridades, representando a los circuitos de paros de emergencia y las seguridades de cubiertas de la máquina.

- Controladores de temperatura, representa el conexionado de los circuitos de control de los controladores de temperatura de los selladores laterales e inferior y unidad de refrigeración.
- Centrador de taca, corresponde al circuito electrónico encargado de la lógica de alimentación de polietileno a la máquina.
- Circuito eléctrico de control, es la parte principal de los planos donde se representa las conexiones eléctricas realizadas para el PLC:
 - Conexiones eléctricas a las entradas de PLC como son los sensores, botoneras y contactos auxiliares.
 - Conexiones eléctricas a las salidas del PLC, son todos los elementos de control como: bobinas de contactores, bobinas de electroválvulas, relés auxiliares; así como también las lámparas de indicación.
- Configuración del PLC, muestra la asignación y distribución eléctrica del PLC así como las conexiones de alimentación hacia el mismo.
- Tablero eléctrico de potencia y control, muestra la disposición física de todos los dispositivos de potencia y control en el tablero eléctrico de la máquina.
- Panel de control, representa a la disposición física de las botoneras, controladores de temperatura e interfaz HMI de la máquina.
- Borneras de los lados de potencia y control, es la distribución de las borneras de conexión para los componentes de potencia y control.
- Borneras (conectores), es la distribución de las borneras de conexionado entre el tablero eléctrico y la máquina.
- Ubicación de los componentes, en estos planos se representa la localización física de los diferentes componentes de la máquina, como son:
 - Sensores fotoeléctricos
 - Sensores inductivos
 - Finales de carrera
 - Motores eléctricos
 - Resistencias calefactoras y sensores de temperatura
 - Electroválvulas
 - Borneras
- Parametrización, corresponde a los parámetros principales de los dispositivos programables, que son:
 - Variador de velocidad del motor principal (DR1)
 - Variador de velocidad del motor debobinador de polietileno (DR2)
 - Controlador de temperatura resistencias laterales derechas (u4)
 - Controlador de temperatura resistencias laterales izquierdas (u5)
 - Controlador de temperatura resistencia inferior (u6)

- Lista de componentes, es el listado de todos los componentes eléctricos y electrónicos utilizados en la máquina.

Los planos eléctricos de la máquina se muestran en el anexo B, Planos eléctricos.

Los planos neumáticos de la máquina muestran las conexiones de los elementos neumáticos, siendo sus partes:

- Control neumático de la máquina, se indica el control neumático del sistema de aspiradores y cilindros de la máquina.
- Intercambiador 5 a 3, muestra las conexiones neumáticas del sistema intercambiador de 5 a 3 canales de papel.
- Ubicación de los elementos neumáticos, es la disposición física de los elementos neumáticos sobre un diagrama de vista superior de la máquina.
- Lista de componentes, muestra la asignación y descripción de los componentes neumáticos.

2.7 DISEÑO DEL SOFTWARE DE CONTROL

Partiendo de la estructura de programación de los PLCs de la familia Siemens Simatic S7-300 que emplea el software STEP 7, se tiene tres formas de programación:

- KOP, o diagrama de contactos en escalera o ladder. Se aplica cuando el desarrollador está familiarizado con diagramas eléctricos.
- FUP, o diagrama de funciones lógicas, utilizan la estructura compatible con la programación gráfica.
- AWL, corresponde a la programación mediante la escritura de código o nemónico compatible con el lenguaje ensamblador propio del procesador. Cabe anotar que, algunas secuencias de operaciones que no se pueden realizar en KOP o FUP, es posible solamente en AWL.

Para el desarrollo del software de control del presente proyecto se empleó el lenguaje de diagrama de contactos (KOP) por ser la técnica de programación más compatible con los circuitos de control industrial caracterizados por el predominio de señales discretas de entrada y salida.

Para la mejor comprensión del software de control del PLC, se divide en las siete funciones:

2.7.1 Alarmas

La función Alarmas de la máquina se encarga de la gestión de las condiciones de emergencia que pudieran provocarse durante el funcionamiento de la máquina, para lo cual la lógica de control se muestra en la figura 2.2.

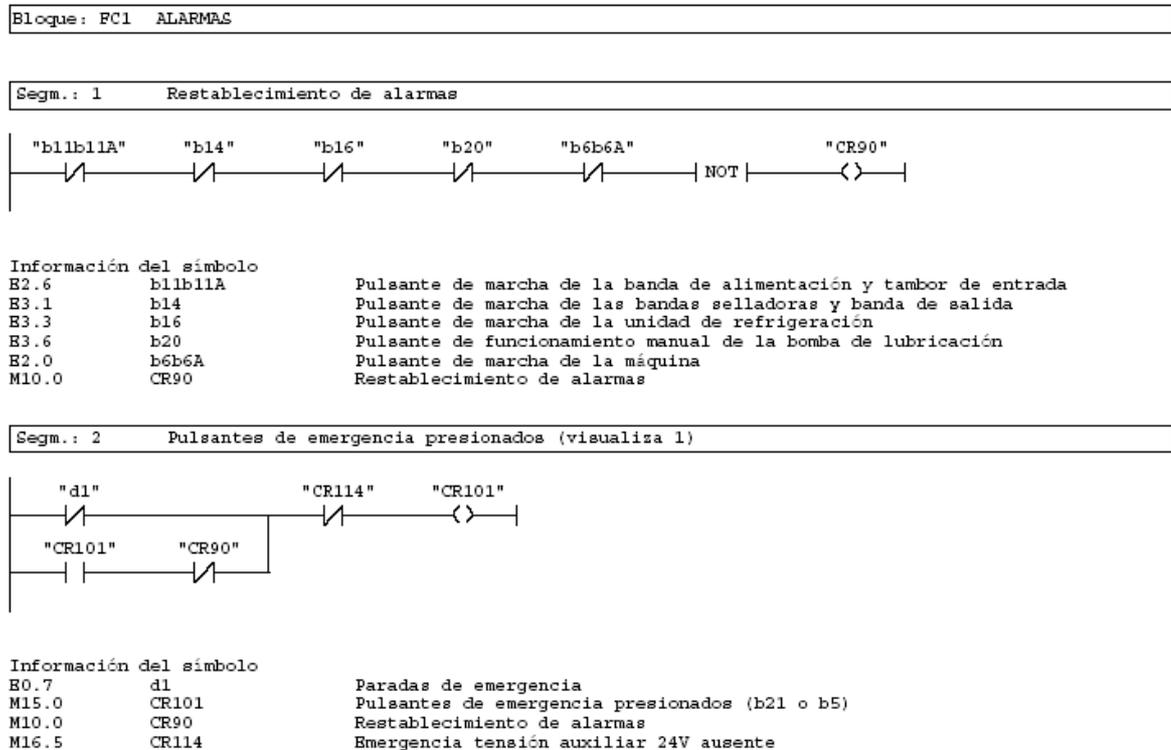


Figura 2.2 Lógica para la gestión de emergencias de la máquina

La marca auxiliar ("CR90") restablece la condición de emergencia, siempre y cuando la causa que la originó haya cesado. La activación de esta marca responde a la acción física sobre uno de los pulsadores de arranque de los motores o de la bomba de lubricación de la máquina.

Cada una de las emergencias gestionadas en la función activan una marca auxiliar diferente, que es monitoreada en el HMI de la máquina.

De acuerdo a la emergencia suscitada, el programa conduce a la máquina a un estado seguro para las personas que operan la máquina.

El detalle de esta función se muestra en el anexo D, Listado del programa del PLC: FC1 "ALARMAS"

2.7.2 Intercambiador

Esta función es la encargada del funcionamiento del intercambiador de 5 a 3 rollos de papel de alimentación a la máquina, la cual consta de dos partes importantes:

La primera, es la generación de los tiempos de apertura y cierre de los canales 1 - 4 y de los canales 2 - 5, realizado con dos temporizadores de 10 segundos, para la apertura y cierre de los canales respectivamente.

La segunda corresponde a la apertura del canal de papel, bajo las siguientes condiciones:

- Presencia de rollos de papel en una sección determinada de la banda transportadora, para lo cual se emplean sensores fotoeléctricos.
- Tiempo de apertura correspondiente para dicho canal.

Por el contrario, si las condiciones no se satisfacen, el canal de rollos de papel no se abrirá, continuando el canal de papel contiguo en la condición de apertura.

La función completa es mostrada en el anexo D, Listado del programa del PLC: FC2 "INTERCAMBIADOR"

2.7.3 Alimentación de rollos

Esta función se encarga del funcionamiento de la máquina en los siguientes aspectos:

- Encendido y apagado de la banda de alimentación de rollos de papel hacia la máquina y tambor de entrada.
- Comandos de bloqueo y desbloqueo de alimentación de rollos hacia la máquina. Se ejecuta el desbloqueo (permite ingreso rollos) cuando se satisfacen las siguientes condiciones:
 - Presencia de rollos en la banda de alimentación de entrada.
 - Salida de producto no acumulada en la banda de salida.
 - Presencia de bobina de polietileno.
 - Operación de la máquina en modo automático.

En cambio, cuando una de estas condiciones no se cumple se establecerá automáticamente el comando de bloqueo de alimentación de rollos.

Además, mientras la máquina se opera en modo automático y no existe presencia de rollos en la banda de alimentación, se ejecutará el bloqueo de rollos una vez que haya terminado la secuencia de empacado completa, sin embargo, el motor principal de la máquina continúa girando. Cuando se restablezca la presencia de rollos se iniciará una nueva secuencia de empacado automáticamente.

Esta función se muestra en el anexo D, Listado del programa del PLC: FC3 "ALIMENTACION ROLLOS"

2.7.4 Plegado, sellado y refrigeración

Esta función se encarga del proceso mismo de empaçado y consta de las siguientes partes:

- Plegado del material de empaçado. Esta secuencia inicia con la verificación de presencia de rollos de papel en la bandeja de entrada en un instante indicado por la activación del sensor de fase de inicio de debobinado de polietileno, permitiendo el ingreso del producto de empaque (polietileno) hacia la máquina, activando el variador de velocidad del motor de polietileno y el sistema de alimentación del producto de empaque.

Cuando el material de empaçado ha ingresado a la máquina, éste es mantenido sobre una superficie con orificios a través de una bomba de vacío.

En el transcurso normal de plegado se requiere de tres aspiraciones controladas por electroválvulas neumáticas, activadas mediante las señales de los sensores del túnel de levas.

- Bandas selladoras, banda de salida y unidad de refrigeración. Cuando los pliegues del paquete han sido completados es necesario sellarlo, para lo cual el paquete circula a través de bandas selladoras.

Las bandas selladoras y banda de salida se encienden simultáneamente a través del mismo pulsador, mientras que la parada de las mismas obedece a secuencias diferentes a través del mismo pulsador. Así, las bandas selladoras se detendrán después de 60 minutos de haber sido dada la orden, con la finalidad de preservar la integridad de las bandas de teflón, mientras que la banda de salida se detiene instantáneamente.

La unidad de refrigeración necesita de una orden de encendido a través de un pulsador de arranque, mientras que los ciclos de activación obedecen al controlador de temperatura respectivo y de los presóstatos del compresor de la unidad de refrigeración.

- Sellador inferior. Manejado por un pistón comandado por una electroválvula de doble accionamiento eléctrico, éste sellará la parte inferior antes de que el paquete ingrese a las bandas selladoras laterales. Su activación es a través de un sensor del túnel de levas.

La función es detallada en el anexo D, Listado del programa del PLC: FC4 "PLEGADO, SELLADO Y REFRIGERACIÓN "

2.7.5 Motor Principal

La activación del motor principal se encuentra supeditada a las condiciones de un Master Control Relay (MCR) que son:

- Pulsantes de emergencia
- Cubiertas abiertas
- Sobrecarga en el motor principal
- Ausencia de tensión auxiliar de 24V
- Error en el variador de velocidad

Dentro de este MCR se encuentra la lógica de control para el comando de arranque del variador de velocidad motor principal dependiendo de dos tipos de emergencias para su activación:

- Emergencias de parada de la máquina. Estas provocan la parada de la máquina cuando se encuentra en modo automático, sin embargo, permiten el funcionamiento modo manual. Estas emergencias son:
 - Presión de aire anormal
 - Polietileno arrugado
 - Acumulación de rollos en la alimentación
 - Fin de bobina de polietileno
 - Soporte de producto atascado
 - Control de rollos de alimentación incorrecto
 - Sobrecarga del motor debobinador de polietileno
 - Bandas selladoras detenidas
- Emergencias que no permiten arrancar la máquina. Estas emergencias provocan la parada de la máquina cuando se encuentra en modo automático o manual, es decir, no permiten el arranque del motor principal. Dichas emergencias son:
 - Fricción en el embrague principal
 - Fricción en la transmisión superior

- Transmisión derecha atascada
- Transmisión izquierda atascada

La función se detalla en el anexo D, Listado del programa del PLC: FC5 "MOTOR PRINCIPAL"

2.7.6 Lubricación

La lubricación de la máquina es realizada mediante una bomba de aceite que es manejada mediante una electroválvula que permite la activación y sigue los siguientes periodos:

- Tiempo parcial de parada de la bomba de aceite: 120 minutos
- Tiempo de lubricación de la máquina: 2 minutos

La función es mostrada en el anexo D, Listado de programa del PLC: FC6 "LUBRICACIÓN"

2.7.7 Datos de producción

Para obtener los datos de producción de la máquina, consistente en la velocidad instantánea en paquetes/minuto y la velocidad promedio, que corresponde al número de paquetes producidos en cada turno de trabajo de ocho horas; se utiliza la señal del sensor fotoeléctrico FC1, que detecta los rollos de alimentación a la entrada y la condición de que la máquina esté en movimiento, que es la señal de habilitación del variador de velocidad del motor principal de la máquina. Esta última condición es esencial, dado que si la máquina se detiene estando los rollos frente al sensor FC1, los datos del contador de paquetes se incrementarían. Estos estados son convertidos a señales de flanco para evitar que los datos sean erróneos, a través de temporizadores. En una marca interna de memoria se almacena el número de paquetes, la misma que será tomada por la pantalla Red Lion G306, donde se calcula la velocidad instantánea y la velocidad promedio. El número de paquetes por turno de trabajo se resetea automáticamente a las 06h00, 14h00 y 22h00, que es el tiempo de inicio de cada turno. Los datos de cada turno permanecen almacenados en tres variables diferentes, para que se pueda observar los datos de producción de un día completo de trabajo.

En el anexo D, Programa PLC, FC7 "DATOS DE PRODUCCIÓN", se detalla completamente el listado de instrucciones.

2.8 PARAMETRIZACIÓN DE LOS VARIADORES DE VELOCIDAD²⁸

2.8.1 Variador de velocidad del motor principal

En síntesis, los requerimientos de funcionamiento del motor principal de la máquina son:

1. Control vectorial libre de sensor (sensorless)
2. Funcionamiento Gira/Para
3. Referencia de velocidad analógica con potenciómetro
4. Parada de emergencia por cualquier error
5. Referencia para el motor debobinador de polietileno

Para el efecto, el variador utilizado WEG CFW-09, detallado en la sección 2.3.4.1, se parametrizó como se indica en la tabla 2.16.

2.8.2 Variador de velocidad del motor debobinador de polietileno

Los requerimientos de funcionamiento del motor debobinador de polietileno son:

1. Control vectorial libre de sensor (sensorless)
2. Funcionamiento Gira/Para
3. Referencia de velocidad analógica dependiente de la velocidad del motor principal de la máquina
4. Parada de emergencia por cualquier error

Para el efecto, el variador utilizado WEG CFW-09, detallado en la sección 2.3.4.2, se parametrizó como se muestra en la tabla 2.17.

²⁸ WEG, "Convertidores de Frecuencia CFW 09 Vectrue Technology. Guía del Usuario", Brasil, 2004

Tabla 2.16 Parámetros del variador de velocidad del motor principal de la máquina

Parámetro		Descripción	Valor
Regulación	P100	Tiempo aceleración	5 s
	P101	Tiempo desaceleración	2 s
Límites de velocidad	P133	Referencia de velocidad mínima	90 rpm
	P134	Referencia de velocidad máxima	1750 rpm
Límites corriente	P156	Corriente sobrecarga 100%	8,7 A
	P157	Corriente sobrecarga 50%	7,1 A
	P158	Corriente sobrecarga 5%	4,0 A
Regulación velocidad	P161	Ganancia proporcional	6,000
	P162	Ganancia integral	0,039
Regulación corriente	P167	Ganancia proporcional	0,740
	P168	Ganancia integral	0,015
Regulación flujo	P175	Ganancia proporcional	3,000
	P176	Ganancia integral	0,076
Configuración	P202	Tipo de control	3=Vectorial sensorless
	P209	Detección de falta de fase en el motor	1=Activa
	P211	Corriente de magnetización	1=Inactiva
Definición Local/Remoto	P220	Selección local/remoto	3=HMI (R)
	P221	Selección referencia local	0=HMI (teclas)
	P222	Selección referencia remoto	1=A11
	P223	Selección giro local	0=Horario
	P224	Gira/Para local	0=Teclas [I] y [O]
Entradas analógicas	P234	Ganancia entrada A11	1.000
	P235	Señal entrada A11	0=0..10V/0...20mA
	P236	Offset entrada A11	0.0%
Salidas analógicas	P251	Función salida A11	2=Velocidad real
Entradas digitales	P263	Función entrada DI1	1=Gira/Para
Salidas digitales	P277	Función relé RL1	25=Con error
Datos convertidor	P295	Corriente nominal	8=16 A
	P296	Tensión nominal	1=380 V
	P297	Frecuencia de conmutación	2=5.0 KHz
Parámetros motor	P400	Tensión nominal del motor	440 V
	P401	Corriente nominal del motor	7,9 A
	P402	Velocidad nominal del motor	1740 rpm
	P403	Frecuencia nominal del motor	60 Hz
	P404	Potencia del motor	8=3,7 Kw
	P406	Ventilación del motor	0=Autoventilado
Parámetros medidos	P408	¿Auto ajuste?	1=Sin Girar(*) 0=No
	P409	Resistencia estator (Rs)	1,864
	P410	Corriente magnetización (Imr)	3,6 A
	P411	Inductancia dispersión (LS)	14,4 mH
	P412	Constante Lr/Rr	0,226 s
	P413	Constante Tm	0,06 s

Tabla 2.17 Parámetros del variador de velocidad del motor debobinador de polietileno

Parámetro		Descripción	Valor
Regulación	P100	Tiempo aceleración	0.3 s
	P101	Tiempo desaceleración	0.5 s
Límites de velocidad	P133	Referencia de velocidad mínima	90 rpm
	P134	Referencia de velocidad máxima	1670 rpm
Límites corriente	P156	Corriente sobrecarga 100%	1.4 A
	P157	Corriente sobrecarga 50%	1.2 A
	P158	Corriente sobrecarga 5%	1.1 A
Regulación velocidad	P161	Ganancia proporcional	6,000
	P162	Ganancia integral	0,039
Regulación corriente	P167	Ganancia proporcional	0,750
	P168	Ganancia integral	0,028
Regulación flujo	P175	Ganancia proporcional	3,000
	P176	Ganancia integral	0,024
Configuración	P202	Tipo de control	3=Vectorial Sensorless
	P209	Detección de falta de fase en el motor	0=Inactiva
	P211	Corriente de magnetización	1=Inactiva
Definición Local/Remoto	P220	Selección Local/Remoto	3=HMI (R)
	P221	Selección referencia local	0=HMI (teclas)
	P222	Selección referencia remoto	1=A11
	P223	Selección giro local	2=HMI (Horario)
	P224	Gira/Para local	0=Teclas [I] y [O]
Entradas analógicas	P234	Ganancia entrada A11	0.450
	P235	Señal entrada A11	0=0..10V/0...20mA
	P236	Offset entrada A11	0.0%
Entradas digitales	P263	Función entrada DI1	1=Gira/Para
Salidas digitales	P277	Función relé RL1	25=Con Error
Datos convertidor	P295	Corriente nominal	2=5.5 A
	P296	Tensión nominal	3=440 V/460 V
	P297	Frecuencia de conmutación	2=5.0 KHz
Parámetros motor	P400	Tensión nominal del motor	440 V
	P401	Corriente nominal del motor	1.3 A
	P402	Velocidad nominal del motor	1660 rpm
	P403	Frecuencia nominal del motor	60 Hz
	P404	Potencia del motor	2=0.55 Kw
	P406	Ventilación del motor	0=Autoventilado
Parámetros medidos	P408	¿Auto ajuste?	1=Sin Girar(*) 0=No
	P409	Resistencia estator (Rs)	17,200
	P410	Corriente magnetización (Imr)	0,6 A
	P411	Inductancia dispersión (LS)	0,96 mH
	P412	Constante Lr/Rr	0,073 s
	P413	Constante Tm	0,01 s

2.9 PARAMETRIZACIÓN DE LOS CONTROLADORES DE TEMPERATURA

La máquina empacadora Cassoli PAC600R dispone de cuatro lazos de control de temperatura para:

1. Sellado inferior
2. Sellador lateral izquierdo
3. Sellador lateral derecho
4. Unidad de refrigeración

La acción correctiva se lleva a cabo a partir de sendos controladores de temperatura, que en forma independiente realizan el control al valor de referencia (PV) fijado de acuerdo al proceso. En las siguientes tablas 2.18, 2.19 y 2.20 se muestra la parametrización para cada uno de los controladores.

Tabla 2.18 Parámetros del controlador de temperatura del sellador inferior

Parámetro	Descripción	Valor	Detalle	
Primer grupo	SU-2	Ajuste SV-2	0	
	AL1	Alarma evento 1	20 °C	Desviación sobre y bajo el SV
	AHYS	Histéresis de alarma	1 °C	Con respecto al SV
	P	Banda proporcional	48.7 %	<i>Valores calculados internamente con la función Autotuning</i>
	I	Tiempo integral	165 s	
	d	Tiempo derivativo	41 s	
	t	Período de control	40 s	
	In-b	Corrección entrada 1	0	Compensación del sensor
	REST	Restablecimiento manual	0.0	<i>No aplicable en control PID</i>
	LoC	Tecla de seguro	OFF	Permitir cambio del SV
Segundo grupo	In-t	Modo sensor de temperatura	TCCH	Termopar tipo T (-200 a 400 °C)
	EU-1	Evento 1	AL-3	Alarma desviación alto/bajo
	EU-2	Evento 2	AL-0	Salida sin alarma
	AL-t	Modo de alarma	AL-A	Alarma general
	At.t	Autotuning	tun1	Función Autotuning realizada cuando PV alcanza por primera vez SV PID Slow
	PIdt	Modo de control PID	PIdS	
	o-Ft	Modo calentamiento & enfriamiento	HEAt	Calentamiento o acción directa
	Uni t	Modo unidad	°C	Grados celsius
	H-SC	Escala límite superior	200 °C	
	L-SC	Escala límite inferior	0 °C	
	Ramp	Función rampa	OFF	Inactiva
		LoC	Modo seguro	OFF
Ajuste	SV	Valor del setpoint (Setting value)	180 °C	

Tabla 2.19 Parámetros del controlador de temperatura del sellador lateral izquierdo

Parámetro	Descripción	Valor	Detalle	
Primer grupo	SU-2	Ajuste SV-2	0	
	AL1	Alarma evento 1	20 °C	Desviación sobre y bajo el SV
	AHYS	Histéresis de alarma	1 °C	Con respecto al SV
	P	Banda proporcional	6.8 %	<i>Valores calculados internamente con la función Autotuning</i>
	I	Tiempo integral	366 s	
	d	Tiempo derivativo	47 s	
	t	Período de control	40 s	
	In-b	Corrección entrada 1	0	Compensación del sensor
	REST	Restablecimiento manual	0.0	<i>No aplicable en control PID</i>
Segundo grupo	LoC	Tecla de seguro	OFF	Permitir cambio del SV
	In-t	Modo sensor de temperatura	JICH	Termopar tipo J (0 a 800 °C)
	EU-1	Evento 1	AL-3	Alarma desviación alto/bajo
	EU-2	Evento 2	AL-0	Salida sin alarma
	AL-t	Modo de alarma	AL-A	Alarma general
	At.t	Autotuning	tun1	Función Autotuning realizada cuando PV alcanza por primera vez SV PID Slow
	PIdt	Modo de control PID	PIdS	
	o-Ft	Modo calentamiento & enfriamiento	HEAt	Calentamiento o acción directa
	Uni t	Modo unidad	°C	Grados celsius
	H-SC	Escala límite superior	400 °C	
	L-SC	Escala límite inferior	0 °C	
	Ramp	Función rampa	OFF	Inactiva
LoC	Modo seguro	OFF	Los datos pueden ser cambiados	
Ajuste	SV	Valor del setpoint (Setting value)	350 °C	

Tabla 2.20 Parámetros del controlador de temperatura del sellador lateral derecho

Parámetro	Descripción	Valor	Detalle	
Primer grupo	SU-2	Ajuste SV-2	0	
	AL1	Alarma evento 1	20 °C	Desviación sobre y bajo el SV
	AHYS	Histéresis de alarma	1 °C	Con respecto al SV
	P	Banda proporcional	6.8 %	<i>Valores calculados internamente con la función Autotuning</i>
	I	Tiempo integral	366 s	
	d	Tiempo derivativo	47 s	
	t	Periodo de control	40 s	
	In-b	Corrección entrada 1	0	Compensación del sensor
	REST	Restablecimiento manual	0.0	<i>No aplicable en control PID</i>
	LoC	Tecla de seguro	OFF	Permitir cambio del SV
Segundo grupo	In-t	Modo sensor de temperatura	JICH	Termopar tipo J (0 a 800 °C)
	EU-1	Evento 1	AL-3	Alarma desviación alto/bajo
	EU-2	Evento 2	AL-0	Salida sin alarma
	AL-t	Modo de alarma	AL-A	Alarma general
	At.t	Autotuning	tun1	Función Autotuning realizada cuando PV alcanza por primera vez SV
	Pldt	Modo de control PID	PldS	PID Slow
	o-Ft	Modo calentamiento & enfriamiento	HEAt	Calentamiento o acción directa
	Uni t	Modo unidad	°C	Grados celsius
	H-SC	Escala límite superior	400 °C	
	L-SC	Escala límite inferior	0 °C	
	Ramp	Función rampa	OFF	Inactiva
	LoC	Modo seguro	OFF	Los datos pueden ser cambiados
Ajuste	SV	Valor del setpoint (Setting value)	240 °C	

2.10 DISEÑO DE LAS INTERFACES HMI

Uno de los objetivos planteados en este proyecto, es el de crear HMIs para la máquina, que brinden las siguientes funciones:

- Visualización del estado de funcionamiento de la máquina, a través del estado de los sensores.
- Indicación y gestión de alarmas: tiempo en el que se produjo, aceptación. Esta función permitirá detectar y corregir rápidamente tales eventos.
- Generar información de producción, tales como: número de paquetes por turno, velocidad en paquetes/minuto.

Para el efecto, empleando la pantalla Red Lion G306, que incluye el software de desarrollo Crimson 2.0, se han diseñado las páginas respectivas, de conformidad con los operadores y el Departamento de Mantenimiento Eléctrico y Servicios Especiales.

Para el diseño de las interfaces HMI, se utilizó la metodología empleada en la programación visual, que consiste en los siguientes pasos:

1. Diseño de las interfaces gráficas de cada página, utilizando botones, íconos, y figuras que ayuden a deducir y facilitar la operación. Además, de acuerdo a los principios de la ingeniería de la usabilidad, que recomienda entre otros aspectos: utilizar colores de fondo de tonos pasteles, no exagerar el uso de colores, controles e imágenes, incluir solo la información necesaria y estandarizar los botones de comando en todas las páginas.
2. Vincular los controles con las variables de control internas y provenientes del PLC, comúnmente conocidas como tags internas y externas, respectivamente.
3. Incluir las líneas de código que sean necesarias para las interfaces HMI. Se debe tener muy claro, que éstas no deben incluir por ningún motivo líneas de programa que sean parte de la lógica de control del proceso, aún cuando esto sea posible. El paradigma de un HMI correcto, es que la máquina debe funcionar aún cuando el HMI se encuentre fuera de funcionamiento. En cambio, si es válido incluir acciones de parametrización y encendido/apagado, cuya lógica será validada por el controlador del proceso.

2.10.1. Página principal

La página principal está diseñada para contener el menú de entrada al HMI, considerando cuatro aspectos primordiales:

1. Estado de funcionamiento de la máquina
2. Alarmas
3. Datos de producción
4. Ajustes de la pantalla

Adicionalmente se presentará la fecha, hora y el logo de la empresa. Aprovechando las característica touch screen, se tiene la posibilidad de redundancia para el acceso a los menús desde los pulsadores de la pantalla. Ver figura 2.3.



Figura 2.3 Página principal

2.10.2. Páginas de estado

Uno de los objetivos del HMI es visualizar el estado de funcionamiento de los componentes sensores, actuadores y dispositivos de mando de la máquina. Para el efecto, se relaciona cada objeto con su respectivo tag, vinculando una imagen cuando el estado de la variable discreta es OFF y otra para el estado ON. Las figuras son idénticas, cambiando únicamente el color, aspecto que finalmente brinda el efecto visual de encendido/apagado, de acuerdo al estado real del componente monitoreado. Los controles se ubican sobre una plantilla de la vista superior de la máquina, que además sugieren la ubicación real de los elementos. Se diseñaron cinco pantallas que agrupan por categorías los siguientes componentes:

1. Sensores fotoeléctricos

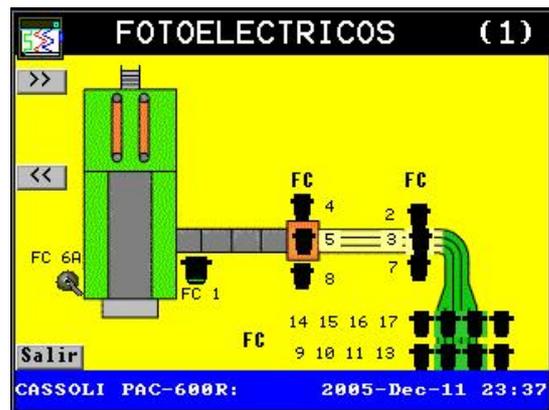


Figura 2.4 Sensores fotoeléctricos

2. Sensores inductivos

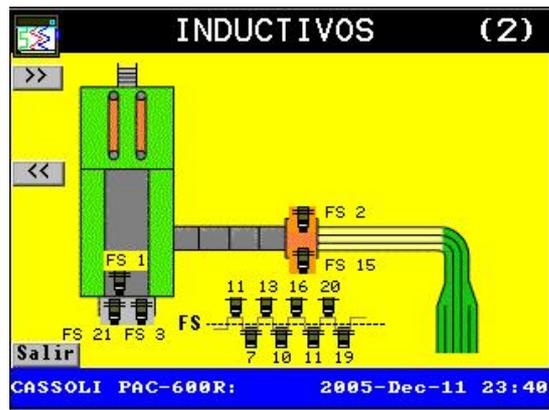


Figura 2.5 Sensores inductivos

3. Limit switches y botoneras

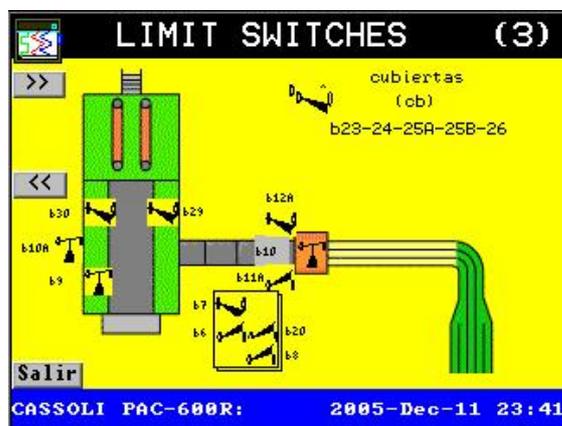


Figura 2.6 Limit switches y botoneras

4. Motores eléctricos

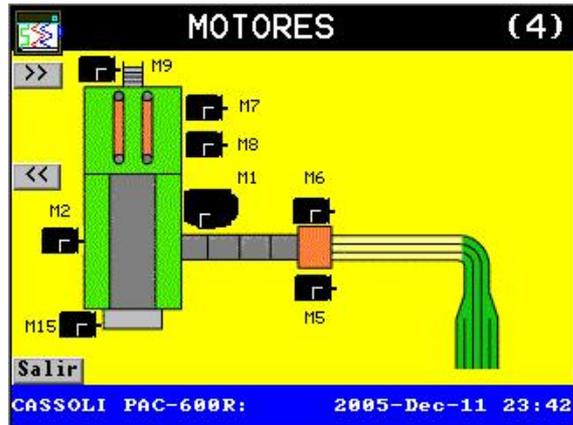


Figura 2.7 Motores eléctricos

5. Electroválvulas

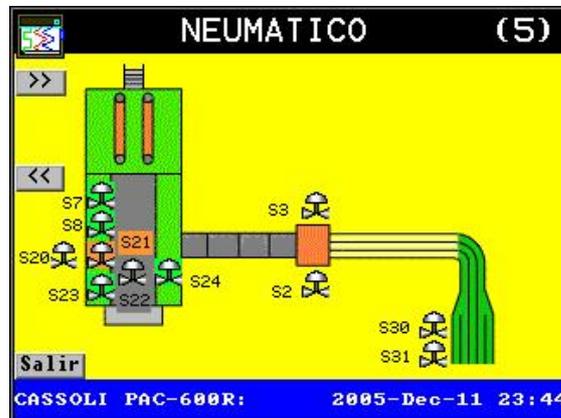


Figura 2.8 Electroválvulas

2.10.3. Página de alarmas

Uno de los aspectos elementales de un HMI es el de proporcionar información acerca de las alarmas suscitadas durante el funcionamiento de la máquina. Las diferentes alarmas fueron programadas dentro del PLC, mientras que la pantalla invoca aquellas pertinentes, mediante la creación de tags asociados a las variables internas del PLC.

Dado que las alarmas proceden de variables discretas, la activación y presentación en la pantalla sucede cuando el estado de dichas variables pasa a un estado de encendido.



Figura 2.9 Página de alarmas

También ha sido configurada la presentación automática de esta página, desde cualquier otra, cuando un evento de alarma se produzca en la máquina. En la figura 2.9 se puede apreciar el aspecto de esta página.

Las alarmas producidas se presentan por orden de aparición, con la fecha y hora, se observará una leyenda del origen de la alarma y del nemónico del sensor y/o protección que ha detectado este evento, que coincide con la simbología de los planos eléctricos. Una vez que se repare la causa de la alarma, se presiona la tecla Aceptar, si la leyenda de la alarma no desaparece, significa que la causa del error todavía no ha sido reparada. Para los fines consiguientes, se ha diseñado una página de ayuda, estilo Popup, que detalla el uso de la página de alarmas. Ver figura 2.10.



Figura 2.10 Página de ayuda de alarmas

2.10.4. Página de datos de producción

Uno de los aspectos fundamentales que justifican el uso de una pantalla o panel de operación, es la posibilidad de recoger datos de producción de la máquina y calcular

parámetros útiles para el Departamento de Producción, donde se requiere establecer varios índices de rendimiento.

Los parámetros obtenidos y presentados en sendas pantallas (Ver figuras 2.11 y 2.12) son:

1. Número de paquetes. Corresponde a los paquetes que llegan a la banda de salida de la máquina. El algoritmo sencillamente es un contador almacenado en una variable de datos enteros sin signo de 32 bits, que es incrementada por la presencia de rollos sensada en la bandeja de entrada y la condición de que la máquina esté en movimiento.
2. Paquetes/minuto. Es la velocidad de la máquina reflejada en unidades de producción por minuto. Este parámetro es directamente proporcional a la velocidad del motor principal de la máquina. El algoritmo se basa en disparar un temporizador de 30 segundos, tiempo en el cual se cuenta el número de paquetes. El resultado en paquetes/minuto será el valor anterior multiplicado por 2.



Figura 2.11 Página de datos de producción

3. Número de paquetes por turno. Esta información es un indicador del rendimiento del proceso para cada turno de trabajo de 8 horas diarias, conocidos como: Turno 1, de 06H00 a 14H00; Turno 2, de 14H00 a 22H00, y Turno 3, de 22H00 a 06H00. Estos datos se almacenan bajo la columna correspondiente a cada turno, permitiendo adicionalmente hacer un balance de producción en los últimos tres turnos.
4. Paquetes/minuto promedio. Es la velocidad promedio que se obtiene mediante la relación del número de paquetes por turno dividido para el tiempo equivalente en minutos de 8 horas.
5. Tiempo de apagado de la máquina. Se indica la sumatoria de tiempo en minutos que la máquina ha pasado detenida. Este parámetro permite constatar el desempeño de

la máquina e indirectamente de la línea de producción, ya que la máquina puede detenerse eventualmente por paros operacionales o fallas en máquinas precedentes.

6. Número de alarmas. Es un contador del número de alarmas producidas en cada turno. Se obtiene sumando todos los eventos de alarmas, con la finalidad de poder diagnosticar el estado mecánico y eléctrico de la máquina.



Figura 2.12 Página de resumen de producción por turnos

2.10.5. Página de configuración

Esencialmente son dos parámetros que se configuran en la pantalla: brillo y contraste. Para el efecto se utilizan botones que permiten incrementar o decrementar los parámetros mencionados. Ver figura 2.13

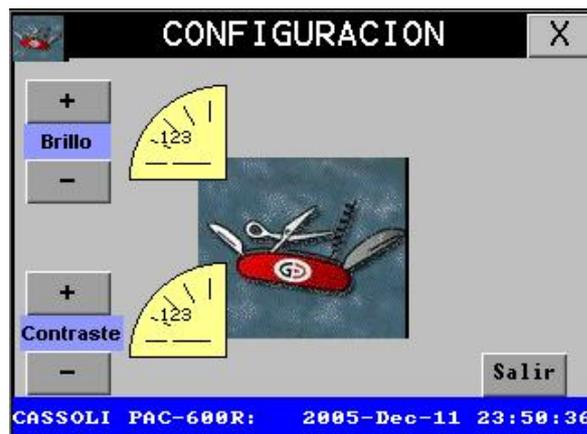


Figura 2.13 Página de configuración de la pantalla

2.10.6. Página de autores

Es una pantalla sencilla que incluye la información de los autores del proyecto. Ver figura 2.14.



Figura 2.14 Página de información de los autores

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.1 DETALLES DE CONSTRUCCIÓN

El equipo diseñado fue implementado en base al principio de la máxima reutilización de componentes de la máquina Cassoli PAC 600R.

Los componentes residen en un gabinete metálico industrial doble, que al mismo tiempo sirve de panel frontal de visualización del estado de la máquina y de algunas acciones elementales de operación, ocupando un espacio físico, cuyas dimensiones son:

Ancho:	150 cm.
Altura:	105 cm.
Profundidad:	75 cm.

Los parámetros físicos y eléctricos del proyecto son:

Tensión de alimentación:	440 Vac (trifásica)
Frecuencia:	60 Hz
Altitud:	2900 m.s.n.m.

En la figura 3.1, se puede apreciar el tablero de control de la máquina.



Figura 3.1 Vista general del tablero de control

Por consideraciones técnicas, en una sección del tablero, se alojan los dispositivos de control: PLC. variadores de velocidad del motor principal y del debobinador de polietileno, respectivamente, relés auxiliares y las borneras de conexión. Ver figura 3.2.



Figura 3.2 Vista interior de los dispositivos de control

En la figura 3.3 se puede apreciar la otra sección del gabinete metálico, que aloja, en primera fila a los dispositivos de protección, tales como: guardamotores, interruptores termomagnéticos y bases portafusibles, todos montados sobre una riel DIN 35 mm. En segunda fila, se ubican los contactores de fuerza y relés de estado sólido que controlan a los actuadores de la máquina. En la parte inferior se ubican las borneras de conexión, numeradas con marquillas tipo anillo, de acuerdo al diseño de los planos eléctricos.



Figura 3.3 Vista interior de los componentes de fuerza

En la parte superior del gabinete metálico se ubican los dispositivos de mando, luces piloto, controladores de temperatura y la pantalla; que en conjunto permiten la visualización del estado de la máquina. Ver figura 3.4



Figura 3.4 Dispositivos de mando y control del panel frontal de la máquina

Cerca del alimentador de rollos, se encuentran dos paneles, que contienen los pulsadores de marcha y paro del motor principal, selector de modo manual/automático, pulsador para lubricación y una parada de emergencia. Ver figura 3.5.



Figura 3.5 Paneles de operador de la sección de empacado

El trabajo con máquinas rotativas implica que las condiciones de seguridad para los operadores, sea un parámetro de prioridad en el diseño de la máquina. En efecto, se han implementado seguridades para que la integridad física del personal no corra riesgos, tales como: ingreso voluntario o involuntario de las manos en los mecanismos de rotación interna. También se incluyen protecciones que están orientadas a preservar la integridad de la máquina, evitando que la misma opere en situaciones anómalas, tales como: rollos trabados, polietileno arrugado, etc. En las figuras 3.6 y 3.7 se indica dichas protecciones:



a) Cubiertas laterales



b) Cubierta motor principal

Figura 3.6 Protecciones de las cubiertas



a) Transmisión lateral derecha



b) Soporte de producto



c) Polietileno arrugado

Figura 3.7 Protecciones para preservar la máquina

El proceso de alimentación de rollos, comienza en la banda transportadora de las máquinas precedentes, LAWTON 1-5, teniendo la capacidad de alimentar a través de cinco canales. Dado que, la máquina empacadora del presente proyecto, está diseñada físicamente para recibir tres canales de alimentación, la sección denominada Intercambiador 5/3, enruta los rollos por tres canales que conducen al alimentador de rollos de la máquina. En las figura 3.8.a y 3.8.b se indican los sensores fotoeléctricos de los cuatro canales de alimentación, mientras que en la figura 3.9 se muestran los actuadores neumáticos que efectúan el enrutamiento de los rollos.



a) Sensores de entrada



b) Sensores junto al intercambiador

Figura 3.8 Sensores fotoeléctricos del intercambiador 5/3



Figura 3.9 Intercambiador 5/3

En la figura 3.10 se ilustra el tablero neumático para el Intercambiador 5/3.

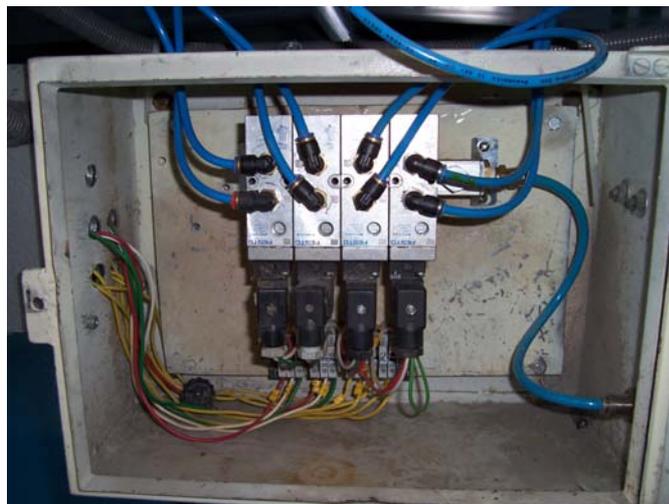


Figura 3.10 Tablero neumático del intercambiador 5/3

Cuando hace falta rollos en la bandeja de entrada de la máquina Cassoli PAC 600R, en el diseño original, el operador tenía que presionar el pulsador de paro de la máquina ubicado en los dos paneles de control, sin embargo, la región de operación de la máquina cubre un área de aproximadamente 25 m², desgastaba físicamente al operador. En el diseño actual, a través de los tres sensores fotoeléctricos ubicados antes de la bandeja de entrada y por la lógica de programación implementada, el proceso de bloqueo/desbloqueo de la alimentación de rollos es automático. Ver figura 3.11



Figura 3.11 Sensores fotoeléctricos para el bloqueo/desbloqueo del alimentador de rollos

El proceso de desbobinado de polietileno, que incluye como actuador un motor-reductor, barra antiestática, freno y sensores, se indican en las figuras 3.12 y 3.13.



Figura 3.12 Debobinador de polietileno



Figura 3.13 Barra antiestática y freno del debobinador

La formación de los pliegues para el empacado se lo efectúa mecánicamente a través de la secuencia de movimientos correspondiente. Ver figura 3.14



Figura 3.14 Formación de pliegues

El túnel o programador de levas que fue implementado con sensores inductivos PNP y NPN, constan en la figura 3.15.



Figura 3.15 Túnel de levas

El proceso de sellado en las bandas de teflón precalentadas, forman el paquete de rollos. Ver figura 3.16.

Adicionalmente, la máquina dispone de una unidad de refrigeración que se localiza al final de las bandas selladoras, para que por el efecto físico de choque térmico, mejore las condiciones de sellado. El control de esta unidad está implementado en el proyecto, pero no se utiliza porque el Departamento de Producción, no estima conveniente. Ver figura 3.17.



Figura 3.16 Bandas selladoras



Figura 3.17 Unidad de refrigeración

El proceso de empaclado termina en una banda transportadora que dirige los paquetes hacia dos máquinas que enfundan el producto terminado. Ver figura 3.18



a) Plano de salida



b) Ingreso banda de salida



c) Banda de salida



d) Ensacado manual

Figura 3.18 Banda transportadora de salida

3.2 MEDICIONES Y PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.2.1 Velocidad de la máquina

La velocidad de la máquina es directamente proporcional a la velocidad del motor principal, limitado únicamente por la resistencia mecánica de los componentes. Utilizando como unidad de velocidad, paquetes/min, la velocidad máxima alcanzada es de 34 paq/min. La velocidad especificada por el fabricante es de 30 paq/min. En condiciones normales de operación, la velocidad es de 26 paq/min, culminando un turno de operación a una velocidad promedio de 16 paq/min. La diferencia entre la velocidad promedio al final del turno, se da por las condiciones normales de operación, puesto que las máquinas que alimentan los rollos no abastecen un flujo continuo a la entrada. Ver tabla 3.1.

Tabla 3.1 Velocidad promedio de la máquina en paquetes/minuto

Velocidad promedio Cassoli PAC 600R [paq/min]									Promedio
01-Dic/05			02-Dic/05			03-Dic/05			
Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 1	Turno 2	Turno 3	
15	16	17	17	16	16	17	15	17	16,22

3.2.2 Tiempos muertos

La empresa cuenta con un sistema informático que determina los índices de rendimiento de cada máquina en función de los tiempos muertos, los cuales están asociados a cuatro tipos de parada de la máquina:

- Mantenimiento eléctrico.- Que son las fallas y averías asociadas con el funcionamiento eléctrico y control neumático de las máquinas.
- Mantenimiento mecánico.- Imputadas a fallas y averías de los procesos mecánicos.
- Operacionales.- Es la sumatoria de los eventos operacionales de la máquina, en los cuales debe detenerse el proceso. En el caso de la máquina PAC 600R, entre otros se tiene los siguientes: aseo de máquina, bandas llenas, cambio de bobina de polietileno, cambio de producto, alimentación del personal, etc.
- Producción programada.- Que es la paralización total, debido a la programación del Departamento de Producción de acuerdo a la demanda del mercado.

El documento que registra los tiempos de parada utilizado por el Departamento de Producción se denomina "ABC de paros". Al no registrar un historial de la máquina anterior a la automatización, no se ha podido establecer una comparación de tiempos muertos de la máquina, sin embargo, se realiza un contraste de los tres últimos meses de producción. Ver tablas 3.2, 3.3 y 3.4

Tabla 3.2 Tiempos muertos septiembre/05

ABC paros mes de septiembre/05			
Categoría	Descripción	Min/evento	Min/Categoría
Mantenimiento eléctrico	Cambio de teflón en selladoras	15	235
	Falta de energía	30	
	Falla eléctrica del motor	120	
	Otros	70	
Mantenimiento mecánico	Cambio de banda	170	1205
	Calibración de máquina	880	
	Revisión de afilado	80	
	Soldar labios de soplos	30	
	Otros	45	
Operacional conversión	Aseo de máquina	745	7416
	Ensayo o pruebas	60	
	Cambio de bobina de material	619	
	Cambio de rollo de papel	22	
	Cambio de producto	85	
	Paro para ir al restaurante	20	
	Paro por máquina anterior	5865	
Paro producción	Paro programado producción	5760	5760
		Total	14616

Tabla 3.3 Tiempos muertos octubre/05

ABC paros mes de octubre/05			
Categoría	Descripción	Min/evento	Min/Categoría
Mantenimiento eléctrico	Cambio de teflón en selladoras	170	1020
	Cambio de resistencia	180	
	Falta de energía	330	
	Revisión de sensores	30	
	Revisión banda transportadora	20	
	Revisión desenrollador	20	
	Otros	270	
Mantenimiento mecánico	Cambio de banda	85	1385
	Calibración de máquina	1005	
	Cambio de banda teflón	45	
	Ajuste de bandas/poleas	30	
	Reparación en cadena	15	
	Otros	205	
Operacional conversión	Aseo de máquina	941	10120
	Aseo general	250	
	Cambio de bobina de material	779	
	Ensayo o pruebas	95	
	Cambio de producto	180	
	Reunión con el supervisor	60	
	Acumulador lleno	10	
	Reemplazo de personal	80	
	Paro para ir al restaurante	80	
	Paro por máquina anterior	7645	
Paro producción	Paro programado producción	4800	4800
		Total	17325

Tabla 3.4 Tiempos muertos noviembre/05

ABC paros mes de noviembre/05			
Categoría	Descripción	Min/evento	Min/categoría
Mantenimiento eléctrico	Cambio de teflón en selladoras	35	505
	Impresora Willett	90	
	Falta de energía	60	
	Revisión de sensores	90	
	Cambio motor	60	
	Otros	170	
Mantenimiento mecánico	Cambio de banda	50	1050
	Calibración de máquina	535	
	Cambio de piñones	120	
	Reparación eje	120	
	Reparación en cadena	150	
	Reparación de freno	10	
	Cambio de cadena principal	15	
	Otros	50	
Operacional conversión	Aseo de máquina	810	7299
	Cambio de bobina de material	704	
	Cambio de producto	90	
	Reemplazo de personal	20	
	Paro para ir al restaurante	40	
	Paro por máquina anterior	5635	
Paro producción	Paro programado producción	2400	2400
		Total	11254

3.2.3 Parámetros eléctricos de los motores

Periódicamente, para todos los motores de la planta, se recaba la información pertinente a la corriente, voltaje y temperatura de operación; los cuales revelarán el estado de funcionamiento y permiten la localización de posibles averías. Para la máquina Cassoli PAC 600R, adicionalmente reafirmará el correcto diseño y selección de los motores.

En lo referente a la temperatura de los motores eléctricos, la norma ABNT MB216²⁵ “máquinas polifásicas de inducción-método de ensayo” (Associação Brasileira de Normas Técnicas), incluso las normas norteamericanas, así como la normalización internacional, son congruentes en establecer tres tipos de mediciones de la temperatura de un motor, a saber:

- a) *Medidor termométrico*, consistente en la colocación de termómetros en las partes accesibles del motor; este método solamente permite medir la temperatura en las regiones frías como las cabezas de bobina, donde hay espacio para su colocación, lo que no permite una evaluación precisa de la temperatura junto al conductor, pues sólo permite acceso a la superficie externa del sistema.

²⁵ IDEM 24

- b) *Detector embutido*, se inserta un tipo sensor de temperatura resistivo, tal como un termistor o RTD, en el arrollamiento. En el caso de bobinas preformadas se puede colocar en el interior de la ranura, lo que permite una evaluación de mayor precisión de la temperatura de los puntos calientes (hot spots).
- c) *Método de variación de la resistencia*, siendo el más difundido por su precisión, pero aplicado en laboratorio, exige mayores recursos de ensayo. La resistencia del arrollamiento se mide cuando el motor está frío (en equilibrio térmico con el ambiente) y cuando el motor se encuentra en régimen de operación, después de haber llegado a un equilibrio térmico suministrando su potencia nominal, comprobando con un dinamómetro. Se utilizan esos dos valores para calcular la elevación de la temperatura del arrollamiento con la expresión:

$$\Delta T = \left[\frac{R_2 - R_1}{R_1} * (235 + T_1) \right] + T_1 - T_a \quad (11)$$

donde:

ΔT = Variación de la temperatura en el arrollamiento

T_1 = Temperatura del arrollamiento antes del ensayo, igual a la del medio refrigerante, medida por termómetro

T_a = Temperatura del medio refrigerante al final del ensayo

T_2 es la temperatura del arrollamiento al final del ensayo, obtenida a partir de la relación:

$$T_2 = \frac{R_2(K + T_1)}{R_1} - K \quad (12)$$

siendo:

$K = 235$ para el cobre y 255 para el aluminio.

R_1 = Valor de la resistencia en ohmios, en frío.

R_2 = Valor de la resistencia en ohmios, en caliente.

Las temperaturas T_1 y T_2 se expresan en grados centígrados.

El valor de T_2 expresa la temperatura media del arrollamiento, y la temperatura del punto más caliente será superior a ese valor, de 5 a 10 °C.

En función de la temperatura característica, los materiales aislantes que se utilizan en máquinas eléctricas, según la norma IEC 85, se clasifican en las siguientes clases:

Tabla 3.5 Clases de aislamiento para máquinas eléctricas

Clase	Temperatura característica (°C)	Materiales
Y	90	Fibras de celulosa o seda no saturados ni inmersos en líquidos aislantes.
A	105	Fibras de celulosa o seda saturados con líquidos aislantes.
E	120	Fibras orgánicas o sintéticas.
B	130	Poliéster y polimídicos aglutinados con materiales orgánicos.
F	155	Mica, amianto y fibra de vidrio saturados con materiales sintéticos: silicona, poliéster o epóxicos.
H	180	Mica, asbestos o fibra de vidrio, aglutinados con silicona de alta estabilidad térmica.
C	>180	Mica, vidrio, cerámica y cuarzo sin aglutinante

En el caso pertinente a este, la temperatura medida corresponde a la lectura a través de un pirómetro óptico (instrumento que permite medir la temperatura de un objeto a distancia) en la carcasa del motor, generalmente los escudos.

La mayoría de motores eléctricos asíncronos son de la clase de aislamiento F.

En la tabla 3.6 a), b) y c), se muestra los parámetros antes mencionados, correspondientes a los meses de septiembre, octubre y noviembre del 2005.

Tabla 3.6 Resultados de las hojas de ruta de los motores eléctricos

Motor	Descripción	Vn (V)	Vm (V)	In (A)	Iu (A)	Iv (A)	Iw (A)	T (°C)	T.contactor (°C)
M1	Motor principal	440	224,0	15,8	4,8	4,9	4,8	39,1	32
M2	Motor bomba de vacío	440	442,3	1,0	0,9	1,0	0,9	38,0	28,9
M5	Motorreductor banda de alimentación	440	442,3	1,85	0,9	1,0	0,9	36,6	28,3
M6	Motorreductor tambor de entrada	440	442,3	1,03	0,9	0,9	0,9	45,6	29,3
M7	Motor bandas selladoras	440	442,3	1,4	1,1	1,2	1,1	53,1	28,7
M8	Motor unidad de refrigeración	440	442,3	2,7	—	—	—	—	—
M9	Motorreductor banda de salida	440	442,3	2,3	1,6	1,7	1,6	41,2	28,4
M15	Motor debobinador de polietileno	440	182,3	1,27	0,9	1,0	0,9	49,6	27,0

a) Mes de septiembre/05

Motor	Descripción	Vn (V)	Vm (V)	In (A)	Iu (A)	Iv (A)	Iw (A)	T (°C)	T.contactor (°C)
M1	Motor principal	440	230,5	15,8	3,9	3,8	3,9	38,5	27,0
M2	Motor bomba de vacío	440	442,3	1,0	0,8	0,9	0,8	36,5	27,6
M5	Motorreductor banda de alimentación	440	443,5	1,85	0,9	0,8	0,9	35,4	29,4
M6	Motorreductor tambor de entrada	440	443,2	0,8	0,8	0,9	0,9	45,4	31,4
M7	Motor bandas selladoras	440	443,3	1,4	1,0	1,2	1,0	52,4	31,2
M8	Motor unidad de refrigeración	440	406,5	2,7	—	—	—	—	—
M9	Motorreductor banda de salida	440	443,5	2,3	1,5	1,6	1,5	40,9	29,5
M15	Motor debobinador de polietileno	440	190,5	1,27	0,8	0,9	0,8	41,5	31,2

b) Mes de octubre/05

Motor	Descripción	Vn (V)	Vm (V)	In (A)	Iu (A)	Iv (A)	Iw (A)	T (°C)	T.contactor (°C)
M1	Motor principal	440	233,5	15,8	4,9	4,8	4,9	31,0	28,0
M2	Motor bomba de vacío	440	406,9	1,0	1,1	1,2	1,1	38,0	29,0
M5	Motorreductor banda de alimentación	440	408,5	1,85	1,2	1,3	1,2	29,0	27,0
M6	Motorreductor tambor de entrada	440	406,5	1,03	0,9	1,0	0,9	28,0	28,0
M7	Motor bandas selladoras	440	408,5	1,4	1,1	1,0	1,1	31,0	29,0
M8	Motor unidad de refrigeración	440	406,5	2,7	—	—	—	—	—
M9	Motorreductor banda de salida	440	407,9	2,3	1,6	1,7	1,6	30,0	28,0
M15	Motor debobinador de polietileno	440	192,5	1,27	0,8	0,9	0,8	35,0	28,0

c) Mes de noviembre/05

3.3 OPERACIÓN DE LAS PROTECCIONES

Sin duda que la operación de las protecciones es uno de los parámetros primordiales que deben cumplir las máquinas industriales.

Para el efecto, las protecciones con las que cuenta la máquina son:

a) Físicas

- 1) Apertura de las cubiertas de los volantes frontal y posterior del motor principal.
- 2) Apertura las cubiertas alrededor de la máquina.
- 3) Apertura de la cubierta de la bandeja de entrada de rollos.
- 4) Seguridad de control de rollos en la alimentación.
- 5) Atrancamiento en la alimentación de rollos.
- 6) Atrancamiento en el soporte de producto.
- 7) Atrancamiento en los plegadores laterales.
- 8) Atrancamiento de la máquina.
- 9) Fin de bobina de polietileno.
- 10) Polietileno arrugado.
- 11) Nivel bajo de aceite.
- 12) Presión baja de aceite.
- 13) Ausencia de presión neumática.
- 14) Presión anormal de la unidad de refrigeración.

b) Eléctricas

- 1) Sobrecorriente y sobrecarga de los motores eléctricos.
- 2) Sobrecorriente y sobrecarga de las resistencias de sellado.
- 3) Sobrecorriente y sobrecarga en las fuentes de alimentación.
- 4) Sobrecorriente salidas del PLC.
- 5) Errores de funcionamiento de los variadores de velocidad WEG CFW-09.
 - a. Falta de fase

- b. Sobrevoltaje
 - c. Subtensión
 - d. Sobrecorriente
 - e. Sobrecarga
- c) Paradas de emergencia.
- d) Tensión auxiliar de 24 Vdc ausente.

De acuerdo a la Directiva 98/37/CE Máquinas²⁶, de las normas europeas, las paradas de emergencia, NO DEBEN depender de la programación interna en el PLC, sino que se exige desactivar físicamente los elementos de fuerza necesarios para que la máquina se detenga o conduzca a una situación segura. En la figura 3.19, se muestran las paradas de emergencia ubicadas junto a los sitios de operación de la máquina.

El accionamiento voluntario de estas paradas deshabilitan las fuentes de alimentación de los módulos de salida del PLC, deteniendo por completo a la máquina.



Figura 3.19 Paradas de emergencia

3.4 ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y LA ALTITUD EN LOS MOTORES ELÉCTRICOS²⁷

La temperatura y la altitud son parámetros importantes en la caracterización del ambiente de trabajo de los motores eléctricos. La temperatura de operación del motor define la temperatura del medio refrigerante durante la transferencia de calor con el ambiente, y la altitud, determina la densidad del aire, por lo que influye en la eficacia de la disipación de calor.

En la figura 3.20, se indica la sobre-elevación de temperatura a partir de la ambiente y la capacidad de incremento de temperatura para cada clase de aislamiento.

²⁶ www.ffii.nova.es/puntoinformcyt/Directivas.asp?Directiva=98/37/CEnormas_maquinas.htm

²⁷ IDEM 24

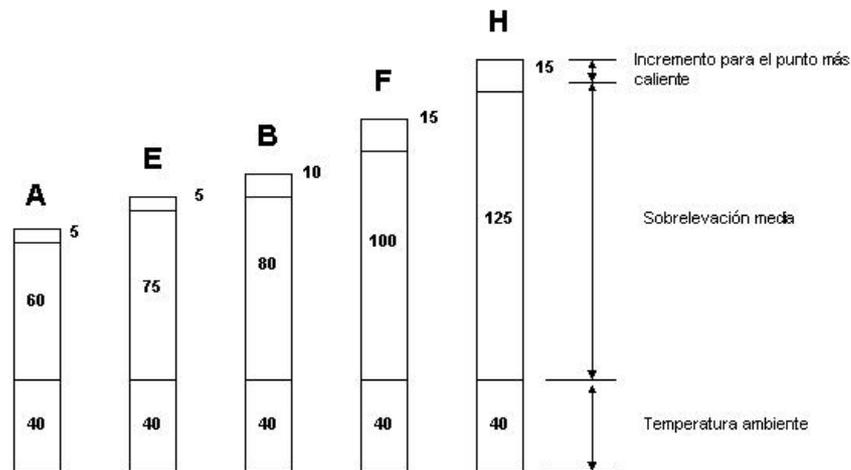


Figura 3.20 Sobre-elevación de temperatura en los materiales aislantes

Se considera que los sistemas aislantes trabajan a una temperatura ambiente máxima de 40 °C. La clase de aislamiento del motor principal de la máquina es F, que soporta una sobre-elevación de 100 °C. La norma de diseño de motores eléctricos exige considerar el peor escenario de ambientes de trabajo. Una regla empírica basada en el Efecto Joule, permite calcular la potencia del motor para compensar temperaturas del ambiente mayores a 40 °C.

En efecto, las pérdidas por efecto Joule en el estator son directamente proporcionales a la variación de temperatura:

$$\Delta T \propto \Delta T \alpha R * I^2$$

como:

$$P = V * I$$

$$\Delta T \propto \frac{RP^2}{V^2}$$

$$\Delta T = KP^2$$

$$\Delta T_1 = KP_1^2$$

$$\Delta T_2 = KP_2^2$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \sqrt{\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} \quad (13)$$

3.5 ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.5.1 Velocidad de la máquina

Con el proceso de automatización se ha logrado que la velocidad máxima de la máquina se incremente de 30 paq/min a 34 paq/min. Sin embargo, la velocidad promedio por turno de operación, equivalente a 8 horas (480 minutos), en tres días de operación continua, ha sido de 16,22 paq/min, utilizando la siguiente expresión:

$$\bar{V}[\text{paq}/\text{min}] = \frac{\text{No Paquetes}}{480 \text{ min}} \quad (14)$$

La velocidad de la máquina promedio es considerablemente menor a la velocidad nominal, debido a la capacidad de entrega de rollos de las máquinas precedentes. No necesariamente el objetivo de la empresa es producir con el 100% de rendimiento de las máquinas, sino que está sujeto a los factores de demanda del mercado.

3.5.2 Tiempos muertos

De los resultados obtenidos en la sección 3.2.2, se puede notar que los tiempos de paralización por acciones de mantenimiento eléctrico, son menores a los otros factores, en general, se tiene un grado de disponibilidad de la máquina en estado de operación muy alto. Se calcula el índice de disponibilidad de la máquina²⁸ por mes, restando los tiempos muertos por mantenimiento eléctrico, mecánico, operacional y producción de un tiempo de 43200 minutos, equivalente a 30 días, aplicando la ecuación (15).

$$d[\%] = \frac{43200 - (t_e + t_m + t_o + t_p)}{43200} * 100\% \quad (15)$$

siendo:

d = porcentaje de disponibilidad mensual de la máquina

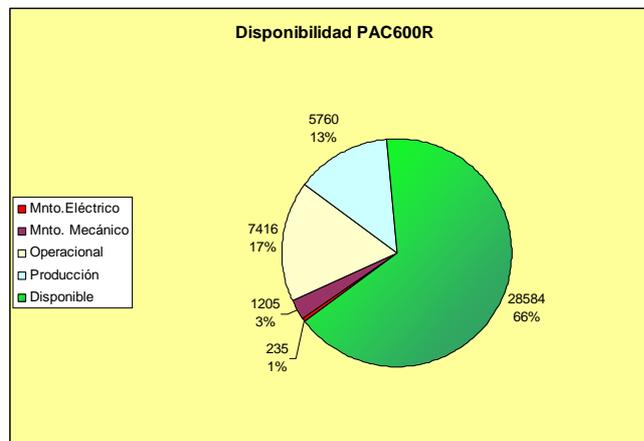
t_e = tiempo muerto por mantenimiento eléctrico,

t_m = tiempo muerto por mantenimiento mecánico

t_o = tiempo muerto por paros operacionales

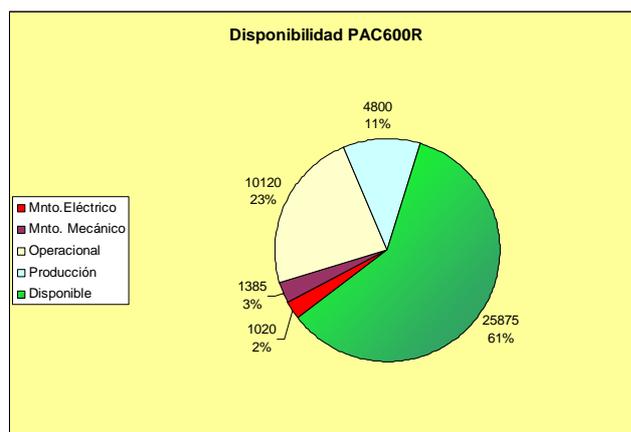
t_p = tiempo muerto por paros programados de producción

En las figuras 3.21 a), b) y c) se indica el tiempo en minutos y el porcentaje de disponibilidad de la máquina para los tres meses analizados.

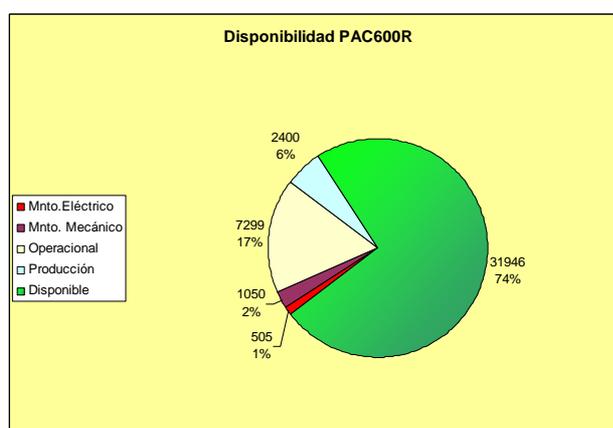


a) Mes de septiembre/05

²⁸ Expresión utilizada por el Departamento de Producción.



b) Mes de octubre/05



c) Mes de noviembre/05

Figura 3.21 Grado de disponibilidad de la máquina Cassoli PAC 600R

Se puede notar, que el grado de disponibilidad cronológico es del 66%, 61% y 74%. Para evaluar el proyecto, se toma en cuenta las paralizaciones únicamente debido a tareas de mantenimiento eléctrico, obteniendo el 1%, 2% y 1%. Cifras, sin duda, que demuestran que una vez puesta en marcha a la máquina, su rendimiento y disponibilidad es altamente confiable, en un 99%, 98% y 99%, respectivamente.

3.5.3 Parámetros eléctricos de los motores

De los resultados obtenidos en los tres meses de análisis de los parámetros eléctricos de los motores de la máquina PAC 600R, se deduce lo siguiente:

- Los valores de corriente medidos en las tres fases tienen un grado de desbalance aceptable entre ellas.
- Las corrientes consumidas por los motores con carga son inferiores a la corriente nominal de cada motor, lo que indica que han sido correctamente diseñados y que el régimen de trabajo es seguro.

- La tensión de alimentación medida está dentro del margen aceptable por los fabricantes de los motores eléctricos.
- En el caso de los motores principal y debobinador de polietileno, cuya velocidad es controlada, están trabajando con una tensión y frecuencia inferiores a la nominal: 230 V, 190 V y 32 Hz, 26 Hz, respectivamente.
- Los datos de la temperatura medida en la carcasa, si bien se ajusta al método de medidor termométrico descrito en la norma ABNT MB216, sin embargo, no es un elemento de evaluación de la temperatura en la cual está trabajando el sistema aislante, por lo que no se puede utilizar estas mediciones para evaluaciones del sistema de aislamiento o la predicción de la vida útil del mismo. Por lo tanto, la medición de la temperatura externa del motor es tan solo un parámetro subjetivo que indica posibles averías eléctricas o mecánicas, tales como: desgaste de los rodamientos y/o escudos, desalineación del eje del rotor, puntos calientes, etc.

3.6 ALCANCES Y LIMITACIONES

Una de las metas del proyecto es la evaluación objetiva de los alcances y limitaciones de la máquina, una vez que ha sido puesta en marcha se han notado las siguientes limitaciones:

- No hay trabajo continuo por la falta de velocidad de las máquinas precedentes, tales como: cortadora, empacadoras Lawton y banda de transporte.
- La unidad de refrigeración no trabaja, aún cuando el control está habilitado, ya que las pruebas de calidad del producto han demostrado que no es necesaria.
- El sistema de alimentación de polietileno y centrado de taca, opera parcialmente, por cuanto fue definido inicialmente que el polietileno de los paquetes es transparente. El sistema anterior basado en una tarjeta electrónica, está instalado si las necesidades de producción lo ameritan, sumado a la lógica de habilitación del sistema que actualmente reside en la lógica del PLC.
- Las calibraciones por cambio de producción son netamente mecánicas por concepción misma del fabricante de la máquina.
- El ambiente de trabajo presenta una considerable cantidad de polvo, que amerita el uso de mascarilla para el operador y personal técnico, y la limpieza periódica de los sensores fotoeléctricos, contactores y guardamotores.

La versión actual modificó al desempeño original de la máquina, especificada por el fabricante, estableciendo los siguientes alcances:

- Alto nivel de disponibilidad de la máquina.
- Niveles de producción acorde a las metas del departamento de producción.
- Ahorro del espacio físico y mayor orden del trabajo.
- Velocidad máxima de 34 paquetes/minuto, limitada solo por la resistencia mecánica de los componentes.

- Información de estado de la máquina y producción en tiempo real por turno de trabajo.
- Facilidad de diagnóstico de fallas y averías a través del HMI implementado.
- Posibilidad de implementación de un sistema SCADA del Área de Conversión.

3.7 ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO

Desde el punto de vista técnico, la máquina automatizada ha cumplido con las pruebas realizadas. Sumado al tiempo continuo que ha permanecido en operación desde el mes de mayo del 2005, libera de mayores detalles y explicaciones. Sin embargo, es pertinente cuantificar la inversión realizada por la empresa en los componentes reemplazados e implementados, según el caso. Cabe indicar, que algunos componentes eléctricos y electrónicos fueron reutilizados, previo al análisis técnico y mantenimiento oportunos. En la tabla 3.7 se detalla por ítems el costo de los componentes en enero del 2005.²⁹ El costo neto de los componentes es de 13,568.97/100 dólares americanos. Para conocer el costo total del proyecto, debe añadirse el rubro de la mano de obra de ingeniería y montaje del proyecto. Aún, cuando no existe una regla definida para la estimación del costo del software y de la ingeniería, se aplica la regla de Cocomo. Dicha regla establece la siguiente expresión:

$$\text{Costo(USD)} = K * \text{No horas persona} \quad (15)$$

Siendo:

K = Valor hora profesional en USD, estimado en 15.00 USD

Para calcular el costo de la mano de obra del montaje e instalaciones eléctricas, se utiliza el mismo criterio, pero asignando a K un valor de 2.50 USD.

En la tabla 3.8, se detalla el costo de la mano de obra del proyecto, considerando que para el rubro de ingeniería intervienen dos personas con una carga laboral neta de 30 días y 8 horas diarias.

Para el montaje e instalaciones eléctricas, se calcula con tres personas con una carga laboral de 20 días y 8 horas diarias.

²⁹ Fuente: Sistema Informático SAP

Tabla 3.7 Detalle de costos de los componentes

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo unitario (USD)	Subtotal (USD)
1	Fuente de alimentación Siemens PS 307; 6ES7307-1EA00-0AA0	1	225.00	225.00
2	CPU Siemens Simatic 313C-2 DP; 6ES7 313-6CE01-0AB0	1	1700.00	1,700.00
3	Módulo de entradas discretas SM321; 6ES7321-1BH02-0AA0	5	250.00	1,250.00
4	Módulo de salidas discretas SM322; 6ES7322-1FH00-0AA0	2	350.00	700.00
5	Fuente Siemens Sitop 5 ^a	1	225.00	225.00
6	Controlador de temperatura Autonics TZ4ST	4	208.42	833.68
7	Pantalla Red Lion G306	1	1,200.00	1,200.00
8	Adaptador HMI para MPI a RS-232	1	354.20	354.20
9	Variador de velocidad WEG CFW-09 9.2 Kw	1	1023.78	1,023.78
10	Variador de velocidad WEG CFW-09 2.2 Kw	1	842.16	842.16
11	Contactador trifásico, 20 A, bobina 220 Vac/60 Hz	3	20.17	60.51
12	Relé de estado sólido, entrada 3-32 Vdc, salida 24-400 Vac, 40 A	7	42.00	294.00
13	Relé 11 pines 220 Vac/60 Hz	4	10.71	42.84
14	Resistencia Ø 16mm x 260mm, 350W, 280V 5/8" x 10"	6	45.77	274.62
15	Electroválvula 5/2, ¼	7	102.90	720.30
16	Interruptor termomagnético trifásico 60 A/440 V	1	71.75	71.75
17	Guardamotor rango ajustable	5	43.25	216.25
18	Interruptor termomagnético monofásico 6 A/220 V	1	3.28	3.28
19	Bornera portafusible y fusible de vidrio pequeño 1 A/250 V	33	3.50	115.50
20	Termocupla tipo J	3	31.14	93.42
21	Sensor fotoeléctrico difusorreflectivo M16, PNP, NO, 24 Vdc	17	51.96	883.32
22	Sensor inductivo no enrasable M12, PNP, NO, 24 Vdc	19	76.00	1,444.00
23	Limit switch 1 NO + 1 NC	6	35.69	214.14
24	Pulsante de emergencia en el panel de operación	3	6.14	18.42
25	Pulsante de marcha con luz piloto 22 mm	6	22.34	134.04
26	Pulsante de parada 22 mm	6	6.07	36.42
27	Selector dos posiciones 22 mm	3	11.55	34.65
28	Luz piloto 220 V, 22 mm	5	8.50	42.50
29	Potenciómetro multivuelta 10 K	1	53.95	53.95
30	Pistón doble efecto M5, (16 x 6 x 50)mm émbolo, vástago y carrera	4	80.67	322.68
31	Unidad de mantenimiento presión de aire 250 psi	2	69.28	138.56
			Total	13,568.97

Tabla 3.8 Costo de la mano de obra del proyecto

Ítem	Descripción	K (USD)	No.horas-hombre	Subtotal (USD)
1	Ingeniería del proyecto	15.00	480.00	7,200.00
2	Montaje e instalaciones eléctricas	2.50	480.00	1,200.00
			Total	8,400.00

Por lo tanto, el costo total del proyecto es la suma de los rubros de los componentes y de la mano de obra, obteniendo la cantidad de **21,968.97/100** dólares americanos.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al término del desarrollo del presente trabajo de automatización en la máquina empacadora Cassoli PAC600R, se ponen a consideración las conclusiones y recomendaciones alcanzadas durante las experiencias en la realización del proyecto, a la espera de aportar con futuros trabajos de la misma índole.

4.1 CONCLUSIONES

- Al finalizar el proyecto se logró cumplir el objetivo general trazado que fue automatizar y poner en marcha a la máquina empacadora CASSOLI PAC600R de la planta "Productos Familia Sancela del Ecuador S.A."
- Se logró automatizar el control general de la máquina a través de un PLC y de dos variador de frecuencia: uno para el motor principal y el otro para el motor debobinador de polietileno.
- Se implementó una aplicación HMI para la toma de decisiones por parte de los departamentos de producción, mantenimiento y gerencia.
- Reconociendo que nuestro país está en una etapa de transición tecnológica, desde una lógica de control mecánica y electromecánica hacia controles electrónicos vía PLCs, el proceso de upgrade de máquinas industriales puede ser implementado con buenos resultados, incrementando la vida útil de las mismas.
- Considerando que en la Automatización Industrial, interviene la informática, se puede adaptar el estándar IEEE 830, referente a la especificación de requisitos del software al proceso de automatización de máquinas industriales.

- Uno de los aspectos más relevantes que debe considerar un ingeniero de proyectos es el aspecto de homologación tecnológica, puesto que este definirá la plataforma de desarrollo del proyecto y la selección de componentes.
- Las paradas de emergencia deben actuar independientemente aún sin la presencia de la lógica de control del PLC y ser implementadas físicamente desactivando los mecanismos que sean necesarios y llevar a la máquina a una condición segura.
- Los sensores e interruptores utilizados para seguridades de la máquina deben ser seleccionados, de tal manera que, cuando se presente la condición de falla el cambio de estado lógico sentido por el controlador sea de "1_L" a "0_L"; debido a que, considerando el peor caso de cableado roto, la máquina debe ser detenida o llevada a una condición segura.
- Para la selección de motores eléctricos, equipos eléctricos y electrónicos, a más de las especificaciones eléctricas de rigor, se debe considerar otros factores físicos que influyen directamente en la potencia del equipo seleccionado, tales como: altura y temperatura.
- El control vectorial sensorless es más eficiente que el control escalar V/f, manifestado en el proceso, en una menor corriente de carga del motor y en una mejor respuesta dinámica durante los procesos de arranque de la máquina.
- El tipo de módulos de entrada del PLC, determina la selección del tipo de salida de los sensores discretos, NPN, PNP o 2 hilos
- El cambio de la lógica de control vía PLC, en lugar del control electromecánico por relés representa enormes ventajas tales como: miniaturización, escalabilidad, facilidad de diagnóstico, mantenimiento reducido, posibilidad de comunicación, implementación de aplicaciones HMI/SCADA.
- El diseño de las pantallas de la aplicación HMI deben ser minimalistas, es decir, contener la información necesaria y no abundante de manera que sean amigables para el usuario final, el mismo que no está obligado a conocer los detalles técnicos de la parte electrónica de la máquina.

- La automatización industrial con PLCs y las aplicaciones HMI permiten obtener información del proceso, útil para la toma de decisiones en los diferentes niveles: técnico, producción y gerencia.
- El uso de estándares y directivas internacionales, que son resultado de muchos años de experiencias recogidas, permiten que el diseño de una máquina o proceso sea más seguro y confiable.
- Todos los componentes de la plataforma de control utilizada están disponibles en el mercado nacional a través de la cadena de distribuidores autorizados, con la única desventaja de los tiempos de entrega por falta de stock en ciertos componentes que ameritan su importación bajo pedido.
- La implementación del proyecto permitió incrementar los niveles de producción acorde a las metas del departamento de producción, ahorrar el espacio físico, mejorar el orden en el trabajo y por último incrementar la velocidad de la máquina.

4.2 RECOMENDACIONES

- Para el desarrollo de un proyecto de automatización de máquinas industriales, se recomienda seguir el proceso de análisis y diseño, detallado en el capítulo II, apoyado en normas y directivas internacionales existentes para cada caso.
- Antes de la instalación y puesta en marcha de los variadores de velocidad, y en general de cualquier equipo electrónico, no está por demás la recomendación de leer los manuales y especificaciones técnicas.
- En el proceso de selección y dimensionamiento de la plataforma del PLC se recomienda primeramente determinar el número y tipo de entradas/salidas, luego seleccionar la CPU de acuerdo a la capacidad de memoria y velocidad requeridas, y finalmente antes de la programación del mismo, elaborar el mapa de direcciones y asignación de símbolos de las entradas/salidas.
- Se recomienda que los dispositivos de mayor disipación de potencia se ubiquen en la parte superior de los tableros eléctricos.

- Debido al alto nivel de polvo en el ambiente que rodea a la máquina se recomienda realizar la limpieza periódica por aspiración de los tableros eléctricos, así como también la limpieza superficial de los sensores fotoeléctricos.
- Se recomienda, en lo posible, que la pantalla de operación tenga una conexión libre de adaptadores de comunicación con el PLC, puesto que éstos encarecen el costo del proyecto y disminuyen la velocidad de comunicación.
- En las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo de la máquina, se recomienda suspender la energía de alimentación, sea ésta, eléctrica, neumática o hidráulica, evitando de esta manera acciones y condiciones inseguras.
- En el caso de modificaciones a nivel de hardware o de software, se recomienda documentar correctamente y actualizar los planos correspondientes.
- Se recomienda seleccionar adecuadamente los sensores discretos, debido a que la respuesta de éstos debe ser garantizada en un 100% de frecuencia de ocurrencia. Precisamente uno de los problemas técnicos relevante suscitado en el proyecto se debió a una respuesta aleatoria de un tipo de sensores fotoeléctricos difusorreflectivos, los que fueron reemplazados por otros mayor alcance y detección de cuerpos opacos.
- Uno de los factores más influyentes en los tiempos muertos de la empacadora Cassoli PAC600R corresponde a los paros por máquinas precedentes. Por lo tanto, se recomienda automatizar las máquinas empacadoras Lawton.
- Debido a que el proceso de ensacado de los paquetes entregados por la empacadora Cassoli PAC600R sigue siendo manual, se sugiere implementar una máquina ensacadora.
- Debido al proceso de transición tecnológica que vive nuestro país en el sector industrial y a los resultados obtenidos en este proyecto, se recomienda realizar trabajos de esta índole que además permiten adquirir nuevos conocimientos y la actualización tecnológica, a la vez que, son soluciones efectivas para el mejoramiento de la producción y productividad del país.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

1. Maloney Timothy J., "Electrónica Industrial Moderna", Tercera Edición, Prentice-Hall Hispanoamericana S.A., México, 1997
2. LOBOSCO Orlando, DIAS José Luiz, "Selección y aplicación de motores eléctricos", Tomo 1, Marcombo Boixareu Editores, Barcelona-España, 1989.
3. CEKIT S.A., "Curso práctico de Electrónica Industrial y Automatización", Tomo 1 y 2, Pereira-Colombia, 2002.
4. CORRALES Luis, "Redes Industriales Digitales", Área de Automatización e Instrumentación Industriales, Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador, 2004.
5. MORENO EGUILAZ Juan Manuel, "Aportaciones a la Optimización de Energía en Accionamientos Eléctricos de Motores de Inducción mediante Lógica Difusa", Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña, 1997.
6. DIRECTIVA 98/37/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO relativa a la aproximación de legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.
7. IEEE-STD-830-1998, "Especificaciones de los Requisitos del Software"
8. OMRON, "Sensores Inductivos, Capacitivos y Fotoeléctricos", Diapositivas, 2005.
9. OMRON, "Controladores y DPM's", Diapositivas Procontic, 2005.
10. CASMATIC S.p.A - Körber PaperLink, "Texas Instruments - Controlli Industriali - Professional Computer Programming PAC600R", Boloña-Italia, 1986.
11. CASMATIC S.p.A - Körber PaperLink, "Operating Maintenance and Setting Instructions PAC600R", Boloña-Italia, 2001.

12. www.papelnet.cl/papel_tissue/papel_tissue.htm
13. www.manueljodar.com/pua/pua3.htm
14. cursos.bankhacker.com
15. www.monografias.com/trabajos16/estrategia-produccion/estrategia-produccion.shtml
16. http://html.rincondelvago.com/automatas-programables_2.html
17. www.unicrom.com/tut_PIC3.asp
18. www.tecnicsuport.com/elec/taulesconsulta/vectorials
19. www.varimak.com
20. <http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>
21. <http://materiales.eia.edu.co/ciencia%20de%20los%20materiales/articulo-termopares.htm>
22. www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-02-07-TC.pdf
23. www.ffii.nova.es/puntoinfomcyt/Directivas.asp?Directiva=98/37/CEnormas_maquinas.htm

ANEXOS

Anexo A	GLOSARIO DE TÉRMINOS
Anexo B	PLANOS ELÉCTRICOS
Anexo C	PLANOS NEUMÁTICOS
Anexo D	LISTADO DEL PROGRAMA DEL PLC
Anexo E	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
Anexo F	HOJAS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ANEXO A

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

ABB.- *Asea Brown Boveri*

ABC DE PAROS.- *Documento del Dpto. de Producción de Productos Familia-Sancela del Ecuador, donde se detalla el período de actividad y paros de las máquinas del Área de Conversión.*

AC.- *Alternating Current. Corriente Alterna*

ANSI.- *American National Standards Institute. Instituto Nacional Americano de Estándares.*

ASIC.- *Aplication Specific Integrated Circuit. Circuitos integrados de aplicación específica..*

AUTO TEACH.- *Función aplicada a los sensores fotoeléctricos mediante la cual se ajusta digitalmente la distancia de sensado.*

AUTO TUNING.- *Proceso de auto sintonizado de los controladores de temperatura.*

AWL.- *Lenguaje de programación por lista de instrucciones de los PLCs Siemens.*

B

BGS.- *Background Supression. Supresión de Fondo, función aplicada a los sensores fotoeléctricos para suprimir el efecto de la superficie del fondo.*

BIOS.- *Basic Input Output System. Sistema Básico de Entrada Salida de un computador.*

C

CHIPSET.- *Juego de chips o circuitos integrados conexos al microprocesador y que conforman el hardware del computador o PLC.*

COHEN-COON.- *Método para la sintonización de controladores.*

CONTROLADORES DE PROCESO.- *Dispositivos electrónicos encargados de realizar el control a lazo cerrado de una variable física, generalmente analógica.*

CPU.- *Central Proccess Unit. Unidad Central de Procesamiento.*

CRESCENT FORMER Máquina.- *Similar, pero más eficiente que la máquina de Fourdrinier, con alimentación de la pulpa sobre mesas inclinadas.*

D

DC.- *Direct Current. Corriente Continua.*

DCS.- *Distributed Control System. Sistema de Control Distribuido.*

DIVERTER.- *Léase Intercambiador.*

DSP.- *Digital Signals Processor . Procesador digital de señales.*

DTC.- *Direct Torque Control. Control directo de par.*

E

EEPROM.- *Electrical Erasable Programmable Read Only Memory. Memoria tipo PROM borrable y programable eléctricamente.*

EIA.- *Electronic Industries Association. Asociación de Industrias Electrónicas.*

EMC.- *Electromagnetic Compatibility. Compatibilidad Electromagnética.*

F

F.E.M.- *Fuerza electromotriz.*

FGS.- *Foreground Supression. Supresión de Frente, función aplicada a los sensores fotoeléctricos para suprimir el efecto de la superficie del fondo.*

FIRMWARE.- *A nivel general se define como un híbrido entre hardware y software. En el área de computadores personales se entiende como el conjunto de programas grabados en el proceso de fabricación en una memoria tipo ROM, como es el caso del BIOS de una PC. En el caso de PLCs y equipos industriales, se entiende como al mismo sistema operativo residente en una memoria tipo ROM.*

FLASH Memory.- *Memoria tipo ROM, de tecnología FLASH, con funciones similares a las memorias EEPROM.*

FOURDRINIER Máquina .- *Máquinas papeleras desarrolladas por los hermanos Henry y Sealy Fourdrinier crearon en 1803 la primera máquina papelerera que lleva su nombre.*

FUP.- *Programación por funciones lógicas de los PLCs Siemens.*

G

GATEWAY.- *Puerta de enlace. En redes de computadoras es empleado para el enlace de redes de diferente topología.*

GTO.- *Gate Turn-Off. Tiristor Desconectable por Puerta*

H

HARDWARE.- *Todos los elementos físicos del computador ó PLC.*

I

IGBT.- *Isolated Gate Bipolar Transistor. Transistor Bipolar de Compuerta Aislada.*

INTERCAMBIADOR.- *Segmento de la máquina que convierte las cinco hileras de rollos tissue en tres.*

K

KOP.- *Lenguaje de programación a contactos de Siemens.*

L

LBA.- *Loop Break Alarm. Alarma de Lazo Roto. La función LBA permite diagnosticar una temperatura anormal del objeto de control.*

LCD.- *Liquid Crystal Display. Display de Cristal Líquido.*

M

MCR.- *Master Control Relay. Relé de Control Master. Es una técnica de programación de PLC's que sujeta la ejecución de varios segmentos de programa a condiciones previas de enclavamientos.*

MOSFET.- *Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor. Transistor de Efecto de Campo Metal-Oxido-Semiconductor.*

MPI.- *Multi Point Interface. Interfaz propietaria de Siemens para la comunicación de los PLC Simatic S7-300/400 con la computadora de programación u otros equipos.*

N

NO.- *Contacto normalmente abierto.*

NC.- *Contacto normalmente cerrado.*

O

OP.- *Operation Panel. Panel de Operación o pantalla. Para otros desarrolladores, también es conocido como Panel View.*

P

PC.- *Personal Computer. Computador Personal.*

PG.- *Unidad de Programación. Es una PC propietaria de Siemens que incluye entre otras cosas una interfase RS-485 que soporta directamente los protocolos MPI, PPI, Profibus-DP, etc.*

PID.- *Acción de control Proporcional-Integral-Derivativo.*

PIDF.- *PID Fast. Acción correctiva PID de alta velocidad de respuesta.*

PIDS.- *PID Slow. Acción correctiva PID de baja velocidad de respuesta.*

PIXEL.- *Punto que se visualiza en la pantalla. En un display a color está conformado por tres puntos de los colores primarios: rojo, verde y azul; que combinados dan lugar a la diferente gama de colores.*

PLC.- *Controlador Lógico Programable.*

POLIETILENO.- *Material plástico utilizado para la envoltura de los paquetes.*

PROFIBUS-DP.- *Red industrial de campo dirigido a dispositivos de control, tales como: PLs, variadores de frecuencia, etc. Utiliza la interfaz RS-485.*

PV.- *Panel View. Léase OP.*

PV.- *Process Value. Variable de Proceso.*

PWM.- *Pulse Wave Modulation. Modulación de Ancho de Pulso.*

R

RAM.- *Random Access Memory. Memoria de acceso aleatorio. Su principal característica es la volatibilidad de su contenido.*

rAMPU.- *Tiempo de retardo para la rampa ascendente del controlador de temperatura Autonics TZ4ST.*

rAMPD.- *Tiempo de retardo para la rampa descendente del controlador de temperatura Autonics TZ4ST.*

REDUNDANCIA.- *Principio de diseño que duplica físicamente los componentes de un proceso de automatización. Así por ejemplo, se puede tener: fuente de poder redundante, CPU redundante, etc.*

REPETIBILIDAD.- *Grado con el cual las mediciones sucesivas varían una de otra.*

RFI.- *Radio Frequency Interferences. Interferencias de Radio Frecuencia.*

ROM.- *Read Only Memory. Memoria solamente de lectura.*

RTD.- *Resistance Temperature Detector. Detector de Temperatura Resistivo.*

RS-485.- *Recommended Standard 485. Interfaz de comunicación serial de la EIA/TIA*

S

SBA.- *Sensor Break Alarm. Alarma de Sensor Roto.*

SCAN ciclo de.- *Ciclo de ejecución de las operaciones de un PLC, segmento por segmento.*

SENSORLESS.- *Libre de sensor.*

SOFTWARE.- *Conjunto de programas que ejecuta un computador o PLC.*

SSR.- *Solid State Relay. Relé de Estado Sólido*

SV.- *Setting Value. Valor Ajustado o Set point.*

S7-300.- *PLC de Siemens de la línea SIMATIC.*

T

TERMOCUPLA.- O termopar. Sensor de temperatura de autogeneración que produce una tensión en el orden de los mV, en la unión de dos metales diferentes.

TIA.- Telecommunication Industries Association. Asociación de Industrias de Telecomunicaciones.

TISSUE.- Papel suave para aseo personal.

TTL.- Transistor-Transistor Logic. Lógica Transistor-Transistor. Es una tecnología de fabricación de los circuitos integrados empelando transistores internos con niveles de tensión DC que varían discretamente entre 0 y 5 VDC, que representan a un 0 lógico y 1 lógico, respectivamente.

U

UFO.- Universal Field Oriented, control por orientación de campo universal.

UPGRADE.- Proceso de actualización y mejoramiento del equipo que involucra cambio de hardware y firmware.

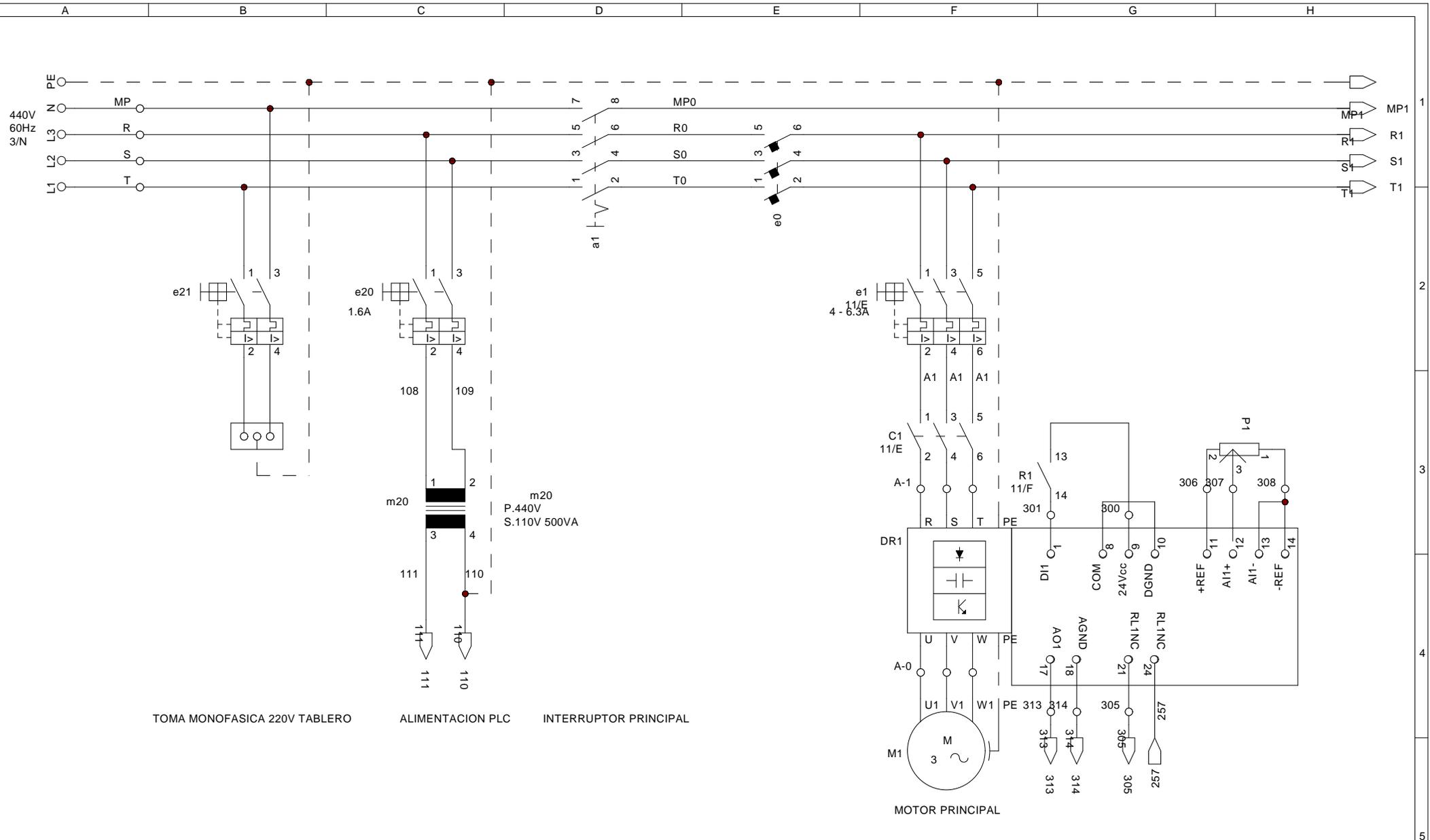
UPS.- Uninterruptible Power Supply. Fuente de poder ininterrumpida.

Z

ZIEGLER-NICHOLS.- Método para la sintonización de controladores.

ANEXO B

PLANOS ELÉCTRICOS



TOMA MONOFASICA 220V TABLERO

ALIMENTACION PLC

INTERRUPTOR PRINCIPAL

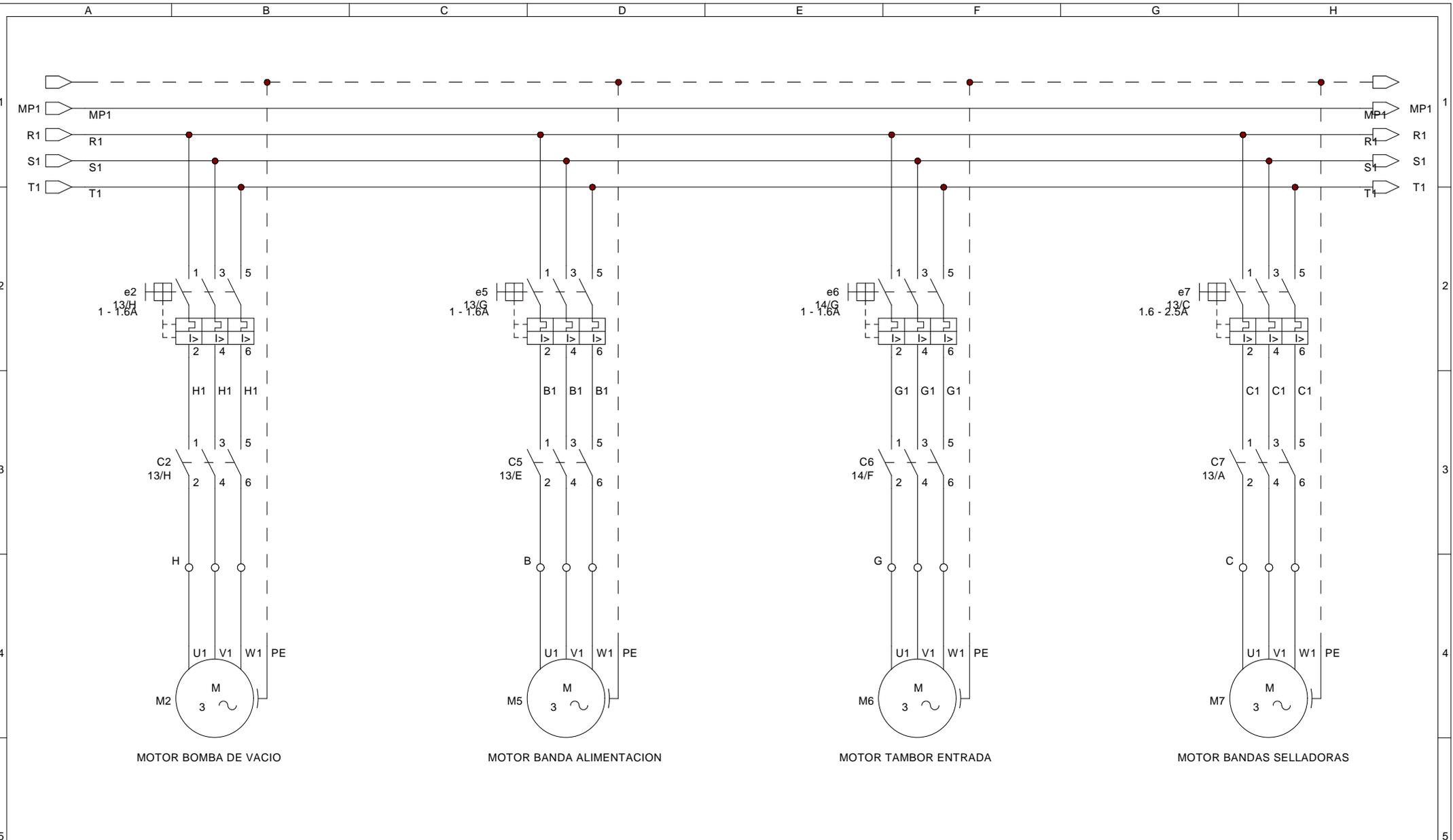
MOTOR PRINCIPAL

	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	



Título
PAC600R
CIRCUITO ELECTRICO POTENCIA

Fecha: 15/02/2006 Núm: 1 de 36
Archivo: pac600_1.cad



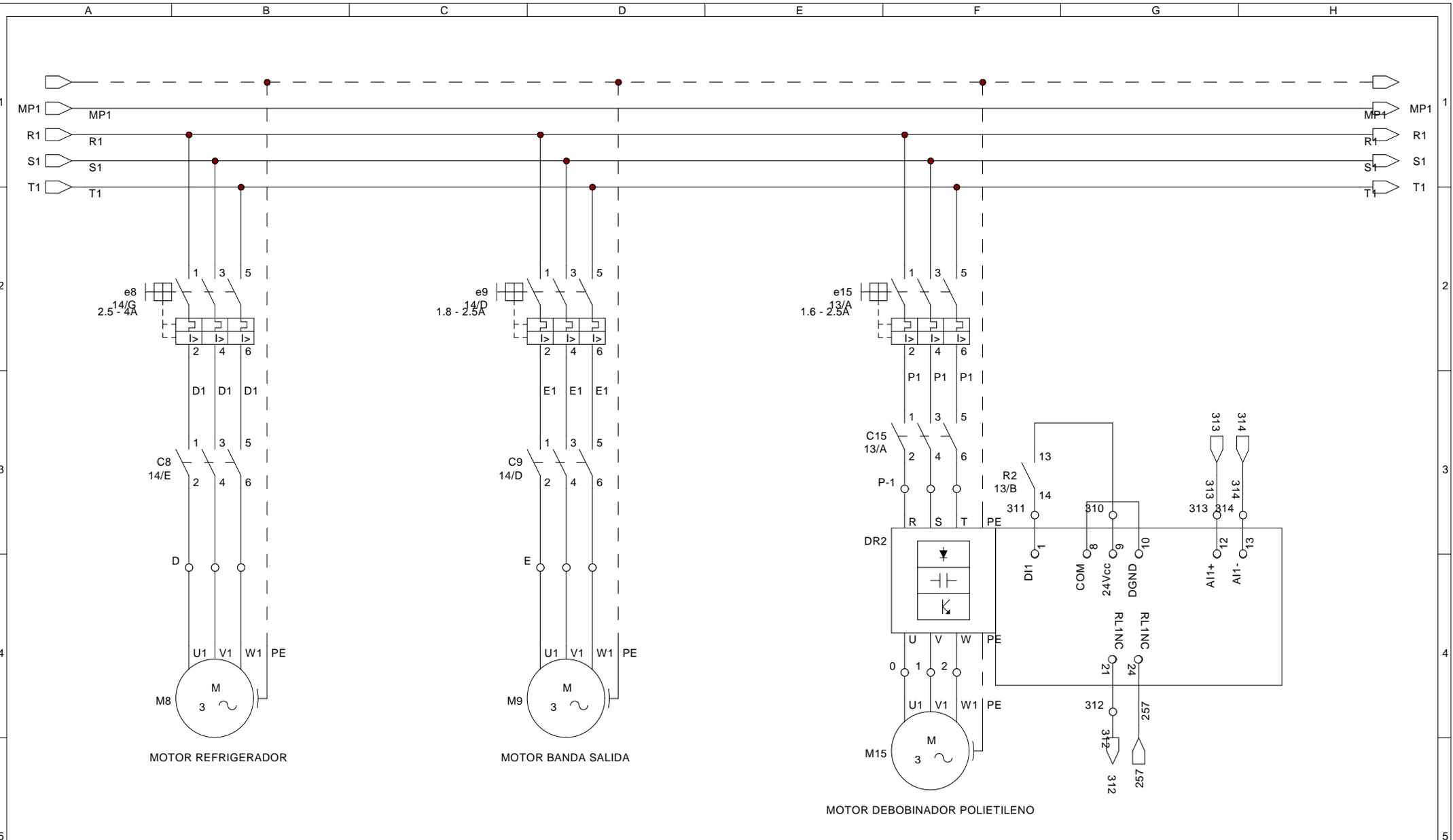
MOTOR BOMBA DE VACIO

MOTOR BANDA ALIMENTACION

MOTOR TAMBOR ENTRADA

MOTOR BANDAS SELLADORAS

	Fecha	Nombre	Firmas	 familia sancela [®] Productos Familia Sancela S.A.	Título	Fecha: 15/02/2006	Nún: 2 de 36
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez			PAC600R CIRCUITO ELECTRICO POTENCIA	Archivo: pac600_2.cad	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña					

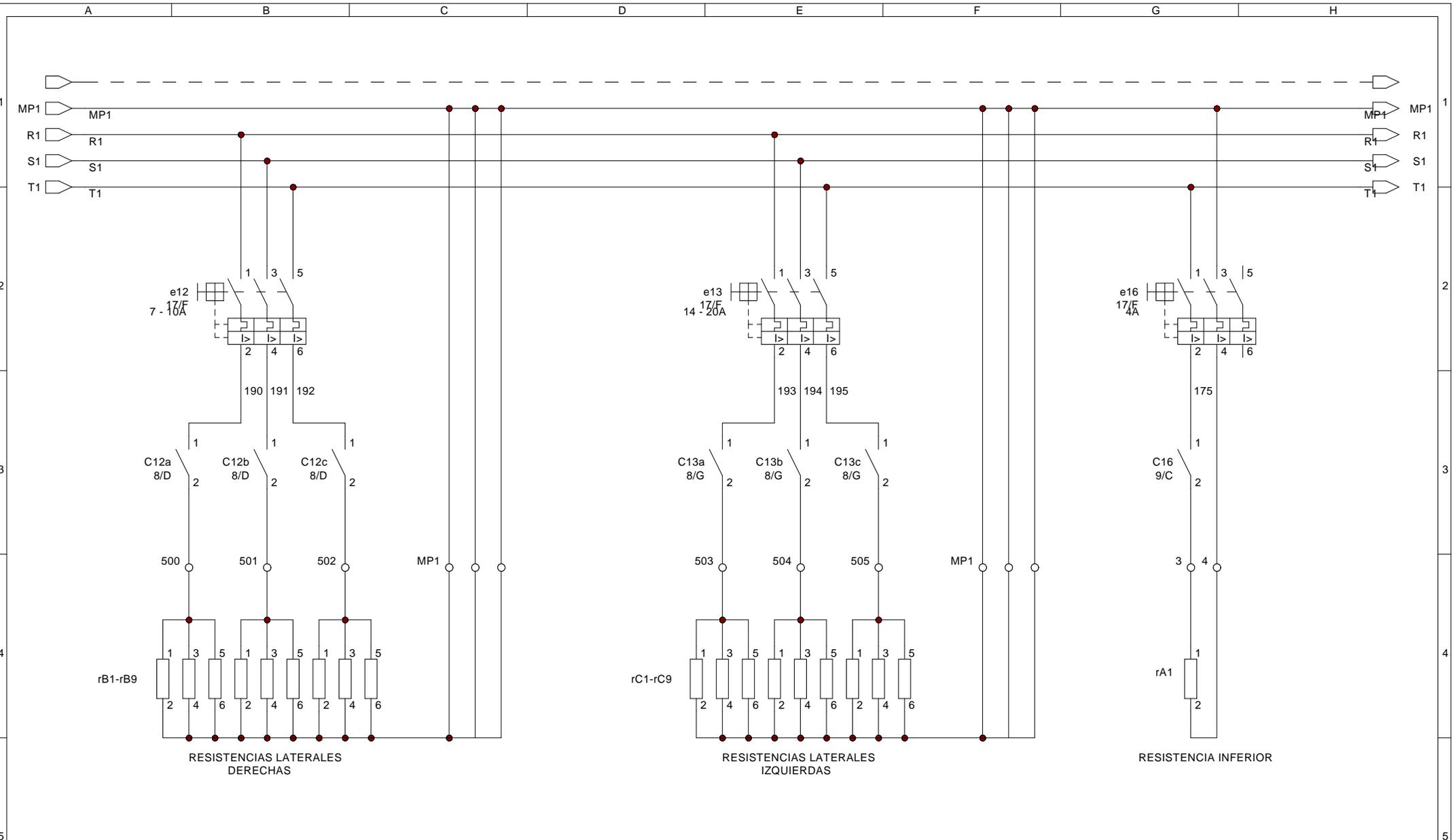


	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	



Título
PAC600R
CIRCUITO ELECTRICO POTENCIA

Fecha:	15/02/2006	Nún:	3 de 36
Archivo:	pac600_3.cad		

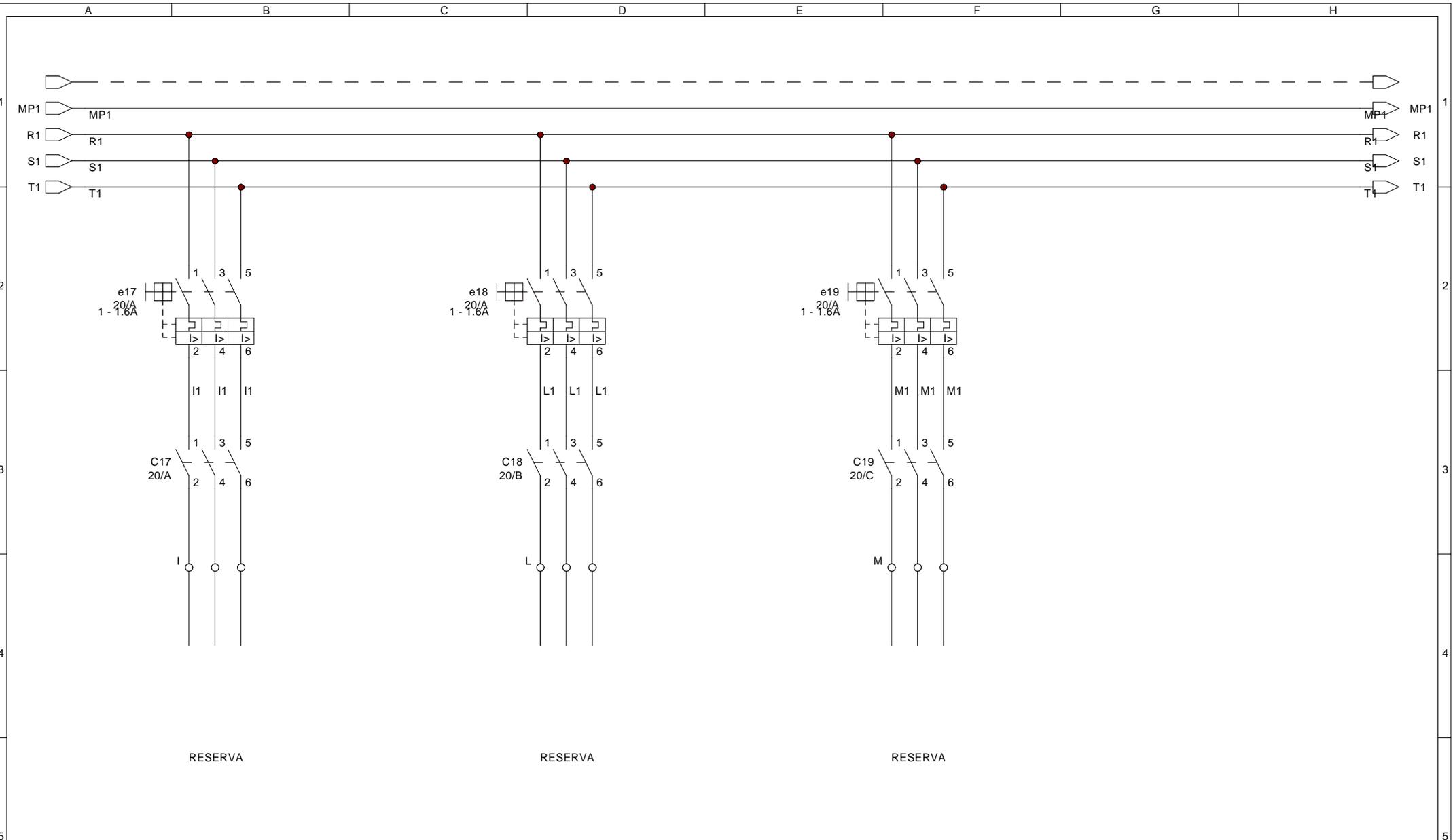


	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	



Título
PAC600R
CIRCUITO ELECTRICO POTENCIA

Fecha:	15/02/2006	Nún:	4 de 36
Archivo:	pac600_4.cad		

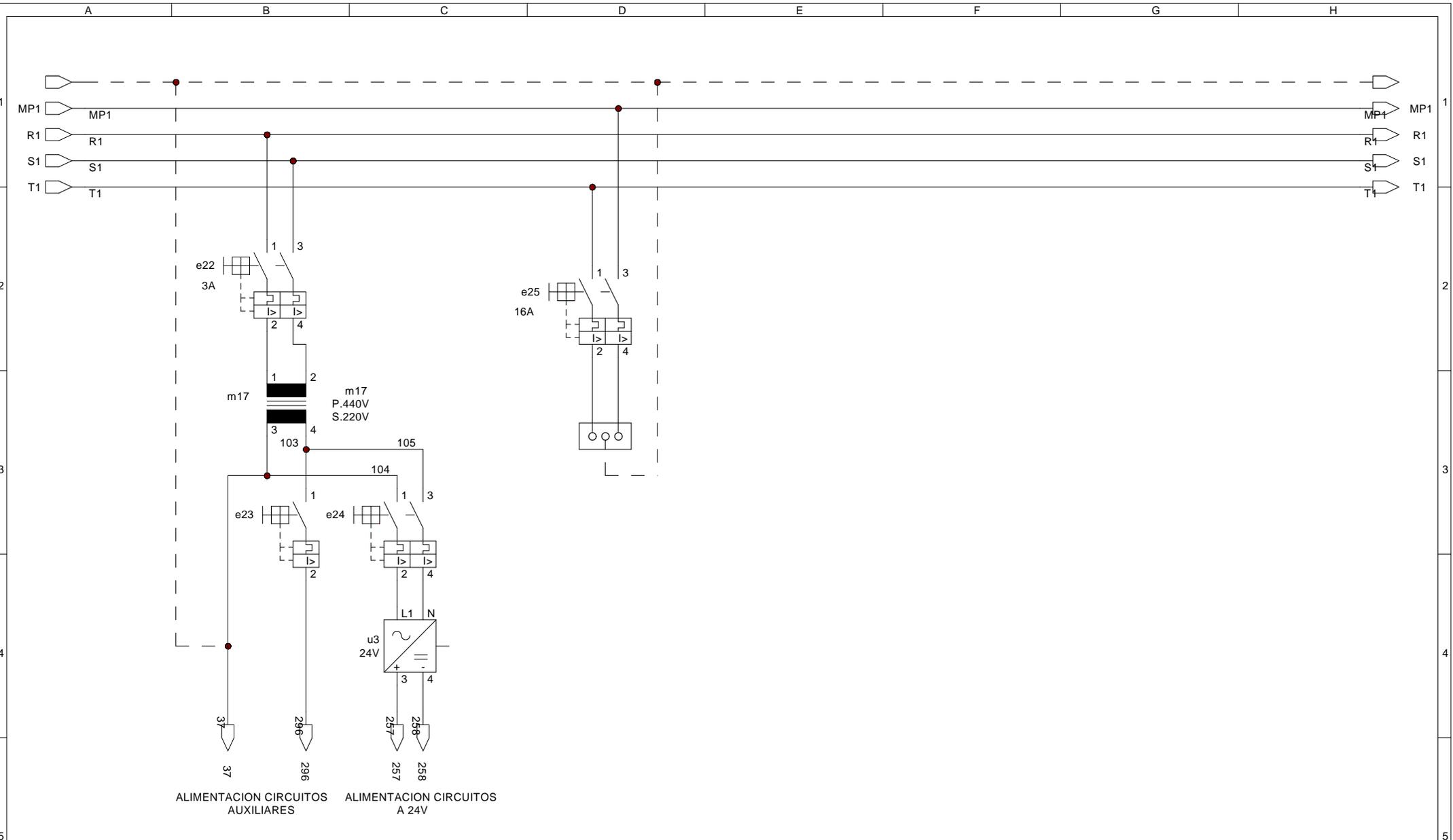


	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	



Título
 PAC600R
 CIRCUITO ELECTRICO POTENCIA

Fecha:	15/02/2006	Nún:	5 de 36
Archivo:	pac600_5.cad		

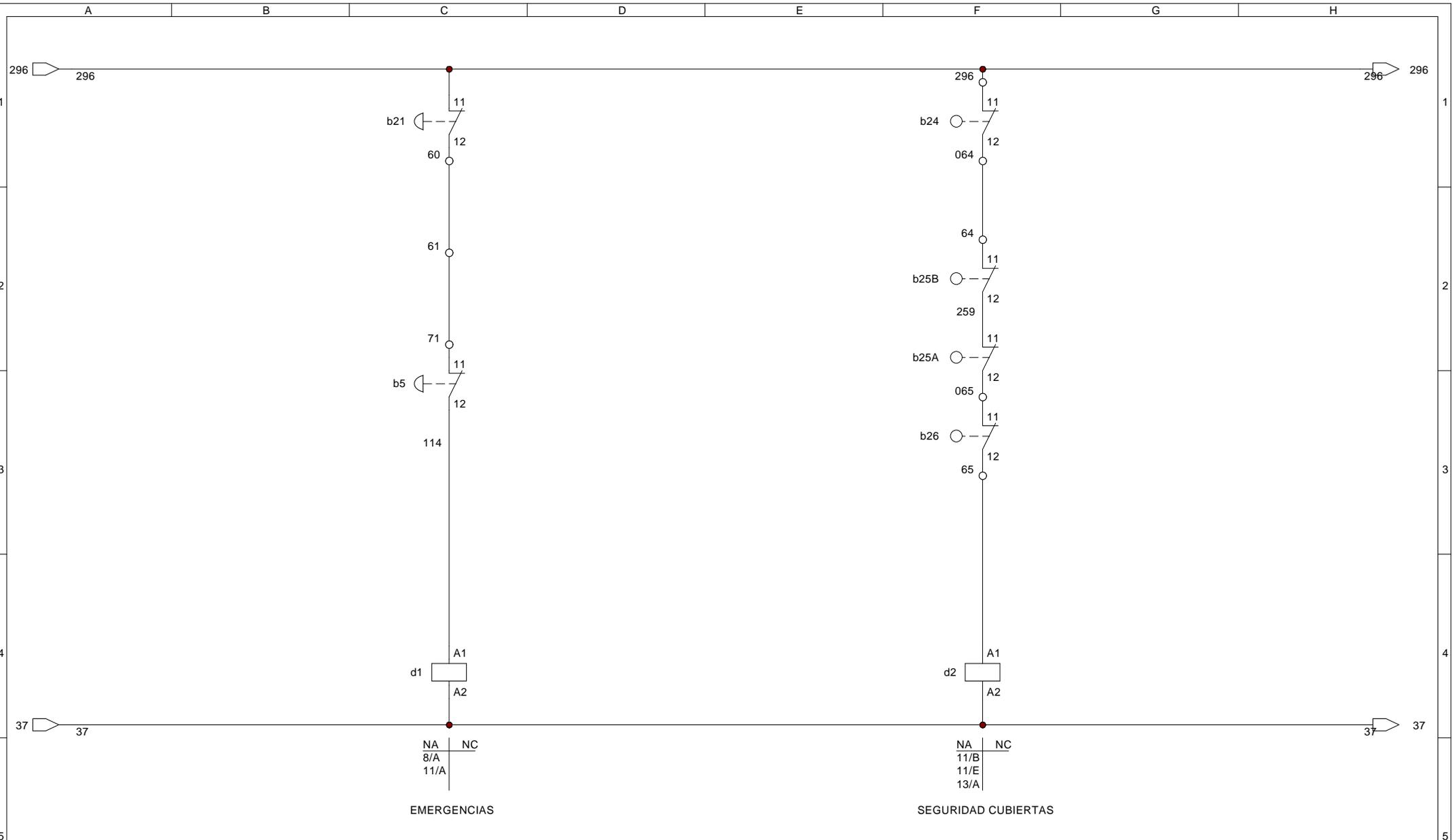


	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	



Título
 PAC600R
 CIRCUITO ELECTRICO POTENCIA

Fecha:	15/02/2006	Nún:	6 de 36
Archivo:	pac600_6.cad		

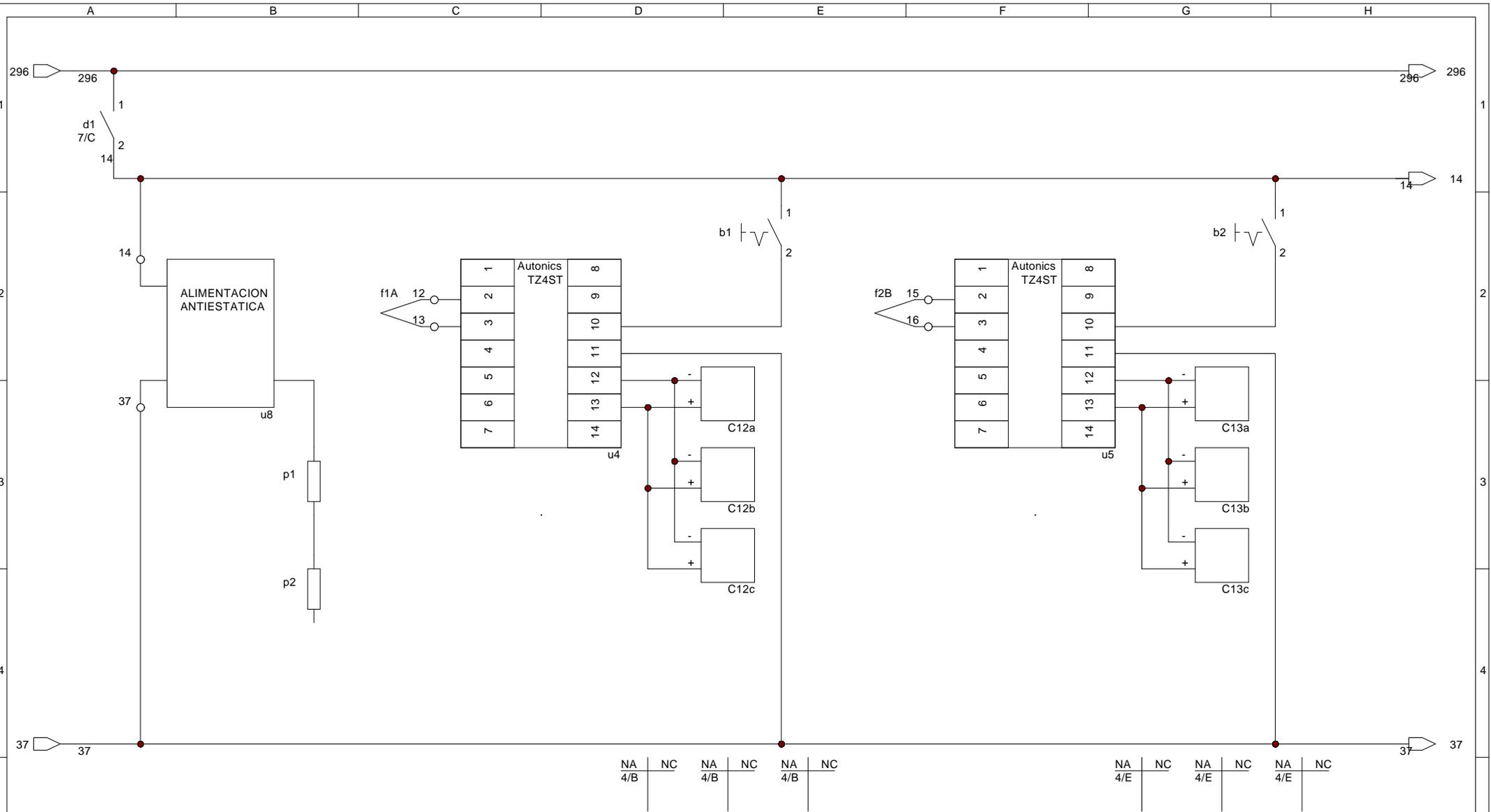


	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	



Título
 PAC600R
 EMERGENCIAS Y SEGURIDADES

Fecha: 15/02/2006	Nún: 7 de 36
Archivo: pac600_7.cad	



CONTROLADOR RESISTENCIAS
LATERALES DERECHAS

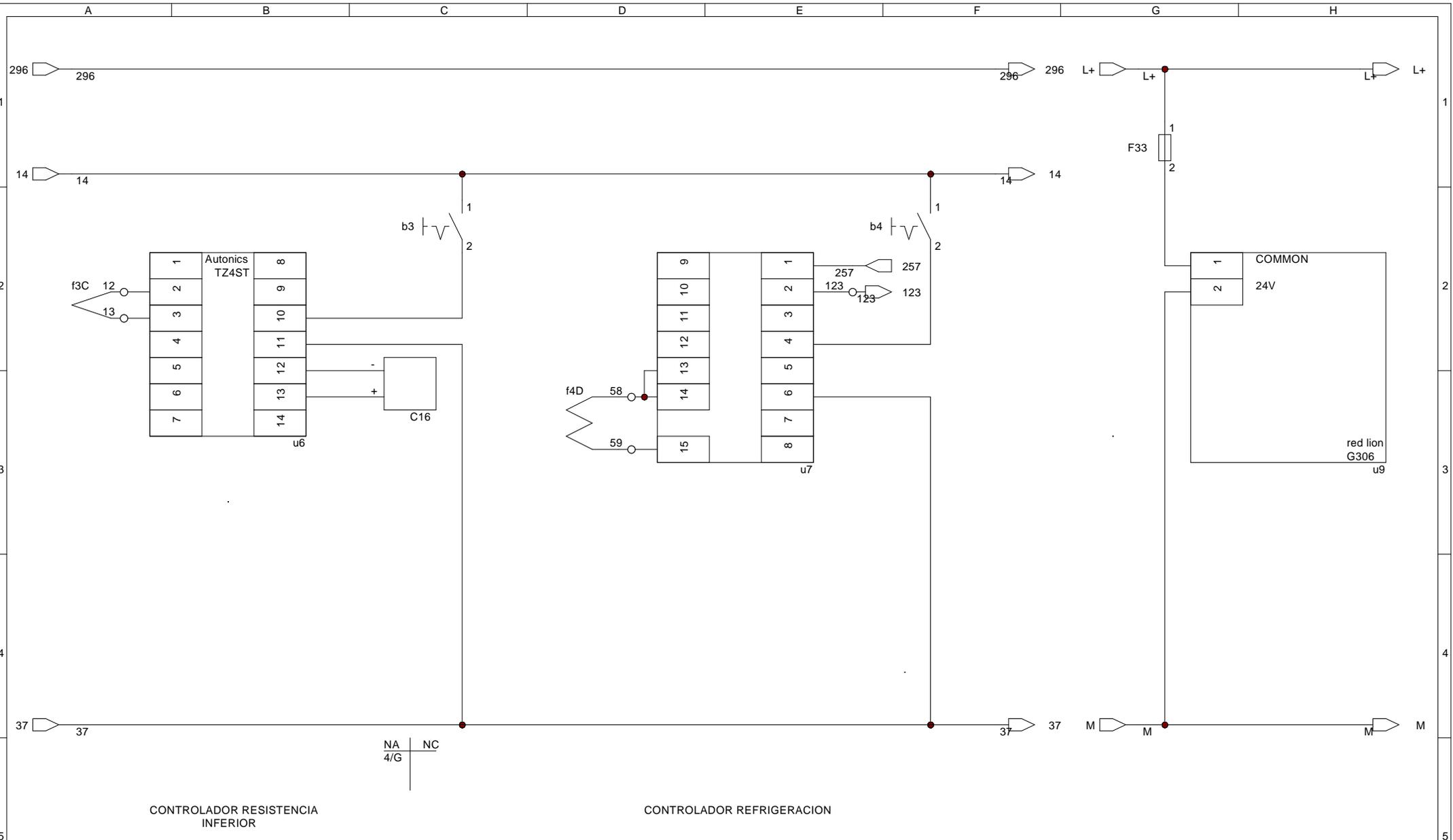
CONTROLADOR RESISTENCIAS
LATERALES IZQUIERDAS

	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	



Título
PAC600R
CONTROLADORES TEMPERATURA

Fecha:	15/02/2006	Nún:	8 de 36
Archivo:	pac600_8.cad		

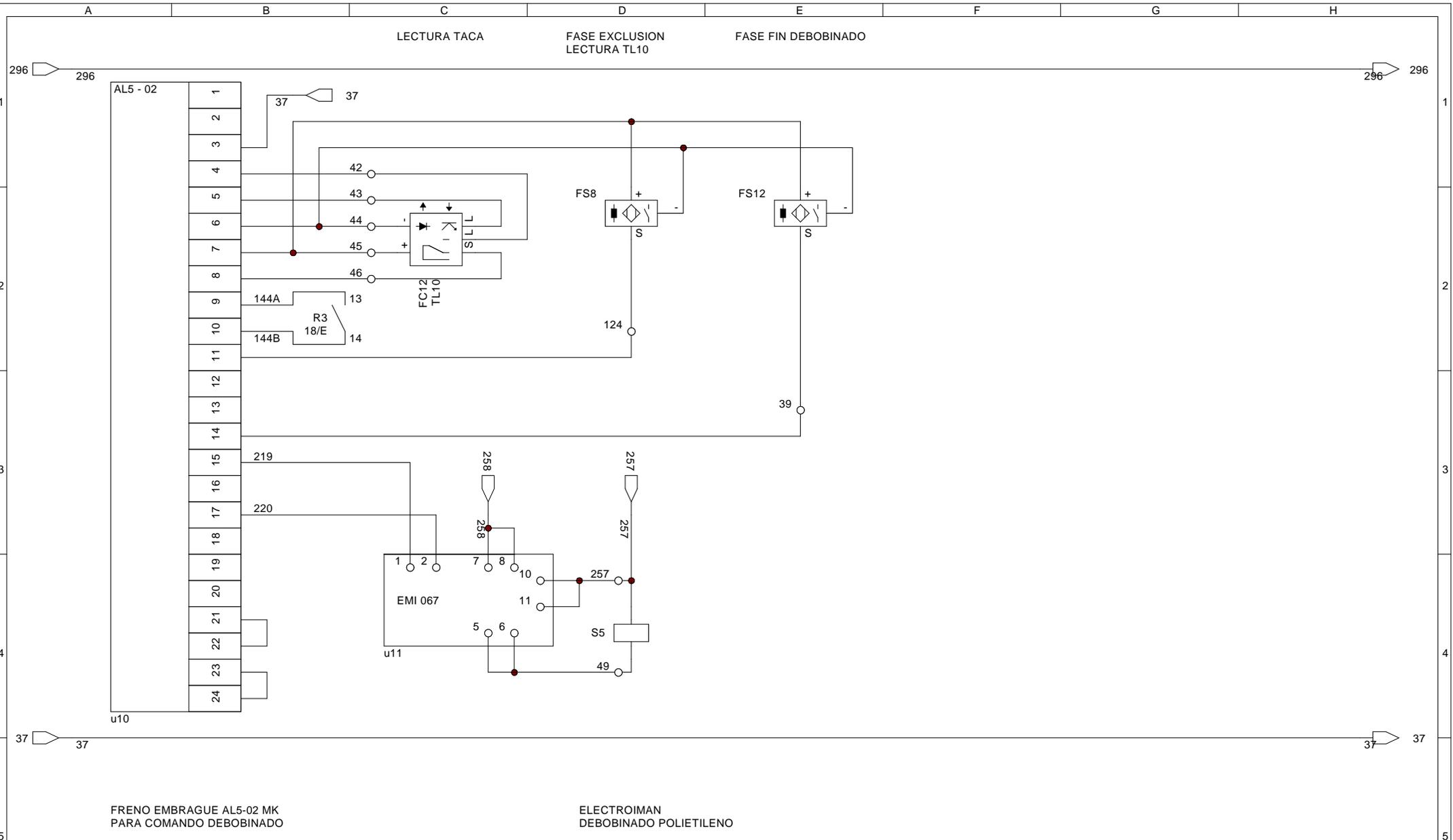


	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	



Título
PAC600R
CONTROLADORES TEMPERATURA

Fecha:	15/02/2006	Nún:	9 de 36
Archivo:	pac600_9.cad		



FRENO EMBRAGUE AL5-02 MK
PARA COMANDO DEBOBINADO

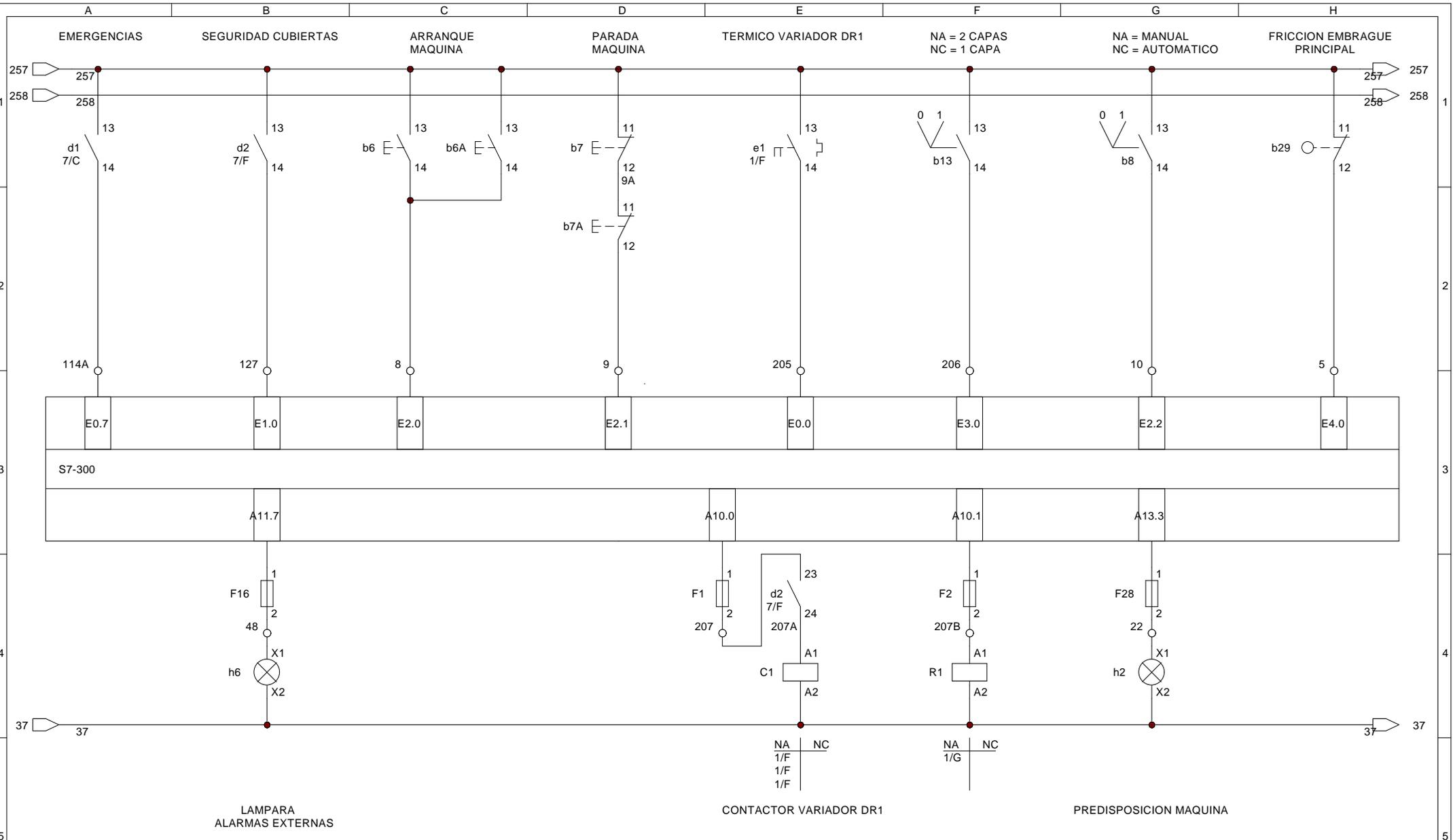
ELECTROIMAN
DEBOBINADO POLIETILENO

	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	



Título
PAC600R
CENTRADOR DE TACA

Fecha:	15/02/2006	Nún:	10 de 36
Archivo:	pac600_10.cad		

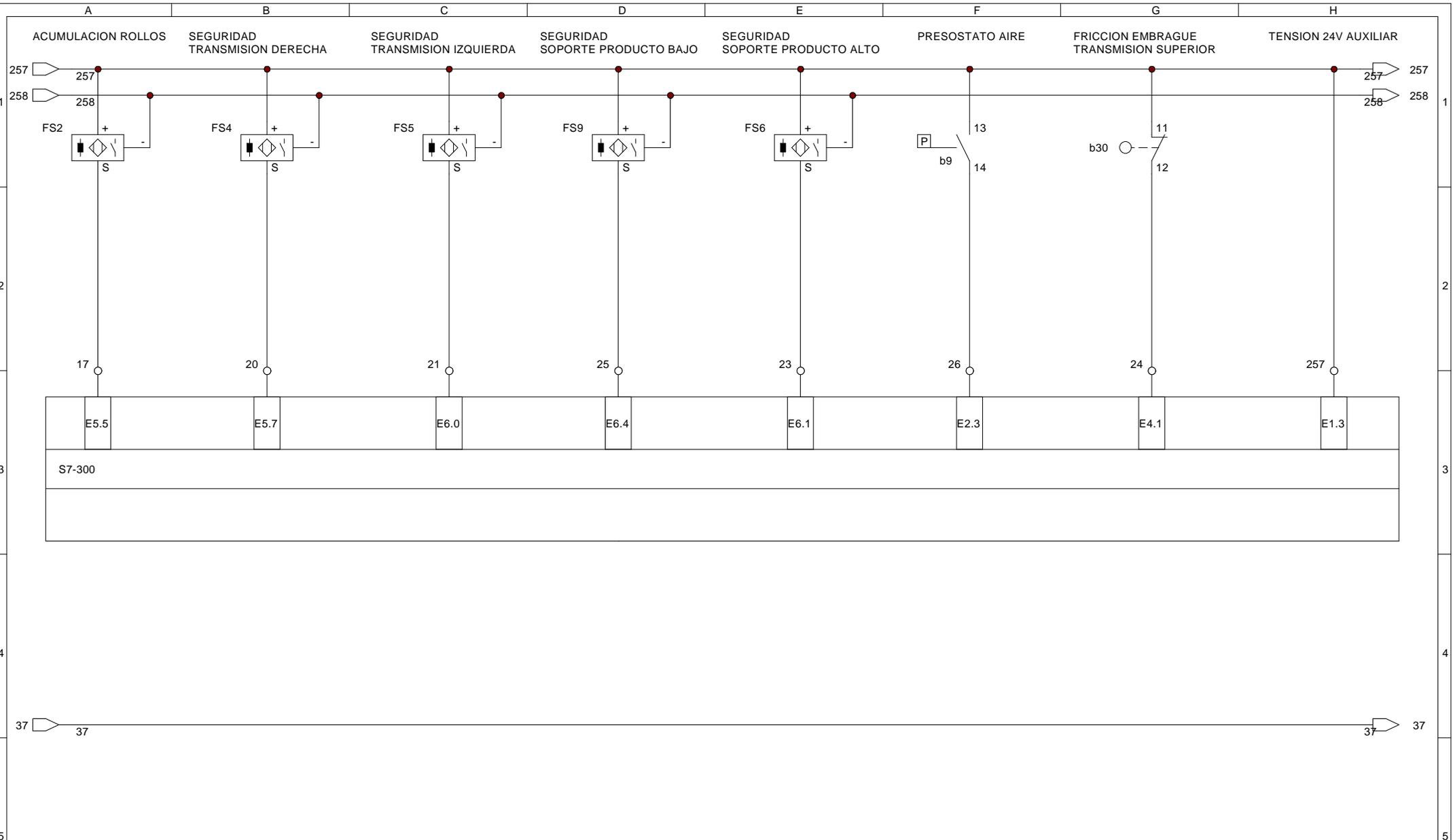


	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	



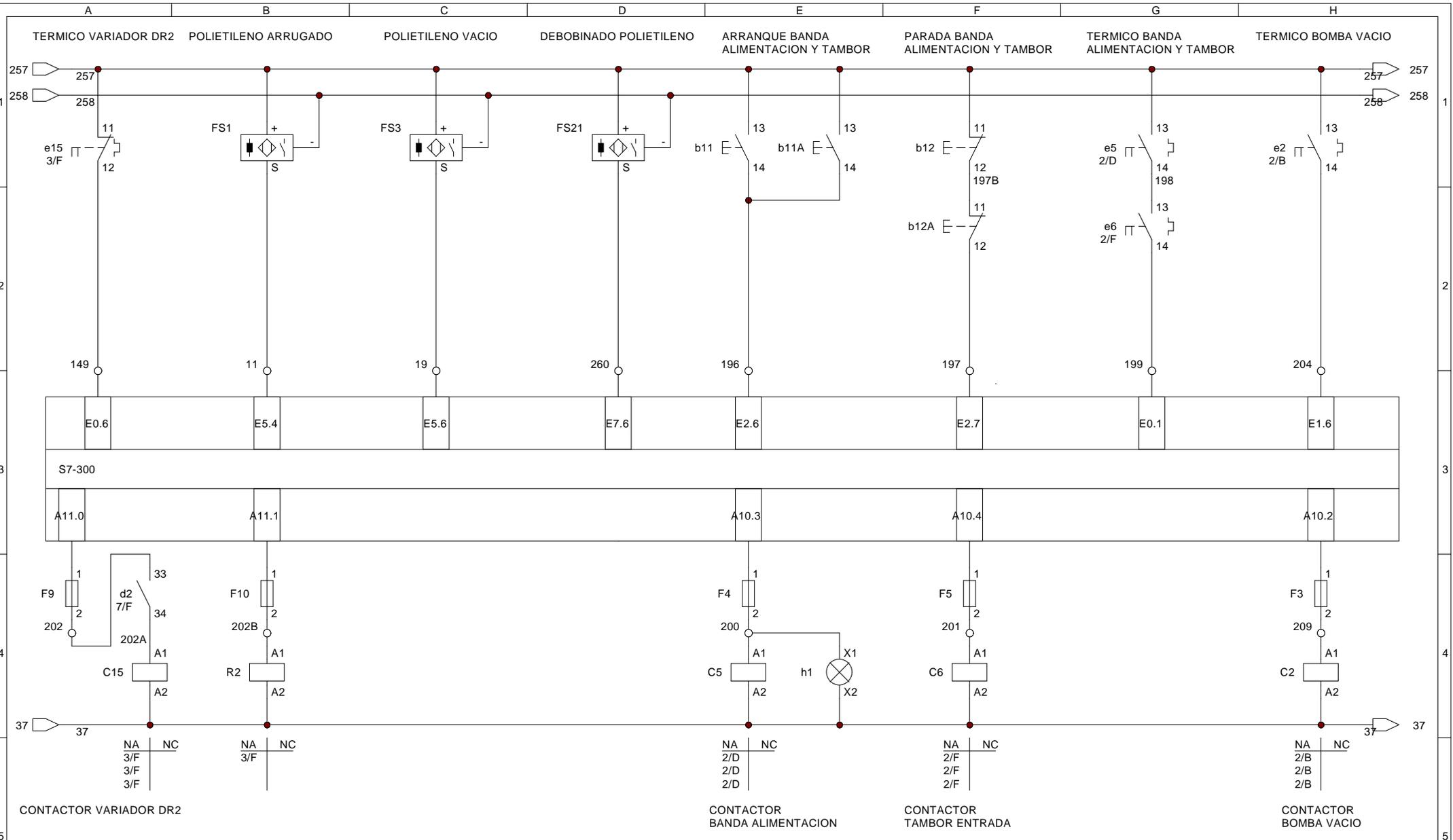
Título
PAC600R
CIRCUITO ELECTRICO CONTROL

Fecha:	15/02/2006	Nún:	11 de 36
Archivo:	pac600_11.cad		



E5.5	E5.7	E6.0	E6.4	E6.1	E2.3	E4.1	E1.3
S7-300							

	Fecha	Nombre	Firmas		Título	Fecha: 15/02/2006	Nún: 12 de 36
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez			PAC600R CIRCUITO ELECTRICO CONTROL	Archivo: pac600_12.cad	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña					

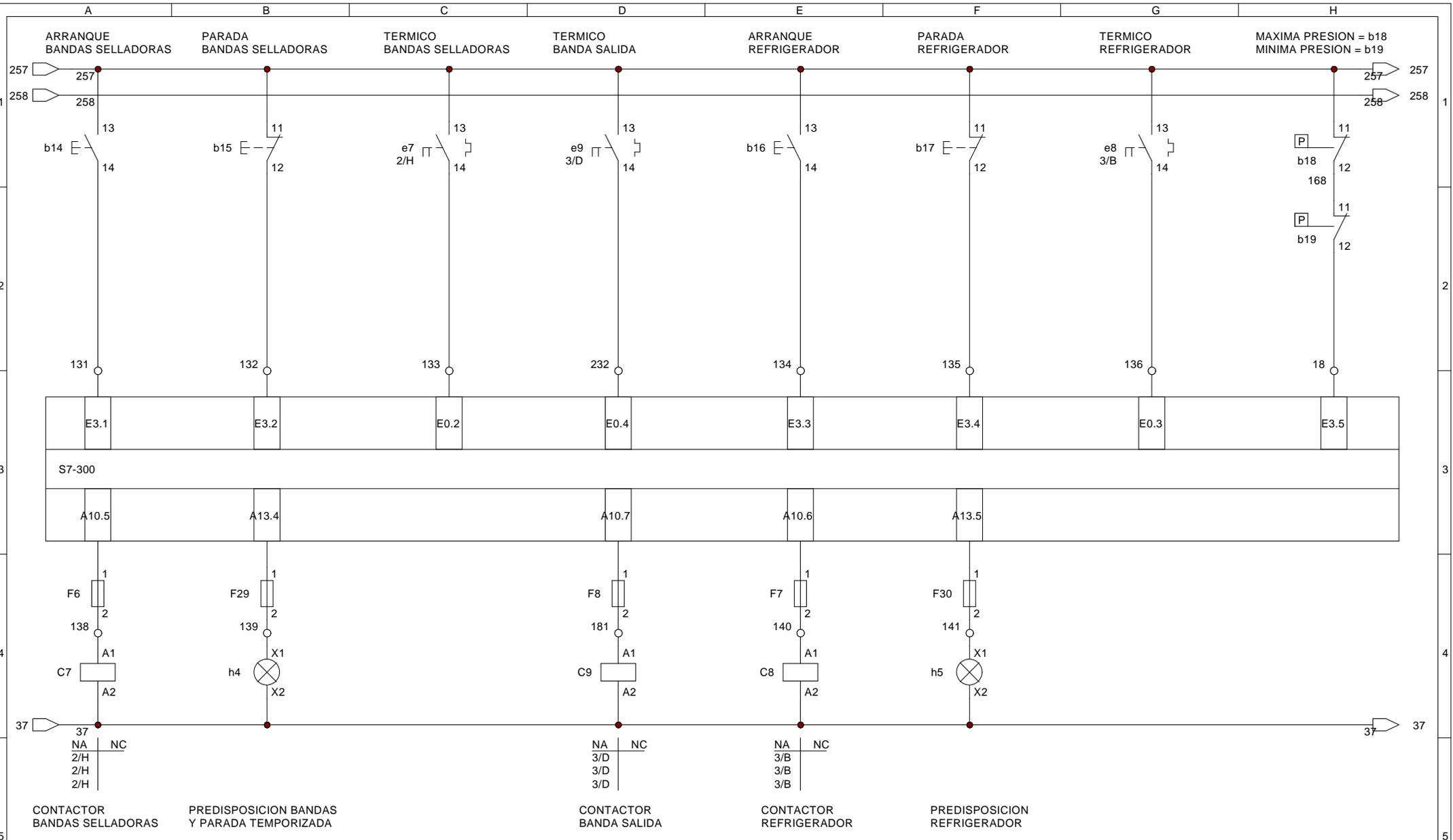


	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	

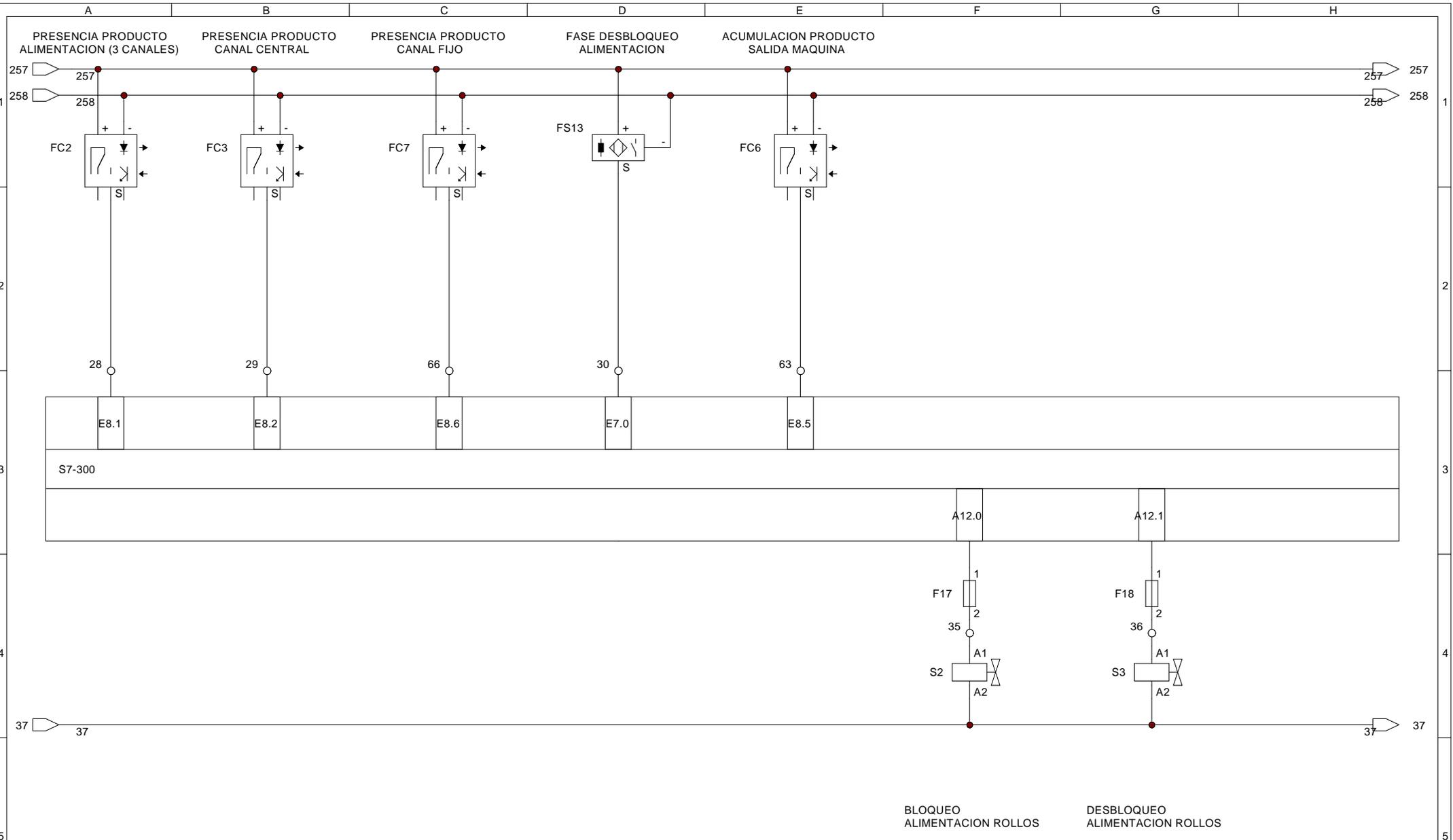


Título
PAC600R
CIRCUITO ELECTRICO CONTROL

Fecha:	15/02/2006	Nún:	13 de 36
Archivo:	pac600_13.cad		



	Fecha	Nombre	Firmas	 familia sancela [®] Productos Familia Sancela S.A.	Título	Fecha: 15/02/2006	Nún: 14 de 36
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez			PAC600R CIRCUITO ELECTRICO CONTROL	Archivo: pac600_14.cad	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña					

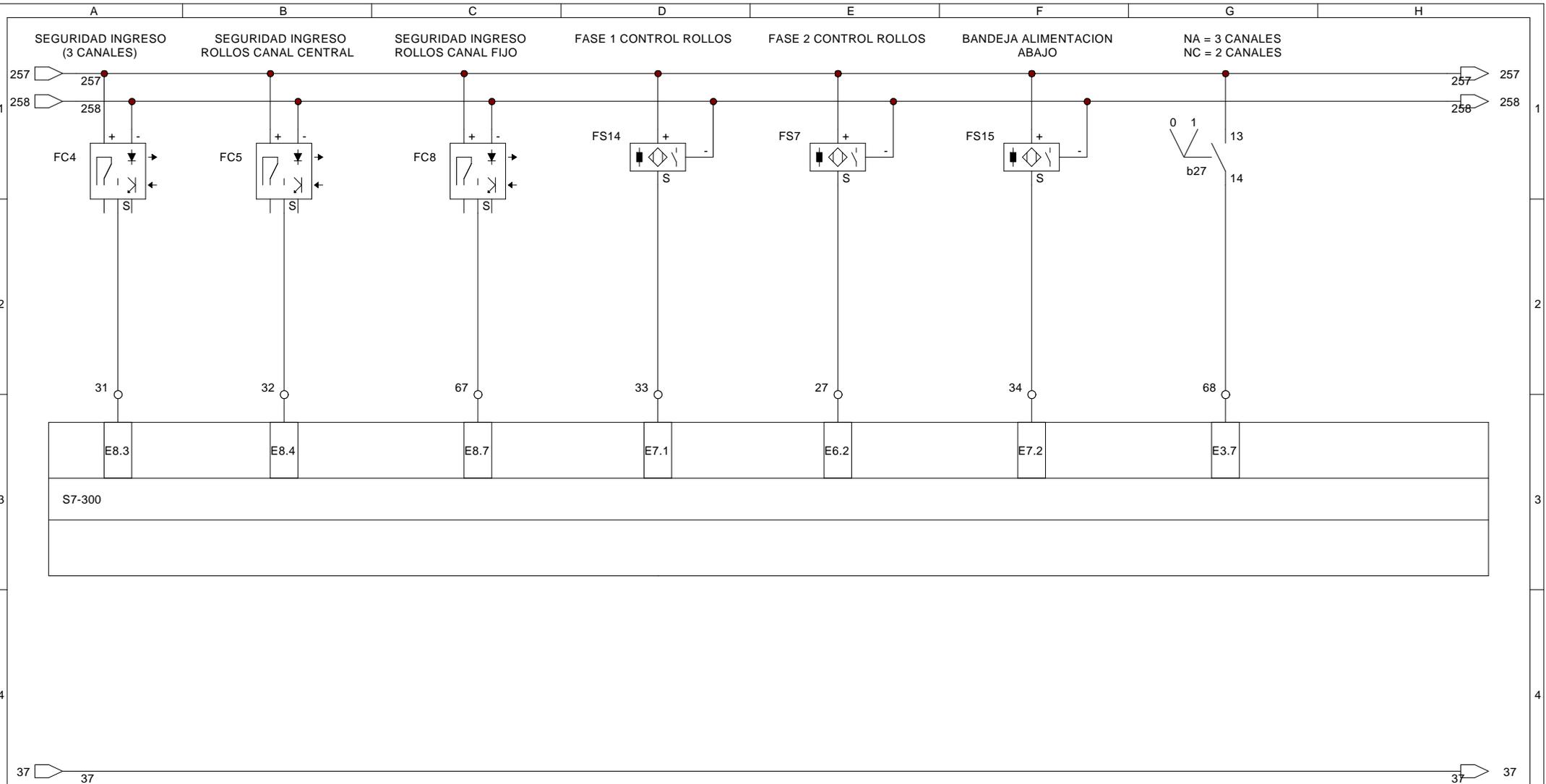


	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	



Título
PAC600R
CIRCUITO ELECTRICO CONTROL

Fecha:	15/02/2006	Nún:	15 de 36
Archivo:	pac600_15.cad		

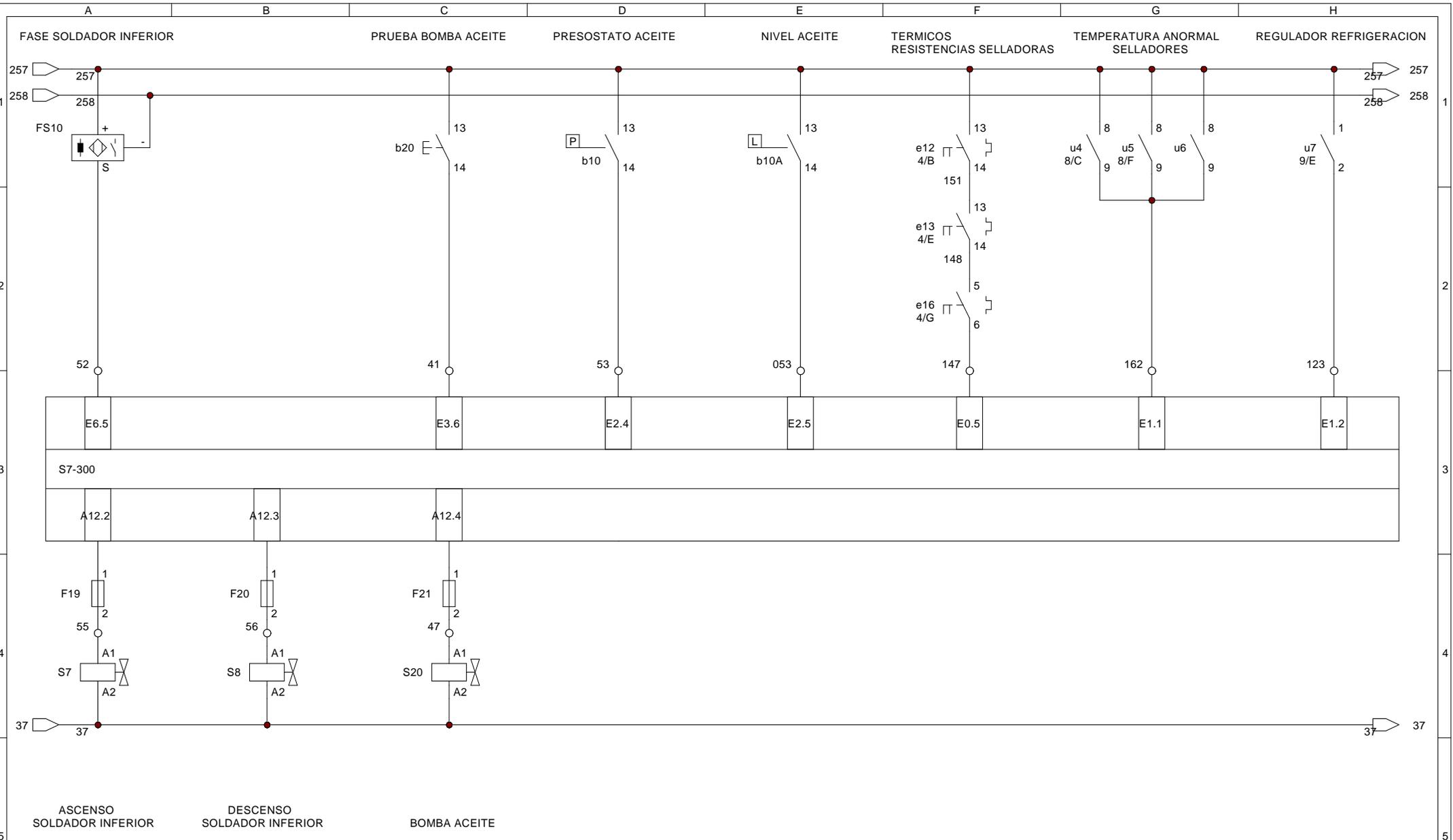


	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	

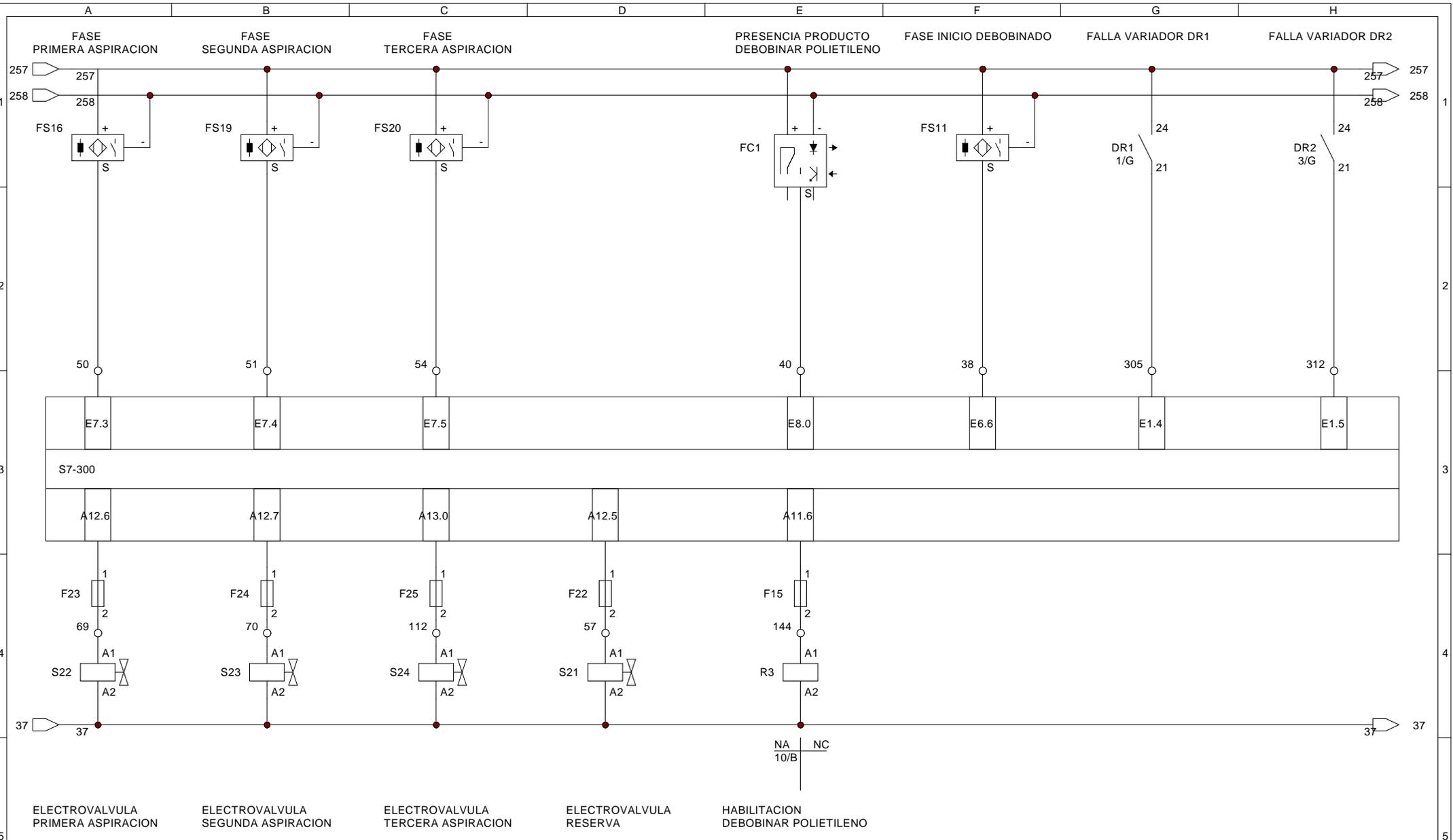


Título
PAC600R
CIRCUITO ELECTRICO CONTROL

Fecha:	15/02/2006	Nún:	16 de 36
Archivo:	pac600_16.cad		



ASCENSO SOLDADOR INFERIOR		DESCENSO SOLDADOR INFERIOR		BOMBA ACEITE				Título		Fecha: 15/02/2006		Nún: 17 de 36	
Dibujado		03/11/2005		Fausto Tapia José Rodríguez				PAC600R		CIRCUITO ELECTRICO CONTROL			
Comprobado		15/02/2006		Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña				E0.5		Archivo: pac600_17.cad			

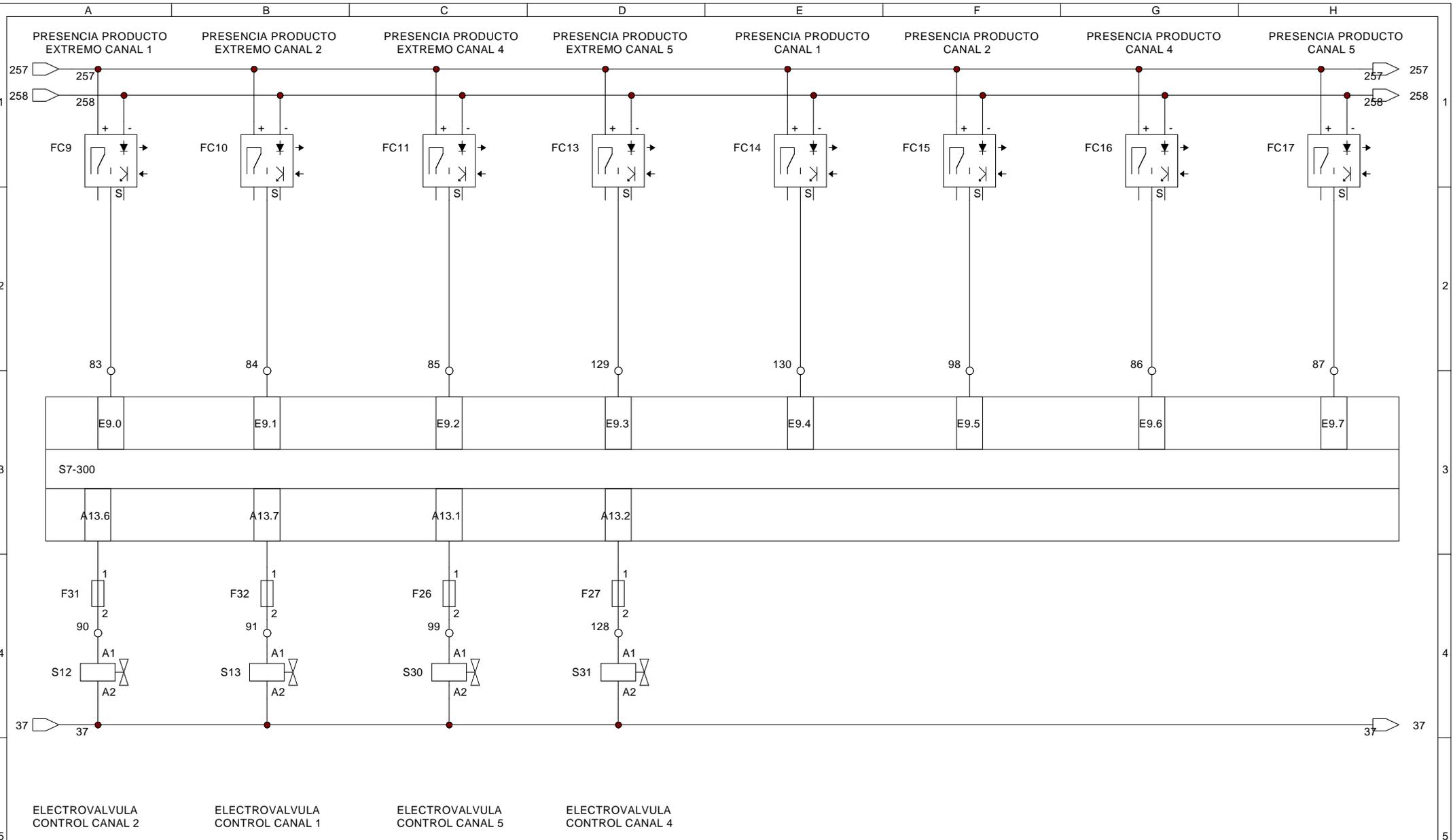


	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	



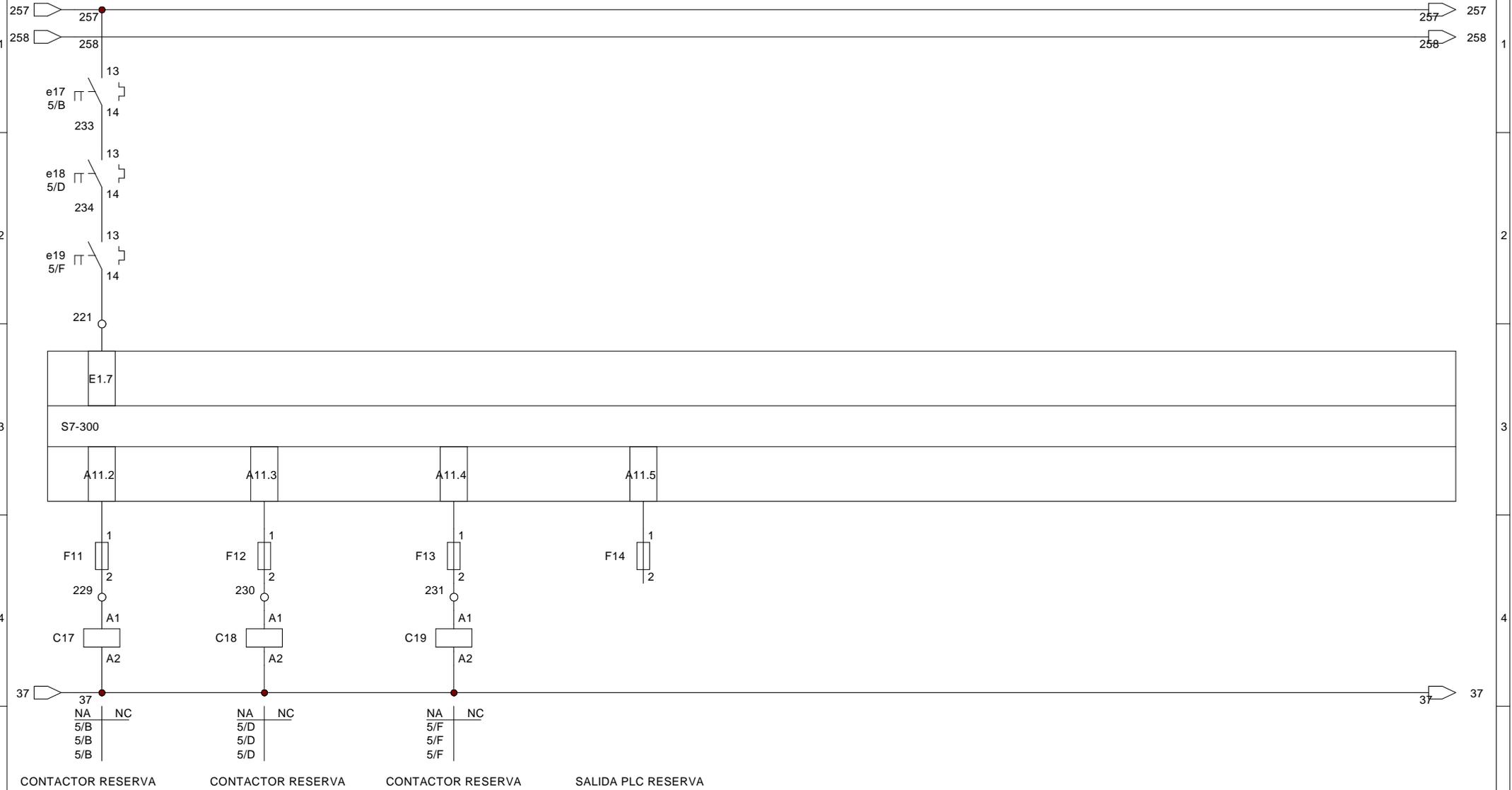
Título PAC600R CIRCUITO ELECTRICO CONTROL	Fecha: 15/02/2006	Núm: 18 de 36
	Archivo: pac600_18.cad	

A B C D E F G H



ELECTROVALVULA CONTROL CANAL 2		ELECTROVALVULA CONTROL CANAL 1		ELECTROVALVULA CONTROL CANAL 5		ELECTROVALVULA CONTROL CANAL 4		
Fecha	Nombre	Firmas			Título		Fecha: 15/02/2006	Nún: 19 de 36
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez			PAC600R CIRCUITO ELECTRICO CONTROL		Archivo: pac600_19.cad	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña						

TERMICOS RESERVA

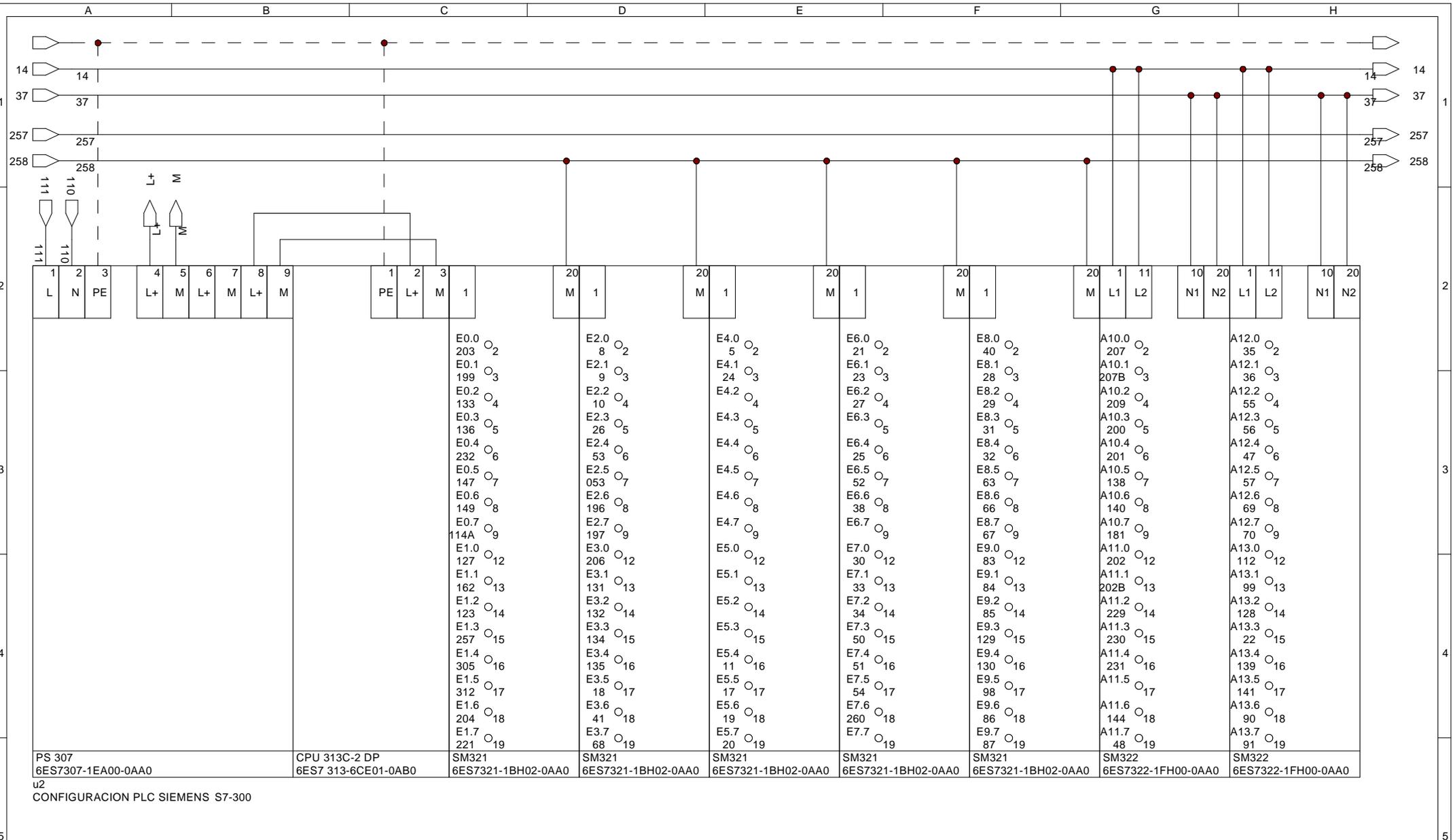


	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	



Título
PAC600R
CIRCUITO ELECTRICO CONTROL

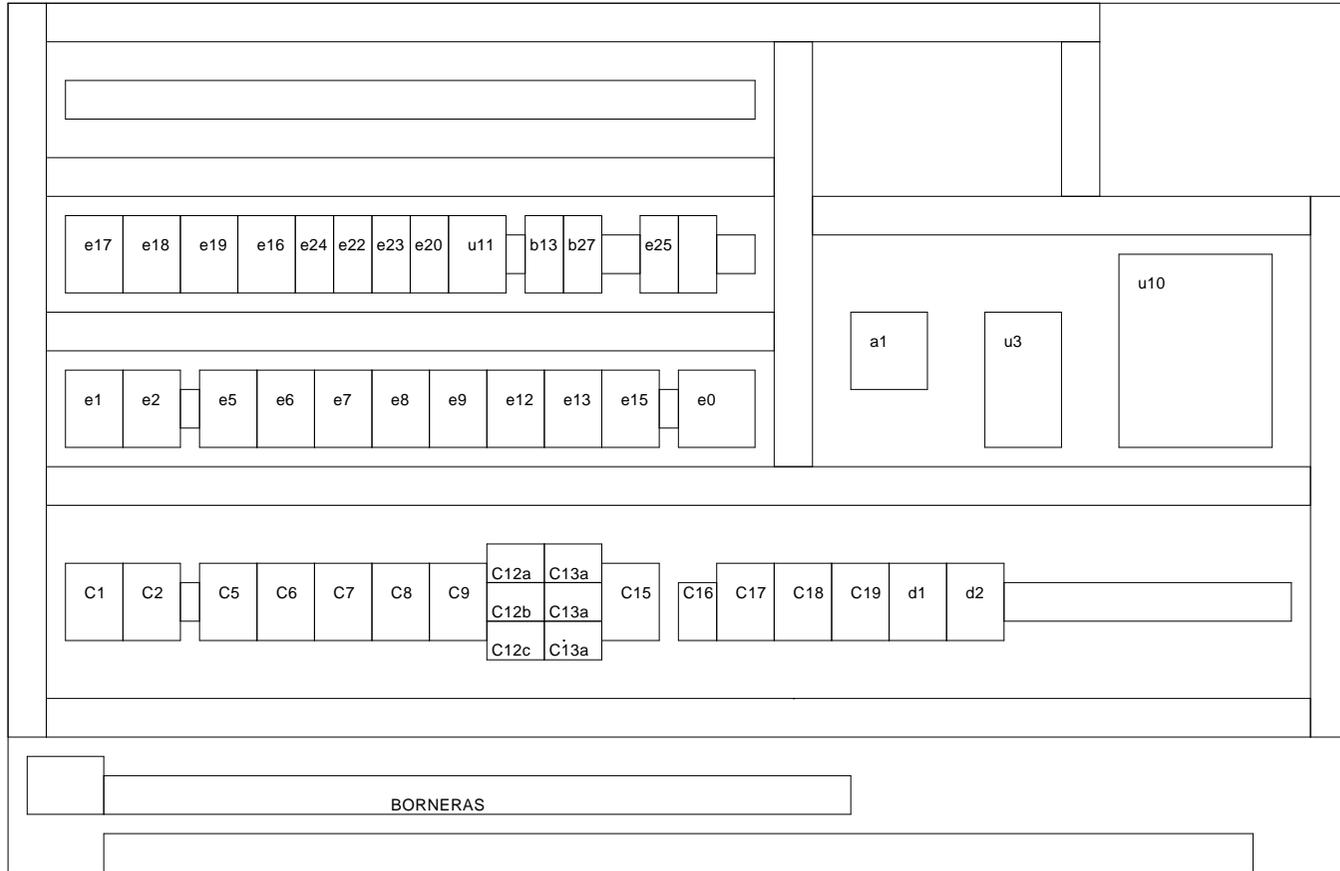
Fecha: 15/02/2006	Nún: 20 de 36
Archivo: pac600_20.cad	



PS 307 6ES7307-1EA00-0AA0		CPU 313C-2 DP 6ES7 313-6CE01-0AB0		SM321 6ES7321-1BH02-0AA0		SM322 6ES7322-1FH00-0AA0		SM322 6ES7322-1FH00-0AA0									
u2 CONFIGURACION PLC SIEMENS S7-300																	
Fecha		Nombre		Firmas								Título		Fecha:		Nún:	
Dibujado		Fausto Tapia José Rodríguez										PAC600R CONFIGURACION PLC		15/02/2006		21 de 36	
Comprobado		Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña												Archivo:		pac600_21.cad	

A B C D E F G H

LADO POTENCIA



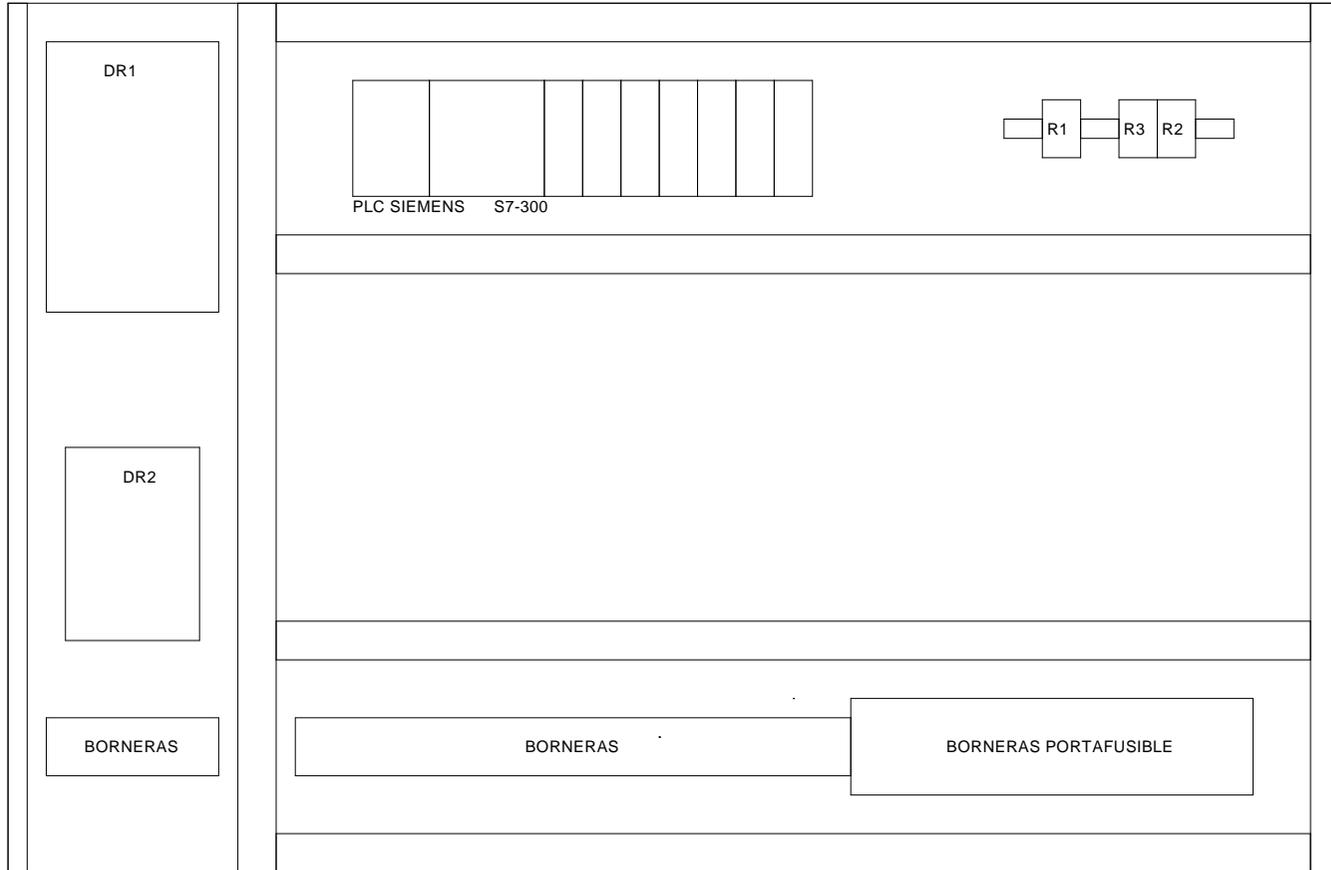
m17 m20

	Fecha	Nombre	Firmas	 <p>Productos Familia Sancela S.A.</p>	Título	Fecha: 15/02/2006	Nún: 22 de 36
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez			PAC600R TABLERO ELECTRICO POTENCIA	Archivo: pac600_22.cad	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña					

A B C D E F G H

A B C D E F G H

LADO CONTROL



	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	



Título
PAC600R
TABLERO ELECTRICO CONTROL

Fecha: 15/02/2006 Núm: 23 de 36
Archivo: pac600_23.cad

A B C D E F G H

A B C D E F G H

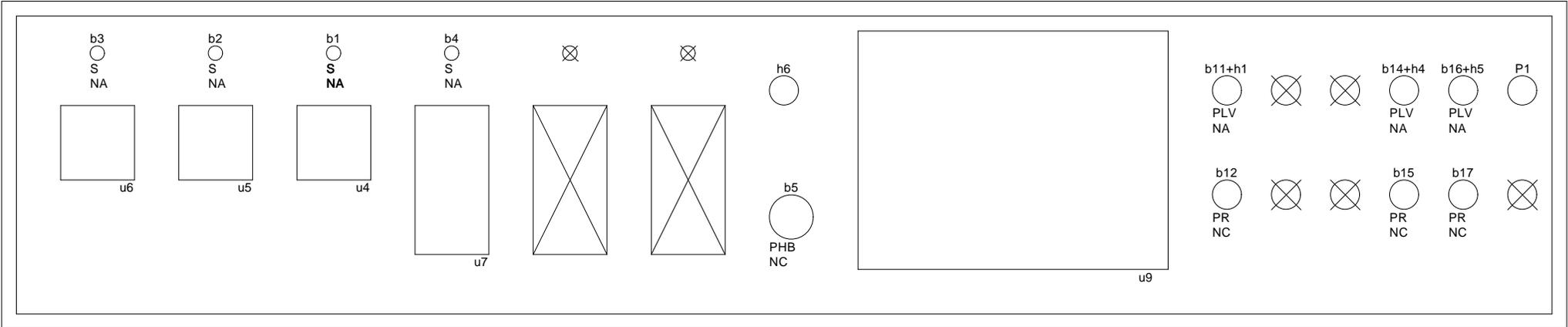
1

1

PANEL DE CONTROL

2

2



3

3

PHB - PULSANTE HONGO BLOQUEO
 PLV - PULSANTE LUMINOSO VERDE
 PR - PULSANTE ROJO
 S - SELECTOR

4

4

5

5

	Fecha	Nombre	Firmas		Título	Fecha:	Nún:
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez			PAC600R PANEL DE CONTROL	15/02/2006	24 de 36
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña			Archivo:	pac600_24.cad	

A

B

C

D

E

F

G

H

Fausto Tapia
José Rodríguez

PRODUCTOS FAMILIA SANCELA DELECUADOR

PAC600R
CIRCUITO ELECTRICO CONTROL

A B C D E F G H

1

1

1

2

2

2

3

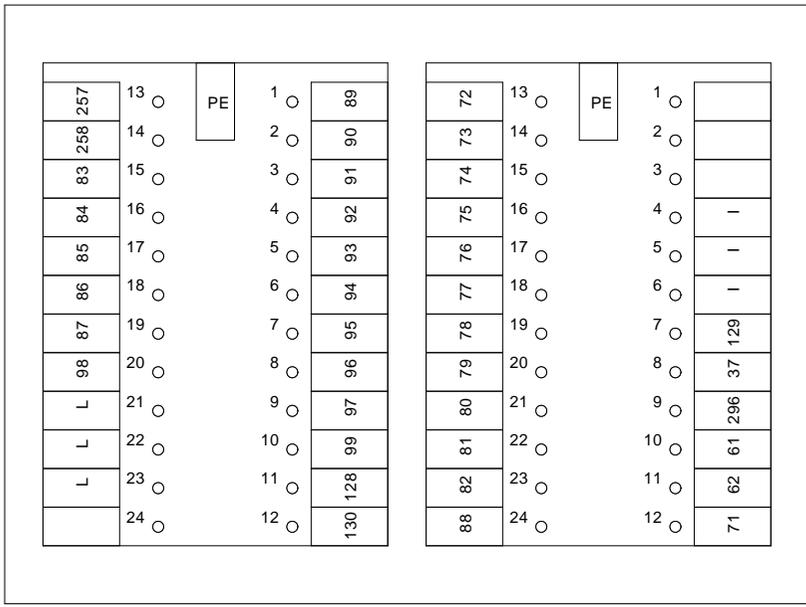
3

4

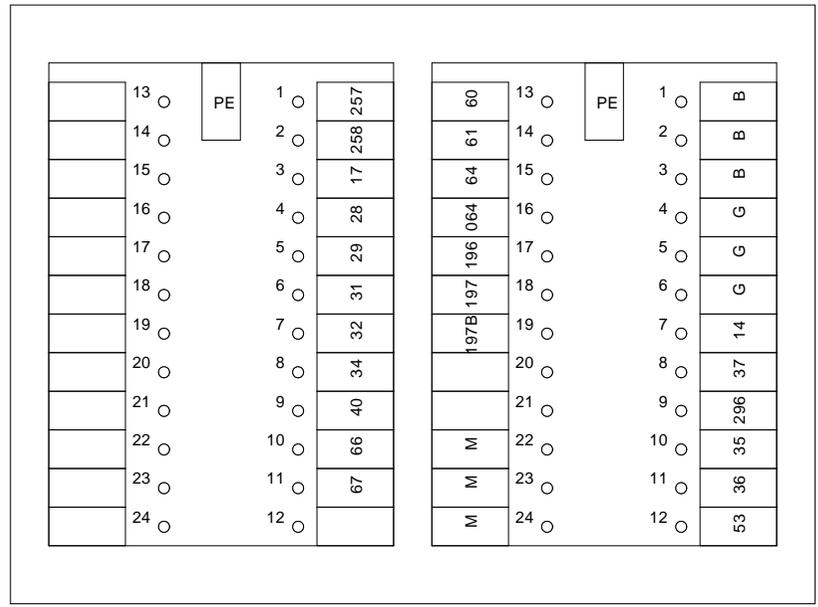
4

5

5



BORNERA INTERCAMBIADOR



BORNERA ALIMENTACION

	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	



Título
PAC600R
BORNERAS

Fecha:	15/02/2006	Nún:	27 de 36
Archivo:	pac600_27.cad		

A B C D E F G H

1

1

3

4

2

2

3

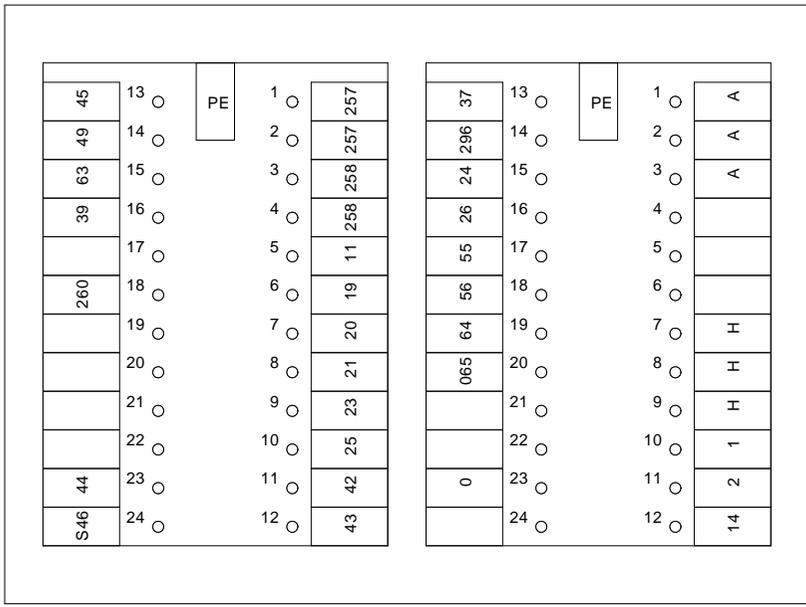
3

4

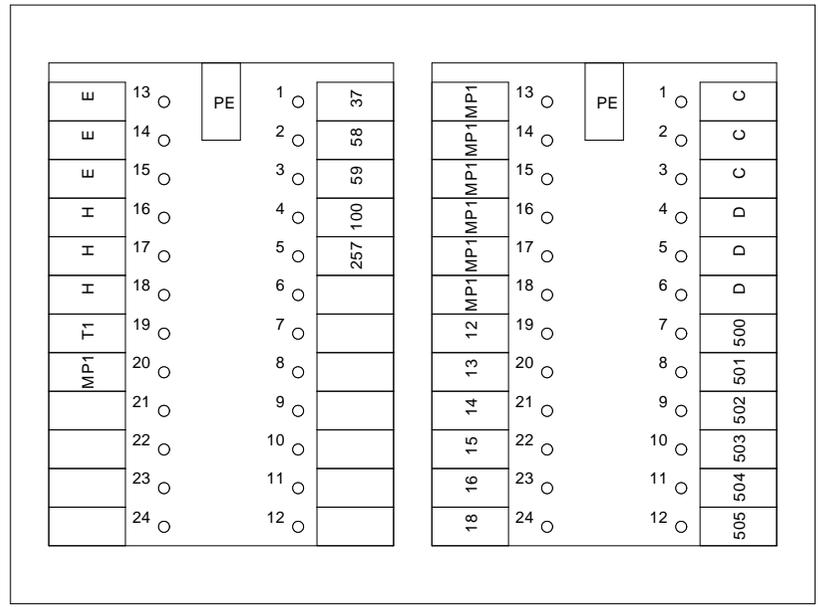
4

5

5



BORNERA MAQUINA 1



BORNERA SELLADORES

	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	

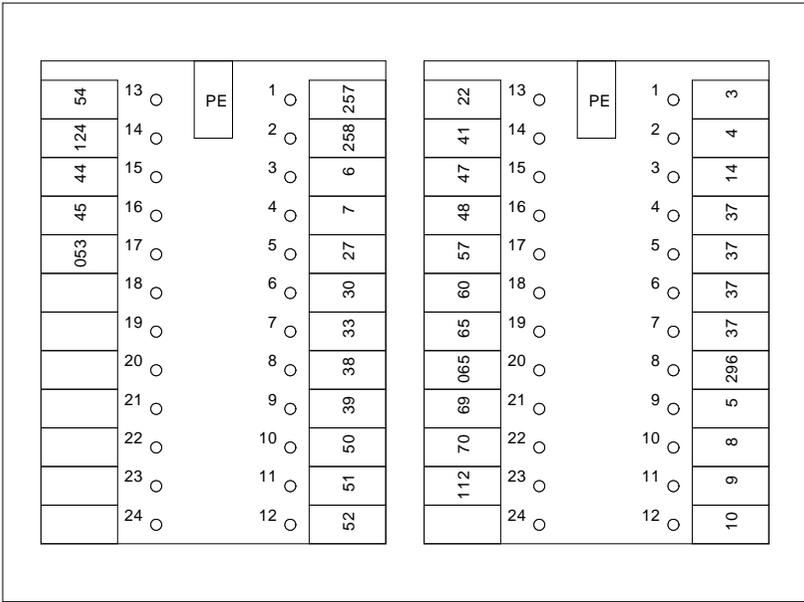


Título
PAC600R
BORNERAS

Fecha:	15/02/2006	Nún:	28 de 36
Archivo:	pac600_28.cad		

A B C D E F G H

5



BORNERA MAQUINA 2

	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	

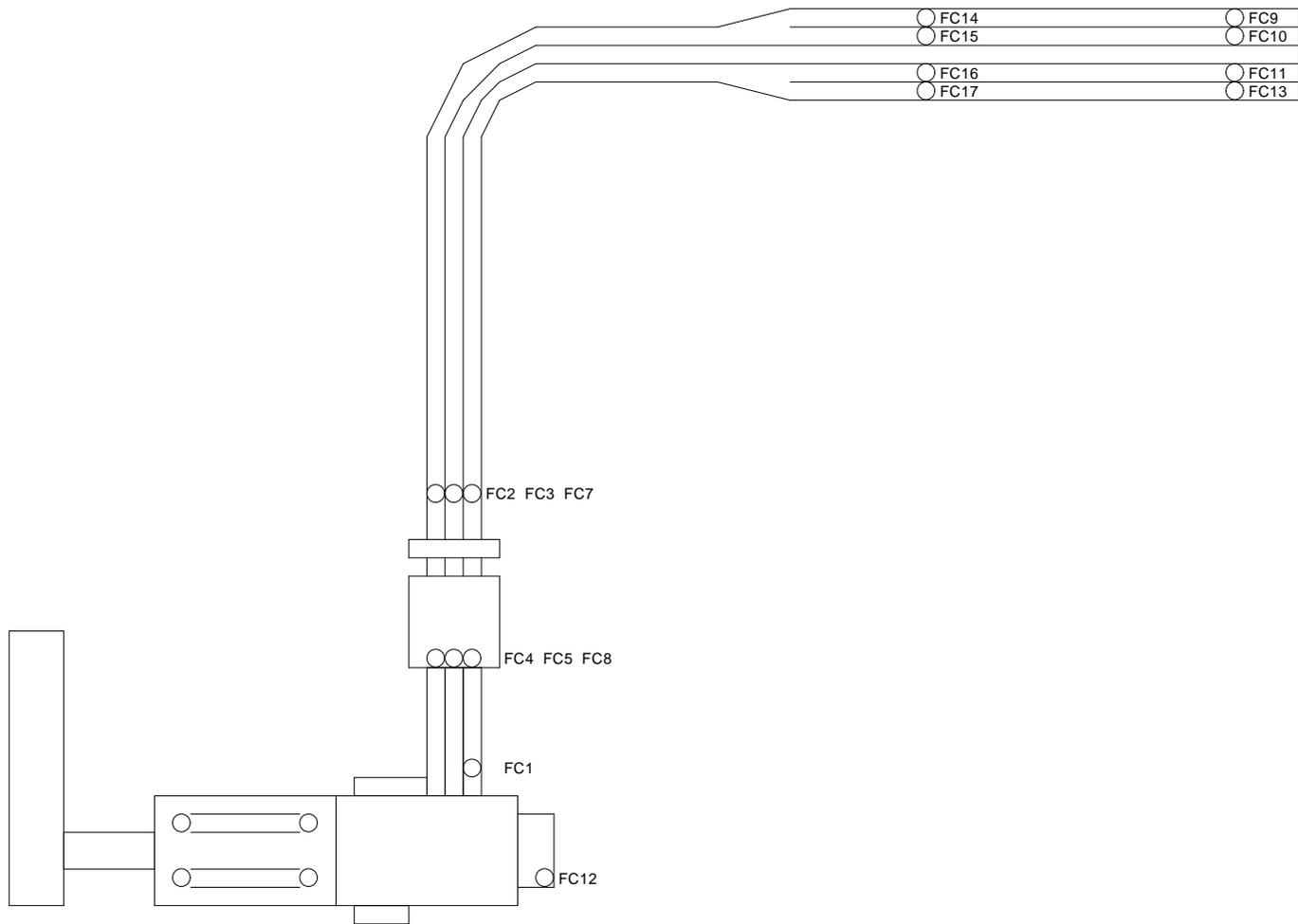


Título
PAC600R
BORNERAS

Fecha: 15/02/2006	Nún: 29 de 36
Archivo: pac600_29.cad	

A B C D E F G H

SENSORES FOTOELECTRICOS



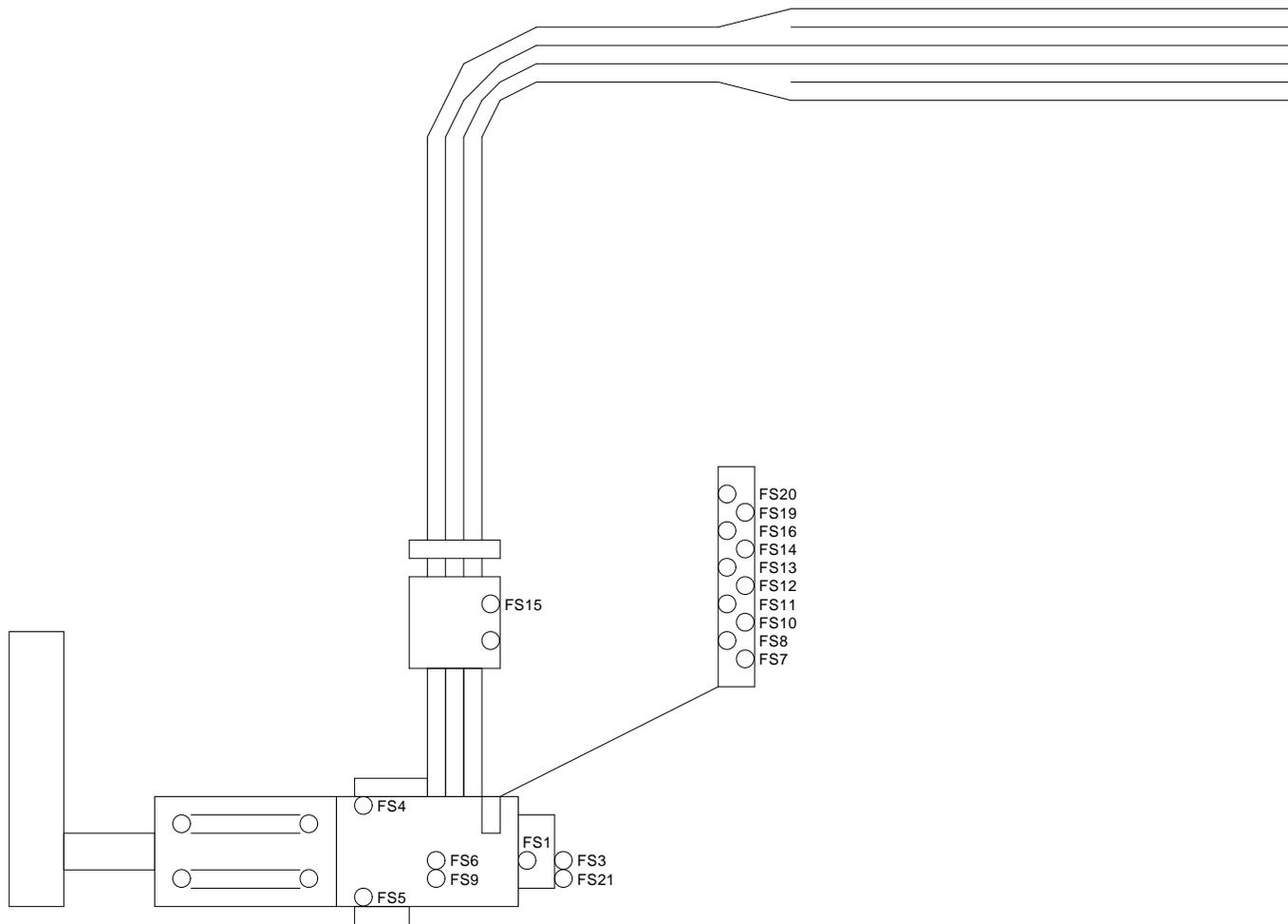
	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	



Título
PAC600R
UBICACION COMPONENTES

Fecha: 15/02/2006 Núm: 30 de 36
Archivo: pac600_30.cad

SENSORES INDUCTIVOS



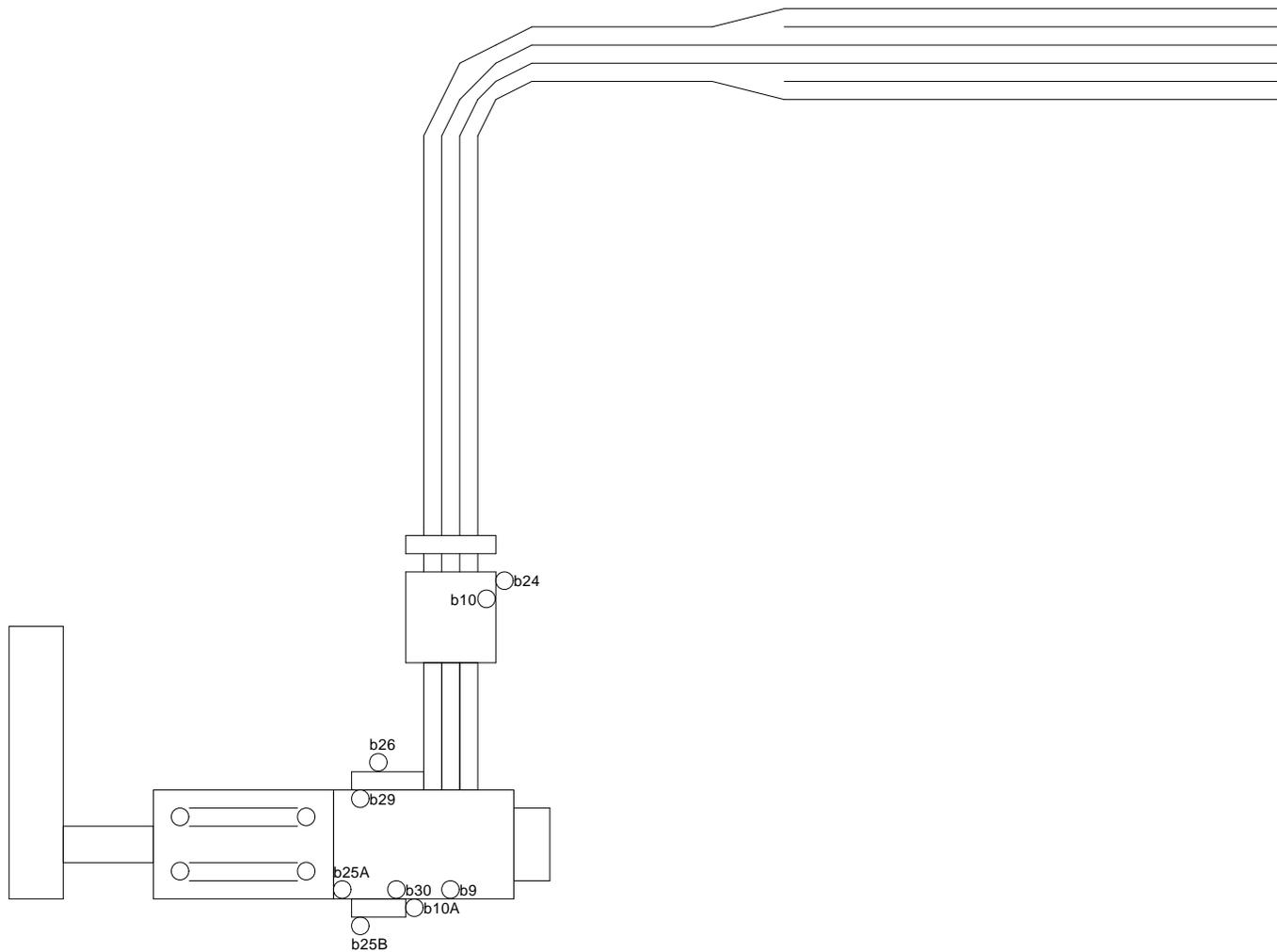
	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	



Título
PAC600R
UBICACION COMPONENTES

Fecha:	15/02/2006	Nún:	31 de 36
Archivo:	pac600_31.cad		

FINALES DE CARRERA



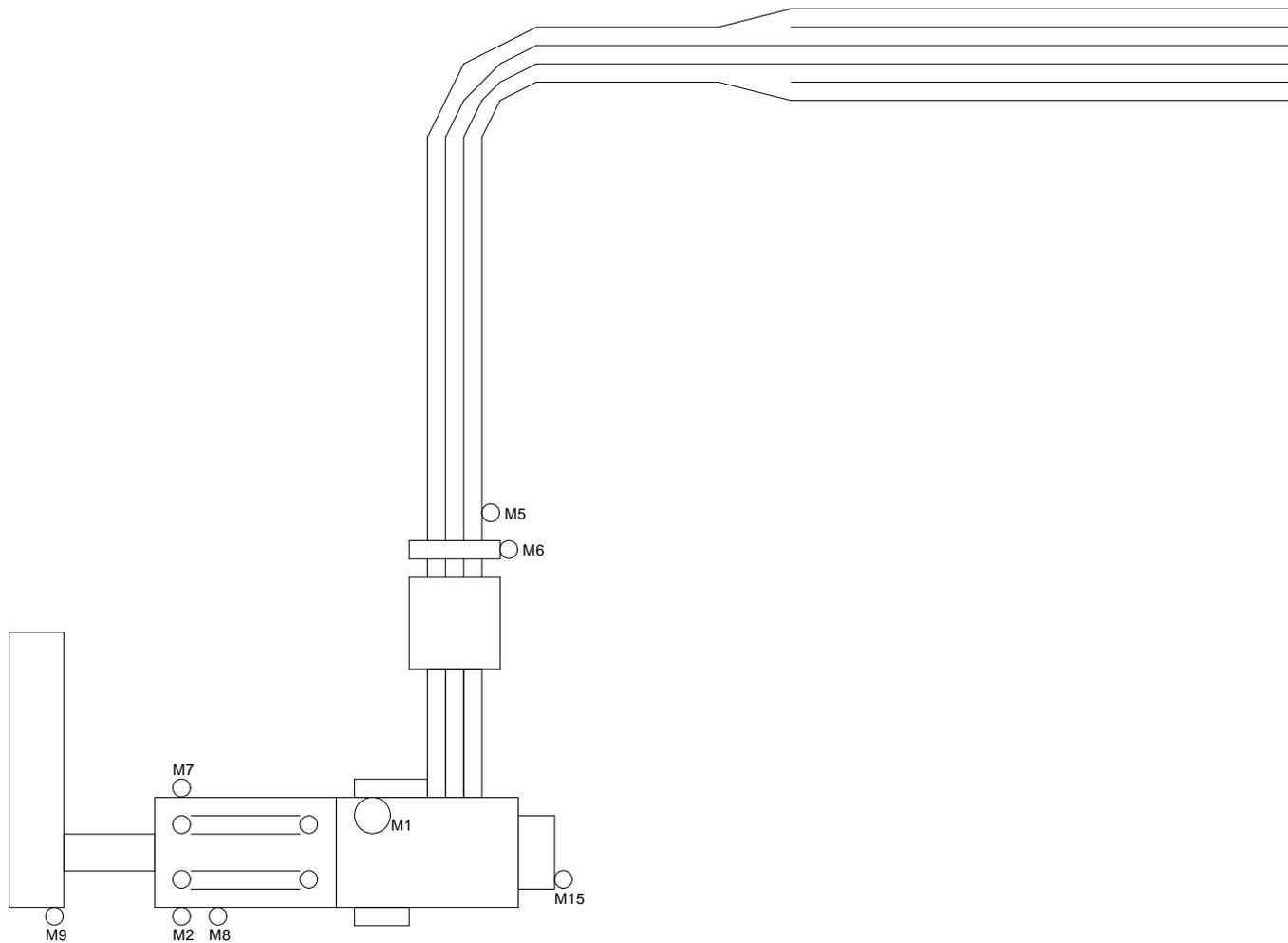
	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	



Título
PAC600R
UBICACION COMPONENTES

Fecha: 15/02/2006 Núm: 32 de 36
Archivo: pac600_32.cad

MOTORES ELECTRICOS



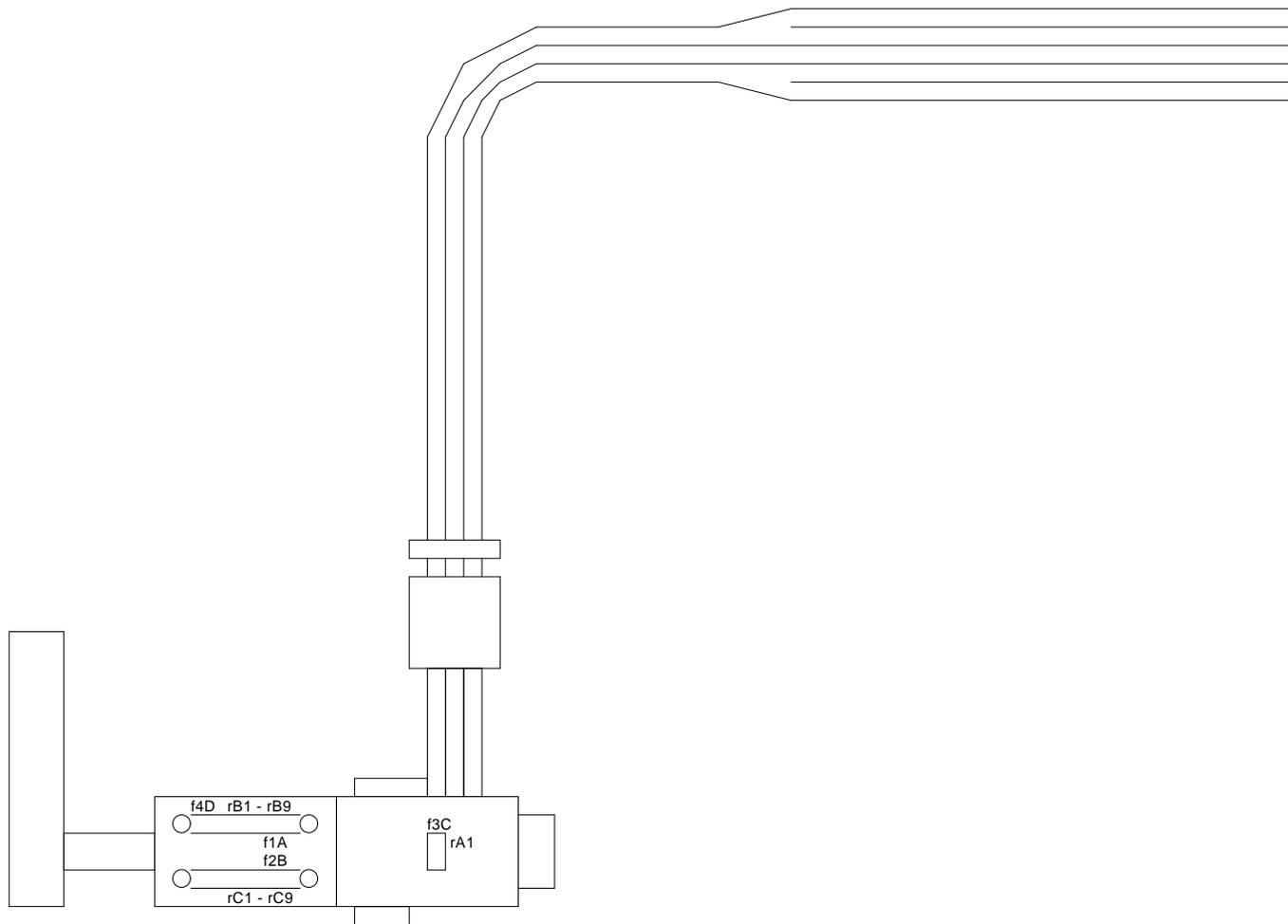
	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	

familia sancela[®]
Productos Familia Sancela S.A.

Título
PAC600R
UBICACION COMPONENTES

Fecha: 15/02/2006 Núm: 33 de 36
Archivo: pac600_33.cad

TEMPERATURA



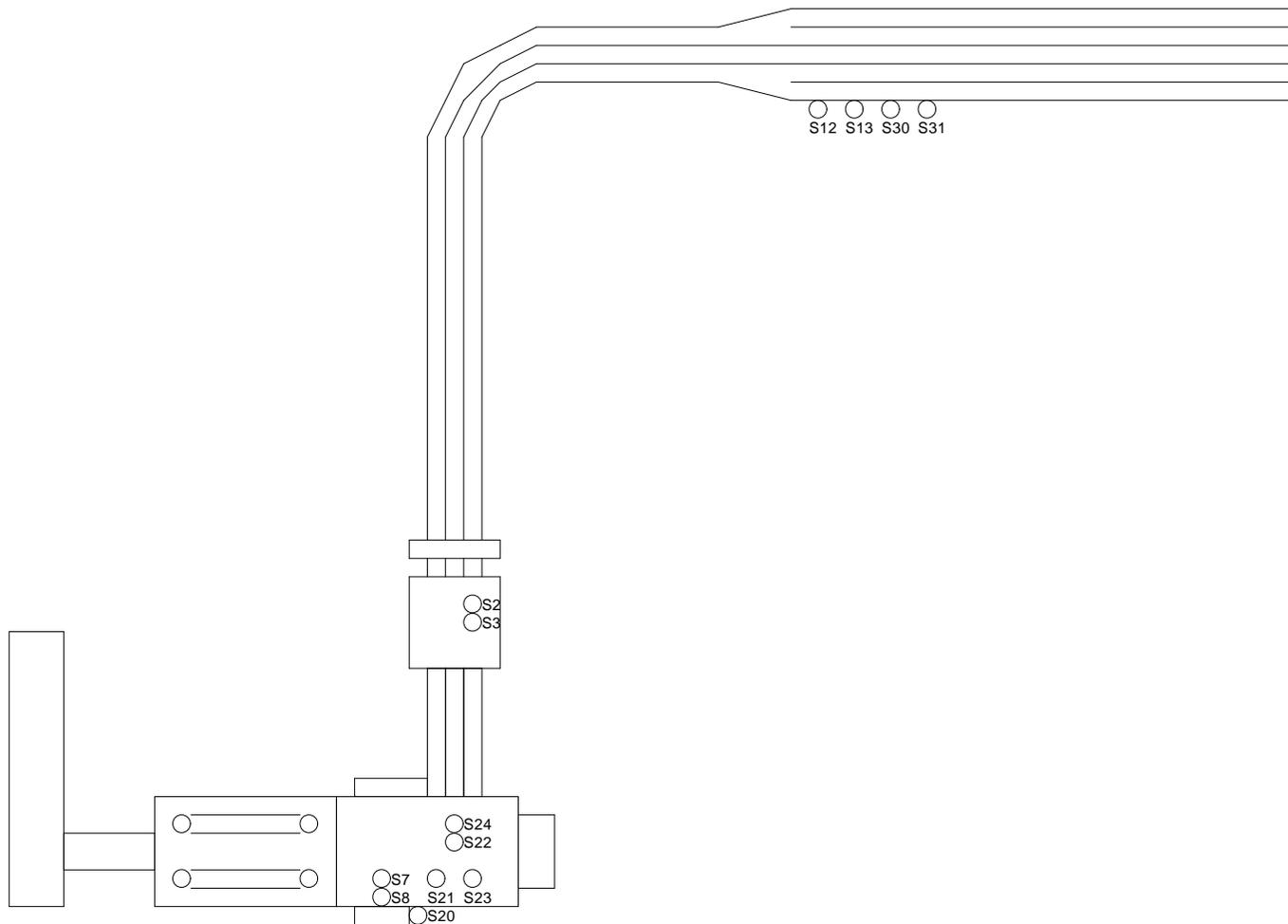
	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	



Título
PAC600R
UBICACION COMPONENTES

Fecha:	15/02/2006	Nún:	34 de 36
Archivo:	pac600_34.cad		

ELECTROVALVULAS



	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	

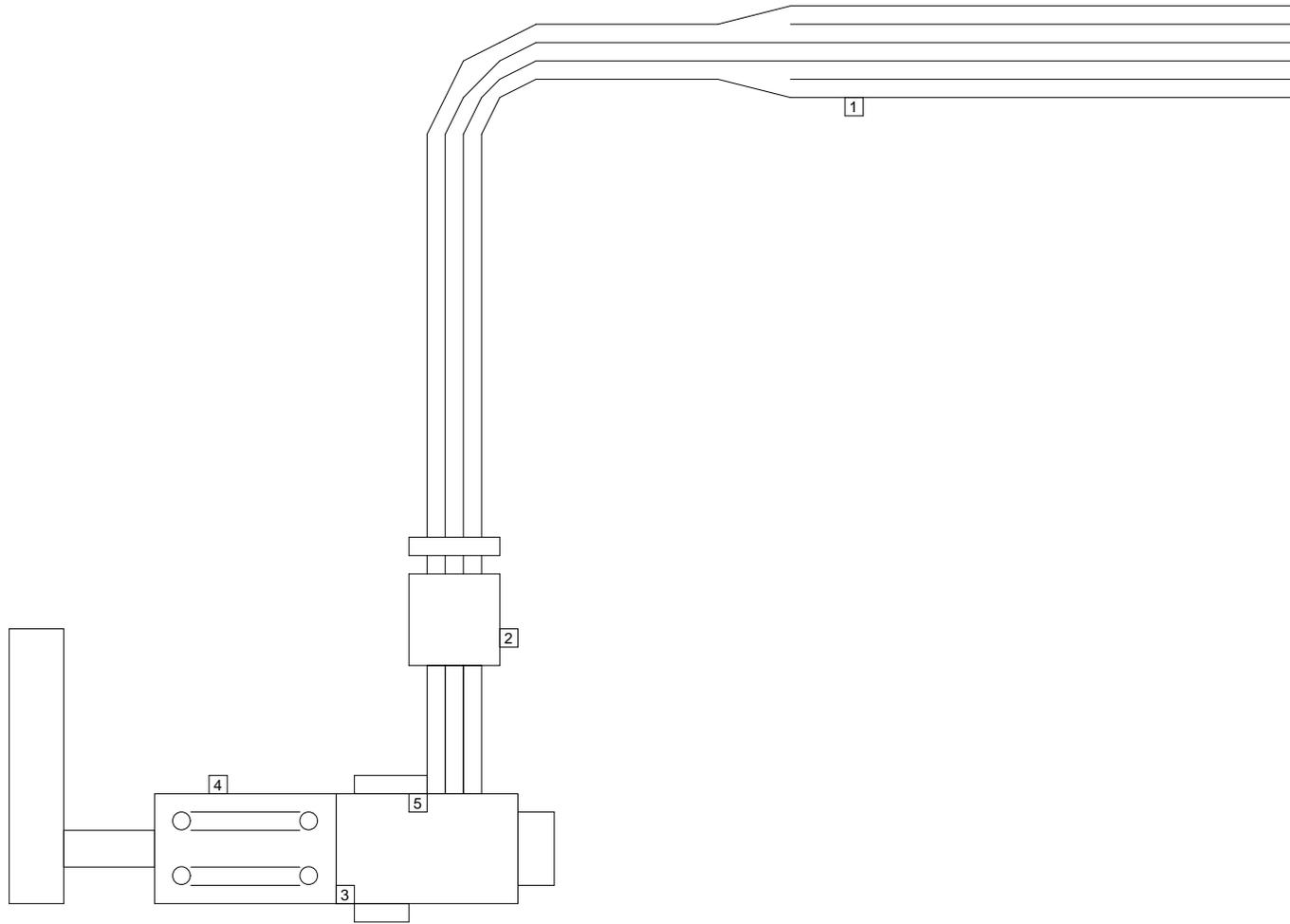


Título
PAC600R
UBICACION COMPONENTES

Fecha:	15/02/2006	Nún:	35 de 36
Archivo:	pac600_35.cad		

A B C D E F G H

BORNERAS



	Fecha	Nombre	Firmas
Dibujado	03/11/2005	Fausto Tapia José Rodríguez	
Comprobado	15/02/2006	Ing. Eddie Galarza Ing. Marco Singaña	



Título
PAC600R
UBICACION COMPONENTES

Fecha: 15/02/2006 Nú: 36 de 36
Archivo: pac600_36.cad

A B C D E F G H

PARAMETRIZACION

DR1 VARIADOR DE VELOCIDAD DEL MOTOR PRINCIPAL

PARAMETRO		DESCRIPCION	VALOR
Regulación	P100	Tiempo aceleración	5 s
	P101	Tiempo desaceleración	2 s
Límites de Velocidad	P133	Referencia de velocidad mínima	90 RPM
	P134	Referencia de velocidad máxima	1750 RPM
Límites Corriente	P156	Corriente sobrecarga 100%	8,7 A
	P157	Corriente sobrecarga 50%	7,1 A
	P158	Corriente sobrecarga 5%	4,0 A
Regulación Velocidad	P161	Ganancia proporcional	6,000
	P162	Ganancia integral	0,039
Regulación Corriente	P167	Ganancia proporcional	0,740
	P168	Ganancia integral	0,015
Regulación Flujo	P175	Ganancia proporcional	3,000
	P176	Ganancia integral	0,076
Configuración	P202	Tipo de control	3=Vectorial Sensorless
	P209	Detección de falta de fase en el motor	1=Activa
	P211	Corriente de magnetización	1=Inactiva
Definición Local/Remoto	P220	Selección local/remoto	3=HMI (R)
	P221	Selección referencia local	0=HMI (teclas)
	P222	Selección referencia remoto	1=A11
	P223	Selección giro local	0=Horario
	P224	Gira/Para local	0=Teclas [I] y [O]
Entradas Analógicas	P234	Ganancia entrada A11	1.000
	P235	Señal entrada A11	0=0..10V/0...20mA
	P236	Offset entrada A11	0.0%
Salidas Analógicas	P251	Función salida A11	2=Velocidad real
Entradas Digitales	P263	Función entrada D11	1=Gira/Para
Salidas Digitales	P277	Función relé RL1	25=Con Error
Datos Convertidor	P295	Corriente nominal	8=16 A
	P296	Tensión nominal	1=380 V
	P297	Frecuencia de conmutación	2=5.0 kHz
Parámetros Motor	P400	Tensión nominal del motor	440 V
	P401	Corriente nominal del motor	7,9 A
	P402	Velocidad nominal del motor	1740 RPM
	P403	Frecuencia nominal del motor	60 Hz
	P404	Potencia del motor	8=3,7 KW
	P406	Ventilación del motor	0=Autoventilado
Parámetros Medidos	P408	¿Auto Ajuste?	1=Sin Girar(*) 0=No
	P409	Resistencia estator (Rs)	1,864
	P410	Corriente magnetización (Imr)	3,6 A
	P411	Inductancia dispersión (LS)	14,4 mH
	P412	Constante Lr/Rr	0,226 s
	P413	Constante Tm	0,06 s

DR2 VARIADOR DE VELOCIDAD DEL MOTOR DEBOBINADOR DE POLIETILENO

PARAMETRO		DESCRIPCION	VALOR
Regulación	P100	Tiempo aceleración	0.3 s
	P101	Tiempo desaceleración	0.5 s
Límites de Velocidad	P133	Referencia de velocidad mínima	90 RPM
	P134	Referencia de velocidad máxima	1670 RPM
Límites Corriente	P156	Corriente sobrecarga 100%	1.4 A
	P157	Corriente sobrecarga 50%	1.2 A
	P158	Corriente sobrecarga 5%	1.1 A
Regulación Velocidad	P161	Ganancia proporcional	6,000
	P162	Ganancia integral	0,039
Regulación Corriente	P167	Ganancia proporcional	0,750
	P168	Ganancia integral	0,028
Regulación Flujo	P175	Ganancia proporcional	3,000
	P176	Ganancia integral	0,024
Configuración	P202	Tipo de control	3=Vectorial Sensorless
	P209	Detección de falta de fase en el motor	0=Inactiva
	P211	Corriente de magnetización	1=Inactiva
Definición Local/Remoto	P220	Selección local/remoto	3=HMI (R)
	P221	Selección referencia local	0=HMI (teclas)
	P222	Selección referencia remoto	1=A11
	P223	Selección giro local	2=HMI (Horario)
	P224	Gira/Para local	0=Teclas [I] y [O]
Entradas Analógicas	P234	Ganancia entrada AI1	0.450
	P235	Señal entrada AI1	0=0..10V/0...20mA
	P236	Offset entrada AI1	0.0%
Entradas Digitales	P263	Función entrada DI1	1=Gira/Para
Salidas Digitales	P277	Función relé RL1	25=Con Error
Datos Convertidor	P295	Corriente nominal	2=5.5 A
	P296	Tensión nominal	3=440 V/460 V
	P297	Frecuencia de conmutación	2=5.0 kHz
Parámetros Motor	P400	Tensión nominal del motor	440 V
	P401	Corriente nominal del motor	1.3 A
	P402	Velocidad nominal del motor	1660 RPM
	P403	Frecuencia nominal del motor	60 Hz
	P404	Potencia del motor	2=0.55 KW
	P406	Ventilación del motor	0=Autoventilado
Parámetros Medidos	P408	¿Auto Ajuste?	1=Sin Girar(*) 0=No
	P409	Resistencia estator (Rs)	17,200
	P410	Corriente magnetización (Imr)	0,6 A
	P411	Inductancia dispersión (LS)	0,96 mH
	P412	Constante Lr/Rr	0,073 s
	P413	Constante Tm	0,01 s

u4 CONTROLADOR DE TEMPERATURA RESISTENCIAS LATERALES DERECHAS

PARAMETRO	DESCRIPCION	VALOR	DETALLE	
Primer Grupo	SU-2	Ajuste SV-2	0	
	AL 1	Alarma Evento 1	20 °C	Desviación sobre y bajo el SV
	AHYS	Histéresis de alarma	1 °C	Con respecto al SV
	P	Banda proporcional	6.8 %	<i>Valores calculados internamente con la función Autotuning</i>
	I	Tiempo integral	366 s	
	d	Tiempo derivativo	47 s	
	t	Período de control	40 s	
	In-b	Corrección Entrada 1	0	Compensación del sensor
	REST	Restablecimiento manual	0.0	<i>No aplicable en control PID</i>
LoC	Tecla de seguro	OFF	Permitir cambio del SV	
Segundo Grupo	In-t	Modo sensor de temperatura	JICH	Termopar tipo J (0 a 800 °C)
	EU-1	Evento 1	AL-3	Alarma desviación Alto/Bajo
	EU-2	Evento 2	AL-0	Salida sin alarma
	AL-t	Modo de alarma	AL-A	Alarma general
	At.t	Autotuning	tun1	Función Autotuning realizada cuando PV alcanza por primera vez SV
	PIdt	Modo de control PID	PIdS	PID Slow
	o-Ft	Modo calentamiento & enfriamiento	HEAt	Calentamiento o acción directa
	Uni t	Modo unidad	°C	Grados celsius
	H-SC	Escala límite superior	400 °C	
	L-SC	Escala límite inferior	0 °C	
	RamP	Función rampa	OFF	Inactiva
	LoC	Modo seguro	OFF	Los datos pueden ser cambiados
Ajuste	SV	Valor del setpoint (Setting Value)	240 °C	

u5 CONTROLADOR DE TEMPERATURA RESISTENCIAS LATERALES IZQUIERDAS

PARAMETRO	DESCRIPCION	VALOR	DETALLE	
Primer Grupo	SU-2	Ajuste SV-2	0	
	AL 1	Alarma Evento 1	20 °C	Desviación sobre y bajo el SV
	AHYS	Histéresis de alarma	1 °C	Con respecto al SV
	P	Banda proporcional	6.8 %	<i>Valores calculados internamente con la función Autotuning</i>
	I	Tiempo integral	366 s	
	d	Tiempo derivativo	47 s	
	t	Período de control	40 s	
	In-b	Corrección Entrada 1	0	Compensación del sensor
	REST	Restablecimiento manual	0.0	<i>No aplicable en control PID</i>
LoC	Tecla de seguro	OFF	Permitir cambio del SV	
Segundo Grupo	In-t	Modo sensor de temperatura	JICH	Termopar tipo J (0 a 800 °C)
	EU-1	Evento 1	AL-3	Alarma desviación Alto/Bajo
	EU-2	Evento 2	AL-0	Salida sin alarma
	AL-t	Modo de alarma	AL-A	Alarma general
	At.t	Autotuning	tun1	Función Autotuning realizada cuando PV alcanza por primera vez SV
	PIIdt	Modo de control PID	PIIdS	PID Slow
	o-Ft	Modo calentamiento & enfriamiento	HEAt	Calentamiento o acción directa
	Uni t	Modo unidad	°C	Grados celsius
	H-SC	Escala límite superior	400 °C	
	L-SC	Escala límite inferior	0 °C	
	RamP	Función rampa	OFF	Inactiva
	LoC	Modo seguro	OFF	Los datos pueden ser cambiados
Ajuste	SV	Valor del setpoint (Setting Value)	350 °C	

u6 CONTROLADOR DE TEMPERATURA RESISTENCIA INFERIOR

PARAMETRO		DESCRIPCION	VALOR	DETALLE
Primer Grupo	SU-2	Ajuste SV-2	0	
	AL1	Alarma Evento 1	20 °C	Desviación sobre y bajo el SV
	AHYS	Histéresis de alarma	1 °C	Con respecto al SV
	P	Banda proporcional	48.7 %	<i>Valores calculados internamente con la función Autotuning</i>
	I	Tiempo integral	165 s	
	d	Tiempo derivativo	41 s	
	t	Período de control	40 s	
	In-b	Corrección Entrada 1	0	Compensación del sensor
	REST	Restablecimiento manual	0.0	<i>No aplicable en control PID</i>
	LoC	Tecla de seguro	OFF	Permitir cambio del SV
Segundo Grupo	In-t	Modo sensor de temperatura	TCCH	Termopar tipo T (-200 a 400 °C)
	EU-1	Evento 1	AL-3	Alarma desviación Alto/Bajo
	EU-2	Evento 2	AL-0	Salida sin alarma
	AL-t	Modo de alarma	AL-A	Alarma general
	At.t	Autotuning	tun1	Función Autotuning realizada cuando PV alcanza por primera vez SV
	PIIdt	Modo de control PID	PIIdS	PID Slow
	o-Ft	Modo calentamiento & enfriamiento	HEAt	Calentamiento o acción directa
	Uni t	Modo unidad	°C	Grados celsius
	H-SC	Escala límite superior	200 °C	
	L-SC	Escala límite inferior	0 °C	
	RamP	Función rampa	OFF	Inactiva
	LoC	Modo seguro	OFF	Los datos pueden ser cambiados
Ajuste	SV	Valor del setpoint (Setting Value)	180 °C	

LISTA DE COMPONENTES

Símbolo	Descripción	Ubicación
a1	Interruptor principal accionado con llave	1/D
b1	Interruptor controlador de temperatura resistencias laterales derechas	8/E
b2	Interruptor controlador de temperatura resistencias laterales izquierdas	8/H
b3	Interruptor controlador de temperatura resistencia inferior	9/C
b4	Interruptor controlador de temperatura refrigerador	9/F
b5	Pulsante de emergencia en el panel de operación	7/C
b6	Pulsante de marcha de la máquina	11/C
b6A	Pulsante de marcha de la máquina 2	11/C
b7	Pulsante de parada de la máquina	11/D
b7A	Pulsante de parada de la máquina 2	11/D
b8	Selector manual/automático	11/G
b9	Presóstato de aire de la máquina	12/G
b10	Presóstato de aceite	17/D
b10A	Nivel de aceite	17/E
b11	Pulsante de marcha de la banda de alimentación y tambor de entrada	13/E
b11A	Pulsante de marcha de la banda de alimentación y tambor de entrada 2	13/E
b12	Pulsante de parada de la banda de alimentación y tambor de entrada	13/F
b12A	Pulsante de parada de la banda de alimentación y tambor de entrada 2	13/F
b13	Selector una o dos capas de papel	11/F
b14	Pulsante de marcha de las bandas selladoras y banda de salida	14/A
b15	Pulsante de parada de las bandas selladoras y banda de salida	14/B
b16	Pulsante de marcha de la unidad de refrigeración	14/E
b17	Pulsante de parada de la unidad de refrigeración	14/F
b18	Presóstato de máxima presión en el refrigerador	14/H
b19	Presóstato de mínima presión en el refrigerador	14/H
b20	Pulsante para funcionamiento manual de la bomba de aceite	17/C
b21	Pulsante de emergencia en la máquina	7/C
b24	Cubierta de alimentación bandeja de entrada	7/F
b25A	Cubierta ventanas de la máquina	7/F
b25B	Cubierta del volante lateral izquierdo de la máquina	7/F
b26	Cubierta del volante lateral derecho de la máquina	7/F
b27	Selector dos o tres canales de papel	16/G
b29	Embrague principal de la máquina	11/H
b30	Embrague de la transmisión superior	12/G
C1	Contactador del variador de velocidad del motor principal	11/E
C2	Contactador del motor de la bomba de vacío	13/H
C5	Contactador del motor de la banda de alimentación	13/E
C6	Contactador del motor del tambor de entrada de rollos	13/F
C7	Contactador del motor de las bandas selladoras	14/A
C8	Contactador del motor del refrigerador	14/E
C9	Contactador del motor de la banda de salida	14/D
C12a	Relé estado sólido de resistencias laterales derechas	8/D
C12b	Relé estado sólido de resistencias laterales derechas	8/D
C12c	Relé estado sólido de resistencias laterales derechas	8/D
C13a	Relé estado sólido de resistencias laterales izquierdas	8/G
C13b	Relé estado sólido de resistencias laterales izquierdas	8/G
C13c	Relé estado sólido de resistencias laterales izquierdas	8/G
C15	Contactador del variador de velocidad del debobinador de polietileno	13/A

C16	Relé estado sólido de resistencia inferior	9/C
C17	Contactador de reserva	20/A
C18	Contactador de reserva	20/B
C19	Contactador de reserva	20/C
d1	Contactador emergencias	7/C
d2	Relé seguridad de cubiertas	7/F
DR1	Variador de velocidad del motor principal de la máquina	1/F
DR2	Variador de velocidad del motor debobinador de polietileno	3/F
e0	Interruptor termomagnético trifásico	1/E
e1	Guardamotor del variador de velocidad del motor principal	1/F
e2	Guardamotor del motor de la bomba de vacío	2/B
e5	Guardamotor del motor de la banda de alimentación	2/D
e6	Guardamotor del motor del tambor de entrada de rollos	2/F
e7	Guardamotor del motor de las bandas selladoras	2/H
e8	Guardamotor del motor del refrigerador	3/B
e9	Guardamotor del motor de la banda de salida	3/D
e12	Guardamotor resistencias laterales derechas	4/B
e13	Guardamotor resistencias laterales izquierdas	4/E
e15	Guardamotor del variador de velocidad del debobinador de polietileno	3/F
e16	Interruptor termomagnético de la resistencia inferior	4/G
e17	Guardamotor de reserva	5/B
e18	Guardamotor de reserva	5/D
e19	Guardamotor de reserva	5/F
e20	Interruptor termomagnético protección del secundario del transformador m20	1/C
e21	Interruptor termomagnético protección toma monofásica de 220V tablero	1/B
e22	Interruptor termomagnético protección del primario del transformador m17	6/B
e23	Interruptor termomagnético protección del circuito auxiliar	6/B
e24	Interruptor termomagnético protección fuente de alimentación de 24 Vdc	6/C
e25	Interruptor termomagnético protección de toma exterior de 220 V	6/D
F1	Fusible protección salida PLC (1A)	11/E
F2	Fusible protección salida PLC (1A)	11/F
F3	Fusible protección salida PLC (1A)	13/H
F4	Fusible protección salida PLC (1A)	13/E
F5	Fusible protección salida PLC (1A)	13/F
F6	Fusible protección salida PLC (1A)	14/A
F7	Fusible protección salida PLC (1A)	14/E
F8	Fusible protección salida PLC (1A)	14/D
F9	Fusible protección salida PLC (1A)	13/A
F10	Fusible protección salida PLC (1A)	13/B
F11	Fusible protección salida PLC (1A)	20/A
F12	Fusible protección salida PLC (1A)	20/B
F13	Fusible protección salida PLC (1A)	20/C
F14	Fusible protección salida PLC (1A)	20/D
F15	Fusible protección salida PLC (1A)	18/E
F16	Fusible protección salida PLC (1A)	11/B
F17	Fusible protección salida PLC (1A)	15/F
F18	Fusible protección salida PLC (1A)	15/G
F19	Fusible protección salida PLC (1A)	17/A
F20	Fusible protección salida PLC (1A)	17/B
F21	Fusible protección salida PLC (1A)	17/C
F22	Fusible protección salida PLC (1A)	18/D

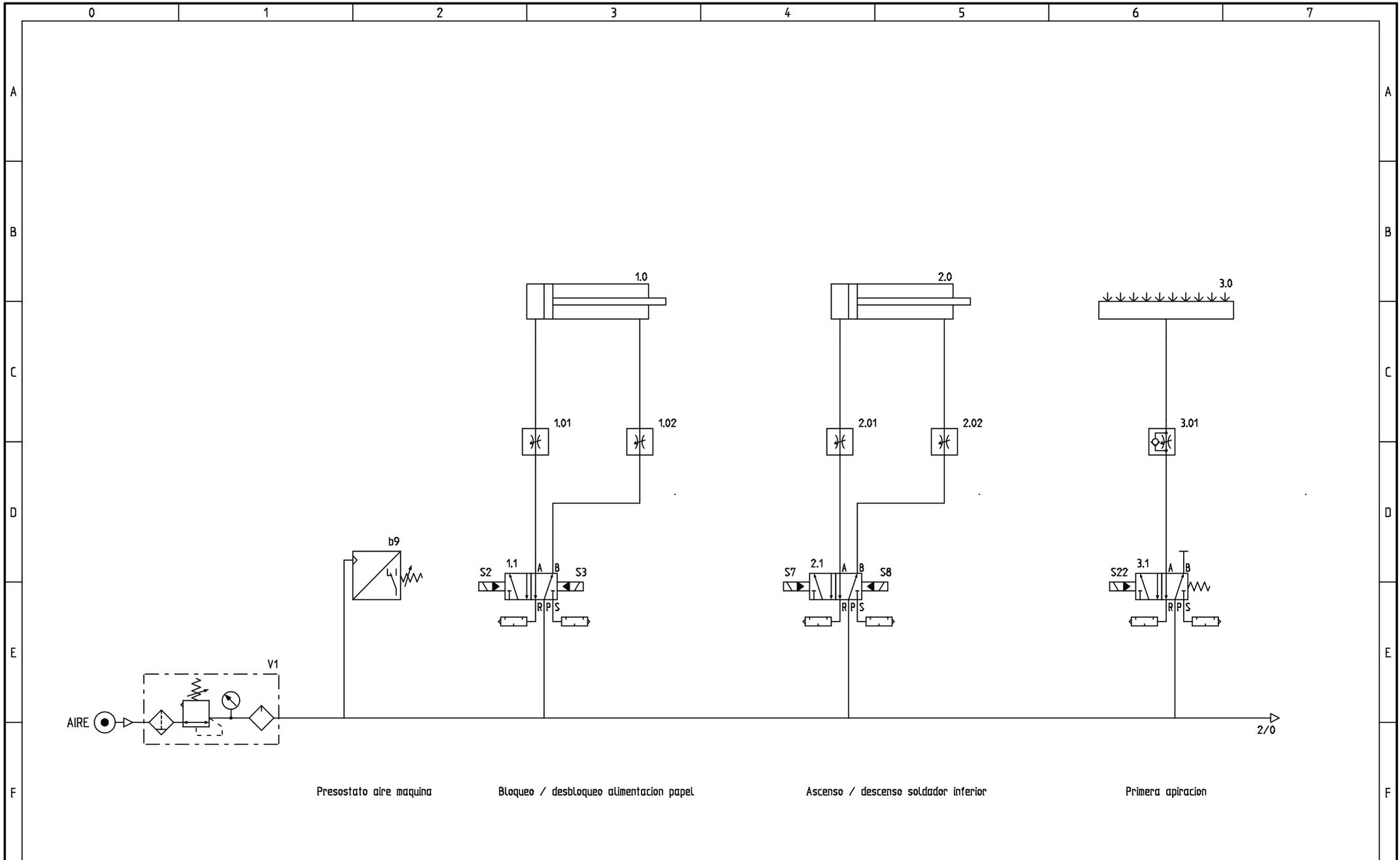
F23	Fusible protección salida PLC (1A)	18/A
F24	Fusible protección salida PLC (1A)	18/B
F25	Fusible protección salida PLC (1A)	18/C
F26	Fusible protección salida PLC (1A)	19/C
F27	Fusible protección salida PLC (1A)	19/D
F28	Fusible protección salida PLC (1A)	11/G
F29	Fusible protección salida PLC (1A)	14/B
F30	Fusible protección salida PLC (1A)	14/F
F31	Fusible protección salida PLC (1A)	19/A
F32	Fusible protección salida PLC (1A)	19/B
F33	Fusible protección pantalla de operación (1A)	9/G
f1A	Termocupla tipo J para resistencias laterales derechas	8/C
f2B	Termocupla tipo J para resistencias laterales izquierdas	8/E
f3C	Termocupla tipo J para resistencia inferior	9/A
f4D	Termoresistencia para en refrigerador	9/D
FC1	Presencia de producto en la banda de alimentación	18/E
FC2	Presencia de producto en la banda de alimentación para funcionamiento de 3 ó 2 canales	15/A
FC3	Presencia de producto en la banda de alimentación para funcionamiento de 3 ó 2 canales	15/B
FC4	Seguridad entrada de rollos a la bandeja de entrada	16/A
FC5	Seguridad entrada de rollos a la bandeja de entrada	16/B
FC6	Detector de salida de paquetes	15/E
FC7	Presencia de producto en la banda de alimentación para funcionamiento de 3 ó 2 canales	15/C
FC8	Seguridad entrada de rollos a la bandeja de entrada	16/C
FC9	Detector de presencia de producto en el canal 1	19/A
FC10	Detector de presencia de producto en el canal 2	19/B
FC11	Detector de presencia de producto en el canal 4	19/C
FC12	Detector de taca	10/C
FC13	Detector de presencia de producto en el canal 5	19/D
FC14	Detector de presencia de producto en el canal 1	19/E
FC15	Detector de presencia de producto en el canal 2	19/F
FC16	Detector de presencia de producto en el canal 4	19/G
FC17	Detector de presencia de producto en el canal 5	19/H
FS1	Polietileno arrugado	13/B
FS2	Acumulación de rollos	12/A
FS3	Bobina de polietileno vacía	13/C
FS4	Seguridad de transmisión derecha	12/B
FS5	Seguridad de transmisión derecha	12/C
FS6	Seguridad soporte de producto alto	12/E
FS7	Segunda fase de control de rollos	16/E
FS8	Fase de inhibición de sensor de taca TL10	10/D
FS9	Seguridad soporte de producto bajo	12/D
FS10	Fase de soldadura inferior	17/A
FS11	Fase inicio de debobinado de polietileno	18/F
FS12	Fase final de debobinado de polietileno	10/E
FS13	Desbloqueo de alimentación de rollos	15/D
FS14	Primera fase de control de rollos	16/D
FS15	Alimentador de rollos abajo	16/F
FS16	Primera fase de aspiración	18/A
FS19	Segunda fase de aspiración	18/B
FS20	Tercera fase de aspiración	18/C
FS21	Debobinado de polietileno	13/D

h1	Lámpara de marcha banda de alimentación y tambor superior	13/E
h2	Lámpara de marcha de máquina	11/G
h4	Lámpara de marcha bandas selladoras	14/B
h5	Lámpara de marcha refrigerador	14/F
h6	Lámpara alarmas externas de la máquina	11/B
M1	Motor principal de la máquina 440V, 7.9A, 60Hz, 1740rpm, 3.7KW, $\cos \phi = 0.78$	1/F
M2	Motor bomba de vacío 208-203 / 440V, 2.2-2/1A, 60Hz, 3450rpm, 0.37KW, $\cos \phi = 0.7$	2/B
M5	Motor banda de alimentación 220 / 380V, 3.2 / 1.85A, 50Hz, 1120rpm, 0.55KW, $\cos \phi = 0.7$	2/D
M6	Motor tambor en la entrada de alimentación 440V, 1.06A, 60Hz, 1670rpm, 0.43KW, $\cos \phi = 0.77$	2/F
M7	Motor bandas selladoras 220 / 380V, 2.4 / 1.4A, 50Hz, 1380rpm, 0.37KW, $\cos \phi = 0.57$	2/H
M8	Motor refrigerador 380V, 2.4A, 50Hz, 1450rpm, 1.1KW, $\cos \phi = 0.7$	3/B
M9	Motor banda de salida 250-265 / 440-460V, 3.7 / 2.3A, 60Hz, 1700rpm, 0.9KW, $\cos \phi = 0.7$	3/D
M15	Motor debobinador de polietileno 250 / 440V, 2.2 / 1.27A, 60Hz, 1560rpm, 0.45KW, $\cos \phi = 0.6$	3/F
m17	Transformador alimentación PLC 440V / 110V, 500VA	1/C
m20	Transformador alimentación circuitos auxiliares 440V / 220V	6/B
P1	Potenciómetro regulación de velocidad de la máquina	1/H
p1	Barra antiestática superior para el polietileno	8/B
p2	Barra antiestática superior para el polietileno	8/B
R1	Relé comando de marcha del motor principal	11/F
R2	Relé comando de marcha del motor debobinador de polietileno	13/B
R3	Relé presencia de rollos en la bandeja de entrada	18/E
rA1	Resistencia soldador inferior 220V	4/G
rB1	Resistencia lateral derecha \varnothing 16mm x 260mm, 350W, 280V	4/A
rB2	Resistencia lateral derecha \varnothing 16mm x 260mm, 350W, 280V	4/B
rB3	Resistencia lateral derecha \varnothing 16mm x 260mm, 350W, 280V	4/B
rB4	Resistencia lateral derecha \varnothing 16mm x 260mm, 350W, 280V	4/B
rB5	Resistencia lateral derecha \varnothing 16mm x 260mm, 350W, 280V	4/B
rB6	Resistencia lateral derecha \varnothing 16mm x 260mm, 350W, 280V	4/B
rB7	Resistencia lateral derecha \varnothing 16mm x 260mm, 350W, 280V	4/B
rB8	Resistencia lateral derecha \varnothing 16mm x 260mm, 350W, 280V	4/B
rB9	Resistencia lateral derecha \varnothing 16mm x 260mm, 350W, 280V	4/C
rC1	Resistencia lateral izquierda \varnothing 16mm x 260mm, 350W, 280V	4/D
rC2	Resistencia lateral izquierda \varnothing 16mm x 260mm, 350W, 280V	4/E
rC3	Resistencia lateral izquierda \varnothing 16mm x 260mm, 350W, 280V	4/E
rC4	Resistencia lateral izquierda \varnothing 16mm x 260mm, 350W, 280V	4/E
rC5	Resistencia lateral izquierda \varnothing 16mm x 260mm, 350W, 280V	4/E
rC6	Resistencia lateral izquierda \varnothing 16mm x 260mm, 350W, 280V	4/E
rC7	Resistencia lateral izquierda \varnothing 16mm x 260mm, 350W, 280V	4/E
rC8	Resistencia lateral izquierda \varnothing 16mm x 260mm, 350W, 280V	4/E

rC9	Resistencia lateral izquierda Ø 16mm x 260mm, 350W, 280V	4/F
S2	Electroválvula bloqueo alimentación de rollos	15/F
S3	Electroválvula desbloqueo alimentación de rollos	15/G
S5	Electroimán freno debobinado de polietileno	10/D
S7	Electroválvula ascenso soldador inferior	17/A
S8	Electroválvula descenso soldador inferior	17/B
S12	Electroválvula control canal 2	19/A
S13	Electroválvula control canal 1	19/B
S20	Electroválvula bomba de lubricación	17/C
S21	Electroválvula reserva	18/D
S22	Electroválvula primera aspiración	18/A
S23	Electroválvula segunda aspiración	18/B
S24	Electroválvula tercera aspiración	18/C
S30	Electroválvula control canal 5	19/C
S31	Electroválvula control canal 4	19/D
u2	Configuración PLC Siemens S7-300 Fuente de alimentación: PS 307; 6ES7307-1EA00-0AA0 CPU: CPU 313C-2 DP; 6ES7 313-6CE01-0AB0 Módulos de entrada (5): SM321; 6ES7321-1BH02-0AA0 Módulos de salida (2): SM322; 6ES7322-1FH00-0AA0	21
u3	Fuente de alimentación para circuitos de 24V	6/C
u4	Controlador de temperatura para calentador lateral derecho	8/C
u5	Controlador de temperatura para calentador lateral izquierdo	8/F
u6	Controlador de temperatura para calentador inferior	9/B
u7	Controlador de temperatura para el refrigerador	9/D
u8	Alimentación antiestática	8/B
u9	Panel de operador Red Lion G306	9/H
u10	Comando para el freno de fricción de debobinado de polietileno AL5-02	10/B
u11	Módulo amplificador para electroimán EMI 067	10/C
u12	Adaptador HMI para MPI a RS-232	23/G

ANEXO C

PLANOS NEUMÁTICOS

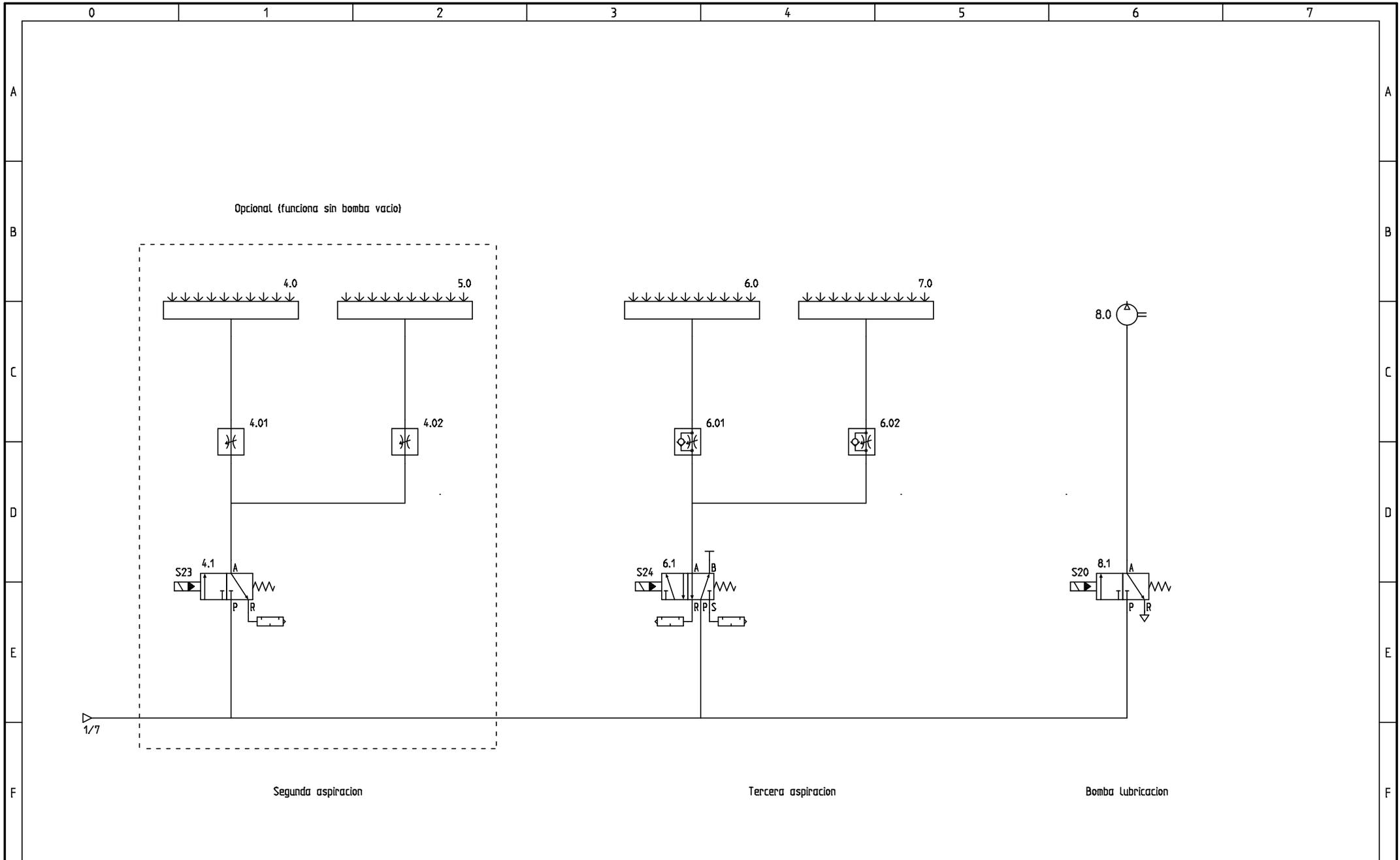


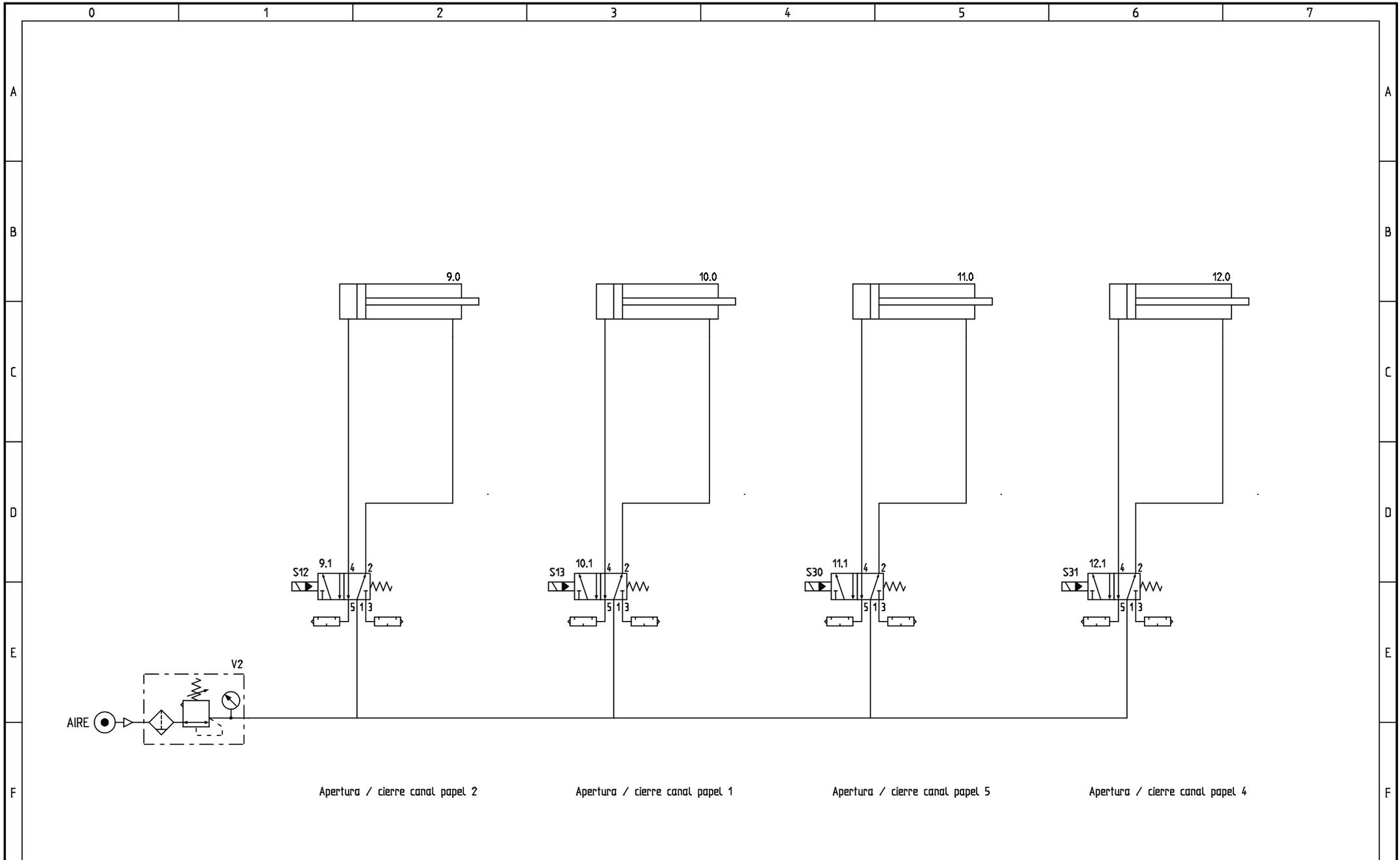
Presostato aire maquina

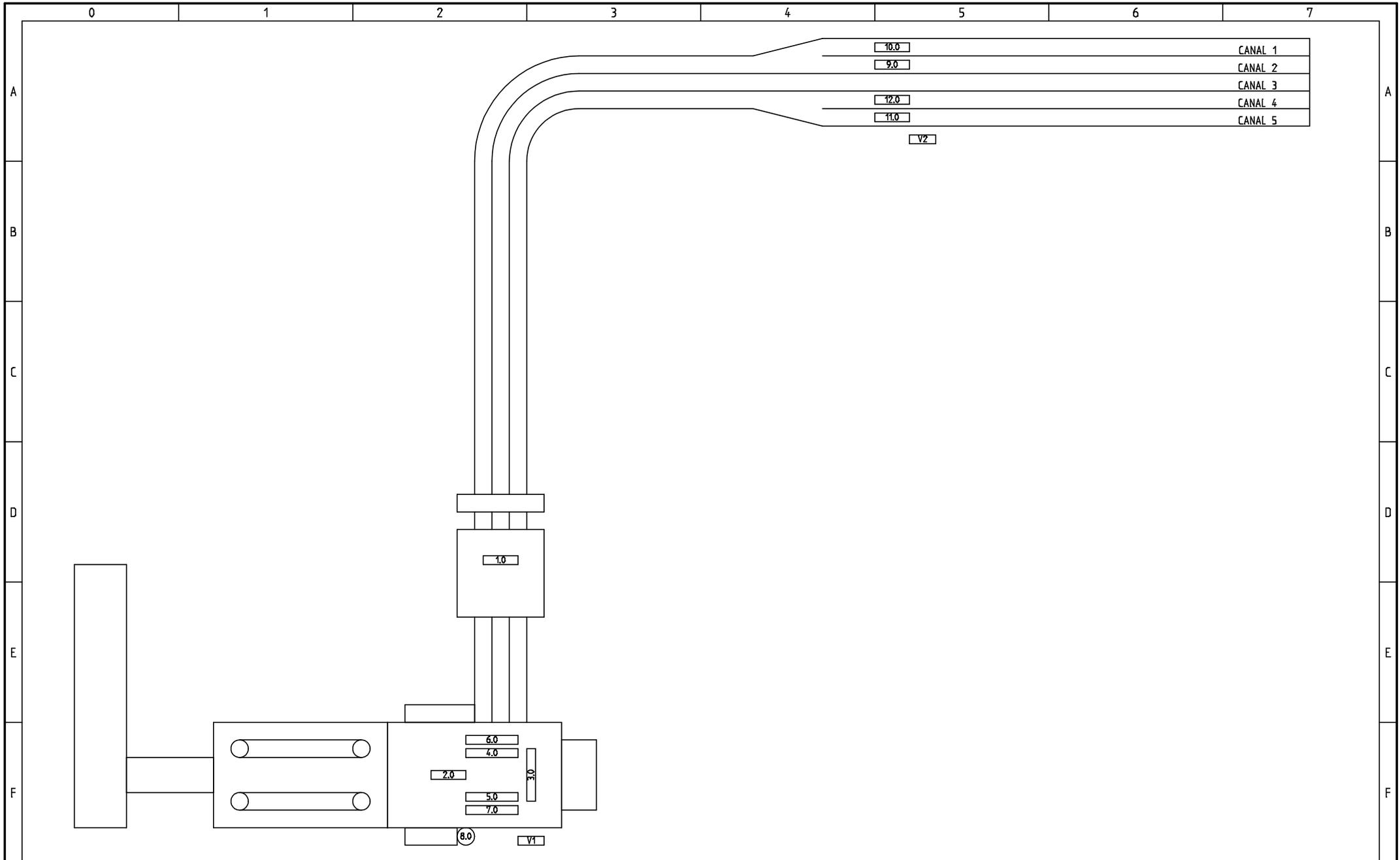
Bloqueo / desbloqueo alimentacion papel

Ascenso / descenso soldador inferior

Primera aspiracion







LISTA DE COMPONENTES

Símbolo	Descripción	Ubicación
1.0	Pistón doble efecto bloqueo / desbloqueo alimentación papel	1/3
1.1	Válvula 5/2 control bloqueo / desbloqueo alimentación papel	1/3
1.01	Válvula reguladora velocidad desbloqueo alimentación papel	1/3
1.02	Válvula reguladora velocidad bloqueo alimentación papel	1/3
2.0	Pistón doble efecto ascenso / descenso soldador inferior	1/4
2.1	Válvula 5/2 control ascenso / descenso soldador inferior	1/4
2.01	Válvula reguladora velocidad descenso soldador inferior	1/4
2.02	Válvula reguladora velocidad ascenso soldador inferior	1/5
3.0	Soplos primera aspiración	1/6
3.1	Válvula 5/2 control soplos primera aspiración	1/6
3.01	Válvula reguladora-antiretorno soplos primera aspiración	1/6
4.0	Soplos segunda aspiración derecha	2/1
4.1	Válvula 3/2 control soplos segunda aspiración	2/1
4.01	Válvula reguladora soplos segunda aspiración derecha	2/1
4.02	Válvula reguladora soplos segunda aspiración izquierda	2/2
5.0	Soplos segunda aspiración izquierda	2/2
6.0	Soplos tercera aspiración derecha	2/3
6.1	Válvula 5/2 control soplos tercera aspiración	2/3
6.01	Válvula reguladora soplos tercera aspiración derecha	2/3
6.02	Válvula reguladora soplos tercera aspiración izquierda	2/4
7.0	Soplos tercera aspiración izquierda	2/4
8.0	Bomba de lubricación de la máquina	2/6
8.1	Válvula 3/2 control lubricación de la máquina	2/6
9.0	Pistón doble efecto apertura / cierre canal papel 2	3/2
9.1	Válvula 5/2 control apertura / cierre canal papel 2	3/1
10.0	Pistón doble efecto apertura / cierre canal papel 1	3/3
10.1	Válvula 5/2 control apertura / cierre canal papel 1	3/3
11.0	Pistón doble efecto apertura / cierre canal papel 5	3/5
11.1	Válvula 5/2 control apertura / cierre canal papel 5	3/4
12.0	Pistón doble efecto apertura / cierre canal papel 4	3/6
12.1	Válvula 5/2 control apertura / cierre canal papel 4	3/6
S2	Electroválvula bloqueo alimentación de rollos	1/2
S3	Electroválvula desbloqueo alimentación de rollos	1/3
S7	Electroválvula ascenso soldador inferior	1/4
S8	Electroválvula descenso soldador inferior	1/5
S12	Electroválvula control canal 2	3/1
S13	Electroválvula control canal 1	3/3
S20	Electroválvula bomba de lubricación	2/6
S22	Electroválvula primera aspiración	1/6
S23	Electroválvula segunda aspiración	2/0
S24	Electroválvula tercera aspiración	2/3
S30	Electroválvula control canal 5	3/4
S31	Electroválvula control canal 4	3/6
V1	Unidad de mantenimiento presión de aire máquina	1/0
V2	Unidad de mantenimiento presión de aire intercambiador 5/3	3/0

ANEXO D

LISTADO DEL PROGRAMA DEL PLC

OB1 PROGRAMA PRINCIPAL PAC600R
FC1 ALARMAS
FC2 INTERCAMBIADOR
FC3 ALIMENTACIÓN ROLLOS
FC4 PLEGADO, SELLADO y REFRIGERACIÓN
FC5 MOTOR PRINCIPAL
FC6 LUBRICACIÓN DE LA MAQUINA
FC7 DATOS DE PRODUCCIÓN

PAC600R / Equipo SIMATIC 300
Tabla de símbolos

OB1 - <offline>

"PROG. PRINCIPAL PAC600R"

Nombre: Familia:
 Autor: Versión: 0.1
 Versión del bloque: 2
 Hora y fecha Código: 12/01/06 10:45:56 p.p.m.
 Interface: 15/02/96 04:51:12 p.p.m.
 Longitud (bloque / código / datos): 00728 00114 00022

Dirección	Declaración	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
0.0	temp	OB1_EV_CLASS	BYTE		Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
1.0	temp	OB1_SCAN_1	BYTE		1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)
2.0	temp	OB1_PRIORITY	BYTE		Priority of OB Execution
3.0	temp	OB1_OB_NUMBR	BYTE		1 (Organization block 1, OB1)
4.0	temp	OB1_RESERVED_1	BYTE		Reserved for system
5.0	temp	OB1_RESERVED_2	BYTE		Reserved for system
6.0	temp	OB1_PREV_CYCLE	INT		Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
8.0	temp	OB1_MIN_CYCLE	INT		Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)
10.0	temp	OB1_MAX_CYCLE	INT		Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)
12.0	temp	OB1_DATE_TIME	DATE_AND_TIME		Date and time OB1 started

Bloque: OB1 PROGRAMA PRINCIPAL PAC600R

Segm.: 1 Llamada ALARMAS

"ALARMAS"
"
EN ENO

Información del símbolo

FC1 ALARMAS Función ALARMAS de la máquina

Segm.: 2 Llamada INTERCAMBIADOR

"INTERCA
MBIADOR"
EN ENO

Información del símbolo

FC2 INTERCAMBIADOR Función INTERCAMBIADOR 5 a 3 canales de producto

Segm.: 3 Llamada MOTOR PRICIPAL DE LA MAQUINA

"MOTOR P
RINCIPAL
"
EN ENO

Información del símbolo

FC5 MOTOR PRINCIPAL Función MOTOR PRINCIPAL

Segm.: 4 Llamada SELLADO Y REFRIGERACION

"PLEGADO
SELLADO
REFRIGE
R"
EN ENO

Información del símbolo

FC4 PLEGADO SELLADO REFRIGER Función PLEGADO SELLADO REFRIGERACION

Segm.: 5 Llamada ALIMENTACION DE ROLLOS ENTRADA

"ALIMENTACION ROLLOS"
EN ENO

Información del símbolo
FC3 ALIMENTACION ROLLOS Función ALIMENTACION ROLLOS

Segm.: 6 Llamada LUBRICACION DE LA MAQUINA

"LUBRICACION"
EN ENO

Información del símbolo
FC6 LUBRICACION Función LUBRICACION

Segm.: 7 Llamada DATOS DE PRODUCCION

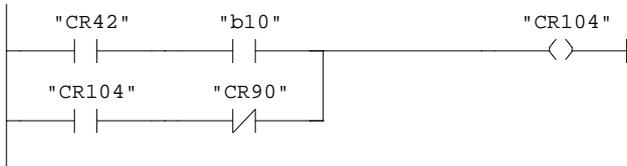
"DATOS DE PRODUCCION"
EN ENO

Información del símbolo
FC7 DATOS DE PRODUCCION Función DATOS DE PRODUCCION

Información del símbolo

E3.5	b18b19	Presóstato de máxima y mínima presión en el refrigerador
M15.2	CR103	Emergencia presión de refrigeración (b18 b19)
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas
M16.5	CR114	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente

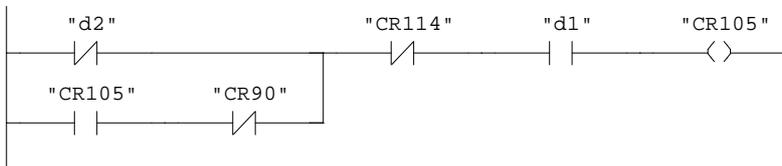
Segm.: 5 Presión de aceite anormal (visualiza 4)



Información del símbolo

M1.4	CR42	Control de presión de aceite
E2.4	b10	Presóstato de aceite
M15.3	CR104	Emergencia presión de aceite (b10)
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

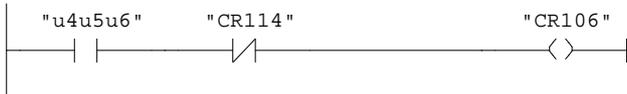
Segm.: 6 Seguridad cubiertas abiertas (visualiza 5)



Información del símbolo

E1.0	d2	Seguridades de las cubiertas de la máquina
M15.4	CR105	Emergencia cubiertas abiertas (b24 o b25B o b25A o b26)
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas
M16.5	CR114	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
E0.7	d1	Paradas de emergencia

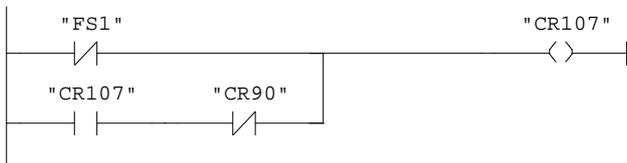
Segm.: 7 Temperatura anormal (visualiza 6)



Información del símbolo

E1.1	u4u5u6	Contactos de controladores de temperatura (tempertura anormal)
M16.5	CR114	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M15.5	CR106	Emergencia temperatura anormal (u4, u5, u6)

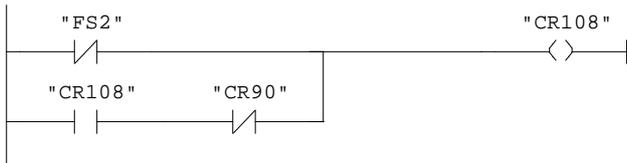
Segm.: 8 Polietileno arrugado (visualiza 7)



Información del símbolo

E5.4	FS1	Polietileno arrugado
M15.6	CR107	Emergencia polietileno arrugado (FS1)
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

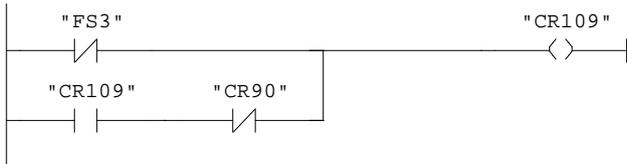
Segm.: 9 Seguridad acumulación de rollos en al alimentación (visualiza 8)



Información del símbolo

E5.5	FS2	Acumulación de rollos entrada de alimentación
M15.7	CR108	Emergencia acumulación de rollos alimentación (FS2)
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

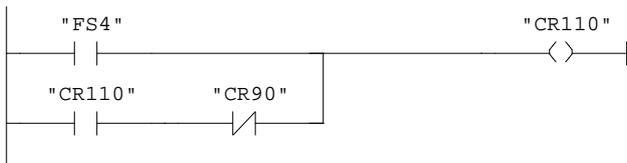
Segm.: 10 Material de empackado terminado (visualiza 9)



Información del símbolo

E5.6	FS3	Bobina de polietileno vacía
M16.0	CR109	Emergencia fin de bobina de polietileno (FS3)
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

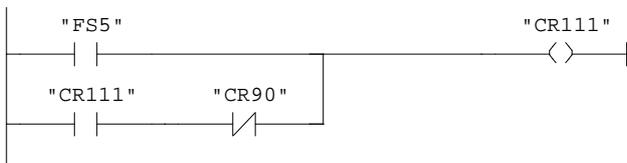
Segm.: 11 Seguridad transmisión derecha (visualiza 10)



Información del símbolo

E5.7	FS4	Seguridad transmisión derecha
M16.1	CR110	Emergencia transmisión derecha (FS4)
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

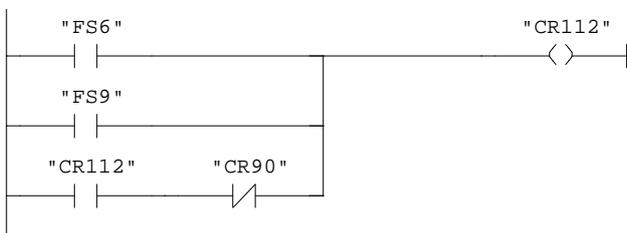
Segm.: 12 Seguridad transmisión izquierda (visualiza 11)



Información del símbolo

E6.0	FS5	Seguridad transmisión izquierda
M16.2	CR111	Emergencia transmisión izquierda (FS5)
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

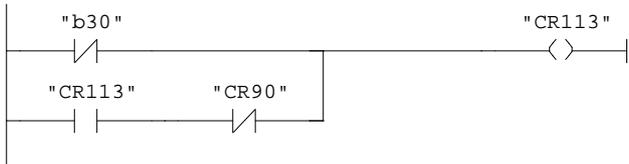
Segm.: 13 Seguridad soporte de producto (visualiza 12)



Información del símbolo

E6.1	FS6	Seguridad soporte de producto alto
E6.4	FS9	Seguridad soporte de producto bajo
M16.3	CR112	Emergencia soporte de producto (FS6 o FS9)
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

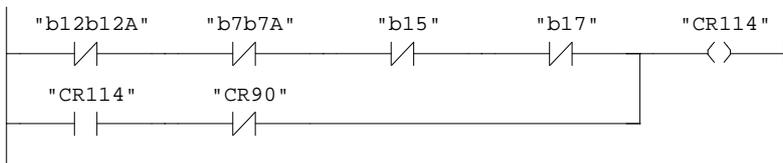
Segm.: 14 Seguridad transmisión superior (visualiza 13)



Información del símbolo

E4.1	b30	Fricción embrague transmisión superior de la máquina
M16.4	CR113	Emergencia fricción transmisión superior (b30)
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

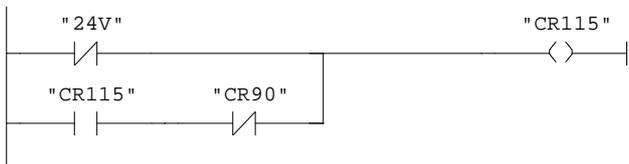
Segm.: 15 Tensión auxiliar 24V ausente (visualiza 14)



Información del símbolo

E2.7	b12b12A	Pulsante de parada de la banda de alimentación y tambor de entrada
E2.1	b7b7A	Pulsante de parada de la máquina
E3.2	b15	Pulsante de parada de las bandas selladoras y banda de salida
E3.4	b17	Pulsante de parada de la unidad de refrigeración
M16.5	CR114	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

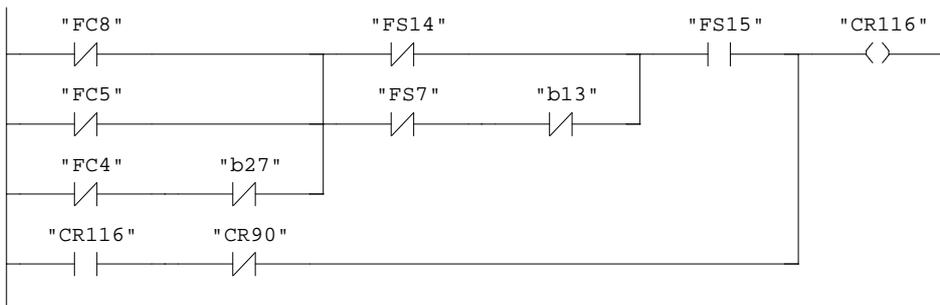
Segm.: 16 Tensión auxiliar 24V ausente (visualiza el NR. 15)



Información del símbolo

E1.3	24V	Presencia de tensión de 24VDC
M16.6	CR115	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

Segm.: 17 Seguridad control rollos de alimentación (visualiza 16)

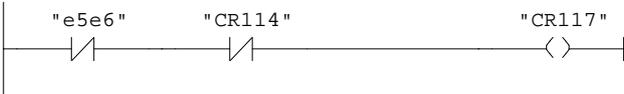


Información del símbolo

E8.7	FC8	Seguridad entrada de rollos ingreso a la máquina
E8.4	FC5	Seguridad entrada de rollos ingreso a la máquina
E8.3	FC4	Seguridad entrada de rollos ingreso a la máquina
E3.7	b27	Selector canale de papel NA=3 canales NC=2 canales

E7.1	FS14	Primera fase de control de rollos
E6.2	FS7	Segunda fase de control de rollos
E3.0	b13	Selector capas pepel NA=2 capas NC=1 capa
E7.2	FS15	Alimentador de rollos abajo
M16.7	CR116	Emergencia control de rollos FC8 o FC5 o FC4
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

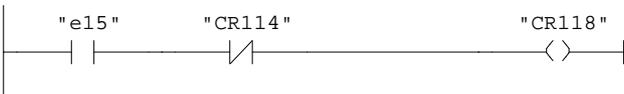
Segm.: 18 Guardamotor banda alimentación y tambor de entrada(visualiza 17)



Información del símbolo

E0.1	e5e6	Guardamotores de motor banda de alimentación y motor tambor de entrada de p apel
M16.5	CR114	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M17.0	CR117	Emergencia guardamotor banda alimentación y tambor de entrada (e5 e6)

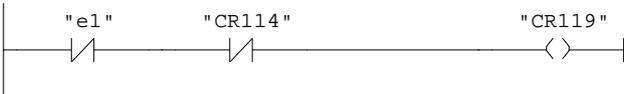
Segm.: 19 Guardamotor debobinador de polietileno (visualiza 18)



Información del símbolo

E0.6	e15	Guardamotor del variador de velocidad del motor debobinador de polietileno
M16.5	CR114	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M17.1	CR118	Emergencia guardamotor debobinador polietileno (e15)

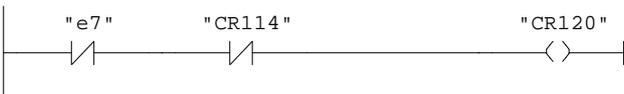
Segm.: 20 Guardamotor motor principal de la máquina (visualiza 19)



Información del símbolo

E0.0	e1	Guardamotor del variador de velocidad del motor principal
M16.5	CR114	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M17.2	CR119	Emergencia guardamotor motor principal de la máquina (e1)

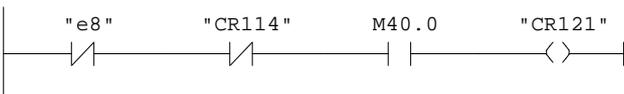
Segm.: 21 Guardamotor motor bandas de selladoras (visualiza 20)



Información del símbolo

E0.2	e7	Guardamotor del motor de las bandas selladoras
M16.5	CR114	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M17.3	CR120	Emergencia guardamotor motor banda selladora (e7)

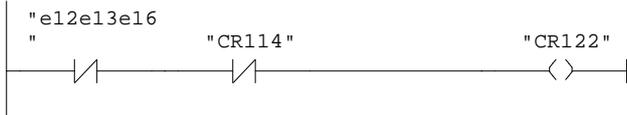
Segm.: 22 Guardamotor motor unidad de refrigeración (visualiza 21)



Información del símbolo

E0.3	e8	Guardamotor del motor de la unidad de refrigeración
M16.5	CR114	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M17.4	CR121	Emergencia guardamotor motor de refrigeración (e8)

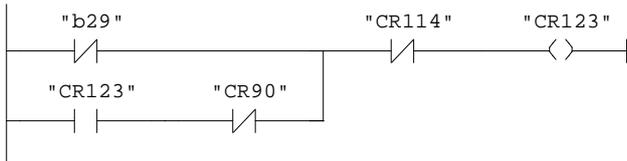
Segm.: 23	Interruptor automático resistencias selladoras (visualiza 22)
-----------	---



Información del símbolo

E0.5	e12e13e16	Guardamotores de las resistencias derechas, izquierdas e inferior
M16.5	CR114	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M17.5	CR122	Emergencia térmicos de resistencias selladoras (e12, e13, e16)

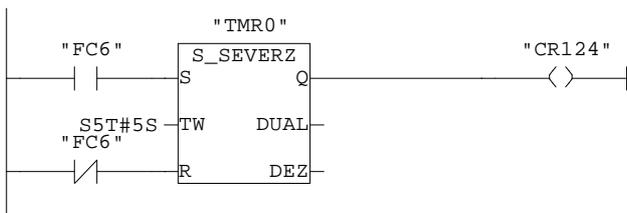
Segm.: 24	Fricción embrague principal máquina (visualiza 23)
-----------	--



Información del símbolo

E4.0	b29	Fricción embrague principal de la máquina
M17.6	CR123	Emergencia fricción embrague principal de la máquina (b29)
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas
M16.5	CR114	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente

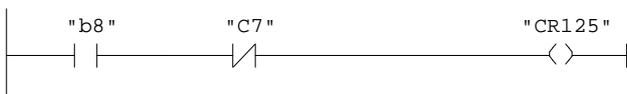
Segm.: 25	Acumulación de producto en la salida (visualiza 24)
-----------	---



Información del símbolo

E8.5	FC6	Acumulación de producto en la salida de la máquina
T0	TMR0	Tiempo de salida de la máquina acumulada
M17.7	CR124	Emergencia acumulación de producto en la salida (FC6)

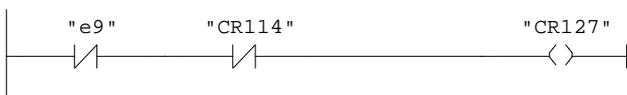
Segm.: 26	Bandas selladoras paradas (visualiza 25)
-----------	--



Información del símbolo

E2.2	b8	Selector manual / automático NA=manual NC=automático
A10.5	C7	Contactador del motor de las bandas selladoras
M18.0	CR125	Emergencia bandas selladoras paradas (b8b8A, C7)

Segm.: 27	Guardamotor motor banda de salida (visualiza 27)
-----------	--



Información del símbolo

E0.4	e9	Guardamotor del motor banda de salida
M16.5	CR114	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M18.2	CR127	Emergencia guardamotor motor banda de salida (e9)

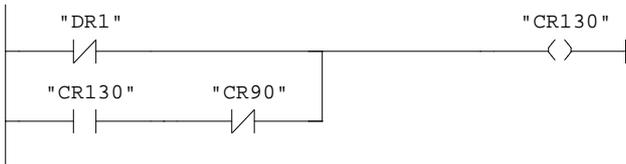
Segm.: 28 Nivel de aceite anormal (visualiza 29)



Información del símbolo

E2.5	b10A	Nivel de aceite
M18.4	CR129	Emergencia nivel de aceite anormal (b10A)

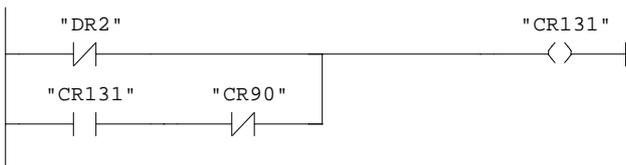
Segm.: 29 Error en variador de velocidad motor principal (visualiza 30)



Información del símbolo

E1.4	DR1	Contacto del variador de velocidad del motor principal (indica error)
M18.5	CR130	Emergencia variador de velocidad del motor principal con error (DR1)
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

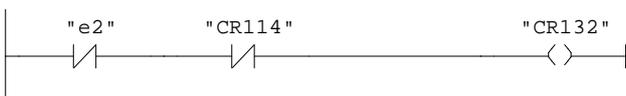
Segm.: 30 Error en variador de velocidad motor debobinador (visualiza 31)



Información del símbolo

E1.5	DR2	Contacto del variador de velocidad del debobinador de polietileno (indica error)
M18.6	CR131	Emergencia variador de velocidad del motor debobinador con error (DR2)
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

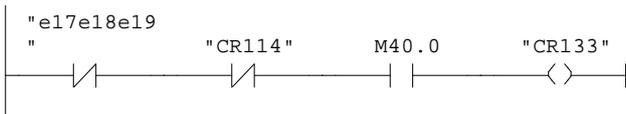
Segm.: 31 Guardamotor motor bomba de vacío (visualiza 32)



Información del símbolo

E1.6	e2	Guardamotor del motor bomba de vacío
M16.5	CR114	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M18.7	CR132	Emergencia guardamotor motor bomba de vacío (e2)

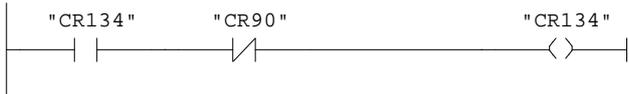
Segm.: 32 Guardamotores reserva (visualiza 33)



Información del símbolo

E1.7	e17e18e19	Guardamotores de reserva
M16.5	CR114	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M19.0	CR133	Emergencia guardamotores reserva (e17 e18 e19)

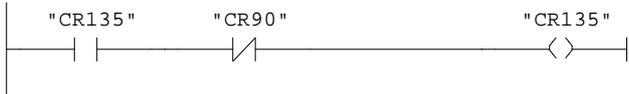
Segm.: 33 A disposición



Información del símbolo

M19.1	CR134	Emergencia disponible
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

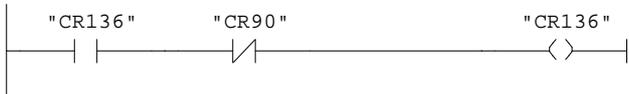
Segm.: 34 A disposición



Información del símbolo

M19.2	CR135	Emergencia disponible
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

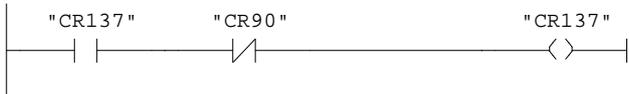
Segm.: 35 A disposición



Información del símbolo

M19.3	CR136	Emergencia disponible
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

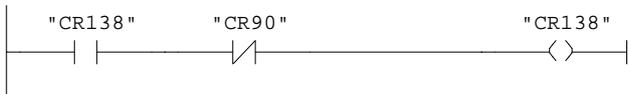
Segm.: 36 A disposición



Información del símbolo

M19.4	CR137	Emergencia disponible
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

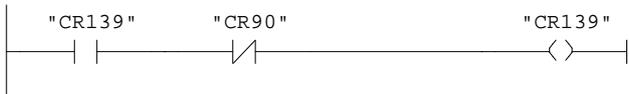
Segm.: 37 A disposición



Información del símbolo

M19.5	CR138	Emergencia disponible
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

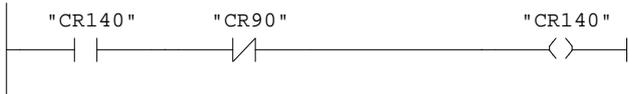
Segm.: 38 A disposición



Información del símbolo

M19.6	CR139	Emergencia disponible
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

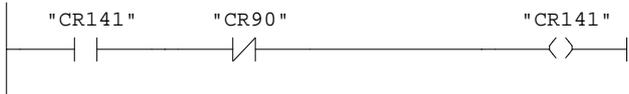
Segm.: 39 A disposición



Información del símbolo

M19.7	CR140	Emergencia disponible
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

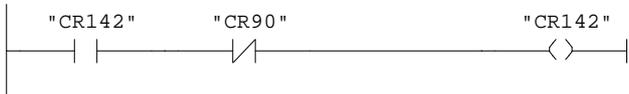
Segm.: 40 A disposición



Información del símbolo

M20.0	CR141	Emergencia disponible
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

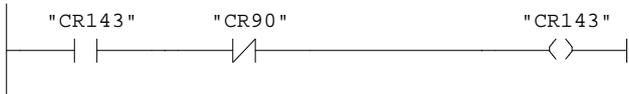
Segm.: 41 A disposición



Información del símbolo

M20.1	CR142	Emergencia disponible
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

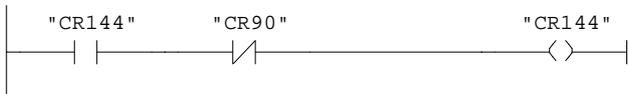
Segm.: 42 A disposición



Información del símbolo

M20.2	CR143	Emergencia disponible
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

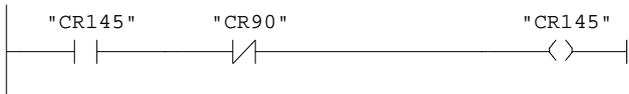
Segm.: 43 A disposición



Información del símbolo

M20.3	CR144	Emergencia disponible
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

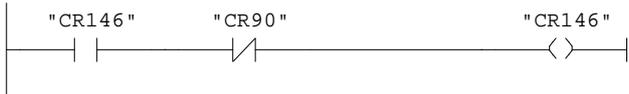
Segm.: 44 A disposición



Información del símbolo

M20.4	CR145	Emergencia disponible
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

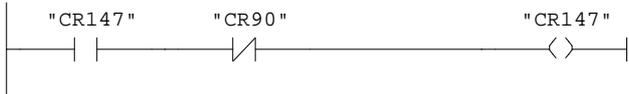
Segm.: 45 A disposición



Información del símbolo

M20.5	CR146	Emergencia disponible
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

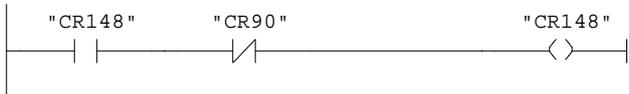
Segm.: 46 A disposición



Información del símbolo

M20.6	CR147	Emergencia disponible
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

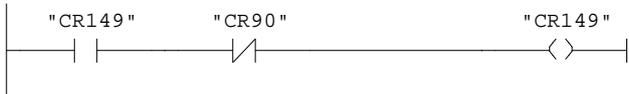
Segm.: 47 A disposición



Información del símbolo

M20.7	CR148	Emergencia disponible
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

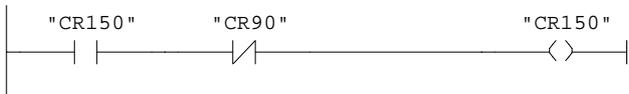
Segm.: 48 A disposición



Información del símbolo

M21.0	CR149	Emergencia disponible
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

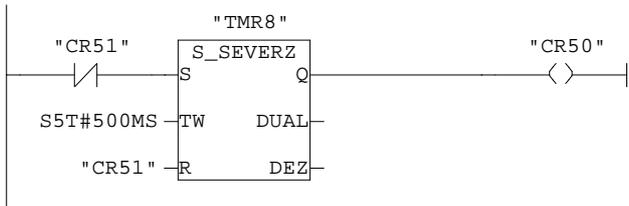
Segm.: 49 A disposición



Información del símbolo

M21.1	CR150	Emergencia disponible
M10.0	CR90	Restablecimiento de alarmas

Segm.: 50 Enciende la lámpara de emergencias

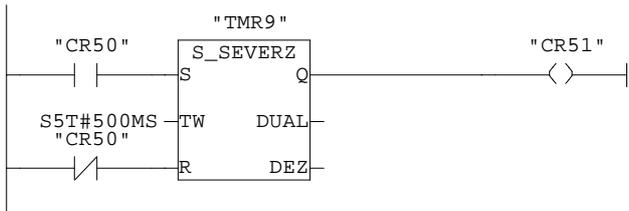


Información del símbolo

M1.6	CR51	Apagar lámpara de emergencia
------	------	------------------------------

T8 TMR8 Tiempo de encendido de la lámpara de emergencia
M1.5 CR50 Encender lámpara de emergencia

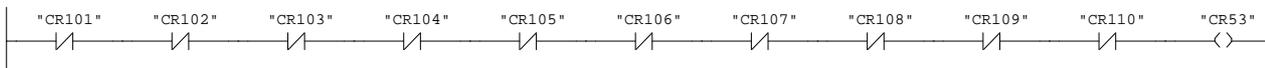
Segm.: 51 Apaga la lámpara de emergencias



Información del símbolo

M1.5 CR50 Encender lámpara de emergencia
T9 TMR9 Tiempo de apagado de la lámpara de emergencia
M1.6 CR51 Apagar lámpara de emergencia

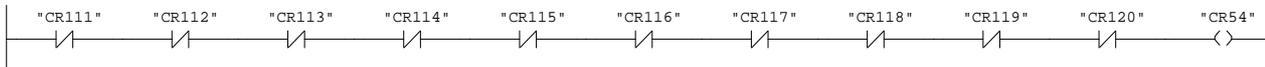
Segm.: 52 Comando para encendido de la lámpara de emergencias



Información del símbolo

M15.0 CR101 Pulsantes de emergencia presionados (b21 o b5)
M15.1 CR102 Emergencia presión de aire (b9)
M15.2 CR103 Emergencia presión de refrigeración (b18 b19)
M15.3 CR104 Emergencia presión de aceite (b10)
M15.4 CR105 Emergencia cubiertas abiertas (b24 o b25B o b25A o b26)
M15.5 CR106 Emergencia temperatura anormal (u4, u5, u6)
M15.6 CR107 Emergencia polietileno arrugado (FS1)
M15.7 CR108 Emergencia acumulación de rollos alimentación (FS2)
M16.0 CR109 Emergencia fin de bobina de polietileno (FS3)
M16.1 CR110 Emergencia transmisión derecha (FS4)
M2.1 CR53 Emergencia presente

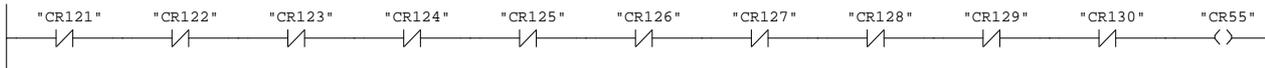
Segm.: 53 Comando para encendido de la lámpara de emergencias



Información del símbolo

M16.2 CR111 Emergencia transmisión izquierda (FS5)
M16.3 CR112 Emergencia soporte de producto (FS6 o FS9)
M16.4 CR113 Emergencia fricción transmisión superior (b30)
M16.5 CR114 Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M16.6 CR115 Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M16.7 CR116 Emergencia control de rollos FC8 o FC5 o FC4
M17.0 CR117 Emergencia guardamotor banda alimentación y tambor de entrada (e5 e6)
M17.1 CR118 Emergencia guardamotor debobinador polietileno (e15)
M17.2 CR119 Emergencia guardamotor motor principal de la máquina (e1)
M17.3 CR120 Emergencia guardamotor motor banda selladora (e7)
M2.2 CR54 Emergencia presente

Segm.: 54 Comando para encendido de la lámpara de emergencias



Información del símbolo

M17.4 CR121 Emergencia guardamotor motor de refrigeración (e8)
M17.5 CR122 Emergencia térmicos de resistencias selladoras (e12, e13, e16)
M17.6 CR123 Emergencia fricción embrague principal de la máquina (b29)
M17.7 CR124 Emergencia acumulación de producto en la salida (FC6)
M18.0 CR125 Emergencia bandas selladoras paradas (b8b8A, C7)
M18.1 CR126 Emergencia aire del intercambiador
M18.2 CR127 Emergencia guardamotor motor banda de salida (e9)
M18.3 CR128 Intercambiador fuera de fase
M18.4 CR129 Emergencia nivel de aceite anormal (b10A)
M18.5 CR130 Emergencia variador de velocidad del motor principal con error (DR1)
M2.3 CR55 Emergencia presente

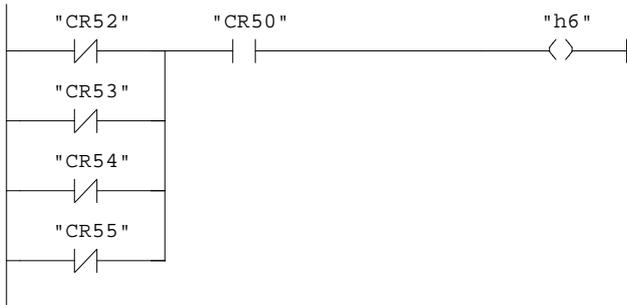
Segm.: 55 Comando para encendido de la lámpara de emergencias



Información del símbolo

M18.6	CR131	Emergencia variador de velocidad del motor debobinador con error (DR2)
M18.7	CR132	Emergencia guardamotor motor bomba de vacío (e2)
M19.0	CR133	Emergencia guardamotores reserva (e17 e18 e19)
M2.0	CR52	Emergencia presente

Segm.: 56 Lámpara de emergencia



Información del símbolo

M2.0	CR52	Emergencia presente
M2.1	CR53	Emergencia presente
M2.2	CR54	Emergencia presente
M2.3	CR55	Emergencia presente
M1.5	CR50	Encender lámpara de emergencia
A11.7	h6	Lámpara de alarmas externas de la máquina

FC2 - <offline>

"INTERCAMBIADOR" Función INTERCAMBIADOR 5 a 3 canales de producto

Nombre: Familia:

Autor: Versión: 0.1

Versión del bloque: 2

Hora y fecha Código: 19/01/06 03:33:18 p.p.m.

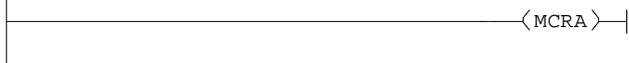
Interface: 24/10/05 05:58:57 p.p.m.

Longitud (bloque / código / datos): 00298 00180 00000

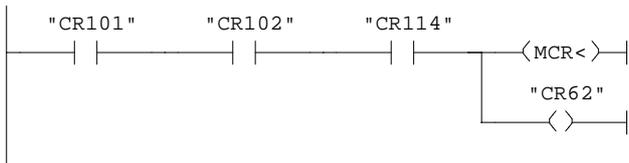
Dirección	Declaración	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
	in				
	out				
	in_out				
	temp				

Bloque: FC2 INTERCAMBIADOR

Segm.: 1 INTERCAMBIADOR DE 5 CANALES A 3 CANALES DE PRODUCTO



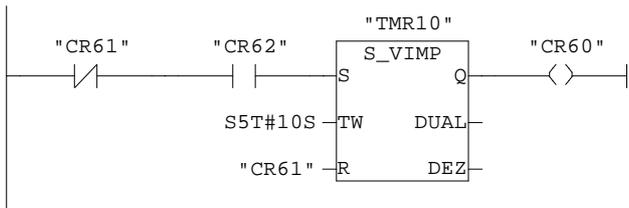
Segm.: 2 Emergencias deshabilitan el intercambiador



Información del símbolo

M15.0 CR101 Pulsantes de emergencia presionados (b21 o b5)
M15.1 CR102 Emergencia presión de aire (b9)
M16.5 CR114 Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M2.6 CR62 Inicio del diverter

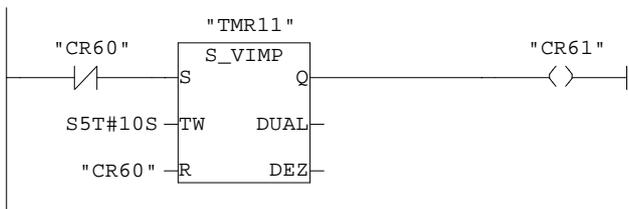
Segm.: 3 Tiempo de paso para rollos en las bandas 1 y 4



Información del símbolo

M2.5 CR61 Habilitación para paso de rollos en los canales 2 y 5
M2.6 CR62 Inicio del diverter
T10 TMR10 Tiempo de paso de rollos de papel para bandas 1 y 4
M2.4 CR60 Habilitación para paso de rollos en los canales 1 y 4

Segm.: 4 Tiempo de paso para rollos en las bandas 2 y 5

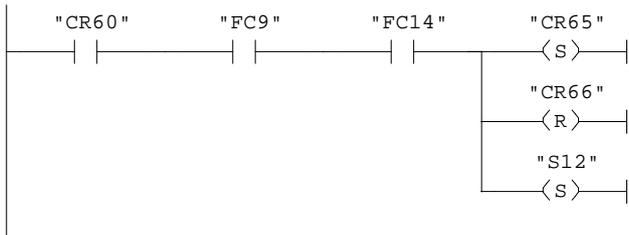


Información del símbolo

M2.4 CR60 Habilitación para paso de rollos en los canales 1 y 4

T11 TMR11 Tiempo de paso de rollos de papel para bandas 2 y 5
M2.5 CR61 Habilitación para paso de rollos en los canales 2 y 5

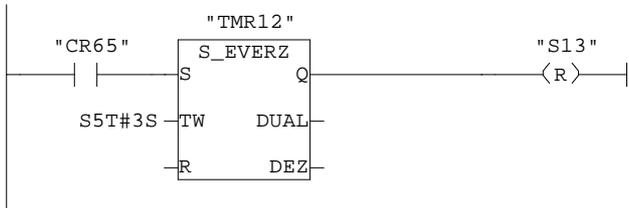
Segm.: 5 Permite el paso de rollos por el canal 1



Información del símbolo

M2.4 CR60 Habilitación para paso de rollos en los canales 1 y 4
E9.0 FC9 Presencia de producto en canal 1
E9.4 FC14 Presencia de producto en canal 1
M3.1 CR65 Inicio del tiempo de retardo para apertura canal 1
M3.2 CR66 Inicio del tiempo de retardo para apertura canal 2
A13.6 S12 Electroválvula control del canal papel 2

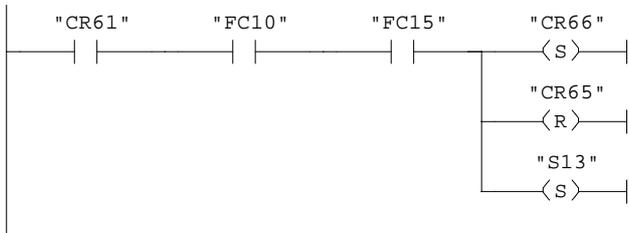
Segm.: 6 Retardo apertura canal 1 de rollos



Información del símbolo

M3.1 CR65 Inicio del tiempo de retardo para apertura canal 1
T12 TMR12 Retardo apertura canal 1 de rollos
A13.7 S13 Electroválvula control del canal papel 3

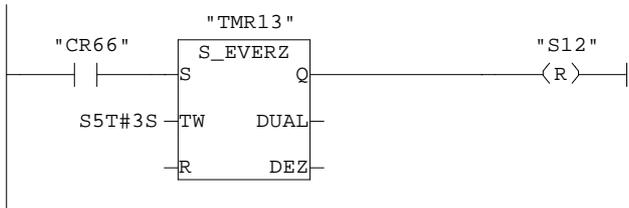
Segm.: 7 Permite el paso de rollos por el canal 2



Información del símbolo

M2.5 CR61 Habilitación para paso de rollos en los canales 2 y 5
E9.1 FC10 Presencia de producto en canal 2
E9.5 FC15 Presencia de producto en canal 2
M3.2 CR66 Inicio del tiempo de retardo para apertura canal 2
M3.1 CR65 Inicio del tiempo de retardo para apertura canal 1
A13.7 S13 Electroválvula control del canal papel 3

Segm.: 8 Retardo apertura canal 2 de rollos

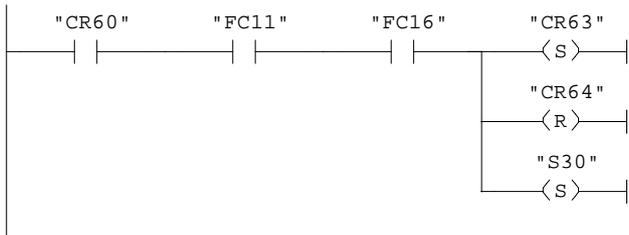


Información del símbolo

M3.2 CR66 Inicio del tiempo de retardo para apertura canal 2

T13 TMR13 Retardo apertura canal 2 de rollos
 A13.6 S12 Electroválvula control del canal papel 2

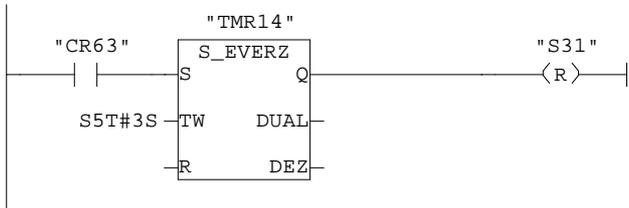
Segm.: 9 Permite el paso de rollos por el canal 4



Información del símbolo

M2.4	CR60	Habilitación para paso de rollos en los canales 1 y 4
E9.2	FC11	Presencia de producto en canal 4
E9.6	FC16	Presencia de producto en canal 4
M2.7	CR63	Inicio del tiempo de retardo para apertura canal 4
M3.0	CR64	Inicio del tiempo de retardo para apertura canal 5
A13.1	S30	Electroválvula control del canal papel 5

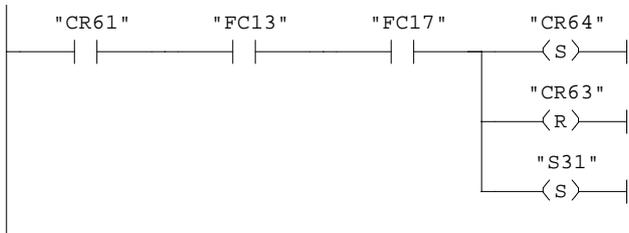
Segm.: 10 Retardo apertura canal 4 de rollos



Información del símbolo

M2.7	CR63	Inicio del tiempo de retardo para apertura canal 4
T14	TMR14	Retardo apertura canal 4 de rollos
A13.2	S31	Electroválvula control del canal papel 4

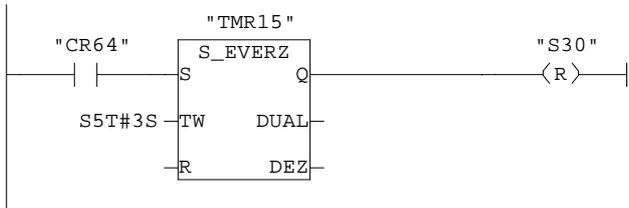
Segm.: 11 Permite el paso de rollos por el canal 5



Información del símbolo

M2.5	CR61	Habilitación para paso de rollos en los canales 2 y 5
E9.3	FC13	Presencia de producto en canal 5
E9.7	FC17	Presencia de producto en canal 5
M3.0	CR64	Inicio del tiempo de retardo para apertura canal 5
M2.7	CR63	Inicio del tiempo de retardo para apertura canal 4
A13.2	S31	Electroválvula control del canal papel 4

Segm.: 12 Retardo apertura canal 5 de rollos



Información del símbolo

M3.0	CR64	Inicio del tiempo de retardo para apertura canal 5
------	------	--

T15 TMR15 Retardo apertura canal 5 de rollos
A13.1 S30 Electroválvula control del canal papel 5

Segm.: 13

—|<MCR>—|

Segm.: 14

—|<MCRD>—|

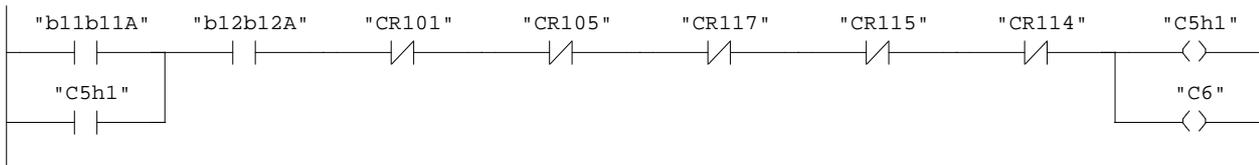
FC3 - <offline>

"ALIMENTACION ROLLOS" Función ALIMENTACION ROLLOS
Nombre: Familia:
Autor: Versión: 0.1
 Versión del bloque: 2
Hora y fecha Código: 19/01/06 03:27:28 p.p.m.
 Interface: 24/10/05 06:14:40 p.p.m.
Longitud (bloque / código / datos): 00222 00114 00000

Dirección	Declaración	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
	in				
	out				
	in_out				
	temp				

Bloque: FC3 ALIMENTACION ROLLOS A LA MAQUINA

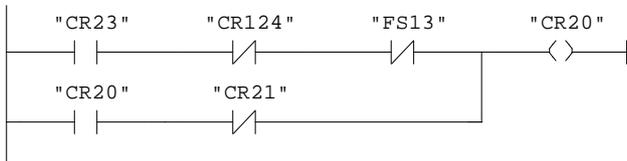
Segm.: 1 Contactores motores banda de alimentación y tambor de entrada



Información del símbolo

E2.6	b11b11A	Pulsante de marcha de la banda de alimentación y tambor de entrada
A10.3	C5h1	Contactador del motor de la banda de alimentación
E2.7	b12b12A	Pulsante de parada de la banda de alimentación y tambor de entrada
M15.0	CR101	Pulsantes de emergencia presionados (b21 o b5)
M15.4	CR105	Emergencia cubiertas abiertas (b24 o b25B o b25A o b26)
M17.0	CR117	Emergencia guardamotor banda alimentación y tambor de entrada (e5 e6)
M16.6	CR115	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M16.5	CR114	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
A10.4	C6	Contactador del motor del tambor de entrada de rollos

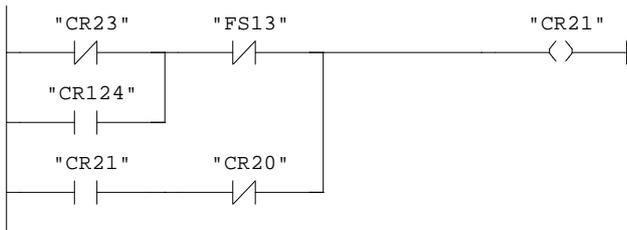
Segm.: 2 Comando desbloqueo alimentación de rollos



Información del símbolo

M0.7	CR23	Producto en la alimentación de rollos
M17.7	CR124	Emergencia acumulación de producto en la salida (FC6)
E7.0	FS13	Bobina polietileno vacía
M0.4	CR20	Comando desbloqueo alimentación de rollos
M0.5	CR21	Comando bloqueo alimentación de rollos

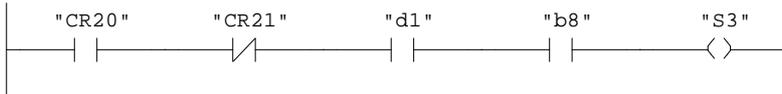
Segm.: 3 Comando bloqueo alimentación de rollos



Información del símbolo

M0.7	CR23	Producto en la alimentación de rollos
M17.7	CR124	Emergencia acumulación de producto en la salida (FC6)
E7.0	FS13	Bobina polietileno vacía
M0.5	CR21	Comando bloqueo alimentación de rollos
M0.4	CR20	Comando desbloqueo alimentación de rollos

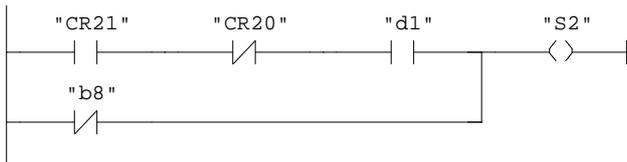
Segm.: 4 Electroválvula desbloqueo alimentación de rollos



Información del símbolo

M0.4	CR20	Comando desbloqueo alimentación de rollos
M0.5	CR21	Comando bloqueo alimentación de rollos
E0.7	d1	Paradas de emergencia
E2.2	b8	Selector manual / automático NA=manual NC=automático
A12.1	S3	Electroválvula de desbloqueo alimentación de rollos

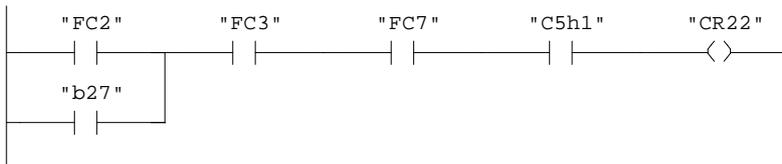
Segm.: 5 Electroválvula bloqueo alimentación de rollos



Información del símbolo

M0.5	CR21	Comando bloqueo alimentación de rollos
M0.4	CR20	Comando desbloqueo alimentación de rollos
E0.7	d1	Paradas de emergencia
E2.2	b8	Selector manual / automático NA=manual NC=automático
A12.0	S2	Electroválvula de bloqueo alimentación de rollos

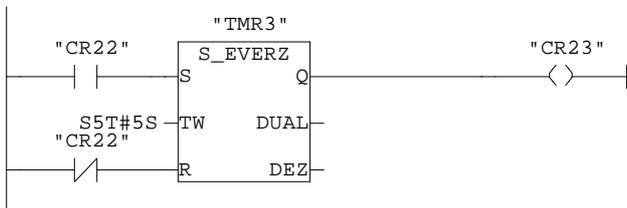
Segm.: 6 Comando inicio del timer por FC2/FC3/FC7



Información del símbolo

E8.1	FC2	Presencia de producto de alimentación para funcionamiento de 3 ó 2 canales
E3.7	b27	Selector canale de papel NA=3 canales NC=2 canales
E8.2	FC3	Presencia de producto de alimentación para funcionamiento de 3 ó 2 canales
E8.6	FC7	Presencia de producto de alimentación para funcionamiento de 3 ó 2 canales
A10.3	C5h1	Contactora del motor de la banda de alimentación
M0.6	CR22	Comando retardo presencia de rollos en la alimentación

Segm.: 7 Presencia de producto en la banda de alimentación



Información del símbolo

M0.6	CR22	Comando retardo presencia de rollos en la alimentación
T3	TMR3	Tiempo presencia de producto en la banda alimentadora
M0.7	CR23	Producto en la alimentación de rollos

FC4 - <offline>

"PLEGADO SELLADO REFRIGER" Función PLEGADO SELLADO REFRIGERACION

Nombre: Familia:

Autor: Versión: 0.1

Versión del bloque: 2

Hora y fecha Código: 19/01/06 04:27:25 p.p.m.

Interface: 24/10/05 06:14:04 p.p.m.

Longitud (bloque / código / datos): 00430 00276 00000

Dirección	Declaración	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
	in				
	out				
	in_out				
	temp				

Bloque: FC4 PLEGADO, SELLADO Y REFRIGERACION

Segm.: 1 EMERGENCIAS DESHABILITAN LA BANDA SELLADORA



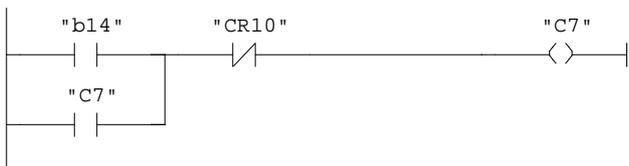
Segm.: 2



Información del símbolo

M15.0	CR101	Pulsantes de emergencia presionados (b21 o b5)
M16.5	CR114	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M16.6	CR115	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M17.3	CR120	Emergencia guardamotor motor banda selladora (e7)

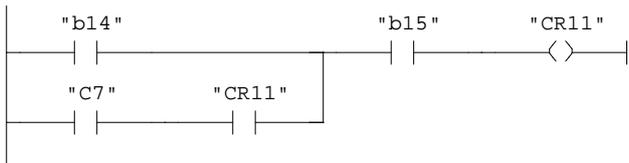
Segm.: 3 Contactor motor bandas selladoras



Información del símbolo

E3.1	b14	Pulsante de marcha de las bandas selladoras y banda de salida
A10.5	C7	Contactor del motor de las bandas selladoras
M0.3	CR10	Timer para parada bandas selladoras

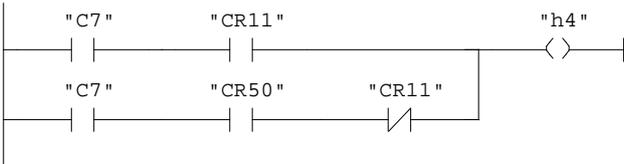
Segm.: 4 Parada temporizada bandas selladoras



Información del símbolo

E3.1	b14	Pulsante de marcha de las bandas selladoras y banda de salida
A10.5	C7	Contactor del motor de las bandas selladoras
M1.7	CR11	Parada temporizada bandas selladoras
E3.2	b15	Pulsante de parada de las bandas selladoras y banda de salida

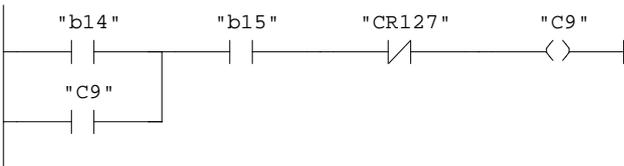
Segm.: 5	Lámpara predisposición y retardo parada bandas selladoras
----------	---



Información del símbolo

A10.5	C7	Contactador del motor de las bandas selladoras
M1.7	CR11	Parada temporizada bandas selladoras
M1.5	CR50	Encender lámpara de emergencia
A13.4	h4	Lámpara marcha bandas selladoras

Segm.: 6	Contactador motor banda de salida
----------	-----------------------------------



Información del símbolo

E3.1	b14	Pulsante de marcha de las bandas selladoras y banda de salida
A10.7	C9	Contactador del motor de la banda de salida
E3.2	b15	Pulsante de parada de las bandas selladoras y banda de salida
M18.2	CR127	Emergencia guardamotor motor banda de salida (e9)

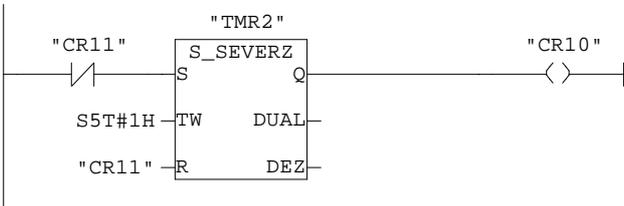
Segm.: 7



Segm.: 8



Segm.: 9	Tiempo para parada de las bandas selladoras
----------	---



Información del símbolo

M1.7	CR11	Parada temporizada bandas selladoras
T2	TMR2	Tiempo para parada de las bandas selladoras
M0.3	CR10	Timer para parada bandas selladoras

Segm.: 10	EMERGENCIAS DESHABILITAN EL REFRIGERADOR
-----------	--



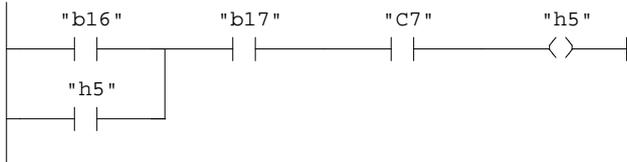
Segm.: 11



Información del símbolo

M15.0	CR101	Pulsantes de emergencia presionados (b21 o b5)
M16.5	CR114	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M16.6	CR115	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M17.4	CR121	Emergencia guardamotor motor de refrigeración (e8)

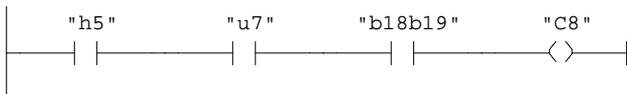
Segm.: 12 Lámpara marcha unidad de refrigeración



Información del símbolo

E3.3	b16	Pulsante de marcha de la unidad de refrigeración
A13.5	h5	Lámpara marcha unidad de refrigeración
E3.4	b17	Pulsante de parada de la unidad de refrigeración
A10.5	C7	Contactador del motor de las bandas selladoras

Segm.: 13 Contactor motor unidad de refrigeración



Información del símbolo

A13.5	h5	Lámpara marcha unidad de refrigeración
E1.2	u7	Contacto del controlador de temperatura de la unidad de refrigeración
E3.5	b18b19	Presóstato de máxima y mínima presión en el refrigerador
A10.6	C8	Contactador motor unidad de refrigeración

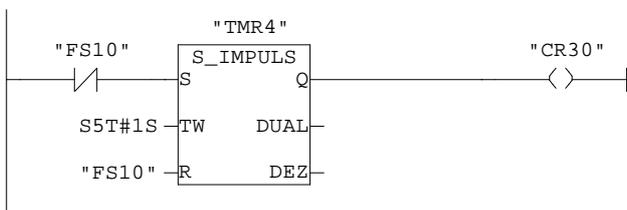
Segm.: 14



Segm.: 15



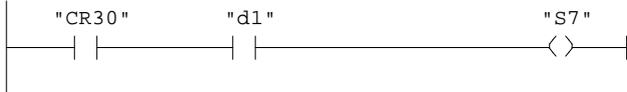
Segm.: 16 Tiempo máximo en alto del sellador inferior



Información del símbolo

E6.5	FS10	Fase de soldadora inferior
T4	TMR4	Tiempo máximo en alto del sellador inferior
M1.0	CR30	Tiempo máximo en alto del sellador inferior

Segm.: 17 Electroválvula ascenso del sellador inferior



Información del símbolo

M1.0	CR30	Tiempo máximo en alto del sellador inferior
E0.7	d1	Paradas de emergencia
A12.2	S7	Electroválvula de ascenso de sellador inferior

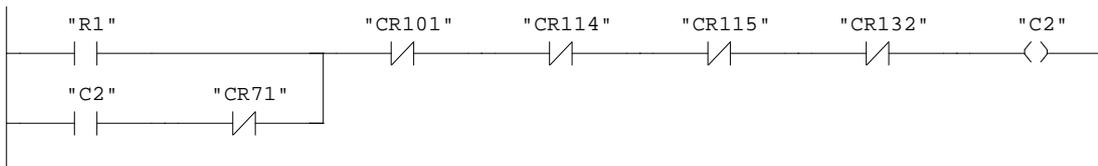
Segm.: 18 Electroválvula descenso del sellador inferior



Información del símbolo

M1.0	CR30	Tiempo máximo en alto del sellador inferior
E0.7	d1	Paradas de emergencia
A12.3	S8	Electroválvula de descenso de sellador inferior

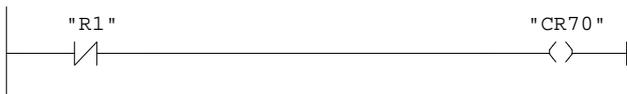
Segm.: 19 Contactor motor bomba de vacío



Información del símbolo

A10.1	R1	Relé comando de marcha del motor principal
A10.2	C2	Contactor de motor de bomba de vacío
M4.3	CR71	Parada bomba vacío
M15.0	CR101	Pulsantes de emergencia presionados (b21 o b5)
M16.5	CR114	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M16.6	CR115	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M18.7	CR132	Emergencia guardamotor motor bomba de vacío (e2)

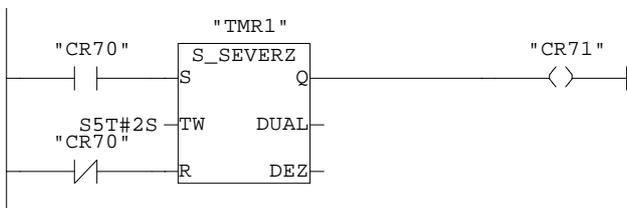
Segm.: 20 Comando parada bomba vacío



Información del símbolo

A10.1	R1	Relé comando de marcha del motor principal
M4.2	CR70	Comando parada bomba vacío

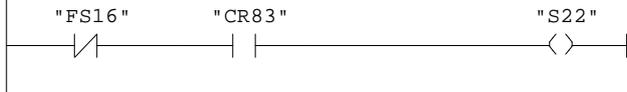
Segm.: 21 Parada bomba vacío



Información del símbolo

M4.2	CR70	Comando parada bomba vacío
T1	TMR1	Tiempo para parada bomba de vacío
M4.3	CR71	Parada bomba vacío

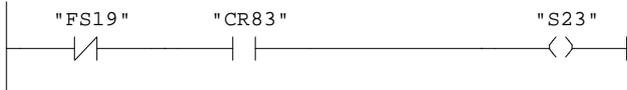
Segm.: 22 Electroválvula primera aspiración S22



Información del símbolo

E7.3	FS16	Primera fase aspiración
M5.2	CR83	Impidir aspiración si no ingresa producto a la máquina
A12.6	S22	Electroválvula primera aspiración

Segm.: 23 Electroválvula segunda aspiración S23



Información del símbolo

E7.4	FS19	Segunda fase aspiración
M5.2	CR83	Impidir aspiración si no ingresa producto a la máquina
A12.7	S23	Electroválvula segunda aspiración

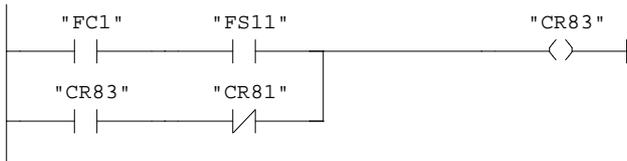
Segm.: 24 Electroválvula tercera aspiración S24



Información del símbolo

E7.5	FS20	Tercera fase aspiración
M5.2	CR83	Impidir aspiración si no ingresa producto a la máquina
A13.0	S24	Electroválvula tercera aspiración

Segm.: 25 Impidir apiración si no ingresa producto a la máquina



Información del símbolo

E8.0	FC1	Presencia de producto banda de alimentación
E6.6	FS11	Fase inicio de debobinado de polietileno
M5.2	CR83	Impidir aspiración si no ingresa producto a la máquina
M4.5	CR81	Inicio fase de debobinado polietileno

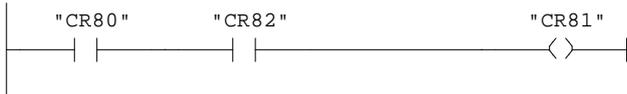
Segm.: 26 Sensor inicio debobinado de polietileno



Información del símbolo

E6.6	FS11	Fase inicio de debobinado de polietileno
M4.4	CR80	Fase de inicio de debobinado de polietileno

Segm.: 27 Genera un impulso cuando inicia la fase de desenrollo



Información del símbolo

M4.4	CR80	Fase de inicio de debobinado de polietileno
M4.6	CR82	Permite el impulso a CR81
M4.5	CR81	Inicio fase de debobinado polietileno

Segm.: 28 Permite el impulso a CR81



Información del símbolo

M4.4	CR80	Fase de inicio de debobinado de polietileno
M4.6	CR82	Permite el impulso a CR81

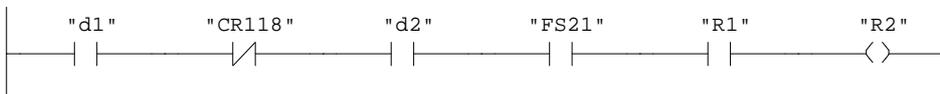
Segm.: 29 Contactor variador de velocidad motor debobinador polietileno



Información del símbolo

M17.1	CR118	Emergencia guardamotor debobinador polietileno (e15)
A11.0	C15	Contactador variador de velocidad WEG CFW-09 (motor debobinador polietileno)

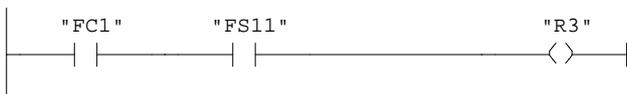
Segm.: 30 Comando de arranque variador de velocidad motor debobinador



Información del símbolo

E0.7	d1	Paradas de emergencia
M17.1	CR118	Emergencia guardamotor debobinador polietileno (e15)
E1.0	d2	Seguridades de las cubiertas de la máquina
E7.6	FS21	Debobinado de polietileno
A10.1	R1	Relé comando de marcha del motor principal
A11.1	R2	Relé comando de marcha del motor debobinador de polietileno

Segm.: 31 Habilidad del centrador de taca



Información del símbolo

E8.0	FC1	Presencia de producto banda de alimentación
E6.6	FS11	Fase inicio de debobinado de polietileno
A11.6	R3	AND entre FC1 y FS11 para centrador de taca

FC5 - <offline>

"MOTOR PRINCIPAL" Función MOTOR PRINCIPAL
Nombre: Familia:
Autor: Versión: 0.1
 Versión del bloque: 2
Hora y fecha Código: 27/01/06 01:36:23 p.p.m.
 Interface: 24/10/05 06:27:09 p.p.m.
Longitud (bloque / código / datos): 00188 00078 00000

Dirección	Declaración	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
	in				
	out				
	in_out				
	temp				

Bloque: FC5 MOTOR PRINCIPAL DE LA MAQUINA

Segm.: 1 Contactor variador de velocidad motor principal máquina



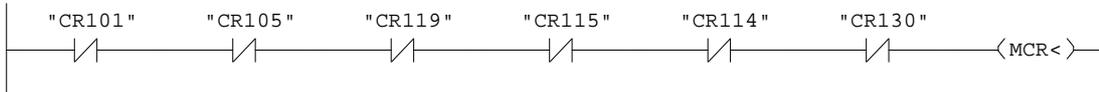
Información del símbolo

M17.2 CR119 Emergencia guardamotor motor principal de la máquina (e1)
A10.0 C1 Contactor variador de velocidad WEG CFW-09 (motor principal)

Segm.: 2 EMERGENCIAS DESHABILITA MOTOR PRINCIPAL DE LA MAQUINA



Segm.: 3



Información del símbolo

M15.0 CR101 Pulsantes de emergencia presionados (b21 o b5)
M15.4 CR105 Emergencia cubiertas abiertas (b24 o b25B o b25A o b26)
M17.2 CR119 Emergencia guardamotor motor principal de la máquina (e1)
M16.6 CR115 Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M16.5 CR114 Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
M18.5 CR130 Emergencia variador de velocidad del motor principal con error (DR1)

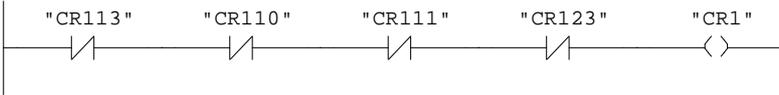
Segm.: 4 Emergencias parada máquina



Información del símbolo

M15.1 CR102 Emergencia presión de aire (b9)
M15.6 CR107 Emergencia polietileno arrugado (FS1)
M15.7 CR108 Emergencia acumulación de rollos alimentación (FS2)
M16.0 CR109 Emergencia fin de bobina de polietileno (FS3)
M16.3 CR112 Emergencia soporte de producto (FS6 o FS9)
M16.7 CR116 Emergencia control de rollos FC8 o FC5 o FC4
M17.1 CR118 Emergencia guardamotor debobinador polietileno (e15)
M18.0 CR125 Emergencia bandas selladoras paradas (b8b8A, C7)
M0.0 CR0 Emergencias que paran la máquina

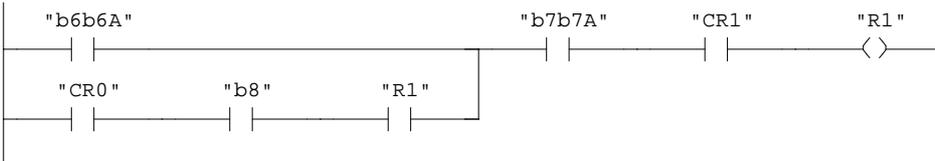
Segm.: 5 Emergencias no permite arrancar la máquina



Información del símbolo

M16.4	CR113	Emergencia fricción transmisión superior (b30)
M16.1	CR110	Emergencia transmisión derecha (FS4)
M16.2	CR111	Emergencia transmisión izquierda (FS5)
M17.6	CR123	Emergencia fricción embrague principal de la máquina (b29)
M0.1	CR1	Emergencias no permite arrancar la máquina

Segm.: 6 Comando de arranque del variador de velocidad motor principal



Información del símbolo

E2.0	b6b6A	Pulsante de marcha de la máquina
M0.0	CR0	Emergencias que paran la máquina
E2.2	b8	Selector manual / automático NA=manual NC=automático
A10.1	R1	Relé comando de marcha del motor principal
E2.1	b7b7A	Pulsante de parada de la máquina
M0.1	CR1	Emergencias no permite arrancar la máquina

Segm.: 7



Segm.: 8



Segm.: 9 Lámpara de marcha de la máquina



Información del símbolo

A10.1	R1	Relé comando de marcha del motor principal
A13.3	h2	Lámpara de marcha de la máquina

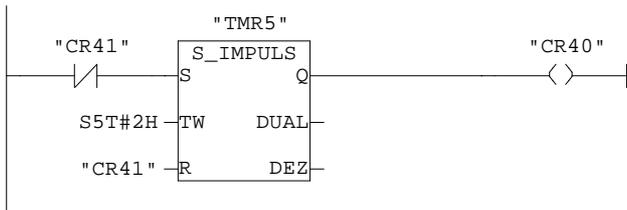
FC6 - <offline>

"LUBRICACION" Función LUBRICACION
 Nombre: Familia:
 Autor: Versión: 0.1
 Versión del bloque: 2
 Hora y fecha Código: 19/01/06 03:30:34 p.p.m.
 Interface: 24/10/05 06:43:02 p.p.m.
 Longitud (bloque / código / datos): 00172 00074 00000

Dirección	Declaración	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
	in				
	out				
	in_out				
	temp				

Bloque: FC6 LUBRICACION DE LA MAQUINA

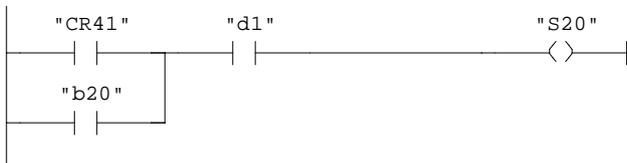
Segm.: 1 Tiempo parcial parada de bomba de aceite



Información del símbolo

M1.3 CR41 Tiempo de lubricación
 T5 TMR5 Tiempo parcial parada de bomba de aceite
 M1.1 CR40 Tiempo parcial de parada de la bomba de aceite

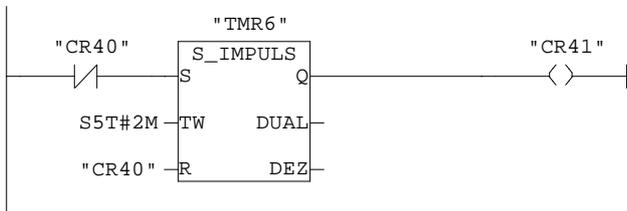
Segm.: 2 Electroválvula de la bomba de aceite



Información del símbolo

M1.3 CR41 Tiempo de lubricación
 E3.6 b20 Pulsante de funcionamiento manual de la bomba de lubricación
 E0.7 d1 Paradas de emergencia
 A12.4 S20 Electroválvula de bomba de lubricación

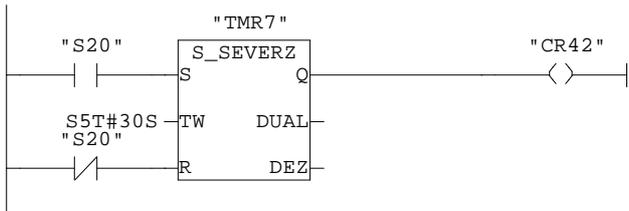
Segm.: 3 Tiempo de lubricación de la máquina



Información del símbolo

M1.1 CR40 Tiempo parcial de parada de la bomba de aceite
 T6 TMR6 Tiempo de lubricación de la máquina
 M1.3 CR41 Tiempo de lubricación

Segm.: 4 Control de presión de aceite después del inicio de la bomba



Información del símbolo

A12.4

T7

M1.4

S20

TMR7

CR42

Electroválvula de bomba de lubricación

Control de presión de aceite después del inicio de la bomba

Control de presión de aceite

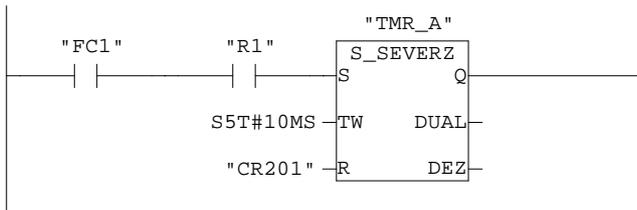
FC7 - <offline>

"DATOS DE PRODUCCION" Función DATOS DE PRODUCCION
Nombre: Familia:
Autor: Versión: 0.1
 Versión del bloque: 2
Hora y fecha Código: 19/01/06 03:50:52 p.p.m.
 Interface: 15/11/05 02:42:12 p.p.m.
Longitud (bloque / código / datos): 00368 00236 00000

Dirección	Declaración	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
	in				
	out				
	in_out				
	temp				

Bloque: FC7 PAQUETES

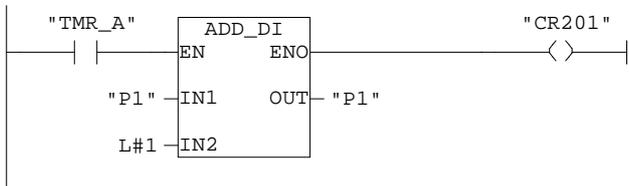
Segm.: 1 Generador de Flanco para Contador



Información del símbolo

E8.0 FC1 Presencia de producto banda de alimentación
A10.1 R1 Relé comando de marcha del motor principal
T16 TMR_A Flanco para contador de paquetes
M34.1 CR201 Bandera flanco por FC1

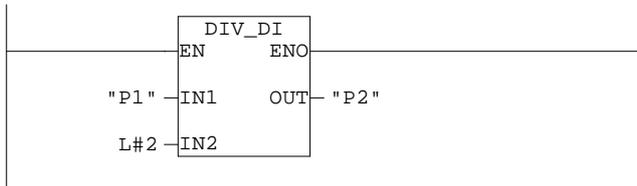
Segm.: 2 Contador de Paquetes



Información del símbolo

T16 TMR_A Flanco para contador de paquetes
MD36 P1 Muestra de paso de paquetes
M34.1 CR201 Bandera flanco por FC1

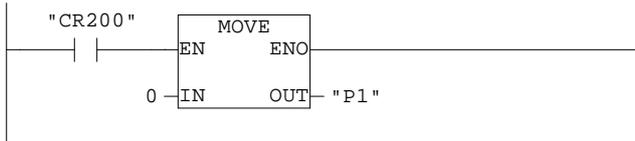
Segm.: 3 Totalizador de Paquetes



Información del símbolo

MD36 P1 Muestra de paso de paquetes
MD40 P2 Totalizador de paquetes

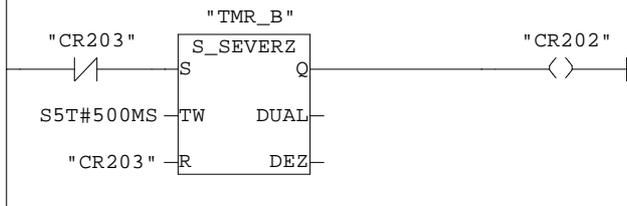
Segm.: 4 Reset Contador de Paquetes



Información del símbolo

M34.0	CR200	Resetea contador de paquetes
MD36	P1	Muestra de paso de paquetes

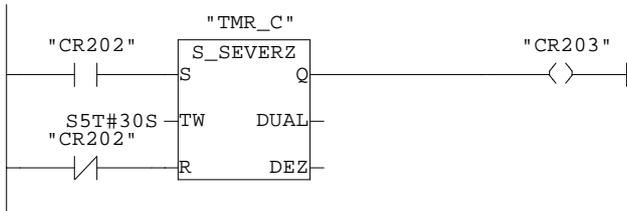
Segm.: 5 Temporizador para Cálculo Velocidad de la Máquina



Información del símbolo

M34.3	CR203	Flanco descendente del temporizador de No. paquetes
T17	TMR_B	Tiempo de muestreo del No. paquetes
M34.2	CR202	Estado "1" del temporizador de No. paquetes

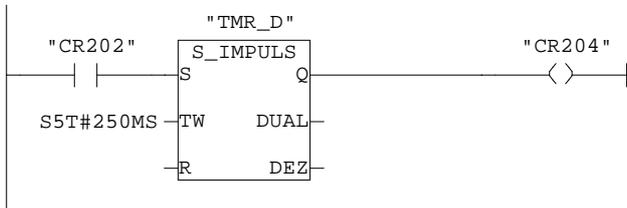
Segm.: 6 Temporizador para Cálculo Velocidad de la Máquina



Información del símbolo

M34.2	CR202	Estado "1" del temporizador de No. paquetes
T18	TMR_C	Reset TMR_B
M34.3	CR203	Flanco descendente del temporizador de No. paquetes

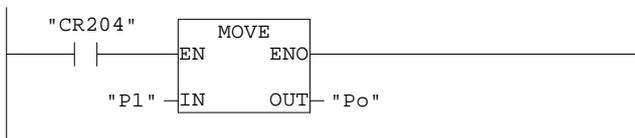
Segm.: 7 Tiempo de Muestra Paquetes Iniciales (Po)



Información del símbolo

M34.2	CR202	Estado "1" del temporizador de No. paquetes
T19	TMR_D	Tiempo para toma de muestra Po
M34.4	CR204	Bandera toma de muestra paquetes inicial Po

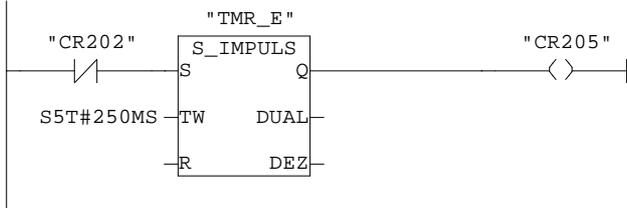
Segm.: 8 Toma de Muestra Po



Información del símbolo

M34.4	CR204	Bandera toma de muestra paquetes inicial Po
MD36	P1	Muestra de paso de paquetes
MD48	Po	Paquetes Inicial

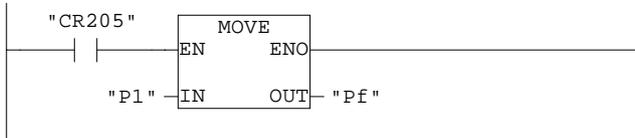
Segm.: 9 Tiempo de Muestro Paquetes Finales (Pf)



Información del símbolo

M34.2	CR202	Estado "1" del temporizador de No. paquetes
T20	TMR_E	Tiempo para toma de muestra Pf
M34.5	CR205	Bandera toma de muestra paquetes final Pf

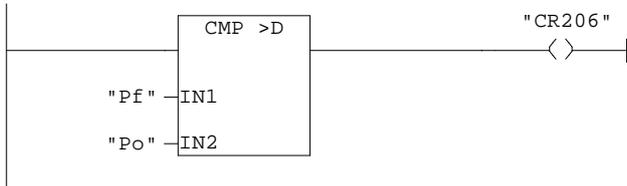
Segm.: 10 Toma de Muestra Pf



Información del símbolo

M34.5	CR205	Bandera toma de muestra paquetes final Pf
MD36	P1	Muestra de paso de paquetes
MD52	Pf	Paquetes final

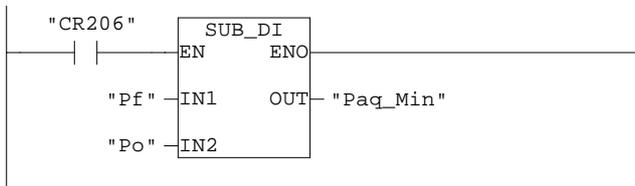
Segm.: 11 Habilitador de Cálculo de Velocidad



Información del símbolo

MD52	Pf	Paquetes final
MD48	Po	Paquetes Inicial
M34.6	CR206	Reset muestreo

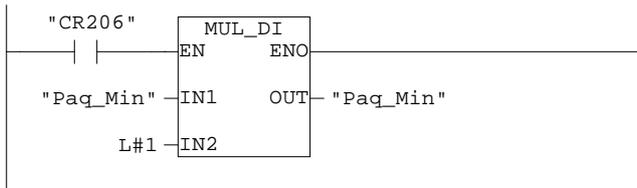
Segm.: 12 Cálculo Delta P



Información del símbolo

M34.6	CR206	Reset muestreo
MD52	Pf	Paquetes final
MD48	Po	Paquetes Inicial
MD56	Paq_Min	Paquetes/Minuto

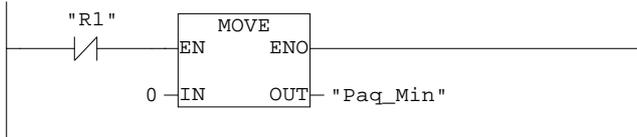
Segm.: 13 Cálculo de Paquetes/Min



Información del símbolo

M34.6	CR206	Reset muestreo
MD56	Paq_Min	Paquetes/Minuto

Segm.: 14 Reset Velocidad



Información del símbolo

A10.1	R1	Relé comando de marcha del motor principal
MD56	Paq_Min	Paquetes/Minuto

Equipo SIMATIC 300

UR - Bastidor 0

Bastidor 0, Slot 1

Nombre abreviado: PS 307 5A
Referencia: 6ES7 307-1EA00-0AA0
Denominación: PS 307 5A
Ancho: 1
Comentario:

Bastidor 0, Slot 2

Nombre abreviado: CPU 313C-2 DP
Referencia: 6ES7 313-6CE00-0AB0
Denominación: CPU 313C-2 DP(1)
Ancho: 1
Dirección MPI: 2
Dirección MPI más alta: 31
Velocidad de transferencia: 187.5 kbit/s
Comentario:

Bastidor 0, Slot 2, Interface X2

Nombre abreviado: DP
Referencia: ---
Denominación: DP
Ancho: 1
Dirección PROFIBUS: 2
Comentario:

Direcciones

Entradas

Inicio: 1023
Fin: 1023

Tipo de sincronización: Sin

Intervalo: Sin

Bastidor 0, Slot 2, Interface 2

Nombre abreviado: DI16/DO16
Referencia: ---
Denominación: DI16/DO16
Canales digitales: 16 Entradas
16 Salidas
Ancho: 1
Comentario:

Direcciones

Entradas

Inicio: 124
Fin: 125

Salidas

Inicio: 124
Fin: 125

Bastidor 0, Slot 2, Interface 4

Nombre abreviado: Contaje
Referencia: ---
Denominación: Contaje
Ancho: 1
Comentario:

Direcciones

Entradas

Inicio: 768
Fin: 783

Salidas

Inicio: 768
Fin: 783

Bastidor 0, Slot 4

Nombre abreviado: DI16xDC24V
Referencia: 6ES7 321-1BH02-0AA0
Denominación: DI16xDC24V
Canales digitales: 16 Entradas
Ancho: 1
Comentario:

Direcciones

Entradas

Inicio: 0
Fin: 1

Bastidor 0, Slot 5

Nombre abreviado: DI16xDC24V
Referencia: 6ES7 321-1BH02-0AA0
Denominación: DI16xDC24V
Canales digitales: 16 Entradas
Ancho: 1
Comentario:

Direcciones

Entradas

Inicio: 2
Fin: 3

Bastidor 0, Slot 6

Nombre abreviado: DI16xDC24V
Referencia: 6ES7 321-1BH02-0AA0
Denominación: DI16xDC24V
Canales digitales: 16 Entradas
Ancho: 1
Comentario:

Direcciones

Entradas

Inicio: 4
Fin: 5

Bastidor 0, Slot 7

Nombre abreviado: DI16xDC24V
Referencia: 6ES7 321-1BH02-0AA0
Denominación: DI16xDC24V
Canales digitales: 16 Entradas
Ancho: 1
Comentario:

Direcciones

Entradas

Inicio: 6
Fin: 7

Bastidor 0, Slot 8

Nombre abreviado: DI16xDC24V
Referencia: 6ES7 321-1BH02-0AA0
Denominación: DI16xDC24V
Canales digitales: 16 Entradas
Ancho: 1
Comentario:

Direcciones

Entradas

Inicio: 8
Fin: 9

Bastidor 0, Slot 9

Nombre abreviado: DO16xAC120V/230V/0,5A
Referencia: 6ES7 322-1FH00-0AA0
Denominación: DO16xAC120V/230V/0,5A
Canales digitales: 16 Salidas
Ancho: 1
Comentario:

Direcciones

Salidas

Inicio: 10
Fin: 11

Bastidor 0, Slot 10

Nombre abreviado: DO16xAC120V/230V/0,5A
Referencia: 6ES7 322-1FH00-0AA0
Denominación: DO16xAC120V/230V/0,5A
Canales digitales: 16 Salidas
Ancho: 1
Comentario:

Direcciones

Salidas

Inicio: 12
Fin: 13

Direcciones

Direcciones de: CPU 313C-2 DP(1)
Area de direcciones de: 0
Area de direcciones hasta: 1023
Asignación libre: Sí
Bastidor / Slot: 0/2

Módulo	Dir. de	Dir. hasta	Tipo	IPP	DP	B	S	IF
DI16xDC24V	0	1	E	IP OB1	-	0	4	-
DI16xDC24V	2	3	E	IP OB1	-	0	5	-
DI16xDC24V	4	5	E	IP OB1	-	0	6	-
DI16xDC24V	6	7	E	IP OB1	-	0	7	-
DI16xDC24V	8	9	E	IP OB1	-	0	8	-
DI16/DO16	124	125	E	IP OB1	-	0	2	2
Contaje	768	783	E	----	-	0	2	4
DP	1023	1023	E*	-	-	0	2	1
DO16xAC120V/230V/0,5A	10	11	S	IP OB1	-	0	9	-
DO16xAC120V/230V/0,5A	12	13	S	IP OB1	-	0	10	-
DI16/DO16	124	125	S	IP OB1	-	0	2	2
Contaje	768	783	S	----	-	0	2	4

Propiedades de la tabla de símbolos

Nombre: Símbolos
 Comentario:
 Fecha de creación: 12.01.2006 21:03:39
 Última modificación: 22.01.2006 20:22:46
 Último criterio de filtrado: Alle Symbole
 Cantidad de símbolos: 238/ 238
 Última ordenación: Dirección ascendente

Símbolo	Dirección	Tipo de datos	Comentario
C1	A 10.0	BOOL	Contactador variador de velocidad WEG CFW-09 (motor principal)
R1	A 10.1	BOOL	Relé comando de marcha del motor principal
C2	A 10.2	BOOL	Contactador de motor de bomba de vacío
C5h1	A 10.3	BOOL	Contactador del motor de la banda de alimentación
C6	A 10.4	BOOL	Contactador del motor del tambor de entrada de rollos
C7	A 10.5	BOOL	Contactador del motor de las bandas selladoras
C8	A 10.6	BOOL	Contactador motor unidad de refrigeración
C9	A 10.7	BOOL	Contactador del motor de la banda de salida
C15	A 11.0	BOOL	Contactador variador de velocidad WEG CFW-09 (motor debobinador polietileno)
R2	A 11.1	BOOL	Relé comando de marcha del motor debobinador de polietileno
C17	A 11.2	BOOL	Contactador de reserva
C18	A 11.3	BOOL	Contactador de reserva
C19	A 11.4	BOOL	Contactador de reserva
R3	A 11.6	BOOL	AND entre FC1 y FS11 para centrador de taca
h6	A 11.7	BOOL	Lámpara de alarmas externas de la máquina
S2	A 12.0	BOOL	Electroválvula de bloqueo alimentación de rollos
S3	A 12.1	BOOL	Electroválvula de desbloqueo alimentación de rollos
S7	A 12.2	BOOL	Electroválvula de ascenso de sellador inferior
S8	A 12.3	BOOL	Electroválvula de descenso de sellador inferior
S20	A 12.4	BOOL	Electroválvula de bomba de lubricación
S21	A 12.5	BOOL	Electroválvula reserva
S22	A 12.6	BOOL	Electroválvula primera aspiración
S23	A 12.7	BOOL	Electroválvula segunda aspiración
S24	A 13.0	BOOL	Electroválvula tercera aspiración
S30	A 13.1	BOOL	Electroválvula control del canal papel 5
S31	A 13.2	BOOL	Electroválvula control del canal papel 4
h2	A 13.3	BOOL	Lámpara de marcha de la máquina
h4	A 13.4	BOOL	Lámpara marcha bandas selladoras
h5	A 13.5	BOOL	Lámpara marcha unidad de refrigeración
S12	A 13.6	BOOL	Electroválvula control del canal papel 2
S13	A 13.7	BOOL	Electroválvula control del canal papel 3
e1	E 0.0	BOOL	Guardamotor del variador de velocidad del motor principal
e5e6	E 0.1	BOOL	Guardamotors de motor banda de alimentación y motor tambor de entrada de papel
e7	E 0.2	BOOL	Guardamotor del motor de las bandas selladoras
e8	E 0.3	BOOL	Guardamotor del motor de la unidad de refrigeración
e9	E 0.4	BOOL	Guardamotor del motor banda de salida
e12e13e16	E 0.5	BOOL	Guardamotors de las resistencias derechas, izquierdas e inferior
e15	E 0.6	BOOL	Guardamotor del variador de velocidad del motor debobinador de polietileno
d1	E 0.7	BOOL	Paradas de emergencia
d2	E 1.0	BOOL	Seguridades de las cubiertas de la máquina
u4u5u6	E 1.1	BOOL	Contactos de controladores de temperatura (tempertura anormal)
u7	E 1.2	BOOL	Contacto del controlador de tempertura de la unidad de refrigeración
24V	E 1.3	BOOL	Presencia de tensión de 24VDC
DR1	E 1.4	BOOL	Contacto del variador de velocidad del motor principal (indica error)
DR2	E 1.5	BOOL	Contacto del variador de velocidad del debobinador de polietileno (indica error)
e2	E 1.6	BOOL	Guardamotor del motor bomba de vacío
e17e18e19	E 1.7	BOOL	Guardamotors de reserva
b6b6A	E 2.0	BOOL	Pulsante de marcha de la máquina
b7b7A	E 2.1	BOOL	Pulsante de parada de la máquina
b8	E 2.2	BOOL	Selector manual / automático NA=manual NC=automático
b9	E 2.3	BOOL	Presóstato de aire de la máquina
b10	E 2.4	BOOL	Presóstato de aceite
b10A	E 2.5	BOOL	Nivel de aceite
b11b11A	E 2.6	BOOL	Pulsante de marcha de la banda de alimentación y tambor de entrada
b12b12A	E 2.7	BOOL	Pulsante de parada de la banda de alimentación y tambor de entrada
b13	E 3.0	BOOL	Selector capas pepel NA=2 capas NC=1 capa
b14	E 3.1	BOOL	Pulsante de marcha de las bandas selladoras y banda de salida
b15	E 3.2	BOOL	Pulsante de parada de las bandas selladoras y banda de salida
b16	E 3.3	BOOL	Pulsante de marcha de la unidad de refrigeración
b17	E 3.4	BOOL	Pulsante de parada de la unidad de refrigeración
b18b19	E 3.5	BOOL	Presóstato de máxima y mínima presión en el refrigerador
b20	E 3.6	BOOL	Pulsante de funcionamiento manual de la bomba de lubricación
b27	E 3.7	BOOL	Selector canale de papel NA=3 canales NC=2 canales
b29	E 4.0	BOOL	Fricción embrague principal de la máquina
b30	E 4.1	BOOL	Fricción embrague transmisión superior de la máquina

Símbolo	Dirección	Tipo de datos	Comentario
RESERVA 1	E 4.2	BOOL	
RESERVA 2	E 4.3	BOOL	
RESERVA 3	E 4.4	BOOL	
RESERVA 4	E 4.5	BOOL	
RESERVA 5	E 4.6	BOOL	
RESERVA 6	E 4.7	BOOL	
RESERVA 7	E 5.0	BOOL	
RESERVA 8	E 5.1	BOOL	
RESERVA 9	E 5.2	BOOL	
RESERVA 10	E 5.3	BOOL	
FS1	E 5.4	BOOL	Polietileno arrugado
FS2	E 5.5	BOOL	Acumulación de rollos entrada de alimentación
FS3	E 5.6	BOOL	Bobina de polietileno vacía
FS4	E 5.7	BOOL	Seguridad transmisión derecha
FS5	E 6.0	BOOL	Seguridad transmisión izquierda
FS6	E 6.1	BOOL	Seguridad soporte de producto alto
FS7	E 6.2	BOOL	Segunda fase de control de rollos
RESERVA 11	E 6.3	BOOL	
FS9	E 6.4	BOOL	Seguridad soporte de producto bajo
FS10	E 6.5	BOOL	Fase de soldadora inferior
FS11	E 6.6	BOOL	Fase inicio de debobinado de polietileno
RESERVA 12	E 6.7	BOOL	
FS13	E 7.0	BOOL	Bobina polietileno vacía
FS14	E 7.1	BOOL	Primera fase de control de rollos
FS15	E 7.2	BOOL	Alimentador de rollos abajo
FS16	E 7.3	BOOL	Primera fase aspiración
FS19	E 7.4	BOOL	Segunda fase aspiración
FS20	E 7.5	BOOL	Tercera fase aspiración
FS21	E 7.6	BOOL	Debobinado de polietileno
RESERVA 13	E 7.7	BOOL	
FC1	E 8.0	BOOL	Presencia de producto banda de alimentación
FC2	E 8.1	BOOL	Presencia de producto de alimentación para funcionamiento de 3 ó 2 canales
FC3	E 8.2	BOOL	Presencia de producto de alimentación para funcionamiento de 3 ó 2 canales
FC4	E 8.3	BOOL	Seguridad entrada de rollos ingreso a la máquina
FC5	E 8.4	BOOL	Seguridad entrada de rollos ingreso a la máquina
FC6	E 8.5	BOOL	Acumulación de producto en la salida de la máquina
FC7	E 8.6	BOOL	Presencia de producto de alimentación para funcionamiento de 3 ó 2 canales
FC8	E 8.7	BOOL	Seguridad entrada de rollos ingreso a la máquina
FC9	E 9.0	BOOL	Presencia de producto en canal 1
FC10	E 9.1	BOOL	Presencia de producto en canal 2
FC11	E 9.2	BOOL	Presencia de producto en canal 4
FC13	E 9.3	BOOL	Presencia de producto en canal 5
FC14	E 9.4	BOOL	Presencia de producto en canal 1
FC15	E 9.5	BOOL	Presencia de producto en canal 2
FC16	E 9.6	BOOL	Presencia de producto en canal 4
FC17	E 9.7	BOOL	Presencia de producto en canal 5
ALARMAS	FC 1	FC 1	Función ALARMAS de la máquina
INTERCAMBIADOR	FC 2	FC 2	Función INTERCAMBIADOR 5 a 3 canales de producto
ALIMENTACION ROLLOS	FC 3	FC 3	Función ALIMENTACION ROLLOS
PLEGADO SELLADO REFRIGERACION	FC 4	FC 4	Función PLEGADO SELLADO REFRIGERACION
MOTOR PRINCIPAL	FC 5	FC 5	Función MOTOR PRINCIPAL
LUBRICACION	FC 6	FC 6	Función LUBRICACION
DATOS DE PRODUCCION	FC 7	FC 7	Función DATOS DE PRODUCCION
CR0	M 0.0	BOOL	Emergencias que paran la máquina
CR1	M 0.1	BOOL	Emergencias no permite arrancar la máquina
CR10	M 0.3	BOOL	Timer para parada bandas selladoras
CR20	M 0.4	BOOL	Comando desbloqueo alimentación de rollos
CR21	M 0.5	BOOL	Comando bloqueo alimentación de rollos
CR22	M 0.6	BOOL	Comando retardo presencia de rollos en la alimentación
CR23	M 0.7	BOOL	Producto en la alimentación de rollos
CR30	M 1.0	BOOL	Tiempo máximo en alto del sellador inferior
CR40	M 1.1	BOOL	Tiempo parcial de parada de la bomba de aceite
CR41	M 1.3	BOOL	Tiempo de lubricación
CR42	M 1.4	BOOL	Control de presión de aceite
CR50	M 1.5	BOOL	Encender lámpara de emergencia
CR51	M 1.6	BOOL	Apagar lámpara de emergencia
CR11	M 1.7	BOOL	Parada temporizada bandas selladoras
CR52	M 2.0	BOOL	Emergencia presente
CR53	M 2.1	BOOL	Emergencia presente
CR54	M 2.2	BOOL	Emergencia presente
CR55	M 2.3	BOOL	Emergencia presente
CR60	M 2.4	BOOL	Habilitación para paso de rollos en los canales 1 y 4
CR61	M 2.5	BOOL	Habilitación para paso de rollos en los canales 2 y 5
CR62	M 2.6	BOOL	Inicio del diverter
CR63	M 2.7	BOOL	Inicio del tiempo de retardo para apertura canal 4
CR64	M 3.0	BOOL	Inicio del tiempo de retardo para apertura canal 5
CR65	M 3.1	BOOL	Inicio del tiempo de retardo para apertura canal 1
CR66	M 3.2	BOOL	Inicio del tiempo de retardo para apertura canal 2

Símbolo	Dirección	Tipo de datos	Comentario
CR70	M 4.2	BOOL	Comando parada bomba vacío
CR71	M 4.3	BOOL	Parada bomba vacío
CR80	M 4.4	BOOL	Fase de inicio de debobinado de polietileno
CR81	M 4.5	BOOL	Inicio fase de debobinado polietileno
CR82	M 4.6	BOOL	Permite el impulso a CR81
CR83	M 5.2	BOOL	Impedir aspiración si no ingresa producto a la máquina
CR90	M 10.0	BOOL	Restablecimiento de alarmas
CR101	M 15.0	BOOL	Pulsantes de emergencia presionados (b21 o b5)
CR102	M 15.1	BOOL	Emergencia presión de aire (b9)
CR103	M 15.2	BOOL	Emergencia presión de refrigeración (b18 b19)
CR104	M 15.3	BOOL	Emergencia presión de aceite (b10)
CR105	M 15.4	BOOL	Emergencia cubiertas abiertas (b24 o b25B o b25A o b26)
CR106	M 15.5	BOOL	Emergencia temperatura anormal (u4, u5, u6)
CR107	M 15.6	BOOL	Emergencia polietileno arrugado (FS1)
CR108	M 15.7	BOOL	Emergencia acumulación de rollos alimentación (FS2)
CR109	M 16.0	BOOL	Emergencia fin de bobina de polietileno (FS3)
CR110	M 16.1	BOOL	Emergencia transmisión derecha (FS4)
CR111	M 16.2	BOOL	Emergencia transmisión izquierda (FS5)
CR112	M 16.3	BOOL	Emergencia soporte de producto (FS6 o FS9)
CR113	M 16.4	BOOL	Emergencia fricción transmisión superior (b30)
CR114	M 16.5	BOOL	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
CR115	M 16.6	BOOL	Emergencia tensión auxiliar 24V ausente
CR116	M 16.7	BOOL	Emergencia control de rollos FC8 o FC5 o FC4
CR117	M 17.0	BOOL	Emergencia guardamotor banda alimentación y tambor de entrada (e5 e6)
CR118	M 17.1	BOOL	Emergencia guardamotor debobinador polietileno (e15)
CR119	M 17.2	BOOL	Emergencia guardamotor motor principal de la máquina (e1)
CR120	M 17.3	BOOL	Emergencia guardamotor motor banda selladora (e7)
CR121	M 17.4	BOOL	Emergencia guardamotor motor de refrigeración (e8)
CR122	M 17.5	BOOL	Emergencia térmicos de resistencias selladoras (e12, e13, e16)
CR123	M 17.6	BOOL	Emergencia fricción embrague principal de la máquina (b29)
CR124	M 17.7	BOOL	Emergencia acumulación de producto en la salida (FC6)
CR125	M 18.0	BOOL	Emergencia bandas selladoras paradas (b8b8A, C7)
CR126	M 18.1	BOOL	Emergencia aire del intercambiador
CR127	M 18.2	BOOL	Emergencia guardamotor motor banda de salida (e9)
CR128	M 18.3	BOOL	Intercambiador fuera de fase
CR129	M 18.4	BOOL	Emergencia nivel de aceite anormal (b10A)
CR130	M 18.5	BOOL	Emergencia variador de velocidad del motor principal con error (DR1)
CR131	M 18.6	BOOL	Emergencia variador de velocidad del motor debobinador con error (DR2)
CR132	M 18.7	BOOL	Emergencia guardamotor motor bomba de vacío (e2)
CR133	M 19.0	BOOL	Emergencia guardamotors reserva (e17 e18 e19)
CR134	M 19.1	BOOL	Emergencia disponible
CR135	M 19.2	BOOL	Emergencia disponible
CR136	M 19.3	BOOL	Emergencia disponible
CR137	M 19.4	BOOL	Emergencia disponible
CR138	M 19.5	BOOL	Emergencia disponible
CR139	M 19.6	BOOL	Emergencia disponible
CR140	M 19.7	BOOL	Emergencia disponible
CR141	M 20.0	BOOL	Emergencia disponible
CR142	M 20.1	BOOL	Emergencia disponible
CR143	M 20.2	BOOL	Emergencia disponible
CR144	M 20.3	BOOL	Emergencia disponible
CR145	M 20.4	BOOL	Emergencia disponible
CR146	M 20.5	BOOL	Emergencia disponible
CR147	M 20.6	BOOL	Emergencia disponible
CR148	M 20.7	BOOL	Emergencia disponible
CR149	M 21.0	BOOL	Emergencia disponible
CR150	M 21.1	BOOL	Emergencia disponible
CR200	M 34.0	BOOL	Resetea contador de paquetes
CR201	M 34.1	BOOL	Bandera flanco por FC1
CR202	M 34.2	BOOL	Estado "1" del temporizador de No. paquetes
CR203	M 34.3	BOOL	Flanco descendente del temporizador de No. paquetes
CR204	M 34.4	BOOL	Bandera toma de muestra paquetes inicial Po
CR205	M 34.5	BOOL	Bandera toma de muestra paquetes final Pf
CR206	M 34.6	BOOL	Reset muestreo
CR207	M 35.7	BOOL	Bandera máquina en reposo
V1	MB 44	BYTE	Paquetes/minuto
P1	MD 36	DINT	Muestra de paso de paquetes
P2	MD 40	DINT	Totalizador de paquetes
P3	MD 44	DINT	Total paquetes turno 3 (22H00-06H00)
Po	MD 48	DINT	Paquetes Inicial
Pf	MD 52	DINT	Paquetes final
Paq_Min	MD 56	DINT	Paquetes/Minuto
PROG. PRINCIPAL PAC600R	OB 1	OB 1	
TMR0	T 0	TIMER	Tiempo de salida de la máquina acumulada
TMR1	T 1	TIMER	Tiempo para parada bomba de vacío
TMR2	T 2	TIMER	Tiempo para parada de las bandas selladoras
TMR3	T 3	TIMER	Tiempo presencia de producto en la banda alimentadora
TMR4	T 4	TIMER	Tiempo máximo en alto del sellador inferior

Símbolo	Dirección	Tipo de datos	Comentario
TMR5	T 5	TIMER	Tiempo parcial parada de bomba de aceite
TMR6	T 6	TIMER	Tiempo de lubricación de la máquina
TMR7	T 7	TIMER	Control de presión de aceite después del inicio de la bomba
TMR8	T 8	TIMER	Tiempo de encendido de la lámpara de emergencia
TMR9	T 9	TIMER	Tiempo de apagado de la lámpara de emergencia
TMR10	T 10	TIMER	Tiempo de paso de rollos de papel para bandas 1 y 4
TMR11	T 11	TIMER	Tiempo de paso de rollos de papel para bandas 2 y 5
TMR12	T 12	TIMER	Retardo apertura canal 1 de rollos
TMR13	T 13	TIMER	Retardo apertura canal 2 de rollos
TMR14	T 14	TIMER	Retardo apertura canal 4 de rollos
TMR15	T 15	TIMER	Retardo apertura canal 5 de rollos
TMR_A	T 16	TIMER	Fianco para contador de paquetes
TMR_B	T 17	TIMER	Tiempo de muestreo del No. paquetes
TMR_C	T 18	TIMER	Reset TMR_B
TMR_D	T 19	TIMER	Tiempo para toma de muestra Po
TMR_E	T 20	TIMER	Tiempo para toma de muestra Pf
CNT0	Z 0	COUNTER	Contador número de paquetes

ANEXO E

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

SUMARIO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA EMPACADORA AUTOMÁTICA CASSOLI PAC600R

Presentación.....	E-3
Descripción general.....	E-3
Ciclo de trabajo en una capa.....	E-5
Ciclo de trabajo en dos capas.....	E-6
Alimentación.....	E-7
Desenrollado de la bobina.....	E-7
Grupo de posicionamiento de polietileno.....	E-7
Grupo de correas de transporte de polietileno.....	E-7
Formación de la envoltura en el trayecto de salida.....	E-8
Árbol de levas.....	E-8
Grupo de sellado laterales.....	E-9
Plano de salida.....	E-9
Mantenimiento de las partes de la máquina.....	E-10
Esquema de mantenimiento.....	E-11
Consejos para eliminar las fallas que pueden producirse.....	E-12
Solución alarmas de la máquina.....	E-14

PARA EVITAR EL DETERIORO CUALQUIERA QUE ESTE SEA ACERCA DE LA MÁQUINA ANTES DEL ARRANQUE, ES IMPORTANTE ASIMILAR ESTE MANUAL DE INSTRUCCIONES, ANTES DE LA PUESTA EN SERVICIO.

ESTE MANUAL AYUDARÁ A COMPRENDER MEJOR EL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.

PRESENTACIÓN

La empacadora automático CASSOLI mod. PAC600R, ha sido estudiada y realizada para empaçar 4, 6, 8, 9, 12, 18 rollos de aseo bajo polietileno u otro material termosoldable.

Acoplada directamente a una cortadora de rollos a través de bandas transportadoras, ella:

- separa el número de rollos deseados.
- material de empaçado desenrollado y cortado automáticamente.
- ejecuta el empaçado y el sellado.
- descarga del producto empaçado, hacia una banda de salida.

A LA RECEPCIÓN DE LA MÁQUINA, COMPROBAR SI NO HA SUFRIDO DAÑOS A LO LARGO DEL TRANSPORTE. EN CASO AFIRMATIVO, EFECTUAR LAS RECLAMACIONES AL TRANSPORTADOR, UN REPORTE A LA COMPAÑÍA DE SEGURO Y HACER LLEGAR UNA COPIA A CASSOLI.

Colocación de la máquina

Efectuado por el cliente. Bajo pedido, la puesta en marcha es efectuada por un técnico CASSOLI.

Fijación al suelo

Inútil. Comprobar la planicie del suelo.

IMPORTANTE

A lo largo de todo período de inactividad, proteger a la máquina del polvo.

Alimentación eléctrica

Los valores de los parámetros eléctricos necesarios para un buen funcionamiento, son dadas en las especificaciones técnicas.

ASEGURE QUE LA TENSIÓN DE LA RED CORRESPONDA A AQUELLA REQUERIDA EN EL MOMENTO DEL PEDIDO.

Es recomendable disponer de la alimentación eléctrica en los alrededores inmediatos a la máquina.

DESCRIPCIÓN GENERAL

La empacadora mod. PAC600R está compuesta por los siguientes grupos:

- A. Alimentación
- B. Banda transportadora cortador - empacadora (sí es pedida)
- C. Desenrollo de bobina
- D. Grupo de tracción de polietileno y cuchilla
- E. Grupo de correas de polietileno
- F. Formación del empaçado
- G. Selladores de correas de teflón
- H. Plano de salida
- I. Panel eléctrico

Los movimientos de la máquina se realizan:

- por comandos mecánicos (levas y palancas)
- por comandos electromecánicos (motoreductores)
- por comandos electroneumático (electroválvula y cilindros)
- por comandos eléctricos por componentes electrónicos y eléctricos
- controlador lógico programable

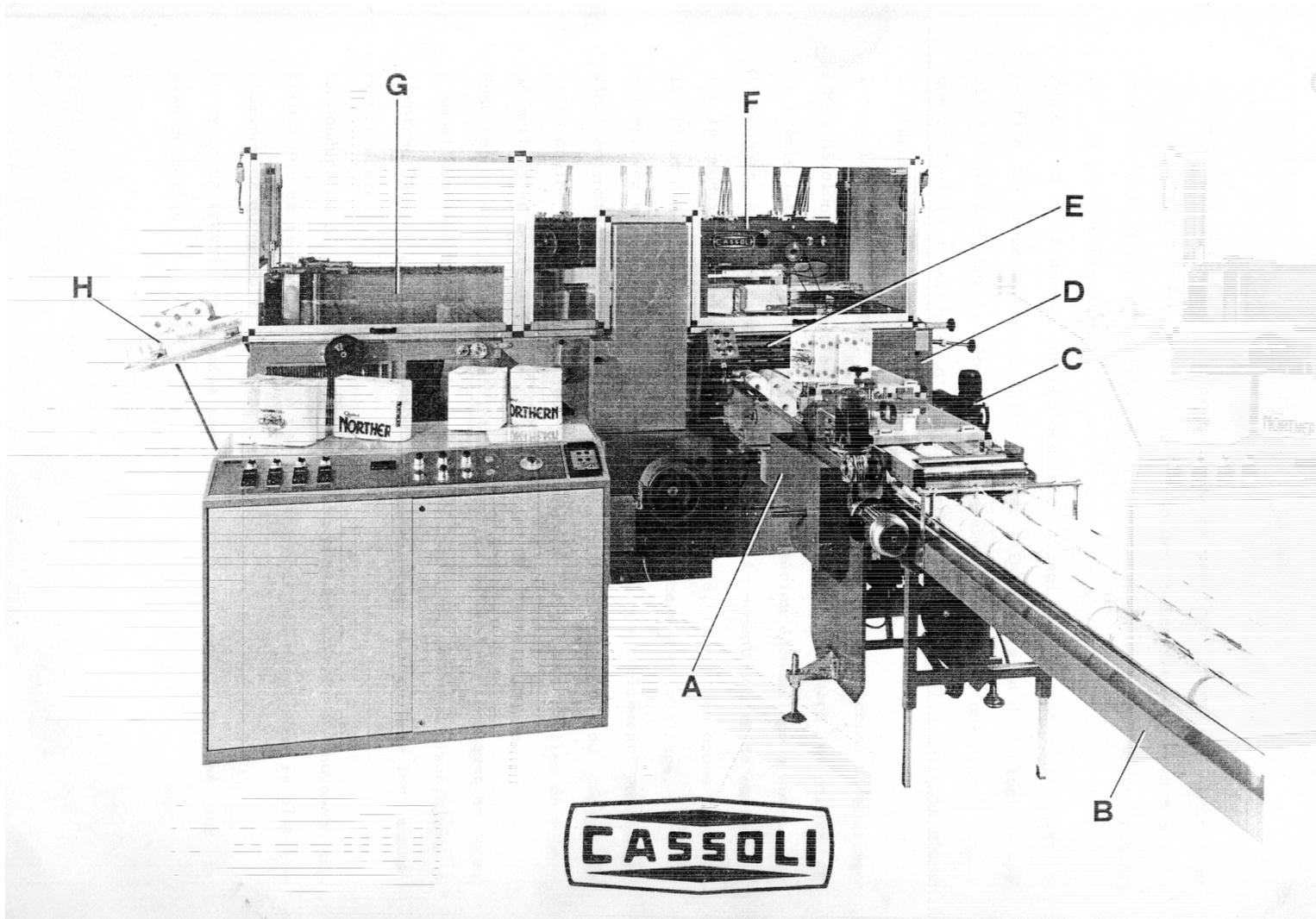


FOTO 1

CICLO DE TRABAJO EN UNA CAPA

Los rollos llegan de la cortadora e ingresan en la alimentación de papel donde se ejecuta la separación de los rollos en un número predeterminado, luego son transportados a través de barras transversales, hacia la bandeja elevadora.

A lo largo de este desplazamiento, un sensor fotoeléctrico señala al grupo de alimentación de polietileno, la presencia de los rollos y, a través de una lógica especial, ejecuta el inicio del desenrollado de polietileno, de un modo tal que la hoja del material de empaçado se encuentra en posición correcta cuando el producto ingresa en el elevador.

Durante la fase de subida, los rollos encuentran con el material de empaçado (ya desenrollado a una dimensión correcta) lo hacen pasar a través de las placas laterales regulables que obliga el material de empaçado a envolver el producto, en forma de una "U" invertida. En el momento preciso del contacto entre el producto, el polietileno, las placas laterales, la cuchilla corta la hoja de polietileno. Así es como comienza el ciclo de desenrollado de empaque.

A la llegada en posición alta, el producto, ya parcialmente envuelto, viene en contacto de los dedos de la cadena aérea. En el momento de la salida de esta cadena aérea, el plegador inferior y los plegadores laterales móviles se ponen más rápidamente que la cadena aérea.

Luego, durante el movimiento intermitente de la cadena, el paquete durante el empaçado será trasladado a través los plegadores laterales fijos, hasta la entrada en el grupo termosoldable, que ejecuta y estabiliza los sellados laterales.

El sellado del pliegue inferior será efectuado a lo largo de la interrupción del movimiento intermitente de la cadena, por un rodillo termosoldable situado bajo el plano de progreso del producto.

El ciclo de trabajo se acaba por la expulsión del paquete finalizado, sobre el plano de salida.

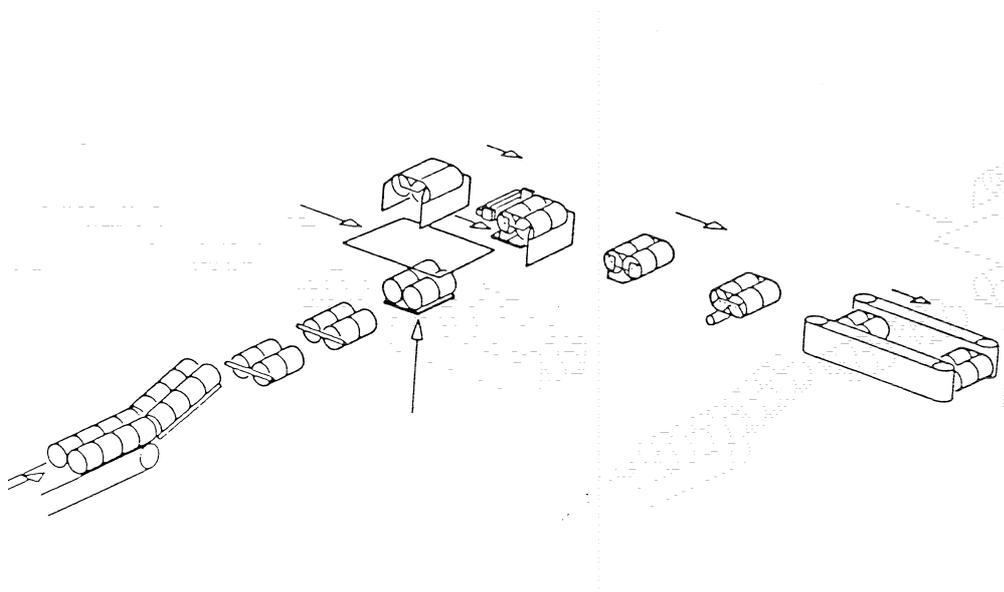
FUNCIONAMIENTO

AUTOMÁTICO: la máquina, alimentada por rollos, ejecuta todos los movimientos necesarios para hacer el empaçado.

MANUAL: la máquina ejecuta la secuencia de los movimientos, hasta que se presione el pulsante de marcha.

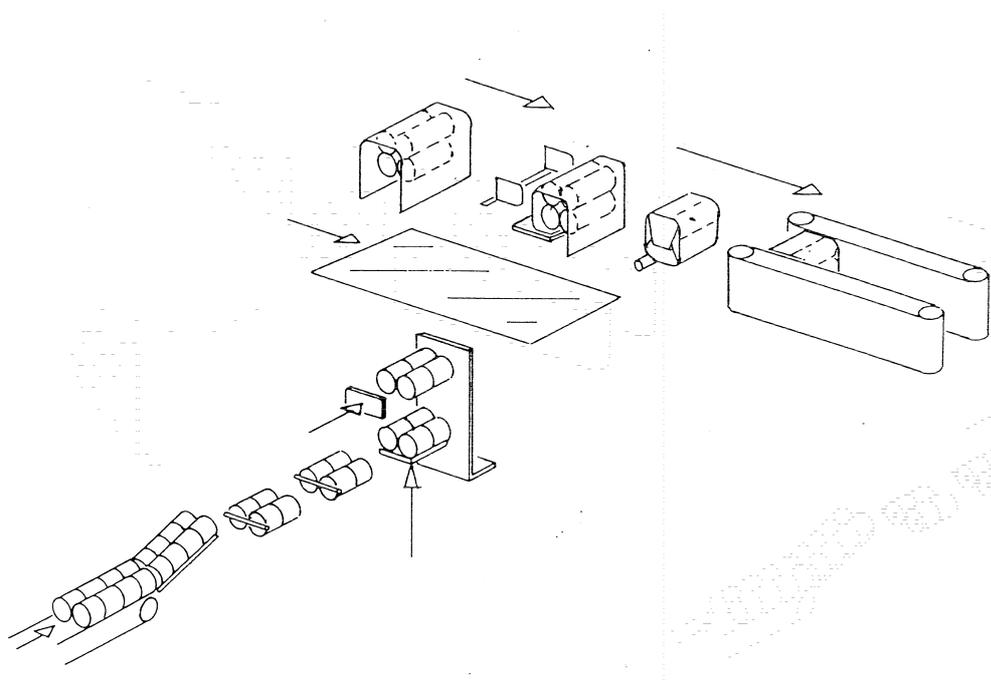
PARADA DE LA MÁQUINA

Cuando la máquina está operando en modo automático y se requiere pararla, se debe presionar botón de parada, o sobre uno de los pulsantes de parada de emergencia.



CICLO DE TRABAJO EN DOS CAPAS

La única diferencia respecto al ciclo de trabajo en una capa, consiste en el hecho que el elevador ejecuta dos carreras diferentes a cada ciclo de la máquina. La primera es corta y coloca a los rollos sobre una estación de pre-apilado (debajo del material de empacado) donde un movimiento en fase con el elevador los bloquea. El segundo es largo y transporta las dos capas de rollos, así formadas, hasta la parte superior del área de empacado donde son tomados por los dedos de la cadena aérea.



ALIMENTACIÓN

(Foto 1 - Pos. A)

Este grupo tiene la función de recibir, de la máquina precedente, el producto a empacar, separando en el número de rollos pre-escogido y enviando automáticamente este número de rollos hacia la empacadora.

Los rollos dispuestos en doble o triple filas, llegan a través de una banda transportadora (foto 1 - pos. B), acoplado a la alimentación por el medio de una placa de dimensión diversa según el formato a confeccionar.

En el interior de la alimentación, los rollos son bloqueados por una placa de separación que se encuentra en posición alta.

Esta placa, recibe un impulso (a partir de sensores fotoeléctricos distantes de alrededor de 1 metro sobre la banda transportadora) empieza su descenso permitiendo a los rollos avanzar hasta los dedos de parada.

Luego, las barras transversales empiezan a transportar los rollos.

A lo largo de este movimiento, los rollos intervienen sobre el campo de lectura de un sensor fotoeléctrico (situada sobre la parte derecha de la alimentación) que accionará el grupo de desenrollo de polietileno.

DESENLLO DE BOBINA

(Foto 1 - Pos. C)

Este grupo tiene la función de sostener la bobina y de desenrollar el material de empaque, cuando sea necesario respecto a la fase de empackado.

GRUPO DE POSICIONAMIENTO DE POLIETILENO

(Foto 1 - Pos. D)

Este grupo tiene la función de alimentar el material de empackado, en fase con la llegada de los rollos.

Recibe el movimiento del árbol principal de la máquina, accionando los rodillos de arrastre, lo mismo que la cuchilla.

La dimensión exacta de la hoja de polietileno, es determinada electrónicamente y, para una mejor fidelidad, por un movimiento intermitente mecánico.

El material de empackado puede ser impreso (con logo) o sencillo. Parte integrante de este grupo, la cuchilla recorta el polietileno en fase con la máquina.

El funcionamiento correcto de este grupo es determinante para conseguir un empackado correcto.

GRUPOS DE CORREAS DE TRANSPORTE DE POLIETILENO

(Foto 1 - Pos. E)

Este grupo conectado al grupo de desenrollo de polietileno sirve al transporte del material de empackado, desde los rodillos de arrastre hasta la zona que se encuentra sobre la bandeja elevadora.

Toma directamente su movimiento del grupo de desenrollo de polietileno, a través de una polea con muescas que es colocada sobre el árbol del rodillo de arrastre.

Para el transporte del polietileno, se utiliza dos correas, una de ellas es ajustable la posición, con respecto al ancho del polietileno.

Las correas son provistas de agujeros que permiten tener el polietileno correctamente, a lo largo de la traslación, a través de un sistema de aspiración mediante la bomba de vacío.

FORMACIÓN DE EL EMPAQUE Y RECORRIDO DE SALIDA (Foto 1 - Pos. F)

Este grupo tiene la función de envolver el producto, de formar los pliegues laterales, de sellar la parte inferior y de transportar el producido hacia la sección final de sellado.

El grupo de alimentación deposita los rollos sobre la bandeja elevadora. Esta bandeja empieza su movimiento de ascenso. Como ya se mencionó, a lo largo de su carrera de ascenso, los rollos se encuentran con el polietileno ya trasladado y cortado, lo que inicia el empaque como el desenrollado de bobina.

Al fin del ascenso, el paquete ya parcialmente envuelto, será bloqueado por el sistema de sostén de los rollos hasta que el plegador inferior tome su lugar.

De este modo, será ejecutado el doblado del pliegue inferior y del pliegue anterior. A lo largo del siguiente ciclo, se ejecuta luego el sellado inferior, a través de un rodillo sellador, comandado por una leva, el doblado de los pliegues.

Para proteger el grupo de las cadenas aéreas de todo empujón u otro incidente mecánico, está montado al árbol de comandos un limitador mecánico de carga.

ÁRBOL DE LEVAS

Sobre este árbol de levas se encuentran todas las levas eléctricas y mecánicas necesarias para suministrar, de un modo perfectamente sincronizado, los movimientos a todas las partes de la máquina.

Sobre este árbol está acoplado el motor principal de la máquina que transmite el movimiento a través una polea variable y una correa con muescas, a un reductor co-axial, después a un embrague de seguridad.

La polea variable permite hacer variar la velocidad de la máquina a través de un volante.

El embrague de seguridad sirve para aislar el árbol a levas cuando hay excesiva fricción en un punto sobre la máquina, de tal modo que evita la ruptura de las palancas.

El embrague de seguridad es reglado por nuestro taller de montaje.

Evitar apretar demasiado este embrague de seguridad, de modo que se evita igualmente la ruptura de las palancas y asimismo evitar aflojarlo demasiado para que la máquina no se pare continuamente.

Todas las levas son fijadas sobre el árbol y es imposible regular de otra manera los movimientos de la máquina que por las cabezas de bielas sujetas sobre los extremos de las palancas.

El grupo de desenrollado de material de empaque, lo mismo que el grupo de sellado laterales y de enfriamiento tiene cada uno su motor independiente.

OBSERVACIÓN

Sobre el costado externo de la máquina está montado un volante que permite hacer girar a la mano el árbol a levas.

Es recomendable después de cada cambio de formato ejecutar uno o dos ciclos, manualmente.

GRUPO DE SELLADO LATERALES

(Foto 1 - Pos. G)

Este grupo autónomo, comandado por un motor eléctrico independiente, acciona dos bandas de teflón y tiene la función de sellar los extremos del paquete y de transportar el producto hacia la salida de la máquina.

Este grupo se compone de dos secciones:

- Sección de sellado, que está compuesta de dos placas auto-regulables calentadas por las resistencias que transmiten el calor al producto y provocan así el sellado del material de empaque.
- Sección de refrigeración, que está realizada a partir de una central autónoma que genera la expansión de gas freon 12 en dos vasos de expansión, determinando así una disminución de la temperatura para estabilizar el material de empaçado al punto de fusión anterior. El enfriamiento inmediato del paquete permite evitar la deformación de las partes que han sido selladas y, de este modo, evitar que el paquete saliente de la máquina, no se adhiera sobre las paredes de las guías de las bandas transportadoras.

Las bandas son mantenidas en presión por un tensor. Las placas, tanto frías como calientes, son montadas sobre los soportes auto-alineables, para poder aceptar eventualmente las diferencias de dimensiones de productos.

El volante de regulación permite acercar o alejar las bandas de teflón.

En relación con la velocidad de la máquina, se puede regular igualmente la velocidad de las bandas de teflón, a través de poleas variables y, por esto, evitar los gastos de energía.

PLANO DE SALIDA

(Foto 1 - Pos. H)

Está representado por una placa de inclinación regulable, equipada de guías igualmente regulables, que permiten el paso libre del producto terminado.

A continuación de este plano de salida, la máquina puede ser acoplada automáticamente, a la banda de salida para su empaçado manual en bultos.

MANTENIMIENTO DE LAS PARTES DE LA MÁQUINA

MANTENIMIENTO DE LAS PARTES MECÁNICAS

Sugerimos efectuar las operaciones siguientes de mantenimiento:

- Comprobar (al principio cada semana, luego cada dos o tres semanas) la tensión correcta de todas las correas y las cadenas de transmisión, actuando sobre los tensores correspondientes.
- Controlar periódicamente la presión de los tornillos y de las tuercas que se encuentra sobre las partes en movimiento.
- Lubricar las partes sobre los que son montados los lubricadores a aceite, una vez por semana.
- Controlar cada 36 o 48 horas de trabajo, los niveles de aceite de la bomba automática de lubricación.
- Lubricar con (si posible grafito) por lo menos cada 80 horas, las guías de la cadena aérea y todas las otras partes que no son lubricadas automáticamente.
- Nunca lubricar el embrague de seguridad de la máquina.
- Retirar periódicamente los residuos de polietileno que se encuentran en las partes de la máquina.

MANTENIMIENTO DE LAS PARTES NEUMÁTICAS

- Comprobar periódicamente la eficacia de los componentes de control de las partes neumáticas, asegurándose que no hay condensación de agua en las tuberías, que no exista igualmente óxido u otras impurezas indeseables.
- Limpiar periódicamente las tuberías y, si es necesario, cambiarlas.
- En todos los casos ejecutar la purga del aire comprimido.

MANTENIMIENTO DE LAS PARTES ELÉCTRICAS

- Las partes eléctricas no necesitan de mantenimiento y son muy fácil reemplazarlas, si es necesario.
- Comprobar periódicamente que las conexiones están sólidamente apretadas.
- Comprobar el estado de eficacia de los componentes provistos sobre las partes de la máquina sujeta a las vibraciones.

ESQUEMA DE MANTENIMIENTO

Frecuencia	Donde actuar y cómo	Tipo de lubricante
40 horas	<p><u>Bomba de lubricación automática:</u> Comprobar los niveles de aceite y, eventualmente llenarla.</p> <p><u>Guías de los cojinetes:</u> Lubricar</p> <p><u>Filtro de aire comprimido:</u> Comprobar la presencia de condensado Lubricar con grasa los puntos previstos a este efecto. Lubricar con aceite los puntos que no son lubricados por la bomba automática.</p>	<p>ROL OIL ARM/46-V o similar</p> <p>ROL OIL MERCURY 3 o similar</p> <p>ROL OIL STAUFFER 2 o similar ROL OIL LEMANIA 1/a o similar</p>
200 horas	<p><u>Correas y cadenas:</u> Comprobar la tensión y el desgaste.</p> <p><u>Bomba de vacío de las correas de transporte de polietileno:</u> Limpiar el filtro y controlar que la presión esté entre 3-3.5 bar.</p> <p><u>Tornillos en los comandos de los movimientos:</u> Comprobar su presión.</p>	
500 horas	<p><u>Componentes en movimiento:</u> Retirar eventualmente los desperdicio de polietileno y de producto.</p> <p><u>Componentes neumáticos:</u> Comprobar su funcionamiento.</p>	
1 mes	<p><u>Componentes eléctricos y electrónicos:</u> Comprobar su eficacia.</p> <p><u>Componentes mecánicos:</u> Comprobación general.</p>	
cuando es necesario	<p><u>Sellador inferior:</u> Retirar los desperdicios eventuales de polietileno sobre el sellador todavía caliente, soplando aire comprimido para retirar las partes de polietileno derretidas, enfriadas por el aire, se despegará del sellador.</p> <p><u>Bomba de vacío de las correas de transporte de polietileno:</u> Comprobar su funcionamiento correcto y limpiar el filtro.</p>	

CONSEJOS PARA ELIMINAR LAS FALLAS QUE PUEDEN PRODUCIRSE

1. La máquina corta el polietileno de diversas longitudes
 - Comprobar que la distancia entre las tacas sea constante (cuando se utiliza del material impreso).
 - Comprobar la eficacia de los componentes eléctricos que corresponden al desenrollo de polietileno.
 - Comprobar que los rodillos de avance del grupo de desenrollo de polietileno no tocan ni la parte alta ni la parte baja de las guías en que son colocados.
 - Comprobar que la fase de corte es correcta.
 - Comprobar el contacto de los rodillos de arrastre.
 - Comprobar que el freno trabaja lo más rápido posible, después de la interrupción del desenrollo de polietileno y que el polietileno no se vuelve atrás, respecto a la posición correcta.
2. El polietileno se acumula sobre la cuchilla inferior fija
 - Comprobar el sentido de enrollamiento de la bobina.
 - Comprobar que el polietileno no está demasiado cargado de electricidad estática; en tal caso es necesario dejar la bobina en un lugar fresco y puesto directamente a tierra 12 horas antes de la utilización.
 - Comprobar que la cuchilla inferior está perfectamente alineada al mismo nivel de la placa de arrastre de polietileno.
 - Comprobar que la cuchilla trabaja de un modo neto y preciso.
3. La hoja del material de empaque es demasiado corta o demasiado larga
 - Controlar la distancia entre las tacas (cuando se utiliza material impreso).
 - Comprobar que la relación entre las poleas con muescas que aseguran el desenrollo de polietileno, este bien adaptadas.
4. Las cuchillas no cortan correctamente
 - Controlar la fase de corte.
 - Efectuar el arreglo o la sustitución de las cuchillas.
5. El empaquete no está apretado
 - Comprobar que la distancia entre los plegadores laterales y el centro del elevador no sea superior al diámetro del producto (los plegadores serán acercados o alejados eventualmente).
 - Comprobar que la distancia entre los dedos de la cadena aérea (dedos de empuje y dedos de retención) sea equivalente al ancho del producto o ligeramente inferior (los dedos de la cadena aérea deben estar alineados a los plegadores)
 - Comprobar la posición del grupo de sostén de los rollos.
6. El polietileno no se coloca en la posición correcta respecto al paquete a pesar del largo correcto de desenrollo.
 - Controlar la posición del grupo de avance de polietileno, respecto al producto a empacar y, eventualmente, modificarlo en función del desperfecto en evidencia, desplazando el grupo en cuestión hacia delante o atrás.
7. La impresión no es centrada respecto al producto
 - Controlar la posición del sensor de taca.
 - Controlar la posición del grupo de avance del polietileno.
8. El transporte del polietileno sobre las correas no es regular y el polietileno tiende a volar o a acumularse sobre las guías de alimentación o sobre los plegadores
 - Comprobar la distancia entre las correas verdes.
 - Controlar la presión de trabajo de la bomba de vacío; si la presión es correcta y no hay atracción, limpiar el filtro de la bomba.
 - Controlar, desenrollando una hoja a mano, que la aspiración se sienta bien hasta 80 ó 90 mm. alineado al plegador derecho.
 - Comprobar el estado de las correas verdes y, eventualmente, reemplazarlas.

9. El grupo de sellado efectúa el sellado lateral correctamente
 - Controlar que la temperatura fijada en el controlador de temperatura es suficiente para fundir el material de empaque.
 - Controlar que las bandas de sellado efectúan una cierta compresión sobre los paquetes.
 - Controlar la eficacia de las resistencias por medio de una pinza amperimétrica.
 - Verificar, en el interior del armario eléctrico, el estado de los relés térmicos.
 - Verificar la eficacia de los termopares.
 - Verificar el estado de los controladores de temperatura.

10. Las bandas de teflón se rompen a menudo
 - Controlar la alineación de los remaches sobre la banda.
 - Controlar que los canales de los rodillos de comando y de devolución no están gastados.
 - Controlar que el rodillo de comando y de devolución están perpendiculares al plano.
 - Controlar la perpendicularidad y el paralelismo de los rodillos tensores.

SOLUCIÓN ALARMAS DE LA MÁQUINA

Alarma	Descripción de alarma	Punto a verificar	Acción correctiva
1	Pulsantes de emergencia presionados	Pulsantes de emergencia	Desactivar los pulsantes de emergencia
2	Presión de aire anormal para la máquina	Unidad de mantenimiento de aire comprimido	Verificar el ajuste de presión de aire a la máquina en 120 PSI
3	Presión de unidad de refrigeración anormal	Unidad de refrigeración	Verificar la presión del gas Freón de la unidad
4	Presión de aceite anormal	Bomba de lubricación	Verificar el nivel de aceite en el depósito Verificar las tuberías de lubricación automática
5	Seguridad cubiertas abiertas	Cubiertas máquina	Verificar que las cubiertas de la máquina se encuentren cerradas
6	Temperatura anormal	Resistencias de sellado Térmicos de las resistencias selladoras Termopares	Comprobar que las resistencias de sellado funcionan correctamente Verificar que los térmicos no se han activado Verificar el correcto funcionamiento de los termopares
7	Polietileno arrugado	Grupo de avance de polietileno	Verificar el correcto avance del polietileno
8	Seguridad acumulación de rollos en la alimentación	Alimentación de rollos	Verificar la acumulación de rollos en la bandeja de entrada a la máquina
9	Material de empaque terminado	Bobina de polietileno	Cambiar la bobina de polietileno
10	Seguridad transmisión derecha	Transmisión derecha	Destabar la transmisión derecha de la máquina
11	Seguridad transmisión izquierda	Transmisión izquierda	Destabar la transmisión izquierda de la máquina
12	Seguridad soporte de producto	Elevador de producto	Rollos atrancados en el elevador de paquetes
13	Seguridad transmisión superior	Transmisión superior	Verificar atrancamiento en la transmisión superior (cadena aérea)
14	Tensión auxiliar 24V ausente	Fuente auxiliar 24V	Verificar la tensión de salida de la fuente auxiliar de 24V Verificar sobrecarga en al fuente de alimentación auxiliar de 24V
16	Seguridad control de rollos de alimentación	Alimentación de rollos	Verificar la correcta presencia de rollos con la primera y segunda fase de control de rollos

17	Sobrecarga motor banda alimentación y tambor de entrada	Guardamotor banda de alimentación Guardamotor tambor de entrada	Verificar sobrecarga en los motores de alimentación de rollos y tambor de entrada Verificar el correcto funcionamiento de los motores
18	Sobrecarga motor debobinador de polietileno	Guardamotor debobinador de polietileno	Verificar sobrecarga en el debobinador de polietileno Verificar parametrizaciones variador de velocidad del motor debobinador de polietileno Verificar correcto funcionamiento del motor debobinador de polietileno
19	Sobrecarga motor principal de la máquina	Guardamotor motor principal de la máquina	Verificar sobrecarga en toda la tracción de la máquina Verificar parametrizaciones variador de velocidad del motor principal de la máquina Verificar correcto funcionamiento del motor principal de la máquina
20	Sobrecarga motor bandas selladoras	Guardamotor bandas selladoras	Verificar sobrecarga en el grupo de sellado lateral Verificar el correcto funcionamiento del motor de las bandas selladoras
21	Sobrecarga motor unidad de refrigeración	Guardamotor unidad de refrigeración	Verificar sobrecarga en el motor de la unidad de refrigeración Verificar la presión correcta de gas Freón en la unidad de refrigeración Verificar el correcto funcionamiento del motor de la unidad de refrigeración
22	Sobrecarga resistencias selladoras	Interruptor automático resistencia inferior Resistencia inferior Interruptor automático resistencias laterales derechas Resistencias laterales derechas Interruptor automático resistencias laterales izquierdas Resistencias laterales izquierdas	Verificar cortocircuitos en el cableado de las resistencias selladoras Verificar la resistencia eléctrica de las resistencias selladoras

23	Fricción embrague principal máquina	Transmisión de la máquina	Verificar atrancamientos en toda la transmisión de la máquina Verificar el correcto funcionamiento del embrague principal de la máquina
24	Acumulación de producto en la salida	Plano de salida de producto	Verificar la acumulación de paquetes en la salida de la máquina
25	Bandas selladoras paradas	Motor bandas selladoras	Encender el motor de las bandas selladoras
27	Sobrecarga motor banda de salida	Guardamotor banda de salida	Verificar sobrecarga en el motor de la banda de salida Verificar el correcto funcionamiento del motor de la banda de salida
29	Nivel de aceite anormal	Depósito de aceite	Verificar el nivel de aceite en el depósito de la bomba de lubricación automática
30	Error en variador de velocidad motor principal	Variador de velocidad del motor principal de la máquina	Verificar el error presente en el variador de velocidad del motor principal de la máquina y referirse al manual correspondiente
31	Error en variador de velocidad motor debobinador de polietileno	Variador de velocidad del motor debobinador de polietileno	Verificar el error presente en el variador de velocidad del motor debobinador de polietileno y referirse al manual correspondiente
32	Sobrecarga motor bomba de vacío	Guardamotor bomba de vacío	Verificar sobrecarga en el motor bomba de vacío Verificar el filtro de la bomba de vacío Verificar los orificios en el grupo de transporte de polietileno Verificar el correcto funcionamiento del motor de la bomba de vacío
33	Sobrecarga guardamotores reserva	Guardamotores reserva	Verificar sobrecarga en las cargas conectadas a los arrancadores de reserva

ANEXO F

HOJAS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

PLC SIEMENS S7-300

CPU 313C-2 DP

Módulo de entradas digitales SM321; DI 16 x DC 24V

Módulo de salidas digitales SM322; DO 16 x AC 120/230 V / 1 A

Fuente de alimentación PS 307; 5 A

SITOP modular 5 A

Convertidores de frecuencia, WEG CFW-09

Controlador de temperatura, Autonics TZ4ST

Panel de operador, red lion G306

Adaptador HMI para bus MPI, SSW7-HMI

Relé de estado sólido monofásico, OPTEC TD24A40

Sensor fotoeléctrico difusorreflectivo, SICK VT18-4P2212

Sensor inductivo, AECO SI12-CE4 PNP NO H

Limit switch, OMRON D4A

Sensor de taca, DATASENSOR TL10

Electroválvula, FESTO MFH-5-1/4-B