

**“DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA
IMPREGNADORA DE RESINA MELAMÍNICA MARCA BABCOCK EN LA
EMPRESA LAMITECH S.A.”**

CRISTIAN ENRIQUE GUERRERO SUÁREZ

FELIPE ANDRÉS MEJÍA CARDONA

**TECNOLÓGICA DE BOLIVAR INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
FACULTAD DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA
CARTAGENA DE INDIAS**

2003

**“DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA
IMPREGNADORA DE RESINA MELAMÍNICA MARCA BABCOCK EN LA
EMPRESA LAMITECH S.A.”**

CRISTIAN ENRIQUE GUERRERO SUÁREZ

FELIPE ANDRÉS MEJÍA CARDONA

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero
Electrónico**

Director

Jorge Eliécer Duque Pardo

Ingeniero Electricista

**TECNOLÓGICA DE BOLIVAR INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
FACULTAD DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA
CARTAGENA DE INDIAS**

2003

Cartagena, 18 de Marzo del 2003.

Señores:

COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE GRADO.

Facultad de Ingenierías Eléctrica y Electrónica.

Tecnológica de Bolívar Institución Universitaria.

La Ciudad

Distinguidos Señores:

Cordial saludo:

A través de la presente me permito entregar el Trabajo de Grado titulado
**“DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA
IMPREGNADORA DE RESINA MELAMÍNICA MARCA BABCOCK EN LA
EMPRESA LAMITECH S.A.”** para su estudio y evaluación, como requisito
fundamental para obtener el Título de Ingeniero Electrónico.

En espera de que éste cumpla con las normas pertinentes establecidas por la
Institución me despido.

Atentamente.

Felipe Andres Mejia Cardona

Código: 9704015

Cartagena, 18 de Marzo del 2003.

Señores:

COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE GRADO.

Facultad de Ingenierías Eléctrica y Electrónica.

Tecnológica de Bolívar Institución Universitaria.

La Ciudad

Distinguidos Señores:

Cordial saludo:

A través de la presente me permito entregar el Trabajo de Grado titulado
**“DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA
IMPREGNADORA DE RESINA MELAMÍNICA MARCA BABCOCK EN LA
EMPRESA LAMITECH S.A.”** para su estudio y evaluación, como requisito
fundamental para obtener el Título de Ingeniero Electrónico.

En espera de que éste cumpla con las normas pertinentes establecidas por la
Institución me despido.

Atentamente.

Cristian Enrique Guerrero Suárez.

Código: 9804452

Cartagena, 18 de Marzo del 2003.

Señores:

COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE GRADO.

Facultad de Ingenierías Eléctrica y Electrónica.

Tecnológica de Bolívar Institución Universitaria.

La Ciudad.

Distinguidos Señores:

Cordial saludo.

A través de la presente me permito entregar el Trabajo de grado titulado “**DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA IMPREGNADORA DE RESINA MELAMÍNICA MARCA BABCOCK EN LA EMPRESA LAMITECH S.A.**”, para su estudio y evaluación, el cual será realizado por los estudiantes FELIPE ANDRÉS MEJIA CARDONA Y CRISTIAN ENRIQUE GUERRERO SUÁREZ, del cual acepto ser su director.

En espera de que éste cumpla con las normas pertinentes establecidas por la institución me despido.

Atentamente.

Jorge Eliécer Duque Pardo

Especialista en Automatización Industrial.

Cartagena, 22 de Noviembre del 2002.

Señores:
TECNOLÓGICA DE BOLIVAR INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
Comité de Evaluación de Proyectos
La Ciudad.

Distinguidos Señores:

Cordial saludo.

El motivo de la presente es para informarles que los estudiantes FELIPE ANDRÉS MEJIA CARDONA Y CRISTIAN ENRIQUE GUERRERO SUÁREZ, han cumplido satisfactoriamente con los objetivos planteados por la Empresa en el Trabajo de grado titulado **“DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA IMPREGNADORA DE RESINA MELAMÍNICA MARCA BABCOCK EN LA EMPRESA LAMITECH S.A.”**

Cordialmente.



Edgardo Torres Crump
Gerente de Mantenimiento

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Cartagena de Indias, 18 de Marzo del 2003

A Dios por darme vida y salud para
poder estudiar,

A mis padres Elvira y Santander
que me brindaron los medios para
llegar hasta donde me encuentro
hoy, los quiero mucho.

A mis padres Marta y Enrique por
brindarme su apoyo y confianza.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A Dios por que sin el nada es posible.

A nuestros padres, que con su apoyo ayudaron al cumplimiento de nuestras metas.

A nuestros profesores por brindarnos sus conocimientos y formarnos como personas de bien.

A Edgardo Torres Crump, Ingeniero Mecánico, Gerente de Mantenimiento de LAMITECH S.A. Por su orientación dentro de este proceso de investigación.

A Jorge Castro, Ingeniero electrónico de Indutrnica del caribe. Por su asesoría en el programa del PLC.

A José Mario y Osvaldo Guerra, Ingenieros Mecánicos de LAMITECH S.A. Por ayudarnos en el estudio mecánico de la impregnadora.

A LAMITECH S.A. Por permitirnos realizar nuestro trabajo de grado en sus instalaciones.

A todo el personal técnico de LAMITECH S.A. Por su paciencia y colaboración.

Al Profesor Jorge Duque. Por orientarlos en elaboración del documento.

Gracias

ARTICULO 107

La corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los trabajos de grado aprobados y no pueden ser explotados comercialmente sin su autorización.

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LAMINADO DECORATIVO DE ALTA PRESIÓN EN LA EMPRESA LAMITECH S.A | 3 |
| 1.1. GENERALIDADES | 3 |
| 1.2. ETAPAS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LAMINADO DECORATIVO DE ALTA PRESIÓN | 5 |
| 1.2.1. Elaboración de resinas fenólicas y melamínicas | 6 |
| 1.2.1.1. Resina Melamínica | 6 |
| 1.2.1.2. Resina Fenólica | 7 |
| 1.2.2. Impregnación, secado y corte del papel kraft con resinas fenólicas | 8 |
| 1.2.3. Impregnación, secado y corte del papel decorativo con resinas melamínicas | 9 |
| 1.2.4. Armado de las diferentes capas de papel que conforman las láminas | 10 |
| 1.2.5. Prensado de las láminas. | 11 |
| 1.2.6. Acabado, Corte y lijado. | 12 |
| 2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES ACTUALES DE LA MÁQUINA IMPREGNADORA BABCOCK | 14 |
| 2.1. UNIDAD DESEMBOBINADORA | 15 |
| 2.2. UNIDAD DE IMPREGNACIÓN. | 16 |
| 2.3. HORNOS. | 20 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4. UNIDAD ALINEADORA. | 27 |
| 2.5. UNIDAD ENFRIADORA. | 29 |
| 2.6. UNIDAD CORTADORA. | 31 |
| 2.7. UNIDAD APILADORA | 33 |
| 3. SELECCIÓN DE LOS SENSORES NECESARIOS PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE LA IMPREGNADORA | 35 |
| 3.1. TIPOS DE SENSORES DE TEMPERATURA | 36 |
| 3.1.1. Termocuplas o Termopares | 36 |
| 3.1.2. Termoresistencias (Pt100) | 39 |
| 3.1.3. Termistores | 41 |
| 3.2. MEDICIÓN DE TEMPERATURA DE LOS HORNOS | 43 |
| 3.3. MEDICIÓN DE TEMPERATURA DE LOS MOTORES | 49 |
| 3.4. VISUALIZACION DE LA VELOCIDAD DE LOS VENTILADORES DE LOS HORNOS | 55 |
| 3.5. TIPOS DE SENSORES ÓPTICOS | 55 |
| 3.5.1. Sensores de barrera | 56 |
| 3.5.2. Sensores de barrera por reflexión | 58 |
| 3.5.3. Sensores de detección directa | 60 |
| 3.5.4. Sensores con fibra óptica | 63 |
| 3.6. SELECCIÓN DE SENSORES ÓPTICOS | 64 |
| 3.6.1. Sensor óptico unidad cortadora | 65 |
| 3.6.2. Sensor óptico unidad apiladora | 67 |
| 4. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DEL PLC | 69 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1. DEFINICIÓN DE LAS SEÑALES DIGITALES DE ENTRADA Y SALIDA | 69 |
| 4.2. DEFINICIÓN DE LAS SEÑALES ANÁLOGAS DE ENTRADA Y SALIDA | 73 |
| 4.2.1. Entradas análogas (sensores de temperatura) | 73 |
| 4.2.2. Salidas análogas (control del proceso) | 74 |
| 4.3. DEFINICIÓN DE LOS BOTONES Y LÁMPARAS DE LAS CONSOLAS DE LAS DIFERENTES SECCIONES | 75 |
| 4.4. SELECCIÓN DEL PLC Y ESTACIONES TERMINALES. | 78 |
| 5. DISEÑO DE LA ESTRATEGIA DE CONTROL DE LA TEMPERATURA, VELOCIDAD Y LONGITUD DE CORTE DEL PAPEL DECORATIVO | 95 |
| 5.1. PROBLEMAS ACTUALES QUE PRESENTA LA MAQUINA | 95 |
| 5.2. REQUERIMIENTOS Y CONSIDERACIONES DE DISEÑO | 97 |
| 5.2.1. Control de Temperatura en los hornos de secado | 101 |
| 5.2.2. Control de Temperatura en los rodillos de enfriamiento | 107 |
| 5.2.3. Control de Velocidad de producción de papel impregnado | 108 |
| 5.2.3.1. Selección del motoreductor de los rodillos tensores | 119 |
| 5.2.3.2. Selección del motoreductor de los rodillos exprimidores y transportadores | 121 |
| 5.2.3.3. Selección del motoreductor de los rodillos enfriadores | 123 |
| 5.2.3.4. Selección del motoreductor de los rodillos haladores | 125 |
| 5.2.3.5. Selección motoreductor de la cuchilla giratoria | 127 |
| 5.2.4. Control de Velocidad de los ventiladores de los hornos | 130 |

| | |
|--|------------|
| 5.2.5. Control de longitud de corte del papel impregnado | 130 |
| 6. SELECCIÓN DE VARIADORES DE FRECUENCIA | 132 |
| 7. DISEÑO DE LA LÓGICA DE CONTROL PARA EL SISTEMA | 137 |
| 7.1. SECUENCIA LÓGICA DEL CONTROL DE TEMPERATURA, VELOCIDAD Y LONGITUD DE CORTE | 137 |
| 7.2. NORMAS DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE LA IMPREGNADORA | 140 |
| 7.3. DIAGRAMA DE FLUJO | 142 |
| 8. PROGRAMA DE CONTROL EN PLC | 144 |
| 8.1. DIRECCIONAMIENTO DE TEMPERATURA DE HORNOS Y RODILLOS ENFRIADORES. NORMALIZACIÓN DE 0 A 100 DE ESTOS VALORES DE TEMPERATURA | 144 |
| 8.2. NORMALIZACIÓN DE LOS SET POINTS DE TEMPERATURA DE LOS HORNOS Y RODILLOS ENFRIADORES DE GRADOS CENTÍGRADOS A VALORES ENTRE 0 Y 100 | 152 |
| 8.3. COMPARACIÓN DE LA TEMPERATURA REAL EN CADA UNO DE LOS HORNOS CON LA TEMPERATURA DESEADA | 158 |
| 8.4. VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LAS MARCAS AUXILIARES QUE PERMITEN ENCENDER LA TRANSMISIÓN | 161 |
| 8.5. CONTROL DE TEMPERATURA EN HORNOS Y RODILLOS ENFRIADORES | 165 |
| 8.6. DIRECCIONAMIENTO DE TEMPERATURA DE CADA UNO DE LOS MOTORES | 168 |
| 8.7. NORMALIZACIÓN DE LOS VALORES ANALÓGICOS DE LA TEMPERATURA DE LOS MOTORES RECIBIDOS POR LOS MÓDULOS A SUS VALORES CORRESPONDIENTES EN GRADOS CENTÍGRADOS | 171 |
| 8.8. NORMALIZACIÓN DE LOS VALORES DESEADOS DE VELOCIDAD EN RPM DE LOS VENTILADORES A VALORES | |

| | |
|---|------------|
| ENTRE 0 Y 27648 ENTENDIBLES POR LOS MÓDULOS DE SALIDAS ANÁLOGAS | 174 |
| 8.9. ARRANQUE Y PARADA DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN | 179 |
| 8.10. NORMALIZACIÓN DE LA VELOCIDAD DE PRODUCCIÓN QUE SE ENCUENTRA EN M/MIN A SU VALOR CORRESPONDIENTE EN RPM PARA CADA UNO DE LOS MOTORREDUCTORES DE LA TRANSMISIÓN | 182 |
| 8.11. NORMALIZACIÓN DE LOS VALORES DESEADOS DE VELOCIDAD EN RPM DE LOS MOTORREDUCTORES DE LA TRANSMISIÓN A VALORES ENTRE 0 Y 27648 ENTENDIBLES POR LOS MÓDULOS DE SALIDAS ANÁLOGAS | 188 |
| 8.12. MANEJO DEL MOTOR DESENROLLADOR | 191 |
| 8.13. MANEJO DEL MOTOR DEL RODILLO SKY ROLL | 194 |
| 8.14. DESACTIVACIÓN DEL MOTOR DE LA CADENA DE ENHEBRAR POR MEDIO DE LOS INTERRUPTORES DE FIN CARRERA | 199 |
| 8.15. ACTIVACIÓN DE LAS ALARMAS | 200 |
| 8.16. EJECUCIÓN DE OPERACIONES CON PARADAS Y ARRANQUES | 206 |
| 8.17. PRUEBA DE LÁMPARAS | 219 |
| 8.18. MANEJO DEL RODILLO PREHUMEDECEDOR | 226 |
| 8.19. MANEJO DE LA PERSIANA DE LA MESA APILADORA | 229 |
| 8.20. MANEJO DE LA MESA PLEGABLE | 232 |
| 8.21. CONTROL DE LA LONGITUD DE CORTE DEL PAPEL | 235 |
| 8.22. CONTEO DE HOJAS IMPREGNADAS | 239 |
| 8.23. DIRECCIONAMIENTO DEL ESTADO DE LOS GUARDAMOTORES Y DE LOS SWITCHES DE FLUJO DE ACEITE TÉRMICO, AGUA FRÍA, AIRE CALIENTE Y DE EXTRACCIÓN DE AIRE | 241 |

| | |
|---|------------|
| 9. MANUAL DE USUARIO DEL SOFTWARE SUPERVISORIO | 244 |
| 9.1. PASOS A SEGUIR PARA EL INICIO DE LA APLICACIÓN | 245 |
| 9.1.1. Paso 1 (Inicio de WinCC) | 245 |
| 9.1.2. Paso 2 (Abrir el proyecto “Babcock”) | 246 |
| 9.1.3. Paso 3 (Activar el proyecto Babcock) | 246 |
| 9.2. VENTANAS DEL SUPERVISORIO | 247 |
| 9.2.1. Ventana Principal | 247 |
| 9.2.2. Ventana de la unidad desenrolladora | 251 |
| 9.2.3. Ventana de la unidad saturadora | 252 |
| 9.2.4. Ventana de los hornos | 255 |
| 9.2.5. Ventana de la unidad alineadora | 257 |
| 9.2.6. Ventana de la unidad enfriadora | 259 |
| 9.2.7. Ventana de la unidad cortadora | 261 |
| 9.2.8. Ventana de la unidad apiladora | 263 |
| 9.2.9. Ventana de parámetros de la receta | 264 |
| 9.2.10. Ventana de alarmas ocurridas | 268 |
| 9.2.11. Ventana de receta según el tipo de papel | 270 |
| 9.2.12. Ventana de sintonización de controladores | 271 |
| 9.2.13. Ventana de tendencia de temperatura de los motores contra tiempo | 273 |
| 9.3. SECUENCIA DE INICIO DE OPERACIÓN DE LA IMPREGNADORA BABCOCK | 274 |
| 10. PROTECCIONES PARA LOS MOTORES DE LA IMPEGNADORA | 277 |

| | |
|-------------------------------------|------------|
| 10.1. FUSIBLES RÁPIDOS | 277 |
| 10.2. BREAKER O GUARDAMOTOR | 278 |
| 10.3. CONTACTOR | 280 |
| 11. PRESUPUESTO DEL PROYECTO | 292 |
| 12. RECOMENDACIONES | 296 |
| 13. CONCLUSIONES | 298 |
| BIBLIOGRAFÍA | 300 |
| ANEXOS | 303 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-----------|
| Tabla 2.1. Características técnicas del motor desembobinadora | 16 |
| Tabla 2.2. Características técnicas motores unidad saturadora | 18 |
| Tabla 2.3. Dimensiones rodillos unidad saturadora | 20 |
| Tabla 2.4. Recetas utilizadas actualmente en la impregnadora VITS | 22 |
| Tabla 2.5. Características técnicas motores hornos | 25 |
| Tabla 2.6. Características técnicas motores unidad alineadora | 29 |
| Tabla 2.7. Dimensiones rodillos unidad enfriadora | 31 |
| Tabla 2.8. Características técnicas motores unidad enfriadora | 31 |
| Tabla 2.9. Características técnicas motores unidad apiladora | 34 |
| Tabla 3.1. Rangos de temperatura y tolerancia máxima según tipo de sensor | 36 |
| Tabla 3.2. Tipos de termocuplas según el material | 38 |
| Tabla 3.3. Distintos modelos de RTD's | 41 |
| Tabla 3.4. Algunas de las distintas formas de Termistores | 43 |
| Tabla 3.5. Características Técnicas Pt100 (PR-12-2-100-1/4-18-E) | 48 |
| Tabla 3.6. Tabla de calibración para termoresistencias de Platino | 48 |
| Tabla 3.7. Características termocupla EW-08533-91 | 52 |
| Tabla 3.8. Características Técnicas del Transmisor INOR | 54 |

| | |
|--|------------|
| Tabla 3.9. Características técnicas sensor óptico MLV12-8-H-250-T/47/65b/124 | 67 |
| Tabla 3.10. Características técnicas sensor MLV12-54/32/82b/124 | 68 |
| Tabla 4.1. Características más importantes de las CPU de la gama S7 300 | 79 |
| Tabla 4.2 Puntos de I/Os y cantidad de módulos utilizados en cada uno de estos puntos | 84 |
| Tabla 5.1 Fórmulas para calcular los valores de Kp, Ti, Td, del controlador PID según Ziegler Nichols | 105 |
| Tabla 5.2 Fórmulas para calcular los valores de Kp, Ti, Td, del controlador PID | 107 |
| Tabla 5.3. Datos técnicos transmisión principal impregnadora | 110 |
| Tabla 5.4. Datos técnicos Unidad saturadora | 112 |
| Tabla 5.5. Datos técnicos Unidad enfriadora | 116 |
| Tabla 5.6. Datos técnicos motoreductor rodillos tensores | 120 |
| Tabla 5.7. Datos técnicos motoreductor rodillos exprimidores | 122 |
| Tabla 5.8. Datos técnicos motoreductor rodillos enfriadores | 125 |
| Tabla 5.9. Datos técnicos motoreductor rodillos haladores | 126 |
| Tabla 5.10. Datos técnicos motoreductor cuchilla giratoria | 128 |
| Tabla 5.11. Relación tamaño de la hoja con el numero de vueltas | 131 |
| Tabla 6.1. Elección Variadores de frecuencia | 137 |
| Tabla 8.1. Representación de las entradas análogas de Pt100 en los sistemas decimal y hexadecimal | 145 |
| Tabla 8.2. Representación de las entradas análogas de 4 - 20Ma en los sistemas decimal y hexadecimal | 169 |

| | |
|---|------------|
| Tabla 8.3. Listado de las entradas que activan la alarma de emergencia a lo largo de la impregnadora | 201 |
| Tabla 8.4. Listado de las entradas y salidas de la función FC10 | 206 |
| Tabla 10.1. Características Técnicas fusibles SITOR | 278 |
| Tabla 10.2. Selección Fusibles | 282 |
| Tabla 10.3. Selección Guardamotores | 283 |
| Tabla 10.4. Selección Contactores | 284 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-----------|
| Figura 2.1. Diagrama de la máquina impregnadora BABCOCK | 14 |
| Figura 2.2. Unidad desembobinadora | 15 |
| Figura 2.3. Unidad Saturadora | 19 |
| Figura 2.4. Interior de los hornos de la impregnadora BABCOCK | 21 |
| Figura 2.5. Posición sensores de temperatura en los hornos | 22 |
| Figura 2.6. Sección de los hornos con los ductos de aceite térmico y válvulas | 24 |
| Figura 2.7. Tubería de aceite térmico de 1 sección | 26 |
| Figura 2.8. Unidad alineadora | 28 |
| Figura 2.9. Unidad enfriadora | 30 |
| Figura 2.10. Unidad cortadora | 32 |
| Figura 2.11. Unida apiladora | 34 |
| Figura 3.1. Efecto Seebeck en un termopar cuando hay dos uniones a distintas temperaturas | 37 |
| Figura 3.2. Termocuplas con diferentes tipos de recubrimiento | 39 |
| Figura 3.3. Símbolo para una resistencia con dependencia Intrínseca de la temperatura y variación lineal | 40 |

| | |
|--|-----------|
| Figura 3.4. Símbolo para una resistencia con dependencia intrínseca de la temperatura y variación no lineal, con sensibilidad positiva o negativa | 42 |
| Figura 3.5. Conexión a 4 hilos de la termoresistencia | 46 |
| Figura 3.6. Pt100 Industrial (PR-12-2-100-1/4-18-E) | 47 |
| Figura 3.7. Termocupla para medición de temperatura en superficies | 52 |
| Figura 3.8. Transmisor de temperatura INOR | 54 |
| Figura 3.9. Sensor óptico de barrera | 56 |
| Figura 3.10. Curva desviación contra distancia para sensores ópticos de barrera | 57 |
| Figura 3.11. Sensor óptico de barrera por reflexión | 58 |
| Figura 3.12. Zona ciega sensores de barrera por reflexión | 59 |
| Figura 3.13. Sensores ópticos de detección directa | 60 |
| Figura 3.14. Distribución de la intensidad lumínica para un sensor de detección directa | 61 |
| Figura 3.15. Posicionamiento del sensor de detección directa con respecto al objeto | 62 |
| Figura 3.16. Modos de utilización de los sensores con fibra óptica | 64 |
| Figura 3.17. Sensor de detección directa con supresión de fondo | 66 |
| Figura 3.18. Distancia de colocación del sensor al objeto | 66 |
| Figura 3.19. Sensor de barrera por reflexión | 68 |
| Figura 4.1. CPU 315-2 DP | 80 |
| Figura 4.2. Tipos de Estaciones Terminales | 82 |
| Figura 4.3. Módulos para el PLC y las estaciones terminales. | 86 |

| | |
|--|------------|
| Figura 4.4. Módulo de función FM355 | 87 |
| Figura 5.1. Diagrama de bloques del sistema de control de Temperatura | 101 |
| Figura 5.2. Diagrama de bloques del FB CONT_C | 103 |
| Figura 5.3. Respuesta escalón unitario de una planta | 104 |
| Figura 5.4. Curva de respuesta con forma de S | 105 |
| Figura 5.5. Sistema de lazo cerrado con controlador proporcional | 106 |
| Figura 5.6. Oscilación sostenida con un periodo P_{cr} | 106 |
| Figura 5.7. Transmisión principal de la impregnadora | 110 |
| Figura 5.8. Transmisión Unidad saturadora | 112 |
| Figura 5.9. Transmisión Unidad enfriadora | 116 |
| Figura 5.10. Grafica de velocidad lineal contra RPM rodillos Tensores | 120 |
| Figura 5.11. Grafica de RPM contra frecuencia rodillos tensores | 121 |
| Figura 5.12. Grafica de Velocidad lineal contra RPM rodillos exprimidores | 122 |
| Figura 5.13. Grafica de RPM contra frecuencia rodillos Exprimidores | 123 |
| Figura 5.14. Grafica de velocidad lineal contra RPM rodillos Enfriadores | 124 |
| Figura 5.15. Grafica de RPM contra frecuencia rodillos enfriadores | 125 |
| Figura 5.16. Grafica de velocidad lineal contra RPM rodillos Haladores | 126 |
| Figura 5.17. Grafica de RPM contra frecuencia rodillos haladores | 127 |
| Figura 5.18. Grafica de velocidad lineal contra RPM cuchilla Giratoria | 128 |

| | |
|--|------------|
| Figura 5.19. Grafica de RPM contra frecuencia cuchilla giratoria | 129 |
| Figura 5.20. Motoreductor de ejes paralelos | 129 |
| Figura 5.21. Diagrama de bloques del sistema de control de Velocidad | 130 |
| Figura 6.1. Convertidores de Frecuencia Micromaster 420 | 135 |
| Figura 6.2. Convertidores de Frecuencia Micromaster 430 | 135 |
| Figura 6.3. Programa para la selección de Inversores Siemens | 136 |
| Figura 8.1. Normalización de 0 a 100 de los valores de temperatura en los hornos y rodillos enfriadores | 146 |
| Figura 8.2. Normalización de 0 a 100 de los valores de temperatura en los hornos y rodillos enfriadores | 153 |
| Figura 8.3. Normalización de los valores analógicos de la temperatura de los motores recibidos por los módulos a grados centígrados | 172 |
| Figura 8.4. Normalización de los valores deseados de velocidad en RPM de los ventiladores a valores entre 0 y 27648 | 175 |
| Figura 8.5. Normalización de la velocidad de producción de m/min a su valor correspondiente en RPM para los motorreductores de: a. rodillos tensores, b. rodillos exprimidores, c. rodillos enfriadores, d. unidad cortadora, e. rodillos haladores de la cortadora | 183 |
| Figura 8.6. Movimiento del soporte rotatorio de la unidad Desenrolladora | 191 |
| Figura 8.7. Inversión de giro del motor de la unidad Desenrolladora | 192 |
| Figura 9.1. Abrir WinCC desde la barra de tareas de inicio | 245 |
| Figura 9.2. Ventana Principal Impregnadora BABCOCK | 247 |
| Figura 9.3. Ventana de la unidad desembobinadora | 251 |

| | |
|---|------------|
| Figura 9.4. Ventana de la unidad saturadora | 252 |
| Figura 9.5. Ventana de los hornos | 255 |
| Figura 9.6. Ventana de la unidad alineradora | 257 |
| Figura 9.7. Ventana de la unidad enfriadora | 259 |
| Figura 9.8. Ventana de la unidad cortadora | 261 |
| Figura 9.9. Ventana de la unidad apiladora | 263 |
| Figura 9.10. Ventana de la unidad apiladora | 265 |
| Figura 9.11. Ventana de la unidad apiladora | 268 |
| Figura 9.12. Ventana de base de datos de las recetas | 270 |
| Figura 9.13. Ventana de base de datos de las recetas | 271 |
| Figura 9.14. Ventana de base de datos de las recetas | 273 |
| Figura 10.1. Fusible SITOR marca siemens | 278 |
| Figura 10.2. Circuit Breaker SIRIUS marca siemens | 280 |
| Figura 10.3. Contactor SIRIUS marca siemens | 281 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|------------|
| Anexo A. Pruebas realizadas a los papeles impregnados | 304 |
| Anexo B. Características técnicas inversores Micromaster 420 y 430 | 309 |
| Anexo C. Datos Técnicos CPU 315 2DP S7 300 Siemens | 317 |
| Anexo D. Datos Técnicos Módulos SM321, SM322, SM331, SM332 para S7-300 Siemens | 321 |
| Anexo E. Datos Técnicos Fuentes PS 307 para S7-300 Siemens | 335 |
| Anexo F. Información acerca del FB41 (CONT_C) Regulador PID | 345 |
| Anexo G. Sintonización de los controladores PID y ajuste en campo de los sensores de temperatura (Pt100 y termocuplas) | 351 |

RESUMEN

Titulo del trabajo

Diseño del sistema de automatización de la máquina impregnadora de resina melamínica marca **BABCOCK** en la empresa **LAMITECH S.A.**

Autores

Felipe Andrés Mejía Cardona
Cristian Enrique Guerrero Suárez

Objetivo General

Diseñar el sistema de automatización de la máquina impregnadora de resina melamínica marca **BABCOCK** en la empresa **LAMITECH S.A.**, mediante la utilización de tecnologías modernas de PLC, instrumentación, software de supervisión y control asistido por computador.

Objetivos Específicos

- Caracterizar el proceso de impregnación del papel decorativo con *resina melamínica* en la empresa **LAMITECH S.A.** con el fin de determinar las variables a controlar y establecer las modificaciones necesarias en la máquina impregnadora para su automatización.
- Diseñar la estrategia de control de velocidad y temperatura del papel decorativo y los diagramas de instrumentación.
- Diseñar los programas de control y de monitoreo de la máquina impregnadora, bajo la plataforma Windows 98.

- Diseñar los diagramas y planos del sistema de control.
- Seleccionar los sensores y actuadores eléctricos necesarios para el sistema de control y monitoreo de temperatura y velocidad del papel decorativo de alta presión.
- Diseñar los manuales de operación del sistema de control y monitoreo de la máquina.
- Diseñar los manuales de mantenimiento del software del PLC y del software de monitoreo.

Tipo de Investigación

Descriptiva Experimental

Resultados de la Investigación

- Diagramas de control del sistema con explicación detallada acerca de su funcionamiento.
- Planos del sistema de control.
- Memorias de todos los cálculos realizados en el diseño del sistema.
- Programa para cargar en el PLC y programa para el sistema de monitoreo.
- Manual de usuario del software de monitoreo.

Director

Ing. Jorge Eliécer Duque Pardo

INTRODUCCIÓN

LAMITECH S.A. es la única productora de papel decorativo de alta presión (más conocido como fórmica) en el país, el 80% de su producción es exportado por lo que debe cumplir con las más exigentes normas de calidad. Se encuentra ubicada en la ciudad de Cartagena, lugar escogido estratégicamente por la ubicación de la ciudad, que les permitiría el envío y recibo de mercancía a otros países por medio del mar. La empresa fabrica, entre otros productos, Laminados Decorativos de Alta Presión y elementos Post-formados y Termo-formados, destinados a los mercados nacionales e internacionales.

En el mes de Agosto la empresa puso en funcionamiento su tercera prensa de papel decorativo de alta presión, la cual aumentará la producción de láminas prensadas en un 30%. Como consecuencia de lo anterior, se hace necesario poner en funcionamiento una tercera línea de impregnación que duplique la producción de papel decorativo, para este propósito se dispone de una máquina marca **BABCOCK**, la cual posee tecnología de accionamientos neumáticos y mecánicos, y no cuenta con los sistemas de control necesarios para el óptimo desempeño de la misma.

El diseño de automatización de la nueva máquina se realizó mediante un estudio de las condiciones actuales de operación, capacidad de producción y modificaciones necesarias, así como de la tecnología requerida de sensores y elementos de control necesarios para un funcionamiento eficiente, con los costos más bajos posibles, pero cumpliendo las normas de calidad internacionales.

Este diseño se realizó con una arquitectura abierta y escalable, de tal manera, que permitiera su posterior integración a las demás líneas de producción que cuentan con un sistema de control por PLC.

La automatización de la máquina impregnadora BABCOCK permitirá aumentar la calidad de las láminas decorativas producidas por **LAMITECH**, debido a que el control de la temperatura del papel decorativo se realizó por medio de un PID digital integrado en el PLC. Igualmente incrementará la producción y se reducirán las inconformidades al contar con una máquina más eficiente.

1. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LAMINADO DECORATIVO DE ALTA PRESIÓN EN LA EMPRESA LAMITECH S.A.

1.1 GENERALIDADES.

Los laminados decorativos de alta presión se denominan LAMINADOS porque son de un material estratificado o conformado de papeles saturados con resinas endurecibles; DECORATIVOS porque proveen color, diseño y características fisicoquímicas al sustrato (papel) en el que se aplique; y de ALTA PRESIÓN porque las resinas termoestables se endurecen totalmente a temperaturas del orden de 130 a 135°C y presiones entre 80 y 90 Kg /cm²

Los laminados son estructuras compuestas normalmente por la unión de:

- Papel Kraft impregnado con resina fenólica (otorga cuerpo, espesor y resistencia a la lámina).
- Papel decorativo compuesto de alfacelulosa y cenizas, impregnado con resina MELAMÍNICA (se utiliza para dar acabado en la superficie de la lámina).

- Papel Overlay, es un papel de alfa-celulosa, impregnado con resina melamínica. Protege la decoración de la abrasión durante su uso.

Los laminados de resina melamínica exhiben un amplio conjunto de propiedades. Estos laminados son de colores claros y buenas propiedades mecánicas y eléctricas, son resistentes a la abrasión y al rayado; tienen gran fuerza mecánica y resistencia a arquearse. Son resistentes a una gran variedad de solventes y manchas, aunque son atacados por ácidos fuertes, y en menor grado por álcalis fuertes; su resistencia al calor permite inmunidad al agua caliente y contenedores calentados por encima de 163°C.

Según su aplicación los laminados de papel decorativo pueden clasificarse en:

- **Laminado normal.** Es aquel laminado de uso general. Se elabora y diseña para aplicaciones en superficies horizontales y verticales donde se requiera gran durabilidad, alta resistencia al manchado, al impacto, al desgaste y a altas temperaturas, entre otros.
- **Laminado postformable.** Es un tipo de laminado empleado en superficies horizontales y verticales que requieren aristas redondeadas y cuyo proceso

de postformado (doblado) se debe realizar de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

1.2. ETAPAS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LAMINADO DECORATIVO DE ALTA PRESIÓN

El proceso de fabricación consta de las siguientes 6 etapas:

- Elaboración de resinas fenólicas y melamínicas.
- Impregnación, secado y corte del papel decorativo con resinas melamínicas.
- Impregnación, secado y corte del papel kraft con resinas fenólicas.
- Armado de las diferentes capas de papel que conforman las láminas.
- Prensado de las láminas.
- Corte y lijado

Actualmente **LAMITECH** posee las siguientes máquinas para la fabricación del papel decorativo de alta presión:

1 Impregnadora de Papel decorativo marca VITS.

1 Impregnadora de Papel kraft marca Tocchio.

3 Prensas de alta presión.

2 Máquinas cortadoras y lijadoras.

1.2.1. Elaboración de resinas fenólicas y melamínicas. Esta es la etapa inicial del proceso, en donde se fabrican las resinas sintéticas con las cuales van a ser impregnados los papeles (kraft, decorativo y overlay). La empresa cuenta con su propia planta, en la cual por medio de un proceso químico obtienen las resinas sintéticas.

1.2.1.1. Resina Melamínica. Los derivados monoméricos de melamina y formaldehído se convierten a un estado intermedio y totalmente polimerizado, o estado curado, mediante diferentes mecanismos de reacción. Las resinas melamínicas fabricadas para aplicación en distintas industrias son esencialmente monoméricas, o en su mayoría, ligeramente avanzadas en su polimerización. Varias propiedades físicas alcanzan su máximo a diferentes avances de la reacción. Los principales factores que se pueden manipular en la elaboración de las resinas melamínicas son la relación formaldehído-melamina, la velocidad de curado, y la tolerancia al agua.

Con el fin de obtener propiedades óptimas de producto terminado para la mayoría de las aplicaciones, la polimerización no se lleva a cabo en el mayor grado

posible. En la industria de laminado, el curado final de las resinas melamínicas se logra simplemente con calentamiento en una prensa hidráulica.

Las resinas melamínicas ofrecen estabilidad al calor, tiempo de curado rápido, dureza, pero fragilidad acentuada. A fin de obtener mejores propiedades se pueden agregar aditivos especiales en su proceso de síntesis, que mejoran su flujo, brillo y resistencia al calor.

Las resinas de melamína curadas son incoloras, inoloras, insolubles e infusibles. Son duras, rígidas y quebradizas. Por esta razón, su aplicación práctica depende de las combinaciones con rellenos fibrosos u otros materiales de soporte. Debido a que son quebradizas, requieren refuerzos de fibras de celulosa.

1.2.1.2. Resina Fenólica. Las resinas fenólicas se forman de la reacción de polimerización entre el fenol y el formaldehído, obteniendo como productos secundarios de la reacción de condensación, mezcla de agua en alta proporción con otros contaminantes como formol, fenol, adicionando catalizadores y modificadores que mejoran las propiedades del producto según el requerimiento para etapas siguientes.

Algunas de sus propiedades más notables son: buen balance de resistencia, rigidez y dureza. Resistencia a altas temperaturas de 204 a 315 °C. Excelente estabilidad dimensional de un amplio rango de temperaturas. Baja absorción de

humedad aún en agua hirviendo. Buena resistencia eléctrica. Alta resistencia a la mayoría de sustancias y solventes químicos. Variedad de tipos y formas. Posee características inherentes de baja inflamabilidad.

Los laminados fenólicos se usan para aplicaciones resistentes pero no para propósitos decorativos ya que únicamente se cuenta con los colores opacos, negros y cafés.

1.2.2. Impregnación, secado y corte del papel kraft con resinas fenólicas.

Los rollos de papel que se encuentran en la desembobinadora inicialmente son enhebrados por un operario al primer par de rodillos de la unidad impregnadora, la cual empieza a jalar el papel. A continuación este es sumergido en una bandeja que contiene la resina FENÓLICA. Posteriormente el papel pasa a los hornos de secado, los cuales tienen unos ductos por los cuales circula aceite térmico a alta temperatura, calentándose de esta manera el aire dentro de los hornos que es introducido a estos a través de ventiladores que a su vez se encargan de esparcir el aire caliente, así el papel es sometido a temperaturas del orden de 120 a 135°C con el fin de extraer de este cierto porcentaje de las sustancias volátiles provenientes de la resina según las características del papel.

Una vez el papel pasa por los hornos, atraviesa la unidad de alineación en donde se centra la posición del papel con el fin de evitar que este vaya a uno de los lados y pueda dañarse. Luego se pasa el papel a través de los rodillos de enfriamiento

para bajar la temperatura de este, para luego ser cortado por la cuchilla giratoria a la medida deseada y por último ser almacenada en la unidad apiladora.

1.2.3. Impregnación, secado y corte del papel decorativo con resinas melamínicas. Este proceso es muy parecido al anterior, los rollos de papel que se encuentran en la desembobinadora son enhebrados por un operario al primer par de rodillos de la unidad impregnadora, la cual empieza a jalar el papel. A continuación este es sumergido en una bandeja que contiene la resina MELAMÍNICA, sube a unos rodillos llamados Sky Roll que se encargan de la absorción de la resina por parte del papel decorativo y luego a través de los rodillos exprimidores se les retira el exceso de esta.

Posteriormente el papel pasa a los hornos de secado, los cuales al igual que en la impregnadora de resina fenólica poseen ductos por los cuales circula aceite térmico a alta temperatura, calentándose de esta manera el aire dentro de los hornos que es introducido a estos a través de ventiladores que a su vez se encargan de esparcir el aire caliente, así el papel es sometido a temperaturas del orden de 130 a 135°C con el fin de extraer de este cierto porcentaje de las sustancias volátiles provenientes de la resina según las características del papel. Una vez el papel pasa por los hornos, atraviesa la unidad de alineación en donde se centra el papel para evitar que se vaya a uno de los lados y pueda dañarse.

Luego se pasa el papel a través de los rodillos de enfriamiento para bajar la temperatura de este, para luego ser cortado por la cuchilla giratoria a la medida deseada y por último ser almacenada en la unidad apiladora.

Una vez concluido el proceso de impregnación y secado, el operario toma una muestra del papel en intervalos de 10min para comprobar que variables como el porcentaje de resina, volátiles y flujo sean correctos. (Ver anexo A).

1.2.4. Armado de las diferentes capas de papel que conforman las láminas.

En la etapa de prearmado se unen varias hojas de papel kraft con papel decorativo, luego se coloca papel separador para que no se peguen los papeles a la placa de la prensa y por ultimo se coloca una placa metálica que le da el acabado a la lámina ya sea liso o textura.

Los laminados decorativos tipo normal dependiendo del espesor requerido se pueden clasificar en:

- **Tipo F10.** Son láminas cuyo espesor final esta entre 0.87 mm y 0.93mm. Para obtener este espesor se deben armar los laminados decorativos con cuatro hojas de papel Kraft impregnadas con resinas fenólica.

- **Tipo F8.** Estas láminas tienen un espesor final entre 0.67 mm y 0.7 mm, son armados con tres hojas de papel Kraft.
- **Tipo F6.** Son láminas que tienen un espesor final entre 0.47 mm y 0.53 mm, se arman con dos hojas de papel Kraft.

Los laminados postformables se clasifican en **PF6, PF8 Y PF10**, los cuales son armados de igual manera que los laminados tipo normal.

Los laminados también se pueden clasificar según su diseño en estampado y unicolor. La diferencia radica en que los laminados estampados utilizan un papel decorativo estampado recubierto con una hoja de overlay previamente impregnada con resina melamínica.

1.2.5. Prensado de las láminas. El objetivo principal del prensado es el curado de las resinas melamínica y fenólica y la adhesión entre los papeles impregnados bajo efecto de la temperatura y de la presión, teniendo control en el tiempo de aplicación de estas dos variables.

- Presión: Mayor 80 Kg / cm²
- Temperatura: Mayor 135° C

- Tiempo: Ajustado al tipo de laminado y propiedades que se requieran, (entre 30 y 40 minutos).

El tiempo y la temperatura de curado de la resina fenólica y melamínica varía, por esta razón, se establece un punto óptimo que cure las dos resinas según el tipo de laminado que se requiera. En el ciclo de prensado postformable, el tiempo de curado disminuye, permitiendo que el laminado pueda ser moldeado a la curvatura deseada.

Cada vez que se efectúa un ciclo, el laminado se desarma. Se obtiene un producto flexible y resistente. El acabado final se debe a las placas, el cual puede ser brillante o textura.

Los laminados decorativos dependiendo del tipo de placas con que son armados se pueden clasificar en:

- **Clase A.** Acabado sanitado o Granit.
- **Clase B.** Acabado brillante.
- **Clase C.** Acabado texturizado de bajo brillo o mate.
- **Clase D.** Acabado texturizado de alto brillo.

1.2.6. Acabado, Corte y lijado. Como paso final el laminado es cortado por sus 4 lados para eliminar el papel sobrante de los bordes, este corte se realiza con una medida comercial, después pasa por una maquina que lija la cara contraria al papel decorativo, para su fácil adhesión en el material base. En este punto el laminado ya está listo para ir a bodega para su posterior exportación, pero antes es revisado detalladamente 2 veces por 2 personas diferentes para buscar imperfecciones en el acabado.

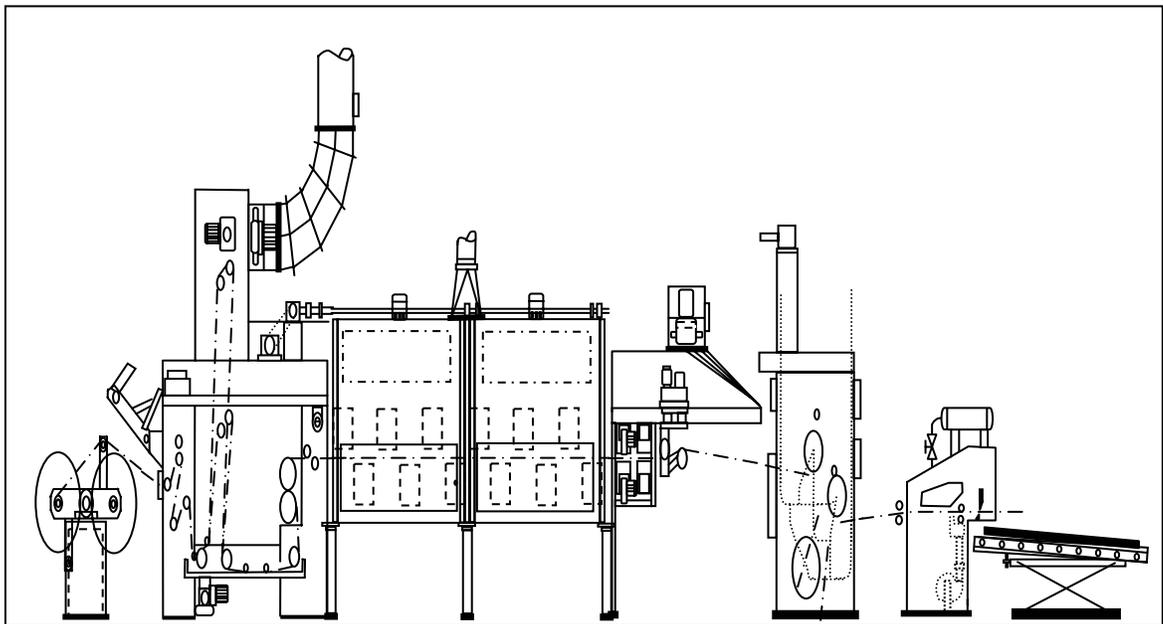
Los laminados decorativos se pueden clasificar según su tamaño nominal en:

- **Tamaño tres (T3).** Son láminas cuya dimension nominal es de 1.27 metros de ancho y 2.49 metros de largo.
- **Tamaño seis (T6).** Son láminas cuya dimension nominal es de 1.27 metros; de ancho y 3.125 metros de largo.
- **Tamaño nueve (T9).** Son láminas cuya dimension nominal es de 1.57 metros de ancho y 3.73 metros de largo.

2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES ACTUALES DE LA MÁQUINA IMPREGNADORA BABCOCK.

Existen dos métodos para impregnar el papel con resina, el “reverse-roll coating” mediante el cual solo se impregna uno de los lados del papel, y el “dip and squeeze” en el que se impregnan ambos lados del papel. Este último es el empleado por la máquina BABCOCK. Actualmente la máquina se encuentra compuesta por una unidad desembobinadora, una unidad de impregnación, 10 hornos (5 secciones), una unidad alineadora, una unidad enfriadora, una unidad cortadora y una unidad apiladora, como se muestra en la *figura 2.1*. La longitud total de la impregnadora es de 47.97 mts.

Figura 2.1. Diagrama de la máquina impregnadora BABCOCK.

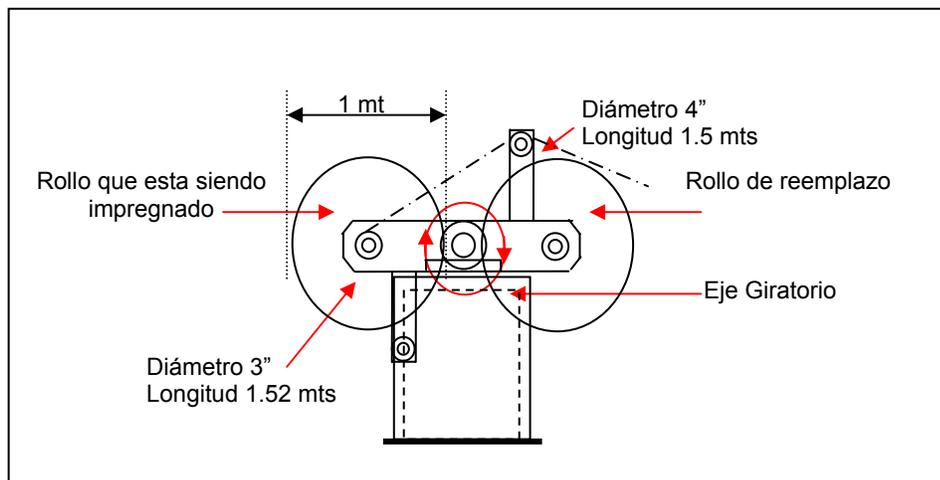


2.1. UNIDAD DESEMBOBINADORA.

Consta de una base que sujeta mediante un brazo 2 ejes que giran libremente en sus extremos y en los cuales se soportan 2 rollos de papel decorativo, uno que esta siendo impregnado y otro que reemplazará al primero cuando este se termine, tiene un motor de operación manual que sirve para girar el brazo hacia adelante y hacia atrás sobre un eje central que el mismo posee, este motor se utiliza para cambiar el rollo de papel y para mantener su tensión a través de la línea. Además cuenta con un sistema de freno de disco acoplado axialmente al eje donde se encuentra montado el rollo, para evitar que el papel se destensione mientras es halado por la unidad de impregnación.

Esta sección se opera manualmente, a medida que el rollo se va acabando, el operario hace girar la desembobinadora para mantener la tensión en el papel. *La figura 2.2* muestra en detalle la unidad desembobinadora:

Figura 2.2. Unidad Desembobinadora



La tabla 2.1 muestra las principales características del motor que se encuentra actualmente en la unidad desembobinadora.

Tabla 2.1. Características técnicas del motor desembobinadora

| Nombre Motor | Potencia | Voltaje | Fases | RPM |
|-----------------------|-----------------|----------------|--------------|------------|
| Motor Desembobinadora | 2.6 KW | 440V | 3 | 1750 |

2.2. UNIDAD DE IMPREGNACIÓN.

Esta unidad consta de 18 rodillos y una bandeja que contiene resina melamínica, la unidad opera de la siguiente manera:

El primer grupo de rodillos (1 al 5) se llaman rodillos tensores y como su nombre lo indica, van tensionando el papel que viene de la unidad anterior, el segundo grupo (6 al 8) impregna la cara inferior del papel mediante un rodillo que posee un motor y que gira en sentido contrario al desplazamiento del papel (Rodillo Prehumedecedor), luego pasa a un par de rodillos (9 y 10) conocidos como Sky Roll, estos rodillos se encuentran montados en una guía que junto con un juego de piñones y un motor tienen la posibilidad de subir o bajar a lo largo de ella, la posición en la que deben encontrarse los rodillos es determinada por el tipo de papel que se esté impregnando.

El operario sube o baja el Sky Roll según la capacidad de absorción de resina del papel, así aquellos papeles que poseen poca capacidad de absorción y que necesitan un mayor porcentaje de resina impregnada en ellos, trabajarán con el SKy Roll en su máxima altura con el fin de que el papel recorra una distancia mucho mas larga antes de llegar a los hornos de secado y de esta manera tenga más tiempo para absorber la resina.

Aquellos papeles que posean una mejor capacidad de absorción trabajarán con el Sky roll a una menor altura. La unidad cuenta con 2 switches de fin de carrera (Uno arriba y otro abajo) que apagan el motor del Sky Roll cuando este ha alcanzado la altura deseada. Luego el papel baja a un grupo de rodillos (11 al 14) que sumergen totalmente el papel en una bandeja que contiene resina melamínica, esta resina viene de los tanques de planta química en los cuales se prepara.

Cuando el papel sale de la bandeja pasa a través un par de rodillos exprimidores (rodillos 15 y 16), los cuales se encargan de retirar el exceso de resina y hacer que la resina restante penetre en el papel. Los rodillos exprimidores son accionados por engranajes los cuales a su vez son movidos por un motor central por medio de un eje que viene de la unidad enfriadora, 1 PIV (reductor mecánico de velocidad) y 1 inversor de giro mecánico.

Por ultimo el papel pasa por un par de rodillos llamados rodillos alisadores (rodillos 17 y 18) cuya función es alisar el papel ya impregnado, estos rodillos poseen su propio motor.

Como la resina contiene sustancias que se evaporan, la unidad impregnadora cuenta con un motor extractor que absorbe los gases que se desprenden de la resina y los envía al exterior por medio de un ducto. En el ducto existe un switch de flujo que proporciona una señal de voltaje mientras exista flujo de aire a través de el. Este switch de flujo puede ser calibrado manualmente para que se active con diferentes presiones de aire.

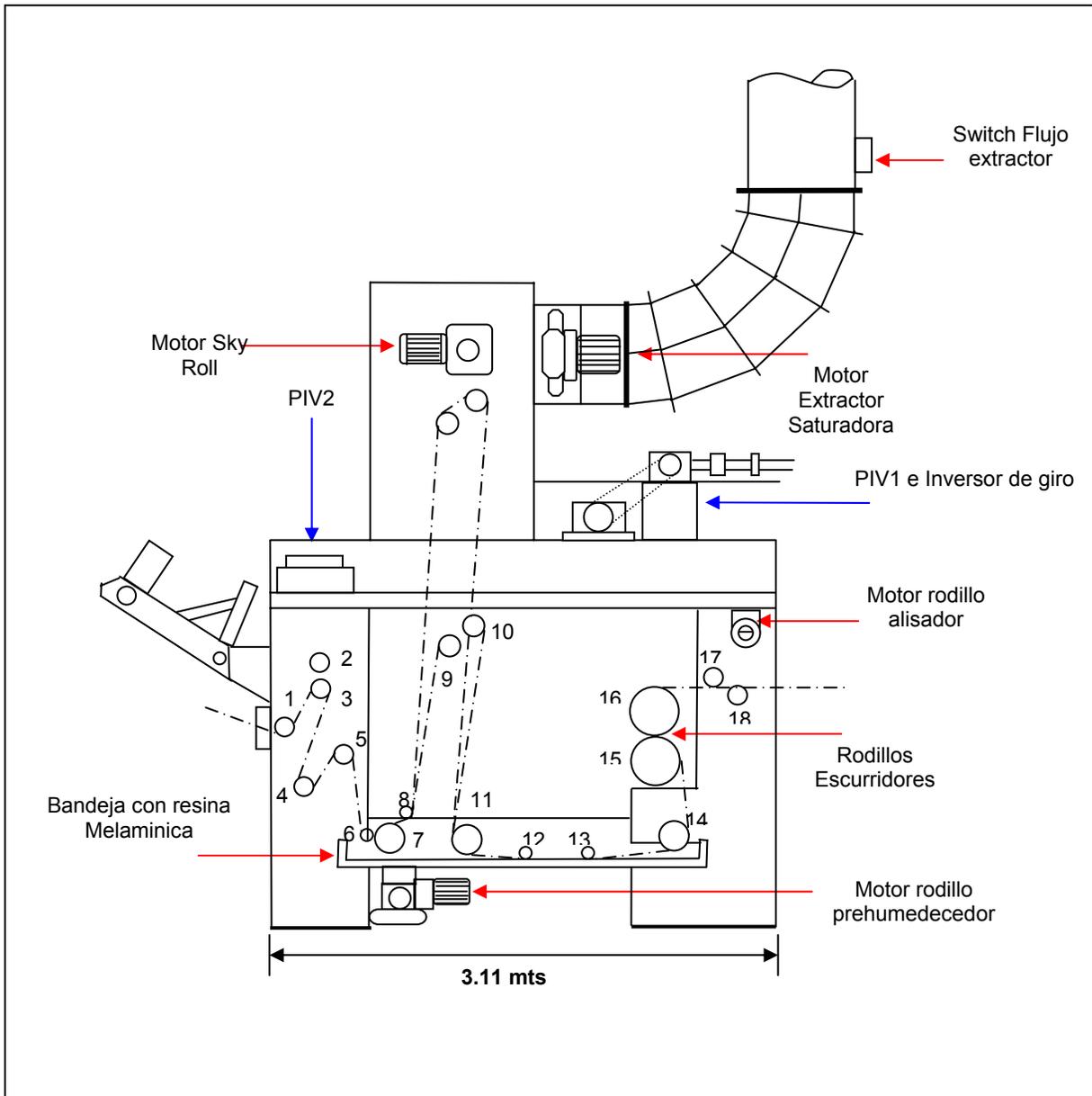
La *tabla 2.2* muestra las principales características de los motores que se encuentran actualmente en la unidad saturadora.

Tabla 2.2. Características técnicas motores unidad saturadora

| Nombre Motor | Potencia | Voltaje | Fases | RPM |
|----------------------------|----------|---------|-------|------|
| Motor Extractor saturadora | 2.2KW | 440V | 3 | 1150 |
| Motor Sky Roll | 2.5 KW | 440V | 3 | 1750 |
| Motor Rod. Prehumedecedor | 2 KW | 440V | 3 | 1750 |
| Motor Rodillo Alisador | 1.5 KW | 440V | 3 | 1750 |

La *figura 2.3* muestra en detalle la unidad saturadora con los rodillos numerados y las partes que posee actualmente:

Figura 2.3. Unidad Saturadora



Las dimensiones de los rodillos de la unidad impregnadora se pueden observar en *la tabla 2.3.*

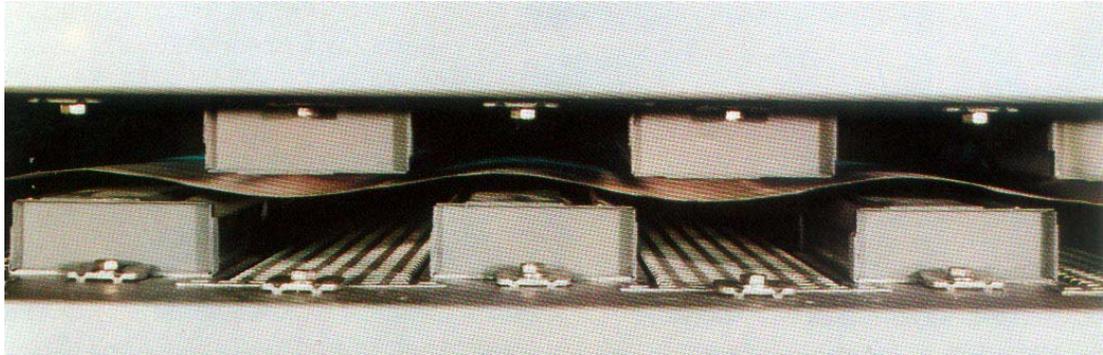
Tabla 2.3. Dimensiones rodillos unidad saturadora

| RODILLO | DIÁMETRO | LONGITUD (Mts) |
|---------|----------|----------------|
| 1 | 5" | 1.5 |
| 2 | 4" | 1.5 |
| 3 | 5" | 1.5 |
| 4 | 5" | 1.5 |
| 5 | 5" | 1.5 |
| 6 | 2" | 1.9 |
| 7 | 7" | 1.5 |
| 8 | 2" | 1.9 |
| 9 | 3" | 1.5 |
| 10 | 3" | 1.5 |
| 11 | 7" | 1.5 |
| 12 | 2" | 1.9 |
| 13 | 2" | 1.9 |
| 14 | 7" | 1.5 |
| 15 | 10" | 1.9 |
| 16 | 10" | 1.9 |
| 17 | 3" | 1.5 |
| 18 | 3" | 1.5 |

2.3. HORNOS.

Después de haber sido impregnado el papel decorativo, este necesita ser secado, por lo que entra a los hornos dentro de los cuales pasa flotando (*ver figura 2.4*) sin tener ningún contacto a través de ellos mientras es secado por aire caliente para retirar parte de los componentes volátiles de la resina y endurecerla (curado parcial). Consta de 5 secciones en serie, cada una con 2 hornos para un total de 10 hornos.

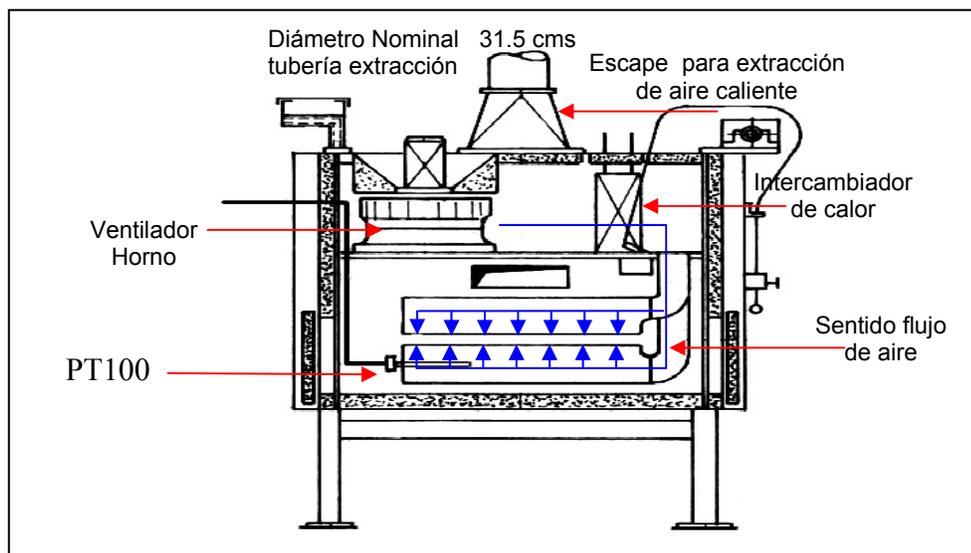
Figura 2.4. Interior de los hornos de la impregnadora **BABCOCK**



El aire que circula a través de los hornos es generado por 10 ventiladores que se encuentran en la parte superior de cada horno, cada par de ventiladores debe encontrarse a una velocidad específica dependiendo del tipo de papel que se esté impregnando, este aire pasa a través de unos intercambiadores de calor que tienen una serie de conductos metálicos por los cuales circula aceite térmico a 240 °C con una presión de 4 bar, el flujo de aceite térmico a través de los conductos es controlado por 5 válvulas neumáticas proporcionales de 3 vías marca Honeywell (una válvula por sección), cada una de estas cuenta con su conversor I/P (4 – 20mA).

La temperatura por sección es medida con sensores de temperatura de tipo Pt100 de 22" de longitud que se encuentran insertados en los conductos de aire caliente como muestra la *figura 2.5*.

Figura 2.5. Posición sensores de temperatura en los hornos



Como la impregnadora **BABCOCK** no se encuentra en funcionamiento no existen actualmente recetas para la impregnación de los papeles decorativos en esta maquina. Una receta es una tabla que especifica la temperatura y velocidad de los ventiladores por sección así como la velocidad de la línea para cada tipo de papel, los papeles se clasifican en la receta según el gramaje (Gr/m^2), en la *tabla 2.4*. se muestran varias recetas utilizadas actualmente en la otra impregnadora de papel decorativo (Impregnadora VITS).

Tabla 2.4. Recetas utilizadas actualmente en la impregnadora VITS.

| Tipo de Papel | Gramaje (Gr/m^2) | Temperatura por sección ($^{\circ}\text{C}$) | Velocidad ventiladores por sección (RPM) | Velocidad de la línea (mts/min) |
|---------------|-----------------------------|--|--|---------------------------------|
| Aqua | 106 | 125 -135 -125 | 1100 - 1200 | 15 – 25 |
| Almendra | 100 | 125 -135 -125 | 1100 - 1200 | 15 – 25 |
| Alumina | 106 | 125 -135 -125 | 1100 - 1200 | 15 – 25 |

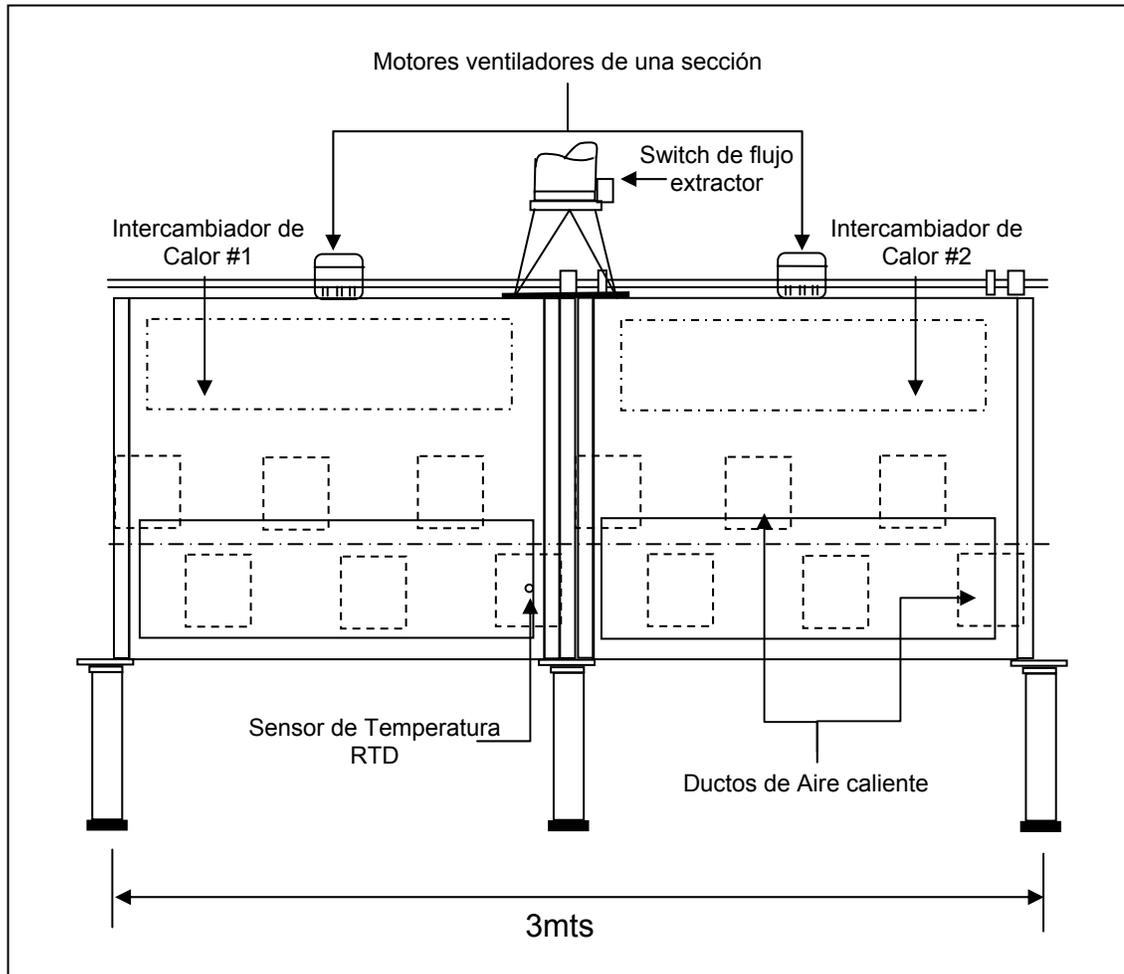
| | | | | |
|-----------------|-----|---------------|-------------|---------|
| Azul Cyan | 80 | 125 -135 -125 | 1100 - 1200 | 15 – 25 |
| Azul Pastello | 100 | 125 -135 -125 | 1100 - 1200 | 15 – 25 |
| Azul Pacifico | 106 | 125 -135 -125 | 1100 - 1200 | 15 – 25 |
| Amaretto | 100 | 125 -135 -125 | 1100 - 1200 | 15 – 25 |
| Arena | 80 | 125 -135 -125 | 1100 - 1200 | 15 – 25 |
| Avellana | 106 | 125 -135 -125 | 1100 - 1200 | 15 – 25 |
| Blanco colonial | 120 | 125 -135 -125 | 1100 - 1200 | 15 – 25 |
| Blanco Nieve | 95 | 125 -135 -125 | 1100 - 1200 | 15 – 25 |
| Borgoundy | 105 | 125 -135 -125 | 1100 - 1200 | 15 – 25 |
| Champaña | 105 | 125 -135 -125 | 1100 - 1200 | 15 – 25 |
| Ébano | 80 | 125 -135 -125 | 1100 - 1200 | 15 – 25 |
| Grafito | 80 | 125 -135 -125 | 1100 - 1200 | 15 – 25 |
| Rojo | 80 | 125 -135 -125 | 1100 - 1200 | 15 – 25 |

La unidad cuenta con un dispositivo alimentador que consta de un par de cadenas dispuestas lateralmente a través de los hornos, las cuales transportan una barra metálica (a la que ha sido enrollada previamente un extremo del papel) desde la entrada hasta la salida de los hornos y de esta manera es llevado fácilmente el papel a lo largo de los hornos. Esta operación se realiza al momento de encender la máquina por primera vez o después de una parada de emergencia.

Al igual que la unidad saturadora, los hornos cuentan con un extractor de gases (extractor centralizado), el cual absorbe los gases que se evaporan del papel dentro de las 5 secciones de los hornos y los envía de una manera segura al exterior. También tiene un switch de flujo por sección cuya función ya se explicó anteriormente.

La figura 2.6 muestra en detalle una sección, la cual esta compuesta por 2 hornos.

Figura 2.6. Sección de los hornos con los ductos de aceite térmico v



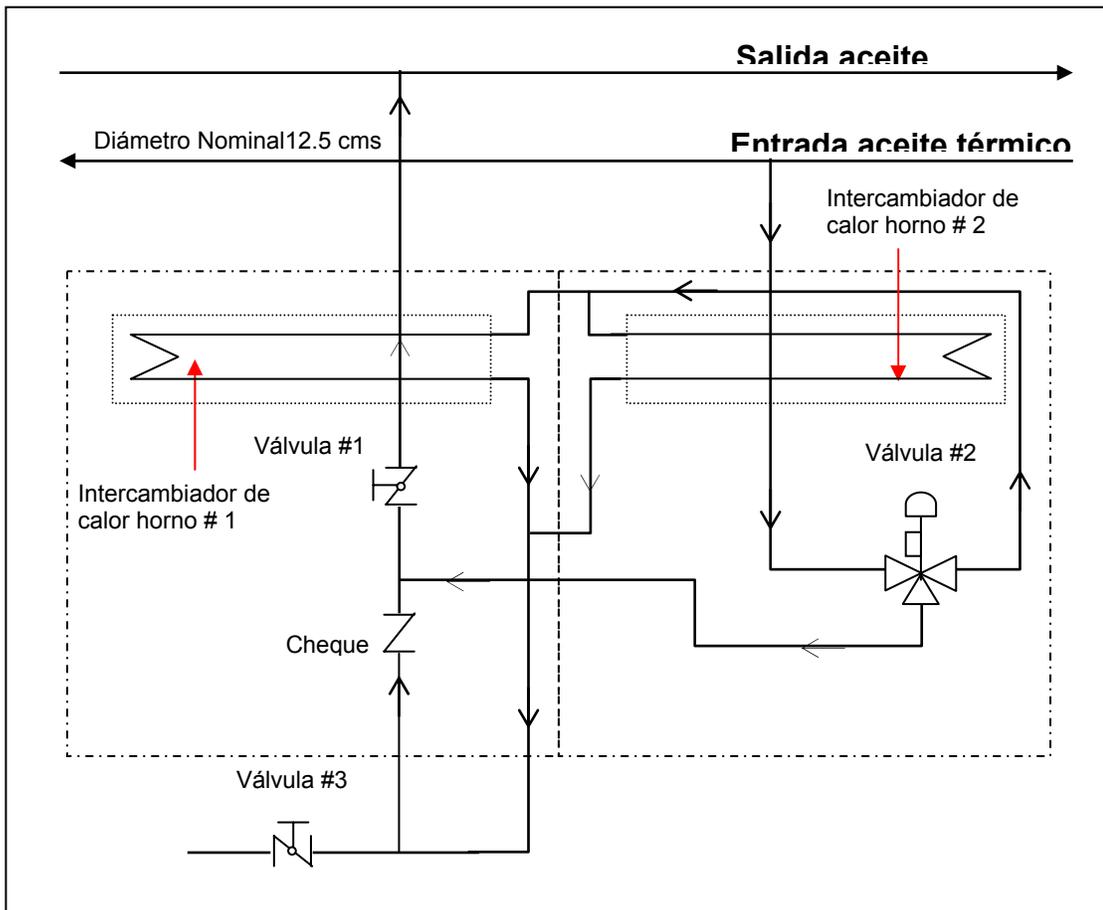
La tabla 2.5 muestra las principales características de los motores que se encuentran actualmente en los hornos.

Tabla 2.5. Características técnicas motores hornos

| Nombre Motor | Potencia | Voltaje | Fases | RPM |
|--------------------------------|-----------------|----------------|--------------|------------|
| Motor Extractor centralizado | 15 KW | 440V | 3 | 1750 |
| Motor Ventilador aire fresco 1 | 0.55 KW | 440V | 3 | 1130 |
| Motor Ventilador aire fresco 2 | 0.55 KW | 440V | 3 | 1130 |
| Motor Ventiladores Hornos (10) | 2.6 KW | 440V | 3 | 850 |
| Motor Bomba Aceite térmico | 18.5 KW | 440V | 3 | 1750 |

La temperatura en cada sección es regulada por medio del flujo de aceite térmico que circula por los intercambiadores de calor (a mayor flujo de aceite, mayor es la temperatura en los hornos), este flujo es controlado por medio de una válvula de 3 vías que se encuentra en cada sección. El flujo de aire que circula a través de los intercambiadores de calor, es suministrado por 2 ventiladores que poseen una velocidad máxima de 850RPM y la cual se mantiene constante durante el proceso de impregnación. El aceite térmico proviene de una caldera que lo calienta a 240 °C, luego es enviado hacia las válvulas de 3 vías por una bomba a través de una tubería de 12.5cm de diámetro. *La figura 2.7* muestra la tubería de una sección de los hornos, las otras 4 secciones son iguales.

Figura 2.7. Tubería de aceite térmico de 1 sección.



En la figura 2.7 se muestran los siguientes elementos, sus funciones se describen a continuación:

1. **Válvula #1:** Es una válvula de mariposa que limita manualmente el flujo de salida de aceite térmico hacia las calderas.
2. **Válvula #2:** Es una válvula neumática proporcional de 3 vías que cuenta con un conversor I/P de (4 – 20mA), la cual controlará automáticamente

a través de un PID el flujo de aceite térmico hacia los intercambiadores de calor para controlar la temperatura de los hornos.

3. Válvula #3: Es una válvula manual de cierre rápido que permite sacar aceite térmico de las tuberías cuando sea necesario (como en el caso de un mantenimiento).

4. Cheque: Permite el flujo de aceite en 1 sola dirección, en este caso solo permite el flujo de aceite hacia la tubería de salida.

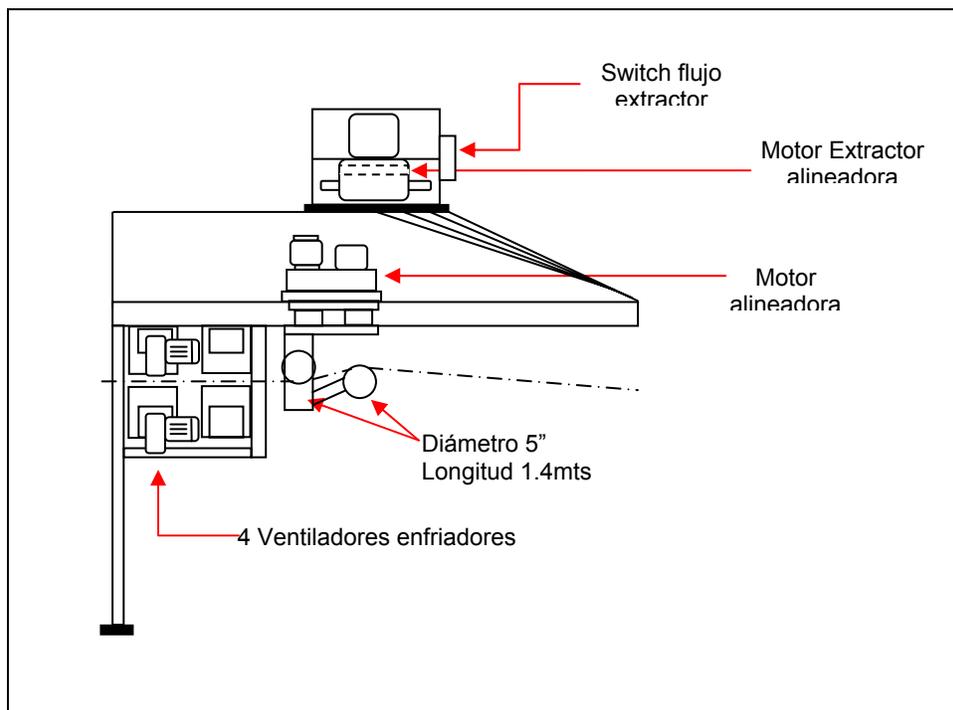
2.4. UNIDAD ALINEADORA.

Se encarga de mantener automáticamente el papel en la posición correcta cuando sale del horno para que pase sin problemas a la siguiente sección. Tiene un sensor de aire ubicado en uno de los bordes laterales del papel, el sensor envía un chorro de aire de arriba hacia abajo donde es recibido por el mismo, cuando el papel se corre hacia un lado este obstaculiza el chorro de aire y el sensor inferior deja de recibirlo, indicando esto que el papel se ha desalineado, por medio de unos cilindros neumáticos que pueden mover el papel de izquierda a derecha se corrige la posición del papel y este es colocado en la posición correcta.

La unidad alineadora cuenta con un switch de flujo y un extractor que tienen las mismas funciones y funcionamiento que los explicados en las unidades anteriores

de la máquina, también cuenta con 4 motores (Ventiladores) que se encargan de enfriar el papel al salir del horno, estos motores tienen un conducto similar al de los hornos los cuales soplan aire a temperatura ambiente en ambas caras del papel, ver *figura 2.8*.

Figura 2.8. Unidad Alineadora.



En *La tabla 2.6* se pueden observar las principales características de los motores de la unidad alineadora.

Tabla 2.6. Características técnicas motores unidad alineadora.

| Nombre Motor | Potencia | Voltaje | Fases | RPM |
|-------------------------------------|----------|---------|-------|------|
| Motor Extractor Alineadora | 2.2 KW | 440V | 3 | 1150 |
| Motor Unidad Alineadora | 4 KW | 440V | 3 | 1750 |
| Motores Ventiladores Alineadora (4) | 0.8 KW | 440V | 3 | 3330 |

2.5. UNIDAD ENFRIADORA.

Consta de 3 de rodillos huecos por los que circula internamente agua fría proveniente de un chiller a 17°C y cuya función es disminuir la temperatura del papel que por ellos pasa lo más cerca posible a la temperatura ambiente.

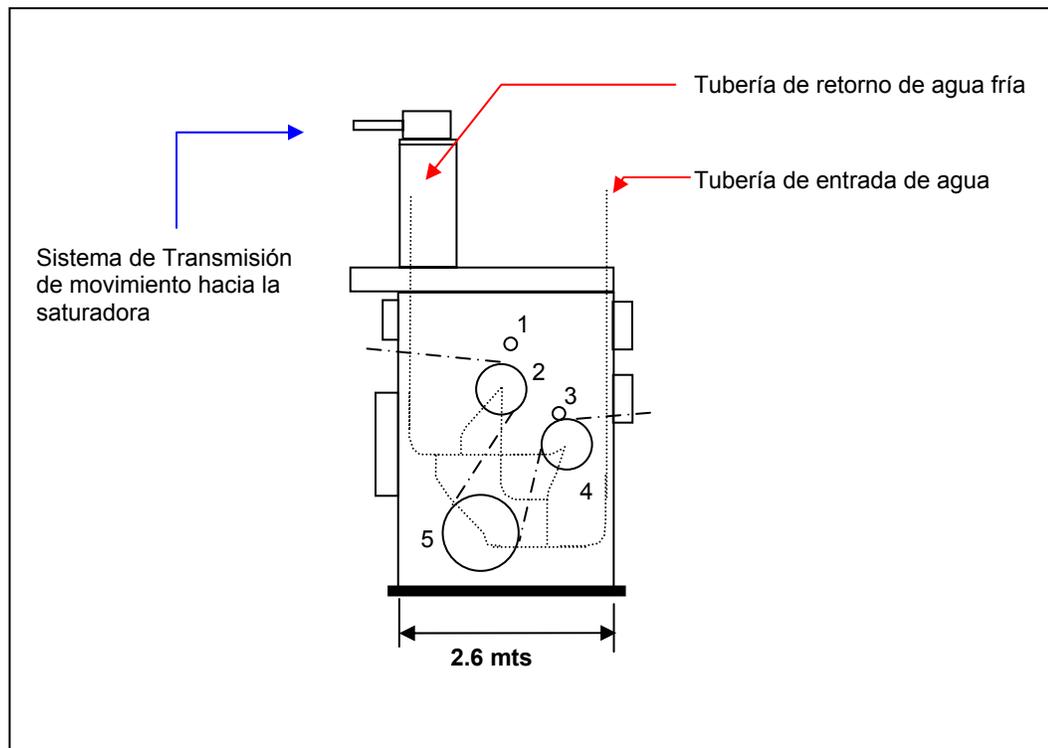
El flujo de agua a través de los rodillos es controlado por una válvula neumática proporcional de 3 vías que al igual que las de los hornos cuenta con su conversor I/P y a la que se le hace control PID por un PLC. La temperatura del agua se mide con un sensor de tipo Pt100 colocado directamente en la tubería del agua fría.

Los rodillos se mueven con un sistema mecánico que va conectado al motor central de transmisión de potencia. La velocidad de trabajo de los rodillos enfriadores debe estar sincronizada con las demás secciones de la máquina para evitar que el papel se rompa.

La tensión del papel a través de los hornos es ejercida por la unidad saturadora y la unidad enfriadora por lo cual es esencial que se sincronicen sus velocidades.

La figura 2.9. Muestra en detalle la unidad enfriadora.

Figura 2.9. Unidad Enfriadora



La unidad enfriadora posee 5 rodillos de los cuales se pueden apreciar sus dimensiones en la tabla 2.7.

Tabla 2.7. Dimensiones rodillos unidad enfriadora.

| RODILLO | DIAMETRO | LONGITUD (Mts) |
|---------|----------|----------------|
| 1 | 4" | 1.5 |
| 2 | 10" | 1.5 |
| 3 | 4" | 1.5 |
| 4 | 10" | 1.5 |
| 5 | 20" | 1.5 |

La *tabla 2.8* muestra las principales características de los motores que se encuentran actualmente en la unidad enfriadora.

Tabla 2.8. Características técnicas motores unidad enfriadora.

| Nombre Motor | Potencia | Voltaje | Fases | RPM |
|-----------------------------|----------|---------|-------|------|
| Motor Transmisión Principal | 6.8 KW | 440V | 3 | 1750 |
| Motor Bomba agua fría | 4 KW | 440V | 3 | 1750 |

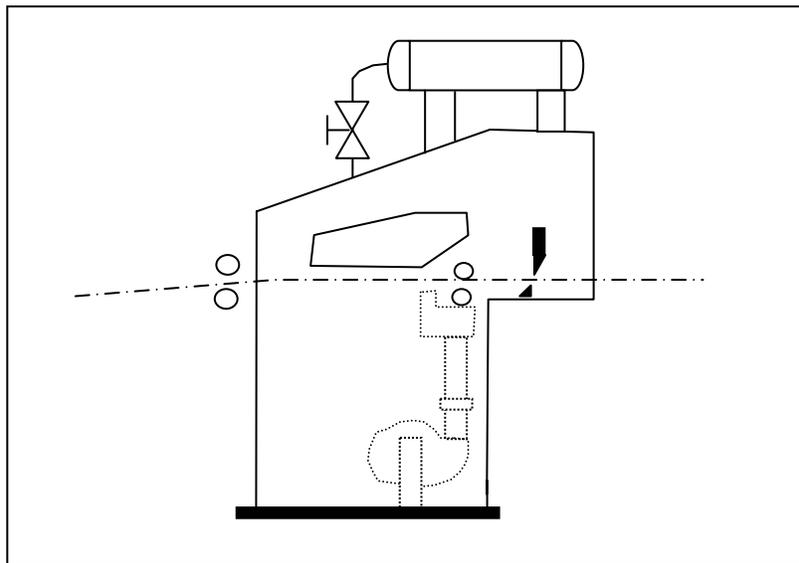
2.6. UNIDAD CORTADORA.

Consta de una cuchilla, la cual corta el papel decorativo a la longitud deseada. La cuchilla es de tipo guillotina (es accionada neumáticamente) y puede ser graduada para diferentes longitudes de corte. Posee 2 rodillos que halan el papel que viene de la unidad enfriadora, los rodillos se mueven con un sistema mecánico que va conectado a la unidad enfriadora por medio de un eje de transmisión de potencia. La velocidad de trabajo de los rodillos debe estar

sincronizada con las demás secciones de la máquina para evitar que el papel se rompa.

La figura 2.10 Muestra en detalle la unidad cortadora.

Figura 2.10. Unidad Cortadora



La empresa sabe por experiencia que este tipo de cortadora presenta muchos problemas, uno de ellos es que deforma el papel al momento del corte, porque como el papel se encuentra en movimiento, al caer la cuchilla tipo guillotina este trata de frenarlo y el papel se arruga. Por este motivo y problemas de corte a altas velocidades LAMITECH S.A ha optado por adquirir una nueva unidad cortadora para la impregnadora de papel kraft (Tocchio) que pueda cortar papel a una velocidad de 70mts/min. La unidad cortadora actual de la Tocchio es de tipo giratorio y funciona bien a bajas velocidades (45mts/min), que es como va a

funcionar la impregnadora de papel decorativo Babcock por lo que la empresa decidió utilizarla para este proyecto.

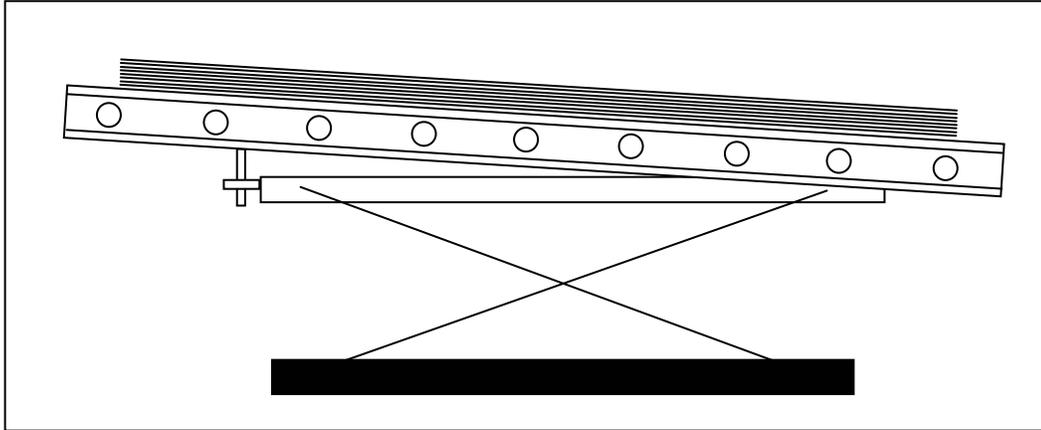
2.7. UNIDAD APILADORA.

Acumula las láminas de papel decorativo impregnado, curado parcialmente y cortado a las dimensiones requeridas. Posee un sistema neumático que permite al operario subir o bajar la mesa en la que se encuentran las láminas cuando se considere necesario. El nuevo sistema permitirá que la mesa suba o baje automáticamente mediante un sensor óptico (transmisor y receptor) colocado a 1.5mts del piso por medio de un soporte fijado en el suelo a un lado de la unidad apiladora y un reflector con su soporte de 1.5mts al otro lado de la unidad y apuntando de frente al sensor, cuando el sensor se encuentre obstruido por más de 5 segundos el PLC interpreta que el nivel máximo de las hojas impregnadas se ha sobrepasado y baja la mesa durante 2 segundos.

Esta unidad posee un motor que acciona los rodillos de la mesa (Motor Rodilleras) para descargar las hojas impregnadas y transportarlas a la bodega.

La figura 2.11. Muestra en detalle la unidad apiladora.

Figura 2.11. Unidad Apiladora.



La *tabla 2.9* muestra las principales características los motores que se encuentran actualmente en la unidad apiladora.

Tabla 2.9. Características técnicas motores unidad apiladora

| Nombre Motor | Potencia | Voltaje | Fases | RPM |
|--------------------------|----------|---------|-------|------|
| Motor Rodillos Apiladora | 1.5 KW | 440V | 3 | 1750 |
| Motor Estera Apiladora | 1.5 KW | 440V | 3 | 1750 |

3. SELECCIÓN DE LOS SENSORES NECESARIOS PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE LA IMPREGNADORA.

Al momento de elegir los sensores para el control y monitoreo de la temperatura de los hornos de secado, unidad de enfriamiento, motores y ventiladores de la impregnadora **BABCOCK**, se debe tener en cuenta primero que todo que los sensores a elegir trabajen en los rangos de medición que exige la aplicación y además características tales como el tipo de salida, la disponibilidad de estos en el mercado, economía y facilidad de reemplazo al momento de una avería.

La tabla 3.1 muestra los rangos de medición, clase y tolerancia máxima de algunos de los sensores de temperatura más comunes en la industria.

Tabla 3.1. Rangos de temperatura y tolerancia máxima según tipo de sensor

| Sensor | Rango de temperatura | Clase | Tolerancias máximas | |
|------------------------------|----------------------|-------|---------------------------------|------------------------|
| | | | Valor fijo | Referido a temperatura |
| Termopar Tipo K (NiCr-Ni) | -40 a +1200 °C | 2 | ±2.5 °C | ±0.0075 x t |
| | -40 a +1000 °C | 1 | ±1.5 °C | ±0.004 x t |
| Tipo T | -40 a +350 °C | 1 | ±0.5 °C | ±0.001 x t |
| Tipo J | -40 a +750 °C | 1 | ±1.5 °C | ±0.004 x t |
| Pt100 | -100 a +200 °C | B | ± (0.3 + 0.005 • t) | |
| | -200 a +600 °C | A | ± (0.15 + 0.002 • t) | |
| NTC (Estándar) | -50 a -25.1 °C | - | ±0.4 °C | |
| | -25 a +74.9 °C | | ±0.2 °C | |
| | +75 a +150 °C | | ±0.5 % del valor medido | |
| NTC (Temperatura alta) | -30 a -20.1 °C | - | ±1 °C | |
| | -20 a 0 °C | | ±0.6 °C | |
| | +0.1 a +75 °C | - °C | ±0.5 °C | |
| | +75.1 a +275 °C | | ±0.5 °C ±0.5 % del valor medido | |

t = temperatura medida

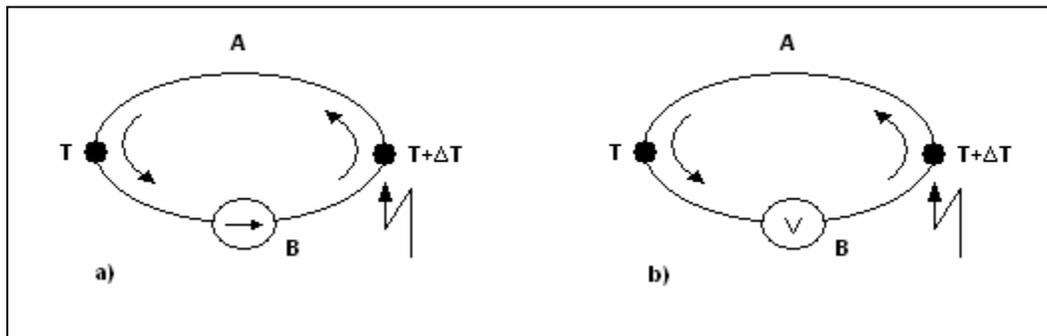
3.1. TIPOS DE SENSORES DE TEMPERATURA

Los sensores más utilizados al momento de medir temperatura en la industria son las termocuplas, las termoresistencias (RTD's) y los termistores.

3.1.1. Termocuplas o Termopares. Una termocupla es un sensor termoeléctrico formado por dos hilos de distinto metales o aleaciones unidos en un extremo. Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño, del orden de los milivoltios el cual aumenta proporcionalmente con la temperatura. El funcionamiento de los termopares se explica a través del efecto Seebeck el cual nos dice que en un circuito de dos metales distintos homogéneos A y B, con dos

uniones a diferentes temperaturas, aparece una corriente eléctrica. Es decir una conversión de energía térmica a energía eléctrica, o bien, si se abre el circuito, una fuerza electromotriz que depende de los metales y de la diferencia de temperatura entre los metales.

Figura 3.1. Efecto Seebeck en un termopar cuando hay dos uniones a distintas temperaturas



La aplicación de los termopares a la medida esta sujeta a una serie de limitaciones que conviene conocer muy bien para su correcto uso. En primer lugar, es obvio que la temperatura máxima que alcance el termopar debe ser inferior a su temperatura de fusión, además debe garantizarse que el medio donde se va a medir no ataca a ninguno de los metales de la unión. Por otro lado, la corriente que circule por el circuito de termopares debe ser mínima, de ser muy alta, el efecto Joule podría ser apreciable.

Otra limitación es la necesidad de mantener una de las dos uniones a una temperatura de referencia fija si se desea medir la de la otra unión, pues todo cambio en dicha unión de referencia será una fuente de error.

A pesar de sus limitaciones, los termopares presentan muchas ventajas tales como su amplio rango de medida, el cual va desde -270°C hasta 3000°C , su estabilidad a largo plazo y elevada fiabilidad. Presentan mucha más exactitud que las RTD a temperaturas bajas y una gran velocidad de respuesta. Además están disponibles en modelos de bajo precio que son suficientes para muchas aplicaciones.

El termopar más común es el tipo K (Cromel / Alumel), otros tipos de termopares según los metales y aleaciones utilizados en la unión son los tipo E, J, T, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

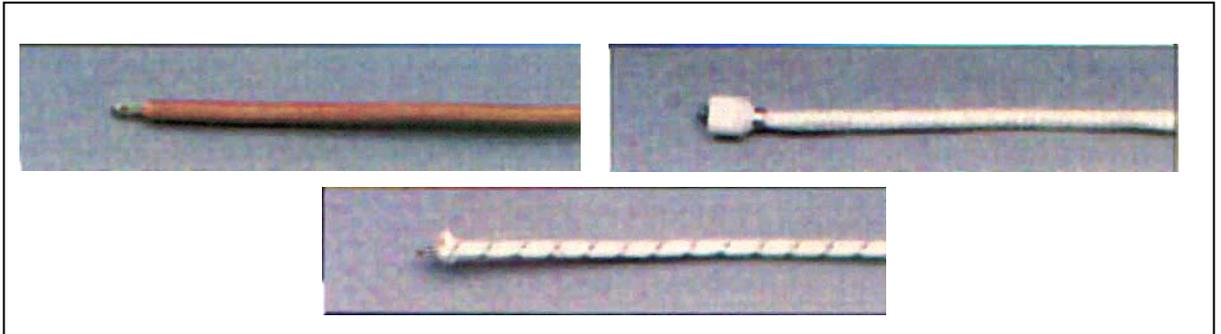
Tabla 3.2. Tipos de termocuplas según el material

| Tipo | | Material | Color del aislamiento | | Atmósfera |
|------|---|------------|-----------------------|----------|-----------|
| | | | Interno | Externo | |
| J | + | Hierro | Blanco | Negro | Reducida |
| | - | Constantan | Rojo | | |
| K | + | Cromel | Amarillo | Amarillo | Oxidante |
| | - | Alumel | Rojo | | |
| T | + | Cobre | Azul | Azul | Reducida |
| | - | Constantan | Rojo | | |
| E | + | Cromel | Violeta | Violeta | Oxidante |
| | - | Constantan | Rojo | | |

En la figura 3.2 se muestran algunos tipos de termocuplas con diferentes recubrimientos aislantes tales como teflón, cerámica, y fibra de vidrio, los cuales

varían de acuerdo al medio en que se utilice. El recubrimiento de cerámica y el de fibra de vidrio se utiliza cuando se desea medir altas temperaturas.

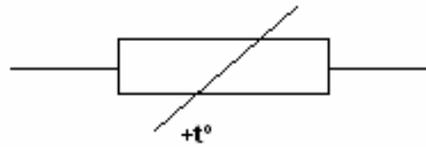
Figura 3.2. Termocuplas con diferentes tipos de recubrimiento.



3.1.2. Termoresistencias (RTD). Los detectores de temperatura basados en la variación de una resistencia eléctrica se suelen designar con sus siglas inglesas RTD (Resistance Temperature Detector).

El símbolo general para estos dispositivos es el de la figura 3.3 la línea recta en diagonal sobre el resistor indica que varía de forma intrínseca lineal, y la anotación junto a dicha línea denota que la variación es debida a la temperatura y tiene coeficiente positivo.

Figura 3.3. Símbolo para una resistencia con dependencia intrínseca de la temperatura y variación lineal.



El fundamento de las RTD es la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura. En un conductor, el número de electrones disponibles para la conducción no cambia apreciablemente con la temperatura. Pero si ésta aumenta, las vibraciones de los átomos alrededor de sus posiciones de equilibrio son mayores, y así dispersan más eficazmente a los electrones, reduciendo su velocidad media. Esto implica un coeficiente de temperatura positivo, es decir, un aumento de la resistencia con la temperatura.

Las principales ventajas de estos sensores son que su sensibilidad es unas diez veces mayor que la de las termocuplas, la alta repetibilidad y exactitud en el caso del platino y el bajo costo en el caso del cobre y del níquel, que son tres de los metales empleados en la construcción de estos sensores.

Un Pt100 es un tipo particular de RTD. Este es un sensor de temperatura hecho con un alambre de platino que a 0°C tiene 100 Ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica.

Existen diferentes tipos de Pt100 según el rango de medición que posean, las más comunes son las **Pt100 tipo A**, con rango de trabajo que va de -200 a +600 °C, y las **Pt100 tipo B** con un rango de trabajo de -100 a +200 °C.

La Tabla 3.3 muestra algunos de los distintos modelos de RTD's.

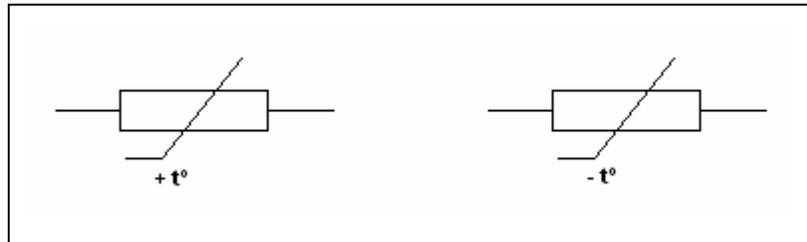
Tabla 3.3. Distintos modelos de RTD's

| | |
|---|---|
|  | <p>Se utiliza para medir temperaturas en superficies, su rango es (-50 a 500°C), constante de tiempo de 45 seg.</p> |
|  | <p>Tipo caimán, su rango es (-50 a 500°C), constante de tiempo de 10 seg.</p> |
|  | <p>Se usa para medir temperatura en aire o gases, rango de temperatura (-50 a 500°C), constante de tiempo 4 seg</p> |
|  | <p>Se utiliza para medir temperatura en gases o aire, rango de temp (-50 a 500°C), constante de tiempo 45 seg.</p> |

3.1.3. Termistores. Al igual que las termoresistencias los termistores son resistores variables con la temperatura, pero a diferencia de las RTD, los termistores no están basados en conductores, sino en semiconductores. Los termistores pueden ser de dos tipos: **PTC** (coeficiente de temperatura positivo) y **NTC** (coeficiente de temperatura negativo). Los termistores tipo **PTC** están formados por una resistencia cuyo valor aumenta al aumentar la temperatura, mientras que los tipo **NTC** disminuyen el valor de la resistencia a medida que la temperatura aumenta. Estos últimos son los más comunes.

Los símbolos para los termistores tipo NTC y PTC se muestran en *la figura 3.4*, donde el trazo horizontal en el extremo de la línea inclinada indica que se trata de una variación no lineal.

Figura 3.4. Símbolo para una resistencia con dependencia intrínseca de la temperatura y variación no lineal, con sensibilidad positiva o negativa.



El fundamento de los termistores está en la dependencia de la resistencia de los semiconductores con la temperatura, debida a la variación con ésta del número de portadores. Al aumentar la temperatura lo hace también el número de portadores reduciéndose la resistencia y de ahí que presenten coeficiente de temperatura negativo (**NTC**). Esta dependencia varía con la presencia de impurezas, y si el dopado es muy intenso, el semiconductor adquiere propiedades metálicas con coeficiente de temperatura positivo (**PTC**) en un margen de temperatura limitado.

Las **NTC** se fabrican a base de mezclar y sintetizar óxidos dopados de metales como el níquel, cobalto, manganeso, hierro y cobre. La proporción de óxidos determina la resistencia y el coeficiente de temperatura. Por su parte, las **PTC** de conmutación están basadas en titanato de bario al que se añade titanato de plomo o de circonio para determinar la temperatura de conmutación, mientras que las **PTC** de medida están basadas en silicio dopado.

Las formas en que se presentan las NTC son múltiples, y cada una de ellas esta orientada a un grupo concreto de aplicaciones, tal como lo muestra *la tabla 3.4*

Tabla 3.4. Algunas de las distintas formas de Termistores.

| | |
|---|--|
|  | <p>Adherible a superficies, se utiliza para medir pérdidas de calor en tuberías, constante de tiempo 1.1 seg.</p> |
|  | <p>Se utiliza para medir temperatura del aire, en cuartos de prueba e incubadoras, constante de tiempo 10 seg.</p> |
|  | <p>De propósito general, no inmersible, constante de tiempo 0.9 seg.</p> |
|  | <p>Adherible a superficies, se utiliza para lo mismo que el primero pero con superficies más rugosas, constante de tiempo 1.1 seg.</p> |

3.2. MEDICIÓN DE TEMPERATURA DE LOS HORNOS.

Como se ha mencionado anteriormente, la unidad de secado de papel de la máquina impregnadora **Babcock** posee cinco secciones, cada una con dos hornos para un total de diez hornos. La temperatura de esta unidad se controla por secciones ya que cada sección posee una temperatura diferente, por ende se necesitan cinco sensores para controlar y monitorear la temperatura de los hornos.

En los hornos de secado se trabajará con una temperatura mínima de 37 °C y una máxima de 145 °C, lo cual hace ver a las termocuplas y Pt100 como los sensores de temperatura a utilizar, ya que ambos poseen el rango de medición necesario. Sin embargo, se eligieron las **Pt100 (tipo B)**, por las siguientes características:

- *Alto grado de precisión*, las Pt100 pueden entregar precisión de hasta una décima de grado.
- *Baja posibilidad de lecturas erróneas*. A diferencia de las termocuplas, las cuales con el tiempo pueden empezar a descomponerse gradualmente entregando lecturas erróneas (hasta 4 o 5 °C), las Pt100 normalmente se abren, con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso.
- *Pueden ser colocadas lejos del PLC*. (Hasta unos 30 metros) utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión, mientras que al utilizar termocuplas se debe usar un cable compensado para el tipo específico de termocupla lo que aumenta el costo de la instalación.
- *Ideales para medir bajas temperaturas*. Rango de (-100 a 200 °C).

- *Mayor inmunidad al ruido.* Mientras que las termocuplas son más susceptibles puesto que suministran un voltaje muy bajo, son susceptibles a recibir interferencias eléctricas.

Cada una de las Pt100 a montar en los hornos debe contar con su termopozo y su cabeza protectora, los cuales le brindan protección al sensor frente a la corrosión y hace mucho más fácil su reemplazo al momento de una avería.

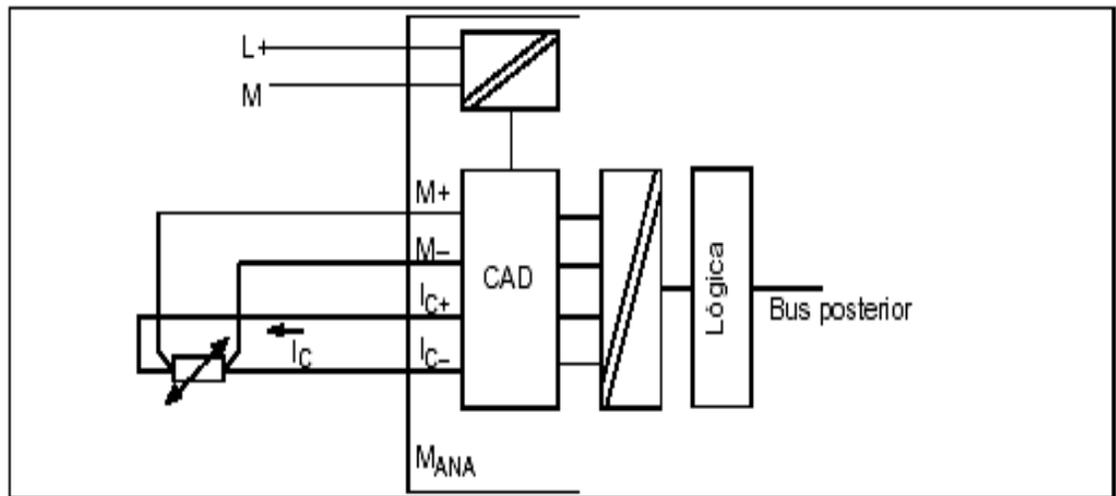
Las termorresistencias pueden ser cableadas mediante una conexión a 4, 3 ó 2 hilos. En las conexiones a 4 y a 3 hilos el módulo del PLC suministra una corriente constante a través de los bornes **(IC+)** e **(IC-)**, de forma que es compensada la caída de tensión que aparece en los conductores de medición. Gracias a esta compensación, con las mediciones mediante conexión a 4 ó a 3 hilos se obtienen resultados más precisos que con la conexión a 2 hilos.

En la conexión a 4 hilos el sensor es alimentado por corriente por los terminales **(IC+)** e **(IC-)**, como el cambio de temperatura produce un cambio de resistencia en el sensor, entonces se produce un cambio de voltaje que es medido por el módulo en los terminales **(M+)** y **(M-)**. A Cada módulo analógico de 8 entradas puede conectársele 4 termoresistencias por que se conecta 1 por canal.

La figura 3.5 muestra la conexión de una termoresistencia al módulo analógico.

Para más información ver el anexo D

Figura 3.5. Conexión a 4 hilos de la termoresistencia



Las abreviaturas utilizadas en la figura significan lo siguiente:

CAD: Conversor análogo digital

IC+: Conductor de corriente constante (positivo)

IC-: Conductor de corriente constante (negativo)

M+: Conductor de medición (positivo)

M-: Conductor de medición (negativo)

MANA: Potencial de referencia del circuito de medición analógico

M: Borne de masa

L+: Borne de alimentación con 24 V c.c.

[(M+), (M-), (IC+) e (IC-)], forman 1 canal analógico.

Para la selección de la RTD más apropiada, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de selección.

1. Rango de Temperatura (37 a 180 °C).
2. Porcentaje de Error (+/- 1 °C).
3. Dimensiones de la RTD (Máximo 8" de largo y ¼" de diámetro).

Del catalogo Omega se seleccionó una Pt100 estándar tipo industrial con cabeza protectora de referencia (PR-12-2-100-1/4-6-E). Mostrada *en la figura 3.6*.

Figura 3.6. Pt100 Industrial (PR-12-2-100-1/4-18-E)



Las Características técnicas de este sensor son las siguientes, ver tabla 3.5

Tabla 3.5. Características Técnicas Pt100 (PR-12-2-100-1/4-18-E)

| | |
|-----------------------------|--------------|
| TIPO | Pt 100 |
| RANGO DE TEMPERATURA | -50 a 500 °C |
| LONGITUD | 6" |
| DIÁMETRO | 0.125" |
| CONSTANTE DE TIEMPO | 10 segundos |
| Máximo Error | +/- 0.7 °C |

Para la calibración de las termoresistencias existe una norma, la **(DIN EN 60 751)**, ver *tabla 3.6*. En la que se ve la variación de la resistencia con respecto a la temperatura.

Tabla 3.6. Tabla de calibración para termoresistencias de Platino

| °C | Ω | °C | Ω |
|------|--------|-----|--------|
| -200 | 18,52 | 240 | 190,47 |
| -180 | 27,1 | 260 | 197,71 |
| -160 | 35,34 | 280 | 204,9 |
| -140 | 43,88 | 300 | 212,05 |
| -20 | 52,11 | 320 | 219,15 |
| -100 | 60,26 | 340 | 226,21 |
| -80 | 68,33 | 360 | 233,21 |
| -60 | 76,33 | 380 | 240,18 |
| -40 | 84,27 | 400 | 247,09 |
| -30 | 88,22 | 420 | 253,96 |
| -20 | 92,16 | 440 | 260,78 |
| -10 | 96,09 | 460 | 267,56 |
| 0 | 100 | 480 | 274,29 |
| 10 | 103,9 | 500 | 280,98 |
| 20 | 107,79 | 520 | 287,62 |
| 30 | 111,67 | 540 | 294,21 |
| 40 | 115,54 | 560 | 300,75 |

| | | | |
|-----|--------|-----|--------|
| 50 | 119,4 | 580 | 307,25 |
| 60 | 123,24 | 600 | 313,71 |
| 80 | 130,9 | 620 | 320,12 |
| 100 | 138,51 | 640 | 326,48 |
| 120 | 146,07 | 660 | 332,79 |
| 140 | 153,58 | 700 | 345,28 |
| 160 | 161,06 | 750 | 360,64 |
| 180 | 168,48 | 800 | 375,7 |
| 200 | 175,86 | 850 | 390,48 |
| 220 | 183,19 | | |

Las Pt100s deben ir colocadas en los ductos de aire caliente de cada una de las secciones de los hornos por las siguientes razones:

- Para evitar su contacto con los gases que se evaporan de los papeles que se están secando.
- Para tener una medida más precisa de la temperatura interna de los hornos.

Las señales análogas de cada una de las Pt100, serán llevadas al PLC para ser interpretadas, tomar acciones de control y luego ser mostradas en el software supervisorio.

3.3. MEDICIÓN DE TEMPERATURA DE LOS MOTORES.

Conocer la temperatura de los siguientes motores involucrados en la máquina impregnadora:

- Motor rodillos exprimidores unidad saturadora.
- Motor extractor saturadora.
- Motor bomba de aceite térmico.
- Motor extractor unidad alineadora.
- Motor rodillos enfriadores unidad enfriadora.
- Motor rodillos haladores unidad cortadora.
- Motor cuchilla giratoria unidad cortadora.
- Motor extractor centralizado.
- Los 10 Motores de los ventiladores de los hornos.

Nos permite saber el estado actual de los mismos, ya que cualquier aumento en la potencia consumida, se ve reflejado en la temperatura de armadura del motor, lo que permite conocer a tiempo el momento en que deben realizarse acciones correctivas, prolongando así su vida útil.

Existen básicamente dos métodos importantes para medir la temperatura en los motores. La medición puede realizarse con o sin contacto. Debido a que el sistema de monitoreo de temperatura de los motores debe mostrar constantemente la temperatura actual de cada uno de los motores, con el fin de que el operario conozca el momento en que uno de estos necesita mantenimiento, la medición por contacto a través de la utilización de termocuplas, es la apropiada, ya que estas están diseñados para un chequeo continuo de

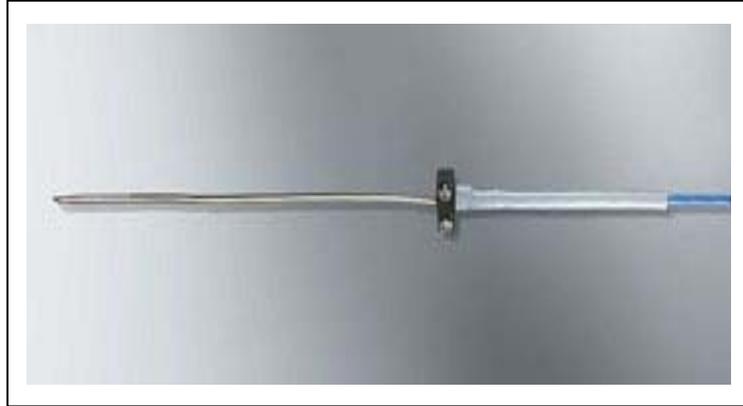
temperatura, y a considerar por el número de motores, este método es más económico comparado con la medición sin contacto, la cual involucra instrumentos como termómetros infrarrojos o pirómetros ópticos, los cuales poseen precios muy elevados.

Para la selección de la Termocupla más apropiada, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de selección.

1. Rango de Temperatura (37 a 100 °C).
2. Tipo de punta (Adherible a superficies).
3. Tipo de junta (Aislada).
4. Constante de Tiempo (Menor a 1 segundo).

Sabiendo que la temperatura de carcasa del motor más alta es de 70 °C y que una temperatura por encima de 80 °C representa un sobrecalentamiento en el motor, del catalogo COLE PARMER se eligió una termocupla (**Flat-Leaf tipo K**) de referencia **EW-08533-91**, la cual puede ser adherida fácilmente a la carcasa del motor con cemento especial para termocuplas referencia STO1256 suministrado por el mismo fabricante. *La figura 3.7* muestra este tipo especial de termocupla.

Figura 3.7. Termocupla para medición de temperatura en superficies



Las principales características de esta termocupla se muestran en *la tabla 3.7.*

Tabla 3.7. Características termocupla **EW-08533-91**

| | |
|-----------------------------|---------------|
| TIPO | K |
| RANGO DE TEMPERATURA | -250 a 210 °C |
| LONGITUD | 4" |
| DIÁMETRO | 0.125" |
| LONGITUD DEL CABLE | 3 ft |
| JUNTURA | Aislada |
| CONSTANTE DE TIEMPO | 0.4 segundos |

Las fluctuaciones de temperatura en el punto de referencia pueden compensarse por medio de un circuito de compensación. Existen varias posibilidades de

registrar la temperatura de referencia, para obtener un valor absoluto de temperatura a base de la diferencia de temperatura entre el punto de referencia y el punto de medición. Según la situación donde se requiera el punto de referencia, es posible operar con compensación interna o externa.

Para el sistema diseñado es necesario que cada una de las termocuplas posea su transmisor, el cual se encarga de convertir la pequeña señal de voltaje de la termocupla en una salida de corriente de 4 a 20mA que será llevada hasta las entradas análogas del PLC para ser interpretadas y luego mostradas en el software de supervisión. Además el transmisor cuenta con un circuito de compensación interna para la temperatura de referencia de la termocupla conectada a él.

Entre los transmisores de temperatura que se encuentran en el mercado se eligió el **APAQ - LC** marca **INOR**, por que se acomodan a la aplicación y son económicos.

La figura 3.8 muestra un transmisor de temperatura marca INOR.

Figura 3.8. Transmisor de temperatura INOR.



Las características técnicas de este transmisor se muestran en la siguiente tabla.

Ver tabla 3.8.

Tabla 3.8. Características Técnicas del Transmisor INOR

| ESPECIFICACIONES | APAQ - LR | APAQ - LC |
|---|--------------------|----------------|
| Pt100 ($\alpha = 0.00385$), Conexión a 3 hilos | -50 a 550 °C | |
| Termocuplas (J, L, T, K) | | -5 a 55mV |
| Salida de Corriente | 4 – 20mA | 4 – 20mA |
| Linealidad | Temperatura Lineal | Voltaje Lineal |
| Limitación de Corriente | 25mA | 25mA |
| Tiempo de respuesta | $\leq 0.2s$ | $\leq 0.2s$ |
| Alimentación | 6.5 a 32 Vdc | 6.5 a 32 Vdc |
| Temperatura de trabajo | -20 a 70 °C | -20 a 70 °C |

3.4. VISUALIZACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LOS VENTILADORES DE LOS HORNOS.

La velocidad de los ventiladores es una variable ligada al tipo de papel que se este impregnando, ya que cada receta involucra una velocidad diferente en los ventiladores. Al aumentar o disminuir la velocidad de los ventiladores se aumenta o disminuye el flujo de aire caliente a lo largo de los hornos, ayudando así a controlar el porcentaje de volátiles que deben ser evaporados.

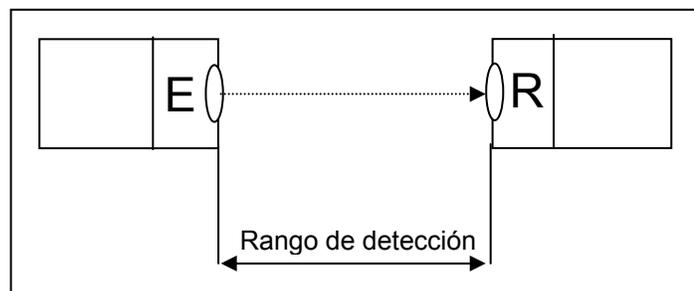
La velocidad de los ventiladores de los hornos que se visualiza en el software supervisorio, se obtiene de la salida análoga del PLC que éste envía hacia los variadores de frecuencia encargados de controlar la velocidad de estos. Esta señal análoga puede configurarse como salida de corriente (0 – 20mA)(4 – 20mA), o salida de voltaje (0 – 10V)(-10 – 10)(0 – 5V) del PLC el cual se encarga de procesarla para permitir al operario la visualización en el software supervisorio de la velocidad correspondiente a cada ventilador.

3.5. TIPOS DE SENSORES OPTICOS.

Actualmente en el mercado existen muchos tipos de sensores ópticos, pero todos se basan en los siguientes principios de medición.

3.5.1. Sensores de barrera. Los sistemas de barrera consisten en dos partes físicamente separadas, operando una como emisora y la otra como receptora de luz. Ambas partes se encuentran montadas sobre un mismo eje. En caso de interrupción durante la emisión de luz se produce un cambio en la salida de conmutación ver figura 3.9.

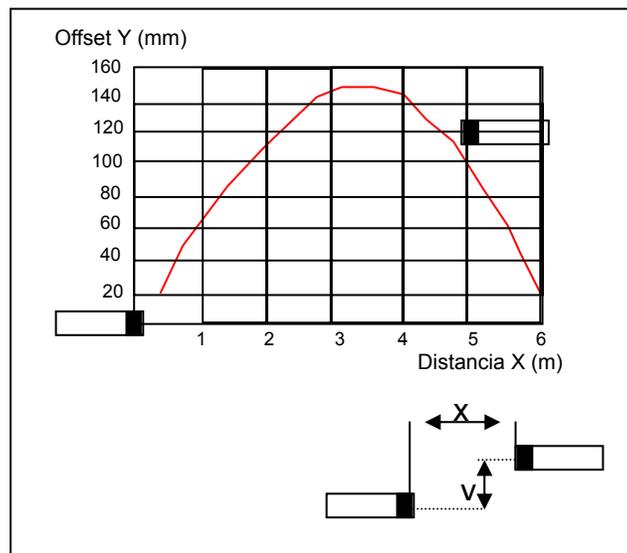
Figura 3.9. Sensor óptico de barrera



El rango de detección de un sensor de barrera es relativamente grande, ya que la luz recorre el trayecto de la señal una sola vez. Este va de 0 m a 50 m. Algunas veces no pueden detectarse objetos pequeños, ya que estos no interrumpen completamente la trayectoria del haz. En este caso puede utilizarse un diafragma de ranura, así mismo no siempre se detectan objetos semitransparentes. Por este motivo, las barreras ópticas poseen en la zona receptora un potenciómetro para el ajuste de la sensibilidad.

La siguiente curva muestra la distancia paralela posible (desviación) entre los ejes ópticos del emisor y del receptor en dependencia al rango de detección X (distancia) ver figura 3.10.

Figura 3.10. Curva desviación contra distancia para sensores ópticos de barrera



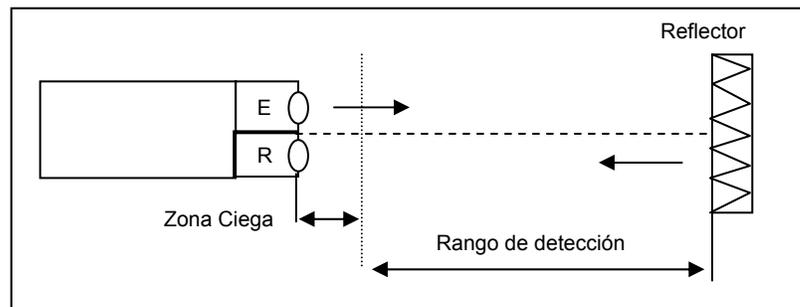
Características:

- Reconocen tanto objetos opacos como reflectantes.
- Gran alcance debido a que el haz de luz recorre el trayecto de la señal solamente una vez.
- Mínima posibilidad de perturbaciones, por ello es muy adecuado para la aplicación aún bajo circunstancias difíciles, como por ejemplo en exteriores o en ambientes poco aseados.

Considerable tiempo para la instalación ya que ambas unidades deben ser cableadas.

3.5.2. Sensores de barrera por reflexión. En estos sensores, el emisor y el receptor forman una misma unidad. Se utiliza un espejo reflector para devolver la luz emitida otra vez al receptor. La luz hace un doble recorrido sobre el mismo trayecto. Normalmente se logran alcances de 0,1 a 20 m. En caso de interrupción durante la emisión de luz se produce un cambio en la salida de conmutación ver *figura 3.11*.

Figura 3.11. Sensor óptico de barrera por reflexión



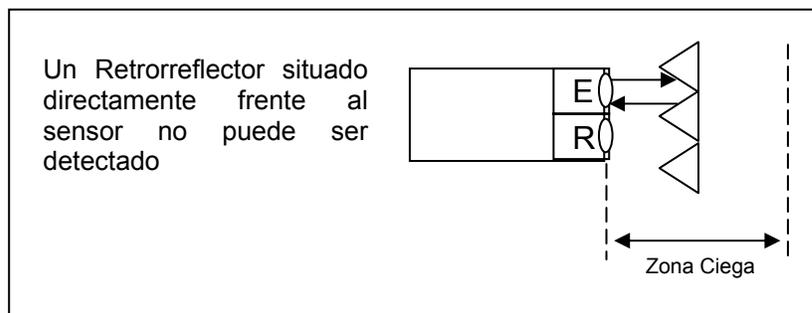
El rango de detección de un sensor de reflexión es menor que el de los sensores de barrera, ya que el haz de luz recorre dos veces el trayecto. Usualmente se aplican sensores de reflexión con retrorreflectores, obteniendo rangos de detección de hasta 20 m.

Puede darse el caso de que estos sensores no detecten objetos pequeños o semitransparentes. Esto puede corregirse al igual que con los sensores de barrera, a través de un potenciómetro de ajuste de sensibilidad. Otra forma es la aplicación de un reflector más pequeño o un diafragma ranurado. Para la detección de vidrio claro se recurre a sensores y retrorreflectores especiales.

La suciedad en los componentes (sensor, reflector) y en el medio irradiado (normalmente aire) influye en este caso más que con los sensores de barrera, ya que la luz recorre dos veces los componentes.

Si el retrorreflector es montado muy cerca al sensor de reflexión, el funcionamiento del sensor puede verse perjudicado debido a causas físicas. Este sector se denomina zona ciega (normalmente menor al 10 % del rango de detección). Este efecto se basa en el hecho de que emisor y receptor no poseen un eje óptico común, y el rayo reflejado por un trayecto muy pequeño retorna al emisor, ver *figura 3.12*.

Figura 3.12. Zona ciega sensores de barrera por reflexión



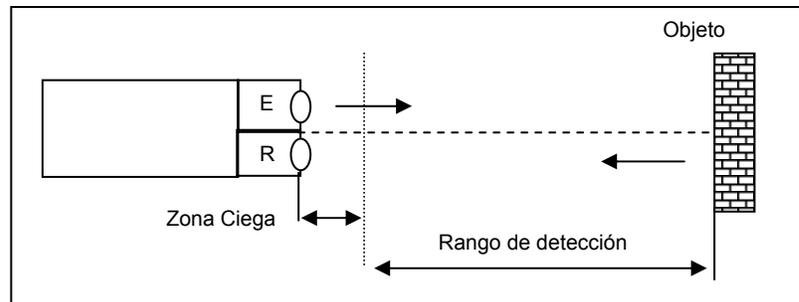
Características:

- Reconocen objetos opacos.
- Mediante sensores especiales es posible el reconocimiento de vidrio transparente.

- Objetos reflectantes pueden ser reconocidos en forma segura sólo si los sensores están equipados con filtros polarizados.
- Se logran grandes alcances utilizando retrorreflectores.

3.5.3. Sensores de detección directa. En los sensores de detección directa el haz luminoso emitido es reflejado difusamente sobre un objeto. El emisor y el receptor forman una unidad. El sensor se acciona cuando una cantidad de luz suficiente regresa al receptor. Normalmente se alcanzan distancias de detección de hasta 3 m, ver *figura 3.13*.

Figura 3.13. Sensores ópticos de detección directa



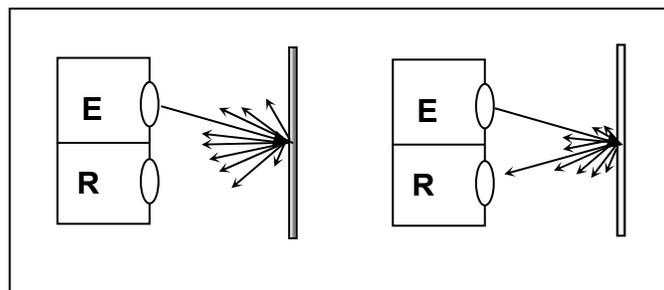
El rango de detección de los sensores de detección directa es mayormente utilizado en forma difusa. Como medida para el rango de detección nos valemos de una luz reflejada difusamente sobre una placa de medición (con 90 % de índice de reflexión, que corresponde aproximadamente a un papel blanco de tamaño 100 x 100 mm o 200 x 200 mm). Ya que la potencia luminosa que puede recibir el

sensor es relativamente pequeña debido a la reflexión difusa, se alcanzan sólo pequeños rangos de detección (hasta 3 m).

Como el receptor recibe de vuelta muy pequeñas potencias luminosas, y además la luz recorre dos veces el mismo trayecto, se nota una gran influencia de la suciedad sobre el rango de detección. Características de reflexión cambiantes poseen también relevancia. Más aún, el sensor puede ser engañado fácilmente por objetos de alta reflexión al fondo de la zona de medición. Es por eso que los sensores de detección directa están equipados con un potenciómetro para el ajuste de sensibilidad (y así para el ajuste del rango de detección).

Un indicador adicional de estabilidad sirve para la temprana detección de suciedad o reflexión de fondo. *La figura 3.14* muestra a la izquierda la distribución de la intensidad lumínica tras una reflexión difusa ideal y a la derecha la distribución de la intensidad lumínica tras una reflexión predominantemente dirigida.

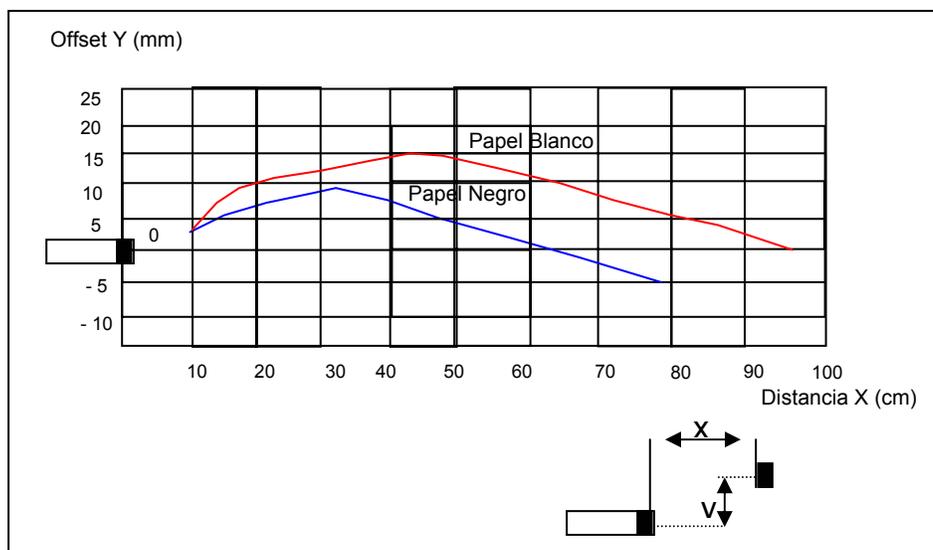
Figura 3.14. Distribución de la intensidad lumínica para un sensor de detección directa



Debido a la reflexión difusa basta un posicionamiento aproximado del sensor en dirección al objeto. Si se quiere detectar un objeto que posee relativamente una gran cantidad de radiación dirigida (ver figura 3.15), será necesario un posicionamiento más exacto.

Las reflexiones dirigidas posibilitan mayores rangos de detección. La curva indica la distancia posible entre el eje de referencia del sensor y el borde de un papel de las dimensiones de la platina graduada estándar en dependencia al rango de detección X (distancia). La desviación es distinta para una carta de test blanca (90 % del índice de reflexión) y para una carta de test negra (5 % del índice de reflexión). Un valor negativo indica, que el borde de la platina graduada debe sobrepasar el eje óptico de referencia, para ser reconocida con certeza.

Figura 3.15. Posicionamiento del sensor de detección directa con respecto al objeto

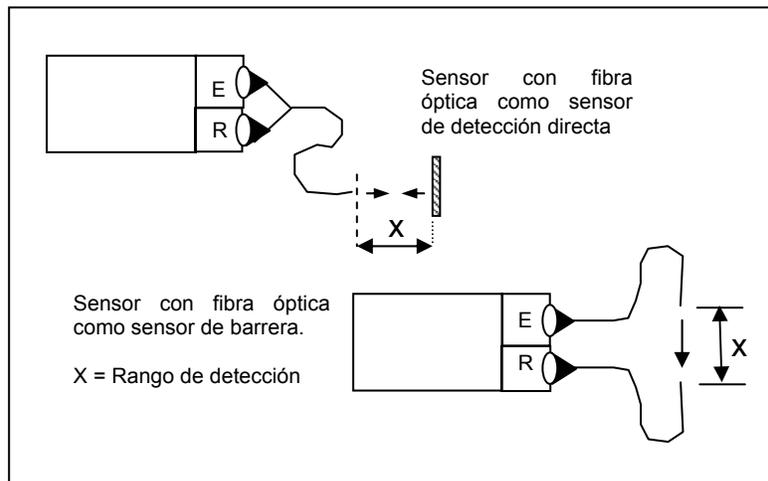


Características:

- El rango de detección depende de la capacidad de reflexión del objeto, es decir, de su acabado de superficie y de su color. Estas influencias pueden compensarse (limitadamente) con un regulador de sensibilidad.
- Poco tiempo para la instalación, ya que el sensor se compone de una sola pieza y una orientación aproximada es comúnmente suficiente.
- Suministrable con diafragmación de fondo mediante una medición de distancia.
- Sensible a la suciedad y a propiedades de reflexión cambiantes del objeto.

3.5.4. Sensores con fibra óptica. El campo de utilización de los sensores fotoeléctricos se ve grandemente ampliado gracias a la fibra óptica (también: conductor de ondas de luz LWL). Las fibras ópticas pueden enroscarse al sensor, o bien conformar una unidad con él. Los sensores con fibra óptica pueden utilizarse como sensores de detección directa o como sensores de barrera (ver *figura 3.16*). La longitud de la fibra óptica puede definirse concretamente para cada aplicación, según el tipo.

Figura 3.16. Modos de utilización de los sensores con fibra óptica



Características:

- Detección de objetos muy pequeños (hasta 0,5 mm).
- Pueden utilizarse a altas temperaturas (hasta 300 °C) con una cubierta de acero afinado.
- Idóneos en espacios de instalación muy reducidos.

3.6. SELECCIÓN DE SENSORES ÓPTICOS.

Para que la cortadora pueda contar el número de hojas impregnadas y la apiladora pueda bajar automáticamente, se necesitan los sensores seleccionados a continuación

3.6.1. Sensor óptico unidad cortadora. Para contabilizar el número de hojas impregnadas se seleccionó un **sensor óptico de detección directa**, el cual debe ser colocado en la unidad cortadora a 20 cm de la cara superior del papel, esta distancia evita el contacto del sensor con el papel y asegura que el sensor se encuentre dentro de su rango de detección.

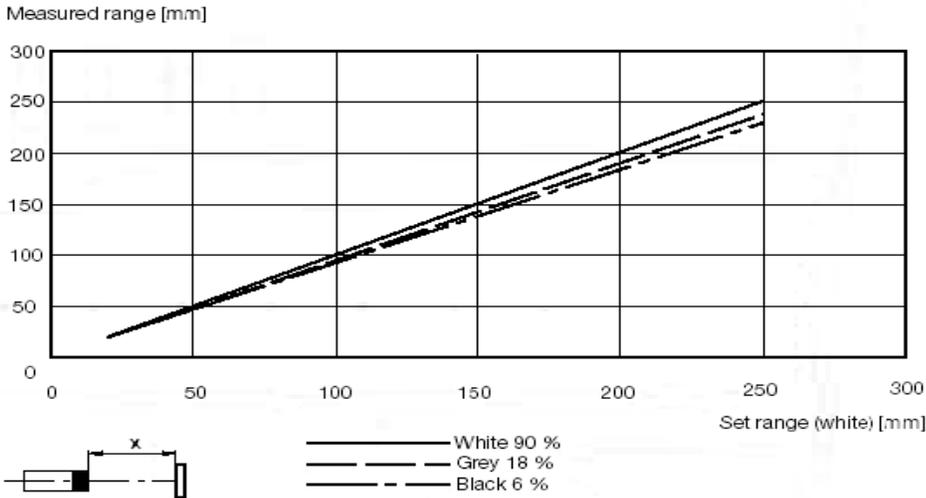
La distancia de colocación del sensor se obtiene de la curva que se muestra en la *figura 3.18.*, como el objeto a detectar es papel decorativo de diferentes colores, impregnado con resina melaminica, tendremos un índice de reflexión diferente para cada tipo de papel, así que tomamos el peor caso para el índice de reflexión (índice de reflexión del 6%) para obtener la distancia máxima de colocación del sensor con respecto al papel.

Se eligió este tipo de sensor por que se necesita que el sensor no tenga contacto con el papel (emisor y receptor en 1 sola unidad) ya que este se encuentra impregnado con resina melaminica y si entra en contacto con el sensor, la resina obstaculizaría o desviaría el haz de luz que el sensor envía y recibe lo que trae como resultado que no se detecte la hoja. Cuando el sensor recibe la luz reflejada en el objeto, el sensor envía un pulso de 24VDC al PLC, esto indica que 1 hoja impregnada y cortada pasó frente al sensor. Del Fabricante se sensores Pepperl+Fuchs se seleccionó el de referencia **(MLV12-8-H-250-RT/47/65b/124)**, ver *figura 3.17*

Figura 3.17. Sensor de detección directa con supresión de fondo



Figura 3.18. Distancia de colocación del sensor al objeto



Las características técnicas de este sensor se muestran en la tabla 3.9.

Tabla 3.9. Características técnicas sensor óptico MLV12-8-H-250-RT/47/65b/124

| | |
|-------------------------------|--|
| RANGO DE DETECCIÓN | Ajustable de 20 a 250mm |
| TIPO DE LUZ | Roja pulsante de 660nm |
| LIMITE DE LUZ AMBIENTE | 30000Lux |
| VOLTAJE DE OPERACIÓN | 10 – 30 VDC |
| CORRIENTE SIN CARGA | Menor a 40mA |
| SEÑAL DE SALIDA | 2 PNP con protección de Corto Circuito |

3.6.2. Sensor óptico unidad apiladora. Para que la unidad apiladora baje automáticamente cuando la cantidad de hojas impregnadas lleguen al nivel máximo, se seleccionó un **sensor óptico de barrera por reflexión**, el cual puede ser colocado en cualquiera de los 2 lados de la unidad apiladora a 1.5mts del piso. En este tipo de sensor el emisor y el receptor forman una sola unidad, así que es necesario colocar un reflector al lado contrario en que se coloque el sensor para que la señal que el emite sea devuelta por el reflector hacia el sensor nuevamente.

Del Fabricante se sensores Pepperl+Fuchs se seleccionó el de referencia (MLV12-54/32/82b/124), ver *figura 3.19*

Figura 3.19. Sensor de barrera por reflexión



Para la alineación del sensor con el reflector, el sensor posee un led amarillo que indica cuando el sensor se encuentra bien alineado con el reflector, lo cual facilita la instalación.

Las principales características técnicas de este sensor se muestran en la *tabla 3.10*.

Tabla 3.10. Características técnicas sensor MLV12-54/32/82b/124

| | |
|-------------------------------|--|
| RANGO DE DETECCIÓN | 7 mts con el reflector H85 |
| TIPO DE LUZ | Roja pulsante de 660nm |
| LIMITE DE LUZ AMBIENTE | 50000Lux |
| VOLTAJE DE OPERACIÓN | 10 – 30 VDC |
| CORRIENTE SIN CARGA | Máximo 40mA |
| SEÑAL DE SALIDA | 1 PNP con protección de Corto Circuito |

4. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DEL PLC.

4.1. DEFINICIÓN DE LAS SEÑALES DIGITALES DE ENTRADA Y SALIDA.

Para el control de la impregnadora se necesitan las siguientes entradas y salidas digitales:

| Entradas digitales | | | |
|--------------------|--|--|-----|
| Nº | Nombre | Descripción | En |
| 1 | Parada de emergencia desenrollador | Detiene Todo el Proceso | ET1 |
| 2 | Adelante desenrollador | Mueve el eje del desenrollador hacia adelante | ET1 |
| 3 | Atrás desenrollador | Mueve el eje del desenrollador hacia atrás | ET1 |
| 4 | Parada de emergencia saturadora | Detiene Todo el Proceso | ET1 |
| 5 | Gualla de seguridad saturadora | Detiene Todo el Proceso | ET1 |
| 6 | Prueba de lámparas saturadora | Enciende todas las lámparas de la saturadora | ET1 |
| 7 | Parada enhebrar cadena | Para la cadena de enhebrar | ET1 |
| 8 | Arranque enhebrar cadena | Arranca la cadena de enhebrar | ET1 |
| 9 | Parada rodillo alisador | Detiene el rodillo alisador | ET1 |
| 10 | Arranque rodillo alisador | Arranca el rodillo alisador | ET1 |
| 11 | Parada rodillo prehumedecedor | Detiene el rodillo prehumedecedor | ET1 |
| 12 | Adelante rodillo prehumedecedor | Gira hacia adelante el rodillo prehumedecedor | ET1 |
| 13 | Atrás rodillo prehumedecedor | Gira hacia atrás el rodillo prehumedecedor | ET1 |
| 14 | Arriba rodillo Sky Roll | Sube el rodillo Sky Roll | ET1 |
| 15 | Abajo rodillo Sky Roll | Baja el rodillo Sky Roll | ET1 |
| 16 | Limit Switch superior rodillo Sky Roll | Indica cuando el sky roll llega al límite superior | ET1 |
| 17 | Limit Switch inferior rodillo Sky Roll | Indica cuando el sky roll llega al límite inferior | ET1 |
| 18 | Parada extractor saturadora | Apaga el extractor de la saturadora | ET1 |
| 19 | Arranque extractor saturadora | Enciende el extractor de la saturadora | ET1 |
| 20 | Switch flujo extractor saturadora | Indica al PLC si hay flujo | ET1 |
| 21 | Parada ventilador aire fresco 1 | Apaga el ventilador de aire fresco 1 | ET1 |
| 22 | Arranque ventilador aire fresco 1 | Enciende el ventilador de aire fresco 1 | ET1 |
| 23 | Parada ventilador aire fresco 2 | Apaga el ventilador de aire fresco 2 | ET1 |
| 24 | Arranque ventilador aire fresco 2 | Enciende el ventilador de aire fresco 2 | ET1 |
| 25 | Limit Switch fin de enhebrado lado izq | Apaga la cadena de enhebrado | ET2 |
| 26 | Limit Switch fin de enhebrado lado der | Apaga la cadena de enhebrado | ET2 |

| | | | |
|----|--|--|-----|
| 27 | Switch flujo extracción 1 sección | Indica al PLC si hay flujo | ET1 |
| 28 | Switch flujo extracción 2 sección | Indica al PLC si hay flujo | ET1 |
| 29 | Switch flujo extracción 3 sección | Indica al PLC si hay flujo | ET1 |
| 30 | Switch flujo extracción 4 sección | Indica al PLC si hay flujo | ET2 |
| 31 | Switch flujo extracción 5 sección | Indica al PLC si hay flujo | ET2 |
| 32 | Switch flujo aceite térmico | Indica al PLC si hay flujo | ET2 |
| 33 | Switch flujo aire caliente 1 sección | Indica al PLC si hay flujo | ET1 |
| 34 | Switch flujo aire caliente 2 sección | Indica al PLC si hay flujo | ET1 |
| 35 | Switch flujo aire caliente 3 sección | Indica al PLC si hay flujo | ET1 |
| 36 | Switch flujo aire caliente 4 sección | Indica al PLC si hay flujo | ET2 |
| 37 | Switch flujo aire caliente 5 sección | Indica al PLC si hay flujo | ET2 |
| 38 | Parada de emergencia alineador | Detiene Todo el Proceso | ET2 |
| 39 | Prueba de lámparas alineadora | Enciende todas las lámparas de la alineadora | ET2 |
| 40 | Parada enfriadores alineadora | Detiene los blowers de la alineadora | ET2 |
| 41 | Arranque enfriadores alineadora | Arranca los blowers de la alineadora | ET2 |
| 42 | Parada extractor alineadora | Apaga el extractor de la alineadora | ET2 |
| 43 | Arranque extractor alineadora | Enciende el extractor de la alineadora | ET2 |
| 44 | Parada alineadora | Apaga la alineadora | ET2 |
| 45 | Arranque alineadora | Enciende la alineadora | ET2 |
| 46 | Switch flujo extractor alineador | Indica al PLC si hay flujo | ET2 |
| 47 | Gualla de seguridad rodillos enfriadores | Detiene Todo el Proceso | ET2 |
| 48 | Limit Switch rodillo prensor enfriadora | Indica el limite de subida del rodillo prensor | ET2 |
| 49 | Switch flujo agua rodillos enfriadores | Indica al PLC si hay flujo | ET2 |
| 50 | Parada de emergencia cortadora | Detiene Todo el Proceso | ET2 |
| 51 | Gualla de seguridad cortadora | Detiene Todo el Proceso | ET2 |
| 52 | Parada sistema de Ionización | Detiene el sistema de Ionización | ET2 |
| 53 | Arranque sistema de Ionización | Arranca el sistema de Ionización | ET2 |
| 54 | Prueba de lámparas cortadora | Enciende todas las lámparas de la cortadora | ET2 |
| 55 | Tomar Muestra | Toma una muestra del papel | ET2 |
| 56 | Sensor Cuchilla Giratoria | Cuenta el numero de vueltas de la cuchilla | ET2 |
| 57 | Sensor óptico hojas impregnadas | Cuenta el numero de hojas impregnadas | ET2 |
| 58 | Parada Rodillera mesa plegable | Detiene los rodillos de la mesa plegable | ET2 |
| 59 | Arranque Rodillera mesa plegable | Enciende los rodillos de la mesa plegable | ET2 |
| 60 | Adelante Persiana | Mueve hacia adelante la persiana | ET2 |
| 61 | Atrás Persiana | Mueve hacia atrás la persiana | ET2 |
| 62 | Subir mesa plegable | Sube la mesa plegable | ET2 |
| 63 | Bajar mesa plegable | Baja la mesa plegable | ET2 |
| 64 | Sensor óptico apiladora | Monitorea la altura de las hojas en la apiladora | ET2 |
| 65 | Parada de emergencia consola | Detiene Todo el Proceso | ET2 |
| 66 | Parada ventiladores hornos (consola) | Apaga los 10 ventiladores de los hornos | ET2 |
| 67 | Arranque ventiladores hornos (consola) | Arranca los 10 ventiladores de los hornos | ET2 |
| 68 | Parada bomba de aceite térmico | Apaga la bomba de aceite térmico | ET2 |
| 69 | Arranque bomba de aceite térmico | Enciende la bomba agua fría | ET2 |
| 70 | Parada bomba agua fría | Apaga la bomba de agua fría | ET2 |
| 71 | Arranque bomba agua fría | Enciende la bomba de agua fría | ET2 |
| 72 | Parada extractor centralizado | Apaga el extractor centralizado | ET2 |

| | | | |
|-----|--|------------------------------------|-----|
| 73 | Arranque extractor centralizado | Enciende el extractor centralizado | ET2 |
| 74 | Guardamotor desenrollador | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 75 | Guardamotor rodillo prehumedecedor | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 76 | Guardamotor Sky Roll | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 77 | Guardamotor Rodillo Alisador | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 78 | Guardamotor extractor saturadora | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 79 | Guardamotor Ventilador aire fresco 1 | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 80 | Guardamotor Ventilador aire fresco 2 | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 81 | Guardamotor Ventilador 1 primera sección | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 82 | Guardamotor Ventilador 2 primera sección | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 83 | Guardamotor Ventilador 1 segunda sección | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 84 | Guardamotor Ventilador 2 segunda sección | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 85 | Guardamotor Ventilador 1 tercera sección | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 86 | Guardamotor Ventilador 2 tercera sección | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 87 | Guardamotor Ventilador 1 cuarta sección | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 88 | Guardamotor Ventilador 2 cuarta sección | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 89 | Guardamotor Ventilador 1 quinta sección | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 90 | Guardamotor Ventilador 2 quinta sección | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 91 | Guardamotor bomba aceite térmico | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 92 | Guardamotor bomba agua fría | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 93 | Guardamotor extractor centralizado | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 94 | Guardamotor alineador | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 95 | Guardamotor extractor alineador | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 96 | Guardamotor enfriador papel superior izq | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 97 | Guardamotor enfriador papel inferior izq | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 98 | Guardamotor enfriador papel superior der | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 99 | Guardamotor enfriador papel inferior der | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 100 | Guardamotor persiana | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 101 | Guardamotor mesa plegable | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 102 | Guardamotor rodillera mesa plegable | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 103 | Guardamotor rodillos Tensores | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 104 | Guardamotor rodillos exprimidores | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 105 | Guardamotor transmisión rod enfriadores | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 106 | Guardamotor Rod. haladores cortadora | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |
| 107 | Guardamotor Cuchilla Giratoria | Indica sobrecorriente en el motor | PLC |

| Salidas digitales (Proceso) | | | |
|-----------------------------|-----------------------|---|-----|
| Nº | Nombre | Descripción | En |
| 1 | Bomba aceite térmico | Enciende y Apaga la bomba aceite térmico | PLC |
| 2 | Bomba agua fría | Enciende y Apaga la bomba de agua fría | PLC |
| 3 | Sistema de ionización | Enciende y Apaga el sistema de ionización | PLC |
| 4 | Cadena de enhebrar | Enciende y Apaga la cadena de enhebrar | PLC |
| 5 | Rodillo alisador | Enciende y Apaga el rodillo alisador | PLC |

| | | | |
|----|--------------------------------|--|-----|
| 6 | Extractor Saturadora | Enciende y Apaga el extractor saturadora | PLC |
| 7 | Ventilador aire fresco 1 | Enciende y Apaga el ventilador aire fresco 1 | PLC |
| 8 | Ventilador aire fresco 2 | Enciende y Apaga el ventilador aire fresco 2 | PLC |
| 9 | Extractor Alineadora | Enciende y Apaga el extractor alineadora | PLC |
| 10 | Alineadora | Enciende y Apaga la Alineadora | PLC |
| 11 | Mesa Plegable | Enciende y Apaga la mesa plegable | PLC |
| 12 | Mover mesa plegable arriba | Sube la mesa plegable | PLC |
| 13 | Mover mesa plegable abajo | Baja la mesa plegable | PLC |
| 14 | Adelante Desenrollador | Gira el rodillo desenrollador hacia adelante | PLC |
| 15 | Atrás Desenrollador | Gira el rodillo desenrollador hacia atrás | PLC |
| 16 | Adelante Rodillo Prehmedecedor | Gira el rodillo prehmedecedor hacia adelante | PLC |
| 17 | Atrás Rodillo Prehmedecedor | Gira el rodillo prehmedecedor hacia adelante | PLC |
| 18 | Arriba Sky Roll | Sube el rodillo Sky Roll | PLC |
| 19 | Abajo Sky Roll | Baja el rodillo Sky Roll | PLC |
| 20 | Adelante Persiana | Mueve la persiana hacia adelante | PLC |
| 21 | Atrás Persiana | Mueve la persiana hacia atrás | PLC |
| 22 | Enfriadores alineadora | ON/OFF Enfriadores alineadora | PLC |
| 23 | Cuchilla inferior Cortadora | Sube o Baja la cuchilla para realizar el corte | PLC |
| 24 | Ventiladores Hornos | Enciende y Apaga ventiladores hornos | PLC |
| 25 | Transmisión Principal | Enciende y Apaga motores Transmisión | PLC |
| 26 | Extractor Centralizado | Enciende y Apaga el extractor centralizado | PLC |

| Salidas digitales (Lámparas Consolas) | | | |
|--|---|---|-----------|
| Nº | Nombre | Descripción | En |
| 27 | Emergencia activada desenrollador | Enciende lámpara de emergencia desenrollador | ET1 |
| 28 | Emergencia activada saturadora | Enciende lámpara de emergencia saturadora | ET1 |
| 29 | Activada Gualla de seguridad saturadora | Enciende lámpara activación Gualla saturadora | ET1 |
| 30 | Cadena de enhebrar activada | Enciende lámpara activación cadena enhebrar | ET1 |
| 31 | Extractor Saturadora (ON) | Enciende lámpara extractor saturadora | ET1 |
| 32 | Ventilador aire fresco 1 (ON) | Enciende lámpara ventilador aire fresco 1 | ET1 |
| 33 | Ventilador aire fresco 2 (ON) | Enciende lámpara ventilador aire fresco 2 | ET1 |
| 34 | Sky Roll Limite superior | Enciende lámpara Sky Roll limite superior | ET1 |
| 35 | Sky Roll Limite inferior | Enciende lámpara Sky Roll limite inferior | ET1 |
| 36 | Emergencia activada alineadora | Enciende lámpara de emergencia alineadora | ET2 |
| 37 | Enfriadores Alineadora (ON) | Enciende lámpara enfriadores alineadora | ET2 |
| 38 | Extractor alineadora (ON) | Enciende lámpara extractor alineadora | ET2 |
| 39 | Alineadora (ON) | Enciende lámpara alineadora | ET2 |
| 40 | Activada Gualla de seguridad rod enfri | Enciende lámpara activación Gualla rod enfria | ET2 |
| 41 | Emergencia activada cortadora | Enciende lámpara de emergencia cortadora | ET2 |
| 42 | Activada Gualla de seguridad cortadora | Enciende lámpara activación Gualla cortadora | ET2 |
| 43 | Sistema de Ionización (ON) | Enciende lámpara sistema de ionización | ET2 |
| 44 | Emergencia activada consola | Enciende lámpara de emergencia consola | ET2 |

4.2. DEFINICIÓN DE LAS SEÑALES ANÁLOGAS DE ENTRADA Y SALIDA.

Para el control automático de la impregnadora **BABCOCK** se necesitan entradas análogas que interpreten las señales de corriente provenientes de los sensores de temperatura, para poder visualizarla y controlarla, también se necesitan salidas análogas para variar el porcentaje de apertura de las válvulas de los hornos y la de los rodillos de enfriamiento además de la velocidad de los ventiladores y extractores de los hornos para así controlar la temperatura.

A continuación se muestra el listado de señales analógicas necesarias:

4.2.1 Entradas análogas (sensores de temperatura).

| Sensores de temperatura (Entradas Análogas) | | | |
|--|---------------------------------|--|-----|
| Nº | Nombre | Descripción | En |
| 1 | Horno primera sección | Rango de Temp (0 - 200°C) Sensor utilizado: Pt100 | ET1 |
| 2 | Horno segunda sección | Rango de Temp (0 - 200°C) Sensor utilizado: Pt100 | ET1 |
| 3 | Horno tercera sección | Rango de Temp (0 - 200°C) Sensor utilizado: Pt100 | ET1 |
| 4 | Horno cuarta sección | Rango de Temp (0 - 200°C) Sensor utilizado: Pt100 | ET2 |
| 5 | Horno quinta sección | Rango de Temp (0 - 200°C) Sensor utilizado: Pt100 | ET2 |
| 6 | Motor transmisión saturadora | Rango de Temp (0 - 100°C) Sensor utilizado: Termocupla | ET1 |
| 7 | Motor transmisión R.enfriadores | Rango de Temp (0 - 100°C) Sensor utilizado: Termocupla | ET2 |
| 8 | Motor Rod. Haladores | Rango de Temp (0 - 100°C) Sensor utilizado: Termocupla | ET2 |
| 9 | Motor Cuchilla Giratoria | Rango de Temp (0 - 100°C) Sensor utilizado: Termocupla | ET2 |
| 10 | Motor 1 primera sección | Rango de Temp (0 - 100°C) Sensor utilizado: Termocupla | ET1 |
| 11 | Motor 2 primera sección | Rango de Temp (0 - 100°C) Sensor utilizado: Termocupla | ET1 |
| 12 | Motor 1 segunda sección | Rango de Temp (0 - 100°C) Sensor utilizado: Termocupla | ET1 |
| 13 | Motor 2 segunda sección | Rango de Temp (0 - 100°C) Sensor utilizado: Termocupla | ET1 |
| 14 | Motor 1 tercera sección | Rango de Temp (0 - 100°C) Sensor utilizado: Termocupla | ET1 |
| 15 | Motor 2 tercera sección | Rango de Temp (0 - 100°C) Sensor utilizado: Termocupla | ET1 |

| | | | |
|----|-------------------------------|--|-----|
| 16 | Motor 1 cuarta sección | Rango de Temp (0 - 100°C) Sensor utilizado: Termocupla | ET2 |
| 17 | Motor 2 cuarta sección | Rango de Temp (0 - 100°C) Sensor utilizado: Termocupla | ET2 |
| 18 | Motor 1 quinta sección | Rango de Temp (0 - 100°C) Sensor utilizado: Termocupla | ET2 |
| 19 | Motor 2 quinta sección | Rango de Temp (0 - 100°C) Sensor utilizado: Termocupla | ET2 |
| 20 | Motor extractor saturadora | Rango de Temp (0 - 100°C) Sensor utilizado: Termocupla | ET1 |
| 21 | Motor extractor centralizado | Rango de Temp (0 - 100°C) Sensor utilizado: Termocupla | ET2 |
| 22 | Motor extractor alineador | Rango de Temp (0 - 100°C) Sensor utilizado: Termocupla | ET2 |
| 23 | Rodillos enfriadores por agua | Rango de Temp (0 - 30°C) Sensor utilizado: Pt100 | ET2 |
| 24 | Motor bomba aceite térmico | Rango de Temp (0 - 100°C) Sensor utilizado: Termocupla | ET2 |

Nota(1): Las Pt100 no necesitan transmisor puesto que la distancia del sensor a la Estación Terminal no es mayor de 200mts.

Nota (2): Las Termocuplas que van en los motores son de tipo superficial, cada termocupla debe llevar un acondicionador de señal de (4-20mA).

4.2.2. Salidas análogas (control del proceso).

| Salidas análogas (Control del Proceso) | | | |
|---|--------------------------------------|--|-----------|
| Nº | Nombre | Descripción | En |
| 1 | Válvula Horno 1 | Señal análoga (4-20mA) del PLC (% de apertura) | ET1 |
| 2 | Válvula Horno 2 | Señal análoga (4-20mA) del PLC (% de apertura) | ET1 |
| 3 | Válvula Horno 3 | Señal análoga (4-20mA) del PLC (% de apertura) | ET1 |
| 4 | Válvula Horno 4 | Señal análoga (4-20mA) del PLC (% de apertura) | ET2 |
| 5 | Válvula Horno 5 | Señal análoga (4-20mA) del PLC (% de apertura) | ET2 |
| 6 | Válvula Rodillos enfriadores | Señal análoga (4-20mA) del PLC (% de apertura) | ET2 |
| 7 | Sep Point Variador Rod. Exprimidores | Señal análoga (4-20mA) del PLC (RPM) | PLC |
| 8 | Set Point Variador Rod. Tensores | Señal análoga (4-20mA) del PLC (RPM) | PLC |
| 9 | SetPoint Variador Rod. Enfria | Señal análoga (4-20mA) del PLC (RPM) | PLC |
| 10 | Set Point Variador Rod. Haladores | Señal análoga (4-20mA) del PLC (RPM) | PLC |
| 11 | SetPoint Variador Cuchilla | Señal análoga (4-20mA) del PLC (RPM) | PLC |
| 12 | Ventiladores primera sección | Señal análoga (4-20mA) del PLC (RPM) | PLC |
| 13 | Ventiladores segunda sección | Señal análoga (4-20mA) del PLC (RPM) | PLC |

| | | | |
|----|------------------------------|--------------------------------------|-----|
| 14 | Ventiladores tercera sección | Señal análoga (4-20mA) del PLC (RPM) | PLC |
| 15 | Ventiladores cuarta sección | Señal análoga (4-20mA) del PLC (RPM) | PLC |
| 16 | Ventiladores quinta sección | Señal análoga (4-20mA) del PLC (RPM) | PLC |
| 17 | Extractor centralizado | Señal análoga (4-20mA) del PLC (RPM) | PLC |

4.3. DEFINICIÓN DE LOS BOTONES Y LÁMPARAS DE LAS CONSOLAS DE LAS DIFERENTES SECCIONES.

En cada sección debe existir una consola desde la cual el operario pueda accionar las partes de la máquina que se manejan manualmente y observar el estado de las alarmas o de los motores activados. Los botones y lámparas de cada consola de cada sección deben quedar de la siguiente manera:

| Desembobinadora | |
|------------------------------------|---|
| Botón | Función |
| Adelante desenrollador | Mueve el eje del desenrollador hacia adelante |
| Atrás desenrollador | Mueve el eje del desenrollador hacia atrás |
| Parada de emergencia desenrollador | Detiene Todo el Proceso |
| Lámpara | Función |
| Emergencia Activada | Indica la activación de la emergencia |

| Unidad Saturadora | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| Botón | Función |
| Prueba de Lámparas Saturadora | Prueba estado lámparas saturadora |
| Parada de emergencia saturadora | Detiene Todo el Proceso |
| Parada enhebrar cadena | Para la cadena de enhebrar |
| Arranque enhebrar cadena | Arranca la cadena de enhebrar |
| Parada rodillo alisador | Detiene el rodillo alisador |
| Arranque rodillo alisador | Arranca el rodillo alisador |
| Parada rodillo prehumedecedor | Detiene el rodillo prehumedecedor |

| | |
|-----------------------------------|--|
| Adelante rodillo prehumedecedor | Gira hacia delante el rodillo prehumedecedor |
| Atrás rodillo prehumedecedor | Gira hacia atrás el rodillo prehumedecedor |
| Arriba rodillo Sky Roll | Sube el rodillo Sky Roll |
| Abajo rodillo Sky Roll | Baja el rodillo Sky Roll |
| Parada extractores saturadora | Apaga los extractores de la saturadora |
| Arranque extractores saturadora | Enciende los extractores de la saturadora |
| Parada ventilador aire fresco 1 | Apaga el ventilador de aire fresco |
| Arranque ventilador aire fresco 1 | Enciende el ventilador de aire fresco |
| Parada ventilador aire fresco 2 | Apaga el ventilador de aire fresco 2 |
| Arranque ventilador aire fresco 2 | Enciende el ventilador de aire fresco 2 |
| Lámpara | Función |
| Emergencia activada saturadora | Indica la activación de la emergencia |
| Activada Gualla saturadora | Indica la activación de la galla de seguridad |
| Cadena de enhebrar activada | Indica la activación de la cadena de enhebrar |
| Extractor Saturadora (ON) | Indica la activación del extractor saturadora |
| Ventilador aire fresco 1 (ON) | Indica la activación ventilador de aire fresco 1 |
| Ventilador aire fresco 2 (ON) | Indica la activación ventilador de aire fresco 2 |
| Sky Roll Limite superior | Indica que el sky roll alcanzó su máxima altura |
| Sky Roll Limite inferior | Indica que el sky roll alcanzó su mínima altura |

| Unidad Alineadora | |
|---------------------------------------|--|
| Botón | Función |
| Prueba de Lámparas Alineadora | Prueba estado lámparas alineadora |
| Parada de emergencia alineador | Detiene Todo el Proceso |
| Parada cadena (Paralelo Saturadora) | Para la cadena de enhebrar |
| Arranque cadena (Paralelo Saturadora) | Arranca la cadena de enhebrar |
| Parada enfriadores alineadora | Apaga el ventilador de la alineadora |
| Arranque enfriadores alineadora | Arranca los enfriadores de la alineadora |
| Parada extractor alineadora | Apaga los enfriadores de la alineadora |
| Arranque extractor alineadora | Enciende los extractores de la alineadora |
| Parada alineadora | Apaga la alineadora |
| Arranque alineadora | Enciende la alineadora |
| Lámpara | Función |
| Emergencia activada alineadora | Indica la activación de la emergencia |
| Activada Gualla de rod enfriadores | Indica la activación de la gualla de seguridad |
| Cadena activada (Paralelo Saturadora) | Indica la activación cadena de enhebrado |
| Enfriadores alineadora (ON) | Indica si el ventilador esta encendido |
| Extractor alineadora (ON) | Indica si el extractor esta encendido |
| Alineadora (ON) | Indica si la alineadora esta encendida |

| Unidad Cortadora | |
|--|--|
| Botón | Función |
| Prueba de Lámparas Cortadora | Prueba estado lámparas cortadora |
| Parada de emergencia cortadora | Detiene Todo el Proceso |
| Parada sistema de Ionización | Detiene el sistema de Ionización |
| Arranque sistema de Ionización | Arranca el sistema de Ionización |
| Muestra | Toma una muestra del papel |
| Lámpara | Función |
| Emergencia activada cortadora | Indica la activación de la emergencia |
| Activada Gualla de seguridad cortadora | Indica la activación de la gualla de seguridad |
| Sistema de ionización (ON) | Indica la activación del sistema de ionización |

| Unidad Apiladora | |
|----------------------------------|---|
| Botón | Función |
| Parada Rodillera mesa plegable | Detiene los rodillos de la mesa plegable |
| Arranque Rodillera mesa plegable | Enciende los rodillos de la mesa plegable |
| Adelante Persiana | Mueve hacia adelante la persiana |
| Atrás Persiana | Mueve hacia atrás la persiana |
| Subir mesa plegable | Sube la mesa plegable |
| Bajar mesa plegable | Baja la mesa plegable |

| Consola Principal | |
|----------------------------------|---|
| Botón | Función |
| Parada de emergencia consola | Detiene Todo el Proceso |
| Parada ventiladores hornos | Apaga los 10 ventiladores de los hornos |
| Arranque ventiladores hornos | Arranca los 10 ventiladores de los hornos |
| Parada extractor centralizado | Apaga el extractor centralizado |
| Arranque extractor centralizado | Enciende el extractor centralizado |
| Parada bomba de aceite térmico | Apaga la bomba de aceite térmico |
| Arranque bomba de aceite térmico | Enciende la bomba de aceite térmico |
| Parada bomba de agua fría | Apaga la bomba de agua fría |
| Arranque bomba de agua fría | Enciende la bomba de agua fría |
| Lámpara | Función |
| Emergencia activada consola | Indica la activación de la emergencia |

4.4. SELECCIÓN DEL PLC Y ESTACIONES TERMINALES.

Según el listado de señales anterior tenemos un total de:

- ❖ 107 entradas digitales de 24 Vcc.
- ❖ 44 salidas digitales de 24 Vcc, 0,5 A.
- ❖ 12 entradas analógicas para las (Pt100), cada 1 utiliza 2 entradas.
- ❖ 18 entradas analógicas de (4-20mA) (Termocuplas).
- ❖ 17 salidas analógicas de (0-10 V) o (4-20mA).

Para el control PID que se realiza en cada una de las 5 secciones de los hornos de secado y los rodillos enfriadores y el control con periferia descentralizada, se ha seleccionado entre la gama de PLCs que aparecen en los catálogos del fabricante SIEMENS al PLC de gama media – alta S7 300. PLCs de gama baja como el S7 200 no permiten implementar un sistema de control con periferia descentralizada, lo cual disminuye y simplifica el cableado. Por otro lado, cualquier PLC de la gama superior S7 400 también cubriría las necesidades de la empresa pero por un precio mucho más alto.

Entre las CPU disponibles en la gama S7 300 encontramos las CPU 312 IFM, 313, 314 IFM, 314, 315, 315-2 DP, 316, 318-2, de las cuales se muestra en la *tabla 4.1* las características más importantes al momento de elegir una de acuerdo a las exigencias de la aplicación.

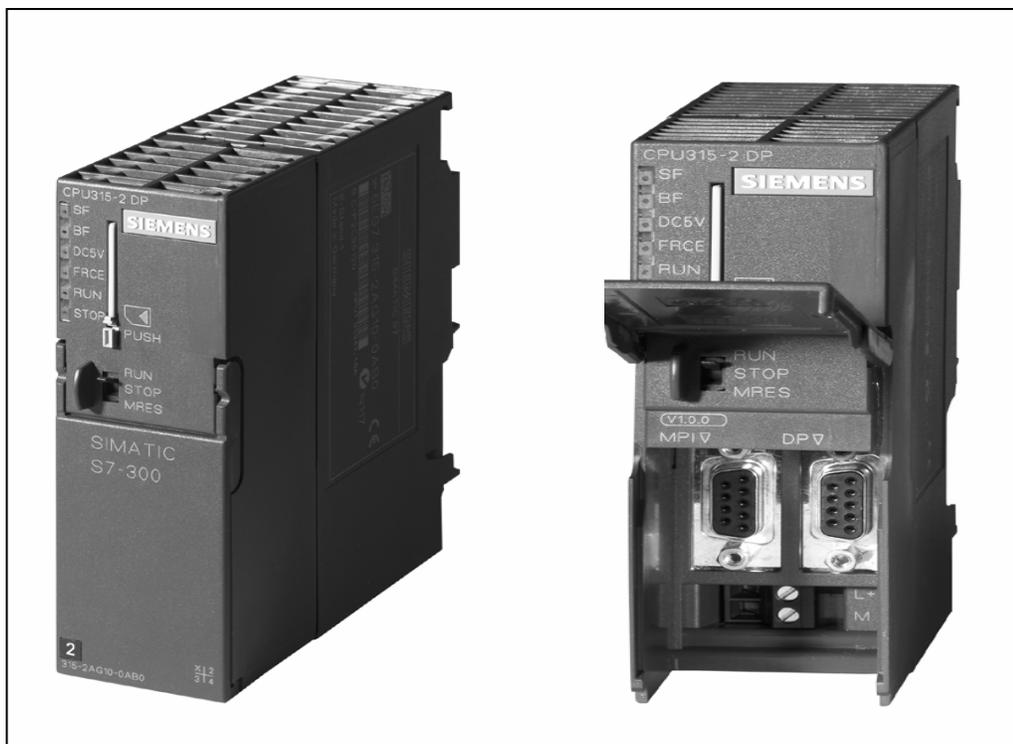
Tabla 4.1. Características más importantes de las CPU de la gama S7 300

| Especificación Técnica | CPU 312 IFM | CPU 313 | CPU 314 IFM | CPU 314 |
|---|---|---|---|---|
| Memoria de trabajo | 6Kbytes | 12Kbytes | 32Kbytes | 24Kbytes |
| Real-time clock | --- | --- | Si | Si |
| Nº máx. de módulos | 8 | 8 | 31 | 32 |
| I/O integradas | | | | |
| Entradas digitales | 10; 24V DC | --- | 20; 24V DC | --- |
| Salidas digitales | 6; 24V DC; 0.5A | --- | 16; 24V DC; 0.5A | --- |
| Entradas análogas | --- | --- | 4; ± 10V;± 20mA | --- |
| Salidas análogas | --- | --- | 1; ± 10V;± 20mA | --- |
| Tiempo cíclico de monitoreo | 150ms por defecto. Ajustable de 1 a 6000ms |
| Configuración distribuida vía Profibus DP | --- | --- | --- | --- |

| Especificación Técnica | CPU 315 | CPU 315-2 DP | CPU 316 | CPU 318-2 |
|---|---|---|---|---|
| Memoria de trabajo | 48Kbytes | 64Kbytes | 128Kbytes | 512Kbytes |
| Real-time clock | Si | Si | Si | Si |
| Nº máx. de módulos | 32 | 32 | 32 | 32 |
| I/O integradas | | | | |
| Entradas digitales | 10; 24V DC | --- | 20; 24V DC | --- |
| Salidas digitales | 6; 24V DC; 0.5A | --- | 16; 24V DC; 0.5A | --- |
| Entradas análogas | --- | --- | 4; ± 10V;± 20mA | --- |
| Salidas análogas | --- | --- | 1; ± 10V;± 20mA | --- |
| Tiempo cíclico de monitoreo | 130ms por defecto. Ajustable de 1 a 6000ms |
| Configuración distribuida vía Profibus DP | --- | Si | --- | Si |

De la lista anterior de CPUs se eligió la **315-2 DP** por ser la que más se adapta a los requerimientos del diseño, por poseer un tamaño de memoria de trabajo mediano – alto y ante todo por la posibilidad de una configuración de control con periferia descentralizado vía Profibus DP, que solo nos brinda esta CPU y la 318-2DP la cual a su vez posee una memoria de trabajo mucho más grande, pero también es mucho más costosa. La apariencia de la **CPU 315-2 DP** se muestra en la *figura 4.1* y su información técnica se puede encontrar en el Anexo C.

Figura 4.1. CPU 315-2 DP



La instalación del PLC y sus módulos de entrada y salida se puede realizar de una manera centralizada (instalación convencional) o de una manera descentralizada.

Debido a la longitud de la maquina impregnadora (47.97mts) realizar una instalación centralizada en la cual se conecta por cable todos los sensores y actuadores directamente en los módulos de entrada/salida acarrea un cableado muy complejo. Por lo cual se decidió llevar a acabo una configuración descentralizada la cual minimiza considerablemente el cableado permitiendo posicionar los módulos de entrada y salida cerca de los sensores y actuadores.

Para la configuración descentralizada se hace necesaria la utilización de módulos periféricos o Estaciones Terminales (ET) y de un bus de campo (PROFIBUS DP).

Las ET que nos ofrece el fabricante SIEMENS pueden ser compactas o modulares. Entre las series de ETs compactas tenemos las ET 200B, ET200C y entre las series de ETs modulares tenemos la ET 200M, ET200U, ET 200X, ET200iS.

Las ET compactas poseen una interfase de comunicación para conectarse al bus de campo y un número fijo de entradas y salidas, las cuales no pueden ser aumentadas. Las ET modulares al igual que las compactas, también poseen su interfase de comunicación, pero a diferencia de estas, las ET modulares tiene la posibilidad de agregar o quitar módulos de entradas y salidas de la serie de los PLC S7 300, los mismos módulos que utiliza esta serie de PLC son los que utiliza la ET200M. Las ETs compactas y modulares se muestran en *la figura 4.2*, a la izquierda la ET compacta y a la derecha la ET modular

Figura 4.2. Tipos de Estaciones Terminales



Para el diseño del esquema de conexión descentralizado que se realizó se decidió utilizar ETs modulares de la serie ET200M, ya que además de su facilidad de inserción y extracción de módulos ya antes mencionada, si uno de los módulos insertados llegará a averiarse en cualquier momento, podría ser reemplazado fácilmente y ante todo rápidamente, ya que la empresa LAMITECH S.A. utiliza módulos de estos en la línea PRENSA II y posee módulos de reemplazo.

Como es obvio, el número de módulos de entradas y salidas tanto digitales como análogas se obtiene a partir del listado de entradas y salidas del *subcapítulo 4.2*, pero como el sistema de conexión que se lleva a cabo es descentralizado, no se pudo elegir tan ligeramente el número de módulos a utilizar como si se tratase de un sistema centralizado. Solo luego de decidir el número de ETs a utilizar y repartir el número de I/Os que le correspondía a cada una, se estableció el número de módulos de entradas y salidas análogas y digitales necesario.

Debido a la longitud de la máquina impregnadora se hizo necesario la implementación de 2 ETs, de las cuales una fue ubicada cerca de la unidad saturadora, cubriendo así todas de las I/O tanto análogas como digitales de la unidad desenrolladora, saturadora y las 3 primeras secciones de los hornos.

La segunda ET se ubicó en cercanías a la unidad de rodillos enfriadores cubriendo así todas las I/O tanto análogas como digitales de la cuarta y quinta sección de los hornos, rodillos enfriadores, unidad alineadora, cortadora y apiladora de papel.

Además de las 2 ETs utilizadas se ubicó un tercer punto de entradas y salidas en el PLC, al cual llegan señales de los guardamotores y salen señales hacia los variadores de frecuencia y contactores de los motores de la maquina, ya que estos se encontrarán en gabinetes cercanos a los gabinetes del PLC. La siguiente tabla (*tabla 4.2*) muestra la cantidad de módulos ubicados en cada una de las ETs y en el PLC.

Tabla 4.2 Puntos de I/Os y cantidad de módulos utilizados en cada uno de los puntos.

| Puntos de I/Os | Tipo de I/Os | Módulos | | I/Os en uso | I/Os disponibles |
|----------------|--------------|----------|-----------------------|-------------|------------------|
| | | Cantidad | Característica | | |
| PLC | DI | 1 | DI 32 x DC 24 V/0,5 A | 32 | --- |
| | | 1 | DI 16 x DC 24 V/0,5 A | 2 | 14 |
| | DO | 1 | DO 32 x DC 24 V/0,5 A | 26 | 6 |
| | AO | 3 | AO 4 x 12Bits | 11 | 1 |
| ET1 | DI | 1 | DI 32 x DC 24 V/0,5 A | 30 | 2 |
| | DO | 1 | DO 16 x DC 24 V/0,5 A | 9 | 7 |
| | AI | 2 | AI 8 x 12Bits | 12 | 4 |
| | AO | 1 | AO 4 x 12Bits | 3 | 1 |
| ET2 | DI | 1 | DI 32 x DC 24 V/0,5 A | 32 | --- |
| | | 1 | DI 16 x DC 24 V/0,5 A | 11 | 5 |
| | DO | 1 | DO 16 x DC 24 V/0,5 A | 9 | 7 |
| | AI | 2 | AI 8 x 12Bits | 15 | 1 |
| | AO | 1 | AO 4 x 12Bits | 3 | 1 |

De acuerdo a la tabla 4.2 se calcularon los siguientes módulos para el sistema:

- ❖ 3 módulos de entradas digitales **SM321 (DI 32 x DC 24 V)**, de referencia **(6ES7 321-1BLx0-0AA0)**.
- ❖ 2 módulos de entradas digitales **SM321 (DI 16 x DC 24 V)**, de referencia **(6ES7 321-1BHx2-0AA0)**.

- ❖ 1 módulo de salidas digitales **SM322 (DO 32 x DC24V/0,5A)**, de referencia **(6ES7 322-1BL00-0AA0)**.
- ❖ 2 módulos de salidas digitales **SM322 (DO 16 x DC24V/0,5A)**, de referencia **(6ES7 322-1BHx1-0AA0)**.
- ❖ 4 módulos de entradas análogas **SM331 (AI 8 x 12Bits)**, de referencia **(6ES7 331-7KF02-0AB0)**.
- ❖ 5 módulos de salidas análogas **SM332 (AO 4 12Bits)**, de referencia **(6ES7 332-5HD01-0AB0)**.

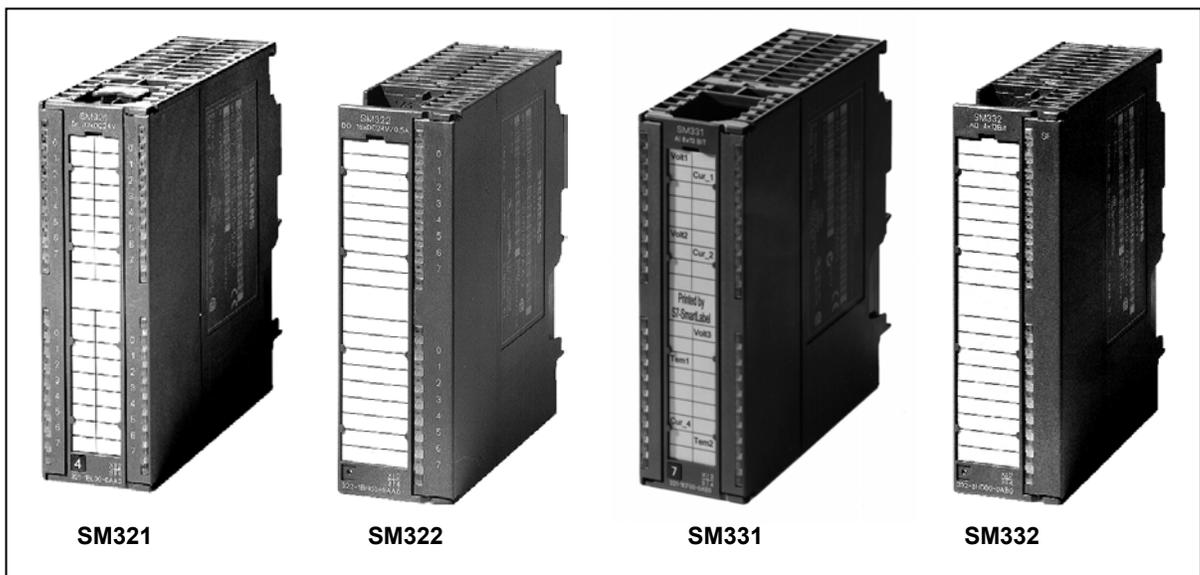
La ET modular elegida fue la **ET 200M**, cuya apariencia se aprecia en *la figura 4.2*. Las características técnicas de los módulos mencionados anteriormente se pueden encontrar en el Anexo D.

Los módulos elegidos fueron SM321, SM322, SM331, SM332 que se pueden apreciar en *la figura 4.3*. Otra opción que se consideró al momento de elegir los módulos del PLC, fue la utilización de un *módulo especializado de funciones* para realizar el control de temperatura de los hornos.

El fabricante SIEMENS nos ofrece el módulo de control de lazo cerrado **FM 355**, con el cual se pueden implementar controladores PID y Fuzzy. La principal ventaja que nos ofrece la utilización del módulo FM 355 es la de poder seguir ejerciendo

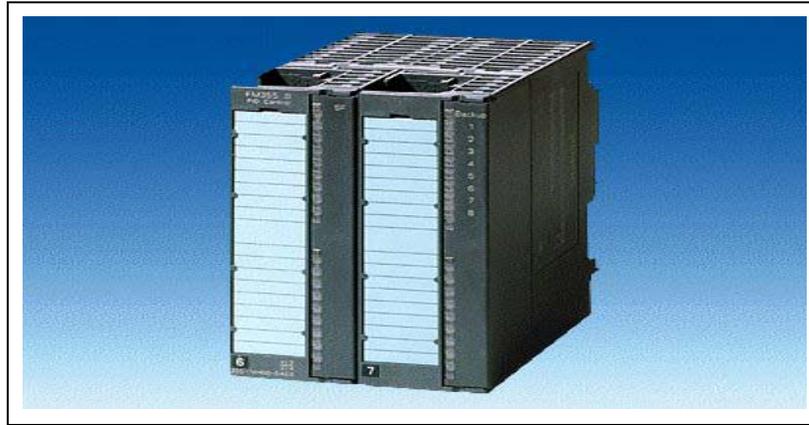
control sobre el proceso aun después de que en la CPU ocurra una falla. Por otro lado las 4 I/O análogas del modulo FM 355 solo nos permite la implementación de cuatro PID, por lo cual se necesitarían dos unidades para suplir los seis PIDs que requieren las cinco secciones de hornos y la sección de rodillos de enfriamiento. Otra desventaja de utilizar este modulo de función es su alto costo comparado con un modulo estándar de I/O análogas, este módulo de función se muestra en la *figura 4.4*.

Figura 4.3. Módulos para el PLC y las estaciones terminales.



La comunicación entre el PLC y sus Estaciones Terminales (ET) se realizó a través del bus de campo **PROFIBUS DP** que nos ofrece el fabricante SIEMENS.

Figura 4.4. Módulo de función FM355



Para alimentar el S7-300 y los sensores/actuadores con 24 V c.c. se dispone dentro del sistema S7-300 de diferentes fuentes o módulos de alimentación. Para nuestro diseño se escogieron las siguientes fuentes:

- ❖ **PS 307 2A:** Cuya referencia es **(6ES7 307-1BA00-0AA0)**; 1 para cada estación terminal (ET1 y ET2).

- ❖ **PS 307 5A:** Cuya referencia es **(6ES7 307-1EAx0-0AA0)**; 1 para el PLC.

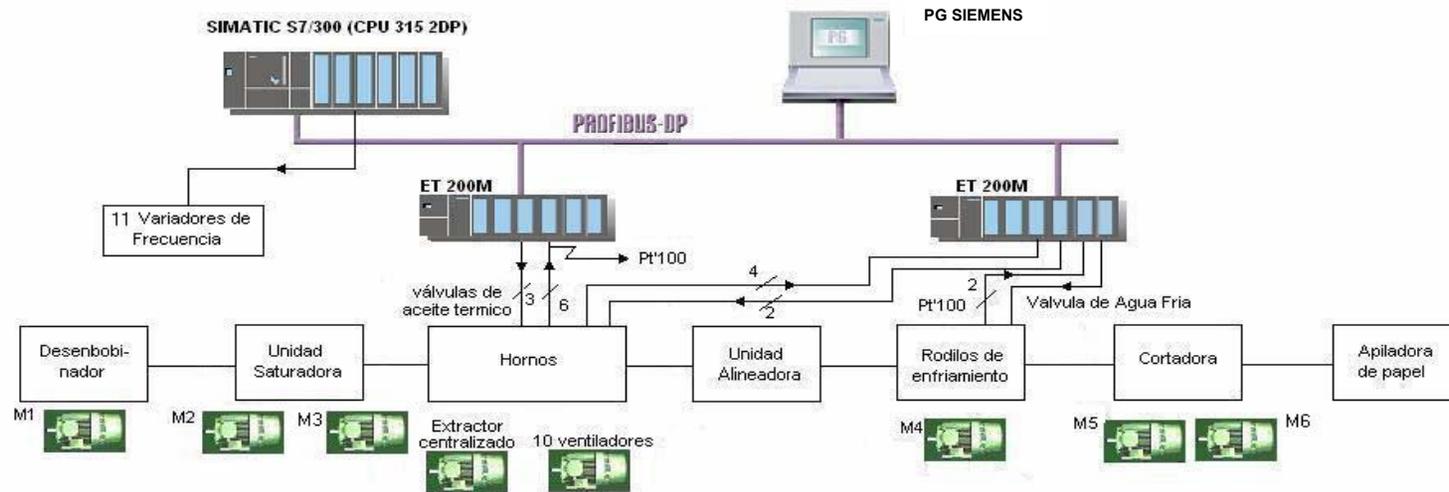
Se escogió una fuente de mayor amperaje para el PLC por que es el que maneja mayor número de módulos, la información técnica de las fuentes se encuentra en el Anexo E.

Para el montaje del PLC se requieren dispositivos básicos para su funcionamiento como lo son: memoria EEPROM, accesorios de montaje (gabinete, rieles, canaletas, aisladores, barraje, borneras de tierra, etc..)

A continuación se muestran los diagramas de bloques del sistema de conexión descentralizado de las señales de entrada/salida tanto análogas como digitales de control del proceso y supervisión de temperatura de los motores y los diagramas de instrumentación.

Diagrama de Bloques del Sistema (I)

(Diagrama de conexión de señales análogas para control de procesos)



Los motores de la lista tienen 1 variador de frecuencia cada uno.

- M1 Motor desenbobinadora
- M2 Motor Rodillos Tensores
- M3 Motor Rodillos Exprimidores
- M4 Motor Rodillos Enfriadores.
- M5 Motor Rodillos Haladores.
- M6 Motor Cuchilla Giratoria

Nota: la pareja de ventiladores que se encuentra en cada una de las 5 secciones de los hornos será controlada por un variador de frecuencia

Diagrama de Bloques del Sistema (II)

(Diagrama de conexión de señales digitales para control de procesos)

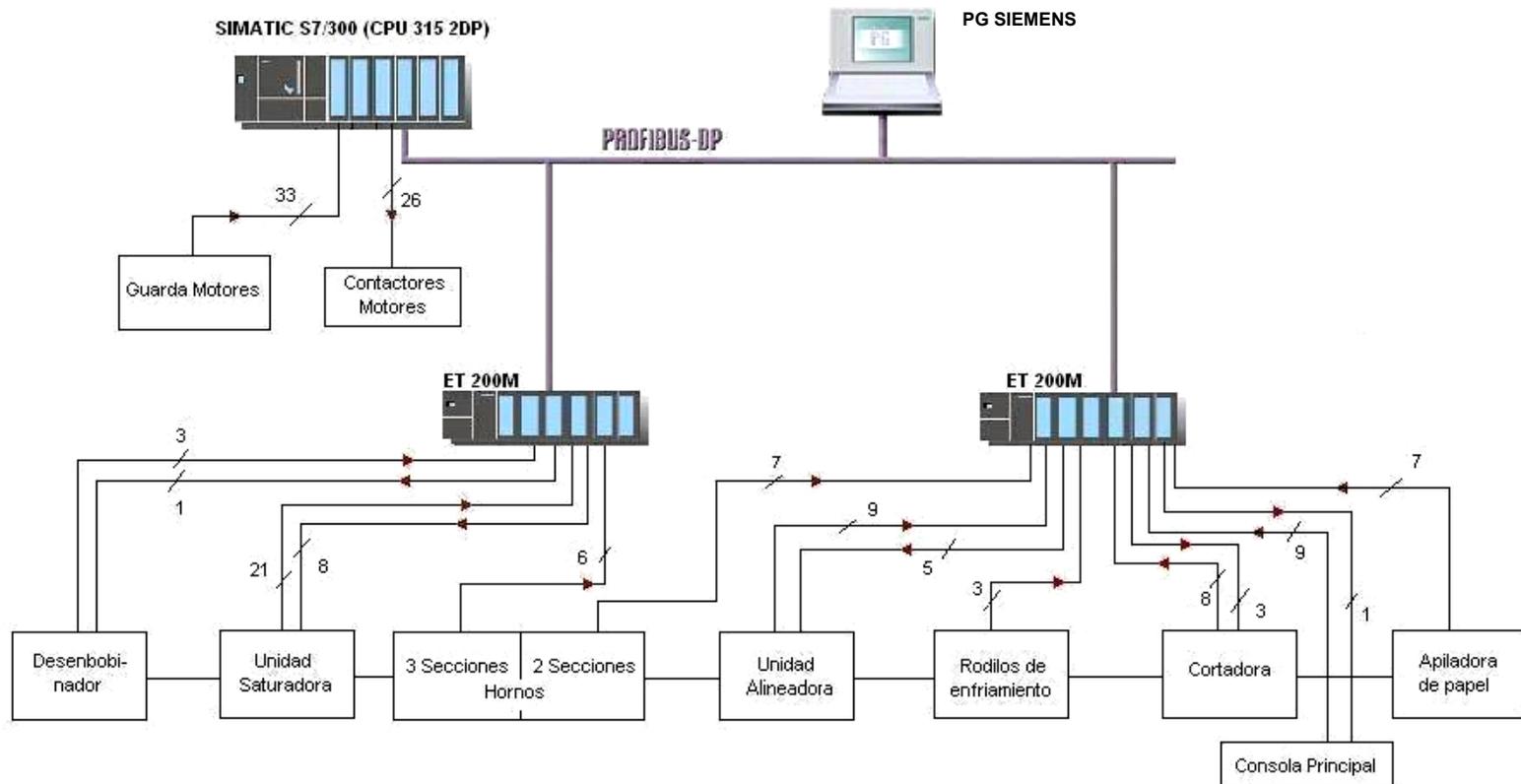


Diagrama de Bloques del Sistema III)
(Diagrama de conexión de señales análogas para la supervisión de temperatura de los motores principales)

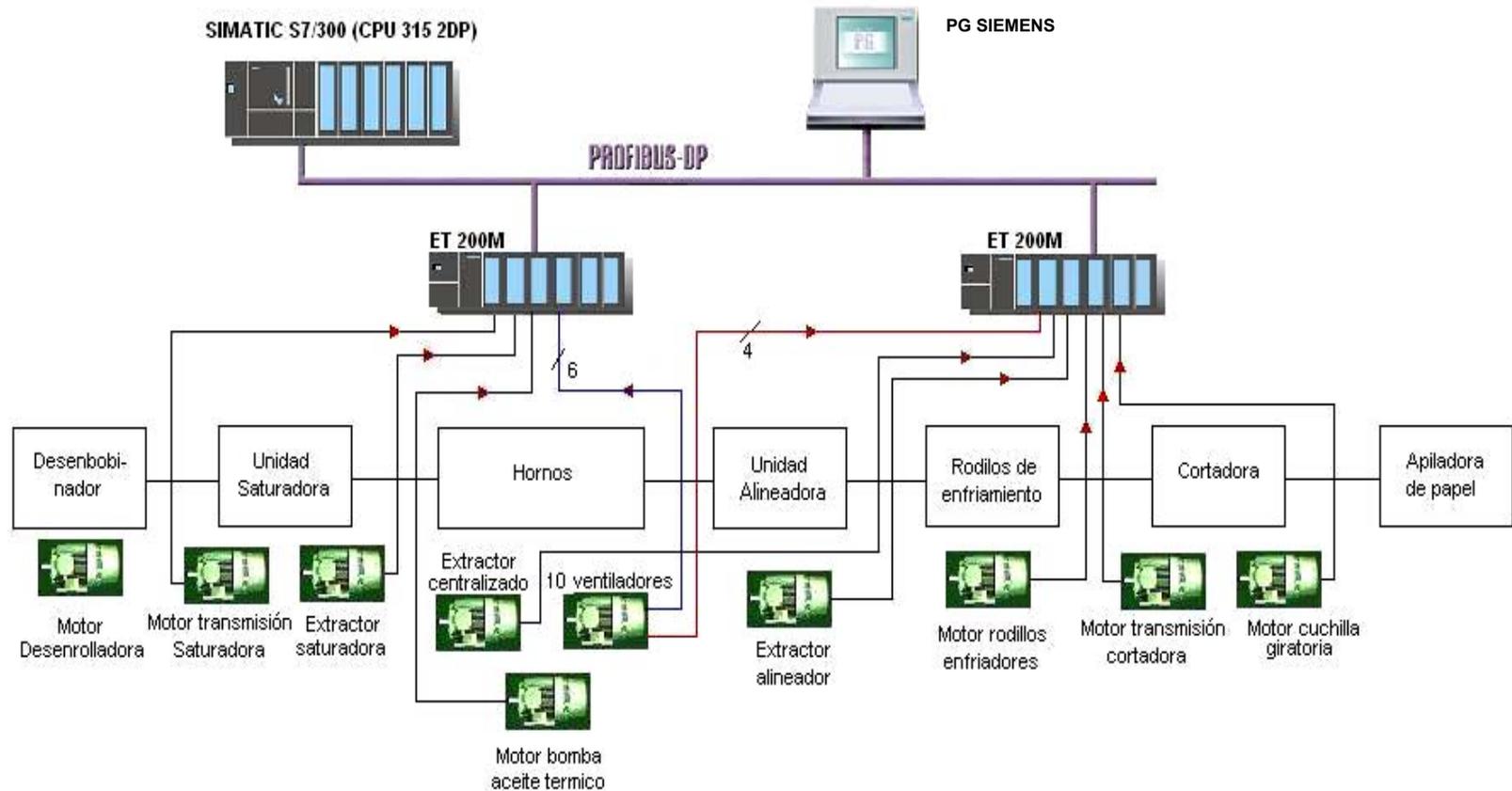


DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN # 1

CONVENCIONES

- Línea de Proceso
- // — Señal Neumática
- - - Señal Eléctrica
- o - o - o - o - o - o - o - Enlace de sistema

- Elemento Primario de Temperatura
- Transmisor de Temperatura
- Interruptor de Posición
- Interruptor de Presión de Aire
- Válvula de Control de Temperatura
- Interruptor Contador
- Interruptor de Flujo
- Motor
- Control de Velocidad
- Control de Posición
- Interruptor de Arranque
- Indicador de Temperatura en Pantalla
- Alarma de Flujo
- Interruptor Manual
- Control de Temperatura
- Indicador de Contador

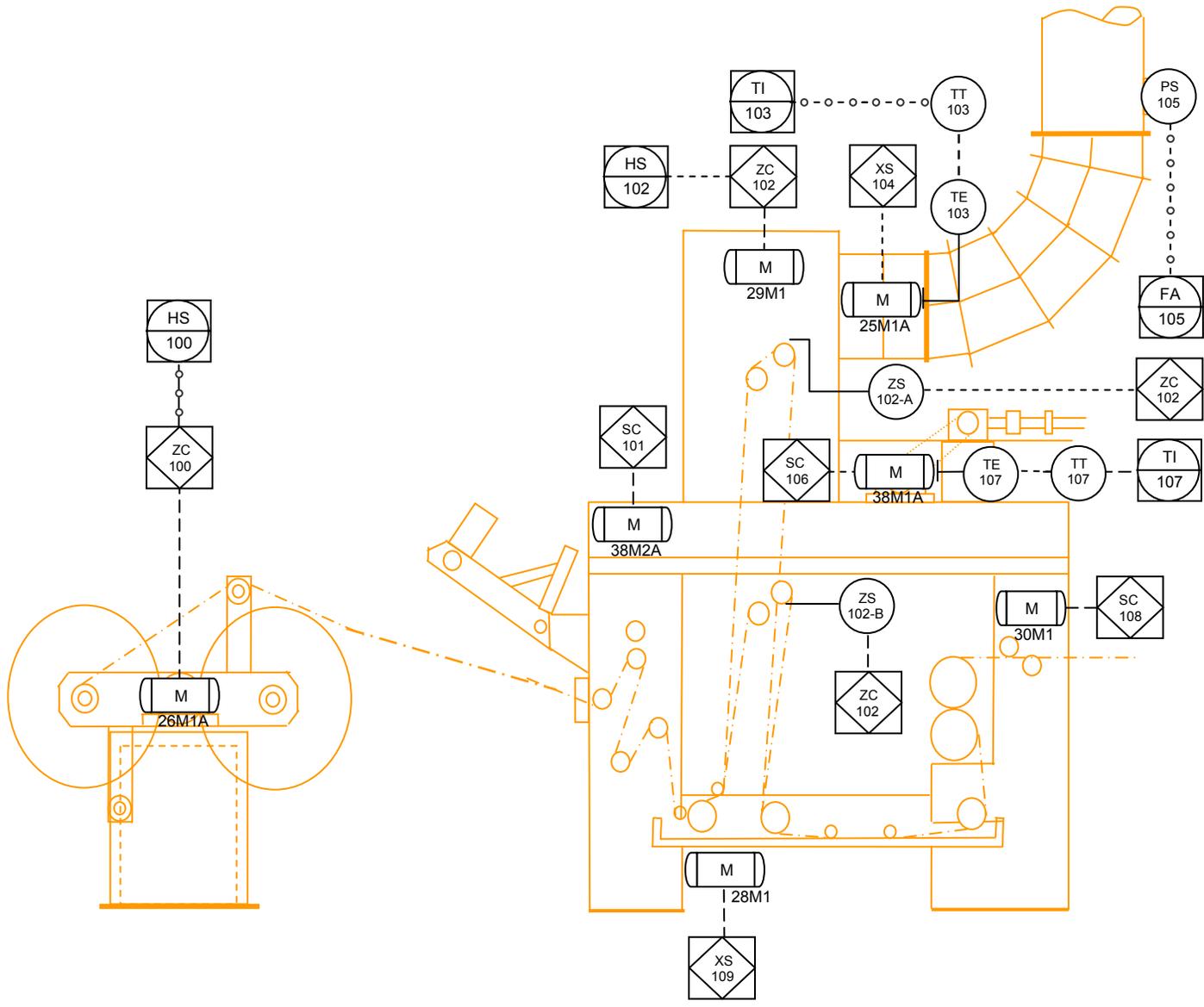
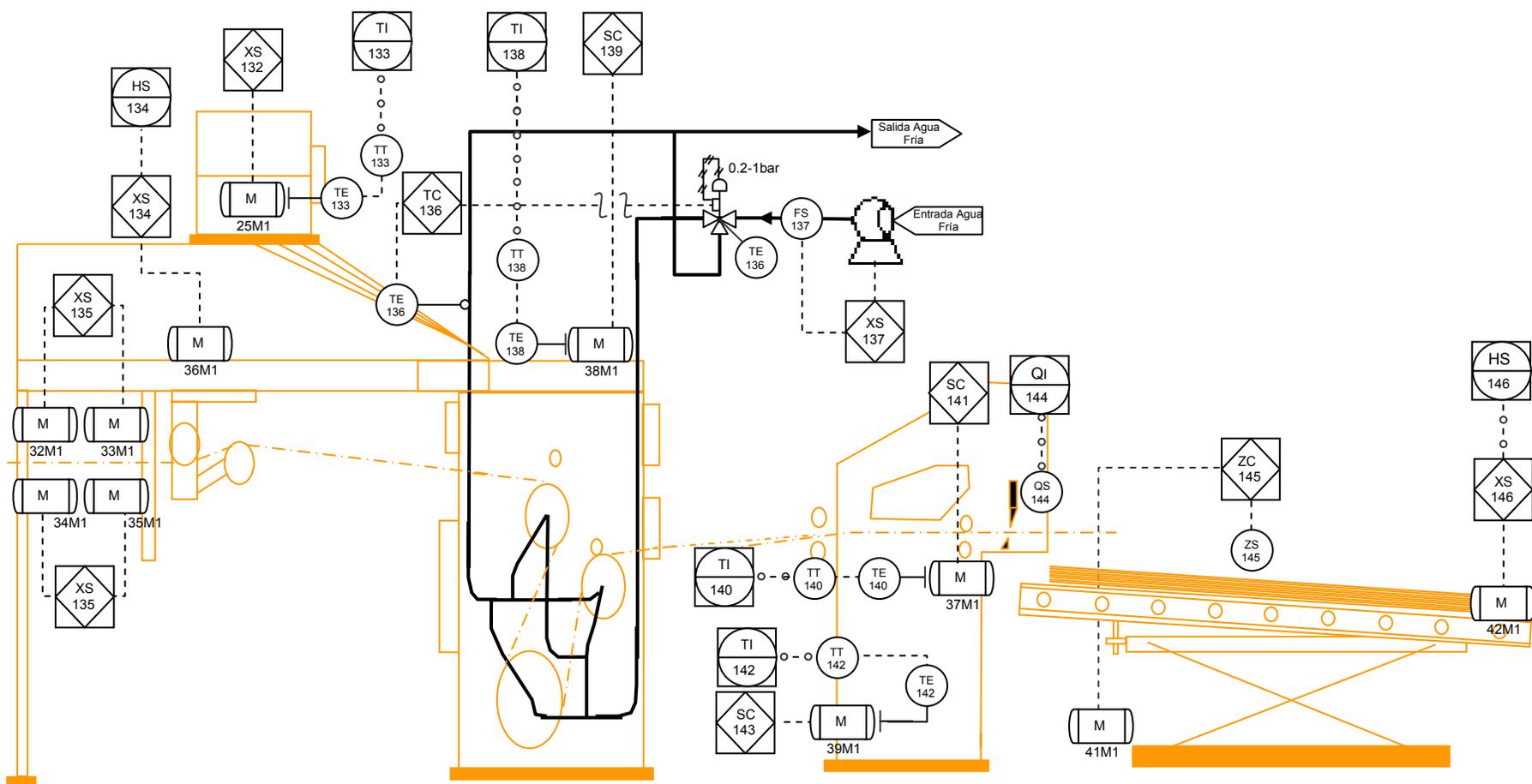


DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN # 3



Lista de Materiales

| TAG | DESCRIPCIÓN | FABRICANTE | REFERENCIA |
|------------|--|-------------------|-----------------------------|
| TT 103 | Transmisor de Temperatura | Inor | APAQ-LC |
| TE 103 | Termocupla Superficial | Cole Parmer | EW-08533-91 |
| TT 107 | Transmisor de Temperatura | Inor | APAQ-LC |
| TE 107 | Termocupla Superficial | Cole Parmer | EW-08533-91 |
| TE 111 | Termoresistencia de Platino (Pt100) | Omega | PR-12-2-100-1/4-6-E |
| TCV 111 | Valvula Electroneumatica de 3 vias | Honeywell | 73284394 - 011 |
| TE 112 | Termocupla Superficial | Cole Parmer | EW-08533-91 |
| TT 112 | Transmisor de Temperatura | Inor | APAQ-LC |
| TE 113 | Termocupla Superficial | Cole Parmer | EW-08533-91 |
| TT 113 | Transmisor de Temperatura | Inor | APAQ-LC |
| TE 115 | Termoresistencia de Platino (Pt100) | Omega | PR-12-2-100-1/4-6-E |
| TCV 115 | Valvula Electroneumatica de 3 vias | Honeywell | 73284394 - 011 |
| TE 116 | Termocupla Superficial | Cole Parmer | EW-08533-91 |
| TT 116 | Transmisor de Temperatura | Inor | APAQ-LC |
| TE 117 | Termocupla Superficial | Cole Parmer | EW-08533-91 |
| TT 117 | Transmisor de Temperatura | Inor | APAQ-LC |
| TE 119 | Termoresistencia de Platino (Pt100) | Omega | PR-12-2-100-1/4-6-E |
| TCV 119 | Valvula Electroneumatica de 3 vias | Honeywell | 73284394 - 011 |
| TE 120 | Termocupla Superficial | Cole Parmer | EW-08533-91 |
| TT 120 | Transmisor de Temperatura | Inor | APAQ-LC |
| TE 121 | Termocupla Superficial | Cole Parmer | EW-08533-91 |
| TT 121 | Transmisor de Temperatura | Inor | APAQ-LC |
| TE 123 | Termoresistencia de Platino (Pt100) | Omega | PR-12-2-100-1/4-6-E |
| TCV 123 | Valvula Electroneumatica de 3 vias | Honeywell | 73284394 - 011 |
| TE 124 | Termocupla Superficial | Cole Parmer | EW-08533-91 |
| TT 124 | Transmisor de Temperatura | Inor | APAQ-LC |
| TE 125 | Termocupla Superficial | Cole Parmer | EW-08533-91 |
| TT 125 | Transmisor de Temperatura | Inor | APAQ-LC |
| TE 127 | Termoresistencia de Platino (Pt100) | Omega | PR-12-2-100-1/4-6-E |
| TCV 127 | Valvula Electroneumatica de 3 vias | Honeywell | 73284394 - 011 |
| TE 128 | Termocupla Superficial | Cole Parmer | EW-08533-91 |
| TT 128 | Transmisor de Temperatura | Inor | APAQ-LC |
| TE 129 | Termocupla Superficial | Cole Parmer | EW-08533-91 |
| TT 129 | Transmisor de Temperatura | Inor | APAQ-LC |
| QS 144 | Sensor Optico de Detección Directa | Pepperl+Fuchs | MLV12-54/32/82b/124 |
| ZS 145 | Sensor Optico de Barrera por Reflexión | Pepperl+Fuchs | MLV12-8-H-250-RT/47/65b/124 |

5. DISEÑO DE LA ESTRATEGIA DE CONTROL DE LA TEMPERATURA, VELOCIDAD Y LONGITUD DE CORTE DEL PAPEL DECORATIVO.

5.1. PROBLEMAS ACTUALES QUE PRESENTA LA MÁQUINA.

La máquina en las condiciones actuales presenta los siguientes problemas:

- El sistema de transmisión de potencia motriz, esta compuesto por un eje central, el cual se encuentra acoplado a un motor principal que transmite movimiento a las diferentes secciones de la máquina a través de inversores de giro, reductores de velocidad (PIV), poleas y engranajes. Este sistema no es óptimo puesto que hay que hacer ajustes constantemente debido a que las vibraciones producidas por el movimiento lo desajustan además no se puede controlar independientemente la velocidad de las diferentes secciones de la máquina impregnadora.

- Actualmente no existe un sistema de control de la temperatura en los hornos, siendo esta la variable más crítica del proceso pues en los hornos debe haber una temperatura específica y constante (120 – 145 °C) que varía según el tipo de papel que se este impregnando.
- No existe un sistema de control de la velocidad de los ventiladores de los hornos, para cada tipo de papel deben tener una velocidad específica (Máximo 850 RPM).
- Tampoco existe un sistema de control de temperatura de los rodillos de enfriamiento, la cual también debe ser constante (21 ° C).
- La cortadora que posee la máquina es de tipo guillotina, lo cual ocasionaría problemas al momento del corte, puesto que el papel se encuentra en movimiento y al caer la cuchilla este tiende a arrugarse porque la cuchilla trata de frenarlo.
- El control de la velocidad de las diferentes secciones de la máquina se realiza por medio de inversores de giro y reductores de velocidad mecánicos los cuales sufren mucho desgaste puesto que la máquina trabaja las 24 horas del día.

5.2. REQUERIMIENTOS Y CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Se diseñó un sistema de control automático descentralizado con un PLC S7-300 y 2 estaciones terminales conectados entre sí por medio del bus de campo Profibus DP. Las señales digitales de entrada y salida de las consolas que activan motores y lámparas ya sea manual o automáticamente son recibidas por las estaciones terminales, de allí son enviadas al PLC por el Profibus DP.

Estas señales recibidas son interpretadas y dependiendo del programa que se encuentra en la memoria del PLC se ejerce una acción programada, esta acción puede ser ejecutada por el mismo PLC por medio de sus módulos o por las estaciones terminales que trabajan como esclavos del PLC, las principales características que debe poseer el sistema diseñado son las siguientes:

1. Una consola por sección desde la cual se pueda observar el estado de las alarmas y se pueda accionar motores de la máquina que operen manualmente según el operario lo considere necesario, como es el caso del rodillo Sky Roll.
2. Una consola principal con un computador con el software de supervisión **Windows Control Center** (WINCC). Este software le permitirá al operario seleccionar la longitud deseada de la hoja, la velocidad de la línea y la receta a utilizar.

3. El software de supervisión contará con una base de datos en la que se encuentran los setpoints de temperatura de las 5 secciones de los hornos y de los rodillos enfriadores, además de la velocidad de los ventiladores de los hornos para cada tipo de papel a impregnar, luego estos datos son enviados al PLC y guardados en un bloque de datos que es consultado por el bloque principal de programa para controlar el proceso.

4. La unidad saturadora, unidad enfriadora y la unidad cortadora deben contar con un motor independiente cada una para la transmisión de movimiento y un variador de frecuencia por motor para controlarles y sincronizarles la velocidad (**ver subcapítulo 5.2.3**) para evitar la ruptura del papel por tensión excesiva, ya que estas 3 unidades son las que se encargan de mantener la tensión del papel a través de los hornos

5. En la unidad cortadora la longitud de la hoja será controlada automáticamente por el PLC según el tamaño seleccionado en la receta (**ver subcapítulo 5.2.4**), además podrá ser variada por el operario en cualquier momento en el software de supervisión.

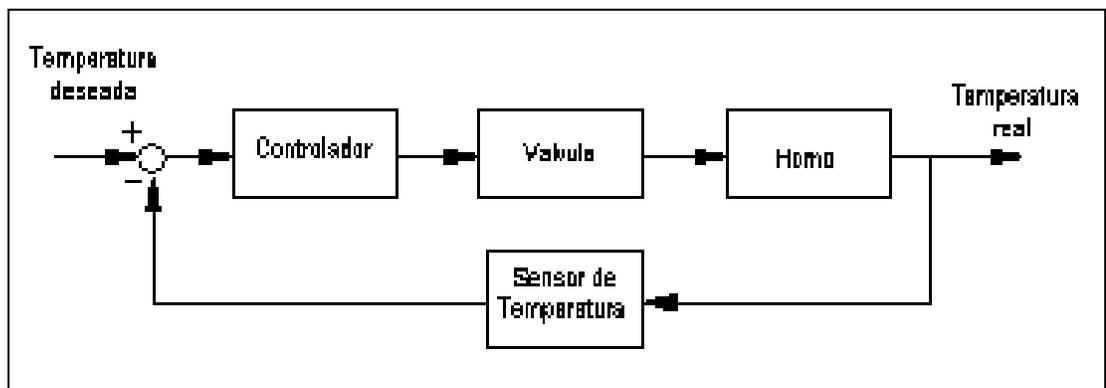
6. La unidad cortadora debe contar con un sensor óptico que cuente las hojas impregnadas y muestre la cantidad en el supervisorio, además permitirá al operario poner el contador a cero en cualquier momento.

7. La unidad apiladora debe contar con un sensor óptico que baje automáticamente la mesa cuando las hojas hayan sobrepasado el nivel máximo asegurando así que las hojas queden bien apiladas.
8. El programa del PLC debe tener 6 lazos de control PID independientes para el control de la temperatura en las 5 secciones de los hornos y en los rodillos enfriadores. El ajuste de las constantes proporcional, integral y derivativa se podrá realizar fácilmente en el software supervisorio.
9. Los cambios en los setpoints de la receta y en las constantes PID serán restringidas a los operarios por medio de claves que impidan su modificación.
10. El supervisorio tendrá un registro de las alarmas ocurridas, especificando el lugar en donde se generó la alarma, la hora y la descripción detallada de la alarma ocurrida.
11. El supervisorio permitirá al operario visualizar en tiempo real las siguientes variables del proceso:
 - Temperatura en los hornos de secado (30 – 160 °C).
 - Temperatura en los motores (30 – 100°C).
 - Gráficas de temperatura contra tiempo de los motores.

- Porcentaje de apertura de las válvulas de control (0 – 100%).
- Velocidad de los ventiladores de los hornos (0 – 850 RPM).
- Velocidad del extractor centralizado (0 – 1750 RPM).
- Velocidad de los motores de la transmisión de movimiento.
- Señales de sobrecorriente de los guardamotores, estado de los switches de flujo de aceite térmico y agua fría, estado de los switches de flujo de aire de extracción, activación de paradas y guallas de emergencia.

5.2.1. Control de Temperatura en los hornos de secado. El control de temperatura en los hornos de secado se realizará a través de la manipulación del caudal de aceite térmico que fluye por los intercambiadores de calor ubicados en el interior de los hornos. El sistema de control utilizado es de lazo cerrado, tal como el que se muestra en *la figura 5.1*

Figura 5.1. Diagrama de bloques del sistema de control de temperatura



La temperatura real en el interior de los hornos será medida con sensores tipo "Pt100" (1 sensor por sección), los cuales se encuentran insertados en los conductos de aire caliente. Desde allí, estos envían una señal corriente de (4 a 20 mA) proporcional a la temperatura real dentro del horno al controlador. Este a su vez compara ésta temperatura con la temperatura deseada, dependiendo del tipo de papel que se este impregnando, y si la temperatura real difiere de la deseada el controlador envía una señal a las válvulas de aceite térmico, para que estas varíen su porcentaje de apertura. Esta variación automática permite que haya mayor o menor flujo de aceite térmico en los

conductos, lo cual hace que aumente o disminuya la temperatura dentro de los hornos hasta alcanzar la temperatura deseada.

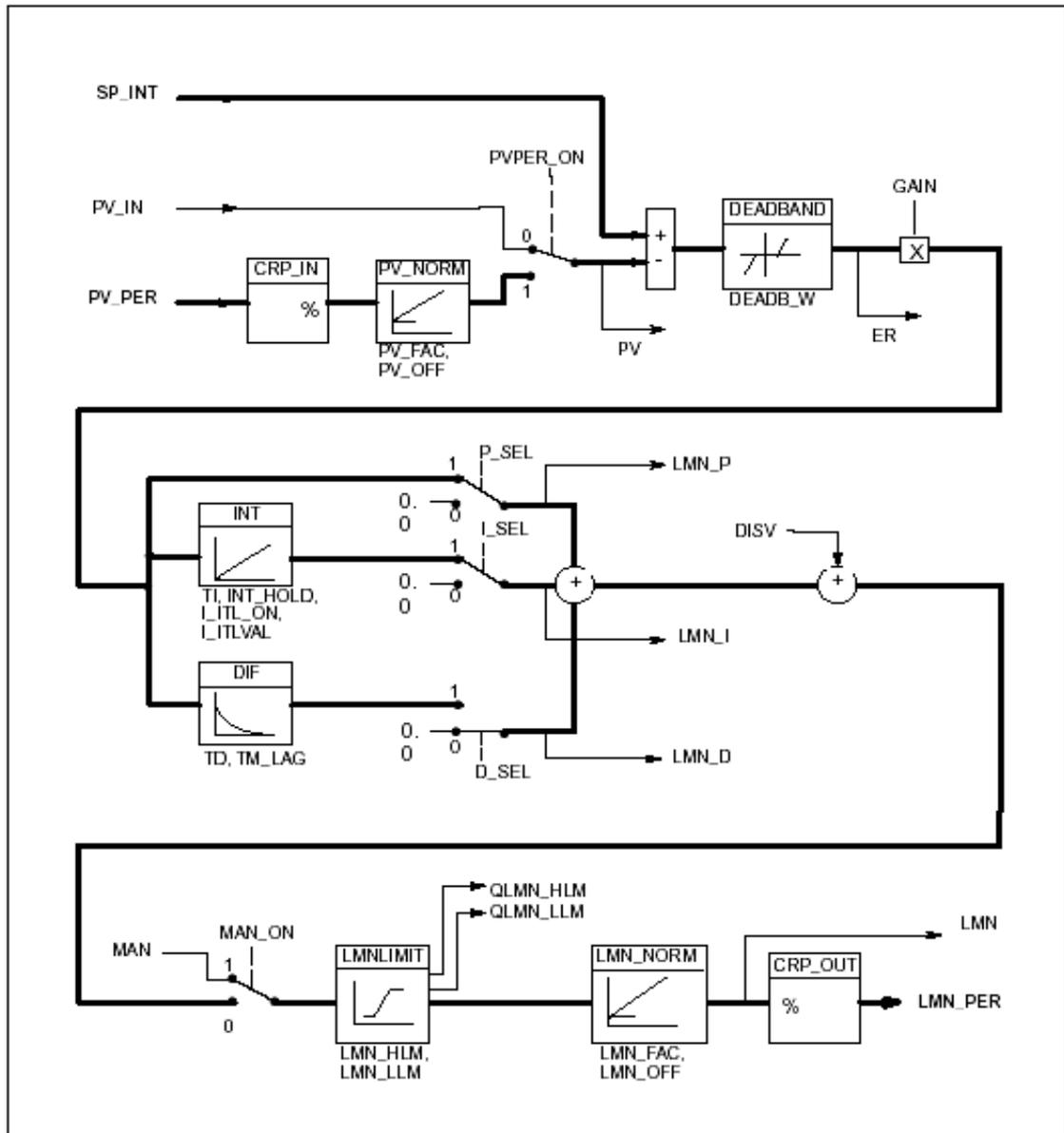
El controlador usado es un regulador PID digital, el cual se implementa a través del software **STEP 7 Ver5.0**, el cual es utilizado para la programación del PLC. Este regulador continuo viene incluido como una de las herramientas internas de trabajo del software ya mencionado y aparece con el nombre de FB CONT_C, por lo que no hace falta diseñar el algoritmo PID de control, sólo basta con parametrizar el FB CONT_C y ponerlo a trabajar.

Entre los parámetros mínimos necesarios para poner a funcionar el controlador tenemos: obviamente los valores de las constantes K_p , T_i , T_d , el valor del setpoint deseado y el tiempo de muestreo. Entre otras de las características que posee el CONT_C está la posibilidad de conmutar entre modo automático y modo manual. En este último la magnitud manipulada sigue un valor ajustado manualmente.

También permite la conexión y desconexión independiente de las acciones proporcional, integral y derivativa, lo que permite la configuración de controladores P, PD y PID. Por otro lado, a través de su entrada de magnitud perturbadora, el CONT_C puede llevar a cabo un control anticipativo.

El diagrama de bloques de la composición interna del FB CONT_C se muestra en la *figura 5.2*.

Figura 5.2. Diagrama de bloques del FB CONT_C

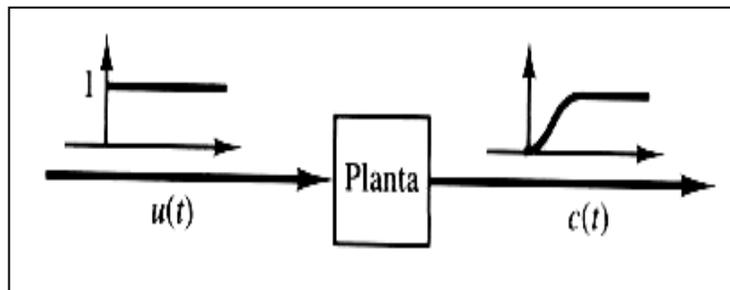


Para conocer mas acerca del resto de las entradas y salidas configurables del FB CONT_C consultar el Anexo F.

La sintonización del controlador PID de cada una de las secciones de los hornos y rodillos enfriadores puede hacerse una vez se encuentre en funcionamiento la impregnadora en la pantalla de sintonización de PID's de WINCC utilizando los métodos experimentales expuestos por **Ziegler-Nichols**.

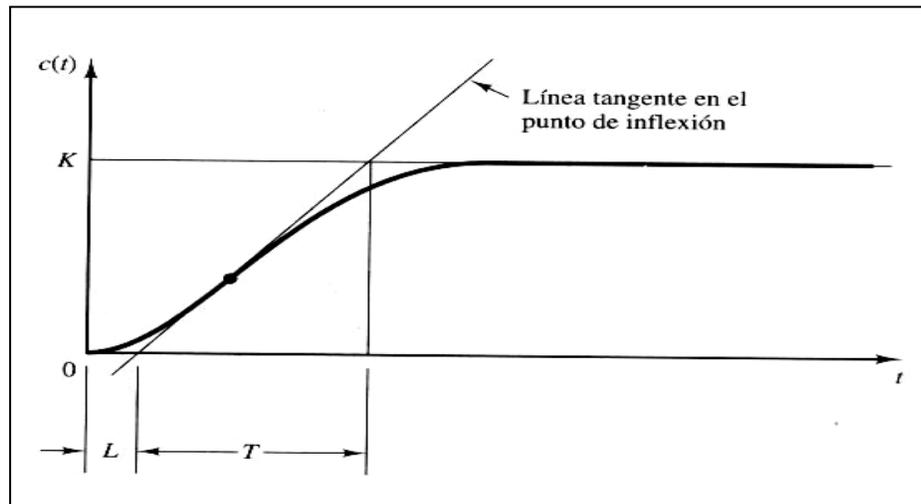
El primer método que se recomienda utilizar para la sintonización de los controladores PID es el de la curva de reacción. En este método se aplica una entrada escalón a la planta, lo cual significa un cambio abrupto de 0 a 100% en el valor de la variable manipulada en el proceso de control y se observa la respuesta de la variable controlada, tal como se muestra en la *figura 5.3*

Figura 5.3 Respuesta escalón unitario de una planta.



Si la respuesta de la variable controlada ante la entrada escalón tiene forma de S se toma de esta el tiempo de retardo L y la constante de tiempo T , las cuales se determinan dibujando una recta tangente en el punto de inflexión de la curva en forma de S y determinando las intersecciones de esta tangente con el eje de tiempo y la línea $c(t) = K$ como se muestra en la *figura 5.4*.

Figura 5.4 Curva de respuesta con forma de S



Luego, de acuerdo a los valores de L y T obtenidos de la curva de respuesta en forma de S, se calculan los valores de K_p , T_i y T_d según las fórmulas que aparecen en la *tabla 5.1*.

Tabla 5.1 Fórmulas para calcular los valores de K_p , T_i , T_d , del controlador PID según Ziegler Nichols.

| Tipo de controlador | K_p | T_i | T_d |
|---------------------|-------------------|-------|--------|
| PID | $1.2 \frac{T}{L}$ | $2L$ | $0.5L$ |

El segundo método que recomendamos consiste en establecer un $T_i = \infty$ y $T_d = 0$. Usando sólo la acción de control proporcional (véase la *figura 5.5*), se debe incrementar K_p de 0 a un valor crítico K_{cr} en donde la salida exhiba primero

oscilaciones sostenidas. (Si la salida no presenta oscilaciones sostenidas para cualquier valor que pueda tomar K_p , no se puede aplicar este método).

Figura 5.5 Sistema de lazo cerrado con controlador proporcional

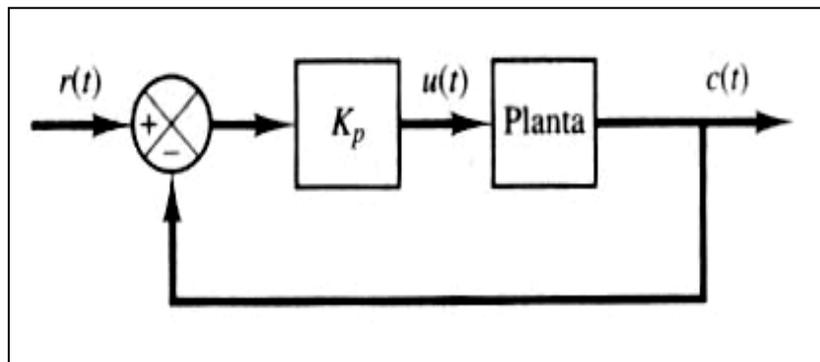
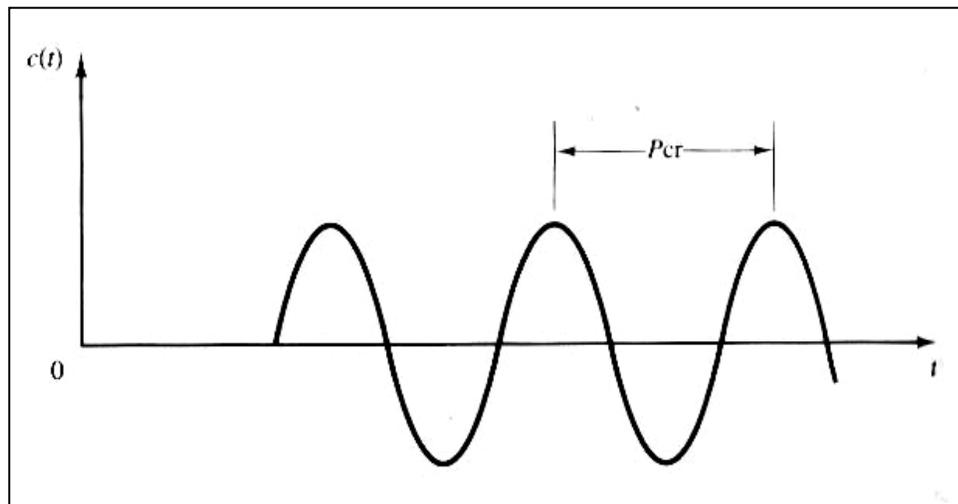


Figura 5.6 Oscilación sostenida con un periodo P_{cr} .



Si se logran obtener las oscilaciones sostenidas como se muestra en la *figura 5.6*, entonces a partir de K_{cr} con el que se consiguieron las oscilaciones y el periodo P_{cr} , se establecen los valores de los parámetros K_p , T_i y T_d de acuerdo con las fórmulas que aparecen en la *tabla 5.2*.

Tabla 5.2 Fórmulas para calcular los valores de K_p , T_i , T_d , del controlador PID.

| Tipo de controlador | K_p | T_i | T_d |
|---------------------|-------------|-------------|---------------|
| PID | $0.6K_{cr}$ | $0.5P_{cr}$ | $0.125P_{cr}$ |

En su defecto, si ninguno de los anteriores métodos funciona se debe recurrir a la sintonización por tanteo, para la cual se debe iniciar colocando al controlador un K_p pequeño, $T_i = \infty$ y un $T_d = 0$. Luego se debe mover el set point hacia arriba o hacia abajo y se ajusta el valor de K_p hasta obtener una relación de amortiguamiento de 0.25%. Una vez hecho esto, se debe disminuir el valor de T_i hasta llegar cerca de la inestabilidad. Luego se aumenta T_d en pequeños incrementos hasta obtener un comportamiento cíclico a medida que se desplaza el set point hacia arriba y hacia abajo. Por ultimo se realiza una sintonización fina disminuyendo K_p , aumentando T_i y disminuyendo T_d hasta obtener en la planta el comportamiento deseado.

5.2.2. Control de Temperatura en los rodillos de enfriamiento. El control de temperatura en los rodillos de enfriamiento es muy similar al que se realizará en los hornos de secado. La temperatura en los rodillos de enfriamiento será medida por un sensor tipo "Pt100" que debe ser ubicado en la tubería de agua fría a la salida de los rodillos enfriadores, este sensor enviará una señal de corriente de (4 a 20 Ma) al PLC a través del cual se implementa un controlador PID digital.

El programa compara el valor de la temperatura real en los rodillos enfriadores con la temperatura deseada o setpoint estipulado y de encontrar diferencias entre estos valores envía una señal de corriente hacia la válvula de tres vías para que esté aumente o disminuya el flujo de agua fría hacia los rodillos enfriadores.

Los métodos para sintonizar el controlador PID digital de los rodillos enfriadores serán los mismos que se utilizaron para los hornos de secado.

5.2.3. Control de Velocidad de producción de papel impregnado. Se realizará a través de variadores de frecuencia, motores y motoredutores que se encontrarán en las *secciones de impregnación, rodillos de enfriamiento y cortadora*. Para lograr el sincronismo de la máquina, cada uno de los variadores de frecuencia de las secciones anteriores recibirá una señal de velocidad del PLC proporcionales entre si, de forma tal que ante una orden de descenso o aumento de la velocidad, la máquina responda sincronizadamente. El setpoint de velocidad que se le entrega al PLC es procesado a través de un algoritmo matemático, el cual relaciona las velocidades a las que debe girar cada uno de los motores para evitar que se rompa el papel, para luego enviar la señal de voltaje (0-10V) o corriente (4-20mA) correcta a cada uno de los variadores que controlan los motores. Esta señal de corriente o voltaje será transformada a su equivalente en RPM para ser visualizadas en el software supervisorio.

Actualmente la maquina posee un motor principal de 6.8 KW que por medio de un sistema de ejes, inversores de giro y reductores mecánicos de velocidad, da movimiento a las demás secciones. Para un óptimo control de la velocidad de la línea es necesario reemplazar este sistema por motoreductores colocados en las siguientes partes de la maquina:

- 1 Motoreductor en la unidad saturadora para los rodillos tensores.
- 1 Motoreductor en la unidad saturadora para los rodillos exprimidores y para los rodillos transportadores.
- 1 Motoreductor en la unidad enfriadora para los rodillos enfriadores.
- 1 Motoreductor en la unidad cortadora para los rodillos haladores.
- 1 Motoreductor en la unida cortadora para la cuchilla giratoria.

Cada unos de los motoreductores mencionados debe contar con su variador de frecuencia, el cual permitirá variar la velocidad de cada uno de ellos independientemente.

Para calcular la potencia y velocidad angular de cada uno de los motores necesarios, nos basamos en mediciones que realizamos de los rodillos, engranajes y ruedas dentadas de cada una de las secciones y de un estudio realizado por Lamitech, para determinar la velocidad máxima de trabajo para la que fue diseñada la máquina impregnadora y la potencia suministrada a cada una

de las secciones relacionadas con la transmisión (Unidad saturadora, Unidad enfriadora y Unidad cortadora).

La figura 5.7 muestra la Transmisión Principal de la maquina impregnadora.

Figura 5.7. Transmisión principal de la impregnadora

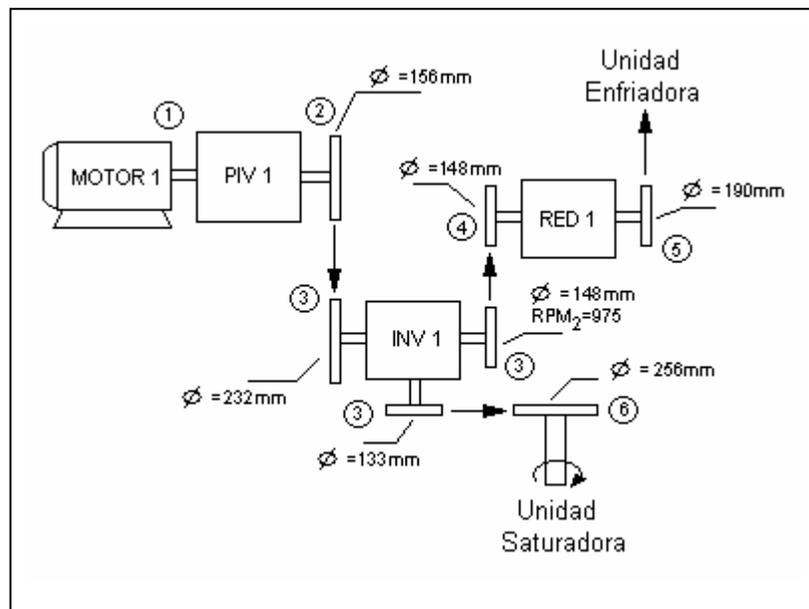


Tabla 5.3. Datos técnicos transmisión principal impregnadora

| | | | | |
|------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------|---------|
| MOTOR 1: | n = 1750rpm | P = 6.8KW | | |
| PIV 1: | n ₁ = 1740 rpm | n ₂ = 0 – 1450 rpm | m ₂ = 39Nm | i = 1.2 |
| RED MEC1: | n ₁ = 970rpm | n ₂ = 129 rpm | m ₂ = 205Nm | i = 7.5 |
| INV 1: | i = 1 | | | |

Si la velocidad del motor es de 1740 RPM, entonces según la relación de velocidad n_1/n_2 del PIV1, tenemos que:

$$RPM_2 = \frac{1740}{1.2} = 1450$$

$$\Rightarrow RPM_3 = \frac{156}{232} \cdot 1450 = 975$$

$$\Rightarrow RPM_4 = \frac{148}{148} \cdot 975 = 975$$

$$\Rightarrow RPM_6 = \frac{133}{256} \cdot 975 = 506.54$$

Sabiendo que la relación de velocidad n_1/n_2 del Reductor Mecánico 1 es 7.5

$$\Rightarrow RPM_5 = \frac{1}{7.5} \cdot 975 = 130$$

De acuerdo a las especificaciones del Reductor Mecánico 1 y la ecuación de potencia

$$P = \frac{RPM \cdot \tau}{9550} \quad [\text{KW}], \quad (5.1)$$

La potencia que éste suministra a la Unidad Enfriadora es de:

$$P = \frac{130rpm \cdot 205Nm}{9550} = 2.8KW$$

Sabiendo que la potencia entregada por el PIV 1 es de 5.9KW y que 2.8KW de ésta potencia es suministrada a la Unidad Enfriadora, entonces a la Unidad Saturadora son suministrados 3.1KW los cuales son distribuidos a los rodillos tensores, exprimidores y transportadores de ésta unidad tal como se muestra en la *figura 5.8*.

Sabiendo que en el punto 6, $RPM_6 = 506rpm$ y que el Inversor 2 posee una relación de velocidad n_1 / n_2 de 1, entonces:

$$RPM_7 = 506$$
$$\Rightarrow RPM_8 = \frac{280}{140} \cdot 506.54 = 1013.08$$

Puesto que la relación de velocidad n_1 / n_2 del PIV2 es de 3.35, entonces:

$$RPM_9 = \frac{1013.08}{3.35} = 302.41$$

Si nos dirigimos desde el punto 9 hacia los rodillos tensores,

$$\Rightarrow RPM_{10} = \frac{165}{127} \cdot 302.41 = 392.89$$
$$\Rightarrow RPM_{11} = \frac{168}{133} \cdot 392.89 = 496.29$$
$$\Rightarrow RPM_{12} = \frac{230}{137} \cdot 496.29 = 833.19$$

Si la relación de velocidad n_1 / n_2 del PIV 3 es 3.07, entonces:

$$RPM_{13} = \frac{833.19}{3.07} = 271.39$$

$$\Rightarrow \quad RPM_{14} = \frac{149}{197} \cdot 271.39 = 205.27$$

donde RPM_{14} es la frecuencia angular en los rodillos tensores. Puesto que la velocidad lineal se relaciona con la frecuencia angular por la ecuación:

$$v = R \cdot 2\pi f \quad [m / \text{min}] \quad (5.2),$$

en donde R es el radio en mts y f es la frecuencia angular en RPM, entonces:

$$v = 0.062 \cdot 2\pi \cdot 205.27$$

$$v_{ROD \ TENS} = 79.96m / \text{min}$$

Si ahora nos dirigimos desde el punto 9 hacia los rodillos exprimidores y transportadores, entonces:

$$RPM_{15} = \frac{108}{165} \cdot 302.41 = 197.94$$

$$\Rightarrow \quad RPM_{16} = \frac{114}{172} \cdot 197.94 = 131.19$$

$$\Rightarrow \quad RPM_{17} = \frac{108}{140} \cdot 131.19 = 101.20$$

$$\Rightarrow \quad RPM_{18} = \frac{140}{140} \cdot 101.20 = 101.20$$

donde RPM_{18} es la frecuencia angular en los rodillos exprimidores inferior y superior. Por lo tanto de la ecuación (5.2), la velocidad lineal para estos rodillos es de:

$$v = 0.125 \cdot 2\pi \cdot 101.20$$

$$v_{ROD \text{ } EXP} = 79.48m / \text{min}$$

Sabiendo que la frecuencia angular en el punto 18 es de 101.20 RPM, entonces podemos calcular la velocidad en los rodillos transportadores de la siguiente forma:

$$RPM_{19} = \frac{200}{125} \cdot 101.20 = 161.92$$

donde RPM_{19} es la frecuencia angular en los rodillos transportadores. Entonces de la ecuación (5.2), la velocidad lineal para los rodillos transportadores es de:

$$v = 0.08 \cdot 2\pi \cdot 161.92$$

$$v_{ROD \text{ } TRANSP} = 81.38m / \text{min}$$

La figura 5.9 muestra la Unidad Enfriadora, en la cual podemos calcular la velocidad lineal a la cual giran los rodillos de igual manera como se hizo en la Unidad Saturadora.

Figura 5.9. Transmisión Unidad enfriadora

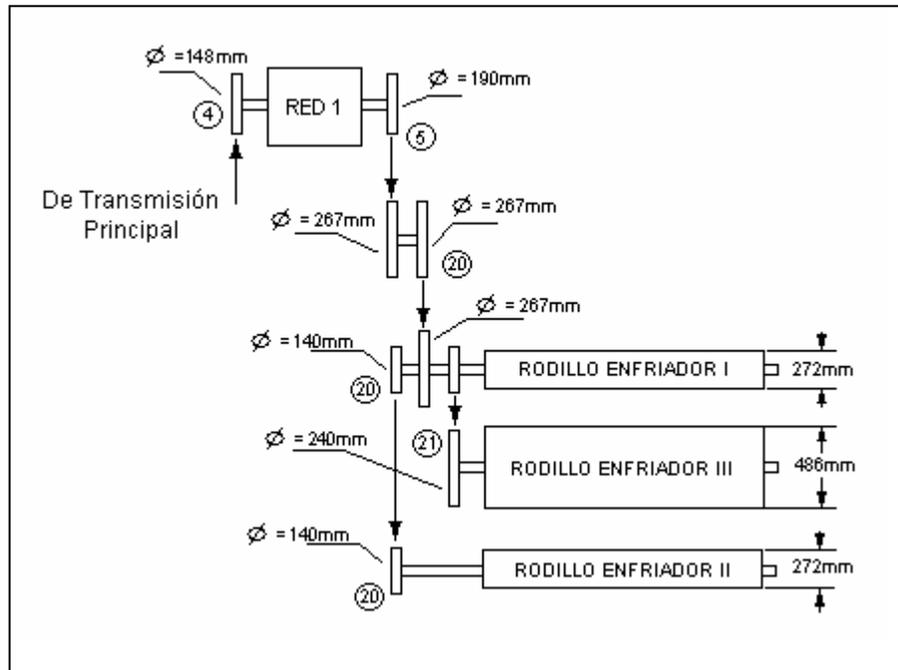


Tabla 5.5. Datos técnicos Unidad enfriadora

| | | | | |
|------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------|
| RED MEC1: | $n_1 = 970 \text{ rpm}$ | $n_2 = 129 \text{ rpm}$ | $m_2 = 205 \text{ Nm}$ | $i = 7.5$ |
|------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------|

Sabiendo que la velocidad en el punto 5 es de 130 RPM, entonces:

$$RPM_{20} = \frac{190}{267} \cdot 130 = 92.50$$

$$\Rightarrow RPM_{21} = \frac{140}{240} \cdot 92.50 = 54$$

Entonces de la ecuación (5.2) tenemos que la velocidad para los rodillos enfriadores I y II es:

$$v = 0.136 \cdot 2\pi \cdot 92.5$$

$$v_{ENFR \text{ I- II}} = 79.04m / \text{min}$$

La velocidad para el rodillo enfriador III según la ecuación (5.2) es de:

$$v = 0.243 \cdot 2\pi \cdot 54$$

$$v_{ENFR \text{ III}} = 82m / \text{min}$$

Según los cálculos anteriores, la velocidad de trabajo para la cual fue diseñada la máquina es de aproximadamente 80m/min. Si se desea eliminar PIVs, Inversores y Reductores mecánicos, tanto en la Unidad Saturadora como en la Enfriadora, estos podrían ser reemplazados por motoreductores, en los puntos 13 y 17 de la Unidad Saturadora, y en el punto 5 de la Unidad Enfriadora. El motoreductor en el punto 13 se encargaría de mover los rodillos tensores y el del punto 17 movería los rodillos exprimidores y transportadores. A continuación se muestran los cálculos de la potencia en los puntos 13, 17 y 5:

❖ **Cálculo de la potencia entregada en los puntos 13 (rodillos tensores) y 17 (exprimidores y transportadores)**

En el punto 13 encontramos la salida del PIV 3, el cual según sus especificaciones, a una velocidad de salida $n_2 = 329 \text{ RPM}$ éste proporciona un par $m_2 = 44.1\text{Nm}$, entonces a una velocidad de salida $n_2 = 271.39 \text{ RPM}$, la cual es la

velocidad en el punto 13, éste proporcionaría un par $m_2 = 36.32Nm$ aproximadamente. De la ecuación (5.1) tenemos que la potencia entregada por el PIV 3 a los rodillos tensores es:

$$P_{13} = \frac{271.39rpm \cdot 36.32Nm}{9550} = 1.032KW$$

Si de la Transmisión Principal se envían 3.1KW, y 1.032KW de ésta potencia, le es suministrada a los rodillos tensores, entonces la potencia de rodillos exprimidores y transportadores es **$P_{17} = 2.068 KW$** .

❖ **Cálculo de la potencia entregada en el punto 5 (rodillos enfriadores)**

Como ya se había mencionado antes, la potencia entregada a los rodillos enfriadores que es la misma potencia que en el punto 5 es de 2.8KW, ya que según las especificaciones del Reductor Mecánico 1, a una velocidad de salida $n_2 = 129.3RPM$, la cual es aproximadamente la velocidad en el punto 5, el par entregado es de $m_2 = 205Nm$, proporcionando así según la ecuación (5.1) una potencia **$P_5 = 2.8KW$** .

Aunque los cálculos de diseño señalan una velocidad de trabajo de 80m/min, la máquina impregnadora BABCOCK será utilizada para trabajar a una velocidad

máxima de 45m/min, por lo cual la velocidad de los motoreductores será elegida en base a está velocidad.

5.2.3.1. Selección del motoreductor de los rodillos tensores.

a. Potencia

Sabiendo que:

$$P_{13} = 1.032KW,$$

Entonces si utilizamos un factor de seguridad f.s. = 1.5, la potencia del motoreductor debe ser de:

$$P_{m.red13} = P_{13} \cdot f.s. = 1.032 \cdot 1.5$$

$$P_{m.red13} = 1.54$$

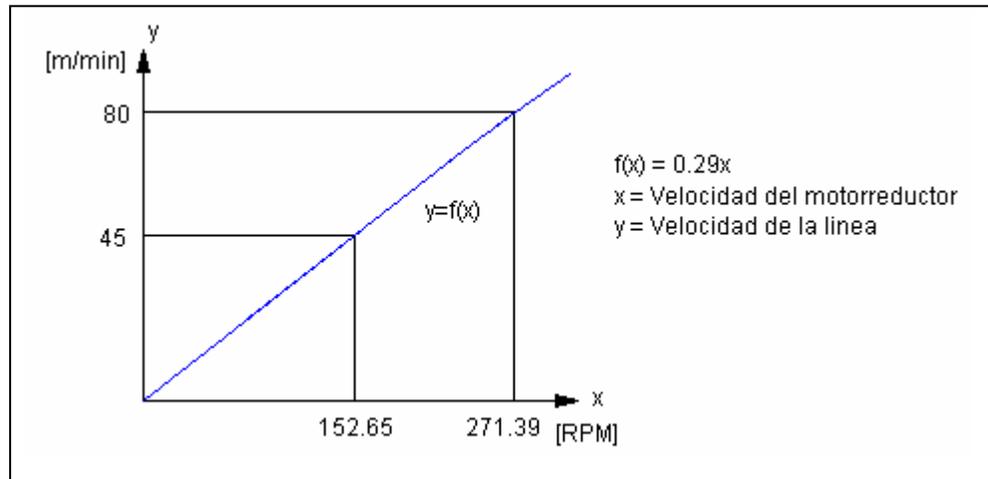
b. Velocidad en RPM

Sabiendo que:

$$RPM_{13} = 271.39 \text{ a } 80m/min$$

entonces la velocidad a 45m/min y a cualquier otra velocidad por debajo de esta puede obtenida por medio de la gráfica mostrada en la *figura 5.10*.

Figura 5.10. Grafica de velocidad lineal contra RPM rodillos tensores



Por lo tanto la velocidad del motorreductor de los rodillos tensores debe ser de aproximadamente **153 RPM**.

Del catalogo Flender se seleccionó el motorreductor de referencia (738-A90LI4), sus características se muestran en *la tabla 5.6*.

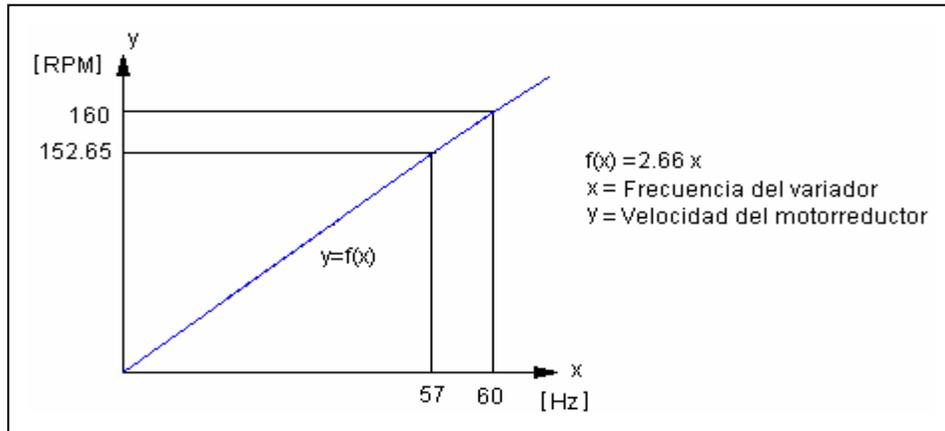
Tabla 5.6. Datos técnicos motorreductor rodillos tensores

| Referencia Motorreductor | Potencia | Velocidad |
|--------------------------|----------|-----------|
| 738-A90LI4 | 1.8KW | 160RPM |

Sabiendo que el control de velocidad de éste y los demás motorreductores se realizará utilizando de variadores de frecuencia, podemos hacer una gráfica de control de velocidad a través de la frecuencia, en la que a una frecuencia máxima de 60Hz, la velocidad del motorreductor es de 160 RPM y de esta manera saber la

frecuencia necesaria para alcanzar cualquier velocidad. La gráfica de *la figura 5.11* representa el control de la velocidad del motoreductor a través de la frecuencia.

Figura 5.11. Grafica de RPM contra frecuencia rodillos tensores



5.2.3.2. Selección del motoreductor de los rodillos exprimidores y transportadores

a. Potencia

Sabiendo que:

$$P_{17} = 2.068\text{KW},$$

Entonces si utilizamos un factor de seguridad f.s. = 1.5, la potencia del motoreductor debe ser de:

$$P_{m.red17} = P_{17} \cdot f.s. = 2.068 \cdot 1.5$$

$$P_{m.red17} = 3.102\text{KW}$$

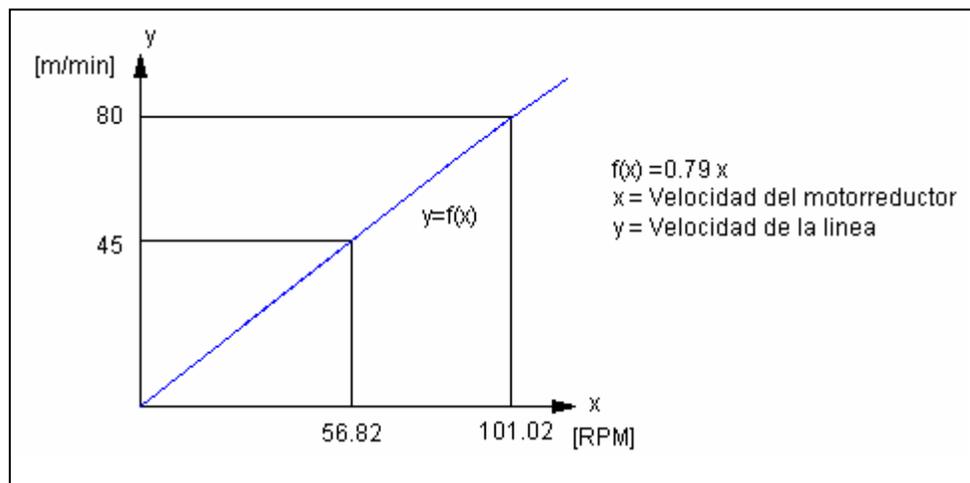
b. Velocidad en RPM

Sabiendo que:

$$\text{RPM}_{17} = 101.02 \text{ a } 80\text{m/min}$$

entonces la velocidad a 45m/min y a cualquier otra velocidad por debajo de esta puede obtenida por medio de la gráfica de la *figura 5.12*.

Figura 5.12. Grafica de Velocidad lineal contra RPM rodillos exprimidores



Por lo tanto la velocidad del motorreductor de los rodillos exprimidores y transportadores debe ser de aproximadamente **57 RPM**.

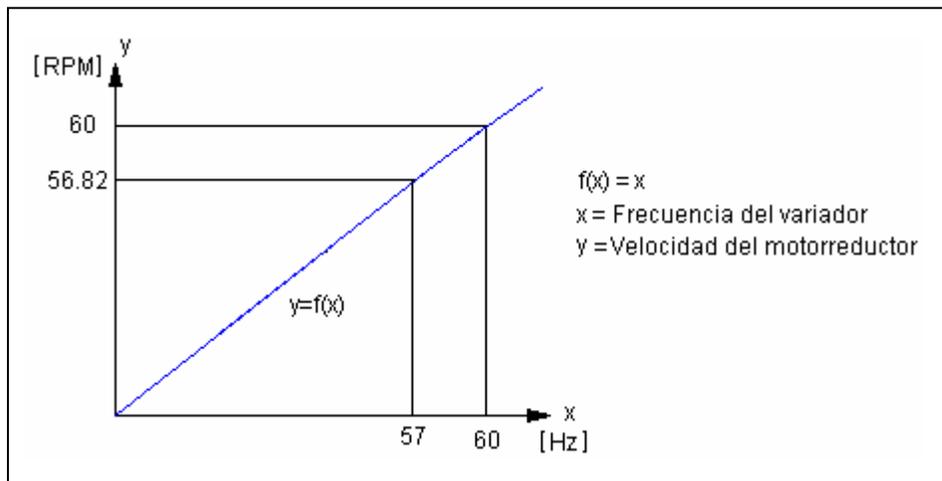
Del catalogo Flender se seleccionó el motorreductor de referencia (168-A100L14), sus características se muestran en *la tabla 5.7*.

Tabla 5.7. Datos técnicos motorreductor rodillos exprimidores

| Referencia Motorreductor | Potencia | Velocidad |
|--------------------------|----------|-----------|
| 168-A100L14 | 3.6KW | 60RPM |

La gráfica de la figura 5.13 representa el control de los rodillos exprimidores y transportadores por medio de un variador de frecuencia.

Figura 5.13. Grafica de RPM contra frecuencia rodillos exprimidores



5.2.3.3. Selección del motorreductor de los rodillos enfriadores

a. Potencia

Sabiendo que:

$$P_5 = 2.8\text{KW},$$

Entonces si utilizamos un factor de seguridad f.s. = 1.5, la potencia del motorreductor debe ser de:

$$P_{m.red5} = P_5 \cdot f.s. = 2.8 \cdot 1.5$$

$$P_{m.red5} = 4.2\text{KW}$$

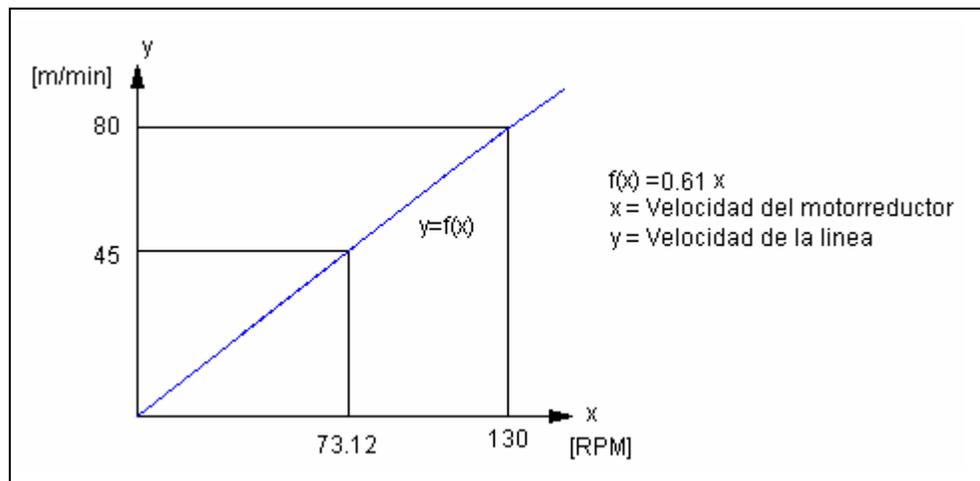
b. Velocidad en RPM

Sabiendo que:

$$\text{RPM}_5 = 130 \text{ a } 80\text{m/min}$$

entonces la velocidad a 45m/min y a cualquier otra velocidad por debajo de esta puede obtenida por medio de la gráfica de la *figura 5.14*.

Figura 5.14. Grafica de velocidad lineal contra RPM rodillos enfriadores



Por lo tanto la velocidad del motorreductor de los rodillos enfriadores debe ser de aproximadamente **73 RPM**.

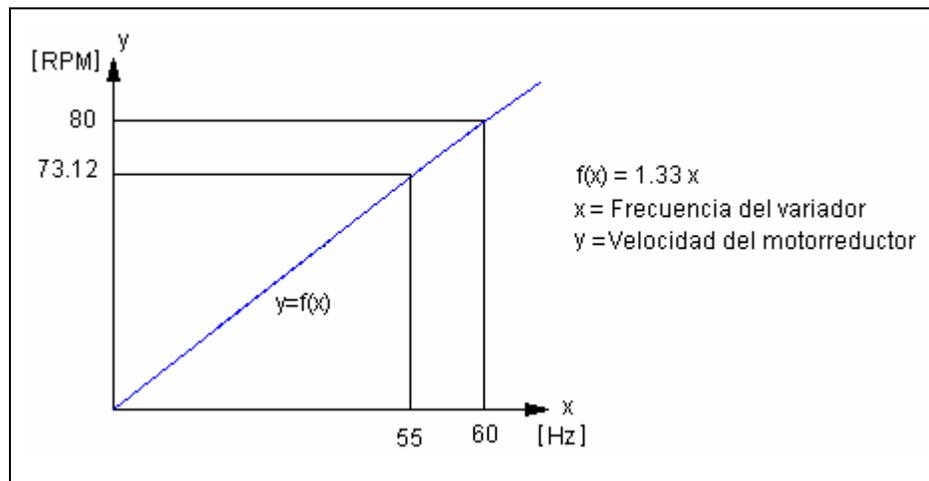
Del catalogo Flender se seleccionó el motorreductor de referencia (Z68-A100LI4), sus características se muestran en *la tabla 5.8*.

Tabla 5.8. Datos técnicos motoreductor rodillos enfriadores

| Referencia Motoreductor | Potencia | Velocidad |
|-------------------------|----------|-----------|
| Z68-A100LI4 | 3.6KW | 80RPM |

La gráfica de *la figura 5.15* representa el control de los rodillos exprimidores por medio de un variador de frecuencia.

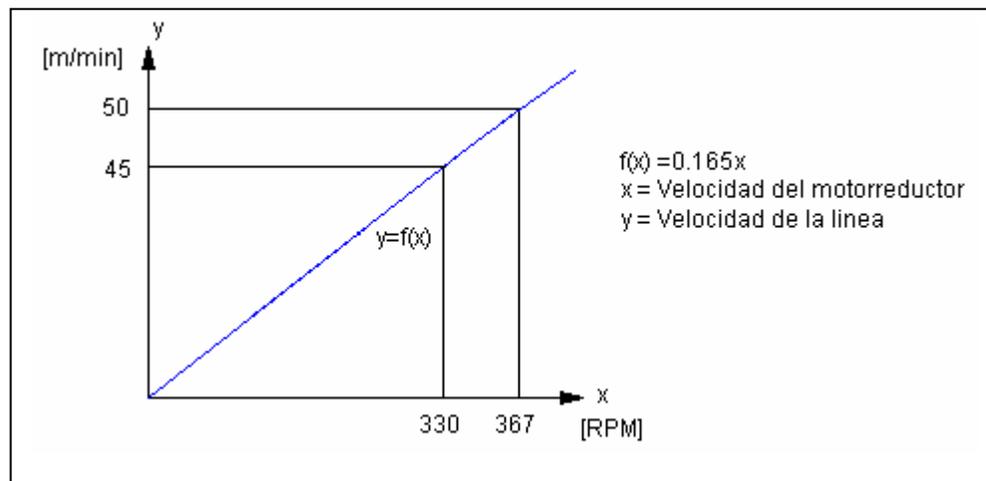
Figura 5.15. Grafica de RPM contra frecuencia rodillos enfriadores



5.2.3.4. Selección del motoreductor de los rodillos haladores. Las potencias y revoluciones de los motoreductores tanto de los rodillos haladores como de la unidad cortadora, fueron tomadas en base a un estudio realizado a la unidad cortadora de la máquina impregnadora TOCHIO, la cual reemplazará a la unidad cortadora original de la impregnadora BABCOCK.

Teniendo como base las revoluciones de la unidad de corte, las cuales son aproximadamente **367 RPM** trabajando a una velocidad lineal de **50m/min**, podemos obtener el número de RPM a **45 m/min** o a cualquiera otra velocidad por debajo de esta, se hace a través de la gráfica de la *figura 5.16*.

Figura 5.16. Grafica de velocidad lineal contra RPM rodillos haladores



Por lo tanto, la velocidad del motorreductor de los rodillos haladores debe ser de aproximadamente **330 RPM**

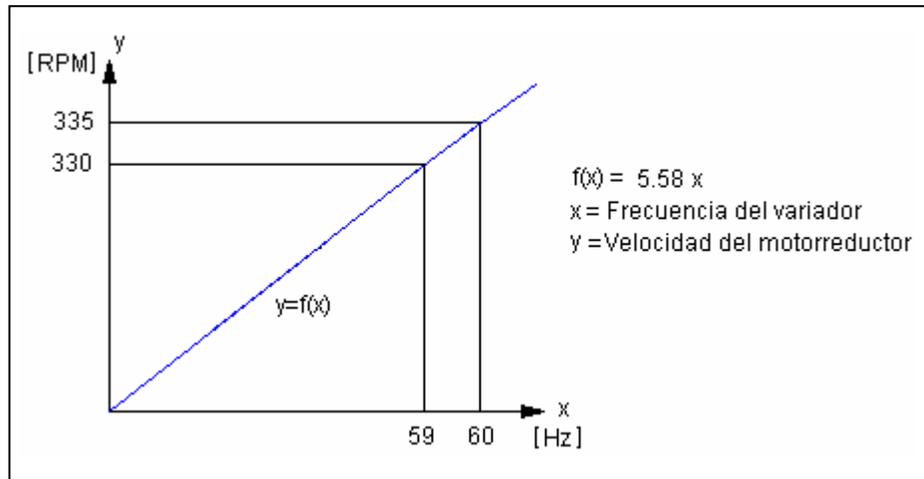
Del catalogo Flender se seleccionó el motorreductor de referencia (738-A100LI4), sus características se muestran en *la tabla 5.9*.

Tabla 5.9. Datos técnicos motorreductor rodillos haladores

| Referencia Motorreductor | Potencia | Velocidad |
|--------------------------|----------|-----------|
| 738-A100LI4 | 3.6KW | 335RPM |

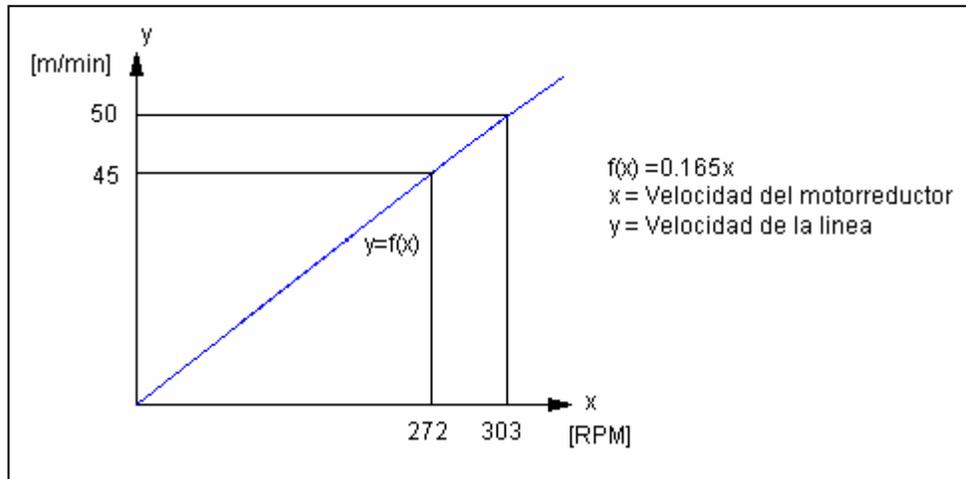
La gráfica de *la figura 5.17* representa el control de los rodillos haladores por medio de un variador de frecuencia.

Figura 5.17. Grafica de RPM contra frecuencia rodillos haladores



5.2.3.5. Selección motoreductor de la cuchilla giratoria. Tomando como base las revoluciones de la unidad de corte, las cuales son aproximadamente **303 RPM** trabajando a una velocidad lineal de **50m/min**, podemos obtener el número de RPM a **45m/min** o a cualquiera otra velocidad por debajo de esta a través de la gráfica de *la figura 5.18*.

Figura 5.18. Grafica de velocidad lineal contra RPM cuchilla giratoria



Por lo tanto, la velocidad del motorreductor de la cuchilla giratoria debe ser de aproximadamente **272 RPM**

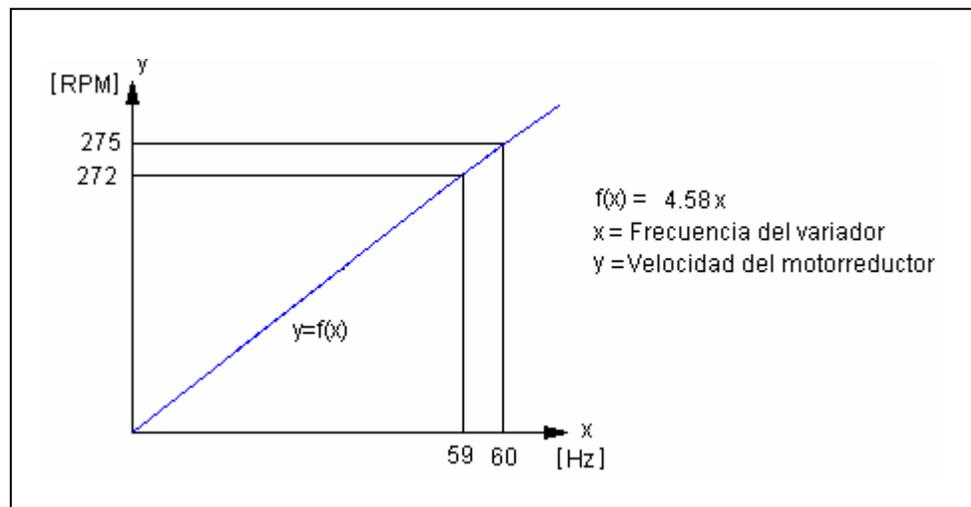
Del catalogo Flender se seleccionó el motorreductor de referencia (Z28-D90L4), sus características se muestran en *la tabla 5.10*.

Tabla 5.10. Datos técnicos motorreductor cuchilla giratoria

| Referencia Motorreductor | Potencia | Velocidad |
|--------------------------|----------|-----------|
| Z28-D90L4 | 1.8KW | 275RPM |

La gráfica de *la figura 5.19* representa el control de la cuchilla giratoria por medio de un variador de frecuencia.

Figura 5.19. Grafica de RPM contra frecuencia cuchilla giratoria



Todos los motorreductores seleccionados son de ejes paralelos, este tipo de motorreductor se muestra en *la figura 5.20*.

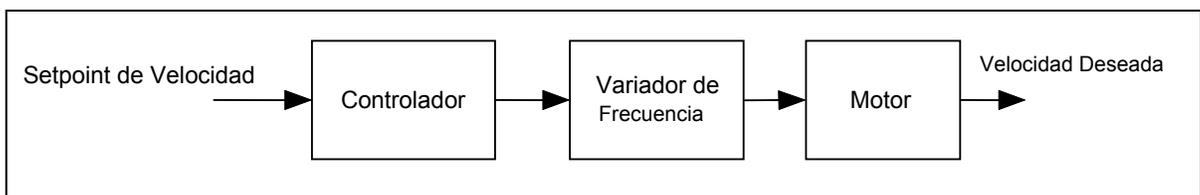
Figura 5.20. Motorreductor de ejes paralelos



5.2.4. Control de Velocidad de los ventiladores de los hornos. Al igual que el control de velocidad de la línea, este se realizara por medio de variadores de frecuencia a los que les llega el setpoint de velocidad como una señal de voltaje de (0 – 10 Vdc) desde el PLC.

Este control es de lazo abierto puesto que no existe una señal de realimentación hacia el controlador. El diagrama de bloques de este tipo de control se muestra en *la figura 5.21.*

Figura 5.21. Diagrama de bloques del sistema de control de velocidad



5.2.5. Control de longitud de corte del papel impregnado. Para realizar este control la unidad cortadora de la BABCOCK debe ser reemplazada por la de la TOCCHIO que es con cuchilla giratoria.

Se realizará control en la longitud del corte del papel mediante un sensor inductivo ubicado en la cuchilla giratoria que contará el número de vueltas que da la cuchilla, luego lo compara con un número de vueltas equivalentes a la longitud de corte deseada (*ver tabla 5.11*), cuando el número de vueltas de la cuchilla sea igual al número de vueltas equivalentes a la longitud deseada, el PLC enviará una

señal al actuador de la cuchilla inferior para que suba y se mantenga arriba hasta que pase nuevamente la cuchilla giratoria y corte el papel, después el PLC envía otra señal al actuador de la cuchilla inferior para que baje y deje pasar el papel hasta que tenga nuevamente la longitud de corte deseada.

Este control también permite al operario tomar una muestra de papel en cualquier momento sin alterar la longitud de las hojas que se venían contando.

Tabla 5.11 Relación tamaño de la hoja con el numero de vueltas.

| TAMAÑO DE LA HOJA | NUMERO DE VUELTAS |
|-------------------|-------------------|
| T3 | 5 Vueltas |
| T6 | 6 Vueltas |
| T9 | 7 Vueltas |

6. SELECCIÓN DE VARIADORES DE FRECUENCIA

El motor de corriente alterna, a pesar de ser un motor robusto, de poco mantenimiento, liviano e ideal para la mayoría de las aplicaciones industriales, tiene el inconveniente de ser un motor rígido en cuanto a su velocidad. La velocidad del motor asíncrono depende de la forma constructiva del motor y de la frecuencia de alimentación.

Como la frecuencia de alimentación que entregan las compañías de electricidad es constante, la velocidad de los motores asíncronos es constante, salvo que se varíe el número de polos, el resbalamiento o la frecuencia. El método más eficiente de controlar la velocidad de un motor eléctrico es por medio de un variador electrónico de frecuencia.

El variador de frecuencia regula la frecuencia del voltaje aplicado al motor, logrando modificar su velocidad. Sin embargo, simultáneamente con el cambio de frecuencia, debe variarse el voltaje aplicado al motor para evitar la saturación del flujo magnético con una elevación de la corriente que dañaría el motor.

Para el control de la velocidad de los ventiladores de los hornos, se necesitan 5 variadores de frecuencia que controlarán los motores por pares (conexión en paralelo) en cada sección, estos variadores recibirán una señal análoga de voltaje de (0 – 10V) proveniente del PLC, proporcional al (mínimo y máximo) valor de frecuencia que puede entregar el variador al motor.

Para el control de velocidad de la línea son necesarios 5 variadores que controlarán los motores de la transmisión de las secciones encargadas de mantener la tensión del papel (Saturadora, rodillos enfriadores y cortadora), al igual que los variadores de los ventiladores se controlan por medio de su entrada análoga y la señal de voltaje (0 – 10V) proveniente del PLC.

La velocidad de estos variadores es sincronizada por el programa del PLC por medio de un algoritmo que relaciona la velocidad lineal del papel (mts/min) con la velocidad angular de los rodillos (rad/seg) de las diferentes secciones, para evitar que el papel se rompa.

Como las dimensiones de los rodillos de la unidad saturadora, enfriadora y cortadora tienen dimensiones diferentes, para que todos se encuentren a la misma velocidad lineal es necesario calcular la velocidad angular de cada uno de ellos, para que la velocidad lineal de toda la maquina sea igual. Las velocidades angulares calculadas para cada sección se definieron en el **subcapítulo 5.2.3**.

Además de los ventiladores de los hornos y los motores de la transmisión, también es necesario controlar la velocidad del extractor centralizado, este se encarga de extraer los gases que se desprenden de la resina en las diferentes secciones y los expulsa al exterior.

Todos los motores que poseen variador de frecuencia trabajan a Torque Constante, por lo que para su selección se tiene en cuenta la potencia, voltaje y corriente del motor que el variador va a controlar.

La potencia del variador de frecuencia debe ser igual o mayor a la potencia nominal del motor que este va a controlar para evitar que el variador se dispare por sobrecarga.

De los diferentes modelos y marcas de variadores de frecuencia que se encuentran en el mercado se eligieron los de la serie **Micromaster 420 y Micromaster 430** de la Siemens por los siguientes motivos:

- Poseen una entrada análoga por la cual el PLC puede variar la frecuencia.
- Posee protección para el variador y para el motor.
- Su precio en el mercado es menor que otros variadores con las mismas prestaciones.
- Permite la conexión directa al Profibus DP con un módulo de conexión.

- Permite programarlo para arranques o paradas suaves, especificando la pendiente de la rampa.

La figura 6.1 muestra los variadores Micromaster 420

Figura 6.1. Convertidores de Frecuencia Micromaster 420



La figura 6.2 Muestra los variadores Micromaster 430

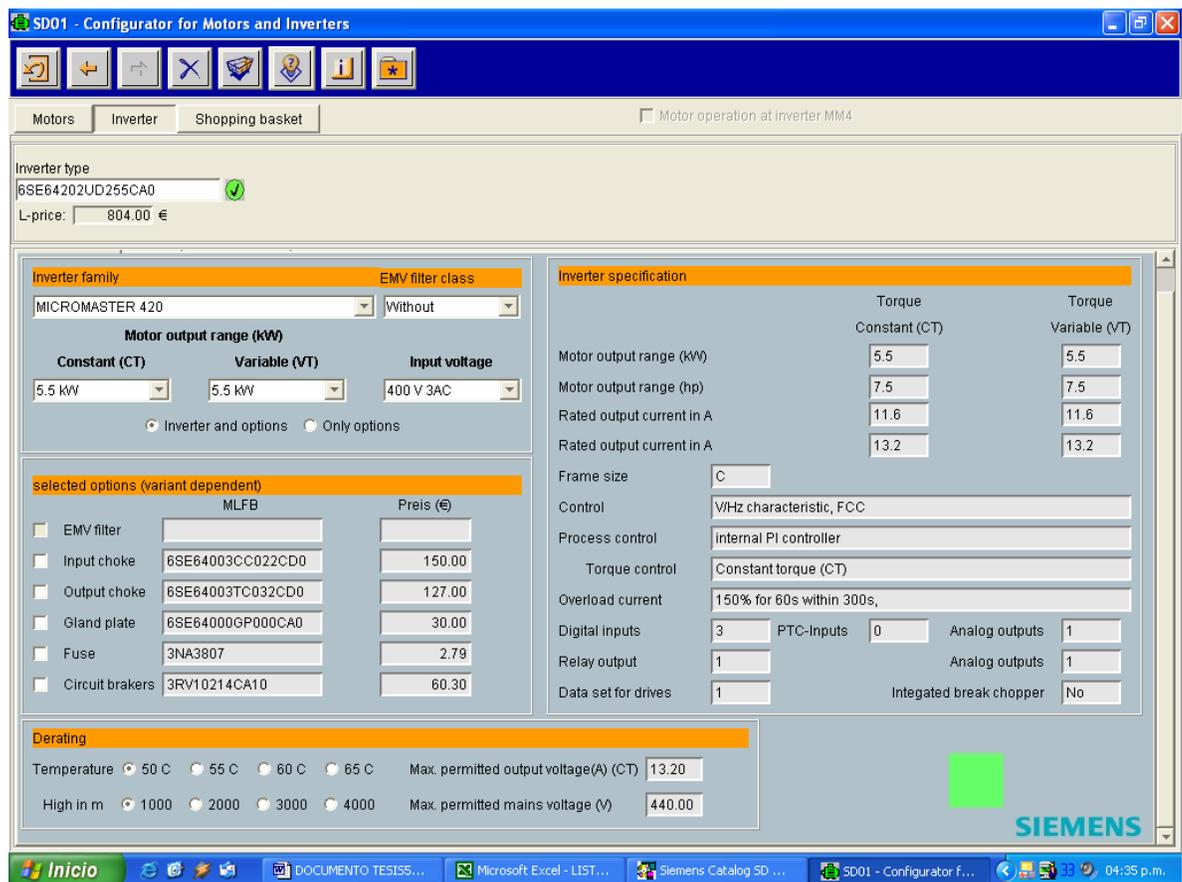
Figura 6.2. Convertidores de Frecuencia Micromaster 430



Para la selección de los variadores se utilizó el programa **SD01 CONFIGURATOR FOR MOTORS AND INVERTES** de la Siemens en el cual se selecciona la familia de variadores deseada, la potencia del motor (A Torque constante o Torque Variable) y el voltaje de entrada. El programa arroja la referencia del variador que mejor se acomode a los parámetros seleccionados y muestra sus características técnicas. Además muestra las referencias de las protecciones necesarias para el motor y el variador.

La figura 6.3 muestra la pantalla del programa de selección de variadores de la Siemens.

Figura 6.3. Programa para la selección de Inversores Siemens



En la *tabla 6.1* se encuentran los motores de la impregnadora con sus respectivos variadores de frecuencia, seleccionados según su potencia.

Tabla 6.1. Elección Variadores de frecuencia

| MICROMASTER 420 | | | | | |
|-----------------------------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| NOMBRE DEL MOTOR | POTENCIA | RPM | VARIADOR | VOLTAJE | REFERENCIA |
| Motor Rodillos Exprimidores | 3,6 KW | 60 | 4 KW | 3 AC 380 - 480V | 6SE64202UD240BA0 |
| Motor Rodillos Tensores | 1,8 KW | 160 | 2,2 KW | 3 AC 380 - 480V | 6SE64202UD222BA0 |
| Ventiladores 1 sección | 5,2 KW | 850 | 5,5 KW | 3 AC 380 - 480V | 6SE64202UD255CA0 |
| Ventiladores 2 sección | 5,2 KW | 850 | 5,5 KW | 3 AC 380 - 480V | 6SE64202UD255CA0 |
| Ventiladores 3 sección | 5,2 KW | 850 | 5,5 KW | 3 AC 380 - 480V | 6SE64202UD255CA0 |
| Ventiladores 4 sección | 5,2 KW | 850 | 5,5 KW | 3 AC 380 - 480V | 6SE64202UD255CA0 |
| Ventiladores 5 sección | 5,2 KW | 850 | 5,5 KW | 3 AC 380 - 480V | 6SE64202UD255CA0 |
| Motor Unidad Enfriadora | 3,6 KW | 80 | 4 KW | 3 AC 380 - 480V | 6SE64202UD240BA0 |
| Motor Cuchilla Giratoria | 1,8 KW | 275 | 2,2 KW | 3 AC 380 - 480V | 6SE64202UD222BA0 |
| Motor Rodillos Haladores | 3,6 KW | 335 | 4 KW | 3 AC 380 - 480V | 6SE64202UD240BA0 |

| MICROMASTER 430 | | | | | |
|------------------------------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| NOMBRE DEL MOTOR | POTENCIA | RPM | VARIADOR | VOLTAJE | REFERENCIA |
| Motor Extractor Centralizado | 15 KW | 1750 | 15 KW | 3 AC 380 - 480V | 6SE64302UD315CA0 |

Para información técnica y características especiales de los convertidores de frecuencia Micromaster seleccionados ver el anexo B.

7. DISEÑO DE LA LÓGICA DE CONTROL PARA EL SISTEMA

7.1. SECUENCIA LÓGICA DEL CONTROL DE TEMPERATURA, VELOCIDAD Y LONGITUD DE CORTE.

1. El Operador selecciona una receta que contiene los setpoints de temperatura de los hornos y rodillos de enfriamiento y la velocidad de trabajo de la línea, dependiendo del tipo de papel a impregnar, además el operario especifica la longitud deseada de la hoja.
2. Se cargan todos los datos al PLC.
3. Se chequean las paradas de emergencia y las Guallas de seguridad, si hay alguna activada, se apagan todos los motores y vuelve al inicio
4. Se enciende la bomba de aceite térmico y la bomba de agua fría.
5. Se esperan 7 segundos y luego se chequea el estado de los switches de flujo de aceite térmico y de agua fría.
6. Si el switch de flujo de aceite térmico se encuentra desactivado, entonces apagar la bomba de aceite térmico y volver al inicio.

7. Si el switch de flujo de agua fría se encuentra desactivado, entonces apagar la bomba de agua fría y volver al inicio.
8. Se encienden los ventiladores de los hornos y se llevan a la velocidad deseada.
9. Se encienden los extractores de las diferentes secciones.
10. Se lee la temperatura de los sensores de los hornos y de los rodillos enfriadores. Si la temperatura de los hornos es igual a la deseada, entonces siga leyendo los sensores.
11. Si la temperatura de los hornos es menor que la deseada, entonces abrir válvula aceite térmico.
12. Si la temperatura de los hornos es mayor que la deseada, entonces cerrar válvula aceite térmico.
13. Si la temperatura de los rodillos enfriadores es igual a la deseada, entonces siga leyendo los sensores.
14. Si la temperatura de los rodillos enfriadores es menor que la deseada, entonces abrir válvula agua fría.

15. Si la temperatura de los rodillos enfriadores es mayor que la deseada, entonces cerrar válvula agua fría.

16. Cuando la temperatura de los hornos y de los rodillos enfriadores estén en los valores deseados, entonces esperar orden de arranque de la transmisión (Start).

17. Cuando se encienda la transmisión también encender:

- Motor Rodillo alisador.
- Motor Rodillo prehumedecedor.
- Motor unidad alineadora

18. Iniciar contador de la cuchilla giratoria.

19. Si el contador es igual al número de vueltas equivalentes a la longitud de corte deseada (#Vueltas), entonces subir cuchilla inferior hasta que el contador se incremente en 1, sino esperar a que sea igual.

7.2. NORMAS DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE LA IMPREGNADORA

Además de la secuencia anterior del programa hay que tener en cuenta las siguientes normas de seguridad de la impregnadora:

- 1.** La transmisión no puede ser activada mientras se este enhebrando el papel o mientras se encuentre activada alguna gualla de seguridad o parada de emergencia.
- 2.** Cuando se active alguna parada de emergencia, se detiene todo el proceso y se apagan todos los motores de la impregnadora.
- 3.** Después de la activación y desactivación de la parada de emergencia el operario tiene que volver a arrancar toda la máquina.
- 4.** Si se dispara un Guardamotor, se indica en el supervisorio cual fue el guardamotor disparado y solo se apaga ese motor, pero si se dispara uno de los guardamotors de la transmisión, se deben de apagar los otros 3 motores de la transmisión.
- 5.** Mientras se este operando manualmente los rodillos de la saturadora, no se puede encender la transmisión.

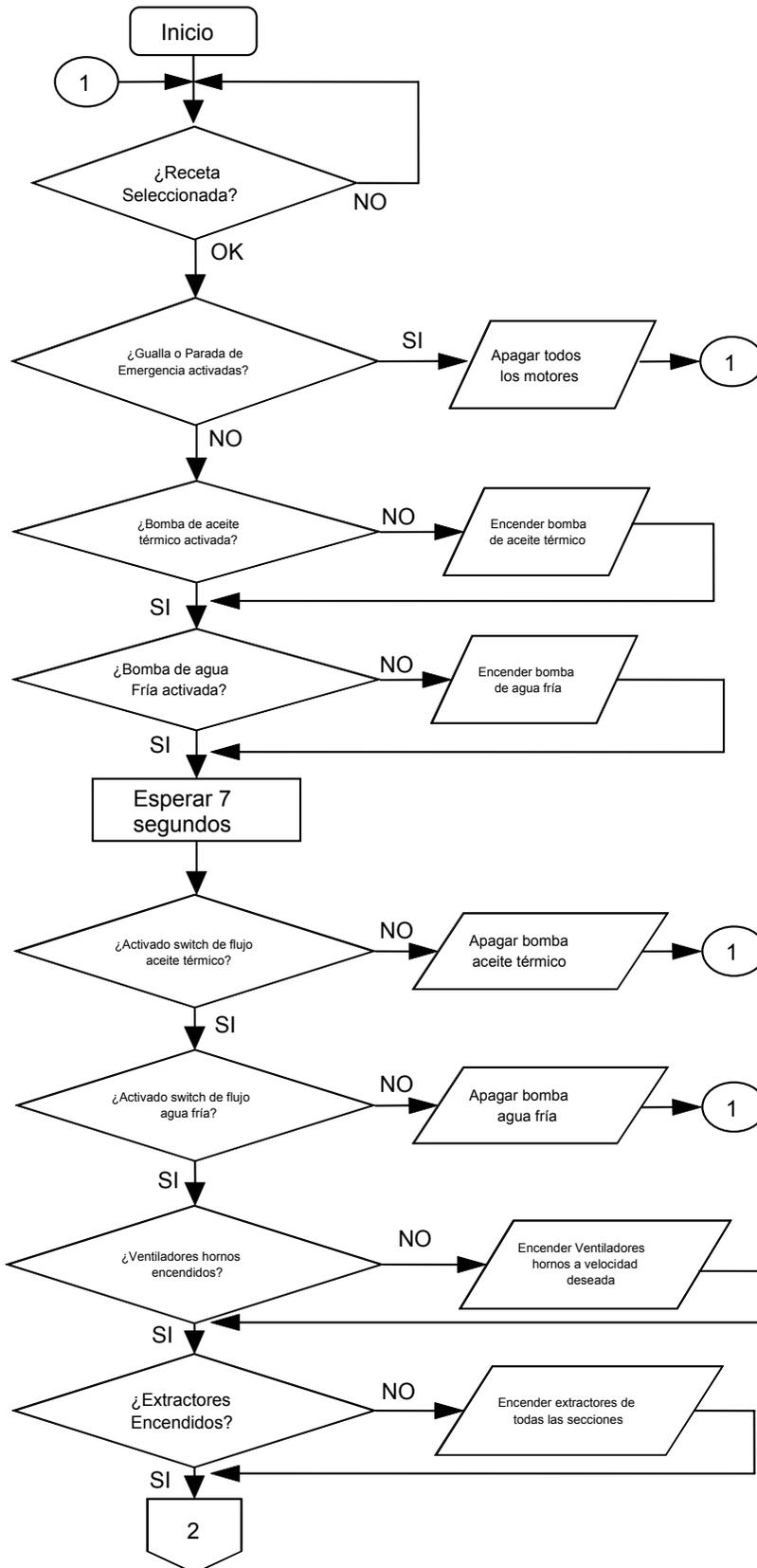
6. Si se accionan al tiempo los botones que giran un motor hacia adelante o hacia atrás, éste no se mueve.

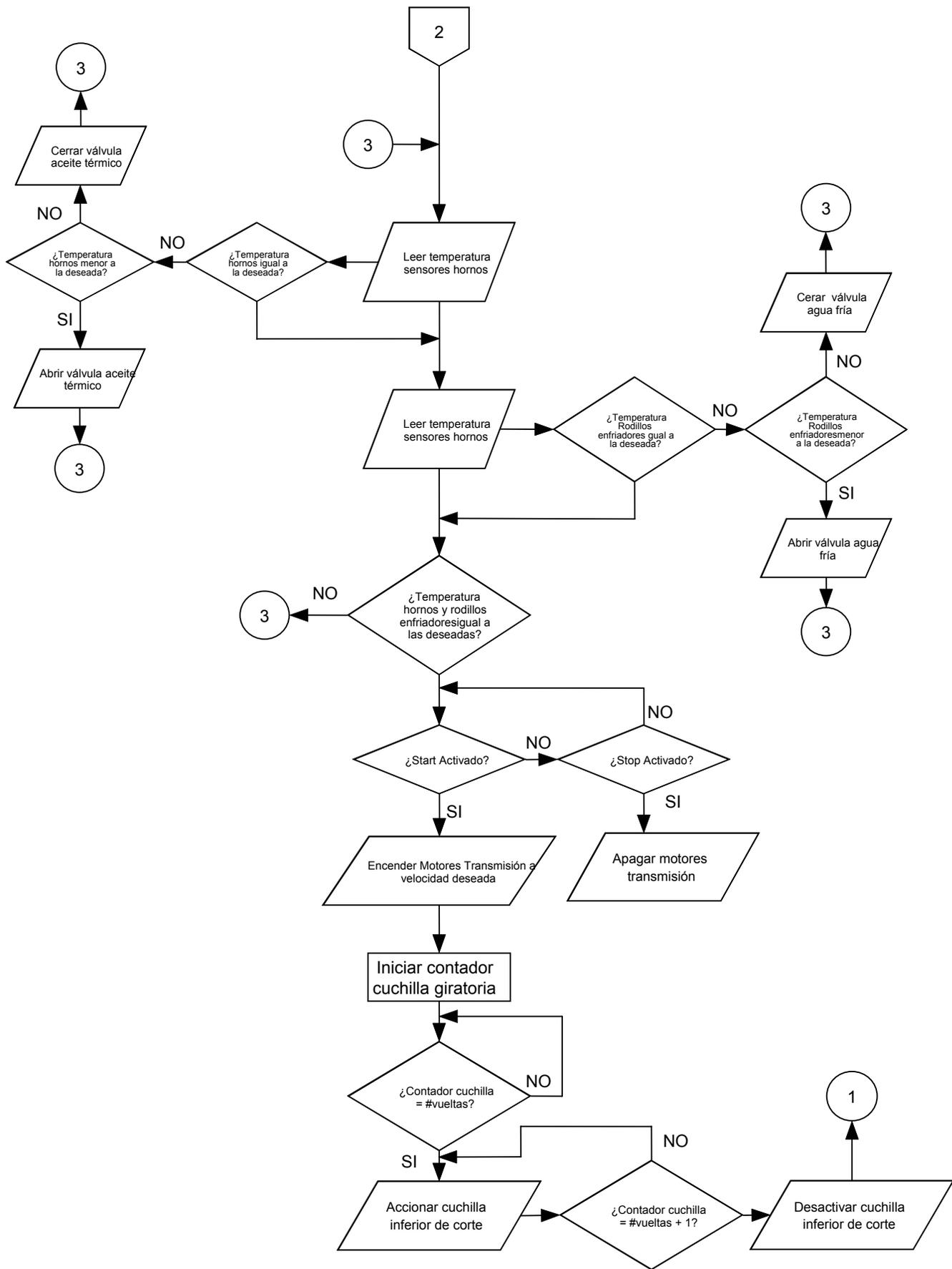
7. Si los switches de flujo de las bombas de aceite térmico o de agua fría detectan que no hay flujo por las tuberías durante más de 7 segundos entonces se debe apagar la bomba.

8. Los siguientes motores de accionamiento manual de la saturadora solo pueden ser accionados mientras la transmisión se encuentre apagada:

- Motor Rodillo Prehumedecedor
- Motor Rodillo Alisador.
- Motor Sky Roll.
- Motor cadena de enhebrado.

7.3. DIAGRAMA DE FLUJO DEL CONTROL EN EL PLC





8. PROGRAMA DE CONTROL DEL PLC

8.1. DIRECCIONAMIENTO DE TEMPERATURA DE HORNOS Y RODILLOS ENFRIADORES. NORMALIZACIÓN DE 0 A 100 DE ESTOS VALORES DE TEMPERATURA.

➤ Breve descripción

En esta parte inicial del programa, la función **FC6** se encarga de direccionar cada una de las entradas análogas de temperatura a una posición en el DB3, mientras que la función **FC3** convierte estos valores en su equivalente en grados centígrados y luego realiza la normalización de estos en valores entre 0 y 100 con el fin de que puedan ser leídos por la entrada de “valor real de la planta” del bloque de función **FB41** encargado del control PID. La función **FC3** es llamada 6 veces por el programa principal (**OB1**), ya que debe normalizar de 0 a 100 los valores de temperatura de cada una de las 5 secciones de hornos y los rodillos enfriadores.

La temperatura en cada uno de los hornos y en los rodillos enfriadores es medida a través de sensores resistivos de temperatura tipo Pt100 Standard. En la tabla 8.1. se muestra la manera como los valores de las entradas análogas entregadas por estos sensores a los módulos, conocidas en el programa como PEWx, son representados en los sistemas hexadecimal y decimal.

Tabla 8.1. Representación de las entradas análogas de Pt100 en los sistemas decimal y hexadecimal

| Pt 100 Standard en °C | Unidades | | Margen |
|----------------------------|--------------------------|--|----------------------------|
| | dec. | hex. | |
| >1000,0 | 32767 | 7FFF _H | Valor excesivo |
| 1000,0 . . 850,1 | 10000 . . 8501 | 2710 _H . . 2135 _H | Desbordamiento por exceso |
| 850,0 . . -200,0 | 8500 . . -2000 | 2134 _H . . F830 _H | Nominal |
| -200,1 . . -243,0 | -2001 . . -2430 | F82F _H . . F682 _H | Desbordamiento por defecto |
| < -243,0 | -32768 | 8000 _H | Valor insuficiente |

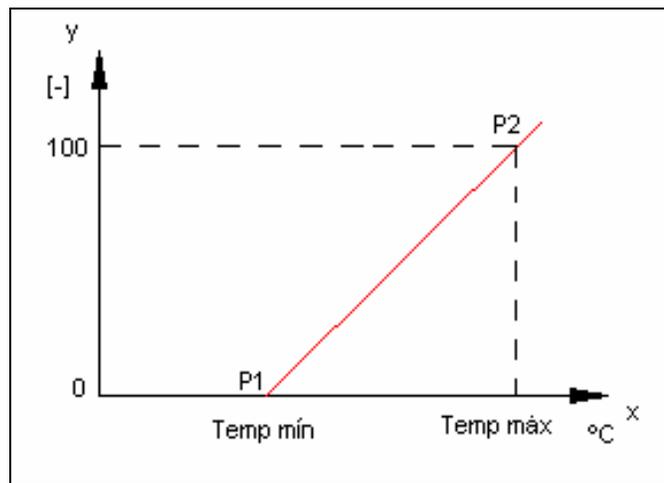
De la tabla anterior podemos notar que la representación de los valores de temperatura en los sistemas decimal y hexadecimal, son el resultado de la temperatura real multiplicada por 10, por lo cual el valor entregado por el módulo debe ser dividido entre 10 para obtener el valor en grados centígrados.

Por otro lado, debido a que el valor obtenido en grados centígrados de la operación anterior es enviado a la entrada de “valor real de temperatura” del bloque de función **FB41** (bloque encargado de comparar el valor real e ideal y aplicar el algoritmo PID al error), este valor debe ser normalizado entre 0 y 100, ya que aunque los rangos permitidos por esta entrada van de -100 a 100, hemos

decidido trabajar de manera unipolar ya que no manejaremos valores negativos.

Para realizar esta normalización, planteamos una ecuación de la forma $y=m*x+b$ la cual es una recta que podemos definir por dos puntos $P1(x1,y1)$ y $P2(x2,y2)$, los cuales para nuestro caso son en realidad $P1(\text{Temp min}, 0)$ y $P2(\text{Temp max}, 100)$, donde $m = (y2-y1)/(x2-x1)$, $b = -m*x1+y1$, "x" es la entrada de temperatura en grados "y" la salida de temperatura normalizada. La figura 8.1. muestra la gráfica que representa la normalización anteriormente descrita:

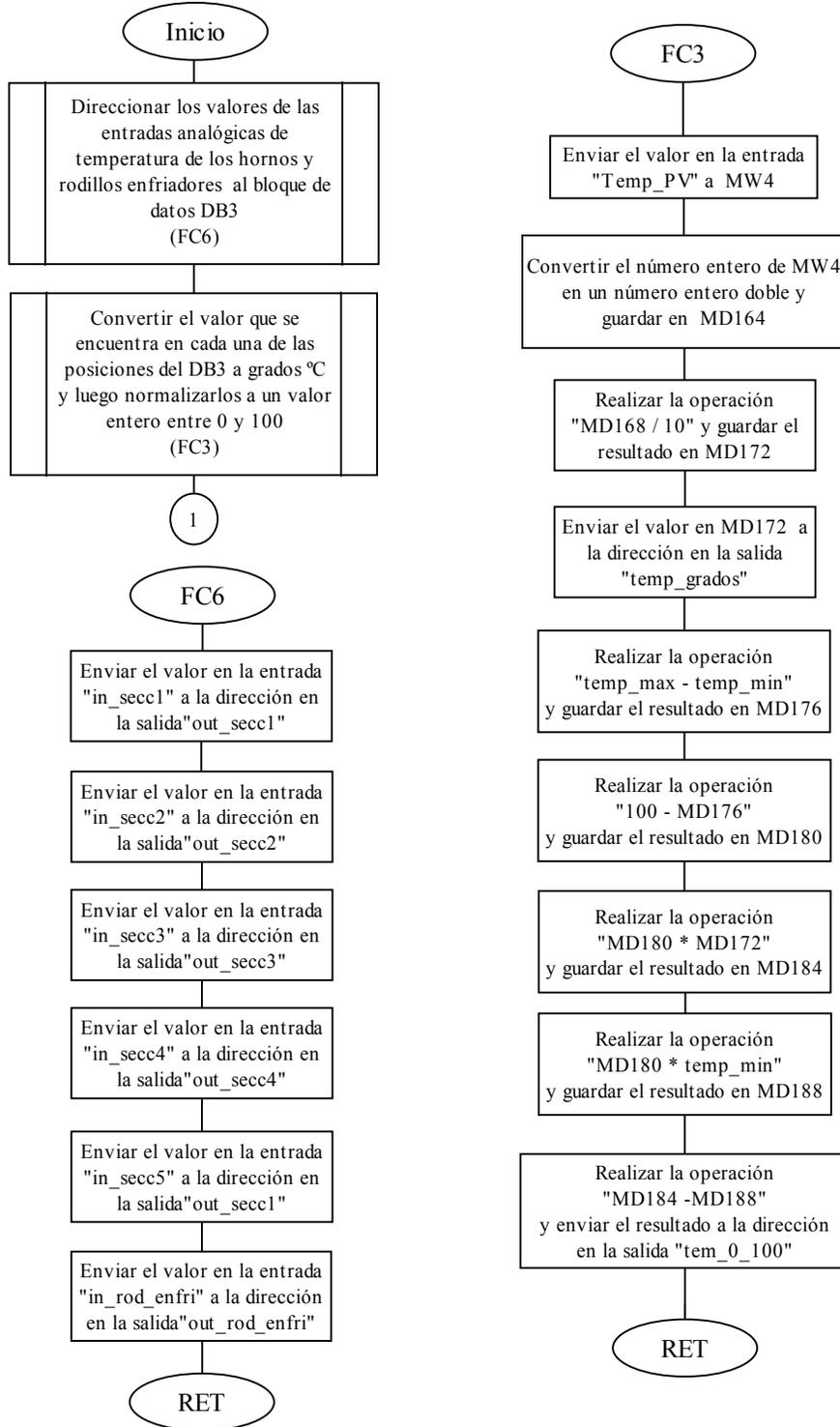
Figura 8.1. Normalización de 0 a 100 de los valores de temperatura en los hornos y rodillos enfriadores



donde **Temp máx** y **Temp mín** son las temperatura máxima y mínimas respectivamente que pueden ser alcanzadas por cada una de las secciones de los hornos o rodillos enfriadores.

➤ **Diagrama de flujo**

A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa:

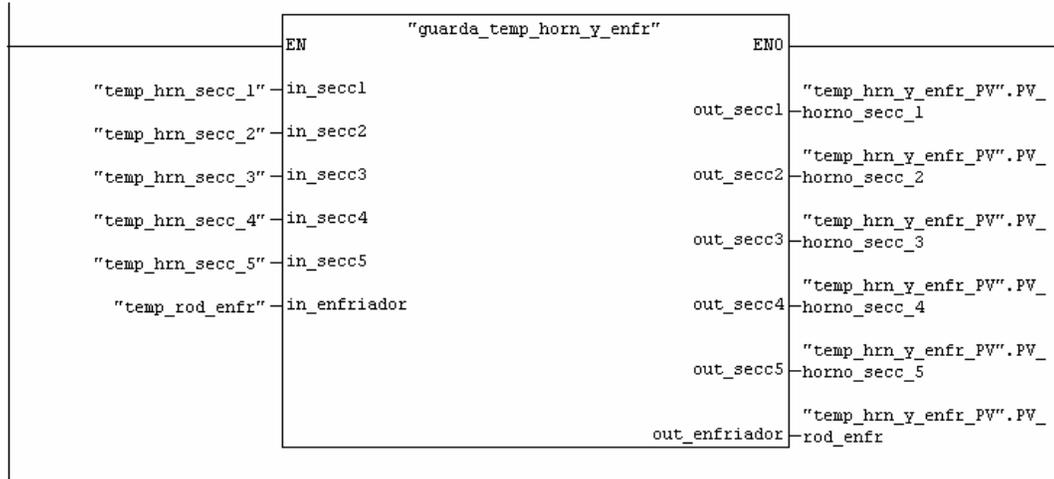


➤ Diagrama de contactos KOP

- Función **FC6** llamada desde el **OB1**

Segm. 1: Direccionamiento de entradas de temperatura

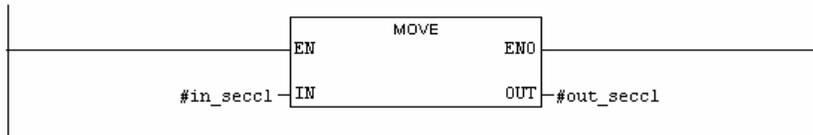
En este segmento se direccionan a una posición en el DB3 a todas las entradas de temperatura que proviene de las Pt100 que se encuentran en cada una de las secciones de hornos y en los rodillos enfriadores.



- Función **FC11** internamente

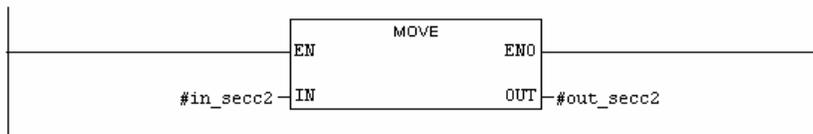
Segm. 1: Título:

El valor de la entrada que se encuentra en "in_secc1" es enviado a la dirección que se indica en "out_secc1". El valor de entrada y la dirección correspondiente donde es guardado este, son observados en el Programa Principal (OB1).



Segm. 2: Título:

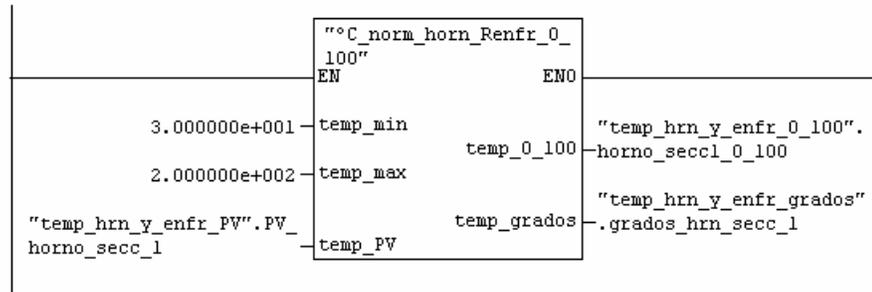
El valor de la entrada que se encuentra en "in_secc2" es enviado a la dirección que se indica en "out_secc2". El valor de entrada y la dirección correspondiente donde es guardado este, son observados en el Programa Principal (OB1).



- Función **FC3** llamada desde el **OB1**

Segm. 2 : Normalizador de señal del módulo analógico en valores de 0 a 100

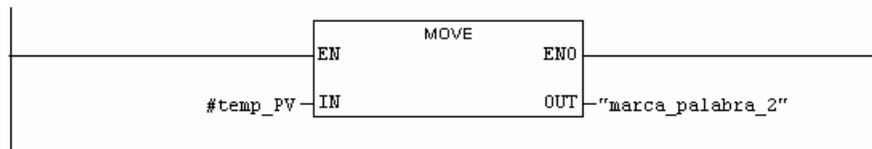
En este segmento se debe introducir la temperatura máxima y mínima de la primera sección de hornos en grados. El bloque toma la temperatura tipo WORD que se encuentra en el DB3 y la normaliza en un valor de 0-100 que se guarda en DB7 para ser leído por el PID en la entrada PV_in.



- Función **FC3** internamente

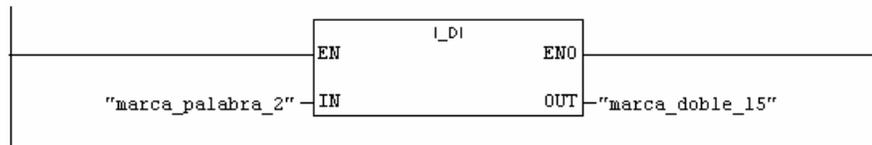
Segm. 1 : Título:

Direccionamiento del valor tipo WORD proveniente del módulo de entradas que se encuentra en la entrada "temp_PV" análogas a la marca de palabras MW4 (marca_palabra_2) como un valor tipo entero de 16 bits.



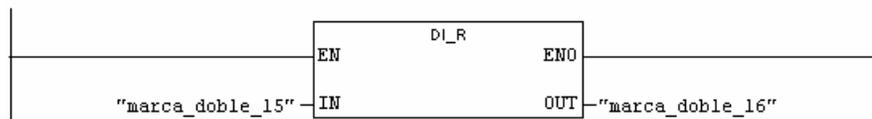
Segm. 2 : Título:

Conversión del valor entero de 16 bits en MW4 (marca_palabra_2) a un valor entero doble de 32 bits y guardar el resultado en MD164 (marca_doble_15).



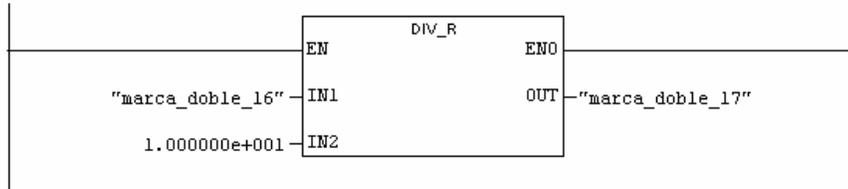
Segm. 3 : Título:

Conversión del valor entero doble de 32 bits en MD164 (marca_doble_15) a un valor REAL y guardar el resultado en MD168 (marca_doble_16).



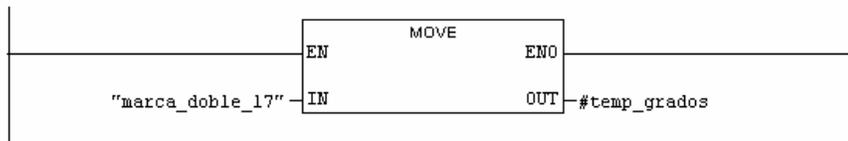
Segm. 4 : Título:

En este segmento se divide el valor REAL que se encuentra en la marca de palabra doble MD168 (marca_doble_16) entre 10 para convertir el valor que entrega el módulos de señales análogas en un valor en grados centigrados.



Segm. 5 : Título:

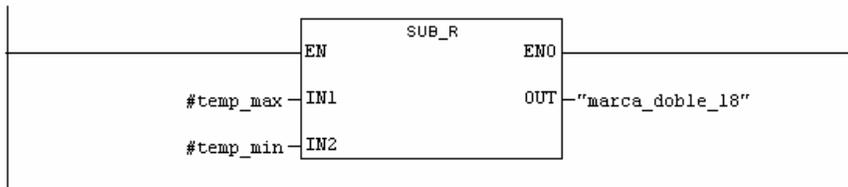
El valor de temperatura engrados centigrados que se encuentra en la marca de palabra doble MD172 (marca_doble_17)se envia a la salida "temp_grados" de la función FC3.



Segm. 6 : Título:

En este segmento se realiza la resta que se encuentra en el denominador de m, es decir, x2-x1. La operación de este segmento se describe de la siguiente manera:

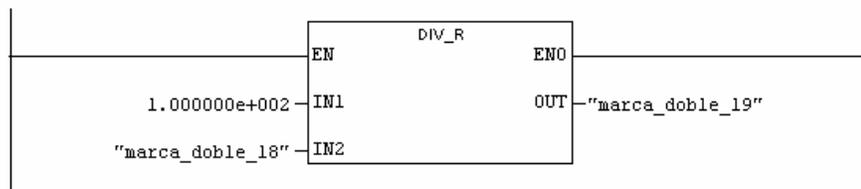
Restar el valor de la entrada "temp_max" menos el valor de la entrada "temp_min" y guardar el resultado en la marca doble MD176 (marca_doble_18).



Segm. 7 : Título:

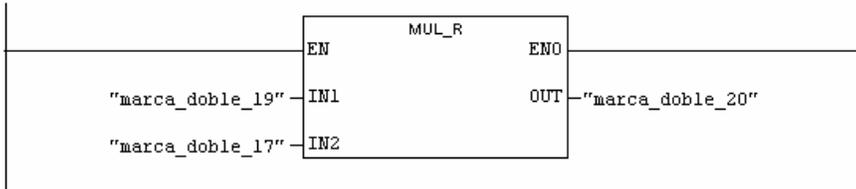
Puesto que la operación en el numerador de m es y2-y1 y el valor de y1 es 0, entonces el resultado de esta resta es y2, cuyo valor es 100. Por lo tanto procedemos a calcular el valor de m, que sería la división de 100 entre el resultado de la diferencia de x2-x1. La operación de este segmento se describe de la siguiente manera:

Dividir 100 entre el valor de la marca doble MD176 (marca_doble_18) y guardar el resultado en la marca de palabra doble MD180 (marca_doble_19).



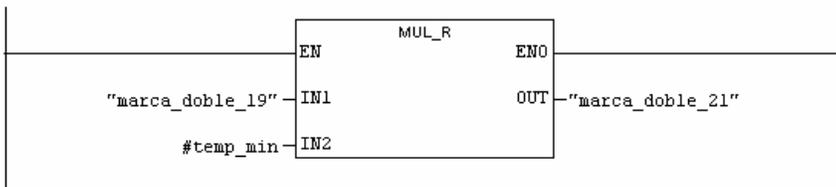
Segm. 8 : Título:

En este segmento se realiza la multiplicación del valor de m por el valor de la entrada de temperatura en grados centígrados, es decir $m \times x$. La operación de este segmento se describe de la siguiente manera:
Multiplicar el valor de la marca de palabra doble MD180 (marca_doble_19) por el valor en la marca de palabra doble MD172 ((marca_doble_17)), la cual es el valor de temperatura en grados, y luego guardar el resultado en la marca de palabra doble MD184 (marca_doble_20).



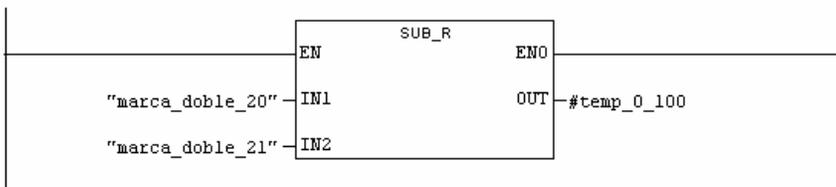
Segm. 9 : Título:

En este segmento se realiza la multiplicación $m \times x_1$, cuyo resultado es el primer término de b . Puesto que el segundo término de b es y_1 y este es 0, entonces este término no se tiene en cuenta en la ecuación de normalización. La operación de este segmento se describe de la siguiente manera:
Multiplicar el valor de la marca de palabra doble MD180 (marca_doble_19) por el valor de la entrada "temp_min" y guardar el resultado en la marca de palabra doble MD188 (marca_doble_21).



Segm. 10 : Título:

En este segmento se realiza la diferencia de los resultados de las operaciones $m \times x$ y $m \times x_1$, es decir, $m \times x - m \times x_1$, obteniendo así el valor de temperatura normalizado entre 0 y 100. La operación de este segmento se describe de la siguiente manera:
Restar al valor de la marca de palabra MD184 (marca_doble_20), el valor de la marca de palabra doble MD188 (marca_doble_21), y enviar el resultado a la salida "temp_0_100". Este resultado representa el valor de temperatura normalizado entre 0 y 100 con respecto a los valores mínimos y máximos de temperatura que se elijan.



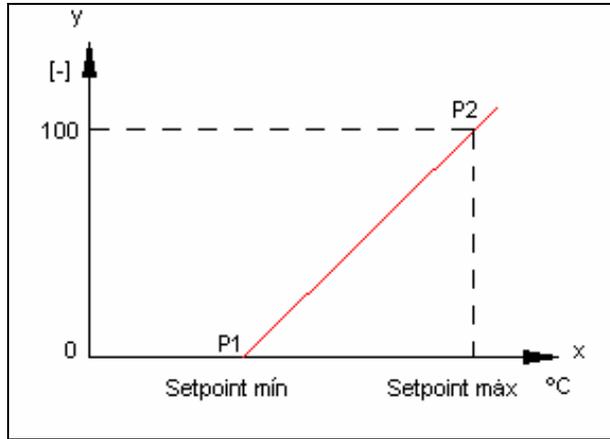
8.2. NORMALIZACIÓN DE LOS SET POINTS DE TEMPERATURA DE LOS HORNOS Y RODILLOS ENFRIADORES DE GRADOS CENTÍGRADOS A VALORES ENTRE 0 Y 100.

➤ Breve descripción

Esta parte del programa la realiza la función **FC2**, la cual es llamada 6 veces por el programa principal (**OB1**) ya que se debe normalizar en valores entre 0 y 100 el set point de temperatura dado en grados centígrados de las 5 secciones de hornos y los rodillos enfriadores.

Los set points de temperatura dados en grados centígrados deben ser normalizado en valores entre 0 y 100, ya que el **FB41**, el cual es el encargado de comparar el valor real de la planta con el valor deseado sólo permite valores entre este rango. Para realizar esta normalización, planteamos una ecuación de la forma $y=m*x+b$ la cual es una recta que podemos definir por dos puntos $P1(x1,y1)$ y $P2(x2,y2)$, los cuales para nuestro caso son en realidad $P1(\text{SetPoint min}, 0)$ y $P2(\text{Tem máx}, 100)$, donde $m=(y2-y1)/(x2-x1)$, $b=-m*x1+y1$, "x" es la entrada de set point de temperatura en grados y "y" la salida de set point de temperatura normalizada. La figura 8.2. muestra la gráfica que representa la normalización anteriormente descrita:

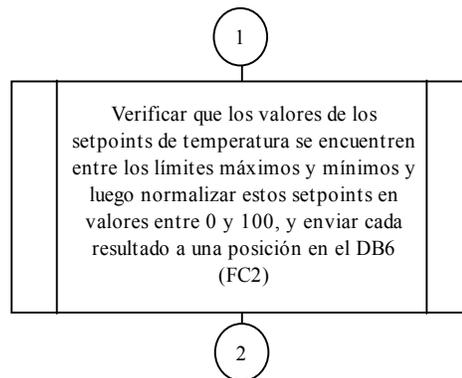
Figura 8.2. Normalización de 0 a 100 de los valores de temperatura en los hornos y rodillos enfriadores

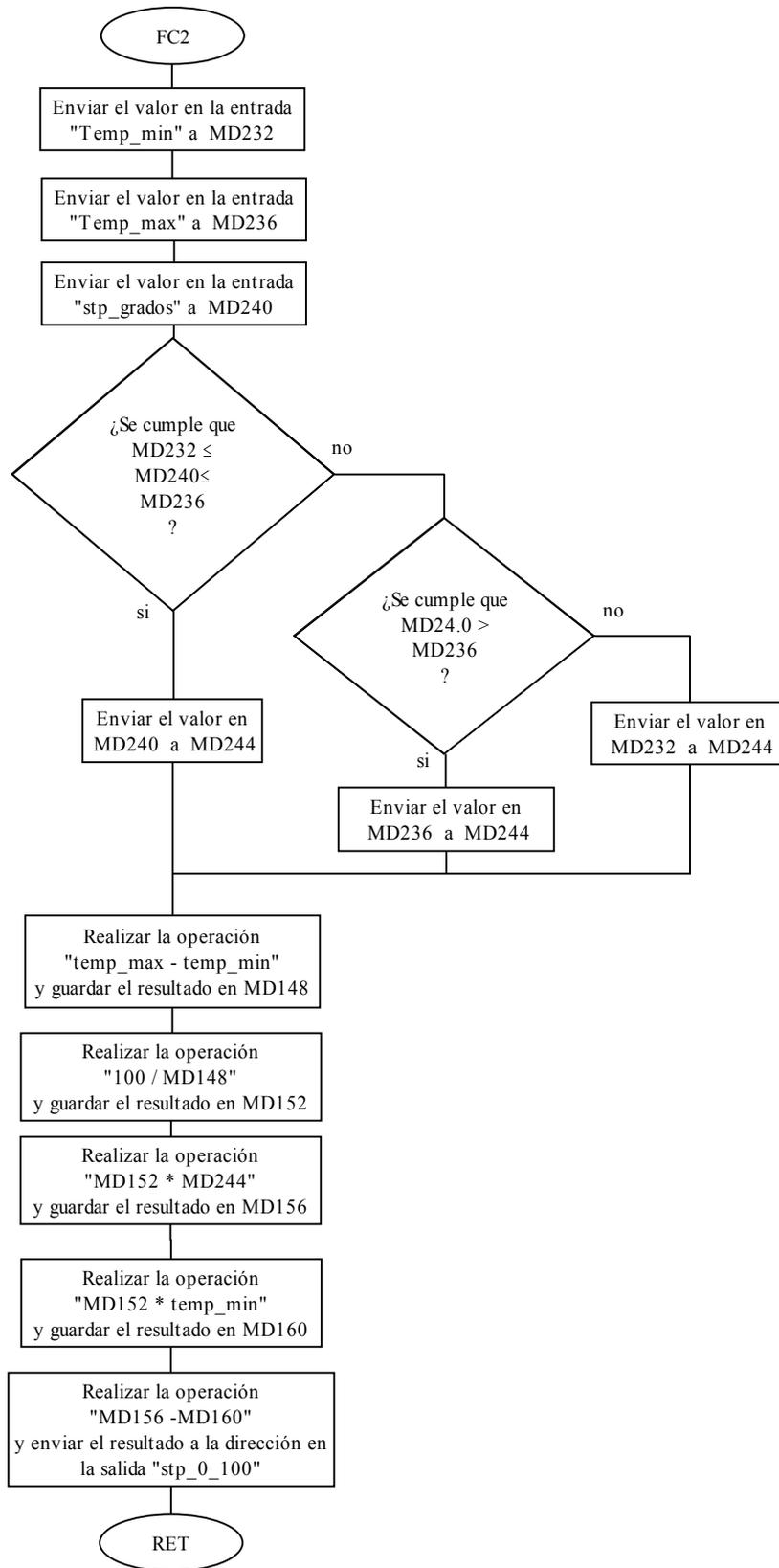


donde **Setpoint máx** y **Setpoint mín** son los set points de temperatura máximo y mínimo respectivamente que se pueden necesitar en determinado momento.

➤ **Diagrama de flujo**

A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa:



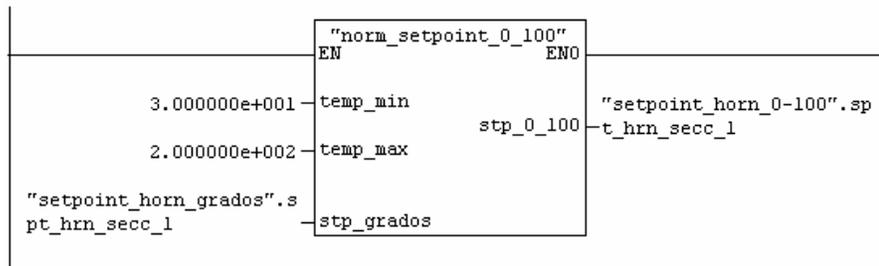


➤ Diagrama de contactos KOP

- Función FC2 llamada desde el OB1

Segm. 8 : Normalizador del setpoint de temperatura en valores de 0 a 100

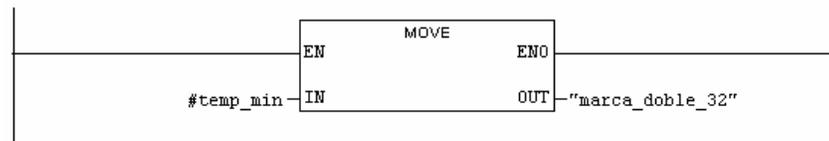
En este segmento se normaliza con valores de 0_100, el set point de temperatura de la primera sección de hornos que se introdujo en el DB5 y se almacena en el DB6, para luego ser llevado a la entrada SP_INT del PID.



- Función FC2 internamente

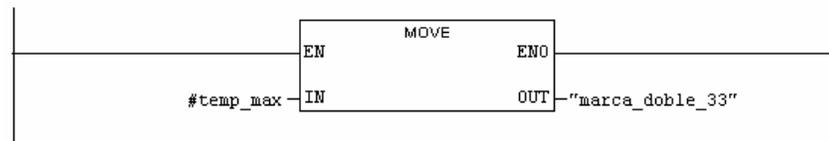
Segm. 1 : Título:

Direccionamiento del valor en la entrada "temp_min" a la marca de palabra doble MD232 (marca_doble_32).



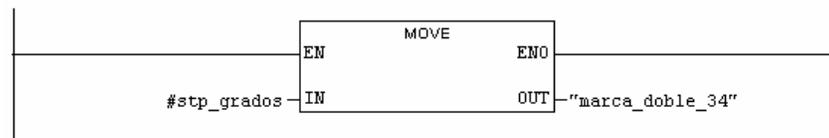
Segm. 2 : Título:

Direccionamiento del valor en la entrada "temp_max" a la marca de palabra doble MD236 (marca_doble_33).



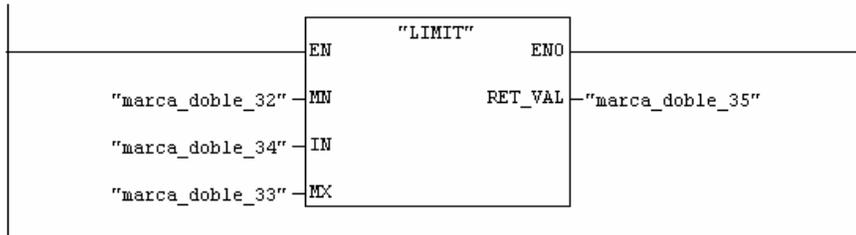
Segm. 3 : Título:

Direccionamiento del valor en la entrada "atp_grados" a la marca de palabra doble MD240 (marca_doble_34).



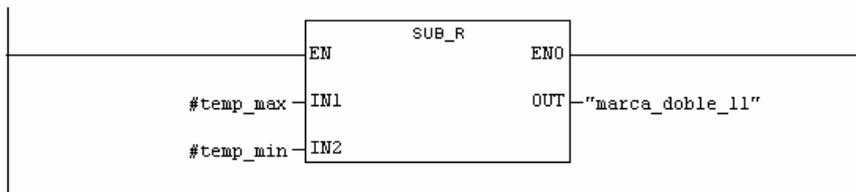
Segm. 4 : Título:

Este segmento se encarga de comprobar que el valor del setpoint que se introduzca se encuentre entre los límites máximos y mínimos y si el valor que introduzca esta por encima del máximo, colocará el máximo valor permitido. En el caso de que el valor introducido este por debajo del mínimo, colocará el mínimo valor permitido. El valor de la salida es enviado a la marca de palabra doble MD244 (marca_doble_35).



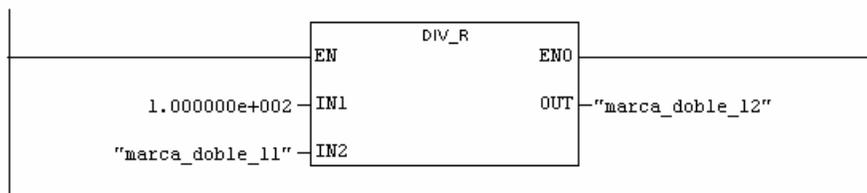
Segm. 5 : Título:

En este segmento se realiza la resta que se encuentra en el denominador de m, es decir, $x_2 - x_1$. La operación de este segmento se describe de la siguiente manera:
Restar el valor en la entrada "temp_max" menos el valor que se encuentra en la entrada "temp_min" y el resultado lo envía la marca de palabra doble MD148 (marca_doble_11).



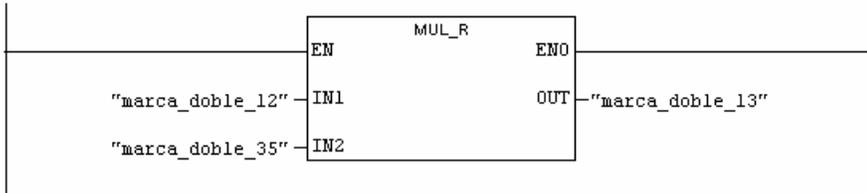
Segm. 6 : Título:

Puesto que la operación en el numerador de m es $y_2 - y_1$ y el valor de y_1 es 0, entonces el resultado de esta resta es y_2 , cuyo valor es 100. Por lo tanto procedemos a calcular el valor de m, que sería la división de 100 entre el resultado de la diferencia de $x_2 - x_1$. La operación de este segmento se describe de la siguiente manera:
Dividir 100 entre el valor de la marca de palabra doble MD148 (marca_doble_11) y enviar el resultado a la marca de palabra doble MD152 (marca_doble_12).



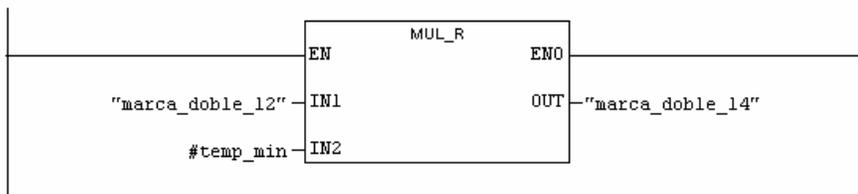
Segm. 7 : Título:

En este segmento se realiza la multiplicación del valor de m por el valor de la entrada de set point de temperatura en grados centígrados, es decir $m \times x$. La operación de este segmento se describe de la siguiente manera: Multiplicar el valor que se encuentra en la marca de palabra doble MD152 (marca_doble_12) por el valor de marca de palabra doble MD244 (marca_doble_35) y enviar el resultado a MD156 (marca_doble_13).



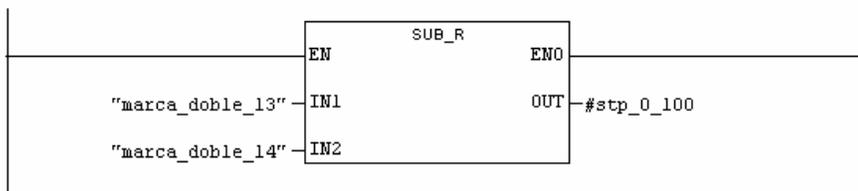
Segm. 8 : Título:

En este segmento se realiza la multiplicación $m \times x_1$, cuyo resultado es el primer término de b. Puesto que el segundo término de b es y_1 y este es 0, entonces este término no se tiene en cuenta en la ecuación de normalización. La operación de este segmento se describe de la siguiente manera: Multiplicar el valor de la marca de palabra doble MD152 (marca_doble_12) por el valor de la entrada "temp_min" y guardar el resultado en la marca de palabra doble MD160 (marca_doble_14).



Segm. 9 : Título:

En este segmento se realiza la diferencia de los resultados de las operaciones $m \times x$ y $m \times x_1$, es decir, $m \times x - m \times x_1$, obteniendo así el valor de temperatura normalizado entre 0 y 100. La operación de este segmento se describe de la siguiente manera: Restar el valor de marca de palabra doble MD156 (marca_doble_13) menos el valor en MD160 (marca_doble_14) y enviar el resultado a la salida "stp_0_100".



8.3. COMPARACIÓN DE LA TEMPERATURA REAL EN CADA UNO DE LOS HORNOS CON LA TEMPERATURA DESEADA.

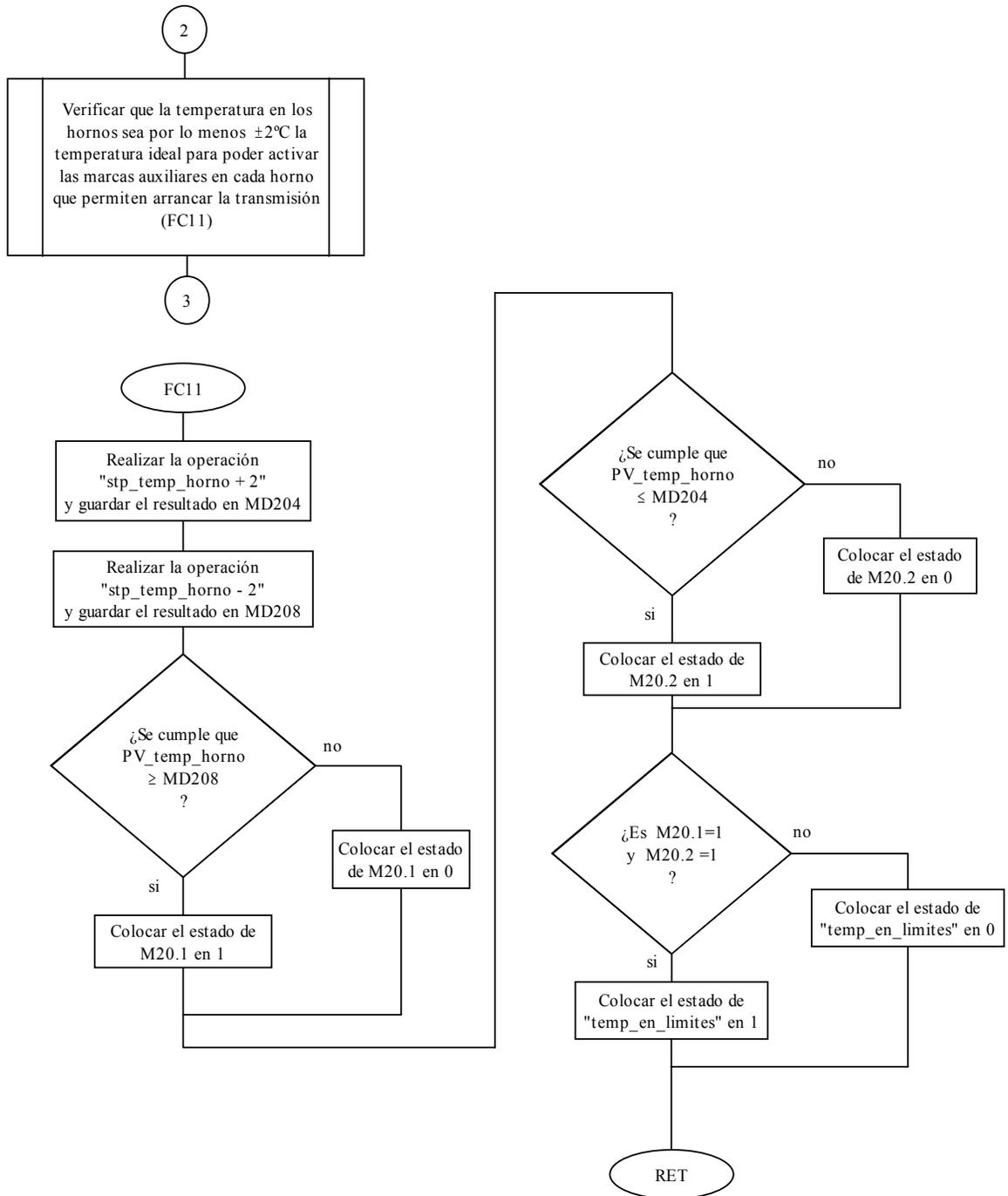
➤ Breve descripción

La transmisión de la máquina impregnadora BABCOCK sólo debe ser poder arrancada cuando la temperatura en cada uno de los hornos sea la deseada.

Esta parte del programa la realiza la función **FC11** y se encarga de comparar la temperatura real en cada uno de los hornos con la temperatura deseada y verificar que la temperatura en los hornos se encuentre al menos ± 2 °C por encima o por debajo de la temperatura deseada para poder arrancar la transmisión, de lo contrario no será posible hacer esto. El programa utiliza las operaciones de comparación entre números reales $CMP \geq R$ y $MP \leq R$ para comparar el valor de la temperatura deseada con la temperatura real en los hornos y si esta es la correcta activa una marca auxiliar, lo cual indica que la temperatura en el horno es la correcta para arrancar la transmisión. La función **FC11** es llamada al programa principal (**OB1**) 5 veces, ya que son 5 secciones de hornos y se debe verificar que la temperatura en cada horno es la correcta, por lo cual en el programa principal se observan 5 bloques iguales, pero con valores de entrada y salida diferentes. La salida de cada uno de estos bloques son las marcas auxiliares que indican si la temperatura de los hornos es la correcta. Un 1 en esta marca auxiliar significa que horno alcanzo la temperatura correcta y un 0 que no lo ha hecho.

➤ Diagrama de flujo

A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa:

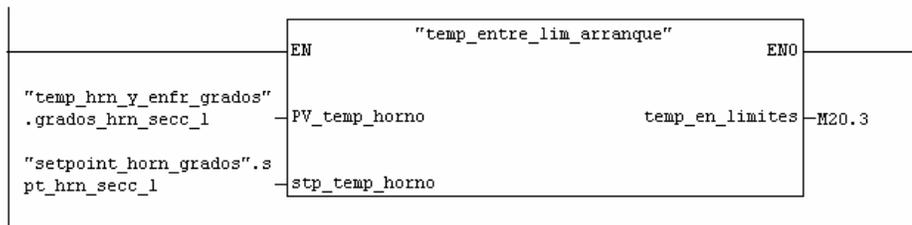


➤ Diagrama de contactos KOP

- Función FC11 llamada desde el OB1

Segm. 14 : Título:

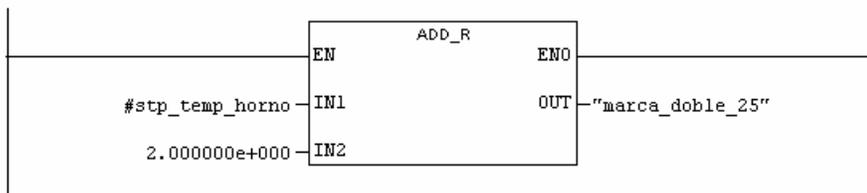
Si la temperatura de los hornos de la primera sección es +/- 2°C la temperatura ideal, este bloque activa la marca auxiliar M20.3 indicando que la temperatura de este horno es óptima para encender la transmisión del horno.



- Función FC11 internamente

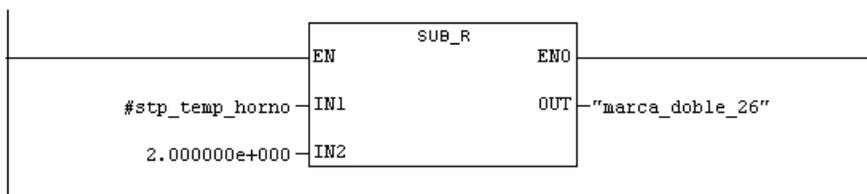
Segm. 1 : Título:

Sumar 2 a el valor en la entrada "stp_temp_horno" y guardar el resultado en la marca de palabra doble MD204 (marca_doble_25).



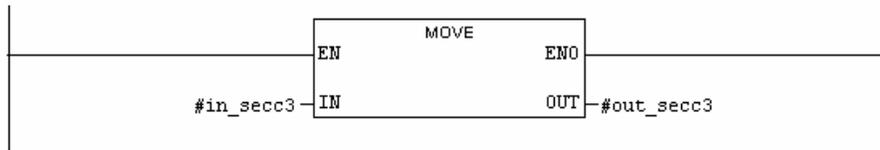
Segm. 2 : Título:

Restar 2 a el valor en la entrada "stp_temp_horno" y guardar el resultado en la marca de palabra doble MD208 (marca_doble_26).



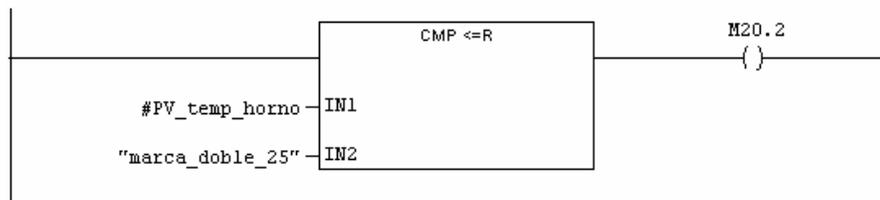
Segm. 3 : Título:

El valor de la entrada que se encuentra en "in_secc3" es enviado a la dirección que se indica en "out_secc3". El valor de entrada y la dirección correspondiente donde es guardado este, son observados en el Programa Principal (OBI).



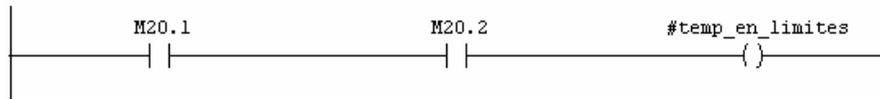
Segm. 4 : Título:

Si el valor en la entrada "PV_temp_horno" es menor o igual al valor en la marca de palabra doble MD204 (marca_doble_25) entonces colocar un 1 en marca auxiliar M20.2



Segm. 5 : Título:

Si el estado de las marcas auxiliares M20.1 y M20.2 es 1, entonces el estado de la salida "temp_en_limites" será 1.



8.4. VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LAS MARCAS AUXILIARES QUE PERMITEN ENCENDER LA TRANSMISIÓN.

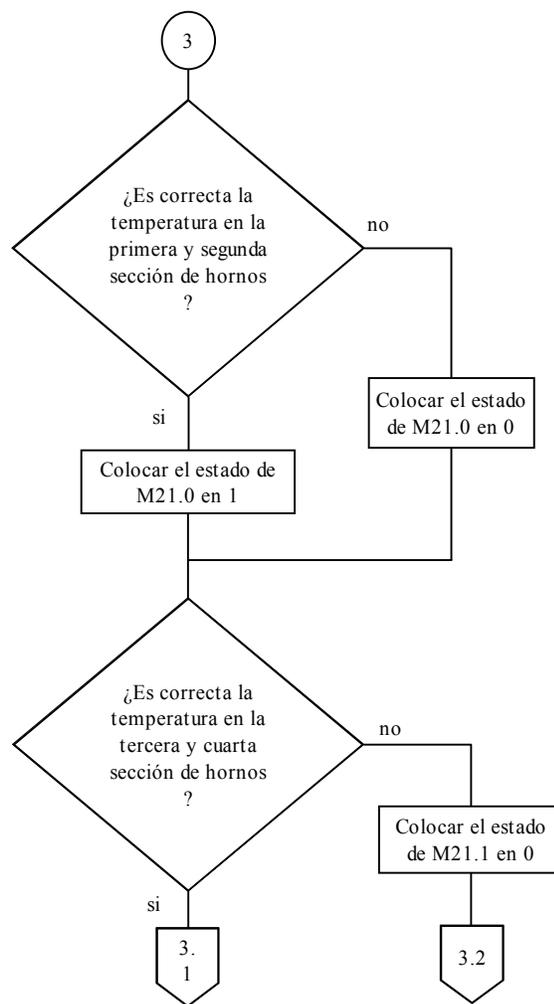
➤ Breve descripción

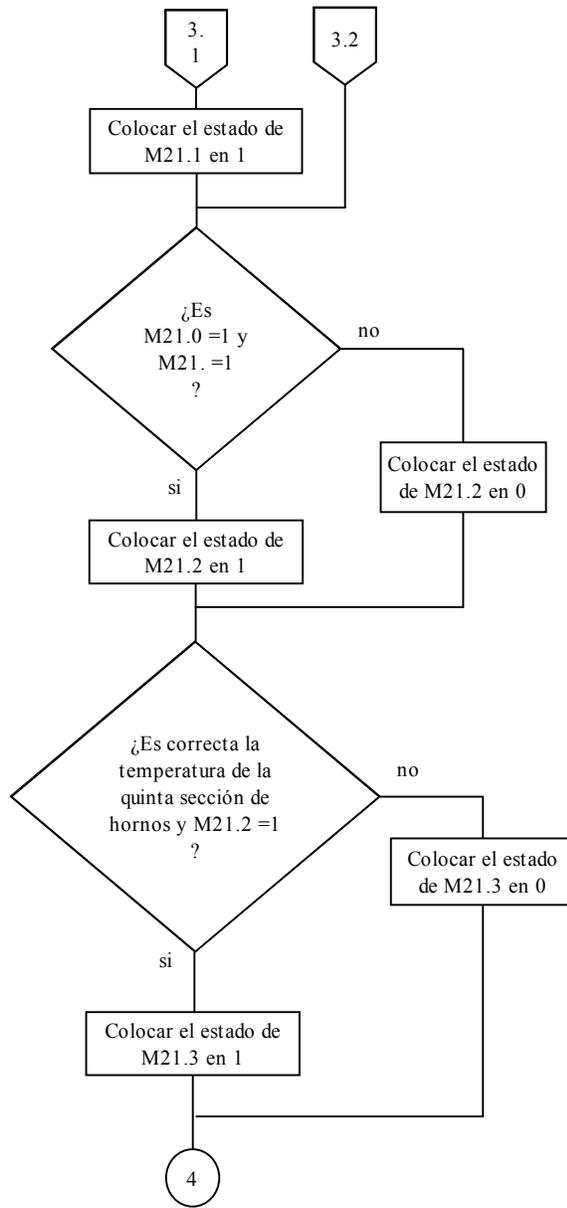
Esta parte del programa verifica el estado de cada una de las marcas auxiliares que indican si la temperatura real en cada horno es la ideal. En el momento en que el estado las marcas M20.3, M20.4, M20.5, M20.6 y M20.7 sea 1, lo cual representan el correcto estado de las temperatura de la primera, segunda, tercera,

cuarta y quinta sección de hornos respectivamente, se activará la marca auxiliar M21.3 que permitirá el arranque de la transmisión.

➤ **Diagrama de flujo**

A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa:

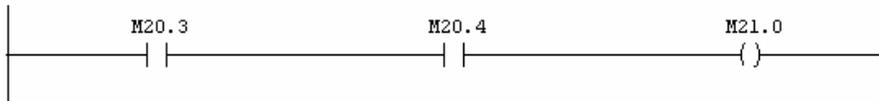




➤ Diagrama de contactos KOP

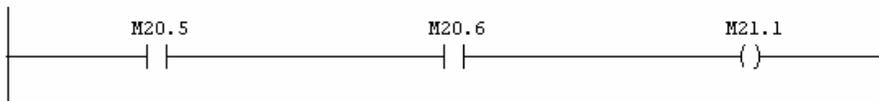
Segm. 19 : Título:

Este segmento junto con el segm26, segm27 y el segm28 verifican que la temperatura en los hornos esté entre los límites aceptables para iniciar la transmisión. Si la temperatura en la primera y segunda sección de hornos es la correcta, entonces se activa la marca auxiliar M20.3 y M20.4, por lo cual el estado en la marca auxiliar M21.0 sería 1, de lo contrario sería 0.



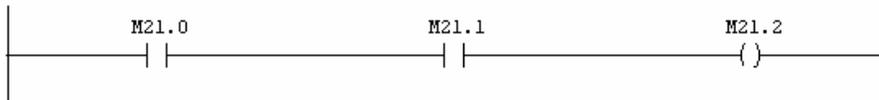
Segm. 20 : Título:

Si la temperatura en la tercera y cuarta sección de hornos es la correcta, entonces se activa la marca auxiliar M20.5 y M20.6, por lo cual el estado en la marca auxiliar M21.1 sería 1, de lo contrario sería 0.



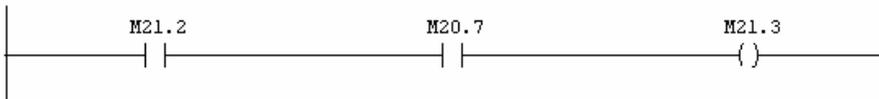
Segm. 21 : Título:

Si la temperatura en la primera, segunda, tercera y cuarta sección de hornos es la correcta, entonces se activa la marca auxiliar M21.0 y M21.1, por lo cual el estado en la marca auxiliar M21.2 sería 1, de lo contrario sería 0.



Segm. 22 : Título:

Si la temperatura en la primera, segunda, tercera, cuarta y quinta sección de hornos es la correcta, entonces se activa la marca auxiliar M21.2 y M20.7, por lo cual el estado en la marca auxiliar M21.3 sería 1, de lo contrario sería 0. Sólo si el estado esta última marca auxiliar es 1 podrá ser encendida la transmisión, es decir, sólo si la temperatura en cada una de las secciones de hornos es la ideal.



8.5. CONTROL DE TEMPERATURA EN HORNOS Y RODILLOS ENFRIADORES

➤ Breve descripción

El bloque de función **FB41** es la parte del programa encargada de realizar el control de temperatura en los hornos y rodillos enfriadores.

El bloque de función **FB41** o "**CONT_C**" sirve para la regulación de procesos industriales con magnitudes de entrada y salida continuas utilizando sistemas de automatización SIMATIC S7 y viene interno en el software estándar para programación de PLC S7-300/400, **STEP 7**. Su modo de trabajo se basa en el algoritmo de regulación de un controlador PID digital con un tiempo de muestreo mayor o igual a 1segundo y una señal de salida analógica.

El **FB41** toma los valores de temperatura real que le entregan los módulos de entradas análogas y los compara con los valores de las temperatura deseadas, obteniendo así una diferencia o señal de error. Luego esta señal de error es procesada por el algoritmo PID y el resultado de este procesamiento es finalmente convertido en una señal analógica que llega al actuador de la variable manipulada por medio de los módulos de salidas análogas.

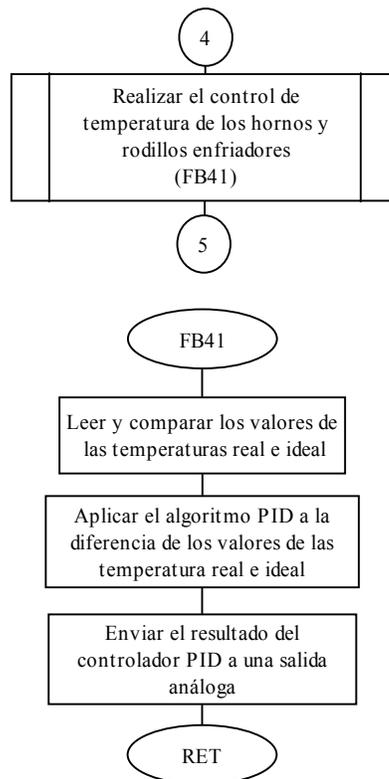
El **FB41** es llamado 6 veces por el programa principal, ya que se realiza un control de temperatura por cada una de las 5 secciones de hornos y uno para los rodillos enfriadores, claro que en cada caso posee diferentes valores de entrada diferentes

y diferentes direcciones de salida.

Además de las entradas de valor real y deseado, el **FB41** posee 24 entradas más, a través de las cuales se puede parametrizar este bloque de función. Para obtener más información acerca de la regulación continua con el **FB41 "CONT_C"** y la parametrización de sus entradas ver el **anexo F**.

➤ Diagrama de flujo

A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa:

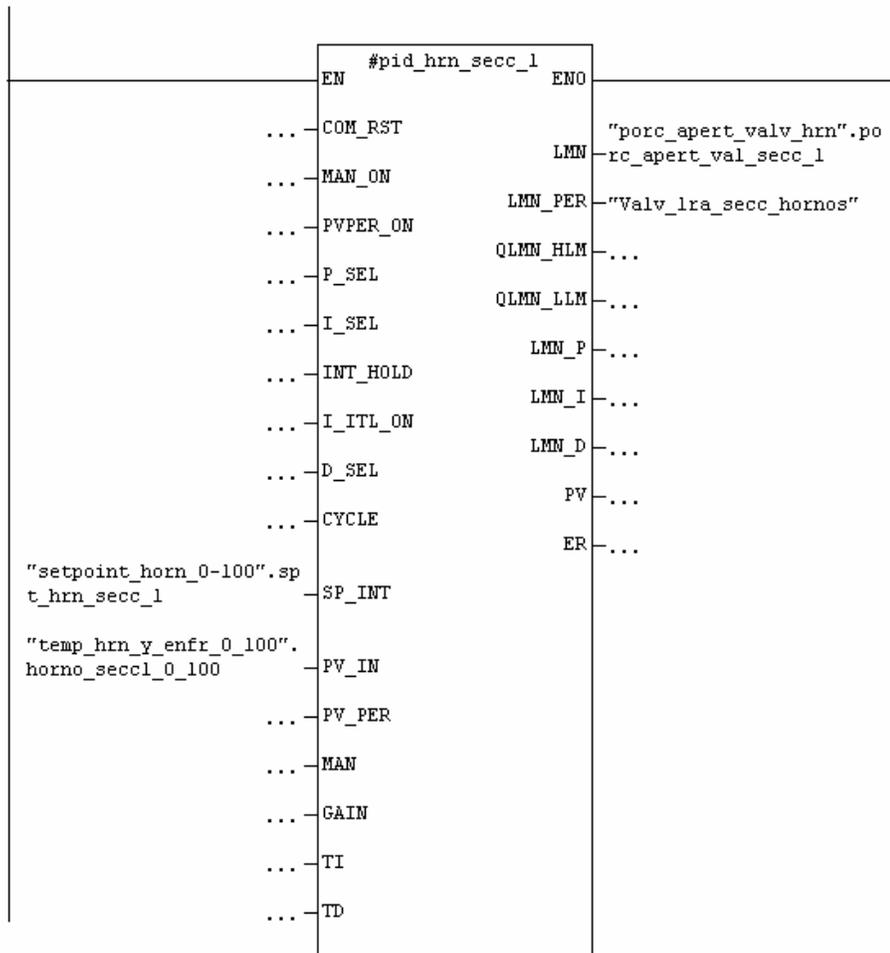


➤ Diagrama de contactos KOP

- Función **FB41** llamada desde el **OB1**

Segm. 1: Titulo:

En este segmento se realiza el control PID de temperatura de la primera seccion de hornos.



8.6 DIRECCIONAMIENTO DE TEMPERATURA DE CADA UNO DE LOS MOTORES.

➤ Breve descripción

En esta parte del programa la función **FC7** se encarga de direccionar a una posición en el DB1 cada una de las entradas análogas de corriente que provienen de los transmisores, los cuales llevan al módulo del PLC la señal de voltaje de las termocuplas ubicadas en las carcazas de los motores.

Como se ha mencionado antes, la temperatura en cada uno de los motores es medida a través de termocuplas tipo K adheridas a la carcasa del motor. Cada uno de los termocuplas posee su transmisor, el cual convierte la señal de la termocupla en valores entre 4 y 20mA. En la tabla 8.2. se muestra la representación en los sistemas decimal y hexadecimal de los valores de 4 a 20mA que cada uno de los transmisores proporciona a los módulos de entradas análogas y que se conocen en el programa como PEWx.

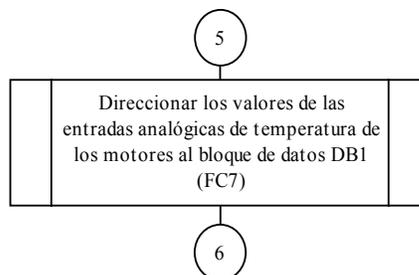
Tabla 8.2 Representación de las entradas análogas de 4 20mA en los sistemas decimal y hexadecimal

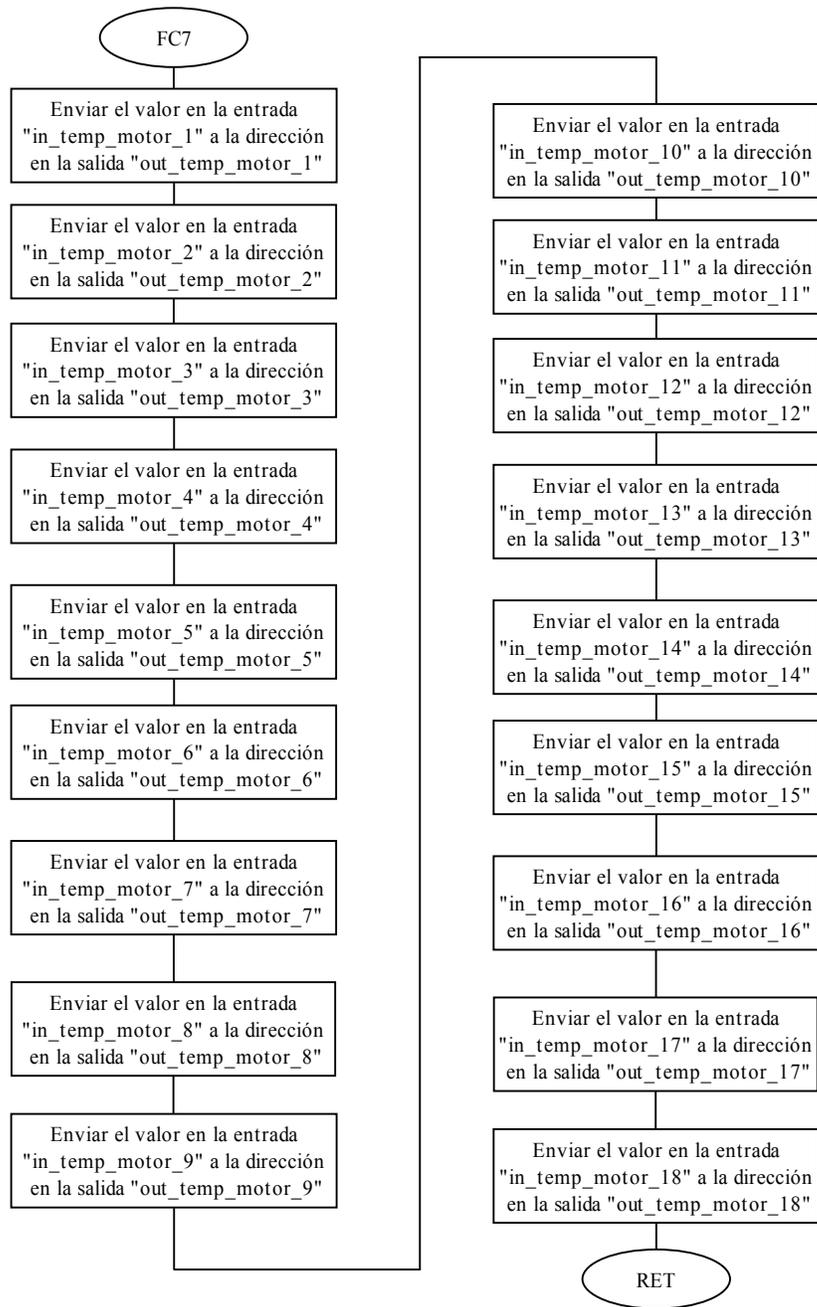
| Sistema | Margen de medición de intensidad | | | |
|-------------|----------------------------------|-----------|-----------------|----------------------------|
| | dec. | hex. | | |
| | | 4 a 20 mA | | |
| 118,515 % | 32767 | 7FFF | 22,96 mA | Valor excesivo |
| 117,593 % | 32512 | 7F00 | | |
| 117,589 % | 32511 | 7EFF | 22,81 mA | Desbordamiento por exceso |
| | 27649 | 6C01 | | |
| 100,000 % | 27648 | 6C00 | 20 mA | Nominal |
| 75 % | 20736 | 5100 | 15 mA | |
| 0,003617 % | 1 | 1 | 4 mA + 578,7 nA | |
| 0 % | 0 | 0 | 4 mA | |
| | -1 | FFFF | | |
| -17,593 % | -4864 | ED00 | 1,185 mA | Desbordamiento por defecto |
| | -4865 | ECFF | | |
| ≤ -17,596 % | -32768 | 8000 | | Valor insuficiente |

Nota: Cabe recordar que cada uno de los transmisores debe ser calibrado de tal manera que a la temperatura mínima este proporcione 4mA a la salida y a la temperatura máxima proporcione 20mA, para que la normalización de estos valores en grados centígrados realizada por la función FC1 no arroje resultados erróneos.

➤ **Diagrama de flujo**

A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa:





➤ Diagrama de contactos KOP

Segm. 24 : Título:

Este segmento lee todas las señales de temperatura de los motores y las almacena en el DB1.

| | EN | "guarda_temp_motores" | ENO |
|----------------------|------------------|-----------------------|--|
| "Mot_transm_satur" | in_temp_motor_1 | | "temp_motores_PV".Mot_tr ansm_satur |
| "Mot_transm_R.enfr" | in_temp_motor_2 | out_temp_motor_1 | |
| "Mot_Rod_Halad" | in_temp_motor_3 | out_temp_motor_2 | "temp_motores_PV".Mot_tr ansm_Renfr |
| "Mot_Cuch_Girat" | in_temp_motor_4 | out_temp_motor_3 | "temp_motores_PV".Mot_Ro d_Halad |
| "Mot_1_prim_secc" | in_temp_motor_5 | | "temp_motores_PV".Mot_Cu |
| "Mot_2_prim_secc" | in_temp_motor_6 | out_temp_motor_4 | ch_Girat |
| | . | . | |
| | . | . | |
| | . | . | |
| "Mot_extr_alineador" | in_temp_motor_17 | out_temp_motor_12 | "temp_motores_PV".Mot_2_ cuar_secc |
| "Mot_bomb_ace_tér" | in_temp_motor_18 | out_temp_motor_13 | "temp_motores_PV".Mot_1_ quin_secc |
| | | out_temp_motor_14 | "temp_motores_PV".Mot_2_ quin_secc |
| | | out_temp_motor_15 | "temp_motores_PV".Mot_ex tr_satur |
| | | out_temp_motor_16 | "temp_motores_PV".Mot_ex tr_centrado |
| | | out_temp_motor_17 | "temp_motores_PV".Mot_ex tr_alineador |
| | | out_temp_motor_18 | "temp_motores_PV".Mot_bo mb_ace_ter |

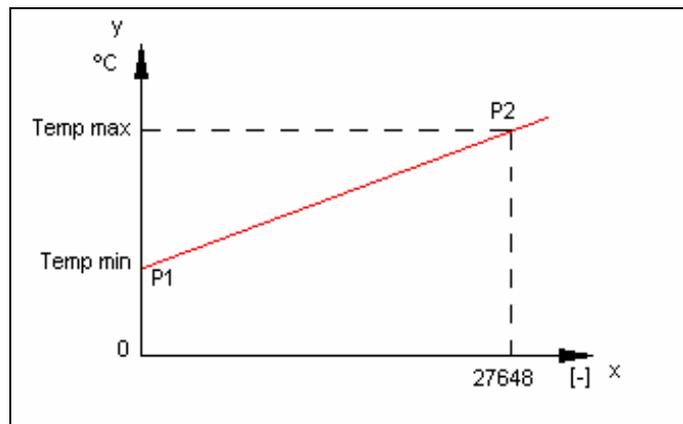
8.7. NORMALIZACIÓN DE LOS VALORES ANALÓGICOS DE LA TEMPERATURA DE LOS MOTORES RECIBIDOS POR LOS MÓDULOS A SUS VALORES CORRESPONDIENTES EN GRADOS CENTÍGRADOS.

➤ Breve descripción

La función **FC1** se encarga de normalizar los valores analógicos de temperatura

en los motores que han recibido los módulos de entradas análogos y que posteriormente fueron direccionados al **DB1**, a sus valores correspondientes en grados centígrados. Esta normalización debe realizarse, ya que cuando el módulo de entradas análogas recibe la entrada de corriente, la cual representa un valor de temperatura, este transforma la entrada de voltaje a un valor entre 0 y 27648, el cual debe ser transformado posteriormente a un valor en grados centígrados por el programa. Para realizar esta normalización, planteamos una ecuación de la forma $y=m*x+b$ la cual es una recta que podemos definir por dos puntos $P1(x1,y1)$ y $P2(x2,y2)$, los cuales para nuestro caso son en realidad $P1(0, \text{Temp min})$ y $P2(27648, \text{Temp máx})$, donde $m = (y2-y1)/(x2-x1)$, $b = -m*x1+y1$, "x" es la entrada de valores analógicos de 0 a 27648 y "y" la salida de temperatura normalizada en grados. La figura 8.3 muestra la gráfica que representa la normalización anteriormente descrita:

Figura 8.3. Normalización de los valores analógicos de la temperatura de los motores recibidos por los módulos a grados centígrados.



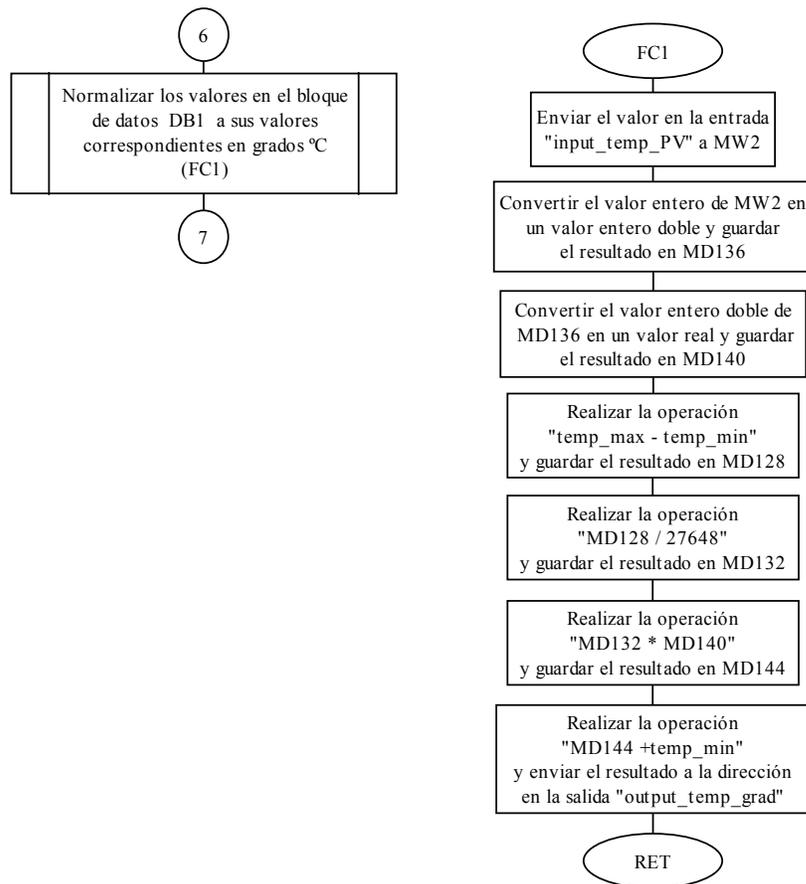
donde **Temp máx** y **Temp min** son los valores de temperatura máximo y mínimo

que pueden alcanzar los motores.

La función **FC1** es llamada por el programa principal 18 veces, ya que se tienen 18 motores a los que se les mide la temperatura en la carcaza, claro que en cada caso posee diferentes valores de entrada y diferentes direcciones de salida.

➤ Diagrama de flujo

A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa:

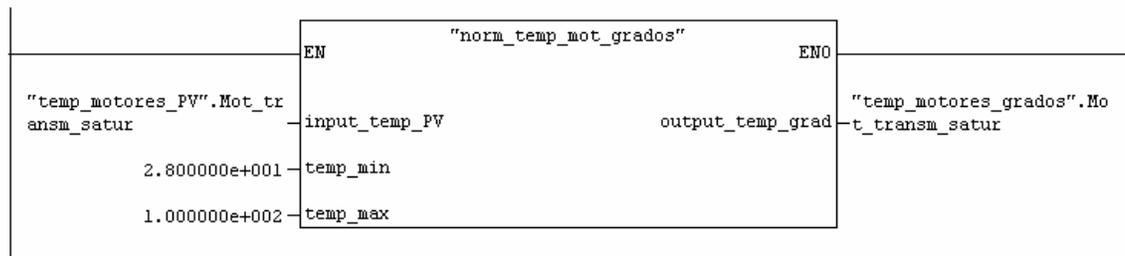


➤ Diagrama de contactos KOP

- Función **FC1** llamada desde el **OB1**

Segm. 25 : Título:

En este segmento se introduce la temperatura mínima y máxima en grados centígrados que se espera registrar del motor transmisión saturadora. Luego el bloque toma el valor de temperatura actual tipo WORD del DB1, lo normaliza y luego lo guarda como REAL en grados centígrados en el DB12.



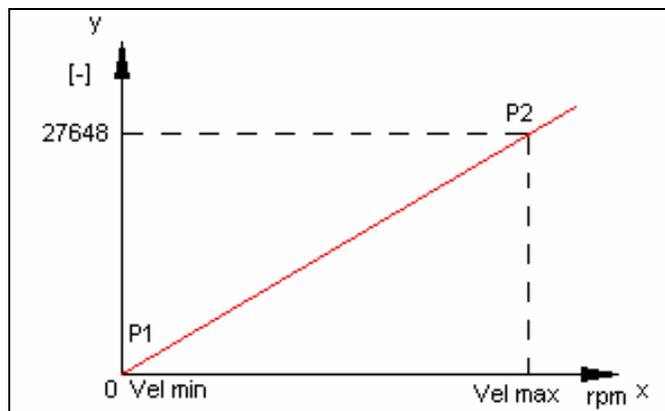
8.8. NORMALIZACIÓN DE LOS VALORES DESEADOS DE VELOCIDAD EN RPM DE LOS VENTILADORES A VALORES ENTRE 0 Y 27648 ENTENDIBLES POR LOS MÓDULOS DE SALIDAS ANÁLOGAS.

➤ Breve descripción

Debido a que la velocidad deseada en los ventiladores de la máquina se introduce en el programa como valores de velocidad en RPM, estos deben ser normalizados en valores entre 0 y 27648 para que puedan ser entendidos por el módulo de salidas análogas y posteriormente convertidos en valores analógicos de voltaje o corriente según sea la configuración del módulo.

La función **FC5** es la encargada de esta parte del programa. Para realizar esta normalización en la **FC5** se ha planteado una ecuación de la forma $y=m*x+b$ la cual es una recta que podemos definir por dos puntos $P1(x1,y1)$ y $P2(x2,y2)$, los cuales para nuestro caso son en realidad $P1(\text{Vel min}, 0)$ y $P2(\text{Vel máx}, 27648)$, donde $m=(y2-y1)/(x2-x1)$, $b=-m*x1+y1$, "x" es la entrada de velocidad en RPM y "y" la salida de velocidad normalizada en valores entre 0 y 27648. La figura 8.4 muestra la gráfica que representa la normalización anteriormente descrita:

Figura 8.4. Normalización de los valores deseados de velocidad en RPM de los ventiladores a valores entre 0 y 27648.



donde **Vel máx** y **Vel min** son los valores de las velocidades en RPM máximo y mínimo que pueden alcanzar los ventiladores.

Para el caso de los ventiladores, la función **FC5** está precedida de las marcas auxiliares M12.0 y M17.1, y sólo podrá ser activada cuando el estado de estas marcas sea 0 y 1 respectivamente. La marca auxiliar M12.0 (emergencia) se activa frente a la aparición de una parada de emergencia, provocando la detención

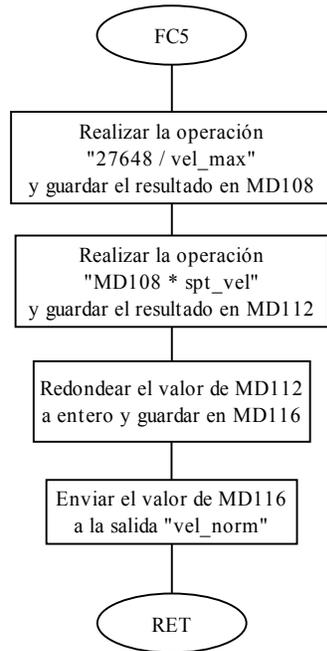
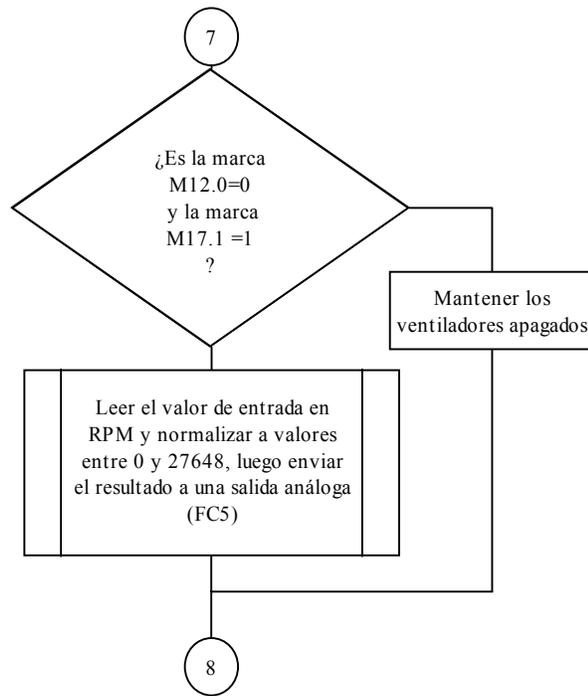
absoluta de la máquina y la marca M17.1 es la encargada de dar la orden de encendido o apagado a los ventiladores. Estas dos marcas auxiliares, también preceden a la salida digital A102.7 ("s_K_Ventiladores_hornos"), la cual envía la señal que activa un relé de 24V quien a su vez activa un relé de 110 que activa el contactor que conecta o desconecta las fases de alimentación al motor.

Seguida de la normalización de los valores de velocidad de los ventiladores se encuentra una sección encargada de poner directamente un valor de cero a la salida normalizada una vez se active la marca auxiliar M12.0 o se desactive M17.1, es decir, si se activa una parada de emergencia o si se decide apagar los ventiladores.

La función FC5 es llamada 10 veces por el programa principal, una vez por cada ventilador, claro que en cada una de sus llamadas posee diferentes valores de entrada y diferentes direcciones de salida.

➤ **Diagrama de flujo**

A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa:

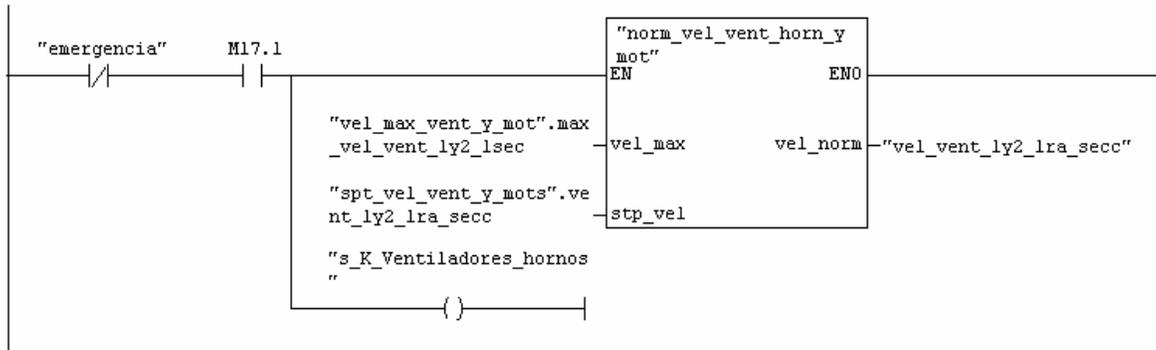


➤ Diagrama de contactos KOP

- Función FC5 llamada desde el OB1

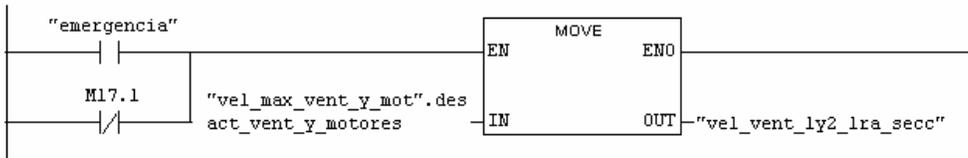
Segm. 43: Título:

Este segmento normaliza el set point de velocidad de los ventiladores 1 y 2 de la 1ra sección.



Segm. 44: Título:

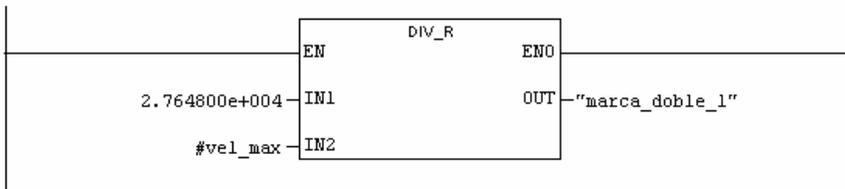
Este segmento activa y desactiva los ventiladores 1 y 2 de la 3ra sección desde los botones de la consola principal y además detiene el funcionamiento de estos frente a una parada de emergencia.



- Función FC5 internamente

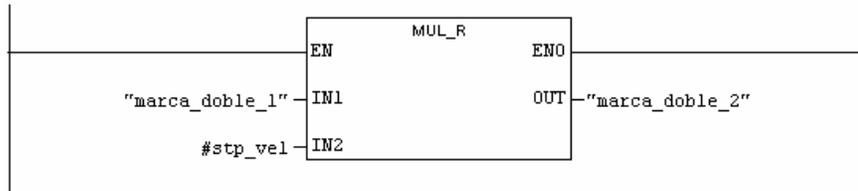
Segm. 1: Título:

Este segmento realiza el cálculo m . Puesto que el valor de "Vel min" es cero (motor apagado), entonces el cálculo de m se reduce a $m=y^2/x^2$. Por lo tanto en este segmento se divide $y^2=27648$ entre el valor en la entrada "vel_max" y se guarda el resultado en la marca de palabra doble MD108 (marca_doble_1).



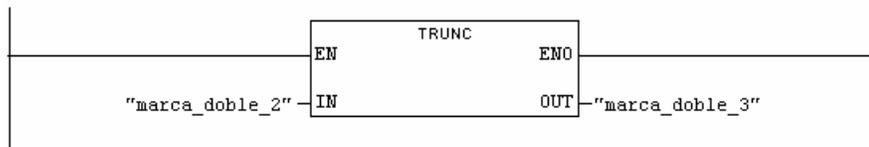
Segm. 2 : Título:

Si utilizamos los valores de x_1 y y_1 , para calcular el valor de b , este se reduce a cero, por lo tanto el valor de la salida normalizada "y" se reduce a $y=m*x$, la cual es la multiplicación realizada en este segmento, y cuyo resultado es guardado en la marca de palabra doble MD112 (marca_doble_2).



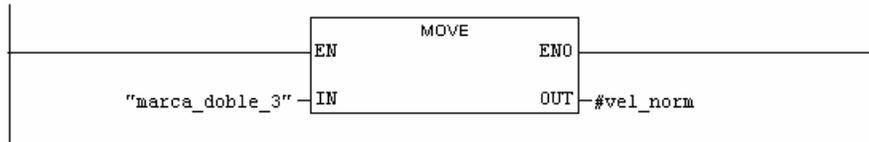
Segm. 3 : Título:

El valor Real de velocidad normalizada guardada en la marca de palabra doble MD112 (marca_doble_2) es redondeado a un valor entero y el resultado se guarda en la marca de palabra doble MD116 (marca_doble_3).



Segm. 4 : Título:

El valor en la marca de palabra doble MD116 (marca_doble_3) es enviado a la salida "vel_norm".



8.9. ARRANQUE Y PARADA DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN.

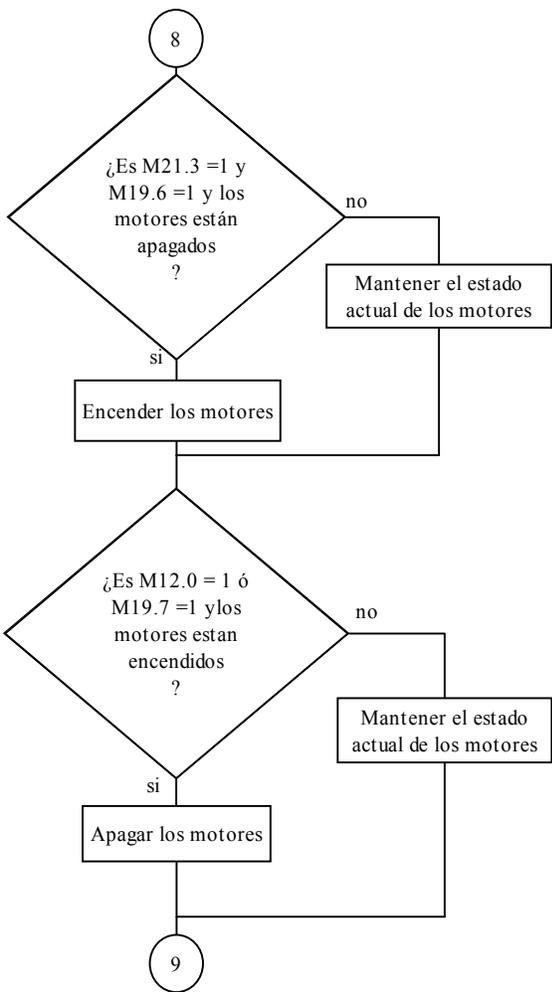
➤ Breve descripción

En esta parte del programa se utiliza un flip-flop de activación/desactivación para arrancar y detener el sistema de transmisión de la máquina impregnadora. Si el estado de las marcas auxiliares M21.3 y M19.6 (transmision_ON) es 1 y el estado de la marca auxiliar de salida M19.5 (iniciar transmisi3n) es 0, entonces el estado

esta marca auxiliar cambia de un estado de 0 a 1 y la transmisión arranca, de lo contrario se mantendrá el estado actual de esta marca y por ende el estado actual de la transmisión. La marca auxiliar M21.3 sólo se activa cuando la temperatura de todos los hornos es correcta, mientras que la marca auxiliar M19.6 es activada por el operario desde el software de supervisión. Si el estado de las marcas auxiliares M19.7 (transmision_OFF) o M12.0 (emergencia) es 1 y el estado de la marca auxiliar de salida M19.5 (iniciar_transmisión) es 1, entonces el estado de la marca auxiliar de salida cambia de 1 a 0 y la transmisión se detiene, de lo contrario se mantendrá el estado actual de esta marca y por ende el estado actual de la transmisión. La marca auxiliar M19.7 (transmisión_OFF) es activada por el operario desde el software de supervisión, mientras que la marca M12.0 (emergencia) es activada a través de cualquiera de las paradas de emergencia.

➤ **Diagrama de flujo**

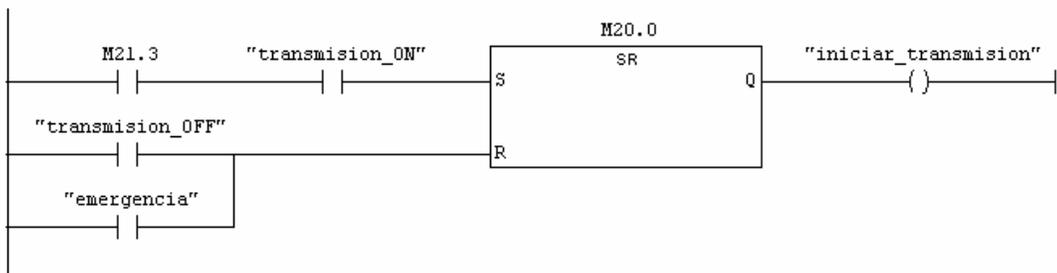
A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa:



➤ **Diagrama de contactos KOP**

Segm. 53 : Título:

Este segmento habilita y deshabilita el arranque de la transmisión.



8.10. NORMALIZACIÓN DE LA VELOCIDAD DE PRODUCCIÓN QUE SE ENCUENTRA EN M/MIN A SU VALOR CORRESPONDIENTE EN RPM PARA CADA UNO DE LOS MOTORREDUCTORES DE LA TRANSMISIÓN.

➤ Breve descripción

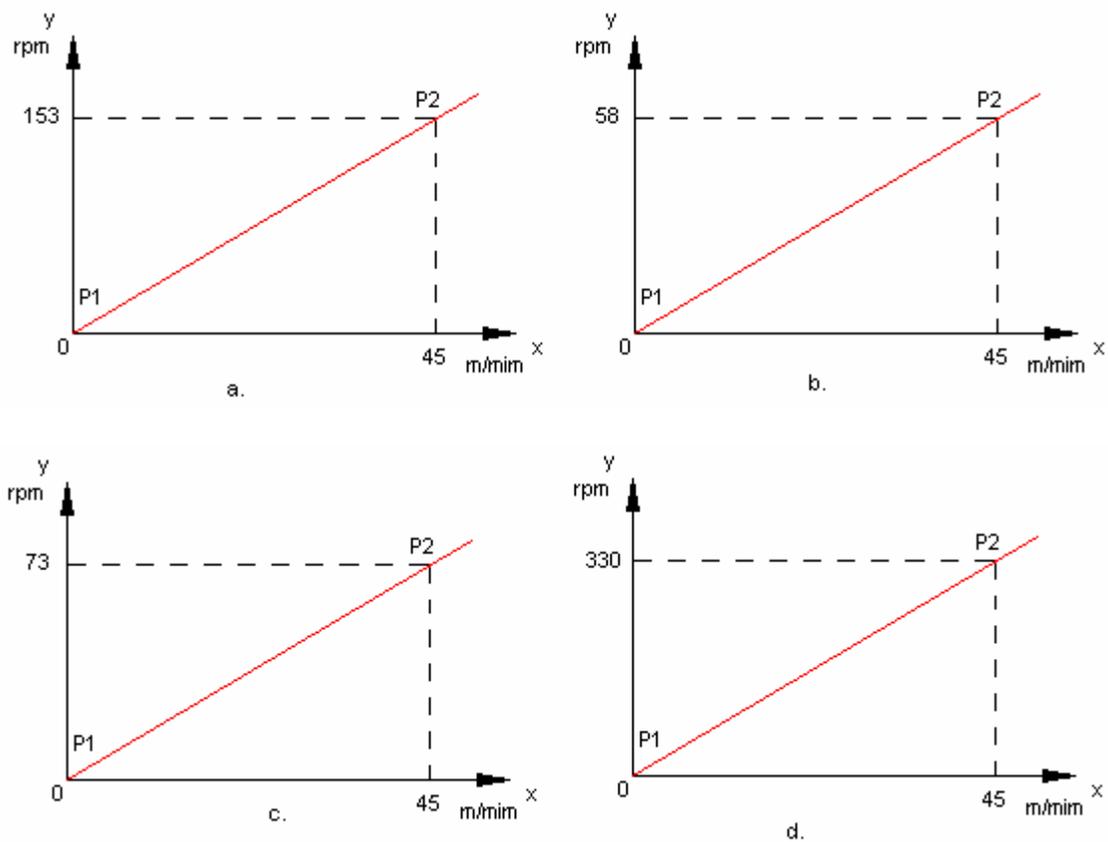
En esta parte del programa, la función **FC14** normaliza en RPMs la velocidad de producción que se encuentra en m/min para cada uno de los motorreductores de la transmisión, según la fórmula $y=m*x+b$, la cual podemos definir por dos puntos $P1(x1,y1)$ y $P2(x2,y2)$, que para nuestro caso son en realidad:

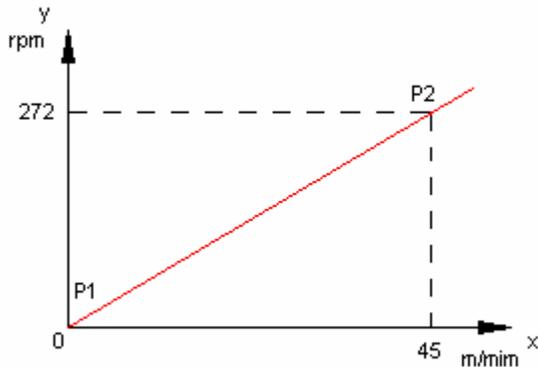
- $P1(0, 0)$ y $P2(45\text{m/min}, 153\text{rpm})$, para el motorreductor de los rodillos tensores,
- $P1(0, 0)$ y $P2(45\text{m/min}, 58\text{rpm})$, para el motorreductor de los rodillos exprimidores,
- $P1(0, 0)$ y $P2(45\text{m/min}, 73\text{rpm})$, para el motorreductor de los rodillos enfriadores,
- $P1(0, 0)$ y $P2(45\text{m/min}, 330\text{rpm})$, para el motorreductor de la unidad cortadora,
- $P1(0, 0)$ y $P2(45\text{m/min}, 272\text{rpm})$, para el motorreductor de los rodillos haladores de la cortadora.

donde $m=(y2-y1)/(x2-x1)$, $b= -m*x1+y1$, "x" es la entrada de velocidad deseada en m/min y "y" es la salida de velocidad normalizada en RPM.

Como se habrá notado, a través de los puntos que se encuentran arriba se obtienen ecuaciones que pasan por el origen, por lo tanto m se reduce a $m=y_2/x_2$ y el término b desaparece, simplificando la ecuación inicial a $y=m*x$. La figura 8.5. muestra la gráfica que representa la normalización anteriormente descrita para cada uno de los motorreductores de la transmisión:

Figura 8.5. Normalización de la velocidad de producción de m/min a su valor correspondiente en RPM para los motorreductores de: a. rodillos tensores, b. rodillos exprimidores, c. rodillos enfriadores, d. unidad cortadora, e. rodillos haladores de la cortadora.

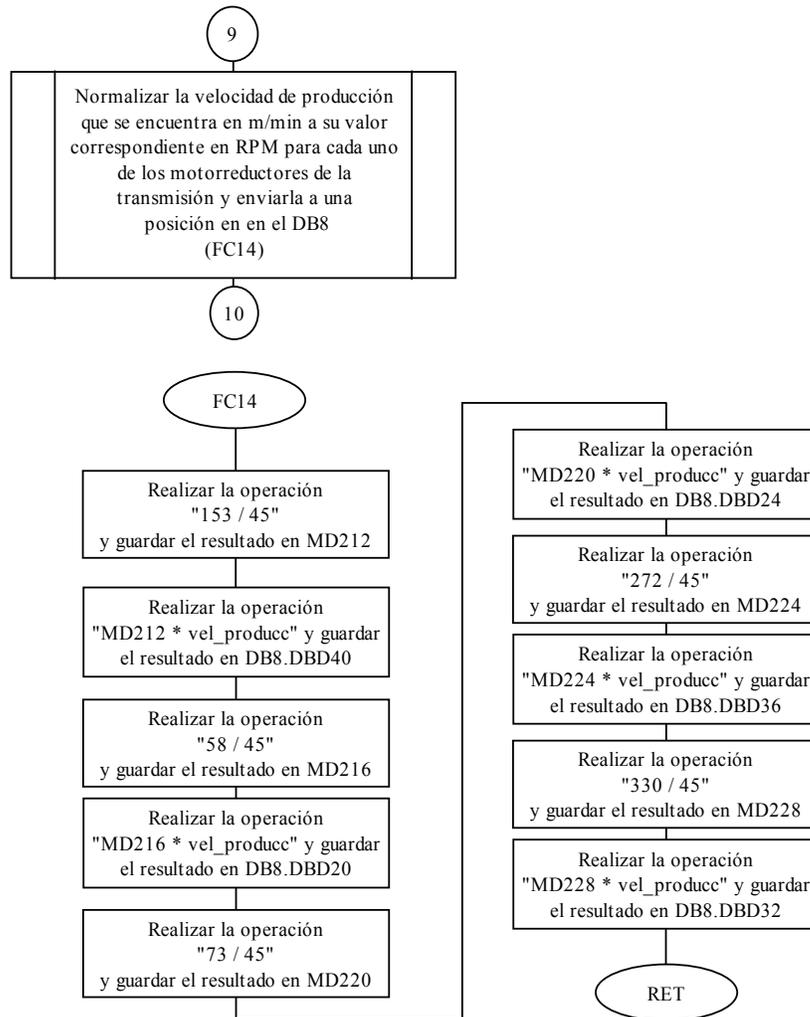




e.

➤ Diagrama de flujo

A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa:

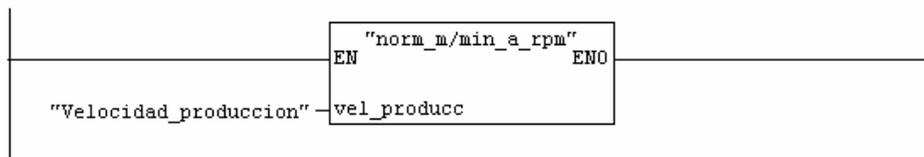


➤ Diagrama de contactos KOP

- Función **FC14** llamada desde el **OB1**

Segm. 54 : Título:

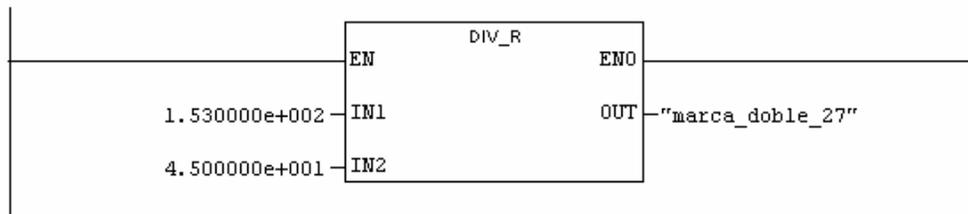
Este segmento normaliza la velocidad de producción de m/min a RPM en cada uno de los motorreductores de la transmisión, es decir, le indica a los motorreductores a cuantas RPM debe girar para que la velocidad de producción en m/min sea la deseada. La velocidad de producción máxima no debe exceder los 45m/min.



- Función **FC14** internamente

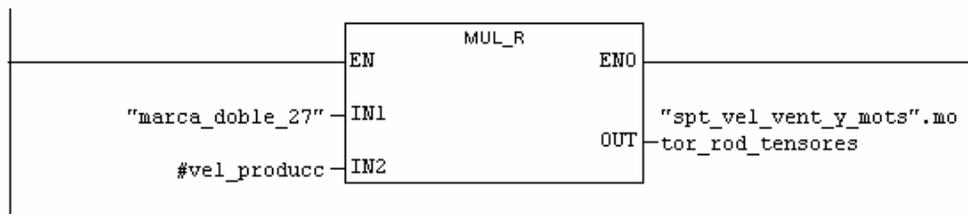
Segm. 1 : Título:

Este segmento realiza el cálculo de la pendiente "m" para los rodillos tensores de la saturadora y guarda el resultado en la marca de palabra doble MD212 (cmarca_doble_27).



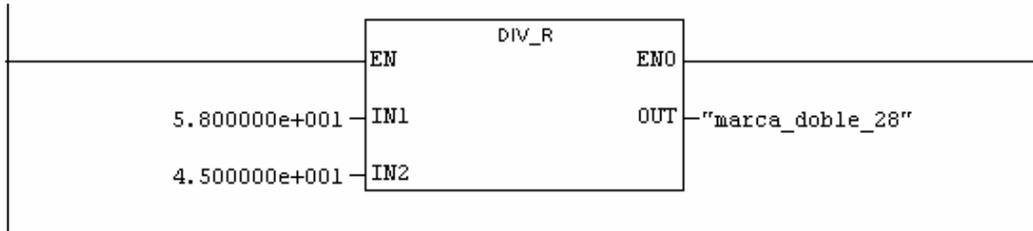
Segm. 2 : Título:

Este segmento realiza la multiplicación entre la pendiente "m" de los rodillos tensores y la entrada de velocidad deseada en m/min "x", es decir $m \cdot x$, y envía el resultado a la posición DB8.DBD40.



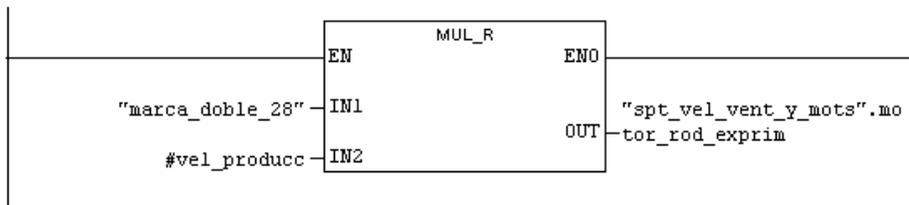
Segm. 3 : Título:

Este segmento realiza el cálculo de la pendiente "m" para los rodillos exprimidores de la saturadora y guarda el resultado en la marca de palabra doble MD216 (cmarca_doble_28).



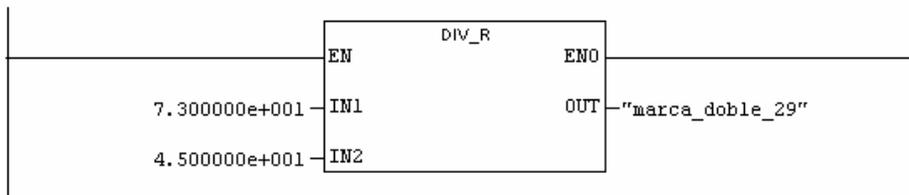
Segm. 4 : Título:

Este segmento realiza la multiplicación entre la pendiente "m" de los rodillos exprimidores y la entrada de velocidad deseada en m/min "x", es decir, $m \cdot x$, y envía el resultado a la posición DB8.DBD20.



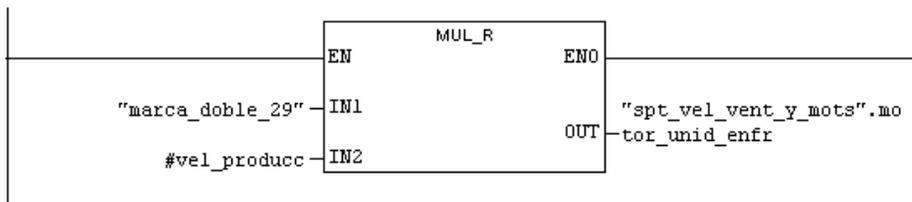
Segm. 5 : Título:

Este segmento realiza el cálculo de la pendiente "m" para los rodillos enfriadores y guarda el resultado en la marca de palabra doble MD220 (cmarca_doble_29).



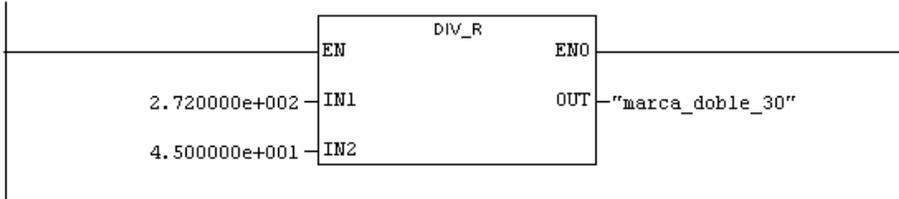
Segm. 6 : Título:

Este segmento realiza la multiplicación entre la pendiente "m" de los rodillos enfriadores y la entrada de velocidad deseada en m/min "x", es decir, $m \cdot x$, y envía el resultado a la posición DB8.DBD24.



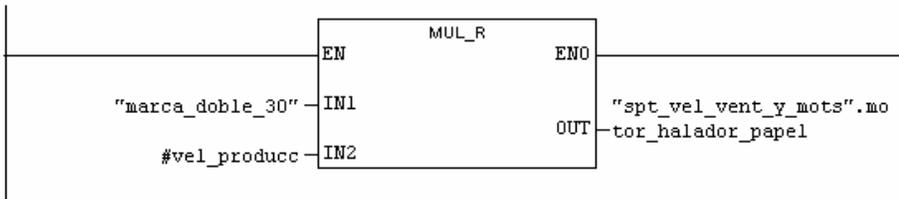
Segm. 7 : Título:

Este segmento realiza el cálculo de la pendiente "m" para los rodillos haladores de la cortadora y guarda el resultado en la marca de palabra doble MD224 (cmarca_doble_30).



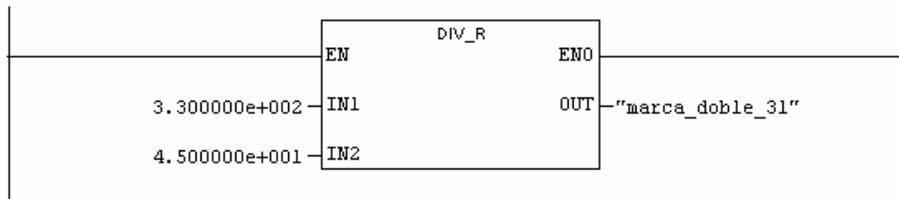
Segm. 8 : Título:

Este segmento realiza la multiplicación entre la pendiente "m" de los rodillos haladores y la entrada de velocidad deseada en m/min "x", es decir, m*x, y envía el resultado a la posición DB8.DBD36.



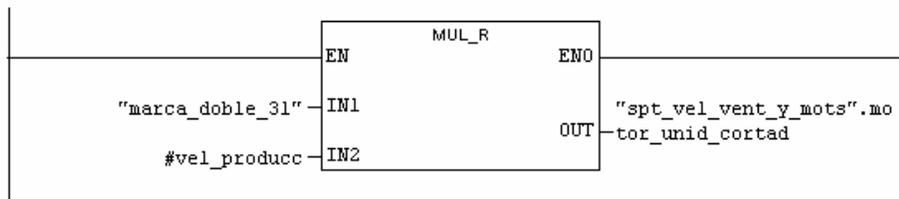
Segm. 9 : Título:

Este segmento realiza el cálculo de la pendiente "m" para la cuchilla giratoria de la unidad cortadora y guarda el resultado en la marca de palabra doble MD228 (cmarca_doble_31).



Segm. 10 : Título:

Este segmento realiza la multiplicación entre la pendiente "m" de la cuchilla giratoria y la entrada de velocidad deseada en m/min "x", es decir, m*x, y envía el resultado a la posición DB8.DBD32.



8.11. NORMALIZACIÓN DE LOS VALORES DESEADOS DE VELOCIDAD EN RPM DE LOS MOTORREDUCTORES DE LA TRANSMISIÓN A VALORES ENTRE 0 Y 27648 ENTENDIBLES POR LOS MÓDULOS DE SALIDAS ANÁLOGAS.

➤ Breve descripción

Una vez se ha normalizado la velocidad de producción a RPM para cada uno de los motorreductores de la transmisión, este valor de velocidad en RPM, debe ser convertido en un valor entre 0 y 27648, el cual es el rango de valores que maneja el módulo de salidas análogas y que posteriormente es transformado por este a valores de voltaje o corriente, según sea la configuración del módulo.

De igual manera que en la normalización de velocidad en RPM para los ventiladores, la función **FC5** es la encargada de esta parte del programa. La manera en que la función FC5 realiza esta normalización se encuentra descrita en el subcapítulo 8.8.

Para el caso particular de los motorreductores de la transmisión, la función **FC5** esta precedida de las marcas auxiliares M12.0 y M19.5, y sólo podrá ser activada cuando el estado de estas marcas sea 0 y 1 respectivamente. La marca auxiliar M12.0 (emergencia) se activa frente a la aparición de una parada de emergencia, provocando la detención absoluta de la máquina, y la marca M19.5 es la encargada de dar la orden de encendido o apagado a los motorreductores de la

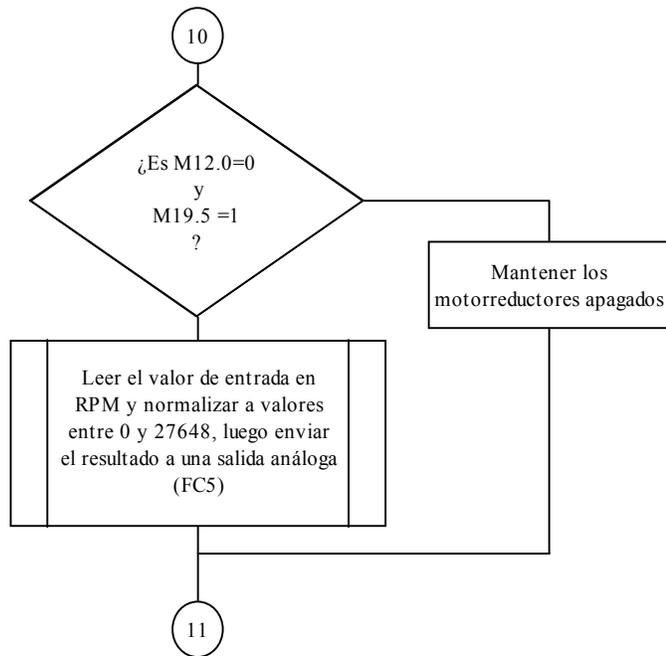
transmisión y es activada por el operario desde el software de supervisión. Estas dos marcas auxiliares, también preceden a la salida digital A103.0 ("s_K_Motores_transm"), la cual envía la señal que activa o desactiva un relé de 24V, encargado de activar o desactivar a su vez el relé de 110 del contactor que conecta o desconecta las fases de alimentación a los motorreductores.

Seguida de la normalización de los valores de velocidad de los ventiladores se encuentra una sección encargada de poner directamente un valor de cero a la salida normalizada una vez se active la marca auxiliar M12.0 o se desactive M19.5, es decir, si se activa una parada de emergencia o si se decide apagar los motores.

La función **FC5** es llamada 10 veces por el programa principal, una vez por cada ventilador, claro que en cada una de sus llamadas posee diferentes valores de entrada y diferentes direcciones de salida.

➤ **Diagrama de flujo**

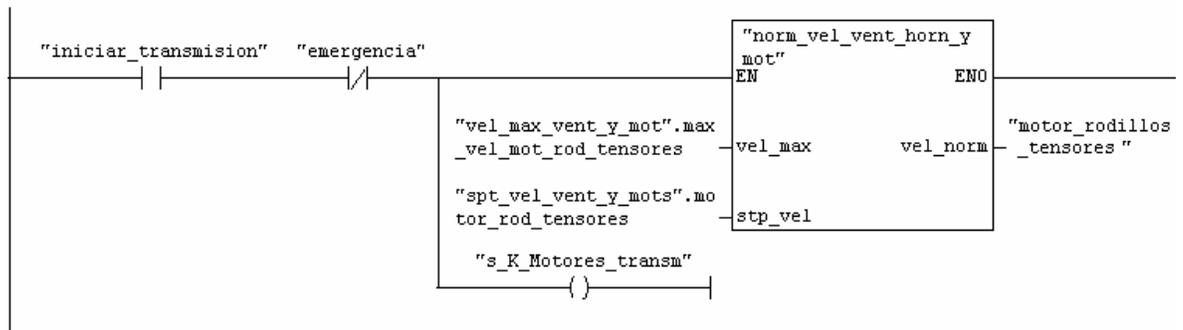
A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa:



➤ Diagrama de contactos KOP

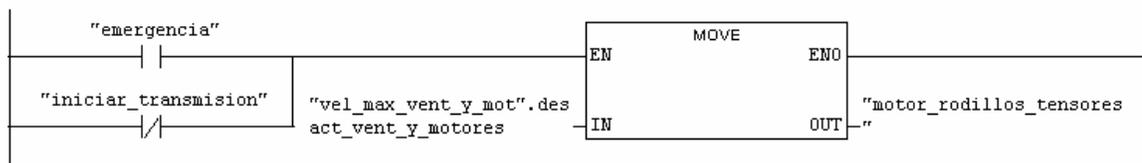
Segn. 55 : Título:

Este segmento normaliza el set point de velocidad del motor de los rodillos tensores de la unidad saturadora que se introduce en el DB8 y lo envia al variador de frecuencia.



Segn. 56 : Título:

Este segmento desactiva el motor de los rodillos tensores de la saturadora ante una parada de emergencia.

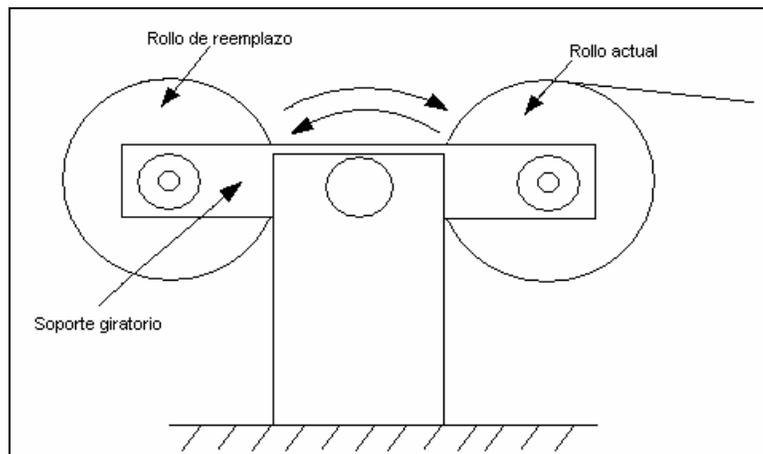


8.12. MANEJO DEL MOTOR DESENRROLLADOR.

➤ Breve descripción

El motor desenrollador es el encargado de hacer girar el soporte que sostiene dos rollos de papel decorativo en la unidad desenrolladora. Uno de los rollos es el que se encuentra impregnando en el momento y el otro es el que reemplazara al anterior cuando se termine. Este soporte tiene la capacidad de girar en ambos sentidos, de tal manera que se pueda acomodar la posición del rollo de papel, tal como se muestra en la figura 8.6.

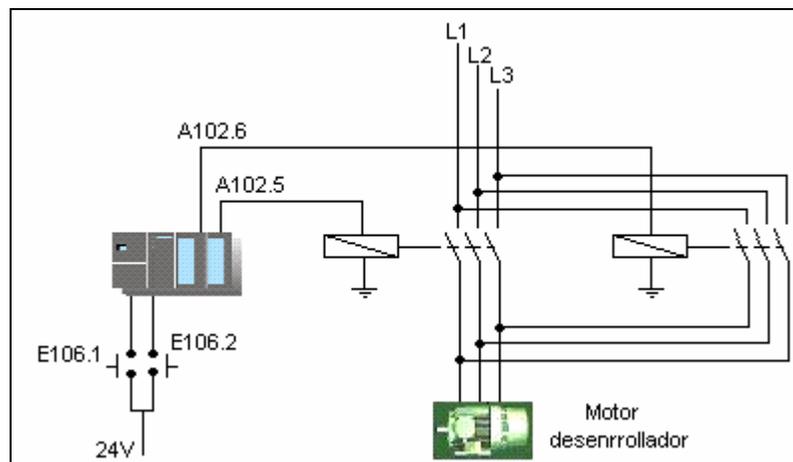
Figura 8.6. Movimiento del soporte rotatorio de la unidad desenrolladora.



Esta parte del programa se encarga de manejar el motor que mueve este soporte y realizar las inversiones de giro a través de la activación y desactivación de dos

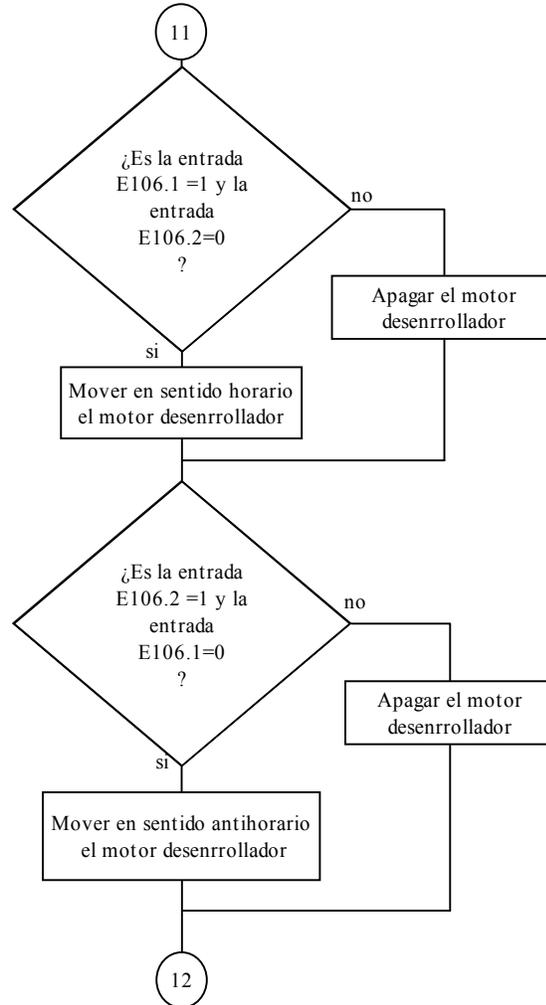
pulsadores. Si se mantiene activo el pulsador de la entrada E106.1 (e_Adel_desen) y desactivado el pulsador de la entrada E106.2 (e_Atr_desen), entonces se activará la salida A102.5 (s_Adel_Desenr) haciendo girar el motor en sentido horario, mientras que si se activa el pulsador de la entrada E106.2 (e_Atr_desen) y el pulsador de la entrada E106.1 (e_Adel_desen) se encuentra desactivado, entonces se activa la salida A102.6 (s_Atr_Desenr), y el motor gira en sentido antihorario. Por otro lado, si se oprimen los dos pulsadores al tiempo el programa coloca el estado de ambas salidas en 0 y el motor se detiene y no arranca. La descripción anterior se muestra en la siguiente figura 8.7.:

Figura 8.7. Inversión de giro del motor de la unidad desenrolladora.



➤ Diagrama de flujo

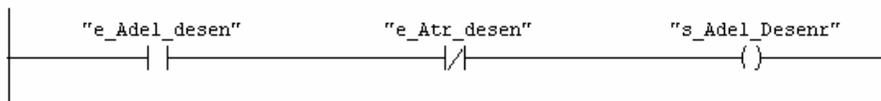
A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa:



➤ Diagrama de contactos KOP

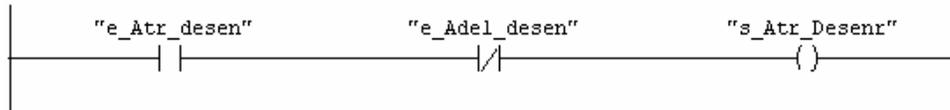
Segm. 67 : Título:

Si el estado de las entradas E106.1 (e_Adel_desen) y E106.2 (e_Atr_desen) es 1 y 0 respectivamente, el estado de la salida A102.5 (s_Adel_Desenr) es 1 y el motor desenrollador se mueva hacia adelante, de lo contrario el motor no se mueve.



Segm. 68 : Título:

Si el estado de las entradas E106.2 (e_Atr_desen) y E106.1 (e_Adel_desen) es 1 y 0 respectivamente, el estado de la salida A102.6 (s_Atr_Desenr) es 1 y el motor desenrollador se mueva hacia atrás, de lo contrario el motor no se mueve.



8.13. MANEJO DEL MOTOR DEL RODILLO SKY ROLL

➤ Breve descripción

El motor del rodillo Sky Roll se encarga de subir o bajar dicho rodillo dependiendo del papel que se desee impregnar. Su funcionamiento es muy similar al del motor desenrollador en donde también se utiliza la inversión de giro, pero a diferencia este, el cual sólo se mueve mientras se mantiene activada una de sus dos entradas, el motor del rodillo Sky Roll se mueve cuando se coloca un pulso en una de sus dos entradas y mantendrá su movimiento hasta que sea desactivado por los interruptores de fin de carrera que se accionan cuando el rodillo alcanza su máxima o mínima altura.

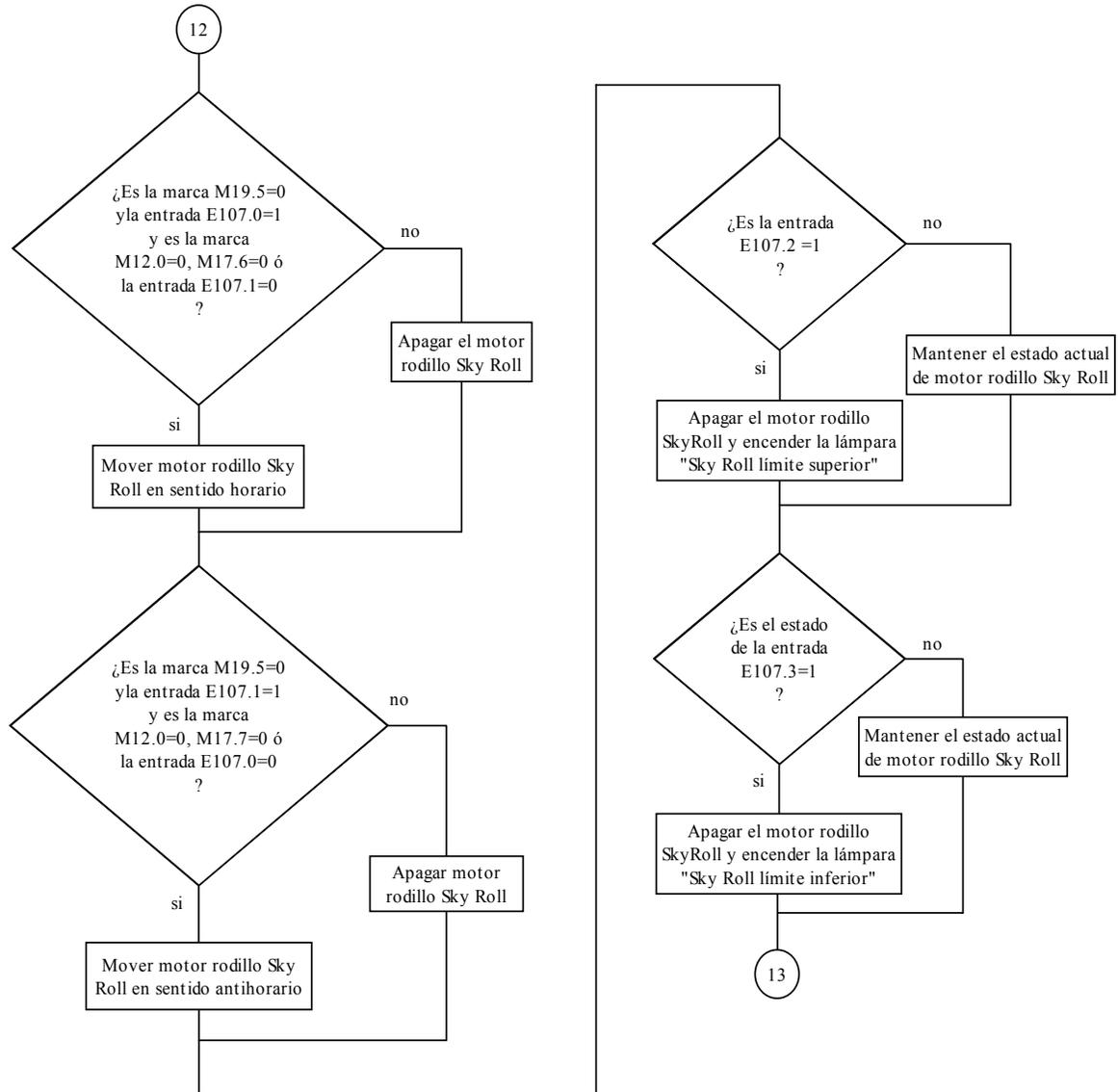
Para manejar la activación y desactivación del motor del rodillo Sky Roll a través de pulsos, esta parte del programa utiliza flip-flops de activación/desactivación. El flip-flop M16.6 es el encargado de mover el motor en sentido horario, lo cual hace subir el rodillo Sky Roll. La salida de este flip-flop, A102.3 (s_Arrb_SkyRoll), es activada si el estado de la marca auxiliar M19.5 (iniciar_transmision) es 1 y se

produce un cambio de estado de 0 a 1 en la entrada E107.0 (e_Arrb_SkyRoll) y sólo será desactivada si se activa la entrada del interruptor de fin de carrera de la máxima altura, lo que activaría la marca auxiliar M17.6, si se produce una parada de emergencia, lo que activaría la marca auxiliar M12.0 o si se intenta mover el motor en sentido antihorario activando la entrada E107.1 (e_Aba_SkyRoll). Por otro lado, para bajar el rodillo Sky Roll, el programa utiliza el flip-flop M16.7, cuya salida A102.4 (s_Aba_SkyRoll) mueve el motor en sentido antihorario y es activada si el estado de la marca M19.5 (iniciar_transmision) es 0 y el estado de la entrada E107.1 (e_Aba_SkyRoll) cambia de 0 a 1 y sólo podrá ser desactivada si se activa la entrada del interruptor de fin de carrera de la mínima altura, lo que activaría la marca auxiliar M17.7, si se produce una parada de emergencia, lo que activaría la marca auxiliar M12.0 o si se intenta mover el motor en sentido horario activando la entrada E107.0 (e_Arrb_SkyRoll).

Esta parte del programa también activa y desactiva las salidas A104.0 (lp_SkyRoll_Lim_sup) y A104.1(lp_SkyRoll_Lim_inf), las cuales encienden y apaga las lámparas que indican que el rodillo Sky roll ha alcanzado su máxima y mínima altura. La salida A104.0 (lp_SkyRoll_Lim_sup) es activada si el estado de la entrada (e_LS_sup_SkyRoll) o de la marca auxiliar M22.3 es 1, mientras que la salida A104.1(lp_SkyRoll_Lim_inf) es activada si el estado de la entrada E107.3 (e_LS_inf_SkyRoll) o de la marca auxiliar M22.4 es 1.

➤ **Diagrama de flujo**

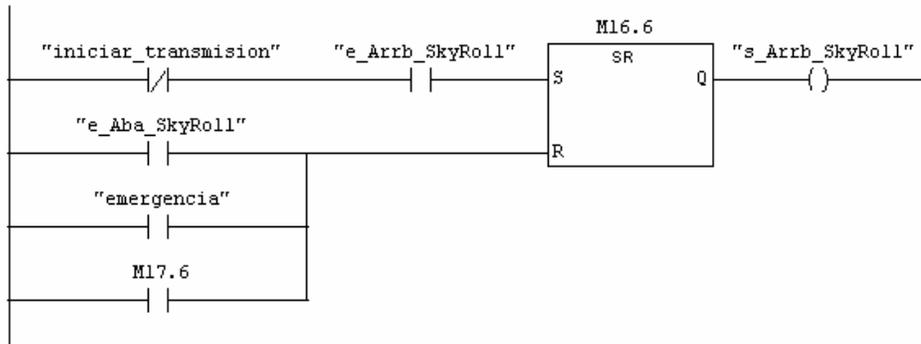
A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa:



➤ Diagrama de contactos KOP

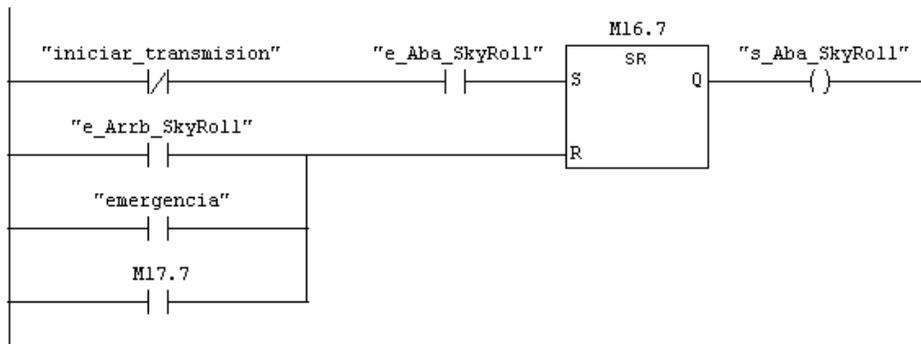
Segm. 69 : Título:

Este segmento es el encargado de levantar el rodillo Sky Roll. Cuando el estado de la marca auxiliar M19.5 (iniciar_transmision) y de la entrada E107.0 (e_Arrb_SkyRoll) sean 0 y 1 respectivamente, se activa la salida A102.3 (s_Arrb_SkyRoll), la cual hace subir el rodillo Sky Roll. El estado de esta salida será 1 hasta que sea activada la entrada E107.1 (e_Aba_SkyRoll), la marca auxilia M12.0 (emergencia) o la marca auxiliar M17.6.



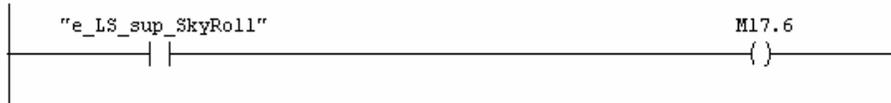
Segm. 70 : Título:

Este segmento es el encargado de bajar el rodillo Sky Roll. Cuando el estado de la marca auxiliar M19.5 (iniciar_transmision) y de la entrada E107.1 (e_Aba_SkyRoll) sean 0 y 1 respectivamente, se activa la salida A102.4 (s_Aba_SkyRoll), la cual hace bajar el rodillo Sky Roll. El estado de esta salida será 1 hasta que sea activada la entrada E107.0 (e_Arrb_SkyRoll), la marca auxilia M12.0 (emergencia) o la marca auxiliar M17.7.



Segm. 71 : Título:

En este segmento el motor del rodillo Sky Roll es apagado a través de la marca auxiliar de salida M17.6, la cual es activada en el momento en que el rodillo llega a su parte más alta y acciona un interruptor de fin de carrera que coloca un 1 en la entrada E107.2 (e_LS_sup_SkyRoll).



Segm. 72 : Título:

Cuando la entrada E107.2 (e_LS_superior_SkyRoll) se active, la salida A104.0 (lp_SkyRoll_lim_sup) se coloca en 1. Esta salida es utilizada para encender una lámpara que indica que el Sky Roll alcanzó su máxima altura. La marca M22.3 es utilizada para encender esta lámpara ante la prueba de lámparas desde la saturadora.



Segm. 73 : Título:

En este segmento el motor del rodillo Sky Roll es apagado a través de la marca auxiliar de salida M17.7, la cual es activada en el momento en que el rodillo llega a su parte más baja y acciona un interruptor de fin de carrera que coloca un 1 en la entrada E107.3 (e_LS_inf_SkyRoll).



Segm. 74 : Título:

Cuando la entrada E107.3 (e_LS_inf_SkyRoll) se active, la salida A104.1 (lp_SkyRoll_lim_inf) se coloca en 1. Esta salida es utilizada para encender una lámpara que indica que el Sky Roll alcanzó su mínima altura. La marca M22.4 es utilizada para encender esta lámpara ante la prueba de lámparas desde la saturadora.



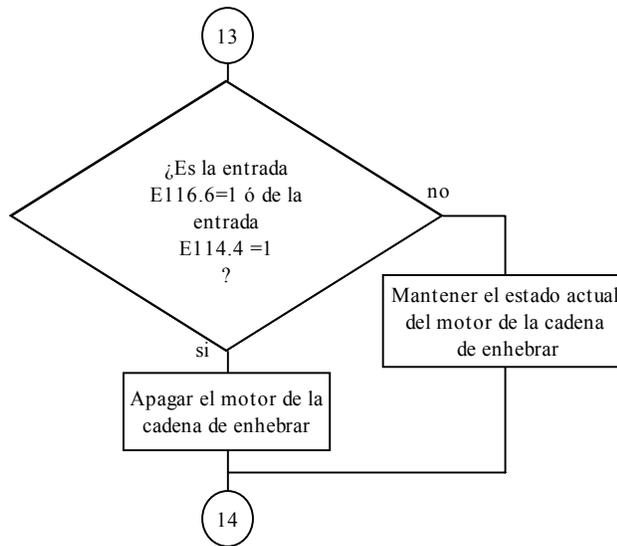
8.14. DESACTIVACIÓN DEL MOTOR DE LA CADENA DE ENHEBRAR POR MEDIO DE LOS INTERRUPTORES DE FIN CARRERA.

➤ Breve descripción

En el proceso de enhebrado de papel, la cadena de enhebrar es la encargada de transportar el papel a lo largo de los hornos. Esta se detiene automáticamente cuando son accionados uno de los dos interruptores de fin de carrera que se encuentran al final de los hornos. El interruptor que se encuentra a la derecha activa la entrada E116.6 (e_LS_fin_enhe_der) y el que se encuentra a la izquierda activa la entrada E114.4 (e_LS_fin_enhe_izq). La activación de una de las dos entradas o de las dos al tiempo provoca un cambio de 0 a 1 de la marca auxiliar de salida M17.2, lo cual desactiva el flip-flop M13.4 encargado de manejar el motor de la cadena de enhebrar y que se encuentra en la función **FC10**.

➤ Diagrama de flujo

A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa:



➤ Diagrama de contactos KOP

Segm. 75 : Título:

En este segmento cuando una de las dos entradas E116.6(e_LS_fin_enhe_der) o E114.4 (e_LS_fin_enhe_izq)son activadas por los dos interreptores fin de carrera del enhebrado de papel es activado, el estado de la marca auxiliar M17.2 cambia de 0 a 1, lo cual desactiva el flip-flop M13.4 que se encuentra en la función FC10.



8.15. ACTIVACIÓN DE LAS ALARMAS

➤ Breve descripción

Las alarmas de emergencia sirven para apagar toda la máquina ante cualquier eventualidad que se presente. Debido a su gran longitud, la máquina

impregnadora BABCOCK posee 8 puntos a lo largo de esta desde donde es posible activar estas alarmas.

La tabla 8.3 muestra el listado de las entradas que activan la alarma de emergencia y su respectiva ubicación en la máquina:

Tabla 8.3. Listado de las entradas que activan la alarma de emergencia a lo largo de la impregnadora.

| Entrada | Ubicación | Modo de activación |
|----------------|-----------------------|---------------------------|
| E106.0 | Unidad Desenrolladora | Pulsar botón rojo |
| E106.3 | Unidad Saturadora | Pulsar botón rojo |
| E112.4 | Unidad Alineadora | Pulsar botón rojo |
| E112.5 | Unidad Cortadora | Pulsar botón rojo |
| E112.6 | Consola Principal | Pulsar botón rojo |
| E106.4 | Unidad Saturadora | Alar Gualla de seguridad |
| E115.3 | Unidad Enfriadora | Alar Gualla de seguridad |
| E115.4 | Unidad Cortadora | Alar Gualla de seguridad |

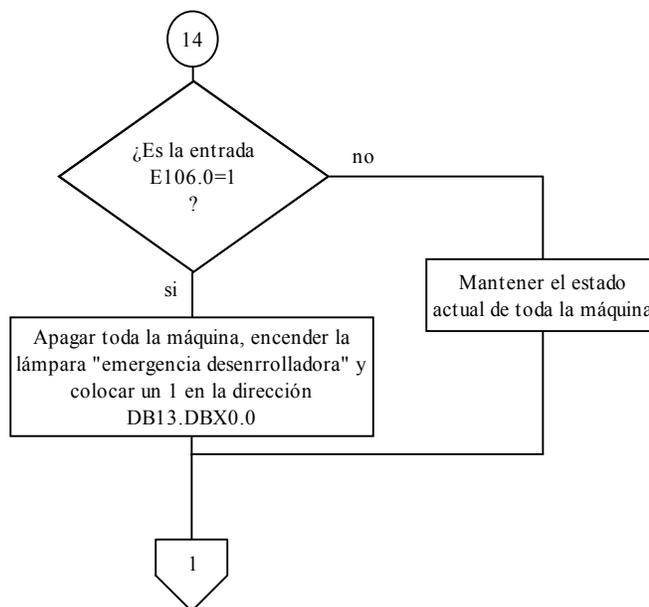
Si la alarma es activada por uno de los botones, el estado de la marca M12.0 cambia de 0 a 1, apagando de inmediato toda la máquina, y el botón que haya sido pulsado se encenderá y solamente se apagará después de oprimirlo nuevamente, aunque la máquina seguirá apagada hasta que el operario decida

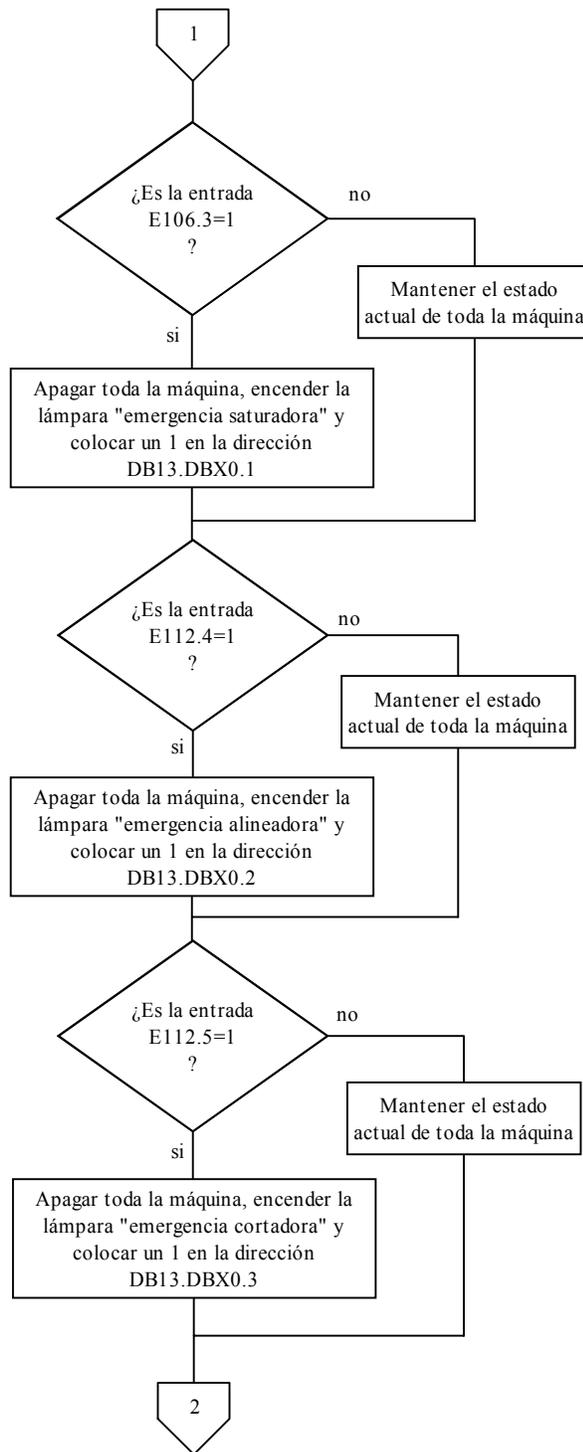
reiniciar el proceso. De igual manera, al activar una de las entradas jalando una gualla de seguridad se apaga toda la máquina y se mantendrá apagada incluso después de soltarla.

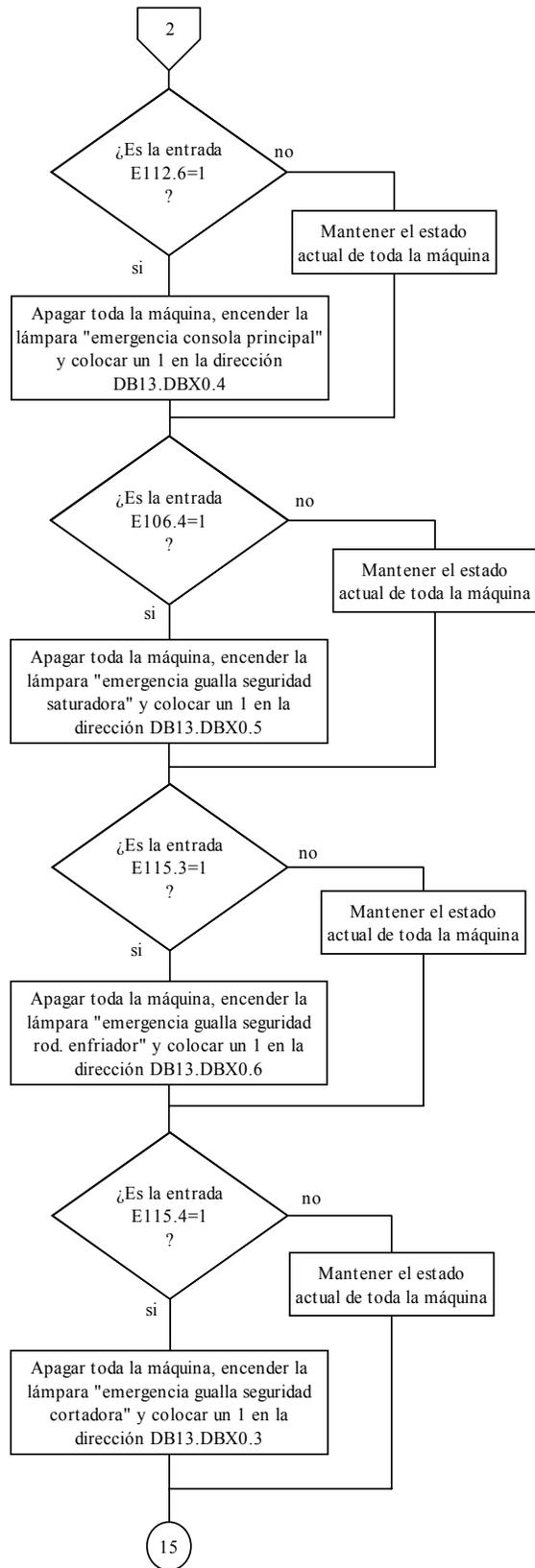
Para identificar cual de las entradas activó la alarma de emergencia, utilizamos "conectores" entre la entrada y la marca auxiliar M12.0. Los conectores, memorizan el resultado lógico de la operación que se realiza antes de llegar a ellos. Cada uno de los estados memorizados en los conectores son guardados en una posición en el bloque de datos DB13, así cuando el estado de una de las entradas cambie de 0 a 1, sabremos cual de las entradas fue activada.

➤ Diagrama de flujo

A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa:



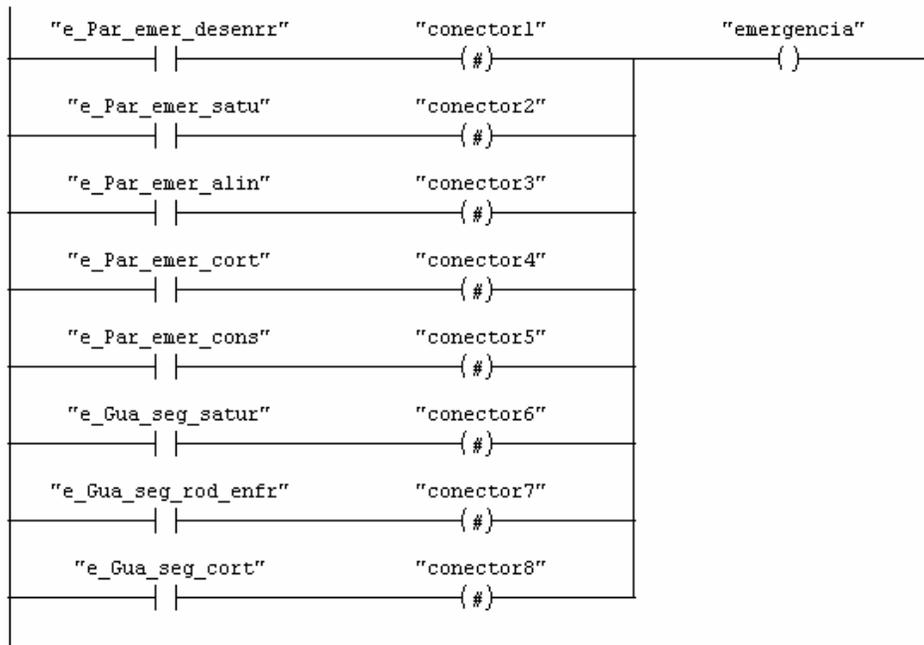




➤ Diagrama de contactos KOP

Segm. 76 : Título:

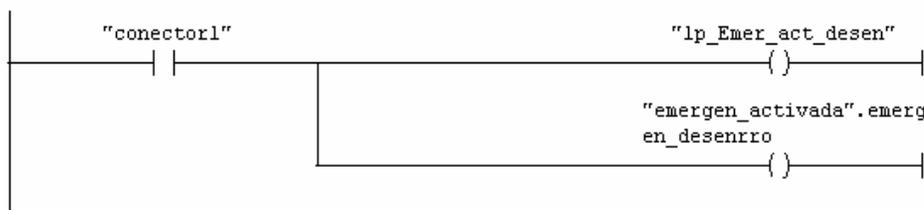
En este segmento se encuentran las entradas que son activadas por los botones de las paradas de emergencia, las cuales son: E106.0 (e_Par_emer_desenrr), E106.3 (e_Par_emer_satu), E112.4 (e_Par_emer_alin), E112.5 (e_Par_emer_cort), E112.6 (e_Par_emer_cons), E106.4 (e_Gua_seg_satur), E115.3 (e_Gua_seg_rod_enfr) y E115.4 (e_Gua_seg_cort). Cuando una de las entradas anteriores cambia su estado de 0 a 1, se activa la marca auxiliar M12.0 provocando que se apague toda la máquina. Los conectores que se encuentran en serie con las entradas, sirven para identificar qué entrada fue activada.



- El siguiente segmento se repite para cada uno de los conectores anteriores

Segm. 77 : Título:

Si el estado del "conector1" es 1, entonces se activa la salida A104.2 (lp_Emer_act_desen), encendiendo la lámpara que indica que fue activada la emergencia desde el desenrollador. La lámpara se mantendrá encendida hasta que vuelva a oprimir el botón que activó la alarma. El estado de esta alarma es guardado en la posición DB13.DBX0.0 en el bloque de datos DB13, desde donde es utilizada posteriormente por el software de supervisión.



8.16. EJECUCIÓN DE OPERACIONES CON PARADAS Y ARRANQUES.

➤ Breve descripción

En esta parte del programa la función **FC10** contiene un flip-flop de activación/desactivación para cada una de las operaciones de parada y arranque que posee la máquina impregnadora y además enciende las lámparas que indican la ejecución de una operación si esta la posee. La tabla 8.4 muestra el listado de entradas y salidas de esta función, la acción de cada una de estas y la marca que activa la lámpara que indica su estado (encendido o apagado):

Tabla 8.4. Listado de las entradas y salidas de la función FC10

| Entrada | Acción | Salida | Marca |
|---------|--------------------------------------|--------|-------|
| E113.0 | Arranca el sistema de ionización | A100.0 | M16.5 |
| E112.7 | Detiene el sistema de ionización | | |
| E109.1 | Arranca la cadena de enhebrar | A100.1 | M16.1 |
| E109.0 | Detiene la cadena de enhebrar | | |
| E106.6 | Arranca el rodillo alisador | A100.2 | |
| E106.7 | Detiene el rodillo alisador | | |
| E113.2 | Arranca los blowers de la alineadora | A100.3 | M16.2 |
| E113.1 | Detiene los blowers de la alineadora | | |
| E113.4 | Enciende la bomba de aceite térmico | A100.4 | |
| E113.3 | Detiene la bomba de aceite térmico | | |
| E113.6 | Enciende la bomba de agua fría | A100.5 | |
| E113.5 | Detiene la bomba de agua fría | | |

| Entrada | Acción | Salida | Marca |
|---------|---|--------|-------|
| E114.0 | Enciende los rodillos de la mesa plegable | A100.6 | |
| E113.7 | Detiene los rodillos de la mesa plegable | | |
| E108.5 | Enciende el ventilador de aire fresco 1 | A100.7 | M15.7 |
| E108.7 | Apaga el ventilador de aire fresco 1 | | |
| E109.2 | Enciende el ventilador de aire fresco 2 | A101.0 | M16.0 |
| E108.6 | Apaga el ventilador de aire fresco 2 | | |
| E114.6 | Enciende el extractor centralizado | M15.0 | |
| E114.5 | Detiene el extractor centralizado | | |
| E116.3 | Arranca los 10 ventiladores de los hornos | M17.1 | |
| E116.4 | Detiene los 10 ventiladores de los hornos | | |
| E115.0 | Enciende el extractor de la alineadora | A101.2 | M16.3 |
| E114.7 | Apaga el extractor de la alineadora | | |
| E115.2 | Enciende la alineadora | A101.3 | M16.4 |
| E115.1 | Apaga la alineadora | | |
| E108.1 | Enciende el extractor de la saturadora | A101.4 | M15.6 |
| E108.0 | Apaga el extractor de la saturadora | | |

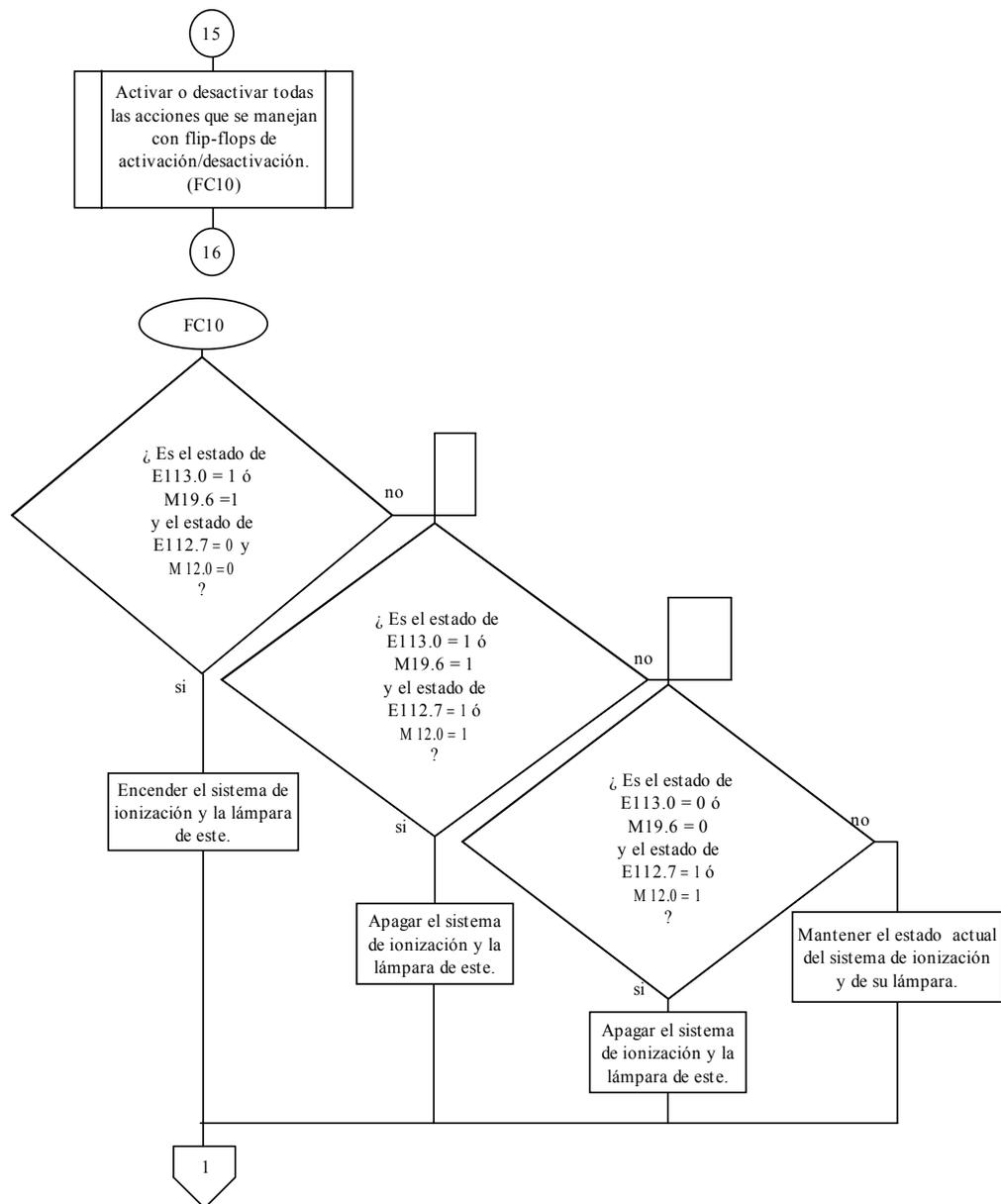
La función FC10 también posee por entrada la marca auxiliar M12.0, encargada de desactivar toda la máquina ante una parada de emergencia.

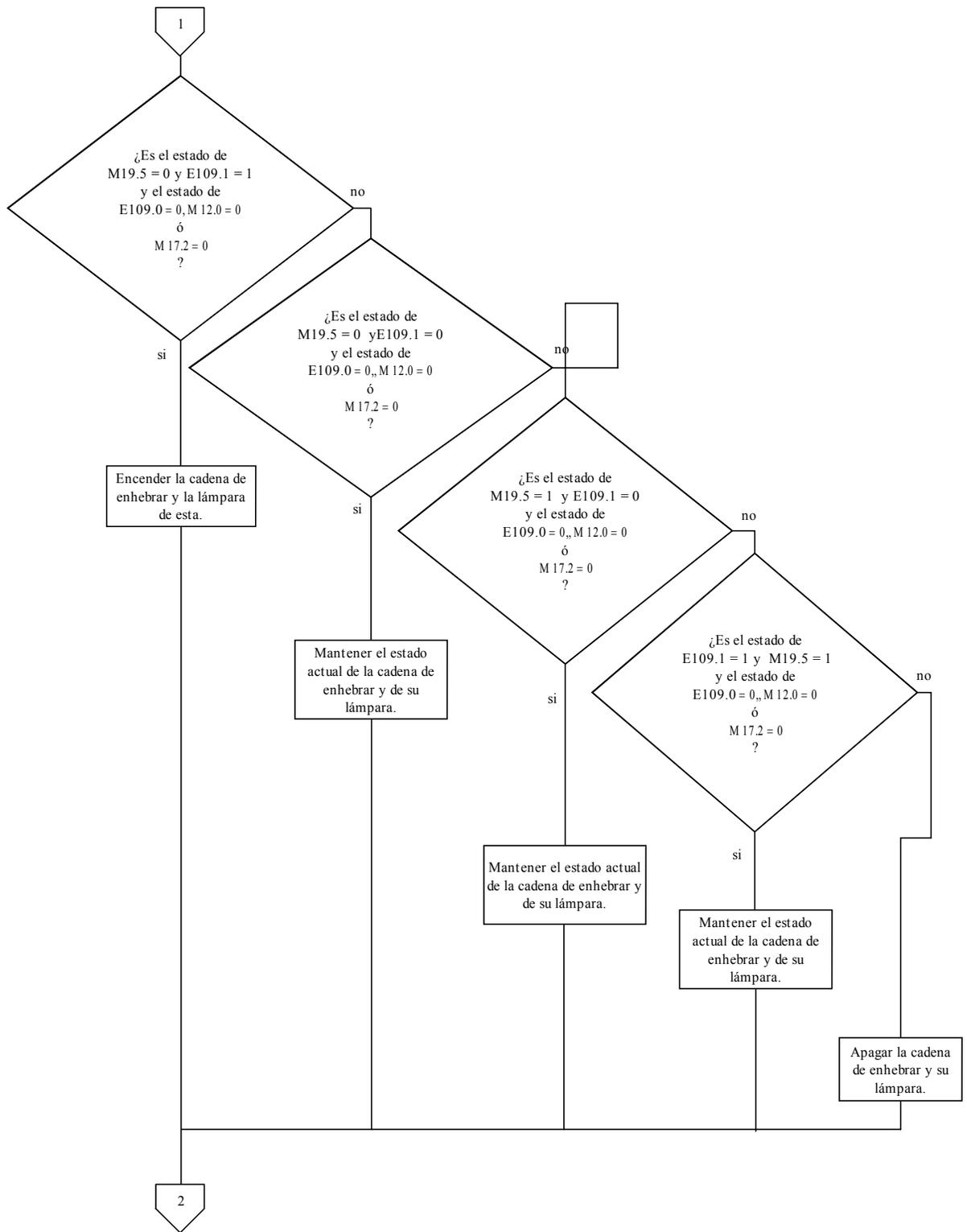
Nota: Aunque las lámparas también son en realidad salidas, dado que estas no son solamente activadas desde este punto del programa, en la función **FC10** no se colocan directamente estas salidas al bloque, en su lugar se colocan marcas auxiliares a través de las cuales se activan estas salidas en un punto del programa

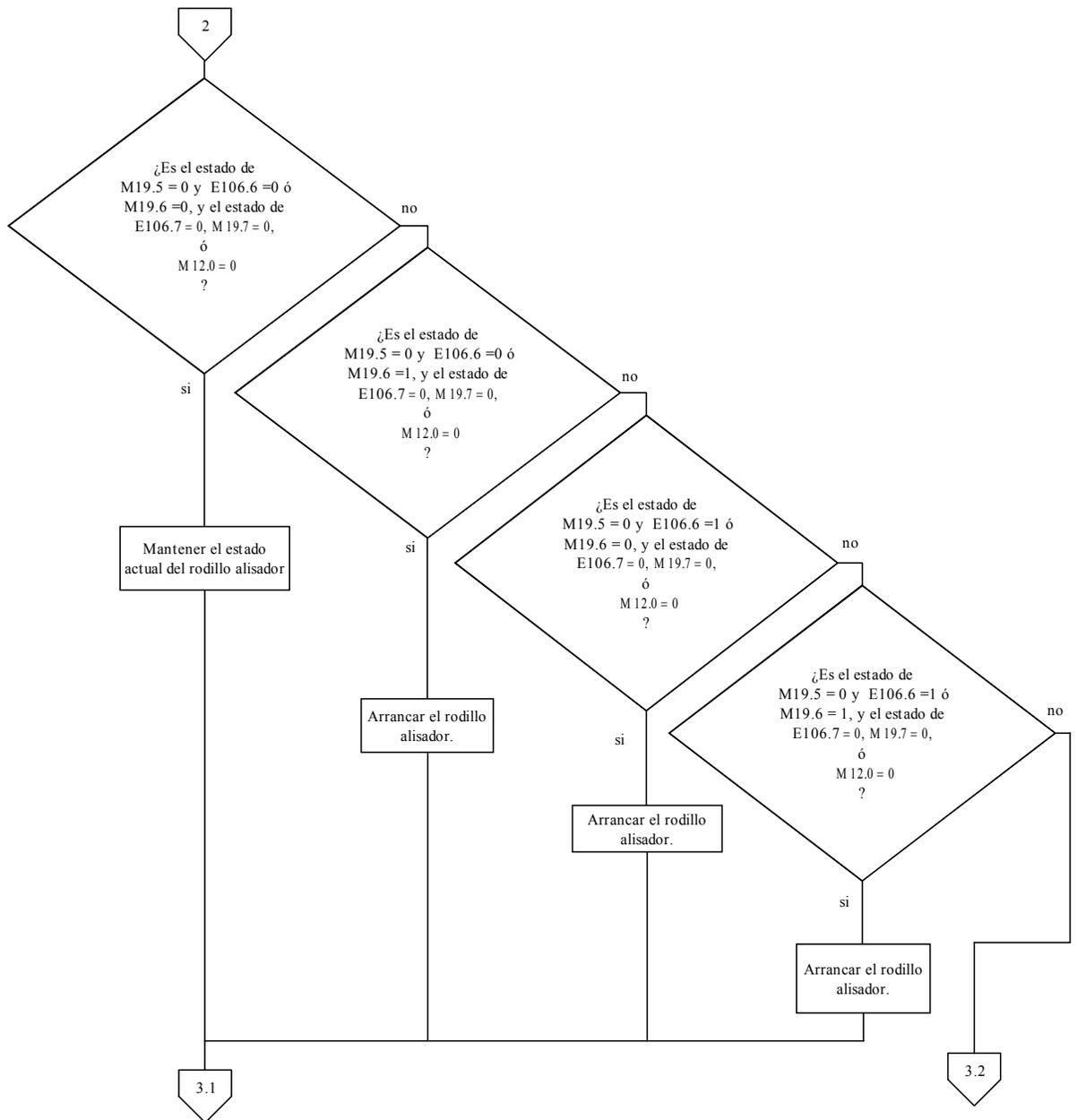
en el que la salida recibe todas las señales que la pueden activar o desactivar, ya que la utilización de una misma salida en más de dos partes del programa genera un error en el software utilizado para la simulación (PLCSim).

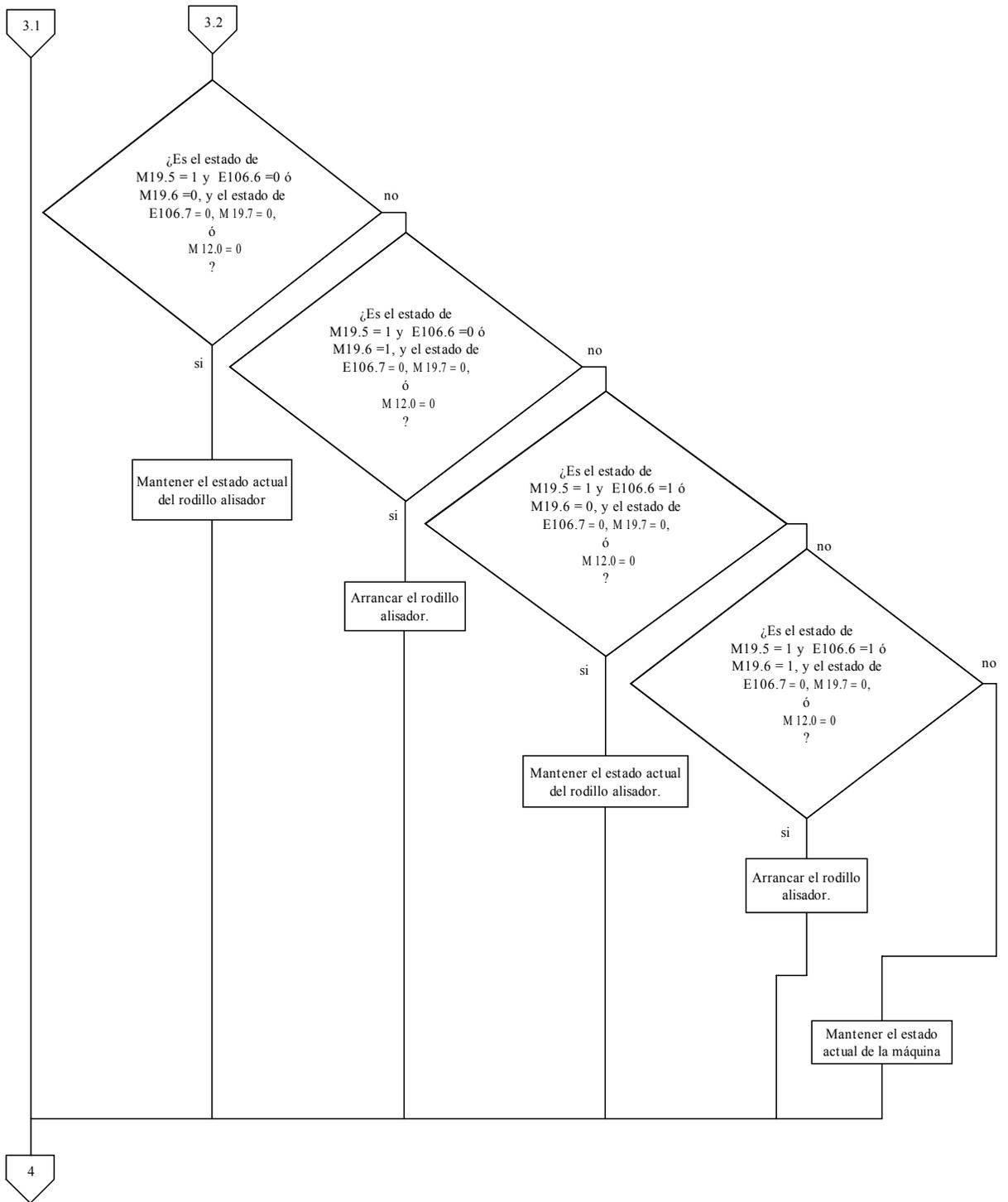
➤ **Diagrama de flujo**

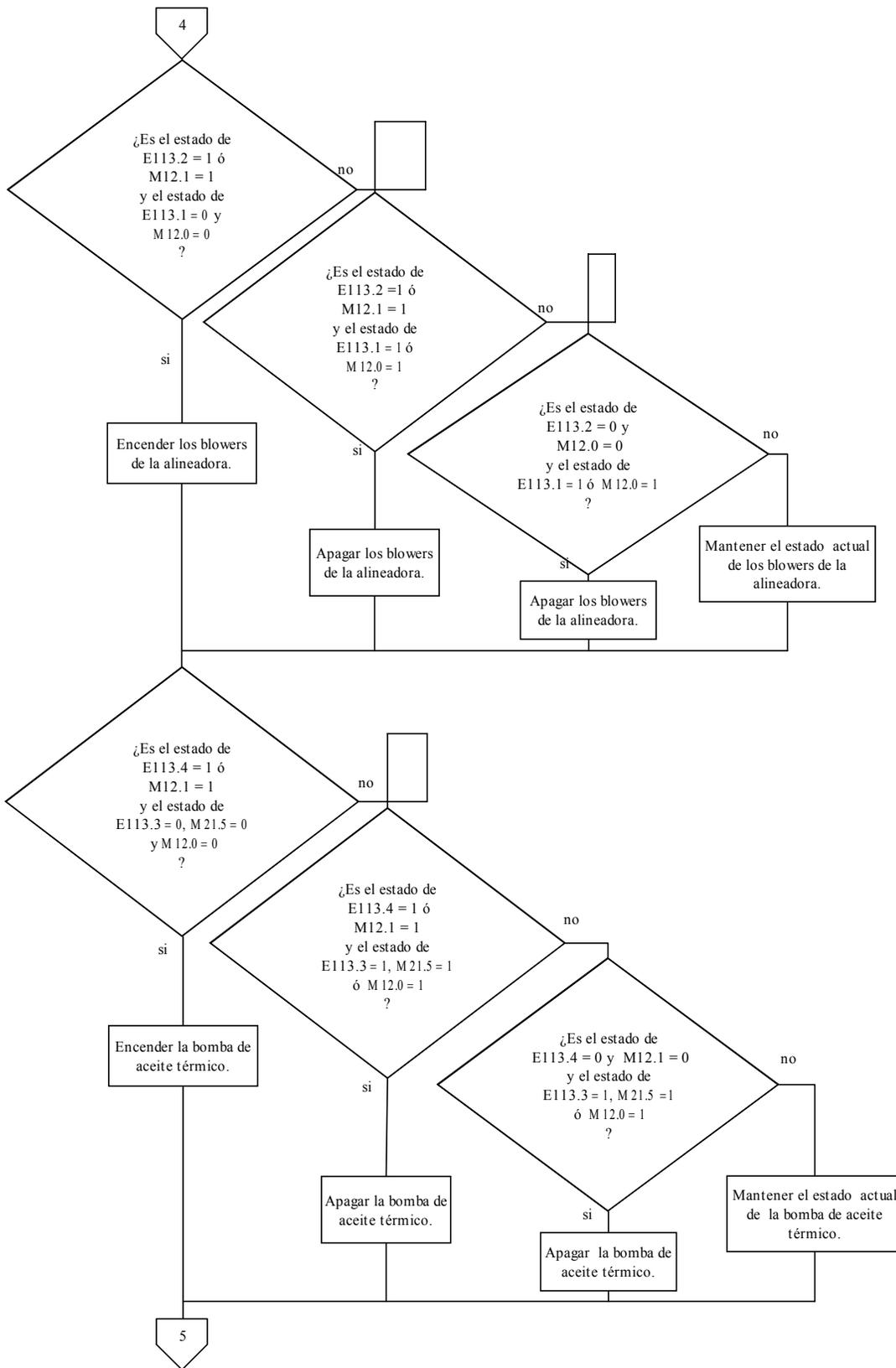
A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa:

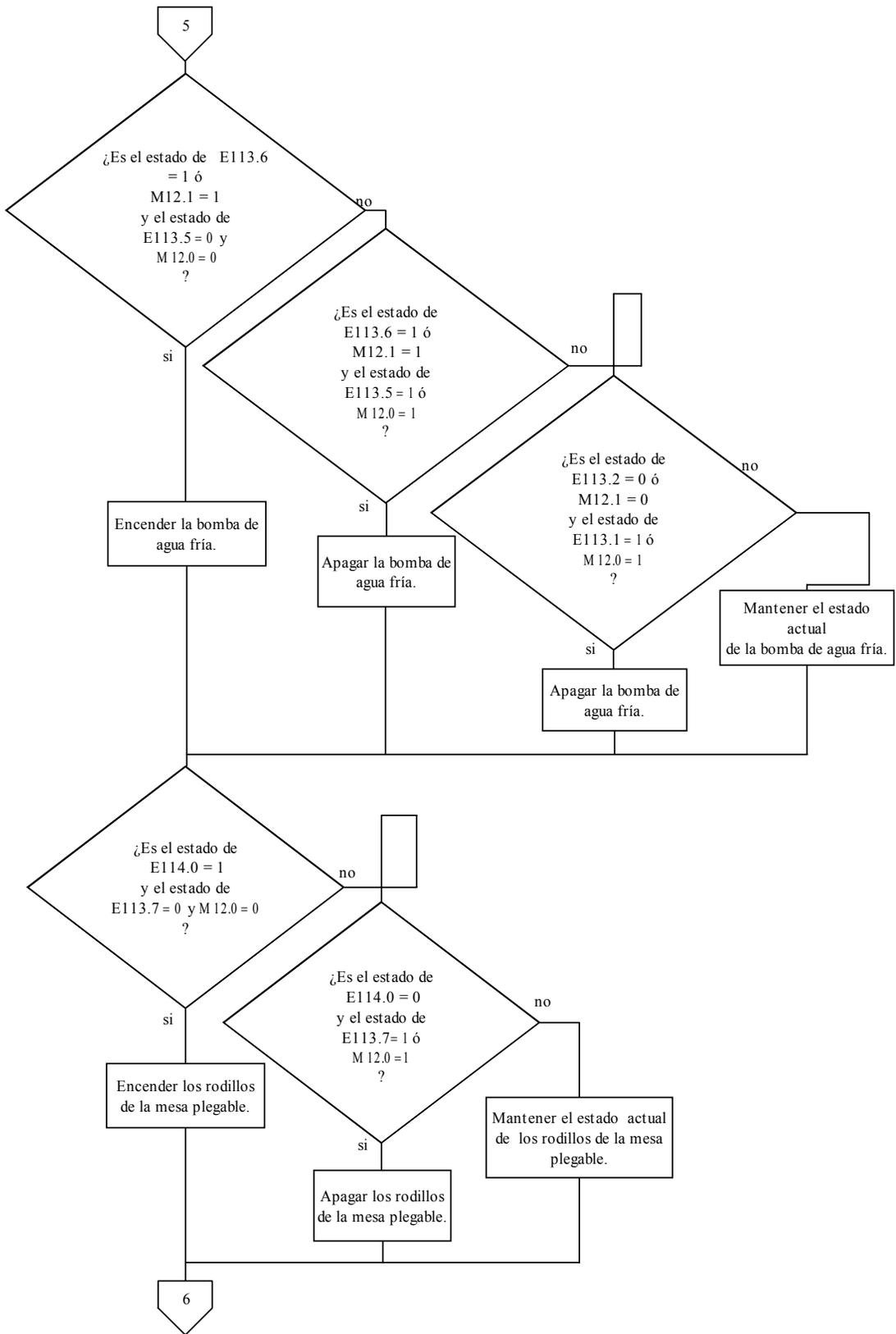


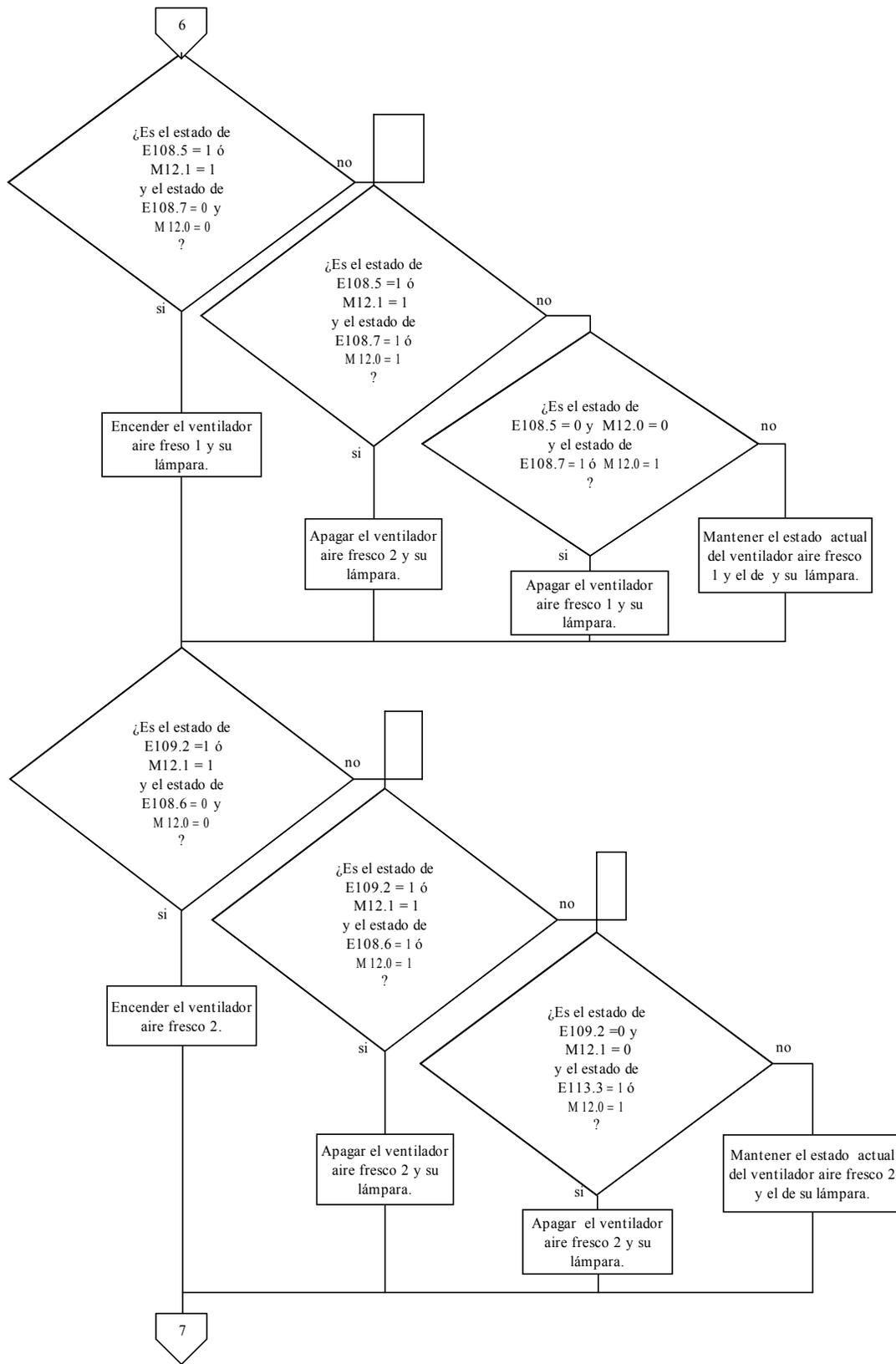


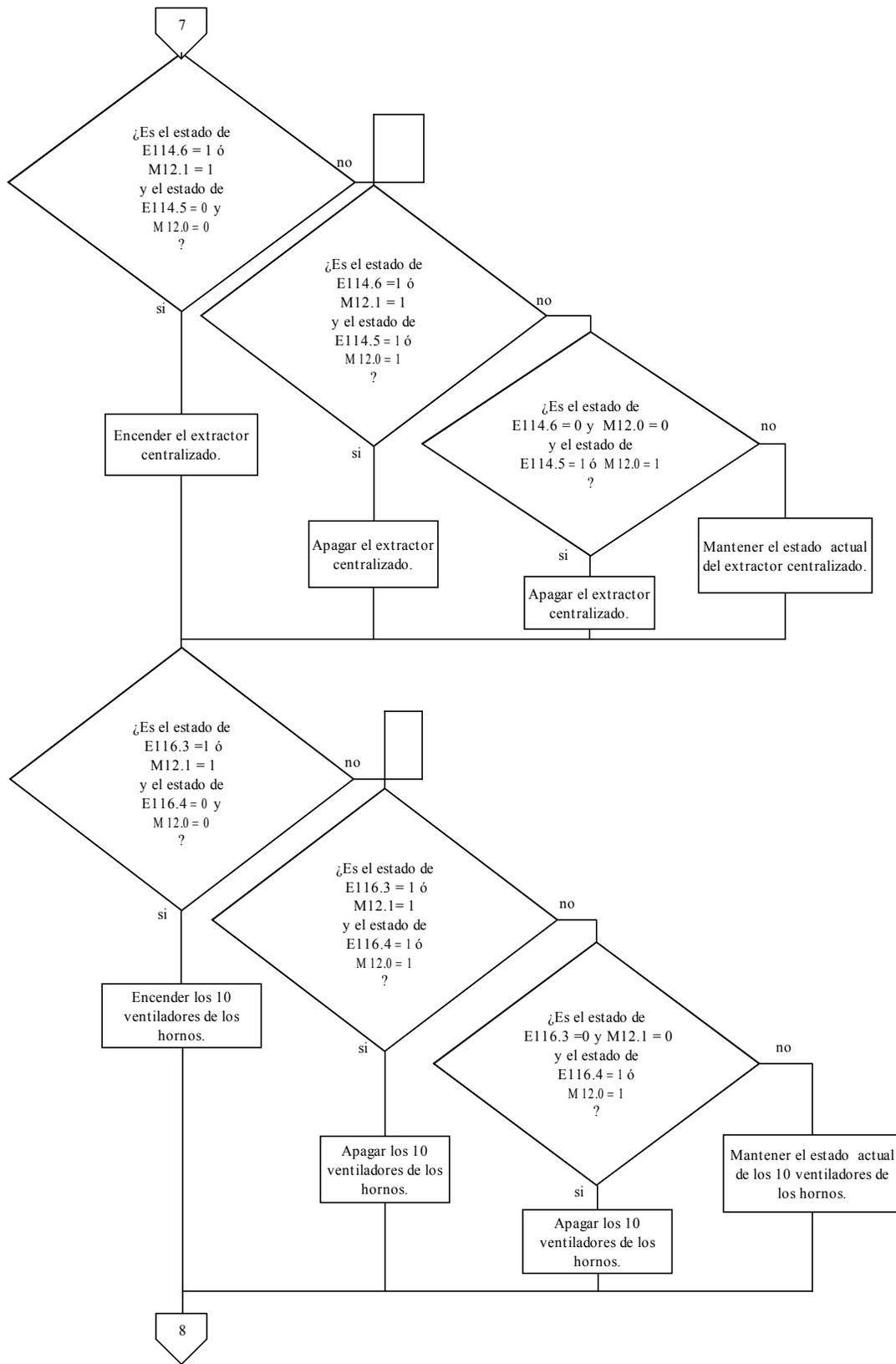


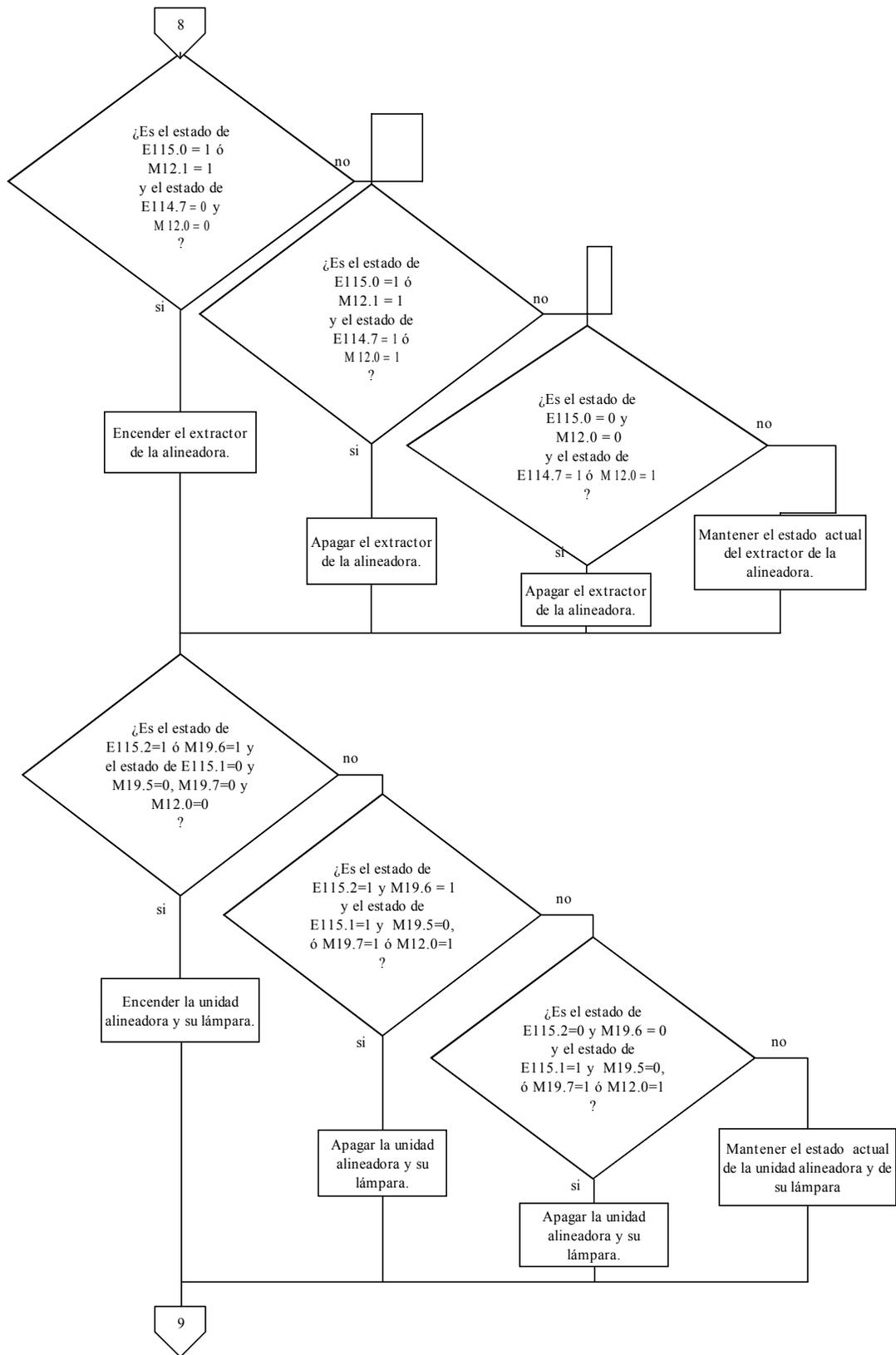


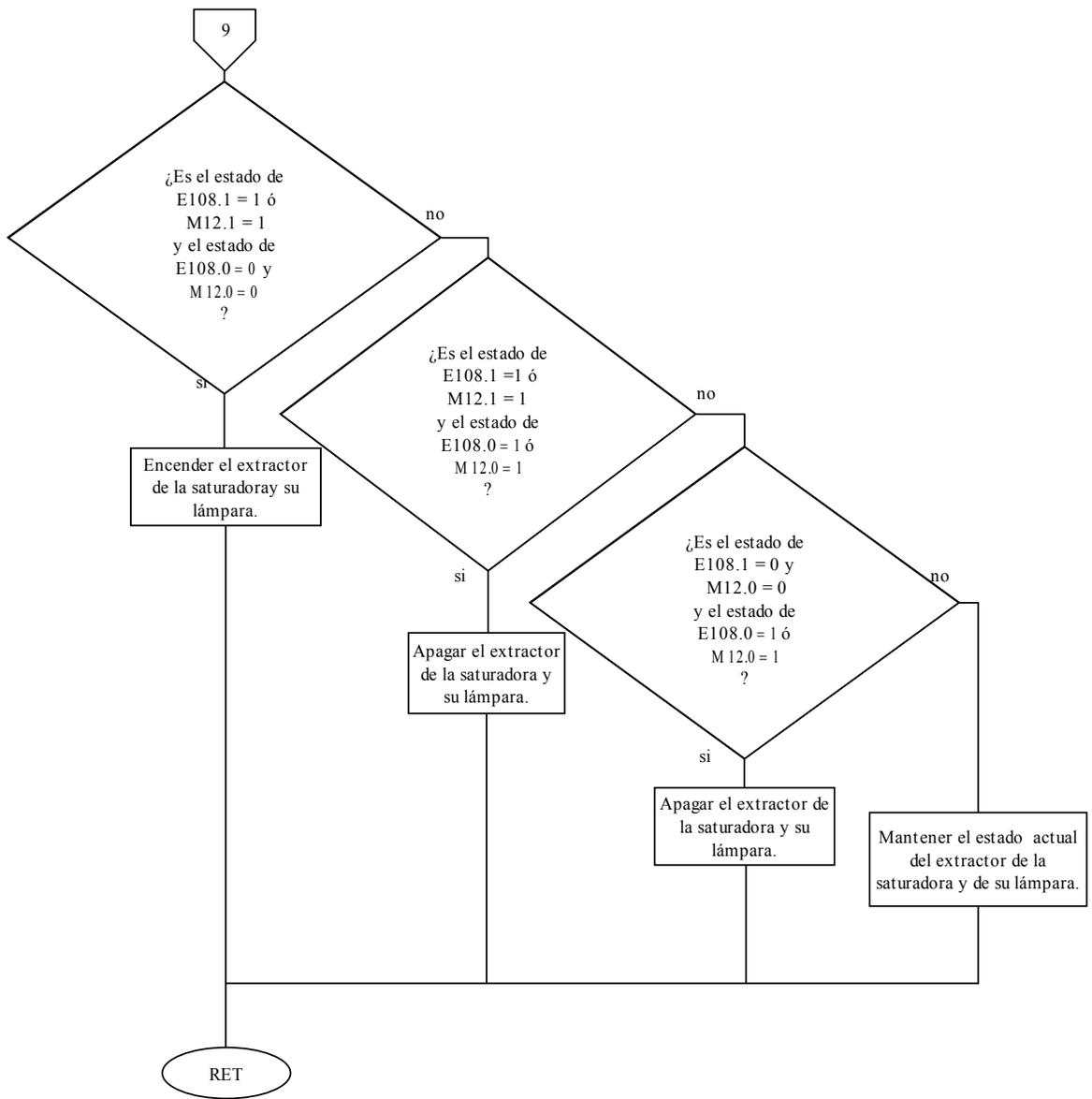












➤ Diagrama de contactos KOP

Segm. 85 : Título:

Esta función contiene un flip-flop de activación/desactivación para cada una de las operaciones de parada y arranque que posee la máquina impregnadora y además enciende las lámparas que indican la ejecución de una operación si esta la posee.

| | EN | "paradas_y_arranques" | ENO |
|------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------------------|
| "e_Arra_sist_Ioniz" | Arra_sist_Ioniz | | Sist_ioniz—"s_Sist_ioniz" |
| "e_Par_sist_Ioniz" | Par_sist_Ioniz | | Cad_enhe—"s_Cad_enhe" |
| "e_Arra_enhe_cad" | Arra_enhe_cad | | Rod_alisador—"s_Rod_alis" |
| "e_Par_enhe_cad" | Par_enhe_cad | | Enfr_alinea—"s_Enfr_alinea" |
| "e_Arran_rod_alis" | Arran_rod_alis | | Bom_ac_ter—"s_Bom_ac_ter" |
| "e_Par_rod_alis" | Par_rod_alis | | Bom_agua_fr—"s_Bom_agua_fr" |
| "e_Arra_enfr_alin" | Arra_enfr_alin | | Rod_mesa_pl—"s_Rod_mesa_pl" |
| "e_Par_enfr_alin" | Par_enfr_alin | | Vent_aire_frl—"s_Vent_aire_frl" |
| "e_Arra_bom_ac_ter" | Arra_bom_ac_ter | | Vent_aire_fr2—"s_Vent_aire_fr2" |
| "e_Par_bom_ac_ter" | Par_bom_ac_ter | | Extr_central—M15.0 |
| "e_Arra_bom_agu_fr" | Arra_bom_agu_fr | | vent_hornos—M17.1 |
| "e_Pa_bom_agu_fr" | Par_bom_agu_fr | | Extr_Alinea—"s_Extr_Alinea" |
| "e_Arra_Rod_mesa_pl" | Arra_Rod_mesa_pl | | Alineadora—"s_Alineadora" |
| "e_Par_Rod_mesa_pl" | Par_Rod_mesa_pl | | Extr_saturadora—"s_Extr_Satu" |
| "e_Arra_vent_aire_frl" | Arra_vent_aire_frl | | Sist_Ioniz_ON—M16.5 |
| "e_Par_vent_aire_frl" | Par_vent_aire_frl | | Cad_enhe_ON—M16.1 |
| "e_Arra_vent_aire_fr2" | Arra_vent_aire_fr2 | | Enfri_Alinea_ON—M16.2 |
| "e_Par_vent_aire_fr2" | Par_vent_aire_fr2 | | Vent_aire_frl_ON—M15.7 |
| "e_Arra_extr_central" | Arra_extr_central | | Vent_aire_fr2_ON—M16.0 |
| "e_Par_extr_central" | Par_extr_central | | Extr_alinea_ON—M16.3 |
| "e_Arra_vent_hor_con" | Arra_vent_hor_con | | Alinea_ON—M16.4 |
| "e_Par_vent_hor_con" | Par_vent_hor_con | | Extr_Satu_ON—M15.6 |
| "e_Arran_extr_aline" | Arran_extr_aline | | |
| "e_Par_extr_aline" | Par_extr_aline | | |
| "e_Arra_aline" | Arra_aline | | |
| "e_Par_aline" | Par_aline | | |
| "e_Arran_extr_sat" | Arra_extr_satur | | |
| "e_Par_extr_sat" | Par_extr_satur | | |
| "emergencia" | Marc_desact | | |

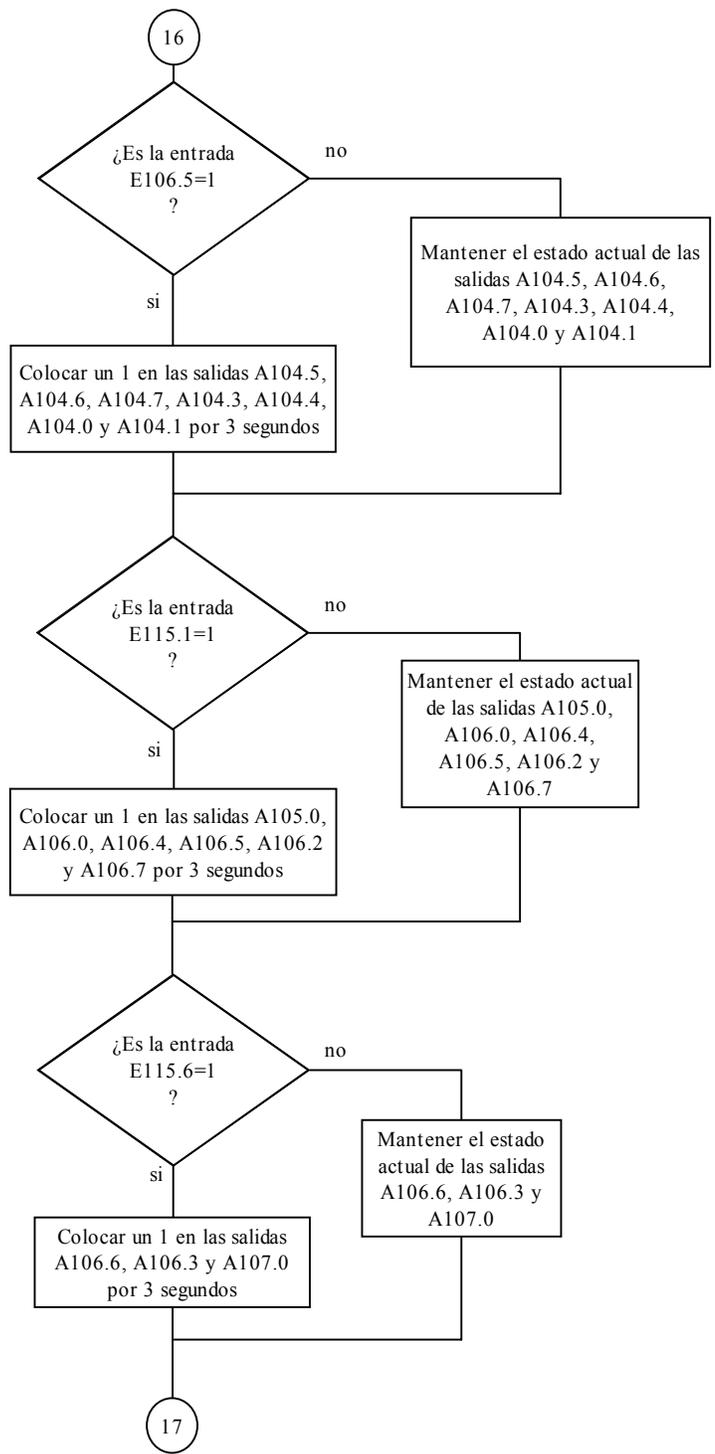
8.17. PRUEBA DE LÁMPARAS

➤ Breve descripción

La prueba de lámparas se realiza para verificar el correcto estado de las lámparas en cada una de las consolas de la máquina. Al pulsar el botón de prueba de lámparas de una consola cualquiera, todas las lámparas de esta se encienden por 3 segundos y luego se apagan. Lógicamente, las lámparas que se encuentren encendidas cuando se realice la prueba, seguirán encendidas y si una de las lámparas no enciende significa que se encuentra averiada. Existen tres botones a lo largo de la máquina a través de los que se realiza la prueba de lámparas, estos son: el botón de la entrada E106.5, el cual realiza la prueba de lámparas de la saturadora, el botón de la entrada E115.5, el cual la realiza en la alineadora y por último el botón de la entrada E115.6 el cual la realiza la prueba de lámparas en la cortadora.

➤ Diagrama de flujo

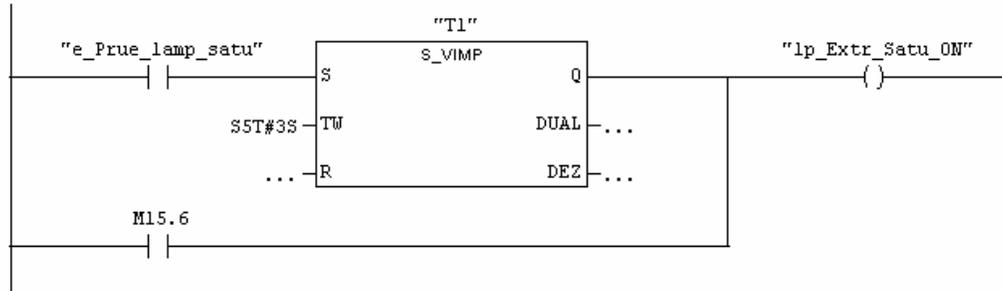
A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa:



➤ Diagrama de contactos KOP

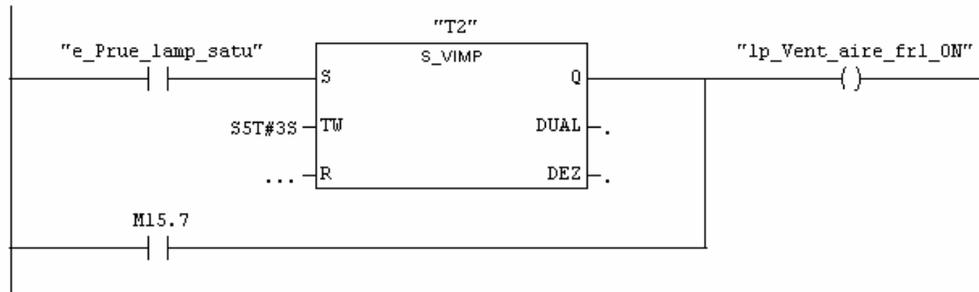
Segm. 86: Título:

Si la entrada E106.5 (e_Prue_lamp_satu) cambia su estado de 0 a 1, la lámpara de la salida A104.5 (lp_Extr_Satu_ON) se activa por 3 segundos y luego se apaga. La salida A104.5, también se activará a través de la marca auxiliar M15.6 cuando se encienda el extractor de la saturadora.



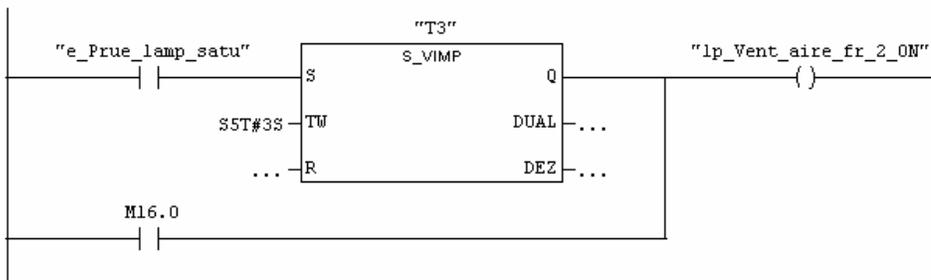
Segm. 87: Título:

Si la entrada E106.5 (e_Prue_lamp_satu) cambia su estado de 0 a 1, la lámpara de la salida A104.6 (lp_Vent_aire_frl_ON) se activa por 3 segundos y luego se apaga. La salida A104.6, también se activará a través de la marca auxiliar M15.7 cuando se encienda el ventilador aire fresco 1.



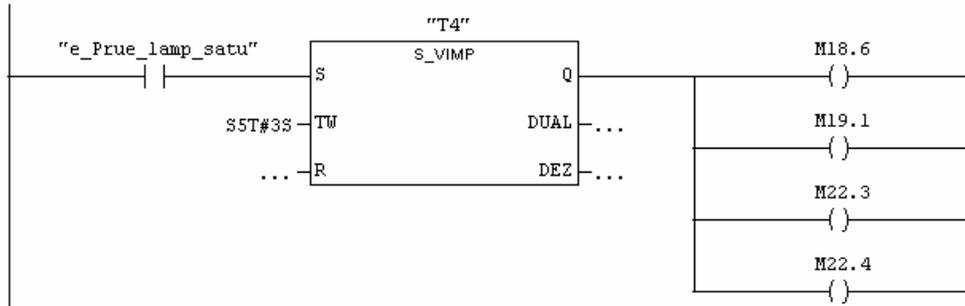
Segm. 88: Título:

Si la entrada E106.5 (e_Prue_lamp_satu) cambia su estado de 0 a 1, la lámpara de la salida A104.7 (lp_Vent_aire_fr_2_ON) se activa por 3 segundos y luego se apaga. La salida A104.7, también se activará a través de la marca auxiliar M16.0 cuando se encienda el ventilador aire fresco 2.



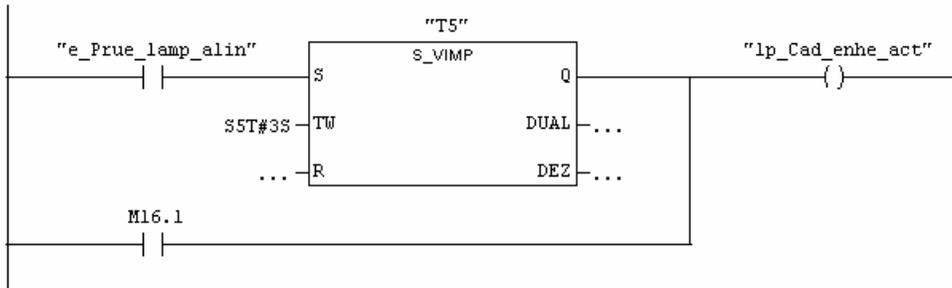
Segm. 89 : Título:

Si la entrada E106.5 (e_Prue_lamp_satu) cambia su estado de 0 a 1, las marcas auxiliar de salida M18.6, M19.1, M22.3 y M22.4 se activa por 3 segundos y luego se apagan. Estas marcas a su vez activan las salidas A104.3 (lp_Emer_act_satu), A104.4 (lp_Act_Guall_seg_satu), A104.0 (lp_SkyRoll_Lim_sup) y A104.1 (lp_SkyRoll_Lim_inf) respectivamente.



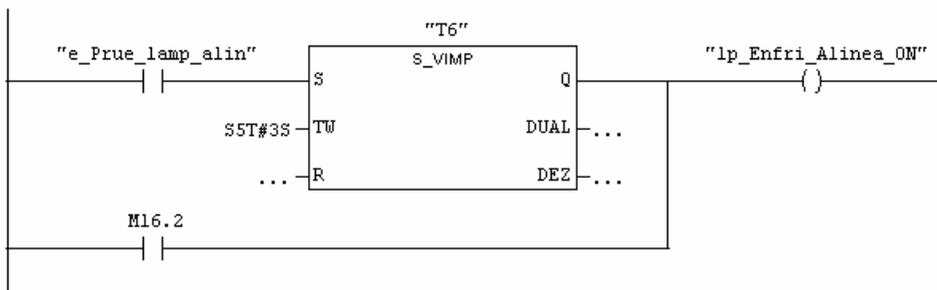
Segm. 90 : Título:

Si la entrada E115.5 (e_Prue_lamp_alin) cambia su estado de 0 a 1, la lámpara de la salida A105.0 (lp_Cad_enhe_act) se activa por 3 segundos y luego se apaga. La salida A105.0, también se activará a través de la marca auxiliar M16.1 cuando se enciende la cadena de enhebrar.



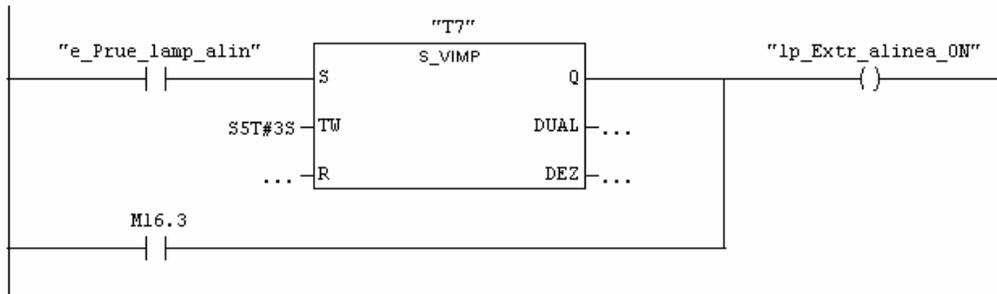
Segm. 91 : Título:

Si la entrada E115.5 (e_Prue_lamp_alin) cambia su estado de 0 a 1, la lámpara de la salida A106.0 (lp_Enfri_Alinea_ON) se activa por 3 segundos y luego se apaga. La salida A106.0, también se activará a través de la marca auxiliar M16.2 cuando se encienden los blower de la alineadora.



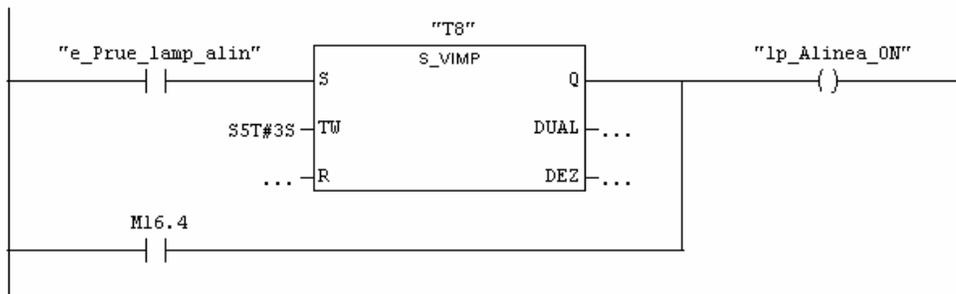
Segn. 92 : Título:

Si la entrada E115.5 (e_Prue_lamp_alin) cambia su estado de 0 a 1, la lámpara de la salida A106.4 (lp_Extr_alinea_ON) se activa por 3 segundos y luego se apaga. La salida A106.4, también se activará a través de la marca auxiliar M16.3 cuando se enciende el extractor de la alineadora.



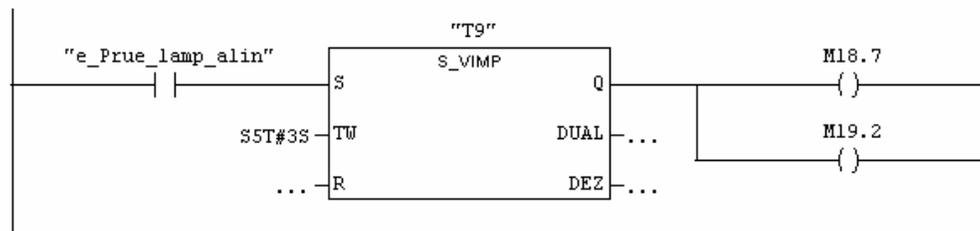
Segn. 93 : Título:

Si la entrada E115.5 (e_Prue_lamp_alin) cambia su estado de 0 a 1, la lámpara de la salida A106.5 (lp_Alinea_ON) se activa por 3 segundos y luego se apaga. La salida A106.5, también se activará a través de la marca auxiliar M16.4 cuando se enciende la alineadora.



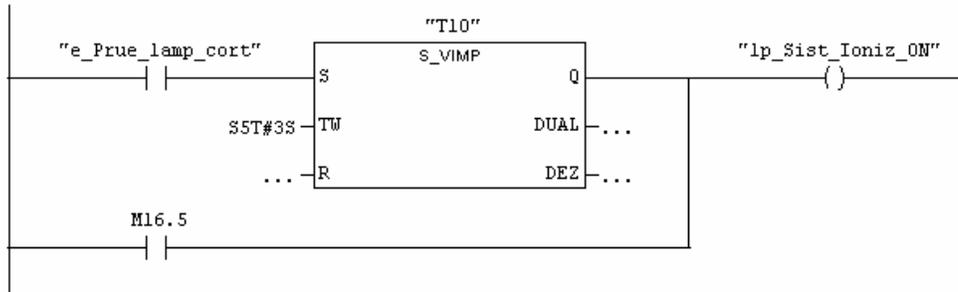
Segn. 94 : Título:

Si la entrada E115.5 (e_Prue_lamp_alin) cambia su estado de 0 a 1, las marcas auxiliar de salida M18.7 y M19.2 se activa por 3 segundos y luego se apagan. Estas marcas a su vez activan las salidas A106.2 (lp_Emer_act_alinea) y A106.7 (lp_Act_Guall_seg_RodEnfr) respectivamente.



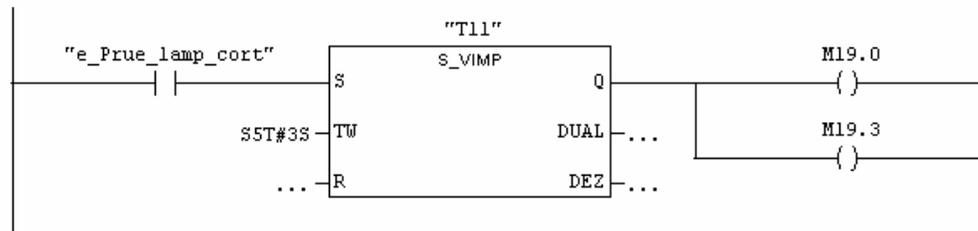
Segm. 95 : Título:

Si la entrada E115.6 (e_Prue_lamp_cort) cambia su estado de 0 a 1, la lámpara de la salida A106.6 (lp_Sist_Ioniz_ON) se activa por 3 segundos y luego se apaga. La salida A106.6, también se activará a través de la marca auxiliar M16.5 cuando se enciende el sistema de ionización.



Segm. 96 : Título:

Si la entrada E115.6 (e_Prue_lamp_cort) cambia su estado de 0 a 1, las marcas auxiliar de salida M19.0 y M19.3 se activa por 3 segundos y luego se apagan. Estas marcas a su vez activan las salidas A106.3 (lp_Emer_act_cort) y A107.0 (lp_Act_Guall_seg_cort) respectivamente.



Segm. 97 : Título:

Este segmento contiene las marcas que enciende la lámpara "Emergencia activada saturadora" ante una parada de emergencia o una prueba de lámparas.



Segm. 98 : Título:

Este segmento contiene las marcas que encienden la lámpara "Emergencia activada alineadora" ante una parada de emergencia o una prueba de lámparas.



Segm. 99 : Título:

Este segmento contiene las marcas que enciende la lampara "Emergencia activada cortadora" ante una parada de emergencia o una prueba de lámparas.



Segm. 100 : Título:

Este segmento contiene las marcas que enciende la lampara "Emergencia activada gualla de seguridad saturadora" ante una parada de emergencia o una prueba de lámparas.



Segm. 101 : Título:

Este segmento contiene las marcas que enciende la lampara "Emergencia activada gualla de seguridad Rodillos Enfriadores" ante una parada de emergencia o una prueba de lámparas.



Segm. 102 : Título:

Este segmento contiene las marcas que enciende la lampara "Emergencia activada gualla de seguridad cortadora" ante una parada de emergencia o una prueba de lámparas.



8.18. MANEJO DEL RODILLO PREHUMEDECEDOR

➤ Breve descripción

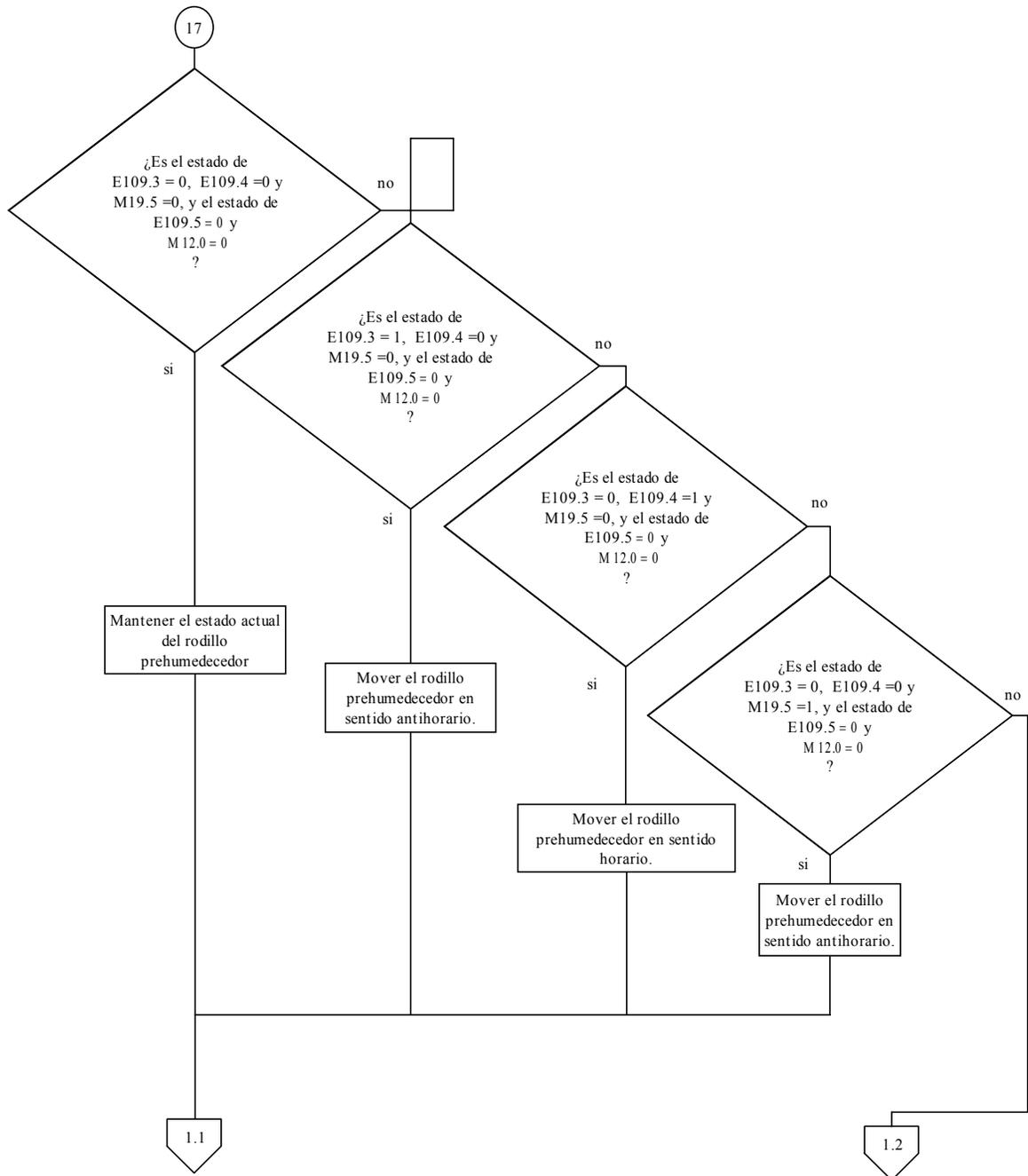
El rodillo prehumedecedor está encargado de impregnar el papel con resina melamínica por solo una de sus caras, antes de que este sea introducido por completo en la bandeja de resina por los rodillos saturadores. Aunque el rodillo prehumedecedor normalmente se encuentra girando en sentido antihorario cuando la transmisión de la máquina está encendida, en el proceso de enhebrado este se pone a girar en sentido horario para ayudar a subir al papel hasta los rodillos Sky Roll.

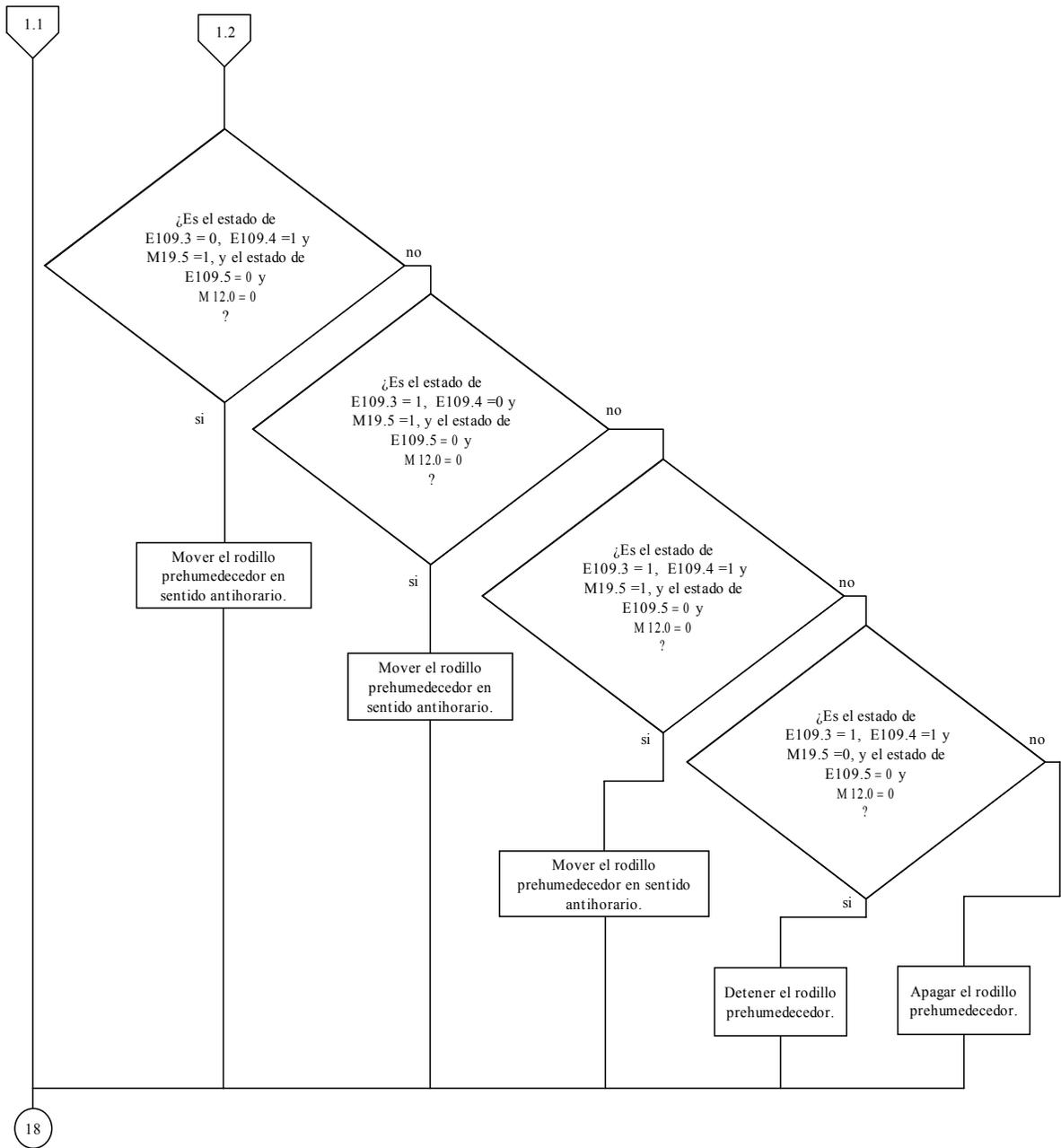
En esta parte del programa se realiza la inversión de giro del rodillo prehumedecedor, evitando que estas dos operaciones se realicen al mismo tiempo y provoquen un corto entre las fases de alimentación, además se garantiza que una vez iniciado el proceso de impregnación estos no puedan ser apagados manualmente, al menos que se presente una emergencia.

A través de las entradas E109.3 y E109.4 hacemos girar el motor en sentido horario y antihorario respectivamente de una manera manual, y a través de la marca auxiliar M19.6 se activa el motor prehumedecedor en sentido antihorario cuando se inicia la transmisión de la máquina.

➤ Diagrama de flujo

A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa:

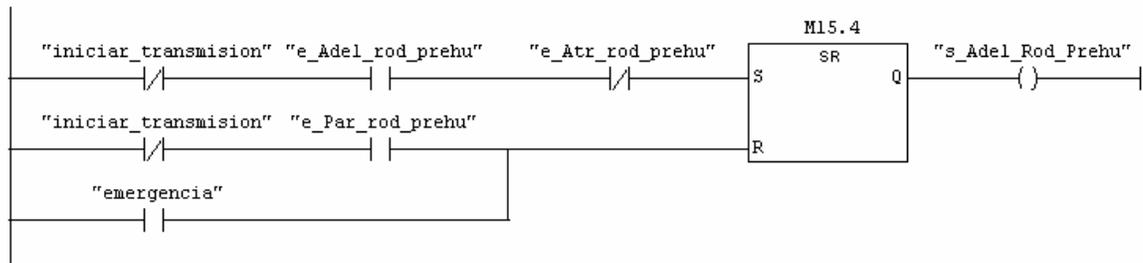




➤ Diagrama de contactos KOP

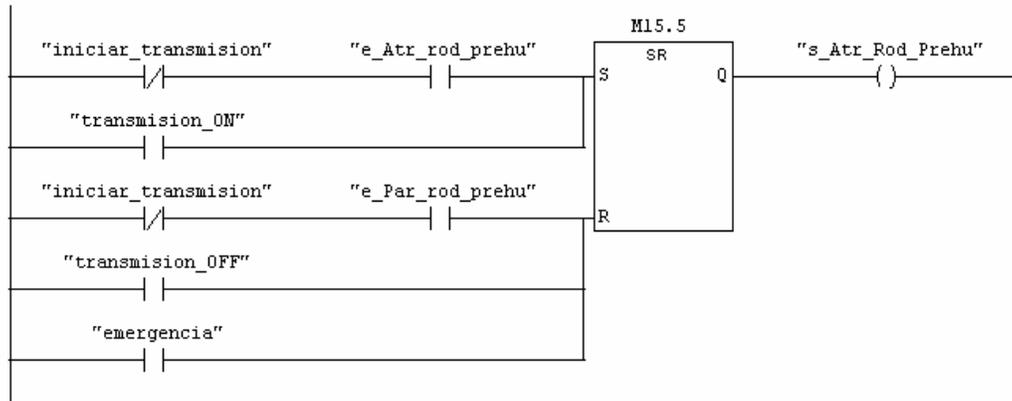
Segm. 103 : Título:

Este segmento mueve hacia adelante el Rodillo Prehmedecedor. Si se intenta mover el rodillo hacia atrás se desactiva la acción de mover hacia adelante.



Segm. 104 : Título:

Este segmento mueve hacia atrás el Rodillo Prehmedecedor. Si se intenta mover el rodillo hacia adelante se desactiva la acción de mover hacia atrás.



8.19. MANEJO DE LA PERSIANA DE LA MESA APILADORA

➤ Breve descripción

En el momento en que la mesa apiladora ha alcanzado su máximo número de hojas y se hace necesario vaciarla sin detener el proceso, el operario acciona un motor que desenrolla la persiana metálica que se encuentra enrollada en el

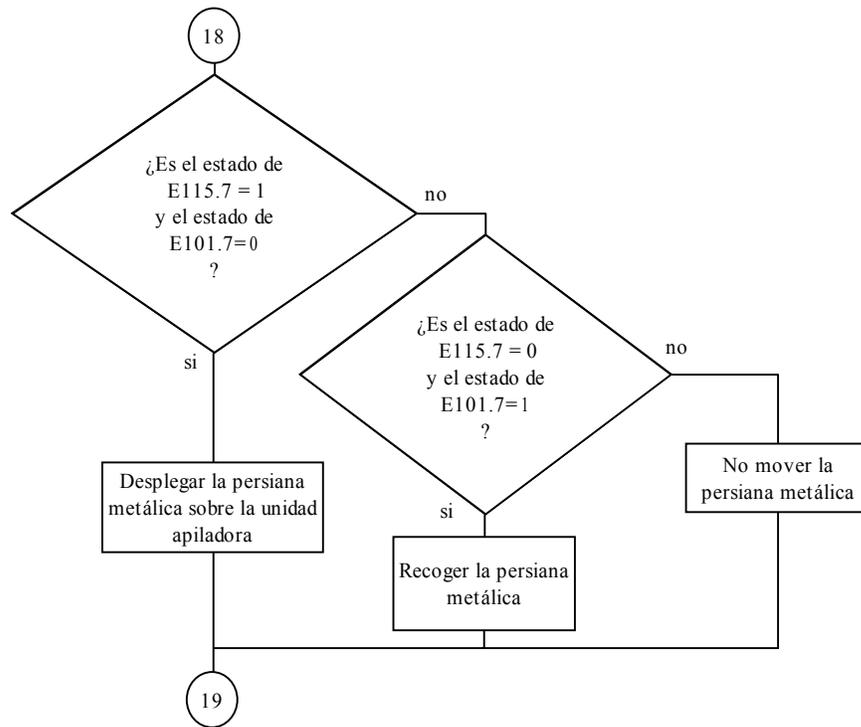
extremo posterior de la unidad apiladora y esta se encarga de sostener las láminas que se impregnen mientras se vacía la mesa apiladora. Una vez se han bajado las láminas de la mesa apiladora, la persiana metálica es enrollada nuevamente y las láminas que se encuentren en esta se dejan caer en la mesa.

Debida a que el motor de la persiana solo debe extenderla y luego recogerla cuando sea necesario, esta parte del programa simplemente se encarga de controlar la dirección de giro de este motor.

Al pulsar el botón de contacto momentáneo de la entrada E115.7 se coloca un 1 en la salida A101.7, lo cual hace girar el motor en sentido horario y por ende despliega la persiana metálica sobre la unidad apiladora, mientras que al pulsar el botón de contacto de la entrada E116.0 colocamos un 1 en la salida A102.0, haciendo girar el motor en sentido antihorario, recogiendo así la persiana. Por otro lado, si se pulsan ambos botones, activando las dos entradas al tiempo, el motor se detiene.

➤ **Diagrama de flujo**

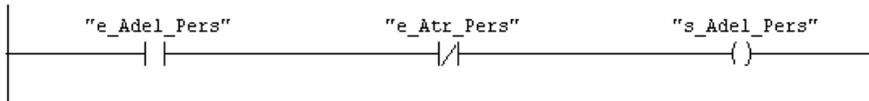
A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa:



➤ Diagrama de contactos KOP

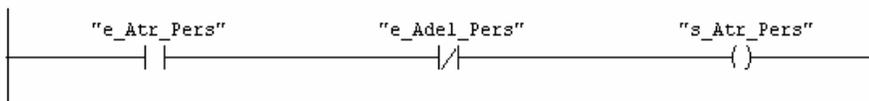
Segm. 105 : Título:

Este segmento mueve hacia adelante la persiana de la unidad apiladora mientras se mantenga pulsado el botón "Adelante Persiana". Si por descuido se pulsan al tiempo los botones "Adelante Persiana" y "Atras Persiana" el motor no responde a ninguna de las dos ordenes.



Segm. 106 : Título:

Este segmento mueve hacia atras la persiana de la unidad apiladora mientras se mantenga pulsado el botón "Atras Persiana". Si por descuido se pulsan al tiempo los botones "Atras Persiana" y "Adelante Persiana" el motor no responde a ninguna de las dos ordenes.



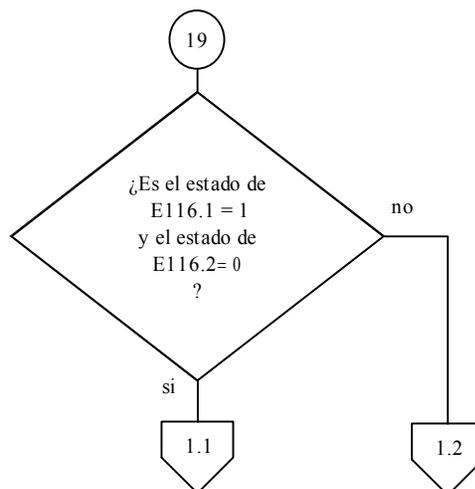
8.20. MANEJO DE LA MESA PLEGABLE.

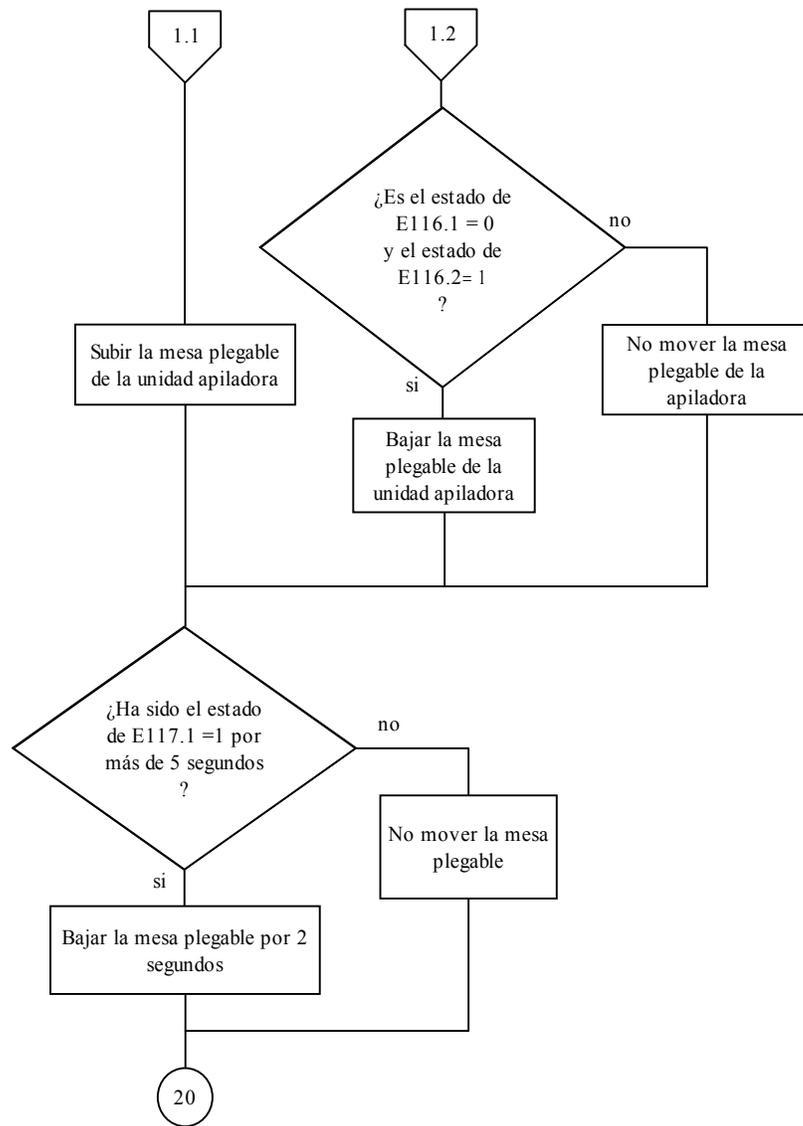
➤ Breve descripción

La mesa plegable, también conocida como la mesa apiladora, puede ser accionada manualmente hacia arriba o hacia abajo a través de los botones de contacto momentáneo de las entradas E116.1 y E116.2 respectivamente. La mesa plegable ha sido equipada con un sensor óptico de barrera el cual se encarga de hacerla bajar automáticamente durante el proceso de impregnado de la siguiente manera: una vez la pila de hojas ha alcanzado la altura del sensor y bloquee el haz de luz entre el emisor y el receptor por más de 5 segundos, se produce un cambio de estado de 0 a 1 en la entrada E117.1, lo que provoca que la mesa baje por 2 segundos y luego se detenga.

➤ Diagrama de flujo

A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa:

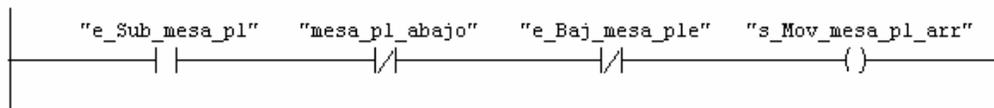




➤ **Diagrama de contactos KOP**

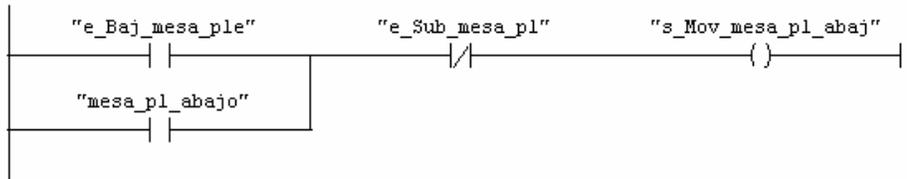
Segm. 107 : Título:

Este segmento sube la mesa plegable.



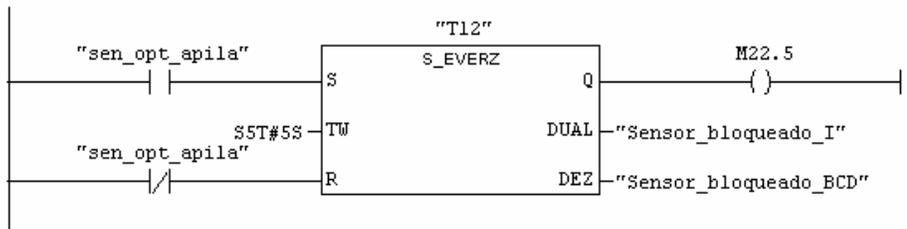
Segm. 108 : Título:

Este segmento baja la mesa plegable.



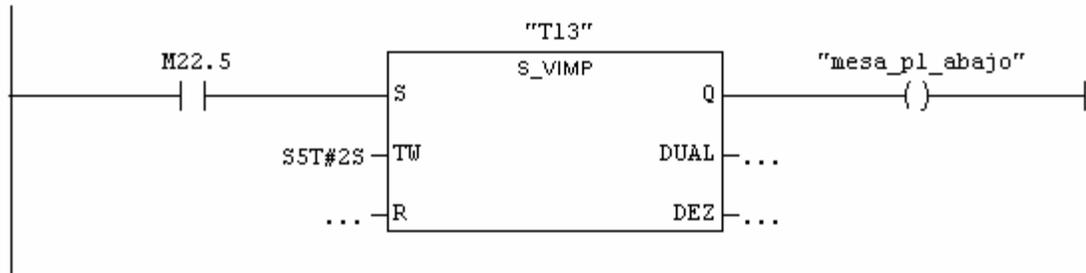
Segm. 109 : Título:

Si la pila de hojas ha crecido mucho y tapa al sensor por mas de 5 segundos el temporizador T12 manda una señal al temporizador T13 para que este baje la mesa por 2 segundos.



Segm. 110 : Título:

En este segmento el temporizador T13 acciona el motor de la mesa plegable para que baje la mesa por dos segundos.



8.21. CONTROL DE LA LONGITUD DE CORTE DEL PAPEL

➤ Breve descripción

El corte de papel en la unida de corte en la impregnadora BABCOCK es realizado por un par de cuchillas. Una cuchilla superior que se encuentra ubicada a lo largo de un cilindro que es girado por un motor en sentido horario y una cuchilla inferior que es elevada neumáticamente para efectuar el corte de la hoja.

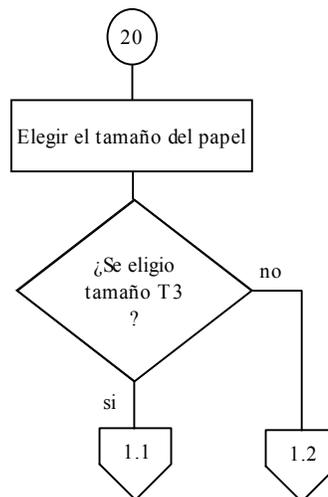
Existen básicamente tres tipos de especificación para el tamaño de una lámina de papel, las cuales son: T3, T6 y T9 y cada una de estas se consigue elevando la cuchilla inferior, después que la cuchilla giratoria ha dado un número determinado de vueltas. Es así como para conseguir una hoja tamaño T3, la cuchilla inferior debe esperar 5 vueltas de la cuchilla giratoria antes de elevarse para cortar el papel, de igual manera debe esperar 6 y 7 vueltas para conseguir los tamaños T6 y T9 respectivamente. Otra operación realizada en la unidad de corte es la toma de muestras, la cual se hace para conocer las características del papel impregnado, tales como espesor y porcentaje de resina. Para realizar esto, el operario pulsa un botón que eleva de inmediato la cuchilla inferior, cortando solo un pequeño tramo de papel que será posteriormente analizado.

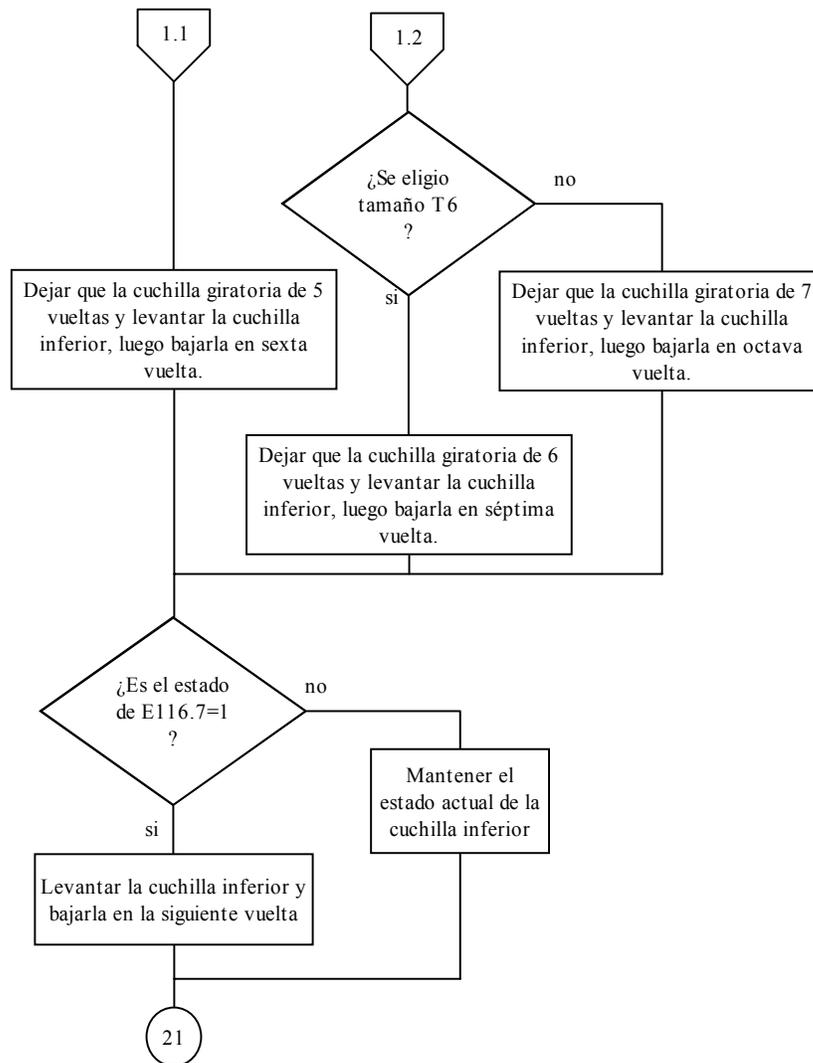
Para realizar esta parte del programa, se utiliza el contador ascendente "Z1", el cual a través de la entrada E117.0, contabiliza el número de vueltas de la cuchilla giratoria en base a los flancos positivos de voltaje provocados por el sensor de

detección directa que está en uno de los lados del cilindro donde se encuentra esta cuchilla. El número de flancos contados, es comparado con el número de vueltas que se haya estipulado según el tipo de tamaño que se este impregnando y así, cada vez que estos números sean iguales se envía un 1 a la salida A101.1, encargada de accionar el cilindro neumático que eleva la cuchilla inferior y luego este es desactivado en la siguiente vuelta. En el caso de la toma de muestra, cuando se oprime el botón de la entrada E116.7, lo que se hace es cargar en el contador directamente el número de vueltas necesarias para que se levante la cuchilla inferior y luego se reinicia nuevamente el conteo.

➤ **Diagrama de flujo**

A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa:

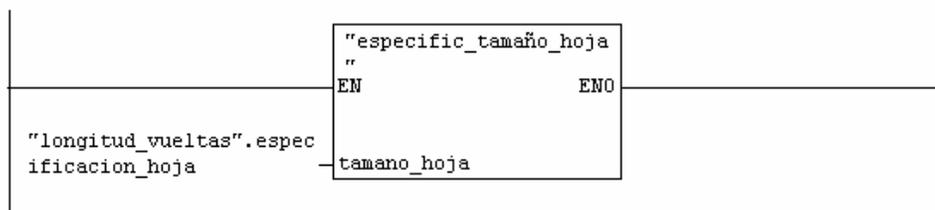




➤ Diagrama de contactos KOP

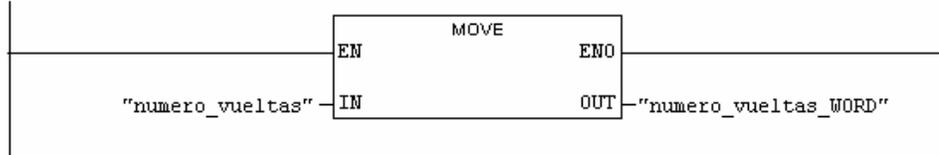
Segm. 111: Título:

Esta función toma la especificación del tamaño de la hoja que se indica en el software supervisor y activa una marca en el interior de la función FC13 que carga el numero de vueltas que debe dar la cuchilla giratoria segun la longitud del papel.



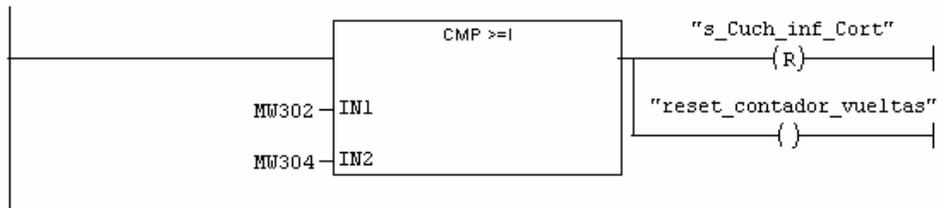
Segm. 113 : Título:

Este segmento transforma el número de vueltas que debe girar la cuchilla giratoria MW312 el cual se encuentra como un valor tipo INT, en un valor tipo WORD que puede reconocer el contador Z1.



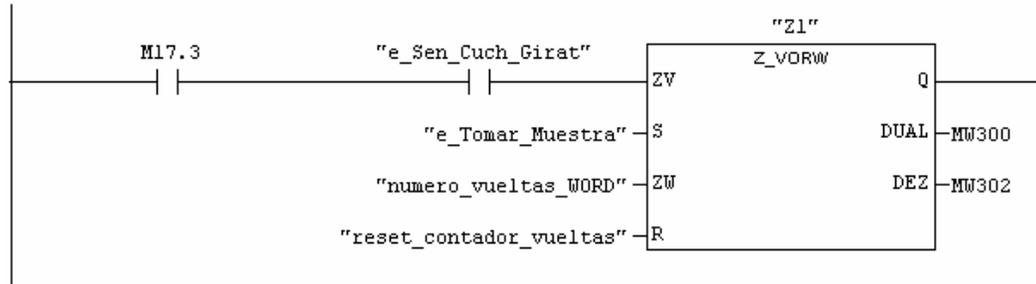
Segm. 114 : Título:

Cuando la cuchilla giratoria de una vuelta más, entonces se baja la cuchilla de la mesa y se reinicia el contador.



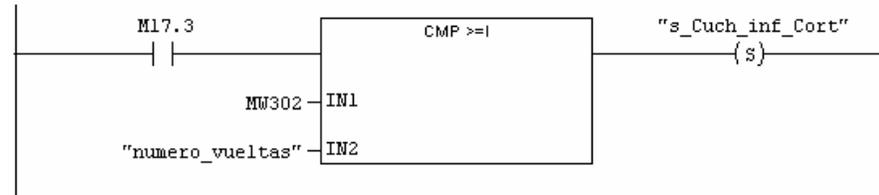
Segm. 115 : Título:

Contador del número de vueltas de la cuchilla giratoria. El número de vueltas de la cuchilla giratoria se acumula en MW302.



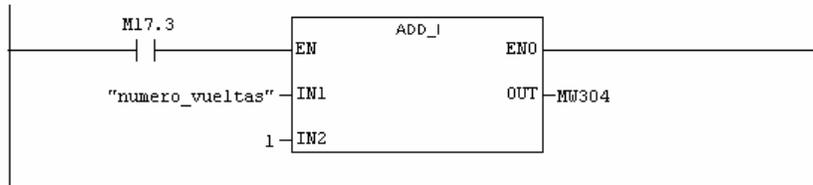
Segm. 116 : Título:

Cuando el el número de vueltas de la cuchilla giratoria sea igual al seleccionado en el bloque de datos locales (DEW0) levantar la cuchilla de la mesa.



Segm. 117: Título:

Este bloque le indica al programa en que vuelta debe bajar la cuchilla de la mesa.



8.22. CONTEO DE HOJAS IMPREGNADAS

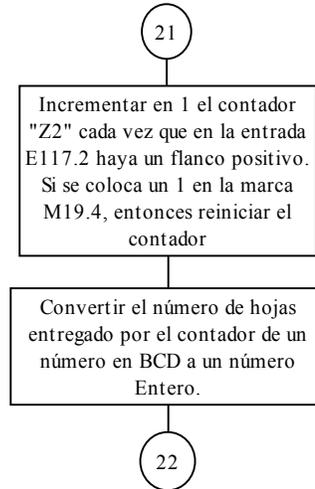
➤ Breve descripción

El conteo de las hojas impregnadas se lleva a cabo a través del sensor óptico de detección directa que se encuentra antes de la unidad apiladora, el cual representa la entrada E117.2. Cada vez que el papel es cortado y la lámina llega a la unidad apiladora, esta bloquea al sensor por unos instantes, produciendo flancos positivos de voltaje, los cuales incrementan el contador ascendente "Z2", capaz de contabilizar hasta 999 hojas. El contador "Z2" puede ser reiniciado por el operario desde el software de supervisión.

El número de hojas que el contador "Z2" guarda puede ser conocido a través de las dos salidas que este posee. Una de estas salidas proporciona el número en el sistema BCD y la otra en el sistema hexadecimal. Para conocer el valor del número en el sistema decimal es utilizado un conversor de BCD a decimal.

➤ **Diagrama de flujo**

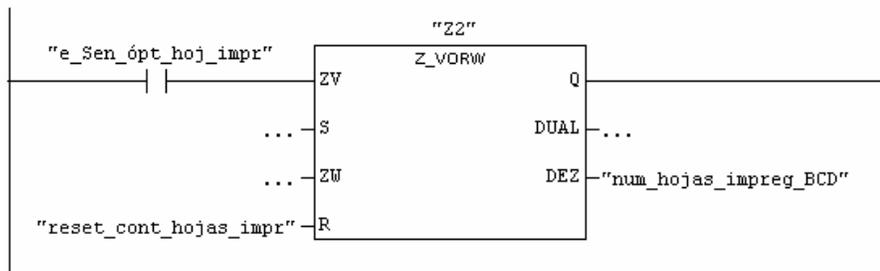
A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa:



➤ **Diagrama de contactos KOP**

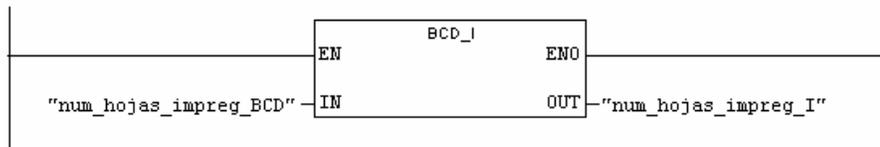
Segm. 118 : Título:

Este segmento cuenta el número de hojas impregnadas.



Segm. 119 : Título:

En este segmento se convierte el número de hojas impregnadas que se encuentra en BCD a un número entero.



8.23. DIRECCIONAMIENTO DEL ESTADO DE LOS GUARDA MOTORES Y DE LOS SWITCHES DE FLUJO DE ACEITE TÉRMICO, AGUA FRÍA, AIRE CALIENTE Y DE EXTRACCIÓN DE AIRE.

➤ Breve descripción

Para proteger contra sobre corriente los motores que posee la máquina impregnadora BABCOCK, a cada uno de estos se le ha antepuesto un guarda motor, dependiendo de la potencia de cada uno. Estos guarda motores poseen una salida digital que indica el estado actual de estos, a través de la cual se puede saber si este se encuentra trabajando normalmente o ha sido disparado por una sobre corriente.

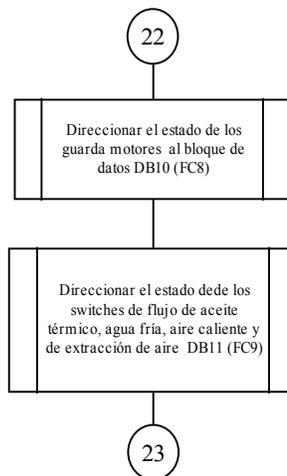
Para realizar esta parte del programa la función **FC8** recoge todas las salidas digitales provenientes de los guarda motores y las envía a una dirección el bloque de datos **DB10**, desde donde son leídas por el software de supervisión.

Por otro lado, a través de la lectura del estado de los switches de flujo de aceite térmico y agua fría, se puede tomar la decisión de apagar las bombas de aceite o de agua si se detecta que no hay flujo por las tuberías y así evitar que estas se dañen por trabajar en vacío, mientras que los switches de flujo en la entrada y salida de aire caliente corroboran el buen funcionamiento de los ventiladores de los hornos y del extractor centralizado.

De igual manera que lo hace al función **FC8**, para realizar esta parte del programa la función **FC9** recoge todas las salidas de los switches de flujo y los envía a una dirección en el bloque de datos **DB11**, desde donde son leídas por el software de supervisión.

➤ Diagrama de flujo

A continuación se muestra el diagrama de flujo de esta parte del programa:



➤ Diagrama de contactos KOP

- Función FC8 llamada desde el OB1

Segm. 120 : Título:

Este segmento envia el estado de los guarda motores al DB10 para que este pueda ser leído por el supervisorio

| | | "estado_guard_mot" | |
|-----------------------|----------|--------------------|-----|
| | | EN | ENO |
| "e_GM_desenr" | in_GM_1 | | |
| "e_GM_extr_satu" | in_GM_2 | | |
| "e_GM_Rod_Alis" | in_GM_3 | | |
| "e_GM_SkyRoll" | in_GM_4 | | |
| "e_GM_rod_prehu" | in_GM_5 | | |
| "e_GM_Vent_aire_frl" | in_GM_6 | | |
| "e_GM_Vent_aire_fr2" | in_GM_7 | | |
| "e_GM_Vent1_pr_secc" | in_GM_8 | | |
| "e_GM_Vent2_pr_secc" | in_GM_9 | | |
| "e_GM_Vent1_se_secc" | in_GM_10 | | |
| "e_GM_Vent2_se_secc" | in_GM_11 | | |
| ⋮ | ⋮ | | |
| "e_GM_trans_sat" | in_GM_30 | | |
| "e_GM_trans_rod_enfr" | in_GM_31 | | |
| "e_GM_Rod_Hala_cort" | in_GM_32 | | |
| "e_GM_Cuch_Girat" | in_GM_33 | | |
| "e_GM_rod_tensores" | in_GM_34 | | |

- Función FC9 llamada desde el OB1

Segm. 121 : Título:

Este segmento envia el estado de los switches y los Limit Switches al DB11 para que este pueda ser leído por el supervisorio.

| | "estado_switches" | |
|--------------------------|--------------------|-----|
| | EN | ENO |
| "e_Sw_fl_ac_ter" | in_switch_1 | |
| "e_Sw_fl_agua_rod_enfr" | in_switch_2 | |
| "e_Sw_fl_aire_cal_1secc" | in_switch_3 | |
| "e_Sw_fl_aire_cal_2secc" | in_switch_4 | |
| "e_Sw_fl_aire_cal_3secc" | in_switch_5 | |
| "e_Sw_fl_aire_cal_4secc" | in_switch_6 | |
| "e_Sw_fl_aire_cal_5secc" | in_switch_7 | |
| "e_Sw_fl_extr_1secc" | in_switch_8 | |
| "e_Sw_fl_extr_2secc" | in_switch_9 | |
| "e_Sw_fl_extr_3secc" | in_switch_10 | |
| "e_Sw_fl_extr_4secc" | in_switch_11 | |
| "e_Sw_fl_extr_5secc" | in_switch_12 | |
| "e_Sw_fl_extr_aline" | in_switch_13 | |
| "e_Sw_fl_extr_sat" | in_switch_14 | |
| "e_LS_rod_pren_enfr" | in_LS_Rod_Pre_enfr | |

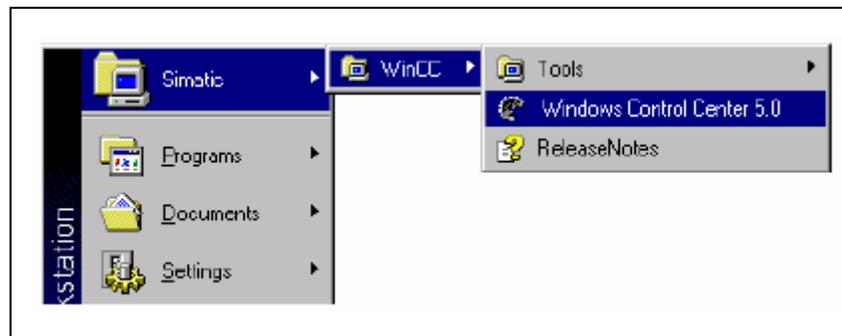
9. MANUAL DE USUARIO DEL SOFTWARE SUPERVISORIO

9.1. PASOS A SEGUIR PARA EL INICIO DE LA APLICACIÓN

El siguiente procedimiento muestra paso a paso como iniciar la aplicación Windows Control Center, la cual fue la elegida para realizar el programa de monitoreo de la máquina impregnadora BABCOCK en la empresa LAMITECH S.A.

9.1.1. Paso 1 (Inicio de WinCC). Para iniciar WinCC, haga clic en "Inicio" en la barra de tareas de Windows2000. Inicie WinCC vía "SIMATIC" → "WinCC" → "Windows Control Center". Ver figura 9.1.

Figura 9.1. Abrir WinCC desde la barra de tareas de inicio



9.1.2. Paso 2 (Abrir el proyecto “Babcock”). Para abrir el proyecto **Babcock** haga clic en las opciones “Archivo” y “Abrir” en la barra de menús del explorador de WinCC y abra el proyecto Babcock que se encuentra en la dirección C:\Siemens\WinCC\WinCCProjects\Babcock. También puede hacer clic en el icono “Abrir”  de la barra de herramientas en el WinCC Explorer.

9.1.3. Paso 3 (Activar el proyecto Babcock). Para activar el proyecto, haga clic en las opciones "Archivo" y "Activar" de la barra de menús del explorador de WinCC.

La casilla al lado de "Activar" estará marcada e indica la activación del tiempo de ejecución. Alternativamente, también puede hacer clic en el botón "Activar"  en la barra de herramientas del explorador de WinCC.

Una vez activo el proyecto aparecerá la ventana principal, a través de la cual se puede acceder al resto de las ventanas que conforman el software supervisorio.

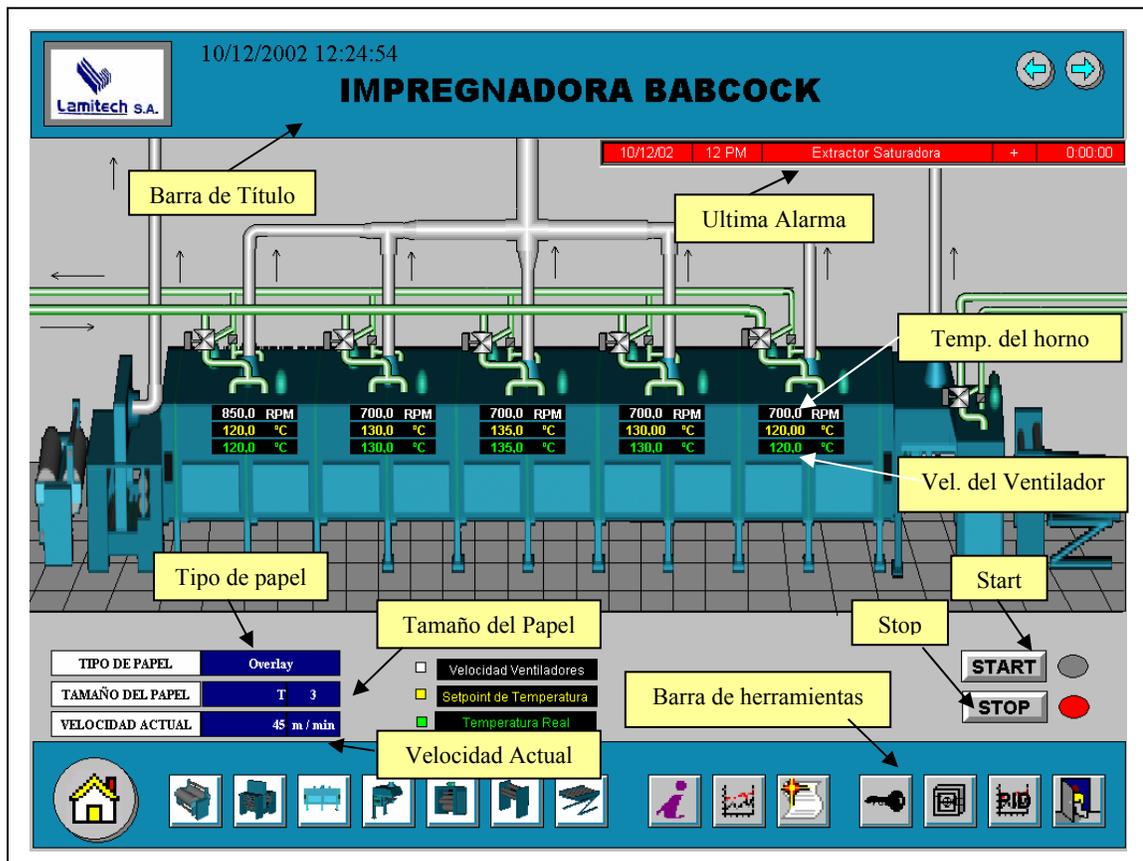
En el siguiente subcapítulo se muestra y se hace una descripción de cada una de las ventanas que conforman este software.

9.2. VENTANAS DEL SUPERVISORIO.

A continuación se muestran una por una las ventanas que componen el supervisorio de la BABCOCK, se hace una breve descripción de la ventana y se explica el manejo de cada una de ellas.

9.2.1. Ventana Principal. Esta es la ventana que se muestra cuando se inicia el supervisorio, en ella aparece toda la maquina y la información más importante del proceso. La ventana principal se muestra en la figura 9.2.

Figura 9.2. Ventana Principal Impregnadora BABCOCK



La ventana principal consta de:

- **Barra de títulos:**

Es común para todas las ventanas, posee el nombre de la ventana presente, el slogan de la Empresa LAMITECH S.A., los botones “ventana anterior” , “ventana posterior” y la fecha y hora actual.

- **Barra de herramientas:**

La barra de herramientas también es común para todas las ventanas, contiene los siguientes botones:



Retorno a la ventana Principal.



Este botón comunica a la ventana de la Unidad Desenrolladora.



Este botón comunica a la ventana de Unidad Saturadora.



Este botón comunica a la ventana de los hornos.



Este botón comunica a la ventana de la Unidad Alineadora.



Este botón comunica a la ventana de la Unidad Enfriadora.



Este botón comunica a la ventana de la Unidad Cortadora.



Este botón comunica a la ventana de la Unidad Apiladora.



Este botón comunica a la ventana de los setpoints.



Este botón comunica a la ventana que contiene la temperatura de los motores.



Este botón comunica a la ventana que muestra las alarmas ocurridas.



Este botón proporciona acceso a las ventanas que poseen restricción, tales como Sintonización de PID y Ventana de receta según el tipo de papel, además permite realizar las acciones de los botones START, STOP y Salir del Runtime. Por defecto se le colocó el siguiente nombre de usuario y contraseña:

Usuario: Operario // **Contraseña:** Operario.



Este botón comunica a la ventana que contiene las recetas. Al pulsar este botón se despliega una ventana requiriendo una autorización para acceder a esta ventana.



Este botón comunica a la ventana desde la cual se realiza la sintonización de los PID de los hornos y los rodillos enfriadores. Al pulsar este botón, se despliega una ventana requiriendo una autorización para acceder a esta ventana.



Este botón permite salir de Runtime.

- **Tipo de papel:**

Muestra el tipo de papel que se esté impregnando en el momento. Este es un punto de sólo visualización, no es posible cambiar el tipo de papel que se esté impregnando desde aquí.

- **Tamaño del papel:**

Muestra el tamaño al que se estén cortando las láminas impregnadas, este puede ser T3, T6 o T8. No es posible cambiar el tamaño de las láminas de papel desde aquí, éste es un punto de sólo de visualización.

- **Ultima alarma ocurrida:**

Este aviso es común para todas las ventanas. Muestra la hora, fecha, duración y estado de la última alarma ocurrida.

- **Temperatura del horno:**

Muestra la temperatura actual del horno. No es posible cambiar está temperatura desde aquí, éste es un punto de sólo visualización.

- **Velocidad del ventilador:**

Muestra la velocidad actual del ventilador No es posible cambiar está temperatura desde aquí, éste es un punto de sólo visualización.

- **Botón START:**

Este botón permite iniciar la transmisión. Al pulsar este botón se despliega una ventana requiriendo una autorización para realizar esta acción.

- **Botón STOP:**

Este botón permite apagar la transmisión. Al pulsar este botón se despliega una ventana requiriendo una autorización para realizar esta acción.

9.2.2. Ventana de la unidad desenrolladora. En esta ventana se muestra la unidad desembobinadora y las señales asociadas a esta sección. Ver Figura 9.3.

Figura 9.3. Ventana de la unidad desembobinadora.



Esta ventana consta de las siguientes lámparas:

- **Parada de emergencia:**

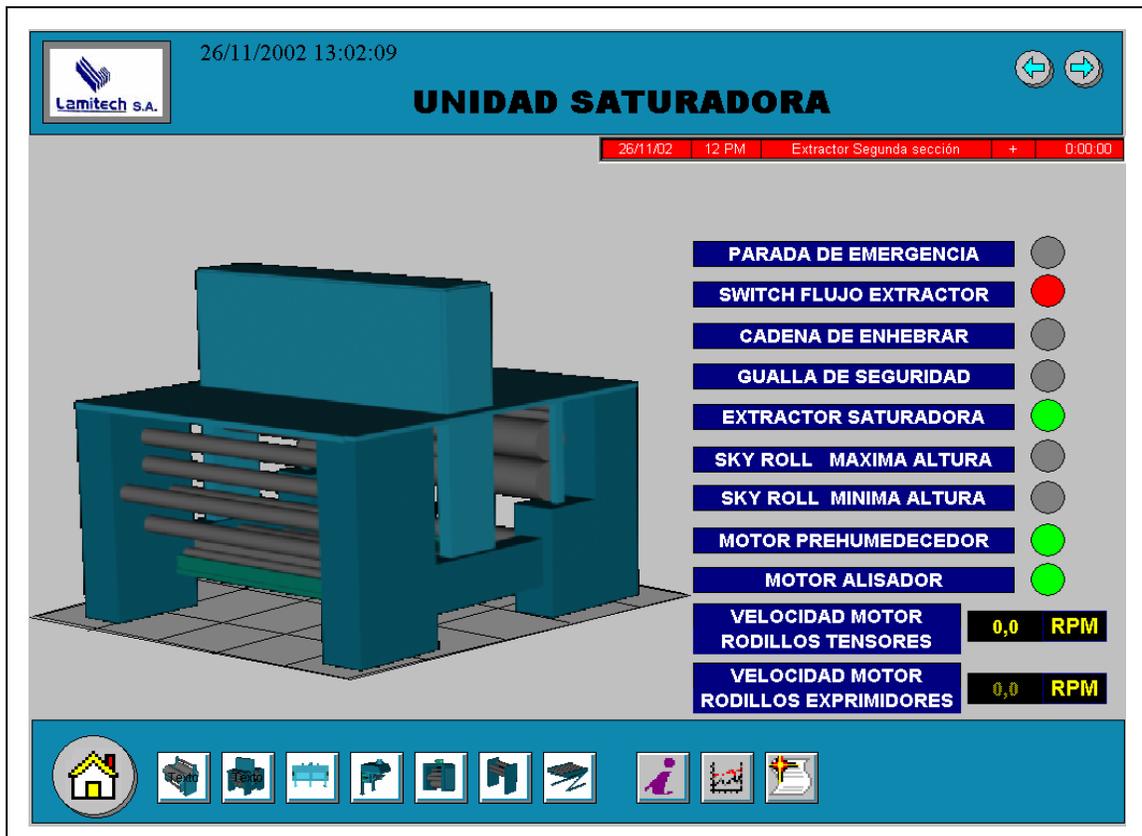
Si se llegase a activar una parada de emergencia desde la unidad desenrolladora, la lámpara de parada de emergencia de esta unidad empieza a titilar de color rojo.

- **Adelante y atrás desenrollador:**

Indica el movimiento del eje que mueve los rodillos de papel al momento de cambiar un rollo que se ha finalizado por uno nuevo.

9.2.3. Ventana de la unidad saturadora. En esta ventana se muestra la unidad saturadora y las señales asociadas a esta sección. Ver Figura 9.4.

Figura 9.4. Ventana de la unidad saturadora



Esta ventana consta de las siguientes lámparas:

- **Parada de emergencia:**

Si se llegase a activar una parada de emergencia desde la unidad saturadora, la lámpara de parada de emergencia de esta unidad empieza a titilar de color rojo.

- **Switch de flujo extractor:**

Indica si hay o no flujo en el extractor de esta unidad. Si hay flujo entonces la lámpara estará de color verde, de lo contrario titilará de color rojo.

- **Cadena de enhebrar:**

Indica si la cadena de enhebrar está encendida. De ser así, entonces la lámpara se colocará de color verde.

- **Gualla de seguridad:**

Si se llegase a activar la gualla de seguridad de esta unidad, entonces la máquina impregnadora se apagará y esta lámpara empezará a titilar de color rojo.

- **Parada de emergencia:**

Si se llegase a activar una parada de emergencia desde la unidad desenrolladora, la lámpara de parada de emergencia de esta unidad empieza a titilar de color rojo.

- **Altura del Sky Roll:**

Los indicadores arriba Sky Roll y abajo Sky Roll indican la posición actual de este rodillo. Dependiendo de la posición en la que se encuentre este rodillo estará encendida de color verde la lámpara correspondiente.

- **Estado de motores:**

Indican la activación de los motores prehumedecedor y alisador de la unidad saturadora. Si las lámparas de estos motores están de color verde significa que los motores están encendidos, de lo contrario se encuentran apagados.

La ventana de de la unidad saturadora también posee los siguientes indicadores:

- **Velocidad motor de los rodillos tensores:**

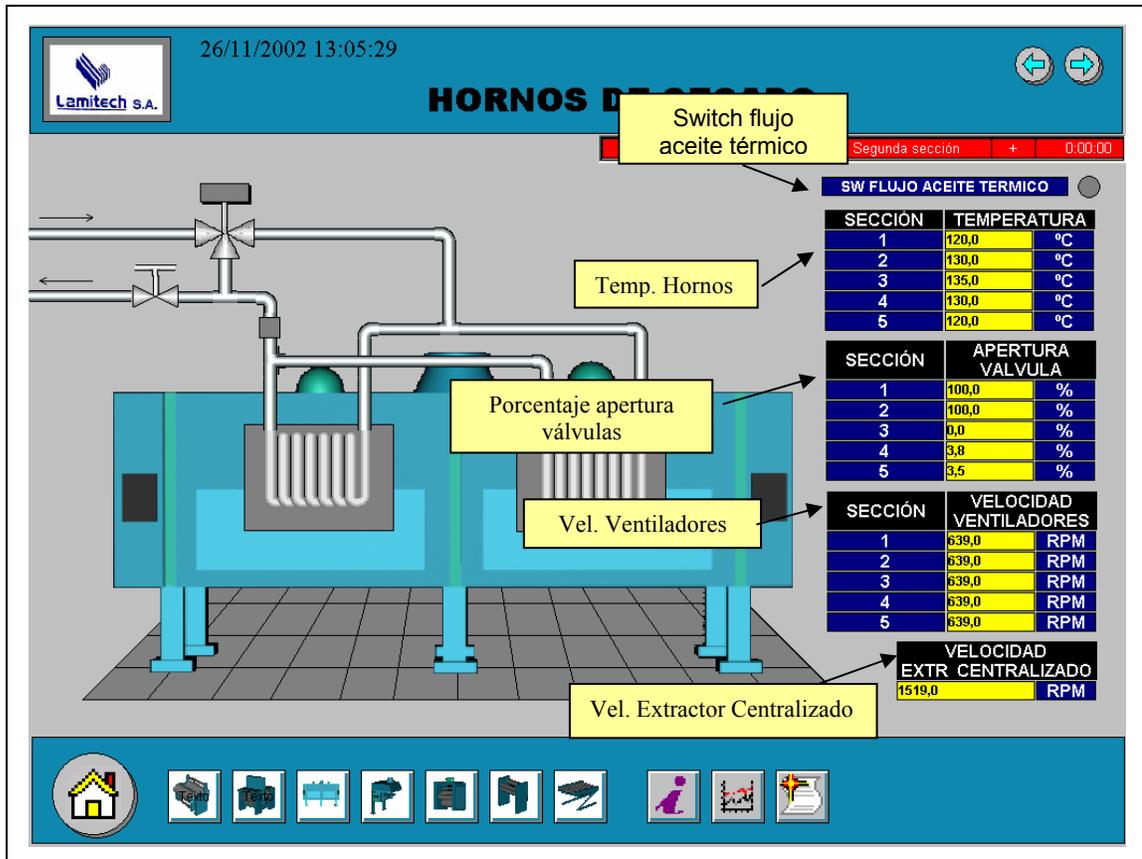
Indica la velocidad actual del motor de los rodillos tensores en RPM

- **Velocidad motor de los rodillos exprimidores:**

Indica la velocidad actual del motor de los rodillos exprimidores en RPM.

9.2.4. Ventana de los hornos. En esta ventana se muestra una sección de los hornos con la tubería de aceite térmico que va interiormente en cada una y las señales asociadas a esta sección. Ver Figura 9.5.

Figura 9.5. Ventana de los hornos



Esta ventana consta de la siguiente lámpara:

- **Switch de flujo de Aceite térmico:**

Indica la circulación de aceite térmico en la tubería del mismo. Si está circulando aceite térmico, la lámpara se colocará de color verde, de no ser así entonces titilará de color rojo.

Esta ventana además posee los siguientes indicadores:

- **Temperatura de los hornos:**

Indica la temperatura actual en grados centígrados de cada una de las cinco secciones de hornos de secado. Estos puntos son sólo de visualización, no es posible alterar la temperatura de los hornos desde aquí.

- **Porcentaje de apertura de las válvulas:**

Muestra el porcentaje al que se encuentra abierta cada una de las válvulas de tres vías de cada sección de los hornos de secado. Estos puntos son sólo de visualización, no es posible alterar estos porcentajes de apertura desde aquí.

- **Velocidad de los ventiladores:**

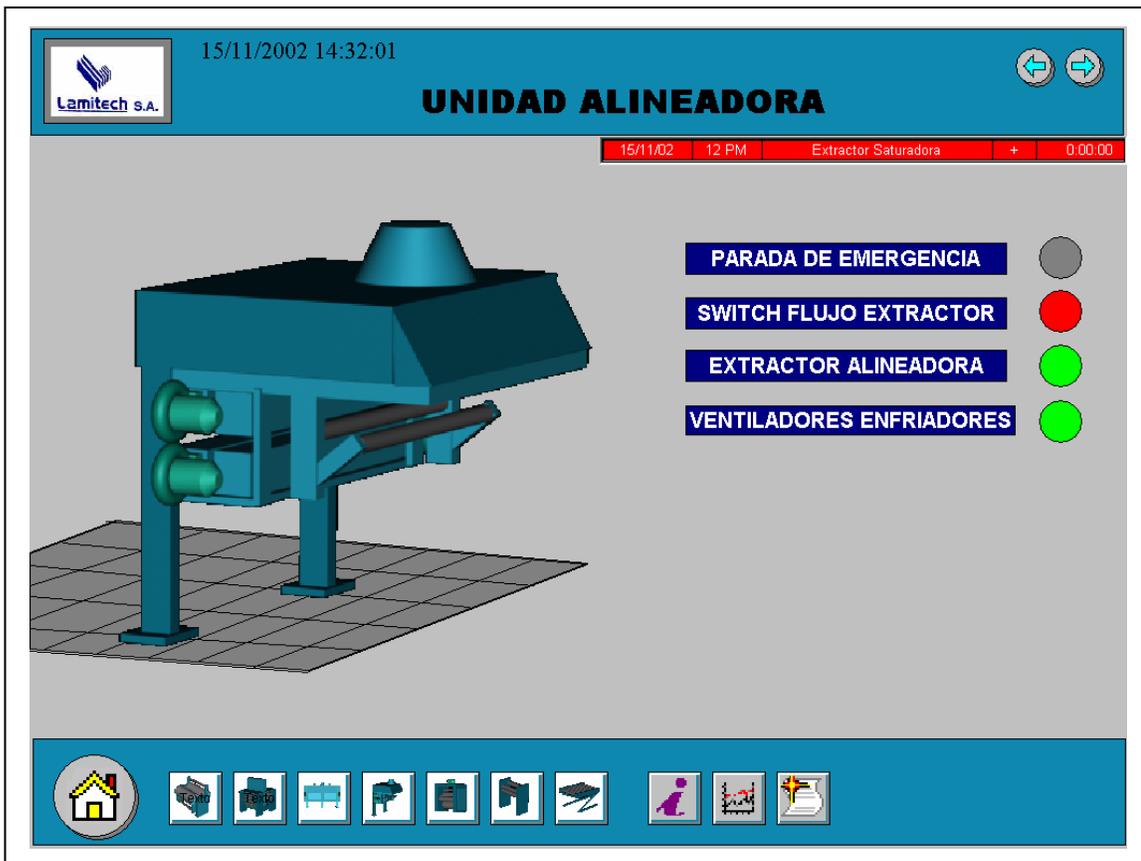
Indican la velocidad actual en RPM del par de ventiladores en cada una de las cinco secciones de hornos. Este es un punto de sólo visualización, no es posible variar la velocidad de estos ventiladores desde aquí.

- **Velocidad del Extractor Centralizado:**

Muestra la velocidad del extractor centralizado en RPM. Este es un punto de sólo visualización, no es posible cambiar ésta velocidad desde aquí.

9.2.5. Ventana de la unidad alineadora. En esta ventana se muestra la unidad alineadora y las señales asociadas a esta sección. Ver Figura 9.6.

Figura 9.6. Ventana de la unidad alineradora



Esta ventana consta de las siguientes lámparas:

- **Parada de emergencia:**

Indica si ha ocurrido una parada de emergencia en esta sección, de ser así la lámpara empezará a titilar de color rojo, de lo contrario permanecerá apagada.

- **Switch de flujo extractor:**

Indica si hay flujo en la tubería de extracción de aire caliente. De ser así, la lámpara estará de color verde, de lo contrario titilará de color rojo.

- **Extractor alineadora:**

Indica si el extractor de la unidad alineadora se encuentra encendido. De ser así la lámpara se encontrará de color verde, de lo contrario figurará apagada.

- **Ventiladores enfriadores:**

Indican si los ventiladores enfriadores de la unidad alineadora se encuentran encendidos. Si lo están, la lámpara se encontrará de color verde, de lo contrario se encontrará apagada.

9.2.6. Ventana de la unidad enfriadora. En esta ventana se muestra la unidad enfriadora y las señales asociadas a esta sección. Ver Figura 9.7.

Figura 9.7. Ventana de la unidad enfriadora



Esta ventana consta de las siguientes lámparas:

- **Gualla de emergencia:**

Indica si ha sido activada la gualla de emergencia de la unidad enfriadora. Si es así, entonces la lámpara titilará de color rojo, hasta que sea desactivada la gualla.

- **Switch flujo de agua fría:**

Indica si hay flujo de agua fría por la tubería de la misma. De ser así, la lámpara se encontrará de color verde, de lo contrario, ésta titilará de color rojo.

La ventana de los rodillos enfriadores también posee los siguientes indicadores:

- **Porcentaje de apertura de la válvula de agua fría:**

Indica el porcentaje de apertura de la válvula de agua fría de la unidad enfriadora. Este es un punto de sólo visualización, no es posible alterar este valor desde aquí.

- **Temperatura de los rodillos enfriadores:**

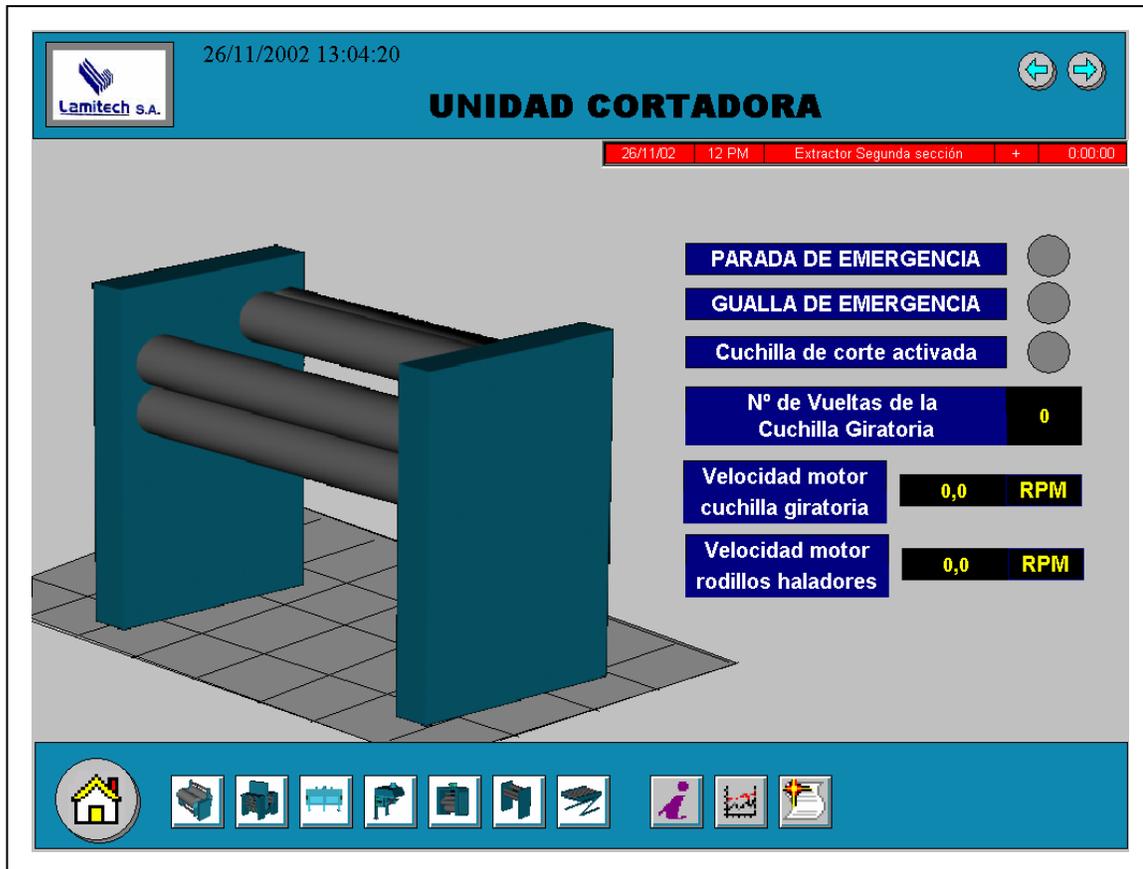
Indica la temperatura de los rodillos enfriadores en grados centígrados. Este punto es sólo de visualización, no es posible alterar éste valor desde aquí.

- **Velocidad del motor enfriador:**

Indica la velocidad actual del motor de los rodillos enfriadores en RPM. Este punto es sólo de visualización, no es posible alterar éste valor desde aquí.

9.2.7. Ventana de la unidad cortadora. En esta ventana se muestra la unidad cortadora y las señales asociadas a esta sección. Ver Figura 9.8.

Figura 9.8. Ventana de la unidad cortadora



Esta ventana consta de las siguientes lámparas:

- **Parada de emergencia**

Indica si ha ocurrido una parada de emergencia en ésta unidad, de ser así, entonces la lámpara titilará de color rojo, de lo contrario estará apagada.

- **Gualla de emergencia:**

Indica si ha sido activada la gualla de emergencia de la unidad cortadora. Si es así, entonces la lámpara titilará de color rojo, hasta que sea desactivada la gualla.

- **Cuchilla de corte activada:**

Esta lámpara se enciende de color verde en el momento en que la cuchilla de corte se encuentra arriba.

Esta ventana también posee los siguientes indicadores:

- **Número de vueltas de la cuchilla giratoria:**

Indica el número de vueltas que ha dado la cuchilla antes de cortar la lámina de papel.

- **Velocidad del motor cuchilla giratoria:**

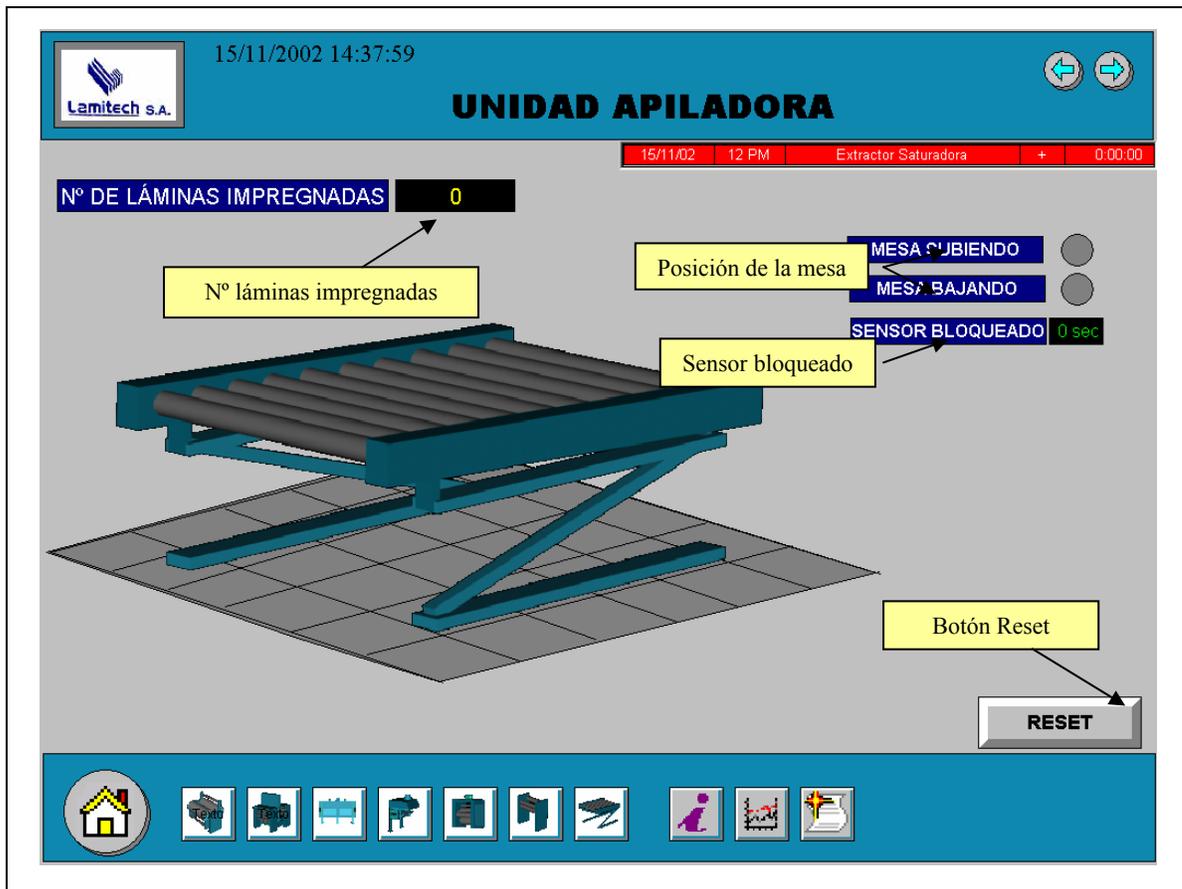
Indica la velocidad actual del motor de la cuchilla giratoria en RPM. Este punto es sólo de visualización, no es posible alterar éste valor desde aquí.

- **Velocidad del motor de los rodillos haladores:**

Indica la velocidad actual del motor de los rodillos haladores en RPM. Este punto es sólo de visualización, no es posible alterar éste valor desde aquí.

9.2.8. Ventana de la unidad apiladora. En esta ventana se muestra la unidad apiladora y las señales asociadas a esta sección. Ver Figura 9.9.

Figura 9.9. Ventana de la unidad apiladora



Esta ventana consta de las siguientes lámparas:

- **Posición de la mesa:**

Indica el momento en que la mesa apiladora se encuentra subiendo o bajando.

- **Sensor bloqueado:**

Indica el tiempo que ha estado bloqueado el sensor de la mesa apiladora que hace que ésta baje. Si este sensor dura más de 5 segundos bloqueado, la mesa bajará por 2 segundos.

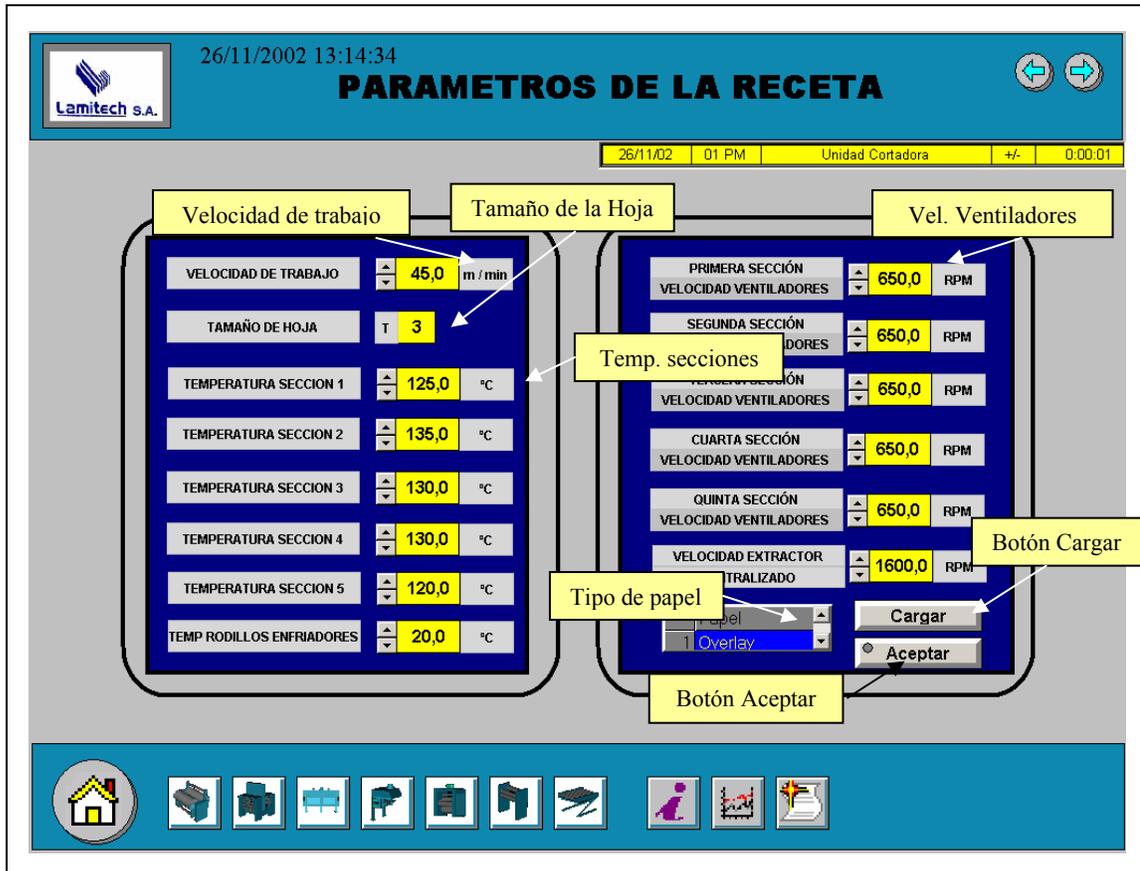
Esta ventana también posee un indicador de **Número de láminas impregnadas**, este muestra el número de láminas que se han impregnado desde que se inicia la maquina.

- **Botón Reset:**

Este botón reinicia el contador de hojas impregnadas. Al pulsar este botón se despliega una ventana requiriendo una autorización para realizar esta acción.

9.2.9. Ventana de parámetros de la receta. En esta ventana se muestra los parámetros de la receta a utilizar cuando se vaya a impregnar un rollo de cierto tipo de papel. El operario debe seleccionar un tipo de papel y automáticamente se cargan los valores de los setpoints de temperatura de los hornos y rodillos enfriadores, los setpoints de velocidad de los ventiladores de los hornos y de los motores de la transmisión. Además en esta pantalla es posible definir la velocidad de trabajo de la impregnadora y la longitud del corte de la hoja, ver Figura 9.10.

Figura 9.10. Ventana de la unidad apiladora



Esta ventana consta de los siguientes indicadores y botones:

- **Tamaño de la hoja:**

Indica el tamaño al que se desea cortar las láminas de papel, este puede ser T3, T6 o T9. Este tamaño debe ser elegido por el operario. Digite 3, 6 o 9 según el tamaño deseado.

- **Temperatura de las secciones y rodillos enfriadores:**

Indica la temperatura deseada de cada una de las secciones de hornos y rodillos enfriadores. Estos valores son cargados automáticamente al cargar el tipo de papel que se selecciona, sin embargo estos valores, pueden ser modificados a través del deslizador que poseen a su izquierda o a través del teclado digitando el valor y pulsando la tecla ENTER. Este valor digitado debe encontrarse entre 30 y 160 °C, valores inferiores o superiores a estos no son aceptados por el programa.

- **Velocidad de los ventiladores:**

Indica la velocidad deseada del par de ventiladores que se encuentra en cada una de las secciones de los hornos. Estos valores son cargados automáticamente al cargar el tipo de papel que se desee impregnar, sin embargo estos valores también pueden ser modificados manualmente a través del deslizador que poseen a la izquierda o a través del teclado digitando el valor y pulsando la tecla ENTER. La velocidad de los ventiladores puede ir de 0 a 850 RPM, fuera de este rango no son aceptados por el programa.

- **Velocidad de trabajo:**

Indica la velocidad deseada de la línea en m/min. Este valor es cargado directamente de la receta al momento de cargar el tipo de papel que se desee impregnar, aunque también puede ser modificado manualmente a través del deslizador que tiene a la izquierda del valor o a través del teclado.

- **Tipo de papel:**

En este punto podemos elegir el tipo de papel que se desea impregnar. Al mover el deslizador que se encuentra a la derecha del nombre del papel, aparecerán sucesivamente cada uno de los tipos de papel disponibles en la base de datos. Para elegir uno de los tipos de papel disponible basta con hacer clic sobre éste y luego sobre el botón cargar.

- **Botón Cargar:**

Al pulsar este botón se cargan desde la base de datos, todos los valores de:

- Velocidades de los ventiladores y del extractor centralizado,
- Temperatura de los hornos y rodillos enfriadores,
- Velocidad de trabajo de la línea.

Correspondientes al tipo de papel seleccionado.

- **Botón Aceptar:**

Al pulsar el botón aceptar se envían los datos al PLC y se encienden los ventiladores de cada una de las secciones, el extractor centralizado, los extractores de las unidades saturadora y enfriadora y las bombas de aceite térmico y agua fría.

9.2.10. Ventana de alarmas ocurridas. En esta ventana se muestran todas las alarmas generadas por el PLC, diferenciando el estado de la alarma de acuerdo con el color que posea. Ver Figura 9.11.

Figura 9.11. Ventana de la unidad apiladora

| ... | Fecha | Hora | Texto de Mensaje | Punto de avería | Duración | Estado |
|-----|----------|-------|----------------------------|---------------------------|----------|--------|
| 1 | 26/11/02 | 12 PM | No circula aire | Extractor Tercera sección | 0:00:00 | + |
| 2 | 26/11/02 | 12 PM | No circula aire | Extractor Cuarta sección | 0:00:00 | + |
| 3 | 26/11/02 | 12 PM | No circula aire | Extractor Quinta sección | 0:00:00 | + |
| 4 | 26/11/02 | 12 PM | No circula aire | Extractor Alineadora | 0:00:00 | + |
| 5 | 26/11/02 | 12 PM | No circula aceite térmico | Extractor Saturadora | 0:00:00 | + |
| 6 | 26/11/02 | 12 PM | No circula agua fría | Sección de homos | 0:00:00 | + |
| 7 | 26/11/02 | 12 PM | No circula aire caliente | Segunda Sección de homos | 0:00:00 | + |
| 8 | 26/11/02 | 12 PM | No circula aire caliente | Tercera Sección de homos | 0:41:56 | + |
| 9 | 26/11/02 | 12 PM | No circula aire caliente | Cuarta Sección de homos | 0:00:00 | + |
| 10 | 26/11/02 | 12 PM | No circula aire caliente | Quinta Sección de homos | 0:00:00 | + |
| 11 | 26/11/02 | 12 PM | No circula aceite térmico | Tubería de Aceite Térmico | 0:00:00 | + |
| 12 | 26/11/02 | 12 PM | No circula agua fría | Tubería de Agua Fría | 0:00:00 | + |
| 13 | 26/11/02 | 12 PM | No circula aire | Extractor Primera sección | 0:00:00 | + |
| 14 | 26/11/02 | 12 PM | No circula aire | Extractor Segunda sección | 0:00:00 | + |
| 15 | 26/11/02 | 01 PM | Activada Gualla seg Cortad | Unidad Cortadora | 0:00:01 | +/- |

Esta ventana consta de:

- **Nombre de la columna:**

Contiene los nombres de cada una de las columnas que caracterizan una alarma, como lo son: fecha y hora a la que ocurrió la alarma, descripción de la alarma y

lugar donde se originó, y por último la duración de está y el estado, el cual puede ser: “alarma aun activa” (+), “alarma desactivada” (+/-).

- **Barra de herramientas de mensajes:**

Posee los siguientes botones principales:



Permite ver una lista de mensajes actuales.



Permite acusar o reconocer un solo mensaje. Los mensajes que han sido reconocidos cambian de color rojo a color azul.



Permite reconocer un grupo de mensajes.



Permite ver una lista de los últimos 250 mensajes

9.2.11. Ventana de receta según el tipo de papel. En esta ventana se muestra la base de datos que contiene todos los setpoints del proceso, dependiendo del tipo de papel que seleccione el operario. Esta base de datos solo puede ser modificada por una persona autorizada, por lo que se protege con clave de acceso Ver Figura 9.12.

Figura 9.12. Ventana de base de datos de las recetas

The screenshot shows a software window titled "RECETAS SEGUN EL PAPEL" with a blue header. The date and time "21/11/2002 14:02:46" are displayed in the top right. The Lamitech S.A. logo is in the top left. Below the header, there is a status bar showing "21/11/02", "01 PM", "Extractor Saturadora", and "0:08:02". A toolbar with various icons is located below the status bar. The main area contains a table with the following data:

| ID | Papel | Vent_1y2_1 | Vent_1y2_2 | Vent_1y2_3 | Vent_1y2_4 | Vent_1y2_5 | Temp_1ra | Temp_2da | Temp_3ra | Temp_4ta | Temp_5ta | Tem |
|----|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----|
| 1 | Overlay | 850 | 700 | 700 | 700 | 700 | 120 | 130 | 135 | 130 | 120 | 20 |
| 2 | Almendra | 650 | 650 | 650 | 650 | 650 | 120 | 130 | 135 | 130 | 120 | 20 |
| 3 | Alumina | 730 | 730 | 730 | 730 | 730 | 120 | 130 | 135 | 130 | 120 | 20 |
| 4 | Azul Cyan | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 120 | 130 | 135 | 130 | 120 | 20 |
| 5 | Azul Pastell | 650 | 650 | 650 | 650 | 650 | 120 | 130 | 135 | 130 | 120 | 20 |
| 6 | Azul Pacific | 720 | 720 | 720 | 720 | 720 | 120 | 130 | 135 | 130 | 120 | 20 |
| 7 | Ameretto | 670 | 670 | 670 | 670 | 670 | 120 | 130 | 135 | 130 | 120 | 20 |
| 8 | Arena | 680 | 680 | 680 | 680 | 680 | 120 | 130 | 135 | 130 | 120 | 20 |
| 9 | Avellana | 580 | 580 | 580 | 580 | 580 | 120 | 130 | 135 | 130 | 120 | 20 |
| 10 | Blanco Colc | 620 | 620 | 620 | 620 | 620 | 120 | 130 | 135 | 130 | 120 | 20 |

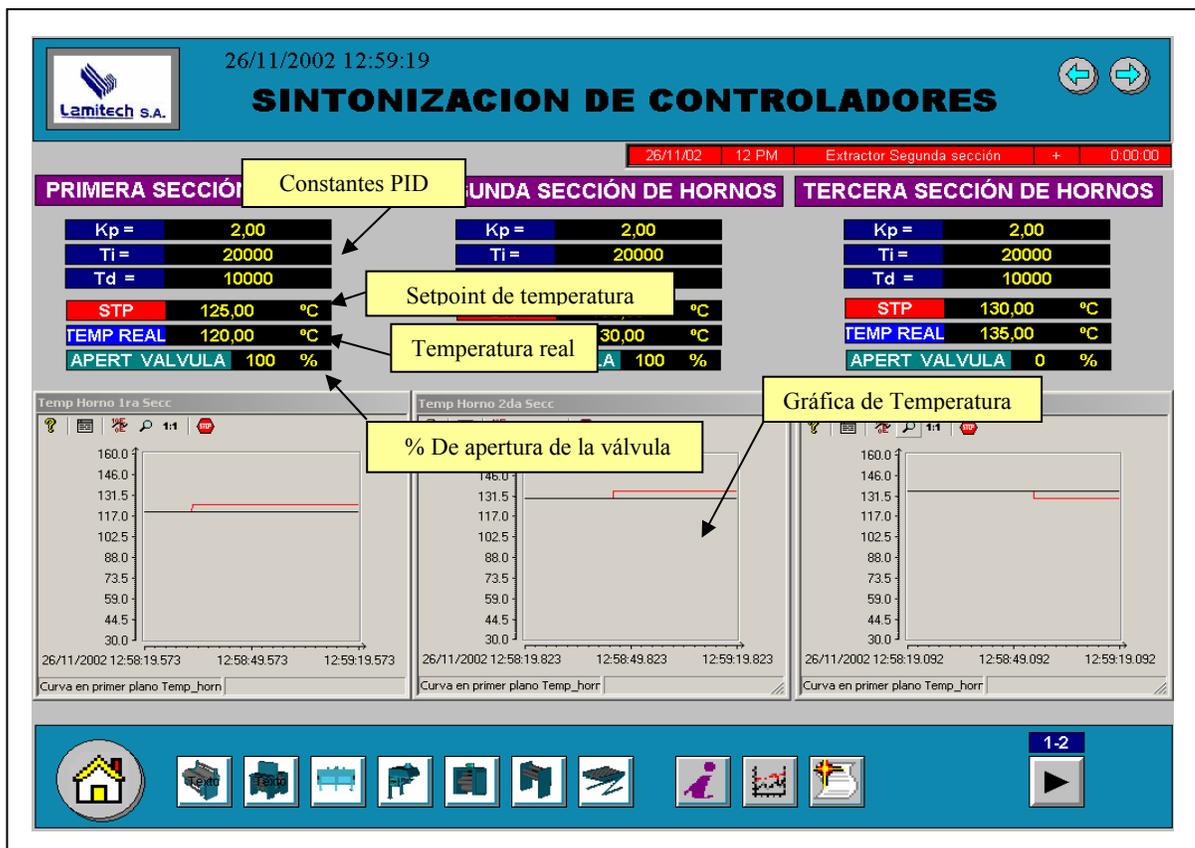
At the bottom of the window, there is a status bar with "Listo", "Rec 1/10", "Row 1", and "Col 1". A toolbar with various icons is located at the very bottom of the window.

La ventana de las recetas según el tipo del papel, muestra la base de datos desde la cual se cargan los valores de: velocidad de cada uno de los ventiladores y del

extractor centralizado, la temperatura de los hornos y rodillos enfriadores y la velocidad de la línea, al momento en que se elige un tipo de papel en la ventana de parámetros de la receta. Como se menciona al describir la ventana principal, se necesita de una autorización para llegar a esta ventana, pero una vez estando aquí es posible cambiar cualquiera de estos valores.

9.2.12. Ventana de sintonización de controladores. En esta ventana se pueden ajustar las constantes PID de los controladores por medio de la grafica que se muestra para cada controlador. Ver Figura 9.13.

Figura 9.13. Ventana de base de datos de las recetas



Esta ventana consta de:

- **Constantes PID:**

Aquí se introducen los valores de las constantes proporcional K_p , integral T_i , y derivativa T_d . Los valores de las constantes T_i y T_d deben introducirse en milisegundos (1×10^{-3} seg).

- **Temperatura Real y Setpoint:**

Muestra el setpoint de temperatura y la temperatura real en cada uno de los hornos y en los rodillos enfriadores.

- **Apertura de la válvula:**

Muestra el porcentaje de apertura actual de la válvula.

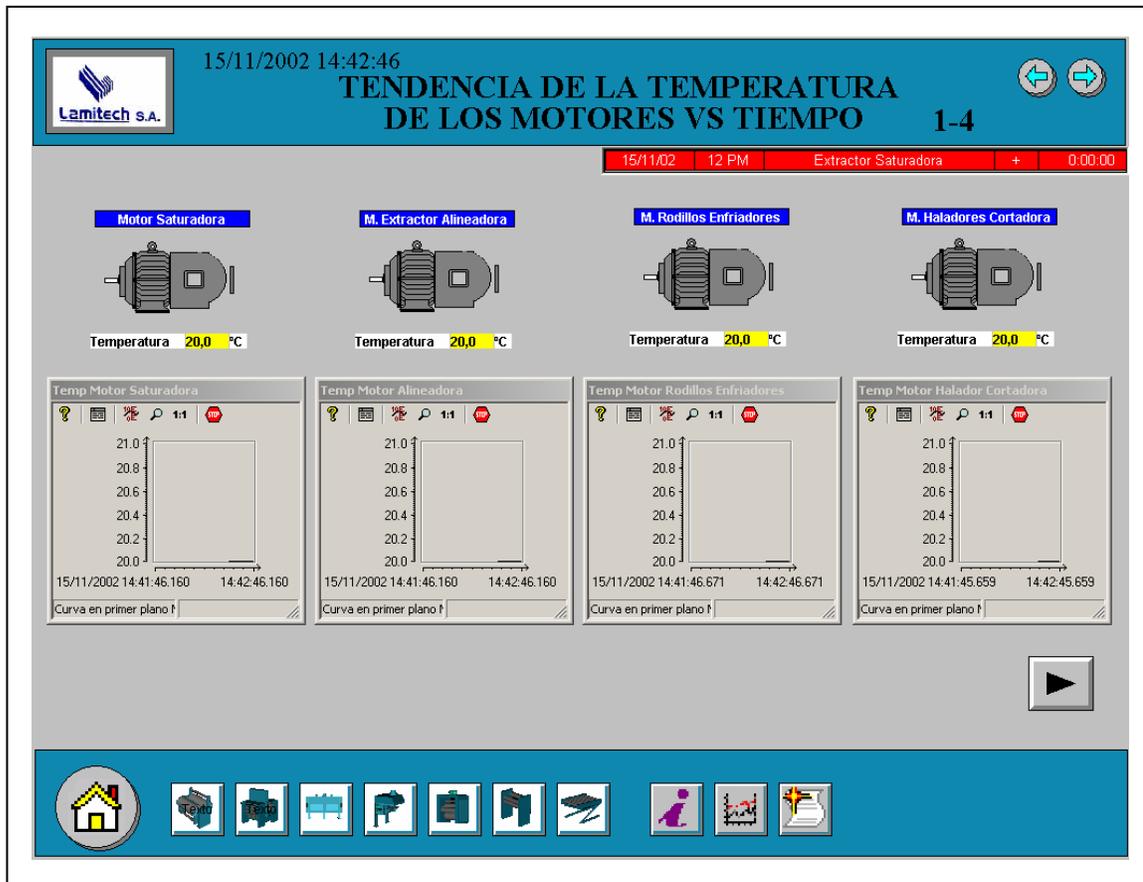
- **Gráfica de Temperatura:**

En las gráficas de temperatura se muestran la curva de la temperatura real en color negro y el setpoint de temperatura en color rojo. Esta gráfica es utilizada para observar el comportamiento de la temperatura frente a los diferentes valores de las constantes PID utilizadas al momento de la sintonización del controlador.

9.2.13. Ventana de tendencia de temperatura de los motores contra tiempo.

En esta ventana se muestra la temperatura real de cada uno de los motores de la impregnadora. Ver Figura 9.14.

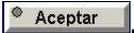
Figura 9.14. Ventana de base de datos de las recetas



Esta ventana muestra la temperatura real y la grafica de temperatura contra tiempo de cada uno de los motores de la máquina impregnadora. Son 5 ventanas de temperatura de motores, por ventana se muestran 4 motores, para ver las demás hay que hacer clic sobre el botón  (siguiente pantalla).

9.3. SECUENCIA DE INICIO DE OPERACIÓN DE LA IMPREGNADORA BABCOCK

Para arrancar la máquina impregnadora BABCOCK a través del software supervisorio siga los siguientes pasos:

1. Una vez activado el Runtime, haga clic sobre el botón de los setpoints  para llegar a la ventana de los setpoints.
2. Digite el tamaño al que se cortará el papel, la cual puede ser T3, T6 o T9.
3. Elija el tipo de papel que desea impregnar haciendo clic sobre el slider al lado del nombre del papel, luego haga clic sobre el papel elegido.
4. Cargue la receta correspondiente al papel haciendo clic sobre el botón . Al hacer clic sobre este botón, deben aparecer los setpoints de las velocidades de los ventiladores, temperatura en cada horno y rodillos enfriadores, con los que se debe impregnar el tipo de papel elegido.
5. Después de haber cargado todos los setpoints, haga clic sobre el botón .

Al pulsar este botón se encienden las bombas de aceite térmico y agua fría, los ventiladores de los hornos y de aire fresco, y los extractores de la unidad saturadora, alineadora, y el extractor centralizado.

6. Regrese a la ventana principal haciendo clic sobre el botón “Ventana principal” . Verifique que el tipo de papel que escogió, velocidad de la línea y el tamaño del papel que eligió sean el correcto, de no ser así regrese nuevamente a la ventana anterior y repita los pasos 3 y 4. Si el tipo de papel, la velocidad de la línea y el tamaño del papel son el correcto, entonces espere que los hornos alcancen la temperatura deseada y luego enhebre el papel.
7. Una vez que se enhebre el papel y los hornos alcancen +/- 2 °C de su temperatura ideal, introduzca la autorización y luego haga clic sobre aceptar entonces haga clic sobre el botón “Start” , para encender la transmisión. Después de hacer esto, la lámpara que se encuentra a la derecha del botón **Start** se encenderá de color verde.

Nota: Cabe recordar que antes de realizar el anterior paso el operario de la máquina debe asegurarse de que no haya ninguna persona cercana a la máquina que pueda resultar lesionado al encender la transmisión de ésta.

8. Si por algún motivo desea apagar la transmisión de la máquina, haga clic sobre el botón "Stop" . Esto detiene los motores de la transmisión solamente, los motores de los hornos y demás secciones se mantienen operando. Para apagar toda la maquina hay que activar una parada de emergencia o una gualla de seguridad.

10. PROTECCIONES PARA LOS MOTORES DE LA IMPREGNADORA

Todos los motores de la maquina impregnadora BABCOCK son trifásicos y se alimentan con 440 Voltios, por lo que se eligieron para su protección contra sobrecorriente, sobrevoltaje y cortocircuito los siguientes elementos, numerados según el orden de conexión, partiendo desde las líneas de alimentación hacia los motores.

10.1. FUSIBLES RÁPIDOS

Brindan al motor protección contra cortocircuitos. Para el cálculo de los fusibles basándonos en las recomendaciones del Código Eléctrico Colombiano, calculamos un fusible que soporte 3 veces la corriente nominal del motor (I_n).

$$I_{cc} = 3 * I_n$$

Donde : I_{cc} = Corriente de Cortocircuito.

I_n = Corriente Nominal.

Del catalogo siemens se seleccionaron los fusibles SITOR, ver *figura 10.1*

Figura 10.1. Fusible SITOR marca siemens



Los datos técnicos de estos fusibles se muestran en la *tabla 10.1*

Tabla 10.1. Características Técnicas fusibles SITOR

| | |
|------------------------|--------------------------|
| Rango de Voltaje | Ac 600/690/1000 |
| Rango de Corriente | 16 a 630 Amperios |
| Posición de Montaje | Preferiblemente Vertical |
| Temperatura de Trabajo | -30 a 50 °C |

La selección detallada de cada fusible se muestra en *la tabla 10.2*

10.2. BREAKER O GUARDAMOTOR

Brindan al motor protección contra cortocircuito, sobrecarga y marcha en 2 fases.

Estos dispositivos funcionan de la siguiente manera:

- Son contactos normalmente cerrados bajo operación normal del motor.
- Cuando se detecta una sobrecorriente en el motor que están protegiendo, automáticamente abre sus contactos internos y deja al motor sin alimentación, cuando esto ocurre el guardamotor envía un pulso de 24VDC al PLC para indicar que se ha disparado.
- Poseen un switch para abrir sus contactos de manera manual.

Para el cálculo del guardamotor, este se hace en base al voltaje y la corriente de arranque del motor, la cual según el Código Eléctrico Colombiano es el 125% de la corriente nominal del motor

$$I_{arranque} = I_n * 1.25$$

Donde : $I_{arranque}$ = Corriente de arranque del motor.

I_n = Corriente Nominal

Del catalogo Siemens se seleccionaron los breakers (Guardamotors) de la serie SIRIUS **3RV10**, ver *figura 10.2*.

Figura 10.2. Circuit Breaker SIRIUS marca siemens



La selección detallada de cada guardamotor se muestra en *la tabla 10.3*

10.3. CONTACTOR

Sirve para controlar el encendido y apagado de un motor, además protege al motor contra sobrecarga. Este dispositivo funciona de la siguiente manera:

- Es un contacto normalmente abierto el cual es accionado por una bobina que cierra los contactos internos del contactor, mientras se encuentre circulando corriente por ella.

- La bobina que acciona los contactos es alimentada a 110 voltios AC, por un relevo que es alimentado con 24VDC por el PLC. De esta manera el PLC acciona los motores de la máquina.

Del catalogo Siemens se seleccionaron los Contactores de la serie SIRIUS 3RT10, ver *figura 10.3*.

Figura 10.3. Contactor SIRIUS marca siemens



La selección detallada de cada contactor se muestra en *la tabla 10.4*

Tabla 10.2. Selección Fusibles

| NOMBRE DEL MOTOR | REFERENCIA | POTENCIA (KW) | Corriente Nominal (Amp) | Corriente Arranque (A) | FUSIBLE (Amp) |
|--------------------------------|------------|---------------|-------------------------|------------------------|---------------|
| Motor Desembobinadora | 26M1 | 2,6 | 4,74 | 5,93 | 14 |
| Motor Rodillo Prehumeceador | 28M1 | 2 | 3,75 | 4,69 | 11 |
| Motor Sky Roll | 29M1 | 2,5 | 4,56 | 5,70 | 14 |
| Motor Rodillo Alisador | 30M1 | 1,5 | 2,82 | 3,52 | 8 |
| Motor Ventilador Aire Fresco 1 | 12M1 | 0,55 | 1,08 | 1,35 | 3 |
| Motor Ventilador Aire Fresco 2 | 13M1 | 0,55 | 1,08 | 1,35 | 3 |
| Motor Rodillos Exprimidores | 38M1A | 3,6 | 6,31 | 7,88 | 19 |
| Motor Rodillos Tensores | 38M2A | 1,8 | 3,38 | 4,22 | 10 |
| Motores Ventiladores 1 Sección | 1M1 - 2M1 | 5,2 | 8,99 | 11,24 | 27 |
| Motores Ventiladores 2 Sección | 3M1 - 4M1 | 5,2 | 8,99 | 11,24 | 27 |
| Motores Ventiladores 3 Sección | 5M1 - 6M1 | 5,2 | 8,99 | 11,24 | 27 |
| Motores Ventiladores 4 Sección | 7M1 - 8M1 | 5,2 | 8,99 | 11,24 | 27 |
| Motores Ventiladores 5 Sección | 9M1 - 10M1 | 5,2 | 8,99 | 11,24 | 27 |
| Motor Extractor Saturadora | 25M1A | 2,2 | 4,13 | 5,16 | 12 |
| Motor Extractor Alineadora | 25M1 | 2,2 | 4,13 | 5,16 | 12 |
| Motor Ventilador Alineadora 1 | 32M1 | 0,8 | 1,62 | 2,02 | 5 |
| Motor Ventilador Alineadora 2 | 33M1 | 0,8 | 1,62 | 2,02 | 5 |
| Motor Ventilador Alineadora 3 | 34M1 | 0,8 | 1,62 | 2,02 | 5 |
| Motor Ventilador Alineadora 4 | 35M1 | 0,8 | 1,62 | 2,02 | 5 |
| Motor Bomba Aceite Termico | 14M1A | 18,5 | 31,98 | 39,97 | 96 |
| Motor Unidad Enfriadora | 38M1 | 3,6 | 6,31 | 7,88 | 19 |
| Motor Extractor Centralizado | 42M1 | 15 | 26,27 | 32,84 | 79 |
| Motor Unidad Alineadora | 36M1 | 4 | 7,01 | 8,76 | 21 |
| Motor Cuchilla giratoria | 37M1 | 1,8 | 3,38 | 4,22 | 10 |
| Motor Halador de Papel | 39M1 | 3,6 | 6,31 | 7,88 | 19 |
| Motor Bomba de agua fria | 40M1 | 4 | 7,01 | 8,76 | 21 |
| Motor Persiana Apiladora | 41M1 | 1,5 | 2,82 | 3,52 | 8 |
| Motor Rodillos Apiladora | 42M1 | 1,5 | 2,82 | 3,52 | 8 |

Tabla 10.3 Selección Guardamotores

| NOMBRE DEL MOTOR | REFERENCIA | POTENCIA (KW) | Corriente Nominal (Amp) | Corriente Arranque (A) | Guardamotor (Amp) | Referencia Guardamotor |
|--------------------------------|-------------------|----------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Motor Desembobinadora | 26M1 | 2,6 | 4,74 | 5,93 | 4,5 - 6,3 | 3RV1011-1GA10 |
| Motor Rodillo Prehumeceador | 28M1 | 2 | 3,75 | 4,69 | 3,5 - 5 | 3RV1011-1FA10 |
| Motor Sky Roll | 29M1 | 2,5 | 4,56 | 5,70 | 4,5 - 6,3 | 3RV1011-1GA10 |
| Motor Rodillo Alisador | 30M1 | 1,5 | 2,82 | 3,52 | 2,8 - 4 | 3RV1011-1EA10 |
| Motor Ventilador Aire Fresco 1 | 12M1 | 0,55 | 1,08 | 1,35 | 1,1 - 1,6 | 3RV1011-1AA10 |
| Motor Ventilador Aire Fresco 2 | 13M1 | 0,55 | 1,08 | 1,35 | 1,1 - 1,6 | 3RV1011-1AA10 |
| Motor Rodillos Expirmidores | 38M1A | 3,6 | 6,31 | 7,88 | 7 - 10,0 | 3RV1011-1JA10 |
| Motor Rodillos Tensores | 38M2A | 1,8 | 3,38 | 4,22 | 4,5 - 6,3 | 3RV1011-1GA10 |
| Motores Ventiladores 1 Sección | 1M1 - 2M1 | 5,2 | 8,99 | 11,24 | 9 - 12,0 | 3RV1011-1KA10 |
| Motores Ventiladores 2 Sección | 3M1 - 4M1 | 5,2 | 8,99 | 11,24 | 9 - 12,0 | 3RV1011-1KA10 |
| Motores Ventiladores 3 Sección | 5M1 - 6M1 | 5,2 | 8,99 | 11,24 | 9 - 12,0 | 3RV1011-1KA10 |
| Motores Ventiladores 4 Sección | 7M1 - 8M1 | 5,2 | 8,99 | 11,24 | 9 - 12,0 | 3RV1011-1KA10 |
| Motores Ventiladores 5 Sección | 9M1 - 10M1 | 5,2 | 8,99 | 11,24 | 9 - 12,0 | 3RV1011-1KA10 |
| Motor Extractor Saturadora | 25M1A | 2,2 | 4,13 | 5,16 | 4,5 - 6,3 | 3RV1011-1GA10 |
| Motor Extractor Alineadora | 25M1 | 2,2 | 4,13 | 5,16 | 4,5 - 6,3 | 3RV1011-1GA10 |
| Motor Ventilador Alineadora 1 | 32M1 | 0,8 | 1,62 | 2,02 | 1,8 - 2,5 | 3RV1011-1CA10 |
| Motor Ventilador Alineadora 2 | 33M1 | 0,8 | 1,62 | 2,02 | 1,8 - 2,5 | 3RV1011-1CA10 |
| Motor Ventilador Alineadora 3 | 34M1 | 0,8 | 1,62 | 2,02 | 1,8 - 2,5 | 3RV1011-1CA10 |
| Motor Ventilador Alineadora 4 | 35M1 | 0,8 | 1,62 | 2,02 | 1,8 - 2,5 | 3RV1011-1CA10 |
| Motor Bomba Aceite Termico | 14M1A | 18,5 | 31,98 | 39,97 | 28 - 40 | 3RV1031-4FA10 |
| Motor Unidad Enfriadora | 38M1 | 3,6 | 6,31 | 7,88 | 7 - 10,0 | 3RV1011-1JA10 |
| Motor Extractor Centralizado | 42M1 | 15 | 26,27 | 32,84 | 28 - 40 | 3RV1031-4FA10 |
| Motor Unidad Alineadora | 36M1 | 4 | 7,01 | 8,76 | 7 - 10,0 | 3RV1011-1JA10 |
| Motor Cuchilla giratoria | 37M1 | 1,8 | 3,38 | 4,22 | 3,5 - 5 | 3RV1011-1FA10 |
| Motor Halador de Papel | 39M1 | 3,6 | 6,31 | 7,88 | 7 - 10,0 | 3RV1011-1JA10 |
| Motor Bomba de agua fria | 40M1 | 4 | 7,01 | 8,76 | 7 - 10,0 | 3RV1011-1JA10 |
| Motor Persiana Apiladora | 41M1 | 1,5 | 2,82 | 3,52 | 2,8 - 4 | 3RV1011-1EA10 |
| Motor Rodillos Apiladora | 42M1 | 1,5 | 2,82 | 3,52 | 2,8 - 4 | 3RV1011-1EA10 |

Tabla 10.4 Selección Contactores

| NOMBRE DEL MOTOR | REFERENCIA | POTENCIA (KW) | Corriente Nominal (Amp) | Corriente Arranque (A) | Contactador (KW) | Referencia Contactador |
|--------------------------------|-------------------|----------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Motor Desembobinadora | 26M1 | 2,6 | 4,74 | 5,93 | 3 | 3RT1015 -1AK61 |
| Motor Rodillo Prehumeceador | 28M1 | 2 | 3,75 | 4,69 | 3 | 3RT1015 -1AK61 |
| Motor Sky Roll | 29M1 | 2,5 | 4,56 | 5,70 | 3 | 3RT1015 -1AK61 |
| Motor Rodillo Alisador | 30M1 | 1,5 | 2,82 | 3,52 | 3 | 3RT1015 -1AK61 |
| Motor Ventilador Aire Fresco 1 | 12M1 | 0,55 | 1,08 | 1,35 | 3 | 3RT1015 -1AK61 |
| Motor Ventilador Aire Fresco 2 | 13M1 | 0,55 | 1,08 | 1,35 | 3 | 3RT1015 -1AK61 |
| Motor Rodillos Expirmidores | 38M1A | 3,6 | 6,31 | 7,88 | 4 | 3RT1016 -1AK61 |
| Motor Rodillos Tensores | 38M2A | 1,8 | 3,38 | 4,22 | 3 | 3RT1015 -1AK61 |
| Motores Ventiladores 1 Sección | 1M1 - 2M1 | 5,2 | 8,99 | 11,24 | 5,5 | 3RT1024-1AK60 |
| Motores Ventiladores 2 Sección | 3M1 - 4M1 | 5,2 | 8,99 | 11,24 | 5,5 | 3RT1024-1AK60 |
| Motores Ventiladores 3 Sección | 5M1 - 6M1 | 5,2 | 8,99 | 11,24 | 5,5 | 3RT1024-1AK60 |
| Motores Ventiladores 4 Sección | 7M1 - 8M1 | 5,2 | 8,99 | 11,24 | 5,5 | 3RT1024-1AK60 |
| Motores Ventiladores 5 Sección | 9M1 - 10M1 | 5,2 | 8,99 | 11,24 | 5,5 | 3RT1024-1AK60 |
| Motor Extractor Saturadora | 25M1A | 2,2 | 4,13 | 5,16 | 3 | 3RT1015 -1AK61 |
| Motor Extractor Alineadora | 25M1 | 2,2 | 4,13 | 5,16 | 3 | 3RT1015 -1AK61 |
| Motor Ventilador Alineadora 1 | 32M1 | 0,8 | 1,62 | 2,02 | 3 | 3RT1015 -1AK61 |
| Motor Ventilador Alineadora 2 | 33M1 | 0,8 | 1,62 | 2,02 | 3 | 3RT1015 -1AK61 |
| Motor Ventilador Alineadora 3 | 34M1 | 0,8 | 1,62 | 2,02 | 3 | 3RT1015 -1AK61 |
| Motor Ventilador Alineadora 4 | 35M1 | 0,8 | 1,62 | 2,02 | 3 | 3RT1015 -1AK61 |
| Motor Bomba Aceite Termico | 14M1A | 18,5 | 31,98 | 39,97 | 18,5 | 3RT1035-1AK60 |
| Motor Unidad Enfriadora | 38M1 | 3,6 | 6,31 | 7,88 | 4 | 3RT1016 -1AK61 |
| Motor Extractor Centralizado | 42M1 | 15 | 26,27 | 32,84 | 15 | 3RT1034-1AK60 |
| Motor Unidad Alineadora | 36M1 | 4 | 7,01 | 8,76 | 4 | 3RT1016 -1AK61 |
| Motor Cuchilla giratoria | 37M1 | 1,8 | 3,38 | 4,22 | 3 | 3RT1015 -1AK61 |
| Motor Halador de Papel | 39M1 | 3,6 | 6,31 | 7,88 | 3 | 3RT1015 -1AK61 |
| Motor Bomba de agua fria | 40M1 | 4 | 7,01 | 8,76 | 4 | 3RT1016 -1AK61 |
| Motor Persiana Apiladora | 41M1 | 1,5 | 2,82 | 3,52 | 3 | 3RT1015 -1AK61 |
| Motor Rodillos Apiladora | 42M1 | 1,5 | 2,82 | 3,52 | 3 | 3RT1015 -1AK61 |

11. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Después de haber seleccionado cada uno de los elementos para la automatización del sistema, se hizo contacto con los diferentes proveedores de los dispositivos que se necesitan para llevar a cabo este proyecto, seleccionando entre distintas alternativas, bajo criterios de mejor calidad y menor costo, la propuesta que a continuación se presenta:

| SENSORES Y ACONDICIONADORES DE SEÑAL | | | | |
|---|--------|----------|----------------|--------------|
| ITEM | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
| Pt100 Industrial | UN | 6 | \$ 232.500 | \$ 1.395.000 |
| Termocupla superficial | UN | 18 | \$ 325.000 | \$ 5.850.000 |
| Transmisor de temperatura | UN | 18 | \$ 475.000 | \$ 8.550.000 |
| Sensor óptico de barrera | UN | 1 | \$ 325.000 | \$ 325.000 |
| Sensor óptico de detección directa | UN | 1 | \$ 412.500 | \$ 412.500 |

| MOTOREDUCTORES Y VARIADORES DE FRECUENCIA | | | | |
|--|--------|----------|----------------|---------------|
| ITEM | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
| Motoreductor rodillos tensores | UN | 1 | \$ 1.200.000 | \$ 1.200.000 |
| Motoreductor rodillos exprimidores | UN | 1 | \$ 2.300.000 | \$ 2.300.000 |
| Motoreductor unidad enfriadora | UN | 1 | \$ 2.250.000 | \$ 2.250.000 |
| Motoreductor rodillos haladores | UN | 1 | \$ 2.280.000 | \$ 2.280.000 |
| Motoreductor cuchilla giratoria | UN | 1 | \$ 1.300.000 | \$ 1.300.000 |
| Variador de 2,2 KW | UN | 2 | \$ 2.296.000 | \$ 4.592.000 |
| Variador de 4 KW | UN | 3 | \$ 2.765.500 | \$ 8.296.500 |
| Variador de 5,5 KW | UN | 5 | \$ 3.719.540 | \$ 18.597.700 |
| Variador de 15 KW | UN | 1 | \$ 6.404.000 | \$ 6.404.000 |

| ELEMENTOS DE PROTECCION PARA MOTORES | | | | |
|---|---------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| ITEM | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
| Fusible de 5 Amp | UN | 18 | \$ 3.000 | \$ 54.000 |
| Fusible de 10 Amp | UN | 15 | \$ 4.200 | \$ 63.000 |
| Fusible de 15 Amp | UN | 12 | \$ 4.800 | \$ 57.600 |
| Fusible de 20 Amp | UN | 15 | \$ 5.400 | \$ 81.000 |
| Fusible de 30 Amp | UN | 15 | \$ 6.350 | \$ 95.250 |
| Fusible de 80 Amp | UN | 3 | \$ 8.500 | \$ 25.500 |
| Fusible de 100 Amp | UN | 3 | \$ 12.000 | \$ 36.000 |
| Guardamotor de (4,5 - 6,3 Amp) | UN | 5 | \$ 177.000 | \$ 885.000 |
| Guardamotor de (3,5 - 5 Amp) | UN | 5 | \$ 177.000 | \$ 885.000 |
| Guardamotor de (2,8 - 4 Amp) | UN | 3 | \$ 177.000 | \$ 531.000 |
| Guardamotor de (1,1 - 1,6 Amp) | UN | 2 | \$ 177.000 | \$ 354.000 |
| Guardamotor de (7 - 10 Amp) | UN | 5 | \$ 223.200 | \$ 1.116.000 |
| Guardamotor de (9 - 12 Amp) | UN | 5 | \$ 223.200 | \$ 1.116.000 |
| Guardamotor de (1,8 - 2,5 Amp) | UN | 4 | \$ 177.000 | \$ 708.000 |
| Guardamotor de (28 - 40 Amp) | UN | 2 | \$ 579.000 | \$ 1.158.000 |
| Guardamotor de (2,8 - 4 Amp) | UN | 2 | \$ 177.000 | \$ 354.000 |
| Contactador de 3 KW | UN | 17 | \$ 89.000 | \$ 1.513.000 |
| Contactador de 4 KW | UN | 4 | \$ 89.000 | \$ 356.000 |
| Contactador de 5,5 KW | UN | 5 | \$ 131.400 | \$ 657.000 |
| Contactador de 15 KW | UN | 1 | \$ 341.700 | \$ 341.700 |
| Contactador de 18,5 KW | UN | 1 | \$ 448.400 | \$ 448.400 |

| PLC, PG, ESTACIONES TERMINALES Y MODULOS | | | | |
|---|---------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| ITEM | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
| PLC S7 300 CPU 315-2DP | UN | 1 | \$ 7.527.600 | \$ 7.527.600 |
| Fuente PS 307 (2 Amperios) | UN | 2 | \$ 573.500 | \$ 1.147.000 |
| Fuente PS 307 (5 Amperios) | UN | 1 | \$ 756.900 | \$ 756.900 |
| Módulo SM321 | UN | 3 | \$ 1.667.500 | \$ 5.002.500 |
| Módulo SM321 | UN | 2 | \$ 827.800 | \$ 1.655.600 |
| Módulo SM322 | UN | 1 | \$ 2.312.100 | \$ 2.312.100 |
| Módulo SM322 | UN | 2 | \$ 1.154.800 | \$ 2.309.600 |
| Módulo SM331 | UN | 4 | \$ 3.193.100 | \$ 12.772.400 |
| Módulo SM332 | UN | 5 | \$ 2.660.900 | \$ 13.304.500 |
| ET 200M | UN | 2 | \$ 1.395.500 | \$ 2.791.000 |
| Simatic Rack PC 840 | UN | 1 | \$ 12.000.000 | \$ 12.000.000 |
| Cable para Profibus DP | Metros | 100 | \$ 7.550 | \$ 755.000 |
| Conector para profibus | UN | 4 | \$ 266.000 | \$ 1.064.000 |

| TABLERO PARA PLC Y CENTRO DE CONTROL DE MOTORES | | | | |
|---|--------|----------|----------------|--------------|
| ITEM | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
| Gabinete Modular (2000 x 800 x 600) | UN | 2 | \$ 3.100.000 | \$ 6.200.000 |

| ELEMENTOS DE POTENCIA Y CABLEADO PARA GABINETE | | | | |
|--|--------|----------|----------------|-------------|
| ITEM | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
| Totalizador Principal de 200 Amp | UN | 1 | \$ 300.000 | \$ 300.000 |
| Seccionador Principal de 200 Amp | UN | 1 | \$ 120.000 | \$ 120.000 |
| Rele Electrónico de Voltaje | UN | 1 | \$ 528.000 | \$ 528.000 |
| Fuente 24 VDC (7.2 Amp) | UN | 1 | \$ 657.600 | \$ 657.600 |
| Taco para Riel Bipolar | UN | 3 | \$ 31.044 | \$ 93.132 |
| Transformador 440/110 VAC (2KVA) | UN | 1 | \$ 628.800 | \$ 628.800 |
| Barraje de 4 Polos 125 Amp | UN | 2 | \$ 62.244 | \$ 124.488 |
| Selector 1 Polo 1 Posición | UN | 1 | \$ 35.530 | \$ 35.530 |
| Pulsador Luminoso Rojo (NA) | UN | 1 | \$ 38.500 | \$ 38.500 |
| Paro de Emergencia | UN | 1 | \$ 50.160 | \$ 50.160 |
| Riel | UN | 10 | \$ 15.960 | \$ 159.600 |
| Bornera de Potencia para AWG 8 | UN | 3 | \$ 3.500 | \$ 10.500 |
| Bornera de Potencia para AWG 10 | UN | 36 | \$ 1.932 | \$ 69.552 |
| Bornera de Control | UN | 112 | \$ 1.932 | \$ 216.384 |
| Bornera para comunes de control | UN | 42 | \$ 1.932 | \$ 81.144 |
| Portafusibles | UN | 81 | \$ 9.240 | \$ 748.440 |
| Bornera de Tierra AWG 10 | UN | 12 | \$ 9.240 | \$ 110.880 |
| Bornera de Tierra AWG 8 | UN | 1 | \$ 14.000 | \$ 14.000 |
| Tapa para Bornera | UN | 15 | \$ 840 | \$ 12.600 |
| Tapa para Bornera Portafusible | UN | 5 | \$ 1.285 | \$ 6.425 |
| Separador para Bornes | UN | 20 | \$ 2.184 | \$ 43.680 |
| Frenos para Borne | UN | 30 | \$ 3.024 | \$ 90.720 |
| Cable Tipo 7 Hilos AWG 14 (Negro) | Metros | 180 | \$ 444 | \$ 79.920 |
| Cable Tipo 7 Hilos AWG 12 (Negro) | Metros | 150 | \$ 710 | \$ 106.500 |
| Cable Tipo 7 Hilos AWG 10 (Negro) | Metros | 30 | \$ 936 | \$ 28.080 |
| Cable Tipo 7 Hilos AWG 8 (Negro) | Metros | 30 | \$ 1.176 | \$ 35.280 |
| Cable Tipo 7 Hilos AWG 2 (Negro) | Metros | 10 | \$ 1.800 | \$ 18.000 |
| Cable Tipo Vehiculo Nro 20 (Azul) | Metros | 136 | \$ 155 | \$ 21.080 |
| Cable Tipo Vehiculo Nro 18 (Rojo) | Metros | 30 | \$ 325 | \$ 9.750 |
| Cable Tipo Vehiculo Nro 18 (Negro) | Metros | 144 | \$ 181 | \$ 26.064 |
| Cable Blindado 3x22 | Metros | 24 | \$ 4.800 | \$ 115.200 |
| Cable Blindado 2x22 | Metros | 108 | \$ 4.200 | \$ 453.600 |
| Cable Termocupla Tipo K | Metros | 63 | \$ 4.800 | \$ 302.400 |
| Terminales AWG 22 | UN | 7 | \$ 5.544 | \$ 38.808 |
| Terminales AWG 20 | UN | 7 | \$ 5.544 | \$ 38.808 |
| Terminales AWG 18 | UN | 7 | \$ 7.022 | \$ 49.154 |
| Terminales AWG 14 | UN | 7 | \$ 7.022 | \$ 49.154 |
| Terminales AWG 12 | UN | 7 | \$ 15.708 | \$ 109.956 |
| Terminales AWG 10 | UN | 3 | \$ 15.708 | \$ 47.124 |

| | | | | |
|-------------------------------|--------|----|------------|------------|
| Terminales AWG 8 | UN | 3 | \$ 18.200 | \$ 54.600 |
| Platina de Cobre (100 x 5 mm) | Metros | 10 | \$ 5.853 | \$ 50.853 |
| Marcadores de Cable (Números) | UN | 2 | \$ 45.500 | \$ 91.000 |
| Marcadores de Cable (Letras) | UN | 2 | \$ 42.350 | \$ 84.700 |
| Accesorios Varios | UN | 1 | \$ 500.000 | \$ 500.000 |

| MONTAJE EN PLANTA, PRUEBAS Y CAPACITACIÓN | | | | |
|---|--------|----------|----------------|---------------|
| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
| Técnicos Montaje en Planta | Horas | 720 | \$ 20.000 | \$ 14.400.000 |
| Ingeniero Montaje de planta | Horas | 200 | \$ 40.000 | \$ 8.000.000 |

Total

\$ 173.036.316

* Estos precios están dados en pesos colombianos y no incluyen I.V.A.
ni gastos de envío.

12. RECOMENDACIONES

Ya que la empresa no posee manuales de operación de la impregnadora, y por ende no se conoce la temperatura exacta a la que se debe colocar los hornos de secado según el tipo de papel, le corresponde a la empresa LAMITECH realizar un estudio térmico de los hornos, para obtener la temperatura aproximada a la que se debe colocar cada uno de estos según el tipo de papel que se desee impregnar. Para esto, se debe tener en cuenta la longitud de los hornos de la máquina, el volumen de aire que introducen los ventiladores y la velocidad de trabajo de la máquina.

Aunque el control de lazo cerrado con controlador PID que se realiza para cada uno de los hornos en el diseño de automatización, es una manera fácil y precisa de realizar el control de temperatura a través de la manipulación del flujo de aceite térmico que proviene de la caldera, este esquema de control resultarían mucho más óptimo desde el punto de vista energético con la utilización de un control selectivo.

La implementación de un esquema de control selectivo implica la utilización de dispositivos selectores de alta, los cuales recolectan y comparan las señales de control que se dirigen a las válvulas de aceite térmico en los hornos de la impregnadora y eligen la mayor de estas señales, para luego de acuerdo a esta,

controlar el flujo de combustible para que la caldera caliente el aceite térmico sólo lo necesario para alcanzar la temperatura más alta entre todos los hornos y disminuir el gasto innecesario de combustible.

Debido a que la caldera que le suministrará el aceite térmico a los hornos de la impregnadora BABCOCK, actualmente lo hace también a otras dos impregnadoras y a un tercer proceso en la planta de PRECISA, para realizar un control selectivo, se necesitaría involucrar estos otros procesos y analizar la viabilidad de este tipo de control ante esta situación. Cabe recordar que el control selectivo exige que todas las válvulas de control en cada uno de los procesos involucrados deben ser iguales.

13. CONCLUSIONES

Debido a que la impregnadora BABCOCK está desarmada y se carece de manuales de operación y datos técnicos de trabajo, para realizar el diseño de automatización de esta máquina, se tomó como modelo el funcionamiento de la impregnadora VITS y la impregnadora TOCCHIO que se encuentran actualmente trabajando en la empresa, y cuyo modo de operación y funcionamiento son muy parecidos al de la impregnadora BABCOCK.

Después de analizar el estado actual de la maquina y en base a las recomendaciones hechas por LAMITECH S.A, concluimos que el sistema de transmisión de movimiento que posee actualmente no es óptimo, pues utiliza un motor principal, el cual por medio de un eje, reductores de velocidad e inversores de giro mecánicos, va dando la velocidad requerida a cada sección, lo cual conlleva a que la maquina se desajuste constantemente por problemas de desgastes mecánicos y vibración. Para solucionar este problema se diseñó un sistema de transmisión con un motorreductor independiente para cada sección, a los cuales se les controla y sincroniza la velocidad por medio de un PLC, esto permite realizar un ajuste fino e independiente de cada una de las secciones y eliminar por completo los problemas anteriormente mencionados.

Para poder realizar el control de velocidad de la máquina, era necesario conocer la velocidad angular a la que debía girar cada uno de los motorreductores de las diferentes secciones para sincronizar la velocidad de trabajo de la línea a una velocidad específica. Como la máquina no se encuentra en funcionamiento, estos valores de velocidad no se pudieron obtener de una manera directa a través de mediciones, sino que tuvieron que ser calculados por medio de un estudio mecánico en base a los diámetros de las ruedas dentadas y piñones que transmiten el movimiento desde el motorreductor hasta cada uno de los rodillos que se encuentran en contacto con el papel.

El estudio mecánico realizado a la impregnadora, además de la velocidad de cada uno de los motorreductores, también arrojó la potencia de cada uno de estos, basándose en la potencia que llega desde la transmisión principal a cada una de las secciones por medio de ejes y reductores mecánicos de velocidad.

El programa del PLC y el programa supervisorio realizados bajo los software STEP 7 y WINCC respectivamente son complementarios, es decir, no pueden funcionar del todo independientemente, ya que ordenes como Arrancar y Parar Transmisión solo son ejecutables desde el software de supervisión.

BIBLIOGRAFÍA

- **BALCELL, J, y ROMERAL, J. Autómatas programables. 1ª Ed. México: Alfaomega Marcombo, 1998. p. 115-124**
- **Catálogo Omega, The Temperature Handbook 2002.**
- **CONSTANTINE, H. Houpis y GARY, B. Lamont. Digital Control Systems: theory, hardware, software. 2ª ed. U.S.A. McGraw Hill, 1992.p. 90-100**
- **CREUS, Antonio. Simulación y Control por Ordenador. 1ª ed. Barcelona: Marcombo Boixareu Editores. Capitulo 10. Elementos finales de control. Pág. 179-190.**
- **KATSUHIKO, Ogata. Sistemas de Control en tiempo discreto. 2ª ed. México: Prentice Hall, 1999.**
- **MALONEY, T., Electrónica Industrial Moderna. 3ª ed. México: Prentice Hall. 1997. Capitulo 3. Controladores Lógicos Programables. Pág. 73-131.**

- **Manuales de programación de PLCs SIEMENS, SIMATIC S7-300/400**
 - **ABC de la programación: S7-300 Iniciación a la configuración y programación. Edición 08/2000**
 - **Software de sistema para S7-300/400 y Diseño de programas**
 - **Lista de instrucciones (AWL) para S7-300 y S7-400. Edición 08/2000**
 - **Esquema de contactos (KOP) para S7-300 y S7-400. Edición 08/2000**
 - **Diagrama de funciones (FUP) para S7-300 y S7-400. Edición 08/2000**

- **Manuales de programación de Windows Control Center versión 5.1. Edición 02/2002.**

- **SMITH, A. y CORRIPIO, A. Control Automático de Procesos. 6ª ed. México: Limusa, 1999.**

Capítulo 8. Técnicas adicionales de control. Pág. 419-505

Apéndice A. Símbolos y nomenclaturas para los instrumentos. Pág. 627-633

Apéndice C. Sensores, transmisores y válvulas de control. Pág. 647-701.

- **Siemens AG, Automation and Drives. “Catalogo Interactivo Siemens CA01 Siemens A&D”. 2001**

<<https://mall.ad.siemens.com/ES/quest/index.asp?aktPrim=0&lang=es>>.

- **Siemens AG, Automation and Drives. “Automation and Drives Service & Support”. 2003**
<<http://www4.ad.siemens.de/csinfo/livelink.exe?func=cslib.csinfo2&siteid=cs&lang=en>>.
- **Siemens S.A. “Lista de Precios Colombia”. 2002**
<<http://www.siemensandina.com/indus5.htm>>
- **VITS Systems GmbH. “Web Processing Plants”. 2001**
<<http://www.vits.com/englisch/steuerung/index-anlagenbau.htm>>
- **RedExpertos. “ AGP Representaciones Limitada “. 2001.**
<<http://www.agp.com.co/>>
- **“Inor Process AB”. 2001.**
<<http://www.inor.com/>>
- **“Pepperl & Fuchs Factory Automation”. 2001.**
<http://www.pefu.de/fa/sensors/photoelectric/mlv12/main2_e.html>

ANEXOS

Anexo A. Pruebas realizadas a los papeles impregnados.

PORCENTAJE DE RESINA

El porcentaje de resina del papel se define como la cantidad de resina que ha penetrado en los poros del papel durante el proceso de impregnación y secado

$$\%Re = \frac{\text{Peso total de la muestra} - \text{Peso papel crudo}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100\%$$

Una muestra de papel impregnado contiene resina, humedad (volátiles) y papel. Si se resta el peso del papel, se obtiene la cantidad de resina y volátiles

$$\%Re = \frac{\text{Peso de la resina y volatiles}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100\%$$

El papel impregnado se perfora con un troquel y se toma una muestra después de la impregnación y del secado, se debe hacer con la misma área de papel y diferentes zonas de impregnación debido a que los rodillos no son uniformes y la resina no es regular a lo largo del papel.

Los papeles, de acuerdo con su peso, requieren una absorción de resina específica que se conoce por estudios previos hechos en el laboratorio. El rango requerido se encuentra entre 50-58 % resina para decorativo unicolor.

PORCENTAJE DE VOLÁTILES

El papel que sale del horno contiene no sólo resinas sino volátiles. Se consideran como volátiles, el agua, el alcohol, el formaldehído y otros químicos, que se evaporarán en el horno a altas temperaturas.

El porcentaje de volátiles indica la cantidad de volátiles que no se evaporaron y quedaron presentes en el papel saturado después de secarse en el horno.

Se define como sigue

$$\%Vol = \frac{\text{Peso total de la muestra} - \text{Peso de muestra despues del secado}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100\%$$

La muestra impregnada contiene resinas, volátiles y papel, restando el peso de la muestra seca del peso total de la muestra se obtiene:

$$\%Vol = \frac{\text{Peso de volátiles}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100\%$$

Con este parámetro se busca el efecto de los volátiles en la resina cuando el papel se somete a secado en el horno de impregnación y posterior curado en la prensa

PORCENTAJE DE FLUJO

El porcentaje de flujo se define como la capacidad que tiene la resina para expandirse en el papel después que se prensa. Con este parámetro se determina el grado de polimerización de la resina en el papel y se controla que no se presente flujo de resina fuera del papel después del prensado. Este ensayo se realiza igualmente con el papel impregnado y se somete a condiciones de prensado (temperatura y presión determinados) El porcentaje de flujo se define como:

$$\%Flujo = \frac{\text{Peso total muestra} - \text{Peso muestra despues que se remueve el flash}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100\%$$

El flash es la resina que se escurre del papel

$$\%Flujo = \frac{\text{Peso total del flash}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100\%$$

TIEMPO MÍNIMO DE CURADO

El tiempo mínimo de curado se define como el tiempo que toma la resina líquida para endurecerse. El secado del papel elimina volátiles y pre-cura la resina hasta que sale en un estado semisólido, capaz de unir las láminas en la prensa.

Anexo B. Características técnicas inversores

Micromaster 420 y 430.

MICROMASTER 420

Datos técnicos

Convertidores MICROMASTER 420

| | | |
|--------------------------------------|---|---|
| Tensión de red y gamas de potencia | 1 AC 200 V a 240 V ± 10 % 3 AC 200 V a 240 V ± 10 % 3 AC 380 V a 480 V ± 10 % | 0,12 kW a 3 kW 0,12 kW a 5,5 kW 0,37 kW a 11 kW |
| Frecuencia de red | 47 Hz a 63 Hz | |
| Frecuencia de salida | 0 Hz a 650 Hz | |
| Frecuencia de salida | ≥ 0,95 | |
| Rendimiento del convertidor | 96 % a 97 % | |
| Capacidad de sobrecarga | Corriente de sobrecarga 1,5 x corriente de salida asignada (es decir, 150 % capacidad de sobrecarga) durante 60 s, tiempo de ciclo 300 s | |
| Corriente de pre carga | no superior a la corriente asignada de entrada | |
| Método de control | Característica V/f lineal; característica V/f cuadrática; característica multipunto (característica V/f parametrizable); regulación de corriente-flujo (FCC) | |
| Frecuencia de pulsación | 16 kHz (estándar a 1/3 AC 230 V) 4 kHz (estándar a 3 AC 400 V) 2 kHz a 16 kHz (en escalones de 2 kHz) | |
| Frecuencias fijas | 7, parametrizables | |
| Bandas de frecuencia inhibibles | 4, parametrizables | |
| Resolución de consigna | 0,01 Hz digital 0,01 Hz serie 10 bits analógica | |
| Entradas digitales | 3 entradas digitales parametrizables, aisladas galvánicamente; conmutables PNP/NPN | |
| Entrada analógica | 1 para consigna o regulador PI (0 V a 10 V, escalable o usable como cuarta entrada digital) | |
| Salida de relé | 1, parametrizable, DC 30 V/5 A (carga óhmica); AC 250 V/2 A (carga inductiva) | |
| Salida analógica | 1, parametrizable (0 mA a 20 mA) | |
| Interface serie | RS-485, opcional RS-232 | |
| Long. cable del motor | sin bobina de salida máx. 50 m (apantallado) máx. 100 m (sin apantallar) | |
| | con bobina de salida máx. 200 m (apantallado) máx. 300 m (sin apantallar) | |
| Compatibilidad electromagnética | Convertidor disponible con filtro CEM integrado clase A Como accesorios se pueden adquirir filtros CEM según EN 55 011, clase A o clase B | |
| Frenado | por inyección de corriente continua, combinado | |
| Grado de protección | IP 20 | |
| Temperatura de servicio | -10 °C a +50 °C | |
| Temp. de almacenamiento | -40 °C a +70 °C | |
| Humedad relativa del aire | 95 % (condensación no permitida) | |
| Altitud de instalación | hasta 1000 m sobre el nivel del mar sin reducción de potencia | |
| Funciones de protección para | <ul style="list-style-type: none"> • Tensión mínima • Sobretensión • Sobrecarga • Defecto a tierra • Cortocircuito • Vuelco del motor • Bloqueo del motor • Sobretemperatura en motor • Sobretemperatura en convertidor • Bloqueo de parámetros | |
| Conformidad con las normas |     | |
| Marcado CE | según directiva sobre baja tensión 73/23/CEE ejecuciones filtradas además según directiva CEM 89/336/CEE | |
| Pesos y dimensiones (sin accesorios) | Tamaño constructivo (FS) | A x A x P (mm) peso, aprox. (kg) |
| | A | 173 x 73 x 149 1,0 |
| | B | 202 x 149 x 172 3,3 |
| | C | 245 x 185 x 195 5,0 |

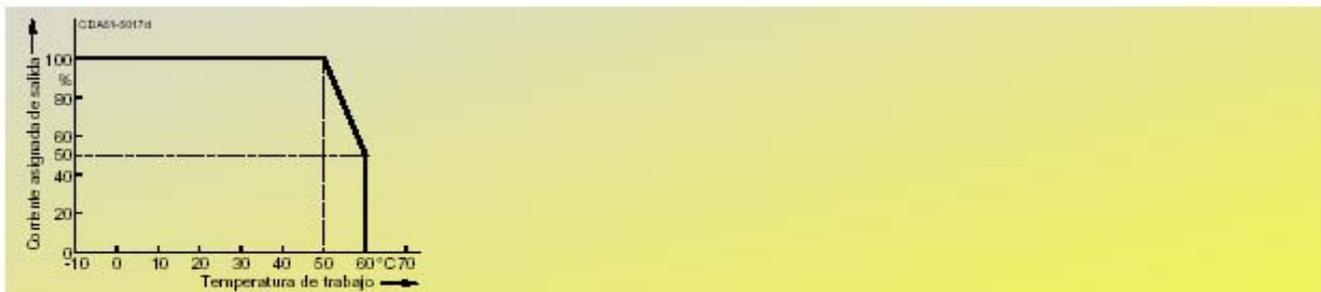
2

Datos de reducción de potencia (derating)

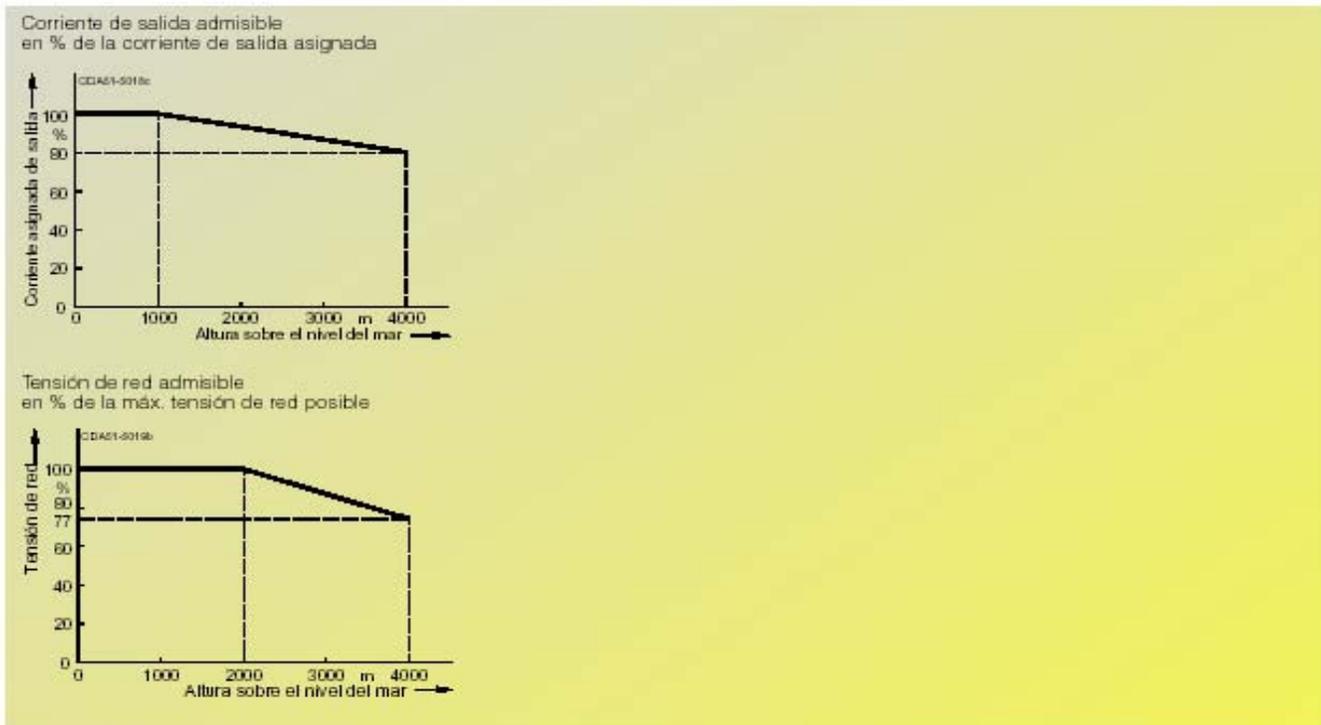
Frecuencia de pulsación

| Potencia (con 3 AC 400 V) kW | Corriente asignada de salida en A para una frecuencia de pulsación de | | | | | | |
|------------------------------------|--|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | 4 kHz | 6 kHz | 8 kHz | 10 kHz | 12 kHz | 14 kHz | 16 kHz |
| 0,37 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,1 |
| 0,55 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,1 |
| 0,75 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 1,6 | 1,6 | 1,1 |
| 1,1 | 3,0 | 3,0 | 2,7 | 2,7 | 1,6 | 1,6 | 1,1 |
| 1,5 | 4,0 | 4,0 | 2,7 | 2,7 | 1,6 | 1,6 | 1,1 |
| 2,2 | 5,9 | 5,9 | 5,1 | 5,1 | 3,6 | 3,6 | 2,6 |
| 3,0 | 7,7 | 7,7 | 5,1 | 5,1 | 3,6 | 3,6 | 2,6 |
| 4,0 | 10,2 | 10,2 | 6,7 | 6,7 | 4,8 | 4,8 | 3,6 |
| 5,5 | 13,2 | 13,2 | 13,2 | 13,2 | 9,6 | 9,6 | 7,5 |
| 7,5 | 18,4 | 18,4 | 13,2 | 13,2 | 9,6 | 9,6 | 7,5 |
| 11 | 26,0 | 26,0 | 17,9 | 17,9 | 13,5 | 13,5 | 10,4 |

Temperatura de servicio



Altitud de instalación sobre el nivel del mar

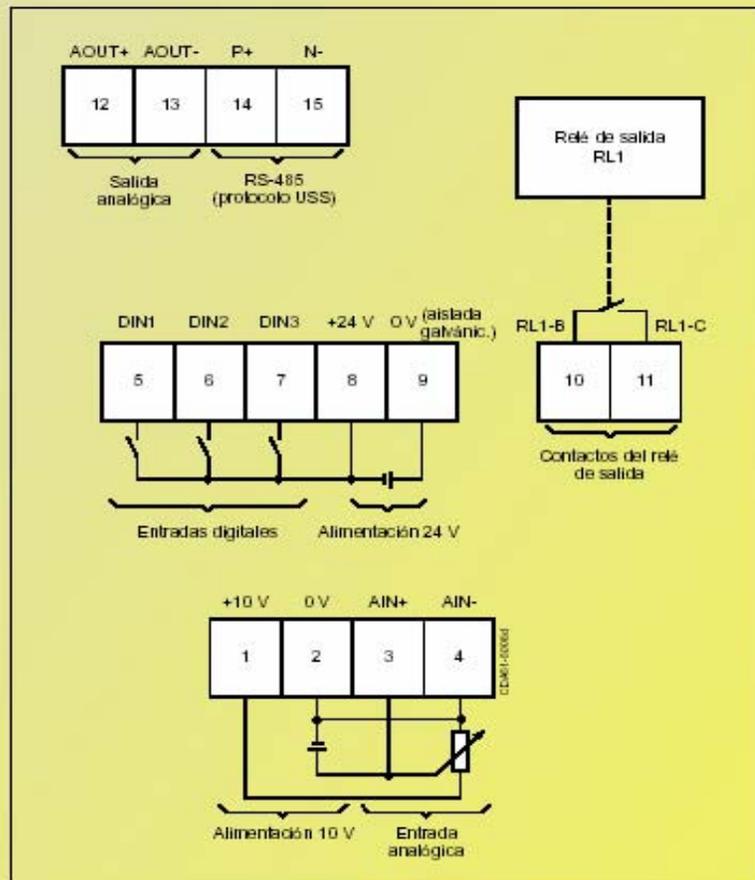


Esquema de conexión de bornes

Ejemplo tamaño constructivo A



Detalle A



MICROMASTER 430

Datos técnicos

Convertidores MICROMASTER 430

| | | | |
|--------------------------------------|---|----------------------------------|------------------|
| Tensión de red y Gama de potencias | 3 AC 380 V a 480 V \pm 10 % | 7,5 kW a 90 kW (variable torque) | |
| Frecuencia de red | 47 Hz a 63 Hz | | |
| Frecuencia de salida | 0 Hz a 650 Hz | | |
| Frecuencia de salida | \geq 0,95 | | |
| Rendimiento del convertidor | 96 % a 97 % | | |
| Capacidad de sobrecarga | Corriente de sobrecarga de 1,4 x corriente asignada de salida (es decir, 140 % de capacidad de sobrecarga) durante 3 s y 1,1 x corriente asignada de salida (es decir, 110 % de capacidad de sobrecarga) durante 60 s, tiempo de ciclo 300 s | | |
| Corriente de precarga | no superior a la corriente asignada de entrada | | |
| Método de control | Característica V/f lineal; característica V/f cuadrática; característica multipunto (característica V/f parametrizable); regulación de corriente-flujo (FCC), modo de ahorro de energía | | |
| Frecuencia de pulsación | 4 kHz (estándar) 2 kHz a 16 kHz (en escalones de 2 kHz) | | |
| Frecuencias fijas | 15, parametrizables | | |
| Bandas de frecuencia inhibibles | 4, parametrizables | | |
| Resolución de consigna | 0,01 Hz digital 0,01 Hz serie 10 bits analógica | | |
| Entradas digitales | 6 entradas digitales parametrizables, aisladas galvánicamente; conmutables PNP/NPN | | |
| Entradas analógicas | 2 entradas analógicas parametrizables • 0 V a 10 V, 0 mA a 20 mA y -10 V a +10 V (AIN1) • 0 V a 10 V y 0 mA a 20 mA (AIN2) • ambas aplicables como séptima/octava entrada digital | | |
| Salidas por relé | 3, parametrizables, DC 30 V/5 A (carga óhmica); AC 250 V/2 A (carga inductiva) | | |
| Salidas analógicas | 2, parametrizables (0/4 mA a 20 mA) | | |
| Interfaces serie | RS-485, opcional RS-232 | | |
| Long. cable del motor | sin bobina de salida máx. 50 m (apantallado) con bobina de salida máx. 100 m (sin apantallar) máx. 200 m (apantallado) máx. 300 m (sin apantallar) | | |
| Compatibilidad electromagnética | Como accesorios se pueden adquirir filtros CEM según EN 55 011, clase B (para tamaño C) Convertidor disponible con filtro CEM integrado clase A | | |
| Frenado | por inyección de corriente continua, combinado | | |
| Grado de protección | IP 20 | | |
| Temperatura de funcionamiento | -10 °C a +40 °C | | |
| Temp. de almacenamiento | -40 °C a +70 °C | | |
| Humedad relativa del aire | 95 % (condensación no permitida) | | |
| Altitud de instalación | hasta 1000 m sobre el nivel del mar sin reducción de potencia | | |
| Funciones de protección para | <ul style="list-style-type: none"> • Tensión mínima • Sobretensión • Sobrecarga • Defecto a tierra • Cortocircuito • Vuelco del motor • Bloqueo del motor • Sobretemperatura en motor • Sobretemperatura en convertidor • Bloqueo de parámetros | | |
| Conformidad con las normas | Ⓜ, cⓂ, CE, c-tick | | |
| Marcado CE | según directiva sobre baja tensión 73/23/CEE ejecuciones filtradas además según directiva CEM 89/336/CEE | | |
| Pesos y dimensiones (sin accesorios) | Tamaño de la caja (FS) | A x A x P, máx. (mm) | Peso aprox. (kg) |
| | C | 245 x 185 x 195 | 5,7 |
| | D | 520 x 275 x 245 | 17 |
| | E | 650 x 275 x 245 | 22 |
| | F sin filtro | 850 x 350 x 320 | 56 |
| | F con filtro | 1150 x 350 x 320 | 75 |

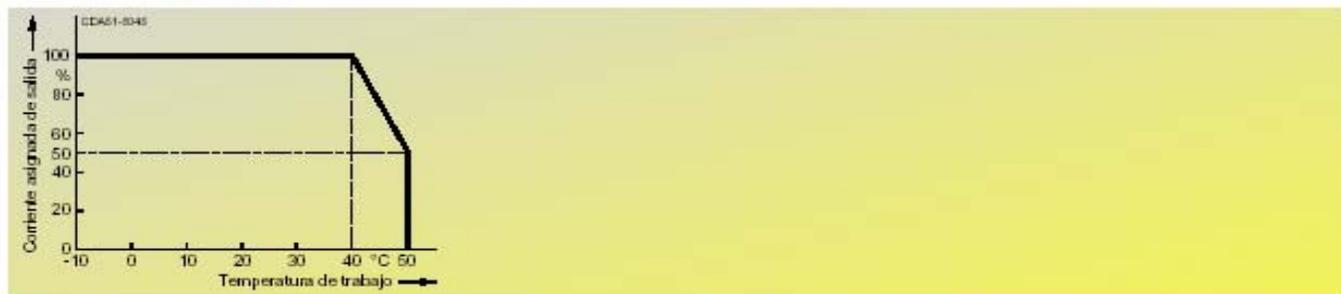
3

Datos de reducción de potencia (derating)

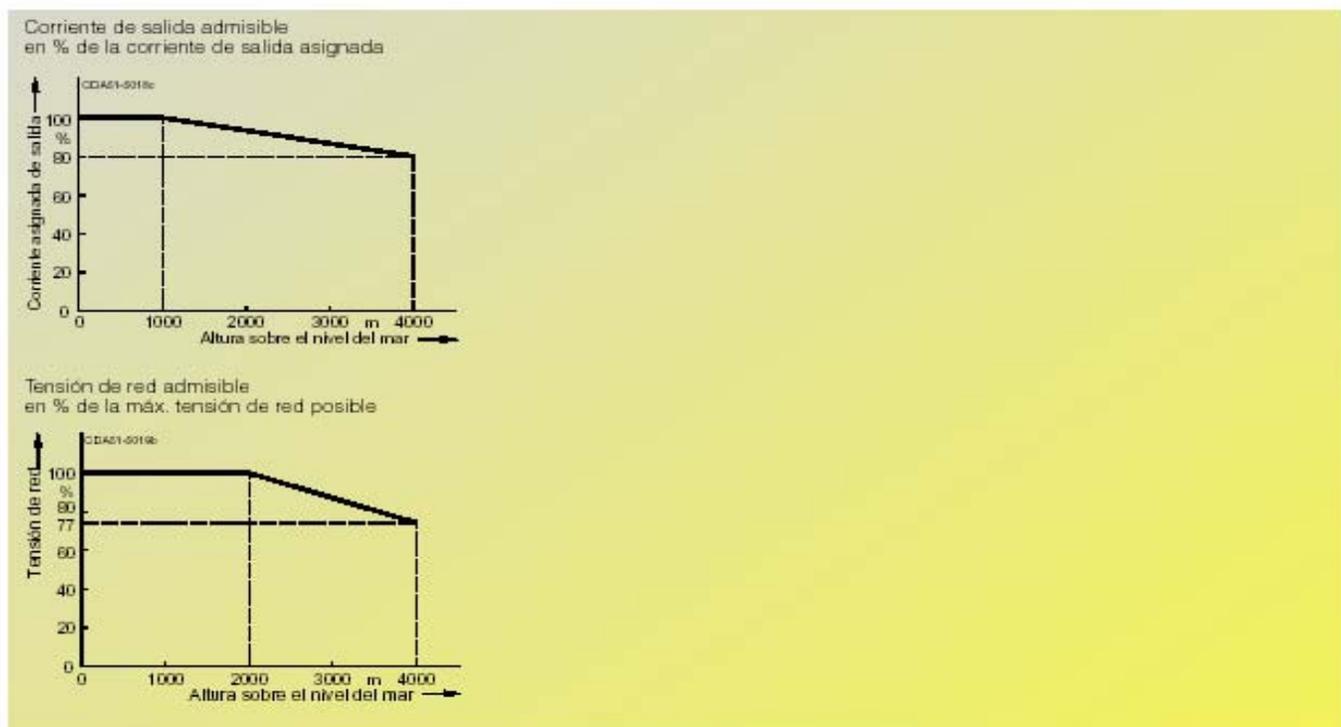
Frecuencia de pulsación

| Potencia (con 3 AC 400 V) kW | Corriente asignada de salida en A para una frecuencia de pulsación de | | | | | | |
|------------------------------------|--|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | 4 kHz | 6 kHz | 8 kHz | 10 kHz | 12 kHz | 14 kHz | 16 kHz |
| 7,5 | 19,0 | 17,1 | 15,2 | 13,3 | 11,4 | 9,5 | 7,6 |
| 11,0 | 26,0 | 24,7 | 23,4 | 20,8 | 18,2 | 15,6 | 13,0 |
| 15,0 | 32,0 | 28,8 | 25,6 | 22,4 | 19,2 | 16,0 | 12,8 |
| 18,5 | 38,0 | 36,1 | 34,2 | 30,4 | 26,6 | 22,8 | 19,0 |
| 22 | 45,0 | 40,5 | 36,0 | 31,5 | 27,0 | 22,5 | 18,0 |
| 30 | 62,0 | 55,8 | 49,6 | 43,4 | 37,2 | 31,0 | 24,8 |
| 37 | 75,0 | 71,3 | 67,5 | 60,0 | 52,5 | 45,0 | 37,5 |
| 45 | 90,0 | 81,0 | 72,0 | 63,0 | 54,0 | 45,0 | 36,0 |
| 55 | 110,0 | 93,5 | 77,0 | 63,3 | 49,5 | 41,3 | 33,0 |
| 75 | 145,0 | 123,3 | 101,5 | 83,4 | 65,3 | 54,4 | 43,5 |
| 90 | 178,0 | 138,0 | 97,9 | 84,6 | 71,2 | 62,3 | 53,4 |

Temperatura de servicio

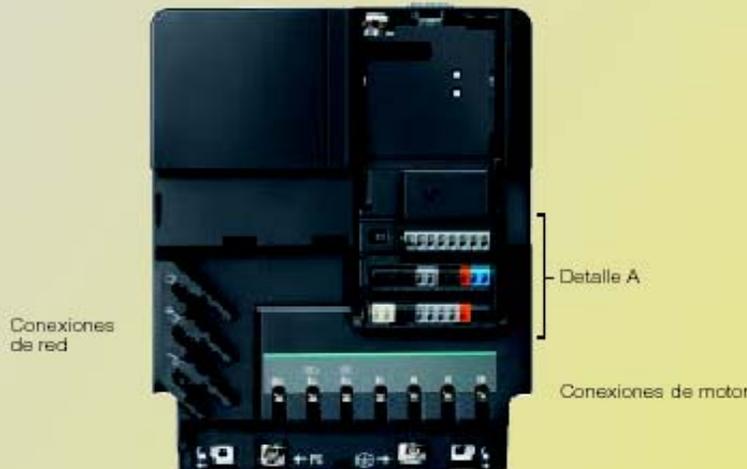


Altitud de instalación sobre el nivel del mar

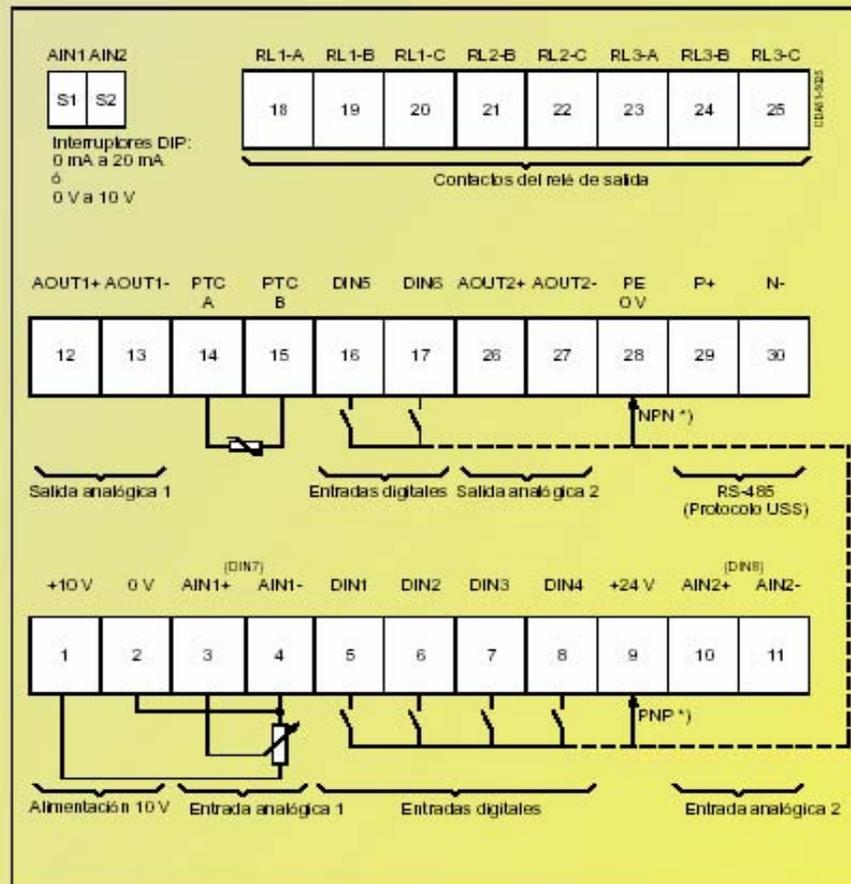


Esquema de conexión de bornes

Ejemplo tamaño constructivo C



Detalle A



*) PNP ó NPN posible

Anexo C. Datos Técnicos CPU 315 2DP S7 300

Siemens.

1.4.6 CPU 315-2 DP

Maestro DP o esclavo DP

La CPU 315-2 DP se puede utilizar con el 2º interface (interface PROFIBUS-DP) como maestro DP o esclavo DP en una red PROFIBUS-DP.

Las propiedades PROFIBUS-DP de la CPU 315-2 DP se describen detalladamente en el capítulo 2.

Datos técnicos de la CPU 315-2 DP

| | | | | |
|--|-------------------------------|--|--------------------------------|-----|
| CPU y estado de producto | | Tiempos S7 | | 128 |
| MLFB | 6ES7 315-2AF03-0AB0 | • remanencia ajustable | de T 0 a T 127 | |
| • versión de hardware | 01 | • preajustado | sin temporizadores remanentes | |
| • versión de firmware | V 1.1.0 | • margen de tiempo | 10 ms a 9.990 s | |
| • paquete de programas correspondiente | STEP 7 V 5.0; Service Pack 03 | Temporizador IEC | sí | |
| Memorias | | • tipo | SFB | |
| Memoria central | | Áreas de datos y su remanencia | | |
| • integrada | 64 Kbytes | área de datos remanente total (incl. marcas; temporizadores; contadores) | 4.736 bytes | |
| • ampliable | no | Marcas | 2.048 | |
| Memoria de carga | | • remanencia ajustable | de MB 0 a MB 225 | |
| • integrada | 96 Kbytes RAM | • preajustado | de MB 0 a MB 15 | |
| • FEPROM ampliable | hasta 4 Mbytes | Marcas de ciclo | 8 (1 byte de marcas) | |
| • RAM ampliable | no | Bloques de datos | máx. 255 (DB 0 reservado) | |
| Respaldo | sí | • capacidad | máx. 16 Kbytes | |
| • con pila | todos los datos | • remanencia ajustable | 8 DB; máx. 4096 bytes de datos | |
| • sin pila | 4736 bytes | • preajustado | sin remanencia | |
| Tiempos de procesamiento | | Datos locales (no ajustable) | máx. 1.536 bytes | |
| Tiempos de procesamiento para | | • según prioridad | 256 bytes | |
| • operaciones binarias | min. 0,3 µs | Bloques | | |
| • operaciones de palabras | min. 1 µs | OBs | vea lista de operaciones | |
| • aritmética en coma fija | min. 2 µs | • capacidad | máx. 16 Kbytes | |
| • aritmética en coma flotante | min. 50 µs | Profundidad de anidado | | |
| Tiempos/contadores y su remanencia | | • según prioridad | 8 | |
| Contadores S7 | 64 | • adicionales dentro de un OB de error | 4 | |
| • remanencia ajustable | de Z 0 a Z 63 | FB | máx. 192 | |
| • preajustado | de Z 0 a Z 7 | • capacidad | máx. 16 Kbytes | |
| • margen de cómputo | 0 a 999 | FC | máx. 192 | |
| Contador IEC | sí | • capacidad | máx. 16 Kbytes | |
| • tipo | SFB | | | |

| | | | |
|---|--|---|---|
| Áreas de direccionamiento (entradas/salidas) | | Forzado permanente | sí |
| Área de direccionamiento de periferia digital/analógica | 1 Kbyte/1 Kbyte (direccionable discrecionalmente) | • variable | entradas, salidas |
| • descentralizados | 1 Kbyte/1 Kbyte | • cantidad | máx. 10 |
| Imagen de proceso (no ajustable) | 128/128 bytes | Estado bloque | sí |
| Canalres digitales | máx. 8.192 (menos 1 byte dirección de diagnóstico por cada esclavo DP)/8.192 | Paso individual | sí |
| • centralizados | máx. 1.024/1.024 | Puntos de parada | 2 |
| Canales analógicos | máx. 512 (menos 1 byte dirección de diagnóstico por cada esclavo DP)/512 | Búfer de diagnóstico | sí |
| • centralizados | máx. 256/128 | • cantidad de registros (no ajustable) | 100 |
| Configuración | | Funciones de comunicación | |
| Bastidor | máx. 4 | Funciones PG/OP | sí |
| Módulos por cada bastidor | máx. 8 | Comunicación por datos globales | sí |
| Cantidad de maestros DP | | • cantidad de paquetes GD | |
| • integrada | 1 | – emisor | 1 |
| • a través de CP | 1 | – receptor | 1 |
| Funciones de aviso S7 | | • capacidad de los paquetes GD | máx. 22 bytes |
| Bloques S de alarma activos simultáneamente | máx. 50 | – consistentes | 8 bytes |
| Hora | | funciones básicas S7 | sí (servidor) |
| Reloj | sí | • datos útiles por petición | máx. 76 bytes |
| • respaldado | sí | – consistentes | 32 bytes en XI_PUT/_GET; 76 bytes en X_SEND/_RCV |
| • precisión | consulte el apartado 1.1.6 | Funciones S7 | sí |
| Contador de horas de funcionamiento | 1 | • datos útiles por petición | máx. 160 bytes |
| • número | 0 | – consistentes | 32 bytes |
| • margen | 0 a 32.767 horas | Funciones compatibles con S5 | sí (a través de CP y FC cargable) |
| • granularidad | 1 hora | • datos útiles por petición | según el CP |
| • remanente | sí | – consistentes | según el CP |
| Sincronización de la hora | sí | Funciones estándar | sí (a través de CP y FC cargable) |
| • en el autómata | maestro | • datos útiles por petición | según el CP |
| • CP en MPI | maestro/esclavo | – consistentes | según el CP |
| Funciones de prueba y puesta en marcha | | Cantidad de recursos de enlace | 12 para funciones PG/CP/básicas S7/S7 |
| Variable Estado/Control | sí | • reservados para | |
| • variable | entradas, salidas, marcas, DB, tiempos, contadores | – funciones PG ajustables preajustado | máx. 11 entre 1 y 11 |
| • cantidad | | – funciones OP ajustables preajustado | máx. 11 entre 1 y 11 |
| – observar variable | máx. 30 | – funciones básicas S7 ajustables preajustado | máx. 8 entre 0 y 8 |
| – forzar variable | máx. 14 | Enlaces de routing | máx. 4 |

| Interfases | Dimensiones |
|--|--|
| 1. interface | Dimensiones de montaje ancho × alto × fondo (mm) 80 × 125 × 130 |
| Funcionalidad | Peso aprox. 0,53 kg |
| <ul style="list-style-type: none"> • MPI sí • maestro DP no • esclavo DP no • separación galvánica no | Programación |
| MPI | Lenguaje de programación STEP 7 |
| <ul style="list-style-type: none"> • servicios <ul style="list-style-type: none"> – funciones PG/OP sí – comunicación por datos globales sí – funciones básicas S7 sí – funciones S7 sí (servidor) • velocidades de transferencia 19,2; 187,5 kbaudios | Juego de operaciones vea lista de operaciones |
| 2. interface | Niveles de paréntesis 8 |
| Funcionalidad | Funciones de sistema (SFC) vea lista de operaciones |
| <ul style="list-style-type: none"> • maestro DP sí • esclavo DP sí <ul style="list-style-type: none"> – observar/forzar; Programar; Routing sí, conectable • Intercambio directo de datos sí • acoplamiento punto a punto no • ajuste por defecto ninguno • separación galvánica sí | Bloques de función del sistema (SFB) vea lista de operaciones |
| Maestro DP | Protección del programa de aplicación protección mediante contraseña |
| <ul style="list-style-type: none"> • servicios <ul style="list-style-type: none"> – Equidistancia sí – SYNC/FREEZE sí – activar/desactivar esclavos DP sí • velocidades de transferencia hasta 12 Mbaudios • cantidad de esclavos DP máx. 64 • área de direccionamiento máx. 1 Kbyte E/1 Kbyte S • datos útiles por esclavo DP máx. 244 bytes E/244 bytes S | Tensiones, intensidades |
| esclavo DP | Tensión de alimentación 24 V c.c. |
| <ul style="list-style-type: none"> • servicios <ul style="list-style-type: none"> – Observar/forzar; Programar; routing sí, conectable • fichero GSD Sie3802f.gsg • velocidad de transferencia ... hasta 12 Mbaudios • memoria intermedia 244 bytes E/244 bytes S <ul style="list-style-type: none"> – áreas de direccionamiento máx. 32 c/u con máx. 32 bytes | <ul style="list-style-type: none"> • margen admisible 20,4 a 28,8 V Consumo (en vacío) habitual. 0,9 A Intensidad al conectar habitual. 8 A $I^2 t$ 0,4 A² s Protección externa para líneas de alimentación (recomendación) interruptor LS; 2 A, tipo B o C Alimentación de PG a MPI (15 a 30 V c.c.) máx. 200 mA Potencia disipada habitual. 10 W Pila sí • autonomía de respaldo a 25° C y respaldo ininterrumpido de la CPU mín. 1 año • duración de almacenamiento de la batería a 25° C aprox. 5 años |
| | Batería sí |
| | <ul style="list-style-type: none"> – a entre 0 y 25° C aprox. 4 semanas – a 40° C aprox. 3 semanas – a 60° C aprox. 1 semana • Tiempo de carga aprox. 1 hora |

**Anexo D. Datos Técnicos Módulos SM321,
SM322, SM331, SM332 para S7-300 Siemens**

Esquema de conexiones y de principio del módulo SM 321; DI 32 × DC 24 V

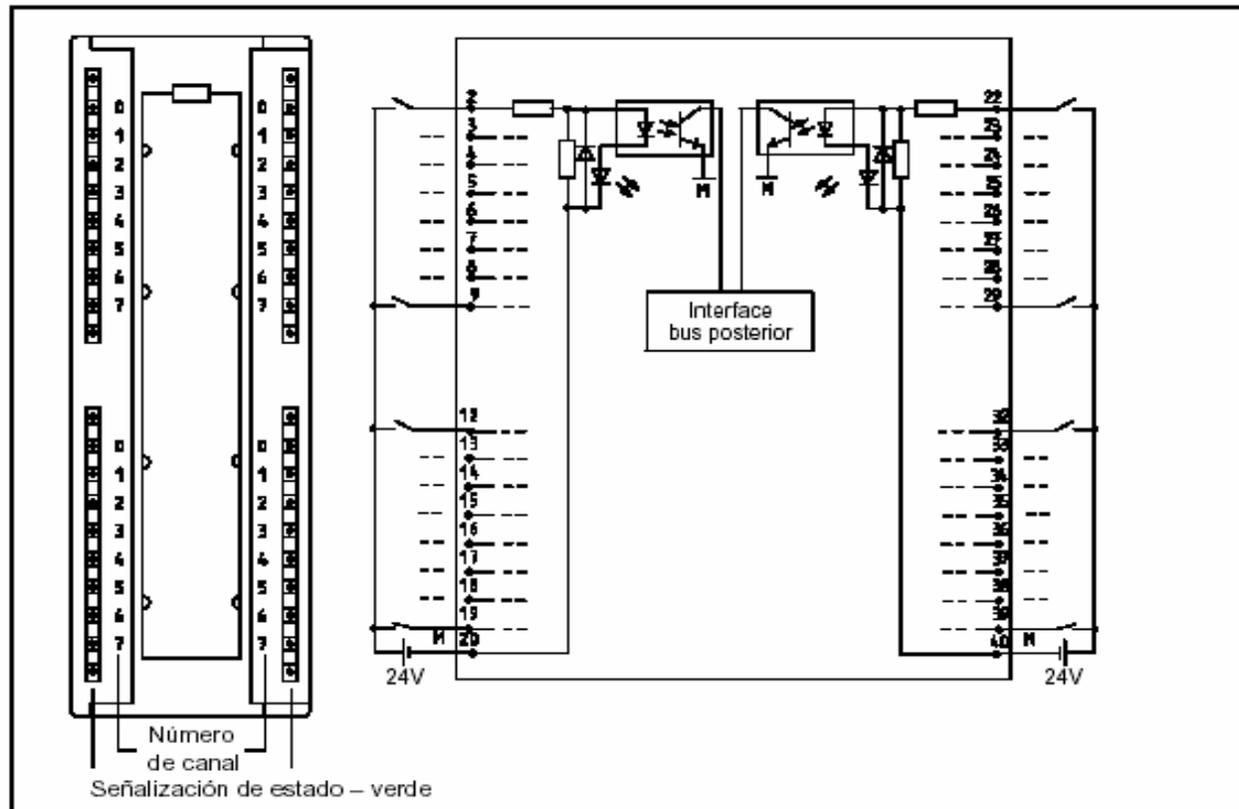


Figura 3-1 Vista y esquema de principio del SM 321; DI 32 × DC 24 V

Asignación de conexiones del módulo SM 321; DI 32 × DC 24 V

La figura siguiente muestra la asignación de los canales respecto a las direcciones.

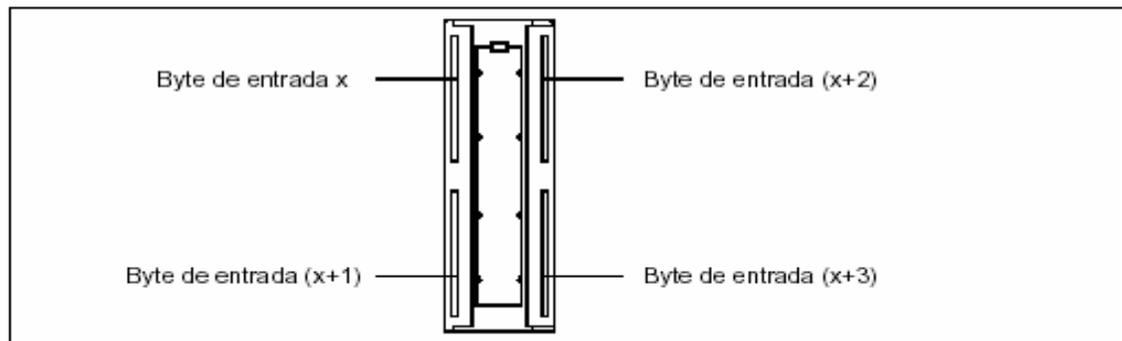


Figura 3-2 Asignación de conexiones del SM 321; DI 32 × DC 24 V

Datos técnicos del módulo SM 321; DI 32 × DC 24 V

| Dimensiones y peso | | Aislamiento ensayado con | |
|---|-----------------------|--------------------------------------|------------------------|
| Dimensiones A × A × P (en mm) | 40 × 125 × 120 | | 500 V c.c. |
| Peso | aprox. 260 g | Consumo | |
| | | • del bus posterior | máx. 15 mA |
| | | Disipación del módulo | tip. 6,5 W |
| Datos específicos del módulo | | Estados, alarmas, diagnóstico | |
| Cantidad de entradas | 32 | Señalización de estado | un LED verde por canal |
| Longitud de cable | | Alarmas | ninguna |
| • sin pantalla | máx. 600 m | Funciones de diagnóstico | ninguna |
| • con pantalla | máx. 1.000 m | | |
| Tensiones, intensidades, potenciales | | Datos para la selección de un sensor | |
| Cantidad de entradas accesibles simultáneamente | | Tensión de entrada | |
| • montaje horizontal | | • valor nominal | 24 V c.c. |
| hasta 40° C | 32 | • para señal "1" | 13 a 30 V |
| hasta 60° C | 16 | • para señal "0" | - 30 a + 5 V |
| • montaje vertical | | Corriente de entrada | |
| hasta 40° C | 32 | • con señal "1" | tip. 7 mA |
| Separación galvánica | | Retardo de entrada | |
| • entre canales y bus posterior | si | • de "0" a "1" | 1,2 a 4,8 ms |
| • entre los canales en grupos de | 16 | • de "1" a "0" | 1,2 a 4,8 ms |
| Diferencia de potencial admisible | | Característica de entrada | según IEC 1131, tipo 1 |
| • entre circuitos diferentes | 75 V c.c. / 60 V c.a. | Conexión de BERO a 2 hilos | posible |
| | | • intensidad de reposo admisible | máx. 1,5 mA |

Esquema de conexiones y de principio del módulo SM 321; DI 16 × DC 24 V

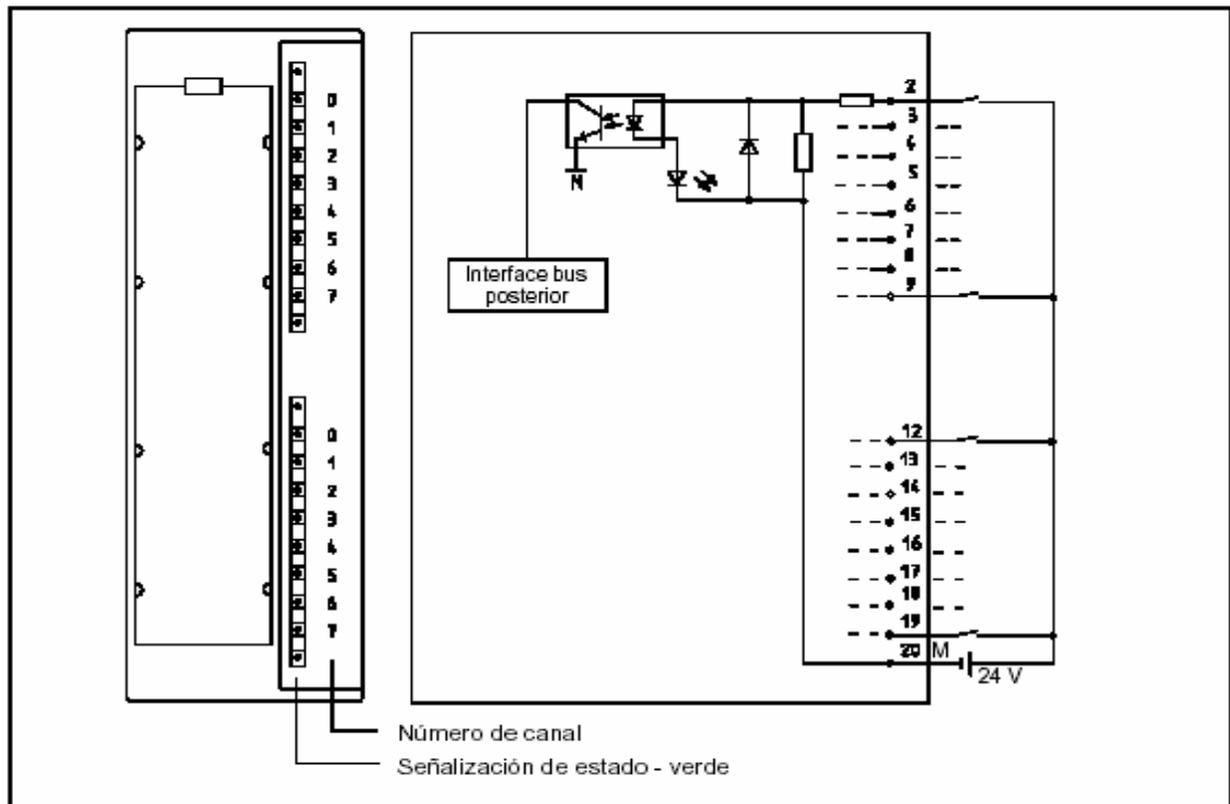


Figura 3-3 Vista y esquema de principio del SM 321; DI 16 × DC 24V

Datos técnicos del módulo SM 321; DI 16 × DC 24 V

| Dimensiones y peso | | Datos para la selección de un sensor | |
|---|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| Dimensiones A × A × P (en mm) | 40 × 125 × 120 | Tensión de entrada | |
| Peso | aprox. 200 g | • valor nominal | 24 V c.c. |
| Datos específicos del módulo | | • para señal "1" | 13 a 30 V |
| Cantidad de entradas | 16 | • para señal "0" | -30 a +5 V |
| Longitud de cable | | Corriente de entrada | |
| • sin pantalla | máx. 600 m | • con señal "1" | tip. 7 mA |
| • con pantalla | máx. 1.000 m | Retardo de entrada | |
| Tensiones, intensidades, potenciales | | • de "0" a "1" | 1,2 a 4,8 ms |
| Cantidad de entradas accesibles simultáneamente | | • de "1" a "0" | 1,2 a 4,8 ms |
| • montaje horizontal hasta 40° C | 16 | Característica de entrada | según IEC 1131, tipo 1 |
| • montaje vertical hasta 60° C | 16 | Conexión de BERO a 2 hilos | posible |
| Separación galvánica | | • intensidad de reposo admisible | máx. 1,5 mA |
| • entre canales y bus posterior | si | | |
| Diferencia de potencial admisible | | | |
| • entre circuitos diferentes | 75 V c.c. / 60 V c.a. | | |
| Aislamiento ensayado con | 500 V c.c. | | |
| Consumo | | | |
| • del bus posterior | máx. 10 mA | | |
| Disipación del módulo | tip. 3,5 W | | |
| Estados, alarmas, diagnóstico | | | |
| Señalización de estado | un LED verde por canal | | |
| Alarmas | ninguna | | |
| Funciones de diagnóstico | ninguna | | |

Esquema de conexiones y de principio del módulo SM 322; DO 32 × DC 24 V/ 0,5 A

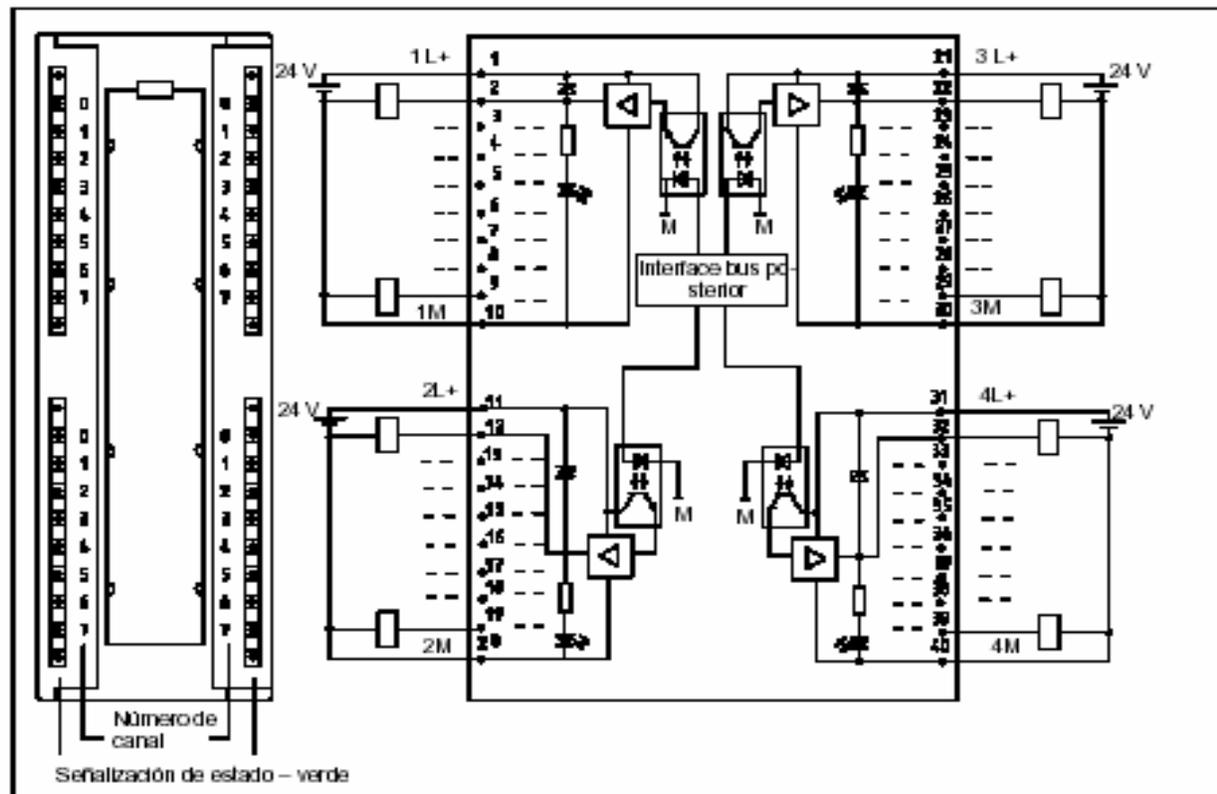


Figura 3-11 Vista y esquema de principio del módulo SM 322; DO 32 × DC 24 V/0,5 A

Asignación de conexiones

La figura siguiente muestra la asignación de los canales respecto a las direcciones.

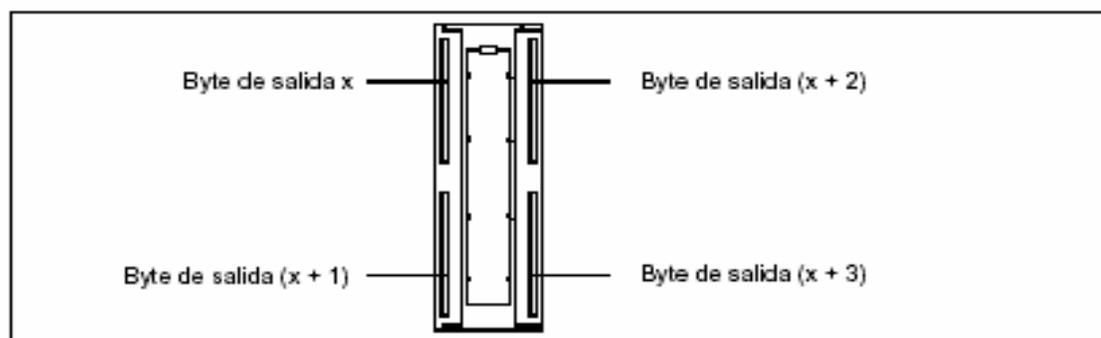


Figura 3-12 Asignación de conexiones del módulo SM 322; DO 32 × DC 24 V

Datos técnicos del módulo SM 322; DO 32 × DC 24 V/ 0,5 A

| Dimensiones y peso | | Datos para la selección de un actuador | |
|---|------------------------|---|--|
| Dimensiones A × A × P (en mm) | 40 × 125 × 120 | Tensión de salida | |
| Peso | aprox. 260 g | • con señal "1" | mín. L + (-0,8 V) |
| Datos específicos del módulo | | Corriente de salida | |
| Cantidad de salidas | 32 | • con señal "1" | |
| Longitud de cable | | valor nominal | 0,5 A |
| • sin pantalla | máx. 600 m | margen admisible | 5 mA a 0,6 A |
| • con pantalla | máx. 1.000 m | • con señal "0" (intensidad residual) | máx. 0,5 mA |
| Tensiones, intensidades, potenciales | | Retardo de salida (bajo carga óhmica) | |
| Tensión de carga nominal L + | 24 V c.c. | • de "0" a "1" | máx. 100 µs |
| Intensidad total de las salidas (por grupo) | | • de "1" a "0" | máx. 500 µs |
| • montaje horizontal | | Margen de resistencia de carga | 48 Ω a 4 kΩ |
| hasta 40° C | máx. 4 A | Carga de lámparas | máx. 5 W |
| hasta 60° C | máx. 3 A | Conexión en paralelo de 2 salidas | |
| • montaje vertical | | • para mando redundante de una carga | posible (sólo salidas del mismo grupo) |
| hasta 40° C | máx. 2 A | • para elevación de potencia | imposible |
| Separación galvánica | | Activación de una entrada digital | posible |
| • entre canales y bus posterior | sí | Frecuencia de conmutación | |
| • entre los canales en grupos de | sí 8 | • para carga óhmica | máx. 100 Hz |
| Diferencia de potencial admisible | | • para carga inductiva según IEC 947-5-1, DC 13 | máx. 0,5 Hz |
| • entre circuitos diferentes | 75 V c.c. 60 V c.a. | • para carga de lámparas | máx. 10 Hz |
| Aislamiento ensayado con | 500 V c.c. | Limitación (interna) de la tensión de corte inductiva | tip. L + (-53 V) |
| Consumo | | Protección de salidas contra cortocircuitos | sí, electrónica |
| • del bus posterior | máx. 110 mA | • umbral de conmutación | tip. 1 A |
| • de tensión nominal L + (sin carga) | máx. 160 mA | | |
| Disipación del módulo | tip. 6,6 W | | |
| Estados, alarmas, diagnóstico | | | |
| Señalización de estado | un LED verde por canal | | |
| Alarmas | ninguna | | |
| Funciones de diagnóstico | ninguna | | |

Esquema de conexiones y de principio del módulo SM 322; DO 16 × DC 24 V/0,5 A

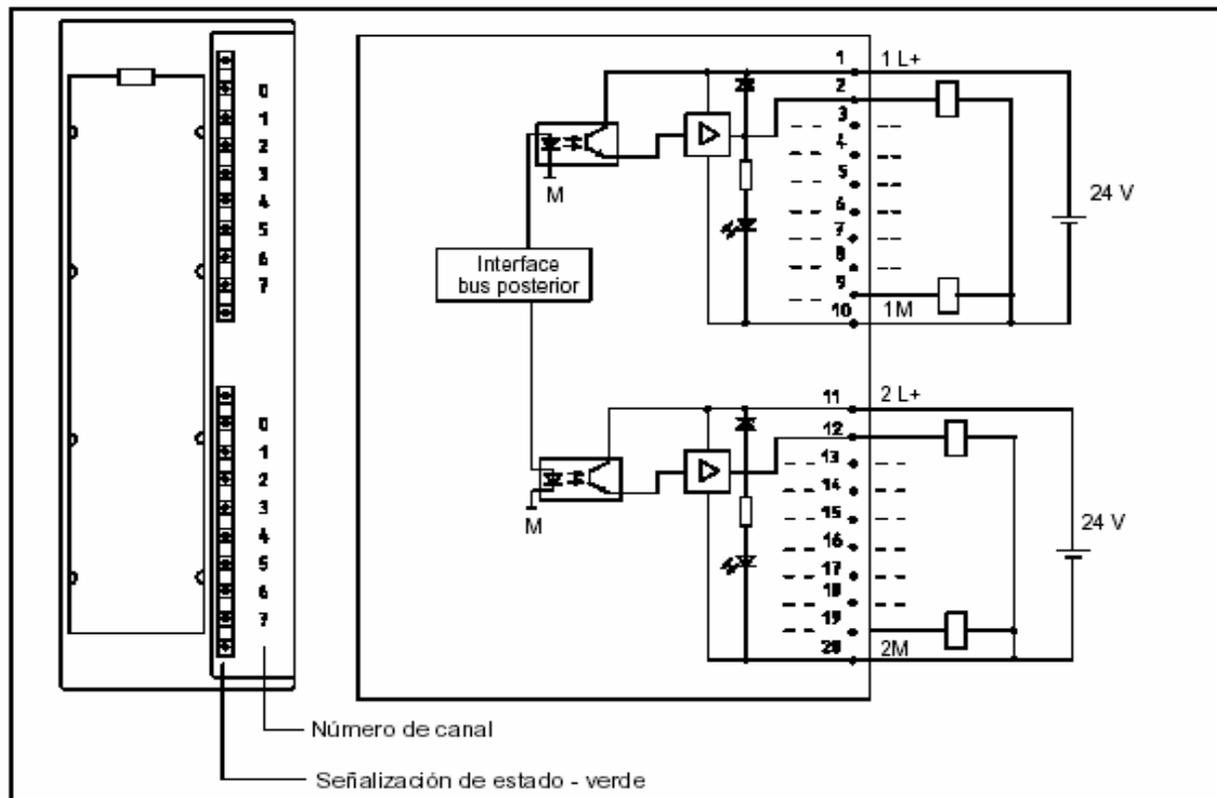


Figura 3-13 Vista y esquema de principio del módulo SM 322; DO 16 x DC 24 V/0,5 A

Datos técnicos del módulo SM 322; DO 16 × DC 24 V/0,5 A

| Dimensiones y peso | | Datos para la selección de un actuador | |
|---|------------------------|---|--|
| Dimensiones A × A × P (en mm) | 40 × 125 × 120 | Tensión de salida | |
| Peso | aprox. 190 g | • con señal "1" | min. L + (-0,8 V) |
| Datos específicos del módulo | | Corriente de salida | |
| Cantidad de salidas | 16 | • con señal "1" | |
| Longitud de cable | | valor nominal | 0,5 A |
| • sin pantalla | máx. 600 m | margen admisible | 5 mA a 0,6 A |
| • con pantalla | máx. 1.000 m | • con señal "0" (intensidad residual) | máx. 0,5 mA |
| Tensiones, intensidades, potenciales | | Retardo de salida (bajo carga óhmica) | |
| Tensión de carga nominal L + | 24 V c.c. | • de "0" a "1" | máx. 100 µs |
| Intensidad total de salidas (por grupo) | | • de "1" a "0" | máx. 500 µs |
| • montaje horizontal | | Margen de resistencia de carga | 48 Ω a 4 kΩ |
| hasta 40° C | máx. 4 A | Carga de lámparas | máx. 5 W |
| hasta 60° C | máx. 3 A | Conexión en paralelo de 2 salidas | |
| • montaje vertical | máx. 2 A | • para mando redundante de una carga | posible (sólo salidas del mismo grupo) |
| hasta 40° C | | • para elevación de potencia | imposible |
| Separación galvánica | | Activación de una entrada digital | posible |
| • entre canales y bus posterior | sí | Frecuencia de conmutación | |
| • entre los canales en grupos de | sí 8 | • para carga óhmica | máx. 100 Hz |
| Diferencia de potencial admisible | | • para carga inductiva según IEC 947-5-1, DC 13 | máx. 0,5 Hz |
| • entre circuitos diferentes | 75 V c.c. / 60 V c.a. | • para carga de lámparas | máx. 10 Hz |
| Aislamiento ensayado con | 500 V c.c. | Limitación (interna) de la tensión de corte inductiva | tip. L + (- 53 V) |
| Consumo | | Protección de salidas contra cortocircuitos | sí, electrónica |
| • del bus posterior | máx. 80 mA | • umbral de conmutación | tip. 1 A |
| • de tensión nominal L + (sin carga) | máx. 80 mA | | |
| Disipación del módulo | tip. 4,9 W | | |
| Estados, alarmas, diagnóstico | | | |
| Señalización de estado | un LED verde por canal | | |
| Alarmas | ninguna | | |
| Funciones de diagnóstico | ninguna | | |

Esquema de conexiones y de principio del módulo SM 331; AI 8 × 12 Bit

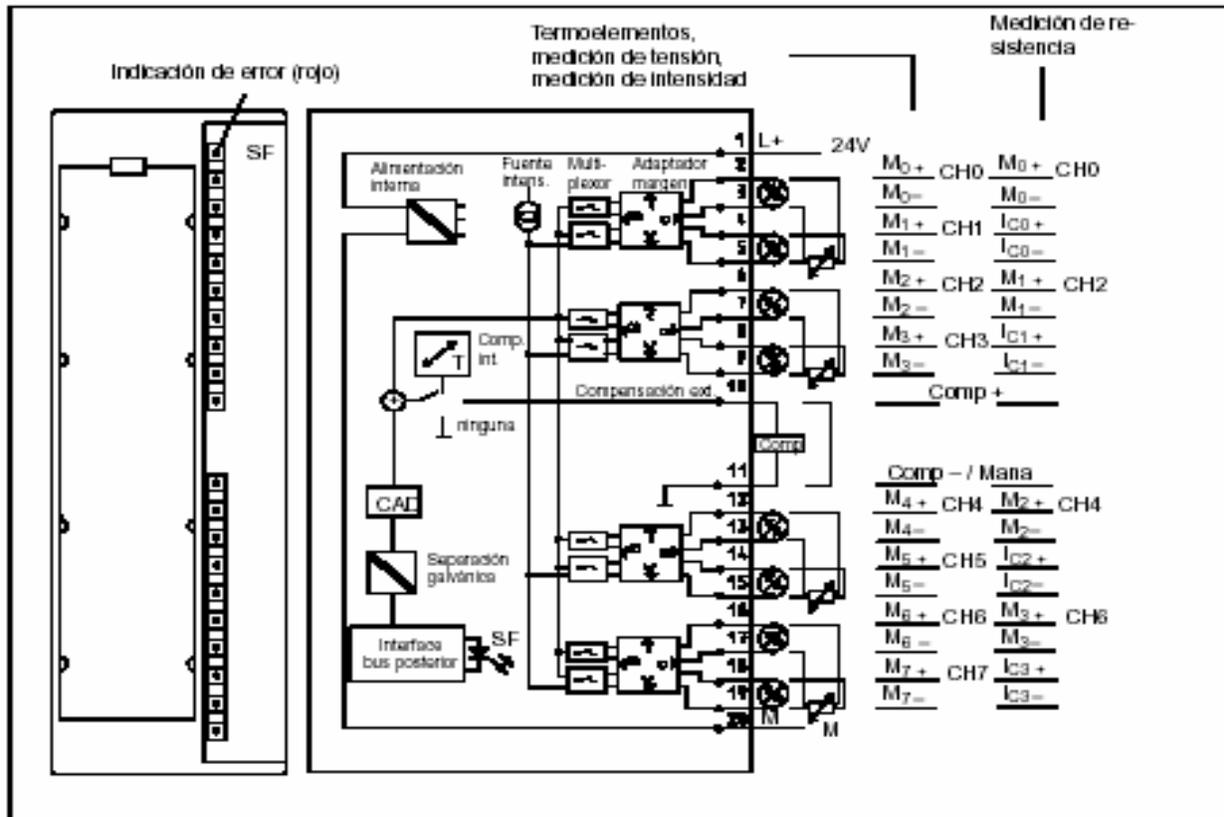


Figura 4-29 Vista y esquema de principio del módulo SM 331; AI 8 × 12 Bit

Las resistencias de entrada dependen del margen de medición seleccionado (vea los datos técnicos).

Datos técnicos del módulo SM 331; AI 8 × 12 Bit

| Dimensiones y peso | | Formación de valores analógicos | | | |
|---|--|---|-----------------|----------|---------|
| Dimensiones A × A × P (en mm) | 40 × 125 × 120 | Principio de medición | por integración | | |
| Peso | aprox. 250 g | Periodo de integración/tiempo de conversión/resolución (por canal) | | | |
| Datos específicos del módulo | | • parametrizable | si | | |
| Cantidad de entradas | 8 | • periodo integr. en ms | 2,5 | $16^2/3$ | 20 100 |
| • en sonda tipo resistencia | 4 | • tiempo conversión básico incl. periodo integración en ms | 3 | 17 | 22 102 |
| Longitud de cable | máx. 200 m | tiempo conversión adicional para medición resistencia en ms | 1 | 1 | 1 1 |
| • con pantalla | máx. 50 m para 80 mV y termoelementos | tiempo conversión adicional para supervisión rotura hilo en ms | 10 | 10 | 10 10 |
| Tensiones, intensidades, potenciales | | tiempo conversión adicional para medición resistencia y supervisión rotura hilo en ms | 16 | 16 | 16 16 |
| Tensión nominal de alimentación para la electrónica L+ | 24 V c.c. | • resolución en bits (incl. margen excesivo) | 9 | 12 | 12 14 |
| • protección contra inversión de polaridad | si | • supresión tensiones perturbadoras para frecuencia parasita f1 en Hz | 400 | 60 | 50 10 |
| Alimentación de transductores de medida | | • tiempo ejecución básico del módulo en ms (todos los canales habilitados) | 24 | 136 | 176 816 |
| • corriente aliment. | máx. 60 mA (por canal) | Aplanamiento de los valores medidos | ninguno | | |
| • protección contra cortocircuitos | si | | | | |
| Corriente constante para sonda tipo resistencia | tip. 1,67 mA | | | | |
| Separación galvánica | | | | | |
| • entre canales y bus posterior | si | | | | |
| • entre canales y tensión de alimentación de la electrónica | si | | | | |
| Diferencia de potencial admisible | | | | | |
| • entre entradas y M_{ANA} (U_{CM}) | 2,5 V c.c. | | | | |
| – para señal = 0 V | | | | | |
| – no en transductor a 2 hilos | | | | | |
| • entre las entradas (U_{CM}) | 2,5 V c.c. | | | | |
| • entre M_{ANA} y M_{intem} (U_{ISO}) | 75 V c.c. / 60 V c.a. | | | | |
| Aislamiento ensayado con | 500 V c.c. | | | | |
| Consumo | | | | | |
| • del bus posterior | máx. 50 mA | | | | |
| • de tensión de carga L+ | máx. 30 mA (sin transductor a 2 hilos) | | | | |
| Disipación del módulo | tip. 1 W | | | | |

| Supresión de perturbaciones, límites de error | | Estados, alarmas, diagnóstico | |
|---|--|--|--|
| Supresión de tensiones perturbadoras para $f = n \times (f_1 \pm 1\%)$ (f_1 = frecuencia parásita) | | Alarmas | |
| • modo común ($U_{CM} < 2,5\text{ V}$) | > 70 dB | • alarma de valor límite | parametrizable canales 0 y 2 |
| • modo serie (cresta de la perturbación < valor nominal margen de entrada) | > 40 dB | • alarma de diagnóstico | parametrizable |
| Diafonía entre las entradas | > 50 dB | Funciones de diagnóstico | parametrizable |
| Límite de error práctico (en todo el margen de temperaturas, referido al margen de entrada) | | • indicador fallo colectivo | LED rojo (SF) |
| • entrada de tensión | 80 mV $\pm 1\%$ | • lectura de informaciones de diagnóstico | posible |
| | de 250 a 1000 mV $\pm 0,6\%$ | Datos para la selección de un sensor | |
| | de 2,5 a 10 V $\pm 0,8\%$ | Margen de entrada (valores nom.)/resistencia de entrada | |
| • entrada de intensidad | de 3,2 a 20 mA $\pm 0,7\%$ | • Tensión | $\pm 80\text{ mV}$ /10 M Ω |
| • resistencia (sensor resistivo) | 150 Ω ; 300 Ω ; 600 Ω $\pm 0,7\%$ | | $\pm 250\text{ mV}$ /10 M Ω |
| • termoelemento | tipo E, N, J, K, L $\pm 1,1\%$ | | $\pm 500\text{ mV}$ /10 M Ω |
| • termorresistencia | Pt 100/ Ni 100 $\pm 0,7\%$ | | $\pm 1000\text{ mV}$ /10 M Ω |
| | Pt 100 Climat. $\pm 0,8\%$ | | $\pm 2,5\text{ V}$ /100k Ω |
| Límite de error básico (límite de error práctico a 25° C, referido al margen de entrada) | | | $\pm 5\text{ V}$ /100k Ω |
| • entrada de tensión | 80 mV $\pm 0,7\%$ | | 1 a 5 V /100k Ω |
| | de 250 a 1000 mV $\pm 0,4\%$ | • Intensidad | $\pm 10\text{ V}$ /100k Ω |
| | de 2,5 a 10 V $\pm 0,6\%$ | | $\pm 3,2\text{ mA}$ /25 Ω |
| • entrada de intensidad | de 3,2 a 20 mA $\pm 0,5\%$ | | $\pm 10\text{ mA}$ /25 Ω |
| • resistencia (sensor resistivo) | 150 Ω ; 300 Ω ; 600 Ω $\pm 0,5\%$ | | $\pm 20\text{ mA}$ /25 Ω |
| • termoelemento | tipo E, N, J, K, L $\pm 0,7\%$ | | 0 a 20 mA /25 Ω |
| • termorresistencia | Pt 100/ Ni 100 $\pm 0,5\%$ | | 4 a 20 mA /25 Ω |
| | Pt 100 Climat. $\pm 0,6\%$ | • resistencia (sensor resistivo) | 150 Ω /10 M Ω |
| Error por temperatura (referido al margen de entrada) | $\pm 0,005\%/K$ | | 300 Ω /10 M Ω |
| Error de linealidad (referido al margen de entrada) | $\pm 0,05\%$ | | 600 Ω /10 M Ω |
| Exactitud de repetición (en estado estacionario a 25° C, referido al margen de entrada) | $\pm 0,05\%$ | • termoelementos | tipo E, N, J, K, L /10 M Ω |
| Error por temperatura de la compensación interna | $\pm 1\%$ | • termorresistencia | Pt 100, Ni 100 /10 M Ω |
| | | Tensión de entrada admisible para las entradas de tensión (límite de destrucción) | máx. 20 V perman.; 75 V durante máx. 1 s (ciclo de trabajo 1:20) |
| | | Intensidad de entrada admis. para las entradas de intensidad (límite de destrucción) | 40 mA |

| | | |
|---|-------------------------------------|--|
| Conexión de los sensores | | <ul style="list-style-type: none"> • para termorresistencia Pt 100 (estándar, climat.) Ni 100 (estándar, climat.) |
| <ul style="list-style-type: none"> • medición de tensión | <p>posible</p> | |
| <ul style="list-style-type: none"> • medición de intensidad como transductor a 2 hilos | <p>posible</p> | |
| <ul style="list-style-type: none"> • medición de intensidad como transductor a 4 hilos | <p>posible</p> | |
| <ul style="list-style-type: none"> • medición de resistencia | | <p>parametrizable</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • conexión a 2 hilos | <p>posible</p> | |
| <ul style="list-style-type: none"> • conexión a 3 hilos | <p>posible</p> | |
| <ul style="list-style-type: none"> • conexión a 4 hilos | <p>posible</p> | |
| <ul style="list-style-type: none"> • carga del transductor a 2 hilos | <p>máx. 820 Ω</p> | |
| Linealización de la característica | <p>parametrizable</p> | |
| <ul style="list-style-type: none"> • para termoelementos | <p>tipo E, N, J, K, L</p> | <ul style="list-style-type: none"> • compensación interna de la temperatura • compensación externa de la temperatura con caja de compensación • compensación para 0° C temperatura de referencia • unidad técnica para la medición de la temperatura |

Esquema de conexiones y de principio del módulo SM 332; AO 4 × 12 Bit

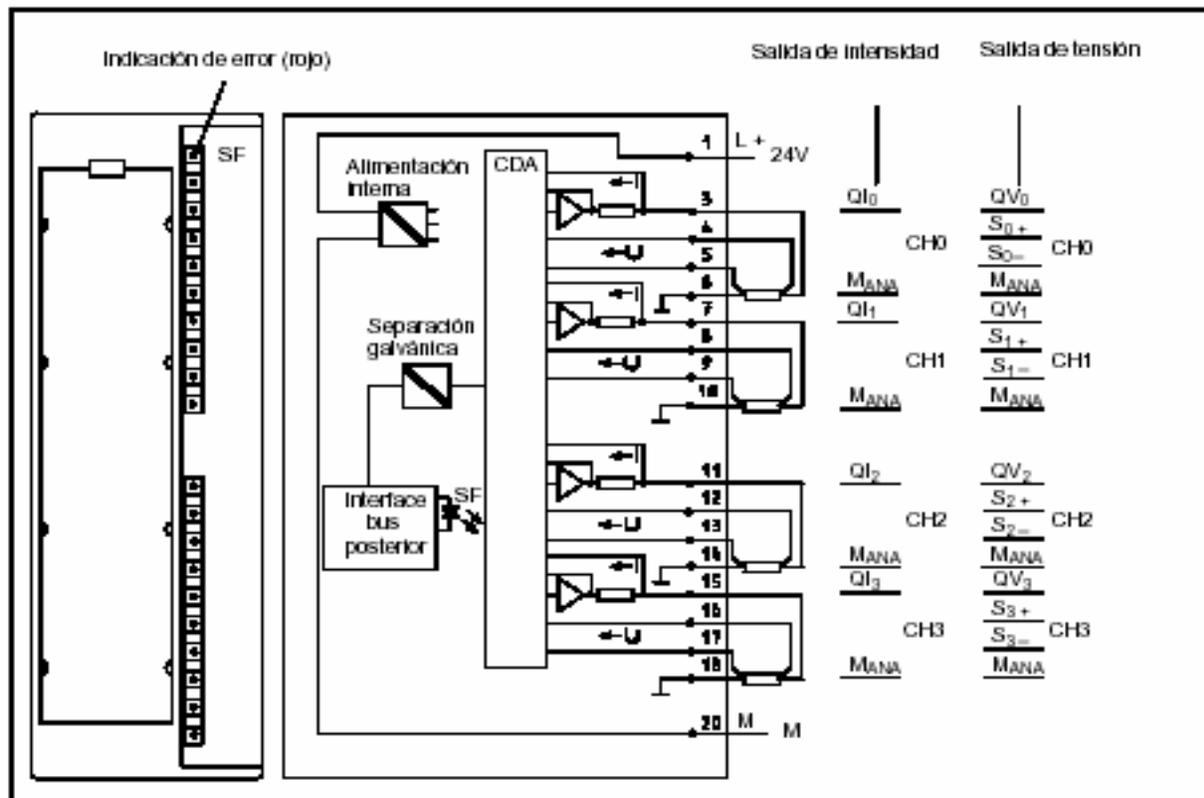


Figura 4-34 Vista y esquema de principio del módulo SM 332; AO 4 × 12 Bit

Datos técnicos del módulo SM 332; AO 4 × 12 Bit

| Dimensiones y peso | | Formación de valores analógicos | |
|---|-----------------------|--|----------------------------|
| Dimensiones A × A × P (en mm) | 40 × 125 × 120 | Resolución (incl. desbordamiento por exceso) | |
| Peso | aprox. 220 g | <ul style="list-style-type: none"> ± 10 V; ± 20 mA; 4 bits 20 mA; 1 a 5 V | 11 bits + signo |
| Datos específicos del módulo | | <ul style="list-style-type: none"> 0 a 10 V; 0 a 20 mA | 12 bits |
| Cantidad de salidas | 4 | Tiempo de conversión (por canal) | máx. 0,8 ms |
| Longitud de cable | | Tiempo de estabilización | |
| • con pantalla | máx. 200 m | <ul style="list-style-type: none"> para carga óhmica para carga capacitiva para carga inductiva | 0,1 ms 3,3 ms 0,5 ms |
| Tensiones, intensidades, potenciales | | Supresión de perturbaciones, límites de error | |
| Tensión nominal de carga L + | 24 V c.c. | Distorsión entre las salidas | > 40 dB |
| • protección contra inversión de polaridad | si | Límite de error práctico (en todo el margen de temperaturas, referido al margen de salida) | |
| Separación galvánica | | <ul style="list-style-type: none"> salida de tensión salida de intensidad | ± 0,5 % ± 0,6 % |
| • entre canales y bus posterior | si | Límite de error básico (límite de error práctico a 25° C, referido al margen de salida) | |
| • entre canales y tensión de alimentación de la electrónica | si | <ul style="list-style-type: none"> salida de tensión salida de intensidad | ± 0,2 % ± 0,3 % |
| • entre los canales | no | Error por temperatura (referido al margen de salida) | ± 0,02 %/K |
| • canales y tensión de carga L+ | si | Error de linealidad (referido al margen de salida) | ± 0,05 % |
| Diferencia de potencial admisible | | Exactitud de repetición (en estado estacionario a 25° C, referido al margen de salida) | ± 0,05 % |
| • entre salidas y M _{ANA} (U _{CM}) | 3 V c.c. | Ondulación de salida; ancho de banda 0 a 50 kHz (referido al margen de salida) | ± 0,05 % |
| • entre S- y M _{ANA} (U _{CM}) | 3 V c.c. | Estados, alarmas, diagnóstico | |
| • entre M _{ANA} y M _{interna} (U _{ISO}) | 75 V c.c. / 60 V c.a. | Alarmas | |
| Aislamiento ensayado con | 600 V c.c. | • alarma de diagnóstico | parametrizable |
| Consumo | | Funciones de diagnóstico | parametrizable |
| • del bus posterior | máx. 60 mA | • indicador fallo colectivo | LED rojo (SF) |
| • de tensión de carga L + (sin carga) | máx. 240 mA | • lectura de informaciones de diagnóstico | posible |
| Disipación del módulo | tip. 3 W | Intercalación valores sustitutos | si, parametrizable |

**Anexo E. Datos Técnicos Fuentes PS 307 para
S7-300 Siemens**

2.2 Fuente de alimentación PS 307; 2 A; (6ES7 307-1BA00-0AA0)

Referencia

6ES7 307-1BA00-0AA0

Propiedades

La fuente de alimentación PS 307; 2 A tiene las siguientes propiedades:

- Intensidad de salida 2 A.
- Tensión nominal de salida 24 V c.c., estabilizada, a prueba de cortocircuitos y marcha en vacío
- Acometida monofásica
(tensión nominal de entrada 120/230 V c.a., 50/60 Hz)
- Separación eléctrica segura según EN 60 950
- Puede utilizarse como fuente de alimentación de carga

Esquema de conexión de PS 307; 2 A

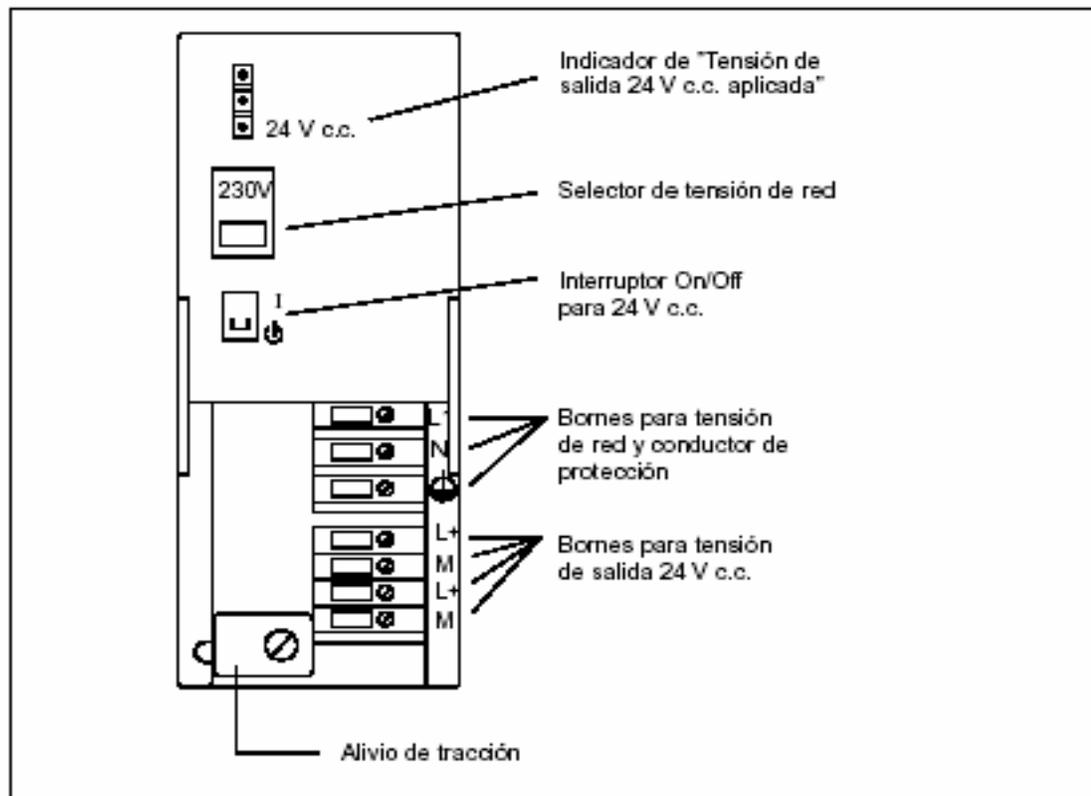


Figura 2-3 Esquema de conexión de la fuente de alimentación PS 307; 2 A

Esquema de principio de PS 307; 2 A

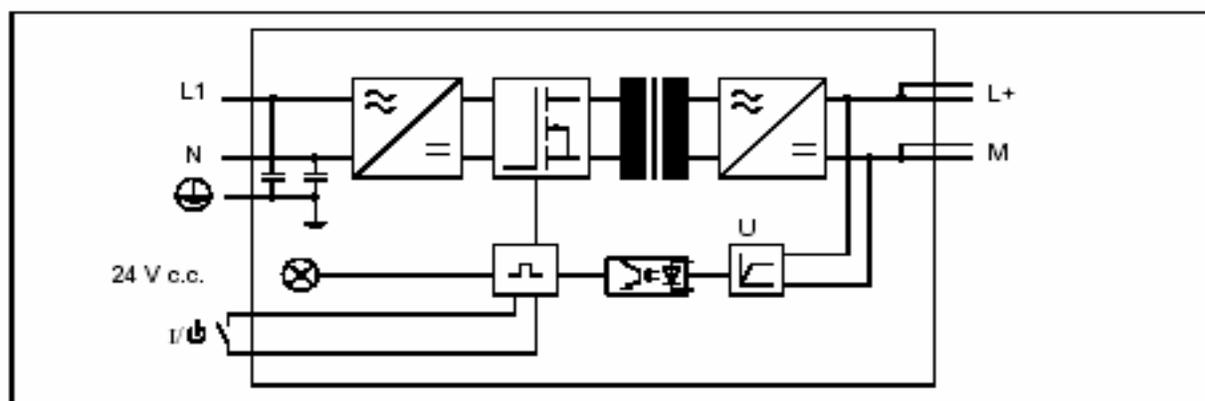


Figura 2-4 Esquema de principio de la fuente de alimentación PS 307; 2 A

Protección de línea

Para proteger la línea de red (entrada) de la fuente de alimentación PS 307; 2 A recomendamos un automático magnetotérmico (p.ej. serie 5SN1 de Siemens) con las siguientes características:

- Intensidad nominal a 230 V c.a.: 6 A
- Característica de disparo (tipo): C.

Reacción en caso de condiciones de servicio atípicas

Tabla 2-2 Reacción de la fuente de alimentación PS 307; 2 A en caso de condiciones de servicio atípicas

| Si ... | ... entonces ... | Indicador 24 V c.c. |
|---|--|---------------------|
| ... circuito de salida sobrecargado: • $I > 2,6 \text{ A}$ (dinámicamente) • $2 \text{ A} < I \leq 2,6 \text{ A}$ (estáticamente) | corte de tensión, restablecimiento automático de la tensión reducción de la tensión, efecto negativo sobre la durabilidad | intermitente |
| ... salida cortocircuitada | tensión de salida 0 V, restablecimiento automático de tensión tras eliminación del cortocircuito | apagado |
| ... aparece sobretensión en primario | destrucción posible | - |
| ... aparece tensión insuficiente en primario | desconexión automática, restablecimiento automático de la tensión | apagado |

Datos técnicos de PS 307; 2 A (6ES7 307-1BA00-0AA0)

| Dimensiones, peso | | Magnitudes características | |
|--|---|---|-----------------------------------|
| Dimensiones A × A × P (en mm) | 50 × 125 × 120 | Clase de protección según IEC 536 (DIN VDE 0106, parte 1) | I, con conductor de protección |
| Peso | aprox. 420 g | Dimensionamiento del aisla- miento | 250 V c.a. |
| Magnitudes de entrada | | • tensión nominal de aisla- miento (24 V resp. L1) | 2.800 V c.c. |
| Tensión de entrada | 120 V/230 V c.a. | • ensayado con | |
| • valor nominal | | Separación eléctrica segura | circuito SELV |
| Frecuencia de red | 50 Hz ó 60 Hz | Compensación de cortes de red (para 93 V ó 187 V) | min. 20 ms |
| • valor nominal | de 47 Hz a 63 Hz | • tasa de repetición | min. 1 s |
| • margen admisible | | Rendimiento | 83 % |
| Intensidad de entrada, valor no- minal | | Potencia absorbida | 58 W |
| • a 230 V | 0,5 A | Disipación | tip. 10 W |
| • a 120 V | 0,8 A | | |
| Intensidad al conectar (a 25° C) | 20 A | Diagnóstico | |
| I ² t (con pico de intensidad al conectar) | 1 A ² s | Indicador "Tensión de salida aplicada" | si, LED verde |
| Magnitudes de salida | | | |
| Tensión de salida | 24 V c.c. | | |
| • valor nominal | | | |
| • margen admisible | 24 V ± 5 %, soporta fun- cionamiento en vacío | | |
| • tiempo de subida | máx. 2,5 s | | |
| Intensidad de salida | | | |
| • valor nominal | 2 A, no conectable en paralelo | | |
| Protección contra cortocircuitos | electrónica, no precisa re- arme de 1,1 a 1,3 × I _N | | |
| Rizado residual | máx. 150 mV _{pp} | | |

2.3 Fuente de alimentación PS 307; 5 A; (6ES7 307-1EAx0-0AA0)

Referencia "módulo estándar"

6ES7 307-1EA00-0AA0

Referencia "módulo SIMATIC Outdoor"

6ES7 307-1EA80-0AA0

Propiedades

La fuente de alimentación PS 307; 5 A tiene las siguientes propiedades:

- Intensidad de salida 5 A
- Tensión nominal de salida 24 V c.c., estabilizada, a prueba de cortocircuitos y marcha en vacío
- Acometida monofásica
(tensión nominal de entrada 120/230 V c.a., 50/60 Hz)
- Separación eléctrica segura según EN 60 950
- Puede utilizarse como fuente de alimentación de carga

Esquema de conexión de PS 307; 5 A

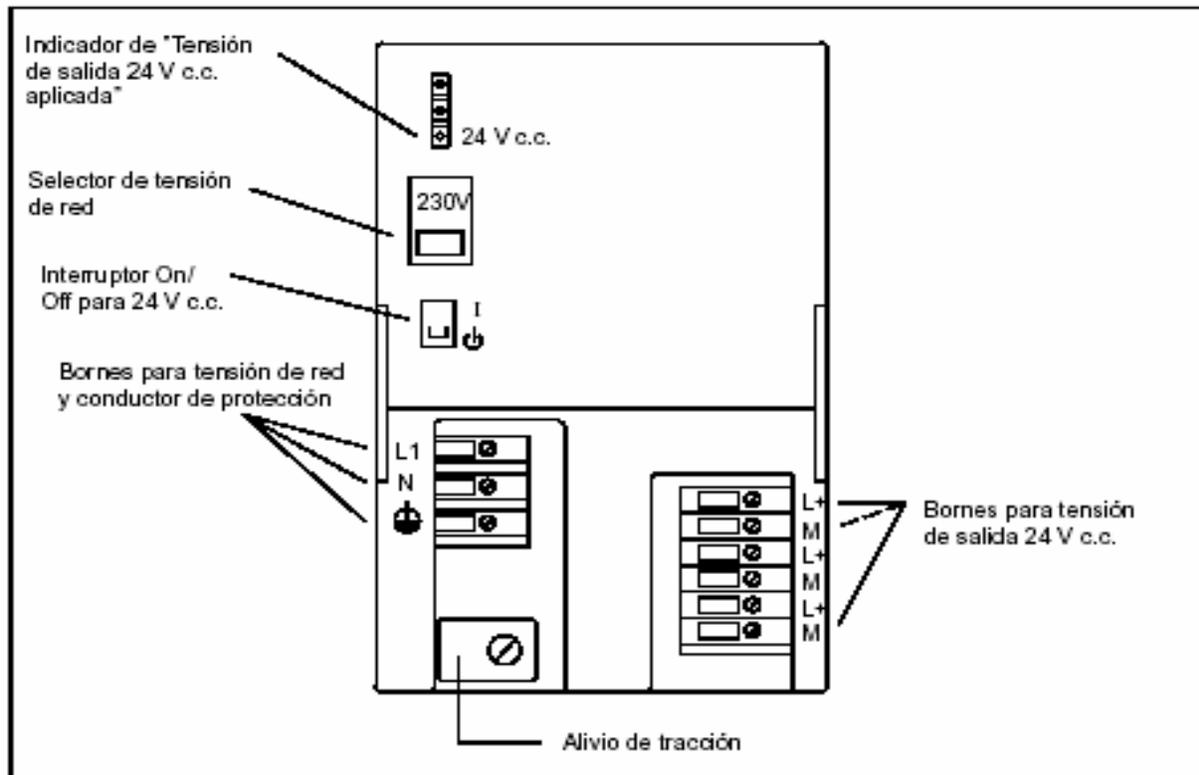


Figura 2-5 Esquema de conexión de la fuente de alimentación PS 307; 5 A

Esquema de principio de PS 307; 5 A

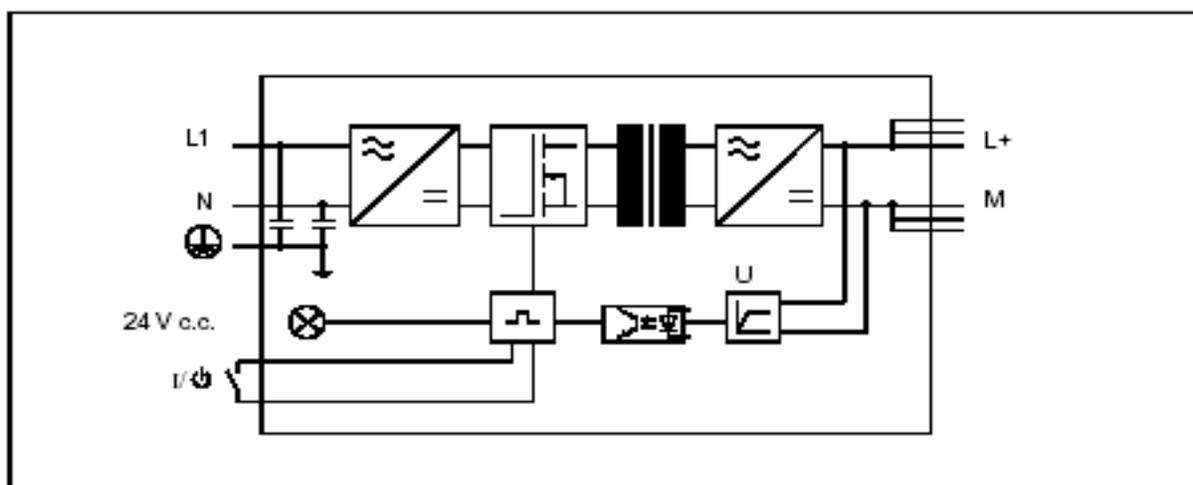


Figura 2-6 Esquema de principio de la fuente de alimentación PS 307; 5 A

Protección de línea

Para proteger la línea de red (entrada) de la fuente de alimentación PS 307; 5 A recomendamos un automático magnetotérmico (p.ej. serie 5SN1 de Siemens) con las siguientes características:

- Intensidad nominal a 230 V c.a.: 10 A
- Característica de disparo (tipo): C.

Reacción en caso de condiciones de servicio atípicas

Tabla 2-3 Reacción de la fuente de alimentación PS 307; 5 A en caso de condiciones de servicio atípicas

| Si ... | ... entonces ... | Indicador 24 V c.c. |
|---|--|---------------------|
| ... circuito de salida sobrecargado: • $I > 6,5$ A (dinámicamente) • $5 \text{ A} < I \leq 6,5$ A (estáticamente) | corte de tensión, restablecimiento automático de la tensión reducción de la tensión, efecto negativo sobre la durabilidad | intermitente |
| ... salida cortocircuitada | tensión de salida 0 V, restablecimiento automático de tensión tras eliminación del cortocircuito | apagado |
| ... aparece sobretensión en primario | destrucción posible | – |
| ... aparece tensión insuficiente en primario | desconexión automática, restablecimiento automático de la tensión | apagado |

Datos técnicos de PS 307; 5 A (6ES7 307-1EA00-0AA0)

| Dimensiones, peso | | Magnitudes características | |
|--|---|---|-----------------------------------|
| Dimensiones A × A × P (en mm) | 80 × 125 × 120 | Clase de protección según IEC 536 (DIN VDE 0106, parte 1) | I, con conductor de protección |
| Peso | aprox. 740 g | Dimensionamiento del aisla- miento | |
| Magnitudes de entrada | | • tensión nominal de aisla- miento (24 V resp. L1) | 250 V c.a. |
| Tensión de entrada | | • ensayado con | 2.800 V c.c. |
| • valor nominal | 120 V/230 V c.a. | Separación eléctrica segura | círculo SELV |
| Frecuencia nominal | | Compensación de cortes de red (para 93 V o 187 V) | min. 20 ms |
| • valor nominal | 50 Hz o 60 Hz | • tasa de repetición | min. 1 s |
| • margen admisible | de 47 Hz a 63 Hz | Rendimiento | 87 % |
| Intensidad de entrada, valor no- minal | | Potencia absorbida | 138 W |
| • a 120 V | 2 A | Disipación | tip. 18 W |
| • a 230 V | 1 A | Diagnóstico | |
| Intensidad al conectar (a 25° C) | 45 A | Indicador "Tensión de salida aplicada" | si, LED verde |
| I^2t (con pico de intensidad al conectar) | 1,2 A ² s | | |
| Magnitudes de salida | | | |
| Tensión de salida | | | |
| • valor nominal | 24 V c.c. | | |
| • margen admisible | 24V ± 5 %, soporta funcionamiento en vacío | | |
| • tiempo de subida | máx. 2,5 s | | |
| Intensidad de salida | | | |
| • valor nominal | 5 A no conectable en paralelo | | |
| Protección contra cortocircuitos | electrónica, no precisa rearme de 1,1 a 1,3 × I_N | | |
| Rizado residual | máx. 150 mV _{pp} | | |

Datos técnicos de PS 307; 5 A (6ES7 307-1EA80-0AA0)

| Dimensiones, peso | | Magnitudes características | |
|--|---|---|--|
| Dimensiones A × A × P (en mm) | 80 × 125 × 120 | Clase de protección según IEC 536 (DIN VDE 0106, parte 1) | I, con conductor de protección |
| Peso | aprox. 570 g | Dimensionamiento del aisla- miento | <ul style="list-style-type: none"> tensión nominal de aisla- miento (24 V resp. L1) ensayado con |
| Magnitudes de entrada | | Separación eléctrica segura | circuito SELV |
| Tensión de entrada | | Compensación de cortes de red (para 93 V ó 187 V) | min. 20 ms |
| • valor nominal | 120 V/230 V c.c. | • tasa de repetición | min. 1 s |
| Frecuencia de red | | Rendimiento | 84 % |
| • valor nominal | 50 Hz ó 60 Hz | Potencia absorbida | 143 W |
| • margen admisible | de 47 Hz a 63 Hz | Disipación | 23 W |
| Intensidad de entrada, va- lor nominal | | Diagnóstico | |
| • a 120 V | 2,1 A | Indicador "Tensión de salida aplicada" | si, LED verde |
| • a 230 V | 1,2 A | | |
| Intensidad al conectar (a 25° C) | 45 A | | |
| I^2t (con pico de intensidad al conectar) | 1,8 A ² s | | |
| Magnitudes de salida | | | |
| Tensión de salida | | | |
| • valor nominal | 24 V c.c. | | |
| • margen admisible | 24 V ± 3 % | | |
| • tiempo de subida | máx. 3 s | | |
| Intensidad de salida | | | |
| • valor nominal | 5 A; no conectable en paralelo | | |
| Protección contra cortocircuitos | electrónica, no precisa reajuste de 1,1 a 1,3 × I_N | | |
| Rizado residual | máx. 150 mV _{pp} | | |

**Anexo F. Información acerca del FB41
(CONT_C) Regulador PID.**

Parámetros de entrada

La tabla 3-1 contiene los parámetros de entrada del FB 41 "CONT_C".

Tabla 3-1 Parámetros de entrada (INPUT) FB 41 "CONT_C"

| Parámetro | Tipo de datos | Valores posibles | Por defecto | Descripción |
|-----------|---------------|--|-------------|--|
| COM_RST | BOOL | | FALSE | COMPLETE RESTART / Rearranque completo El bloque tiene una rutina de rearranque completo que se ejecuta cuando está activada la entrada "Rearranque completo". |
| MAN_ON | BOOL | | TRUE | MANUAL VALUE ON / Conectar modo manual Si está activada la entrada "Conectar modo manual", está interrumpido el lazo de regulación. Como valor manipulado se fuerza un valor manual. |
| PVPER_ON | BOOL | | FALSE | PROCESS VARIABLE PERIPHERY ON / Conectar valor real de periferia Si debe leerse el valor real de la periferia, conectar la entrada PV_PER con la periferia y activar la entrada "Conectar valor real de periferia". |
| P_SEL | BOOL | | TRUE | PROPORTIONAL ACTION ON / Conectar acción P En el algoritmo PID pueden conectarse y desconectarse individualmente las acciones PID. La acción P está conectada si está activada la entrada "Conectar acción P". |
| I_SEL | BOOL | | TRUE | INTEGRAL ACTION ON / Conectar acción I En el algoritmo PID pueden conectarse y desconectarse individualmente las acciones PID. La acción I está conectada si está activada la entrada "Conectar acción I". |
| INT_HOLD | BOOL | | FALSE | INTEGRAL ACTION HOLD / Congelar acción I La salida del integrador puede congelarse. Para ello se ha de activar la entrada "Congelar acción I". |
| I_ITL_ON | BOOL | | FALSE | INITIALIZATION OF THE INTEGRAL ACTION / Inicializar acción I La salida del integrador puede inicializarse a la entrada L_ITLVAL. Para ello se ha de activar la entrada "Inicializar acción I". |
| D_SEL | BOOL | | FALSE | DERIVATIVE ACTION ON / Conectar acción D En el algoritmo PID pueden conectarse y desconectarse individualmente las acciones PID. La acción D está conectada si está activada la entrada "Conectar acción D". |
| CYCLE | TIME | >= 1ms | T#1s | SAMPLE TIME / Tiempo de muestreo El tiempo entre las llamadas del bloque debe ser constante. La entrada "Tiempo de muestreo" indica el tiempo entre las llamadas del bloque. |
| SP_INT | REAL | -100.0...100.0 (%) ó magnitud física 1) | 0.0 | INTERNAL SETPOINT / Consigna interna La entrada "Consigna interna" sirve para ajustar un valor de consigna. |
| PV_IN | REAL | -100.0...100.0 (%) ó magnitud física 1) | 0.0 | PROCESS VARIABLE IN / Entrada de valor real En la entrada "Entrada de valor real" puede parametrizarse un valor de puesta en servicio, o aplicarse un valor real externo en formato en coma flotante. |

Tabla 3-1 Parámetros de entrada (INPUT) FB 41 "CONT_C", continuación

| Parámetro | Tipo de datos | Valores posibles | Por defecto | Descripción |
|-----------|---------------|--|-------------|--|
| PV_PER | WORD | | W#16#0000 | PROCESS VARIABLE PERIPHERY / Valor real de periferia El valor real en formato de periferia se aplica al regulador en la entrada "Valor real de periferia". |
| MAN | REAL | -100.0...100.0 (%) ó magnitud física 2) | 0.0 | MANUAL VALUE / Valor manual La entrada "Valor manual" sirve para establecer un valor manual mediante función de manejo/visualización (interface hombre máquina). |
| GAIN | REAL | | 2.0 | PROPORTIONAL GAIN / Ganancia proporcional La entrada "Ganancia proporcional" indica la ganancia del regulador. |
| TI | TIME | >= CYCLE | T#20s | RESET TIME / Tiempo de acción integral La entrada "Tiempo de acción integral" determina el comportamiento temporal del integrador. |
| TD | TIME | >= CYCLE | T#10s | DERIVATIVE TIME / Tiempo de diferenciación (acción derivativa) La entrada "Tiempo de diferenciación" determina el comportamiento temporal del diferenciador. |
| TM_LAG | TIME | >= CYCLE/2 | T#2s | TIME LAG OF THE DERIVATIVE ACTION / Tiempo de retardo de la acción D El algoritmo de la acción D contiene un retardo que puede parametrizarse en la entrada "Tiempo de retardo de la acción D". |
| DEADB_W | REAL | >= 0.0 (%) ó magnitud física 1) | 0.0 | DEAD BAND WIDTH / Ancho de zona muerta El error de regulación se conduce por una zona muerta. La entrada "Ancho de zona muerta" determina el tamaño de la zona muerta. |
| LMN_HLM | REAL | LMN_LLM...100.0 (%) ó magnitud física 2) | 100.0 | MANIPULATED VALUE HIGH LIMIT / Limite superior del valor manipulado El valor manipulado tiene siempre un limite superior y uno inferior. La entrada "Limite superior del valor manipulado" indica el limite superior. |
| LMN_LLM | REAL | -100.0...LMN_HLM (%) ó magnitud física 2) | 0.0 | MANIPULATED VALUE LOW LIMIT / Limite inferior del valor manipulado El valor manipulado tiene siempre un limite superior y uno inferior. La entrada "Valor manipulado, limite inferior" indica el limite inferior. |
| PV_FAC | REAL | | 1.0 | PROCESS VARIABLE FACTOR / Factor de valor real La entrada "Factor de valor real" se multiplica por el valor real. La entrada sirve para la adaptación del margen de valor real. |
| PV_OFF | REAL | | 0.0 | PROCESS VARIABLE OFFSET / Offset del valor real La entrada "Offset del valor real" se suma con el valor real. La entrada sirve para la adaptación del margen de valor real. |
| LMN_FAC | REAL | | 1.0 | MANIPULATED VALUE FACTOR / Factor del valor manipulado La entrada "Factor del valor manipulado" se multiplica por el valor manipulado. La entrada sirve para la adaptación del margen de valor manipulado. |

Tabla 3-1 Parámetros de entrada (INPUT) FB 41 "CONT_C", continuación

| Parámetro | Tipo de datos | Valores posibles | Por defecto | Descripción |
|-----------|---------------|--|-------------|--|
| LMN_OFF | REAL | | 0.0 | MANIPULATED VALUE OFFSET / Offset del valor manipulado La entrada "Offset del valor manipulado" se suma al valor manipulado. La entrada sirve para la adaptación del margen de valor manipulado. |
| L_ITLVAL | REAL | -100.0...100.0 (%) ó magnitud física 2) | 0.0 | INITIALIZATION VALUE OF THE INTEGRAL ACTION / Valor de inicialización de la acción I La salida del integrador puede forzarse con la entrada L_ITL_ON. En la entrada "Valor de inicialización de la acción I" está el valor de inicialización. |
| DISV | REAL | -100.0...100.0 (%) ó magnitud física 2) | 0.0 | DISTURBANCE VARIABLE / Magnitud perturbadora Para control anticipativo de la magnitud perturbadora, ésta se conecta en la entrada "Magnitud perturbadora". |

1) Parámetros en las ramas de valor de consigna y de valor real con la misma unidad

2) Parámetros en la rama de valor manipulado con la misma unidad

Parámetros de salida

La tabla 3-2 contiene los parámetros de salida del FB 41 "CONT_C".

Tabla 3-2 Parámetros de salida (OUTPUT) FB 41 "CONT_C"

| Parámetro | Tipo de datos | Valores posibles | Por defecto | Descripción |
|-----------|---------------|------------------|-------------|---|
| LMN | REAL | | 0.0 | MANIPULATED VALUE / Valor manipulado En la salida "Valor manipulado" se saca en formato en coma flotante el valor manipulado que actúa efectivamente. |
| LMN_PER | WORD | | W#16#0000 | MANIPULATED VALUE PERIPHERY / Valor manipulado periferia Esta salida entrega el valor manipulado en formato de periferia. |
| QLMN_HLM | BOOL | | FALSE | HIGH LIMIT OF MANIPULATED VALUE REACHED / Alcanzado el límite superior del valor manipulado El valor manipulado tiene siempre un límite superior y un límite inferior. La salida "Alcanzado el límite superior del valor manipulado" indica la superación de la limitación superior. |
| QLMN_LLM | BOOL | | FALSE | LOW LIMIT OF MANIPULATED VALUE REACHED / Alcanzado el límite inferior del valor manipulado El valor manipulado tiene siempre un límite superior y un límite inferior. La salida "Alcanzado el límite inferior del valor manipulado" indica la superación de la limitación inferior. |
| LMN_P | REAL | | 0.0 | PROPORTIONALITY COMPONENT / Acción P La salida "Acción P" contiene la componente proporcional de la magnitud manipulada. |

Tabla 3-2 Parámetros de salida (OUTPUT) FB 41 "CONT_C", continuación

| Parámetro | Tipo de datos | Valores posibles | Por defecto | Descripción |
|-----------|---------------|------------------|-------------|---|
| LMN_I | REAL | | 0.0 | INTEGRAL COMPONENT / Acción I La salida "Acción I" contiene la componente integral de la magnitud manipulada. |
| LMN_D | REAL | | 0.0 | DERIVATIVE COMPONENT / Acción D La salida "Acción D" contiene la componente diferencial de la magnitud manipulada. |
| PV | REAL | | 0.0 | PROCESS VARIABLE / Valor real Por la salida "Valor real" se emite el valor real que actúa efectivamente. |
| ER | REAL | | 0.0 | ERROR SIGNAL / Error de regulación Por la salida "Error de regulación" se emite la diferencia o error de regulación que actúa efectivamente. |

**Anexo G. Sintonización de los controladores
PID y ajuste en campo de los sensores de
temperatura (Pt100 y termocuplas)**

SINTONIZACIÓN EN CAMPO DEL LOS CONTROLADOR PID EN LOS HORNOS DE SECADO.

Actualmente no existe ningún método exacto para conocer los valores de las constantes Proporcional, Integral y Derivativa del controlador PID, sólo métodos que proveen valores con los cuales se puede inicializar la sintonización de este. Uno de los más comunes y el que se sugiere es el de Ziegler y Nichols, el cual se basa en la curva de reacción de la planta frente a una entrada escalón.

Para obtener los valores de las constantes de arranque P, I y D del controlador de cada uno de los hornos, se debe proceder de la siguiente manera:

1. Conectar la Pt100 al PLC, ya que este enviará las lecturas del sensor al computador con el software de supervisión que permitirá observar la respuesta de la planta.
2. Conectar el conversor I/P de la válvula de aceite térmico a su entrada análoga correspondiente en el PLC.

3. Poner en marcha la transmisión de la máquina impregnando algún tipo de papel, pero manteniendo la válvula de aceite térmico cerrada totalmente. La respuesta que se debe obtener de la planta debe ser en condiciones normales de trabajo ya que la respuesta de temperatura de los hornos es diferente con papel y sin papel en su interior.

4. Una vez la máquina se encuentre trabajando normalmente, se debe aplicar una entrada escalón, lo que significa abrir la válvula de aceite térmico del horno al 100%, esto se realiza escribiendo **TRUE** en la entrada **MAN_ON** (Encender valor manual) del bloque de datos DB41 creado en el software de control STEP 7, tal como se muestra en la figura 1, lo cual convierte el sistema de control en un control de lazo abierto.

5. Después de abrir el lazo de control, se coloca un valor de 100.0 en la entrada **MAN** (Valor manual) del mismo bloque de datos (ver figura 1), lo que envía una señal de 20mA al convertidor I/P de la válvula abriendo esta al 100%. Otra manera de hacer esto es desconectando del PLC el convertidor I/P de la válvula y abrir esta al 100% a través de su accionamiento manual.

Figura 1. Bloque de datos DB41

| Dirección | Declaración | Nombre | Tipo | Valor inicial | Valor actual | Comentario |
|-----------|-------------|-------------------------|------|---------------|--------------|---|
| 0.0 | stat:in | pid_hrn_secc_1.COM_RST | BOOL | FALSE | FALSE | complete restart |
| 0.1 | stat:in | pid_hrn_secc_1.MAN_ON | BOOL | TRUE | TRUE | manual value on |
| 0.2 | stat:in | pid_hrn_secc_1.PVPER_ON | BOOL | FALSE | FALSE | process variable peripherie on |
| 0.3 | stat:in | pid_hrn_secc_1.P_SEL | BOOL | TRUE | TRUE | proportional action on |
| 0.4 | stat:in | pid_hrn_secc_1.I_SEL | BOOL | TRUE | TRUE | integral action on |
| 0.5 | stat:in | pid_hrn_secc_1.INT_HOLD | BOOL | FALSE | FALSE | integral action hold |
| 0.6 | stat:in | pid_hrn_secc_1.I_ITL_ON | BOOL | FALSE | FALSE | initialization of the integral action |
| 0.7 | stat:in | pid_hrn_secc_1.D_SEL | BOOL | FALSE | FALSE | derivative action on |
| 2.0 | stat:in | pid_hrn_secc_1.CYCLE | TIME | T#1S | T#1s | sample time |
| 6.0 | stat:in | pid_hrn_secc_1.SP_INT | REAL | 0.000000e+000 | 52.94118 | internal setpoint |
| 10.0 | stat:in | pid_hrn_secc_1.PV_IN | REAL | 0.000000e+000 | 52.94118 | process variable in |
| 14.0 | stat:in | pid_hrn_secc_1.PV_PER | WORD | W#16#0 | W#16#0000 | process variable peripherie |
| 16.0 | stat:in | pid_hrn_secc_1.MAN | REAL | 0.000000e+000 | 100.0 | manual value |
| 20.0 | stat:in | pid_hrn_secc_1.GAIN | REAL | 2.000000e+000 | 2.0 | proportional gain |
| 24.0 | stat:in | pid_hrn_secc_1.TI | TIME | T#20S | T#20s | reset time |
| 28.0 | stat:in | pid_hrn_secc_1.TD | TIME | T#10S | T#10s | derivative time |
| 32.0 | stat:in | pid_hrn_secc_1.TM_LAG | TIME | T#2S | T#2s | time lag of the derivative action |
| 36.0 | stat:in | pid_hrn_secc_1.DEADB_W | REAL | 0.000000e+000 | 0.0 | dead band width |
| 40.0 | stat:in | pid_hrn_secc_1.LMN_HLM | REAL | 1.000000e+002 | 100.0 | high limit |
| 44.0 | stat:in | pid_hrn_secc_1.LMN_LLM | REAL | 0.000000e+000 | 0.0 | manipulated value low limit |
| 48.0 | stat:in | pid_hrn_secc_1.PV_FAC | REAL | 1.000000e+000 | 1.0 | process variable factor |
| 52.0 | stat:in | pid_hrn_secc_1.PV_OFF | REAL | 0.000000e+000 | 0.0 | process variable offset |
| 56.0 | stat:in | pid_hrn_secc_1.LMN_FAC | REAL | 1.000000e+000 | 1.0 | manipulated value factor |
| 60.0 | stat:in | pid_hrn_secc_1.LMN_OFF | REAL | 0.000000e+000 | 0.0 | manipulated value offset |
| 64.0 | stat:in | pid_hrn_secc_1.I_ITLVAL | REAL | 0.000000e+000 | 0.0 | initialization value of the integral action |
| 68.0 | stat:in | pid_hrn_secc_1.DISV | REAL | 0.000000e+000 | 0.0 | disturbance variable |
| 72.0 | stat:out | pid_hrn_secc_1.LMN | REAL | 0.000000e+000 | 100.0 | manipulated value |
| 76.0 | stat:out | pid_hrn_secc_1.LMN_PER | WORD | W#16#0 | W#16#6C00 | manipulated value peripherie |
| 78.0 | stat:out | pid_hrn_secc_1.QLMN_HLM | BOOL | FALSE | TRUE | high limit of manipulated value reached |
| 78.1 | stat:out | pid_hrn_secc_1.QLMN_LLM | BOOL | FALSE | FALSE | low limit of manipulated value reached |
| 80.0 | stat:out | pid_hrn_secc_1.LMN_P | REAL | 0.000000e+000 | 0.0 | proportionality component |

6. Después de realizar los pasos anteriores el operario debe imprimir la gráfica de la respuesta de la temperatura contra tiempo que le proporciona el software de supervisión y seguir el procedimiento que indica el método de Ziegler y Nichols que se indica en el capítulo 5 para obtener los valores de las constantes P, I y D.

AJUSTE EN CAMPO DE LOS SENSORES DE TEMPERATURA (PT100 Y TERMOCUPLAS)

Proceso de verificación del punto crioscópico o punto de cero.

Para realizar esta verificación se necesita un vaso Dewar, el cual es un recipiente hecho con acero inoxidable y esmaltado azul, resistente al calor, al frío e impactos. Su parte interior esta hecha en vidrio borisificato para gases y líquidos.

En el vaso Dewar se procede a introducir hielo molido o hielo raspado fabricado con agua desionizada, este hielo se va presionando para eliminar el aire o agua sobrante entre los trozos de hielo, el agua sobrante se debe succionar hasta que la superficie del agua este a 1 o 2cm por debajo de la superficie del hielo, esto se hace hasta formar un cono en la superficie del vaso Dewar, luego se introduce una varilla de acrilico hasta una profundidad que no toque el interior del vaso Dewar, se saca y se introduce el equipo que se va a ajustar.

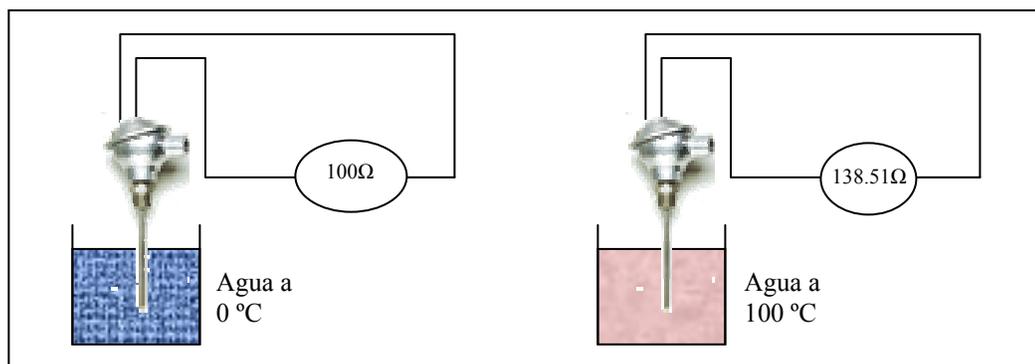
Ajuste en campo de la Pt100

1. Se verifica el punto crioscopico con el procedimiento anteriormente descrito. Para estar más seguros se debe verificar que el agua se encuentre a 0 °C (con ayuda de un termómetro de mercurio que sirva de patrón). Después de la

verificación se introduce la Pt00 en el vaso Dewar y con un multímetro de precisión se verifica que en sus terminales haya 100Ω .

2. Se verifica la resistencia de la Pt100 a 100°C , para esto se introduce el sensor en agua hirviendo (al nivel del mar) y se comprueba la temperatura del agua con un termómetro patrón. Se introduce la Pt100 en agua hirviendo, nuevamente con un multímetro de precisión se mide la resistencia en los terminales de la Pt100, la cual debe de ser de 138.51Ω (ver figura 2). Con estas dos pruebas nos aseguramos que la Pt100 se encuentre bien calibrada, de no ser así no hay manera de recalibrar la Pt100, por lo cual debe ser remplazado o compensar la desviación en el receptor. Para nuestro caso la Pt100 va conectada directamente al modulo análogo, por lo cual la compensación puede ser realizada por programa a través del PLC.

Figura 2. Comprobación del funcionamiento de la Pt100



3. Una vez comprobado el correcto funcionamiento de la Pt100 se procede a conectarla al módulo analógico por medio de una conexión a 4 hilos,

asegurándonos que tanto el adaptador de margen del módulo analógico (Ver figura 3) como la configuración de hardware del modulo a través del STEP 7 (ver figura 4) se encuentre seleccionado en Pt100.

Figura 3. Posicionamiento del adaptador de margen del módulo.

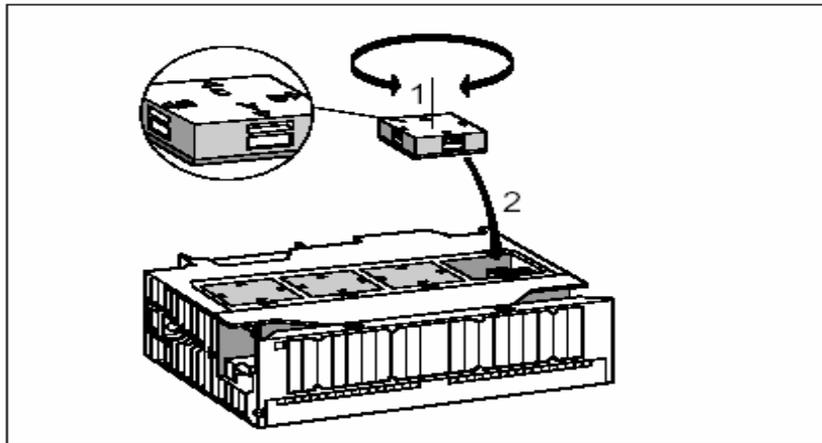
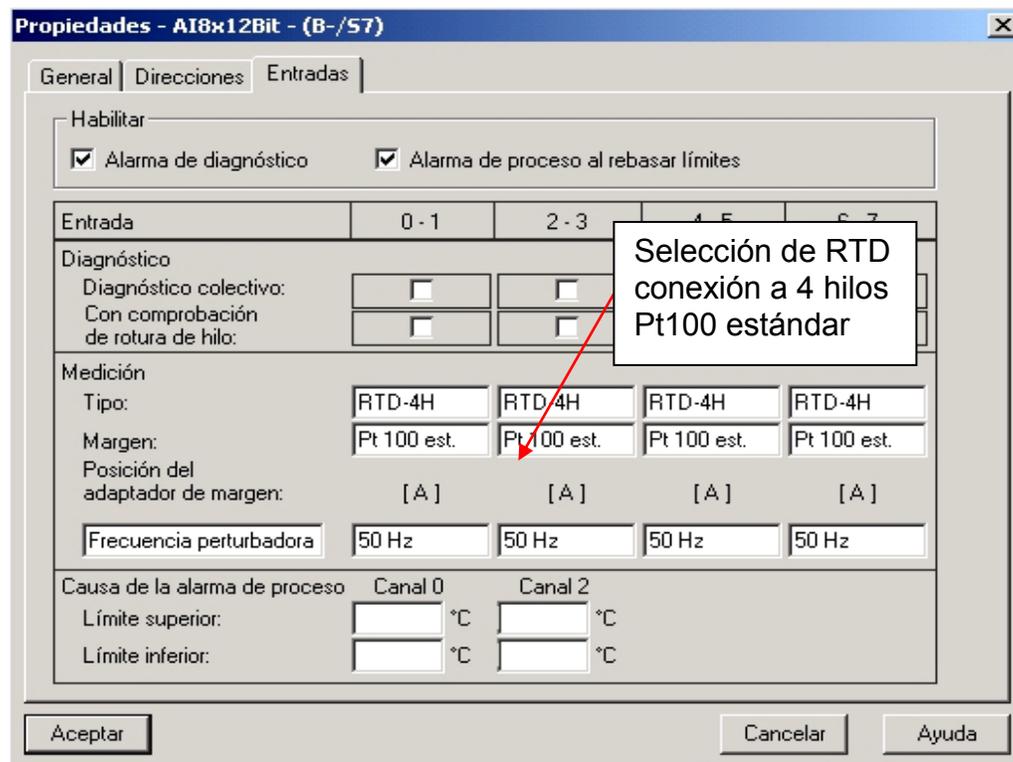


Figura 4. Configuración de Hardware en Step 7.



4. El módulo analógico automáticamente calcula el valor de la temperatura en base a medición indirecta de la resistencia de la Pt100, interpretando los valores de entrada de la periferia como la temperatura real en grados centígrados multiplica por 10 (Ver tabla 1).

Tabla 1. Ejemplo de valores de temperatura interpretados por el módulo.

| Temperatura real (°C) | Valores enviados por el modulo al programa |
|-----------------------|--|
| -10 | -100 |
| 0 | 0 |
| 50 | 500 |
| 120 | 1200 |
| N | $N * 10$ |

Ajuste en campo de las termocuplas

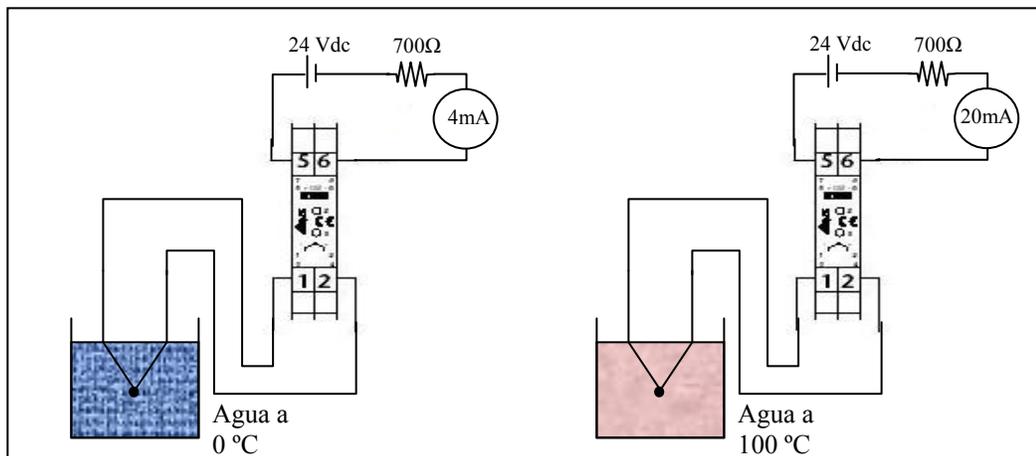
La termocupla a diferencia de la Pt100 no va conectada directamente al modulo analógico del PLC, sino que va primero a un acondicionador de señal, el cual convierte la señal en milivoltios procedentes de la termocupla en una señal de corriente (4 a 20mA), la cual es interpretada por el modulo del PLC como la mínima y la máxima temperatura que se va a medir. Para nuestro caso se necesita

ajustar la termocupla entre 0 y 100°C, lo cual significa que el acondicionador debe enviar 4mA a 0°C y 20mA a 100°C.

1. Se verifica el cero de la termocupla mediante el procedimiento del vaso Dewar. Estando la termocupla a 0°C se ajusta el cero en el acondicionador de señal por medio del potenciómetro de ajuste "Zero" y con un multímetro se verifica que la salida del acondicionador a 0°C sea 4mA (ver figura 5).

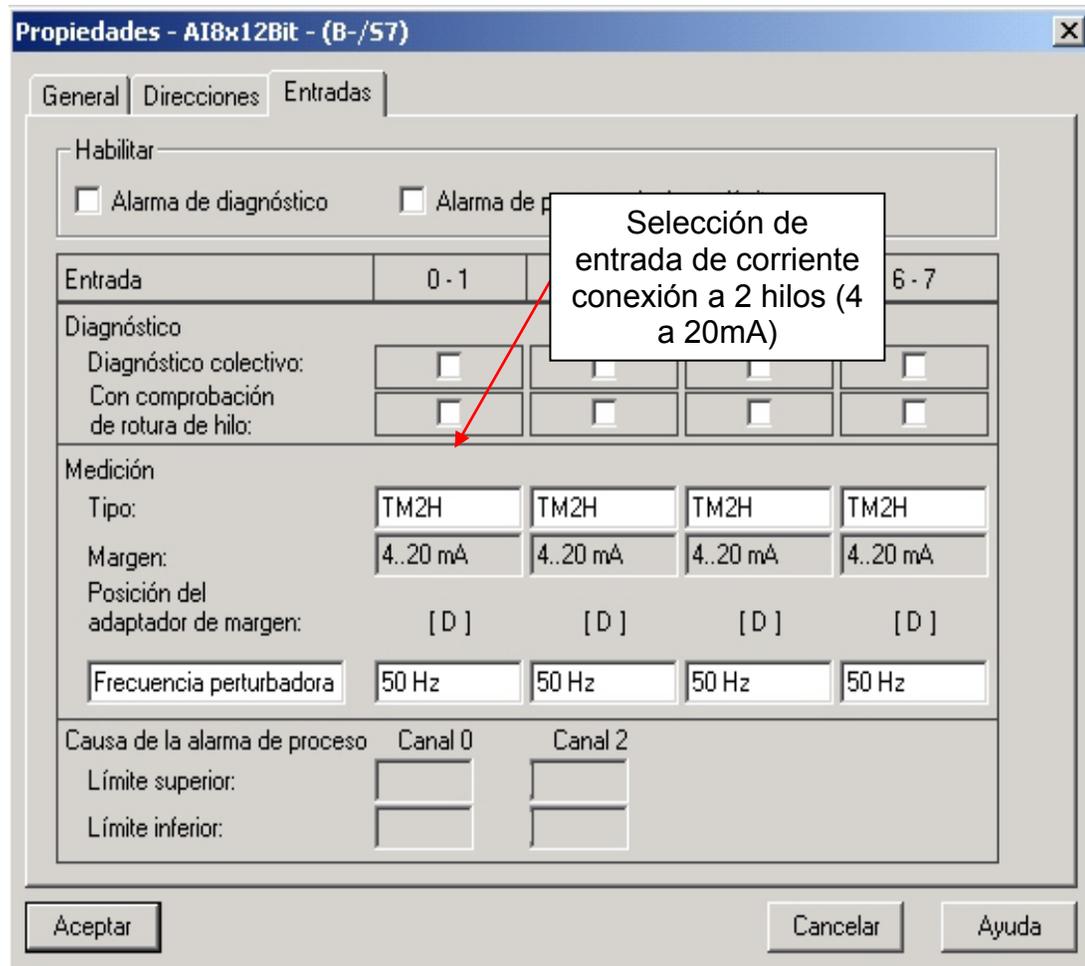
2. Se lleva la termocupla a 100°C introduciéndola en agua hirviendo (a nivel del mar) verificando la temperatura con un termómetro patrón, luego se ajusta el acondicionador de señal por medio del potenciómetro de ajuste "Span" y con un multímetro se verifica que la salida del acondicionador sea 20mA (ver figura 5).

Figura 5. Calibración del conjunto sensor - acondicionador



3. Una vez calibrado el conjunto acondicionador – sensor se procede a conectarlo al modulo analógico por medio de una conexión a 2 hilos, asegurándonos que tanto el adaptador de margen del módulo analógico como la configuración de hardware del modulo a través del STEP 7 (ver figura 6) se encuentre seleccionado en entrada de corriente de 4 a 20mA.

Figura 6. Configuración de Hardware en Step 7.



4. El modulo analógico interpreta estos valores de corriente de 4 a 20mA como valores entre 0 y 27648 unidades SIEMENS. Luego se procede a linealizar estos valores de temperatura por programa de acuerdo a la siguiente gráfica.

