



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

### “AUTOMATIZACIÓN DE UN CONJUNTO DE BANDAS TRANSPORTADORAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE TROZAS EN CONTRACHAPADOS DE ESMERALDAS S.A-CODESA”

**Autor:**

Bryan Vladimir Batioja Carvache

**Director:**

Ing. Hugo Ortiz Tulcán

10 de Febrero 2022



# Introducción

1

# Antecedentes

Los sistemas automatizados ocupan un lugar relevante en el sector de la industria manufacturera. En la industria manufacturera es fundamental implementar mecanismos que aceleren el proceso de elaboración.



Los sectores industriales más robustos son los que incorporan innovaciones tecnológicas a sus procesos de producción. Las bandas transportadoras tienen un papel clave dentro de los procesos industriales como:

- Flujo de producto de manera rápida y grandes cantidades.
- Transporte de diversos materiales.
- Cooperan a los resultados de crecimiento de las organizaciones.
- Son utilizadas a lo largo de toda la línea de producción.



# Antecedentes

La empresa Contrachapados de Esmeraldas S.A-Codesa se ha visto en la necesidad de habilitar una nueva línea de producción, para lo cual se habilitaron maquinarias y un conjunto de bandas para mantener un abastecimiento permanente de trozas en cada punto de producción.



## proyecto de titulación

Unidades	Elementos
2	Fuentes SITOP LOGO 24VDC.
1	PLC Siemens S7-1200, CPU 1214C DC/DC/DC
1	Módulo de S1223 DI 16 y DQ 16 a 24 VDC.
13	Motores eléctricos jaula de ardilla de 380 VAC.
4	Cilindros neumáticos.
4	Electroválvulas con retorno por muelle 220 VAC.
9	Contactores de 220 VAC tensión de accionamiento.
9	Relés térmicos.
4	Sensores de posición.
3	Conjunto de botoneras.

Justificación e  
importancia

2

# Sistema de bandas previo al proyecto de titulación

El sistema de banda implementado cuenta con deficiencias técnicas que generan problemas de operabilidad y seguridad que no han permitido obtener el máximo provecho ya que es un sistema totalmente manual.



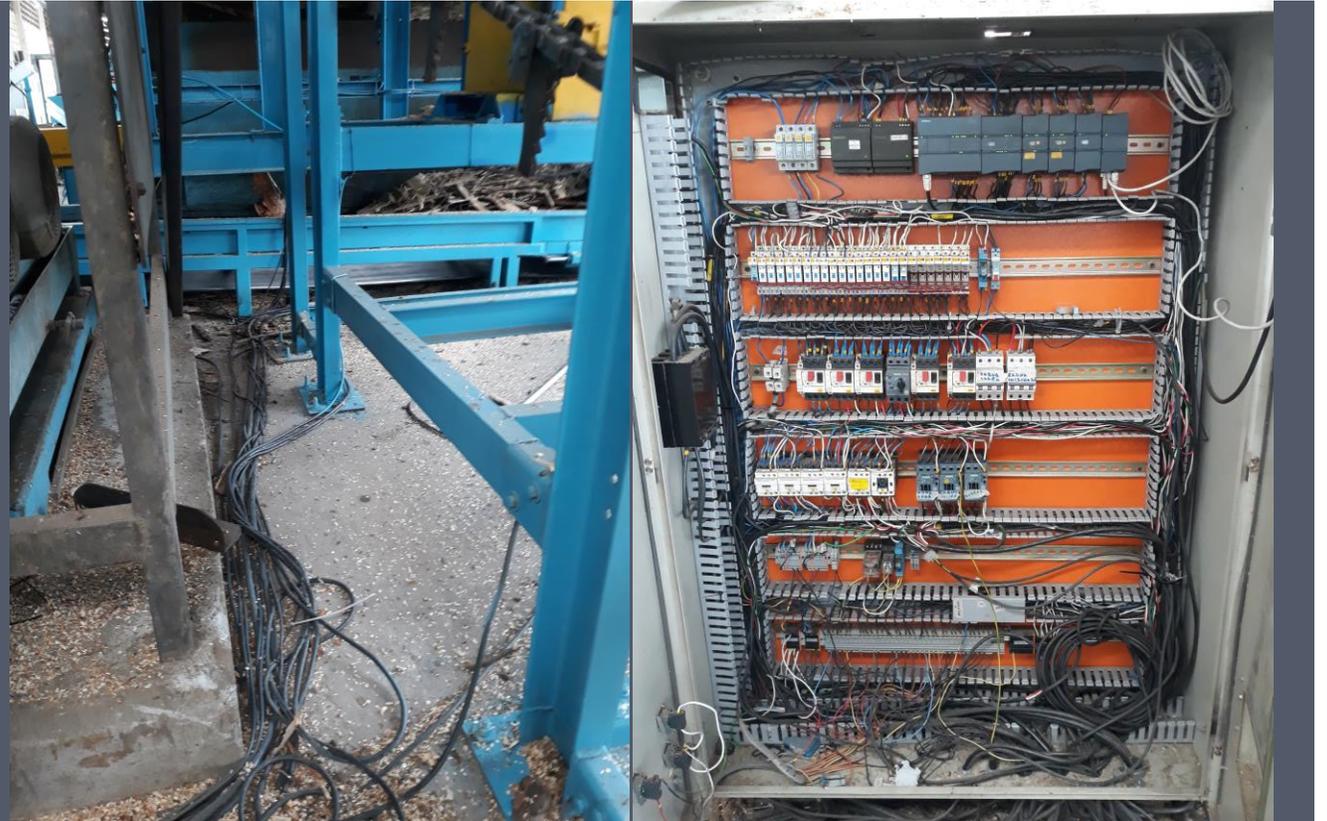
## Operabilidad

Conflicto de señales de activación.  
Multiplicidad de órganos de activación.  
Desconexión periódica de las botoneras.



## Seguridad

Accionamiento involuntario de máquinas.  
Cableado eléctrico expuesto.  
Cercanía de los operadores con la sierra eléctrica.



# Sistema de bandas previo al proyecto de titulación

El presente proyecto surge con el objetivo de brindar soluciones a los fallos descritos con anterioridad aportando técnicas ingenieriles a este conjunto de bandas y transportadores.



Objetivos

3

# Objetivo General

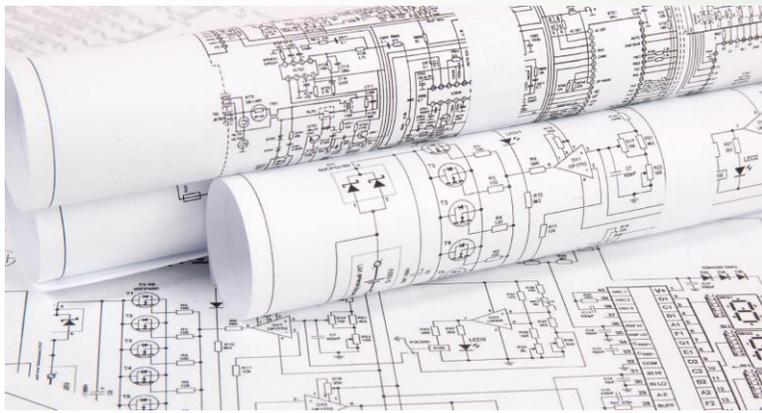
Automatizar el sistema de bandas transportadoras para el abastecimiento de trozas en Contrachapados de Esmeraldas S.A - CODESA.

# Objetivos Específicos

- Utilizar las herramientas del software TIA Portal para automatizar los procesos mediante un lenguaje de programación industrial.
- Analizar el sistema de abastecimiento de materia prima mediante el diseño y desarrollo de un método que permita una automatización segura y confiable.
- Determinar los fallos que se dan actualmente por conflicto entre señales de activación de los actuadores que intervienen en el sistema de bandas.
- Evaluar los tiempos muertos dados por fallos eléctricos en el proceso, para aumentar la productividad apoyados en la inclusión de un dispositivo de supervisión (HMI).
- Evaluar los riesgos laborales a los cuales se encuentran expuestos los operadores de la fábrica Contrachapados de Esmeraldas S.A Codesa, a fin que sean considerados en la opción de automatización.

Requerimientos técnicos

4



La automatización a realizar debe cumplir con ciertos parámetros suministrado por el departamento de mantenimiento eléctrico de la planta, para cubrir sus necesidades técnicas.

Desarrollar dos modos de marcha (manual y automático).

Emplear luces piloto para la verificación de estados de los equipos.

Visualización de alarmas y pantalla de diagnóstico por medio de una HMI.

Solucionar los conflictos entre señales de activación de los actuadores.

Elaboración de una HMI para el monitoreo del proceso, estado de los dispositivos y visualización de estados de alerta.

Desarrollo de esquemas eléctricos de control y potencia.



Ingeniería conceptual

5



# Diagrama P&ID

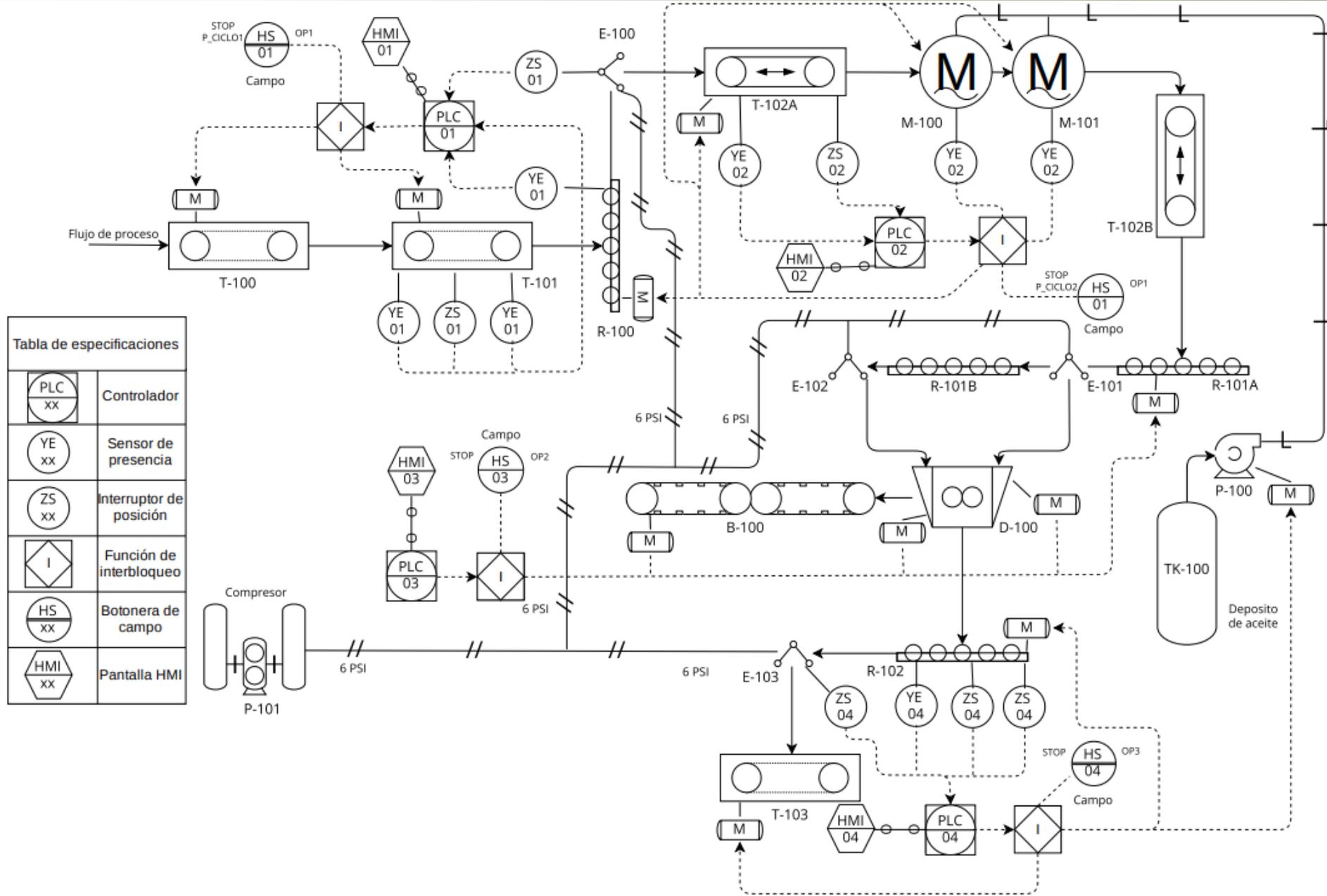


Tabla de especificaciones

	Controlador
	Sensor de presencia
	Interruptor de posición
	Función de interbloqueo
	Botonera de campo
	Pantalla HMI

# Variables del proceso

## Ingeniería conceptual

Tag	Descripción	Tipo	Señal
SP_Emer_Tab	Pulsador paro de emergencia cabeza de seta tablero	Entrada	Discreta
SP_Emer_OP1	Pulsador paro de emergencia cabeza de seta OP1	Entrada	Discreta
S_Ini	Pulsador de inicio	Entrada	Discreta
S_Rear	Pulsador de rearmen	Entrada	Discreta
S_Ban_H	Selector de banda horizontal	Entrada	Discreta
S_Ban_Incli1	Selector banda inclinada 1	Entrada	Discreta
S_Rodi1	Selector rodillo 1	Entrada	Discreta
S_Bra_Neum1	Pulsador brazo neumático 1	Entrada	Discreta
S_Sierra	Selector para la sierra 1 y sierra 2	Entrada	Discreta
SP_Ciclo1	Selector de paro de ciclo para la banda inclinada 1	Entrada	Discreta
SP_Emer_OP2	Pulsador paro de emergencia cabeza de seta OP2	Entrada	Discreta
S_MM	Selector de modo de marcha manual	Entrada	Discreta
S_MA	Selector de modo de marcha automático	Entrada	Discreta
S_Ban_Incli2gh	Selector banda inclinada 2 giro horario	Entrada	Discreta
S_Ban_Incli2ga	Selector banda inclinada 2 giro antihorario	Entrada	Discreta
S_Bra_Neum2	Selector brazo neumático 2	Entrada	Discreta
S_Bra_Neum3	Selector brazo neumático 3	Entrada	Discreta
S_Rodi_Regle	Selector rodillo regle	Entrada	Discreta
S_Rodi_Doble	Selector rodillo doble	Entrada	Discreta
S_Hidraulico	Selector banco hidráulico	Entrada	Discreta
S_Rodi2gh	Selector rodillo 2 giro horario	Entrada	Discreta
S_Rodi2ga	Selector rodillo 2 giro antihorario	Entrada	Discreta
S_Ban_BasP	Selector banda basura principal	Entrada	Discreta
SP_Ciclo2	Selector de paro de ciclo para la banda inclinada 2	Entrada	Discreta
S_Rodi3	Selector rodillo 3	Entrada	Discreta
S_Bra_Neum4	Pulsador brazo neumático 4	Entrada	Discreta
S_Ban_Dra	Pulsador para la banda dragón	Entrada	Discreta

Sen_F1	Sensor fotoeléctrico banda inclinada 1 INT	Entrada	Discreta
Sen_M1	Sensor mecánico banda inclinada 1 INT	Entrada	Discreta
Sen_M2	Sensor mecánico de retroceso (brazo neumático1)	Entrada	Discreta
Sen_F2	Sensor fotoeléctrico rodillo 1	Entrada	Discreta
Sen_F3	Sensor fotoeléctrico de seguridad sierra 1	Entrada	Discreta
Sen_F4	Sensor fotoeléctrico de seguridad sierra 2	Entrada	Discreta
Sen_F5	Sensor fotoeléctrico rodillo 3	Entrada	Discreta
Sen_M3	Sensor mecánico de retroceso (brazo neumático4)	Entrada	Discreta
Sen_F6	Sensor fotoeléctrico banda inclinada 1 OUT	Entrada	Discreta
Sen_F7	Sensor fotoeléctrico banda inclinada 2 INT	Entrada	Discreta
Sen_M4	Sensor mecánico banda inclinada 2 INT	Entrada	Discreta
Sen_M5	Sensor mecánico rodillo 3.1	Entrada	Discreta
Sen_M6	Sensor mecánico rodillo 3.2	Entrada	Discreta
Ban_H	Relé auxiliar para la banda horizontal	Salida	Discreta
Ban_Incli1	Relé auxiliar para la banda inclinada 1	Salida	Discreta
Rodi1	Relé auxiliar para el rodillo 1	Salida	Discreta
Bra_Neum1	Relé auxiliar para el brazo neumático 1	Salida	Discreta
Ban_Incli2gh	Relé auxiliar para la banda inclinada 2 giro horario	Salida	Discreta
Ban_Incli2ga	Relé para la banda inclinada 2 giro antihorario	Salida	Discreta
Lubri	Relé auxiliar para la bomba lubricadora	Salida	Discreta
Sierr_Seg12	Relé auxiliar para las sierras 1 y 2	Salida	Discreta
Rodi2gh	Relé auxiliar para el rodillo 2 giro horario	Salida	Discreta
Rodi2ga	Relé auxiliar para el rodillo 2 giro antihorario	Salida	Discreta
Bra_Neum2	Relé auxiliar para el brazo neumático 2	Salida	Discreta
Bra_Neum3	Relé auxiliar para el brazo neumático 3	Salida	Discreta
Rodi3	Relé auxiliar rodillo 3	Salida	Discreta
Bra_Neum4	Relé auxiliar para el brazo neumático 4	Salida	Discreta





- La seguridad funcional depende del correcto funcionamiento de los subsistemas eléctricos, electrónicos, sistemas programables y sistemas de mando.



- El objetivo de un análisis de riesgo es la determinación de los peligros existentes en el proceso, para posteriormente ser mitigados.
- Capas de protección.
- Implementación de un SIS.



- La norma se basa en la consideración de un proceso que puede suponer un riesgo a la seguridad del personal y del proceso.
- IEC 61508
- IEC 61511
- IEC 62061

# Determinación SIL en el sistema de bandas

Determinar el valor numérico para la frecuencia y el tiempo durante el cual la persona está expuesta al peligro (Fr).



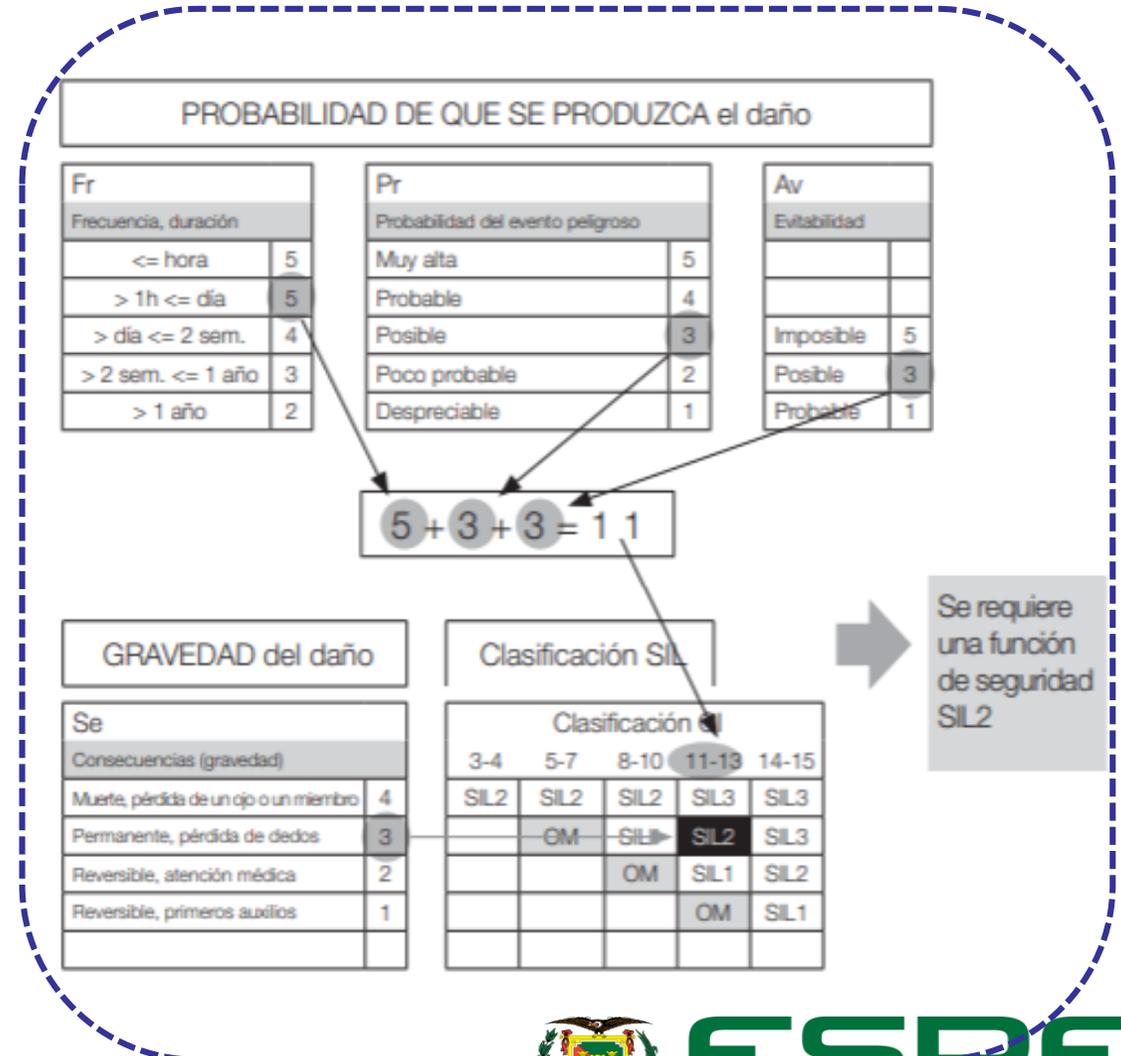
Determinar el valor de la probabilidad de que una situación de riesgo ocurra cuando se está expuesto a ella (Pr).



Determinar el valor de la posibilidad de prevenir o limitar el alcance de los daños (Av).



Determinar la gravedad de las consecuencias de un evento peligroso (Se).



6

Ingeniería básica

# Características eléctrica del sistema



## Alimentación eléctrica

La empresa opera principalmente con un suministro de energía de 220/380 VAC trifásico de cuatro hilos.



## Actuadores del sistema

12 Motores eléctricos, 380 VAC.  
4 Cilindros neumáticos, 220 VAC

Equipo	Cant	P <sub>n</sub> . Uni [KW]	P <sub>n</sub> . Total [KW]
Motor 3Φ transportador horizontal	1	2.2	2.2
Motor 3Φ transportador inclinada 1	1	2.2	2.2
Electroválvulas	4	0.011	0.044
Motor 3Φ rodillo cónico	3	2.2	6.6
Motor 3Φ transportador inclinada 2	1	5.5	5.5
Motor 3Φ banda expulsión de basura	2	2.2	4.4
Lubricadora de aceite	1	0.25	0.25
Motor 3Φ rodillo relee	1	7.5	7.5
Bomba hidráulica	1	5.5	5.5
Motor 3Φ rodillo doble	1	7.5	7.5
Carga total del tablero			41.7



NEC 15

IEC 60034



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Sistema de control



IEC 61131-1

IEC 61131-2

IEC 60204-1



- PLC con: 40 entradas discretas, 22 salidas discretas, puerto de comunicación ethernet, amplio juego de instrucciones, alimentación de entrada 24 VDC.
- Fuente de alimentación: Tensión de entrada 220 VAC, tensión de salida 24 VDC, corriente de salida 2.5 A.
- Selector plástico de 2 posiciones a 24 VDC, vida útil media 10000000 ciclo de maniobra, grado de protección IP 69.
- Selector plástico de 3 posiciones a 24 VDC, , vida útil media 10000000 ciclo de maniobra, grado de protección IP 69.
- Relé auxiliar con bobinas de 24 VDC, contactos auxiliares 1 NA + 1 NC, grado de protección IP 40.



# Sistema de instrumentación



IEC 60947



Sensor mecánico vástago de acero: Tensión asignada 24 ... 400 VDC, contacto NC 1, contacto NA 1, vida útil de los contactos 100000 ciclos de maniobra, IP 67.

Sensor mecánico palanca abatible: Tensión asignada 24 ... 400 VDC, contacto NC 1, contacto NA 1, vida útil de los contactos 100000 ciclos de maniobra, IP 67.

Sensor fotoeléctrico: Tensión de alimentación 12 ... 240 VDC, contacto NC 1, contacto NA 1, vida útil media 100000 h, rango de activación 50 – 1700 [mm], IP 67.



# Dispositivos de protección



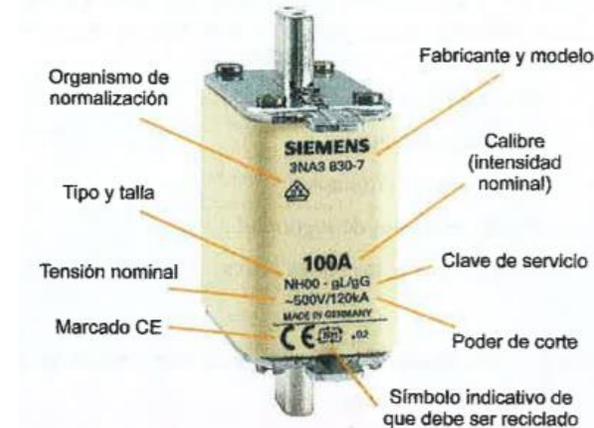
IEC 60947-2  
IEC 60204-1  
NEC 15



Fusibles: Tensión nominal [VAC], intensidad nominal [A], poder de corte [KA], tipología.

Interruptor automático: Intensidad nominal [A], tensión nominal [V], poder de corte [KA], número de polos.

Relé térmico: Tensión nominal [V], intensidad nominal [A], tripolares.





# Dispositivos de visualización



Pantalla HMI: Tensión de alimentación 24 [VDC], pantalla monocromática, grado de protección IP 20, pantalla 6", Puerto ethernet.

Modulo CSM 1277: Tensión de alimentación 24 [VDC], 4 puertos ethernet, grado de protección IP 20.

Luces piloto para indicar los estados del proceso 220 [VAC], diámetro interno 22 [mm], grado de protección IP 66.



# Dimensionamiento de los conductores



ITC-BT-47  
NEC 15  
NOM 001



El conductor sea capaz de soportar la intensidad máxima que circula por el circuito.

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$$

Sobredimensionamiento para una intensidad del 125% de la corriente nominal.

$$I = I_n \cdot 125\%$$

La caída de tensión no sea superior a un determinado valor marcado por REBT (3% a 5%).

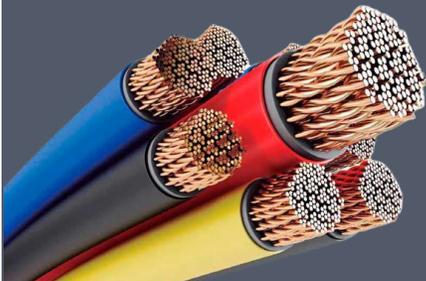
$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I}{\Delta V}$$



# Dimensionamiento de los conductores



- En los circuitos de control, la sección utilizada será de 14 AWG, ya que las cargas presentan un consumo muy bajo.



Equipo	Cant	Tensión [V]	I <sub>n</sub> [A]	Sección AWG	Tipos TW, UF [A]
Motor ABB transportador horizontal	1	380	5.9	10	30
Motor WEG transportador inclinada 1	1	380	5.88	10	30
Motor WEG rodillo cónico	3	380	5.88	10	30
Motor WEG transportador inclinada 2	1	380	13.6	8	40
Motor WEG banda expulsión de basura	2	380	5.88	10	30
Lubricadora de aceite	1	380	1.04	14	15
Motor WEG rodillo relee	1	380	18.13	6	55
Motor WEG rodillo doble	1	380	18.13	6	55
Bomba hidráulica WEG	1	380	13.5	8	40



# Dimensionamiento de actuadores lineales



Fuerza del cilindro y la carga a desplazar.

Presión de aire.

Velocidad de salida del vástago.

El rozamiento de las juntas  $R=0.95$ .

$$F = P \cdot S \cdot R$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot m \cdot g}{\pi \cdot P \cdot R}}$$

$$d \geq 1.2 \cdot d_1$$

Masa promedio 97,61 [Kg]



# Dimensionamiento de actuadores lineales

Dispositivo	Características	Especificación
Cilindro FVBC 100X250-S 	Tipo de cilindro	Doble efecto
	Presión de trabajo nominal	1 ... 9 [BAR]
	Presión máxima	13.5 [BAR]
	Diámetro pistón	100 [mm]
	Carrera del vástago	250 [mm]
	Fabricante	Eternal Machinery America "EMC"
	Temperatura	-5 ... 70 °C
	Grado de protección IP	IP 69

Fuente: Contrachapados de Esmeraldas S.A. - Codesa



# Dimensionamiento interruptor automático



IEC 60947

IEC 60898



Categoría de empleo de 5 a 10  $I_n$ .

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$$

Sobredimensionar para un factor de 1.5.

$$I_p = 1.5 \cdot I_n$$

Corriente magnética.

$$I_m = F_c \cdot I_n$$

Poder de corte.

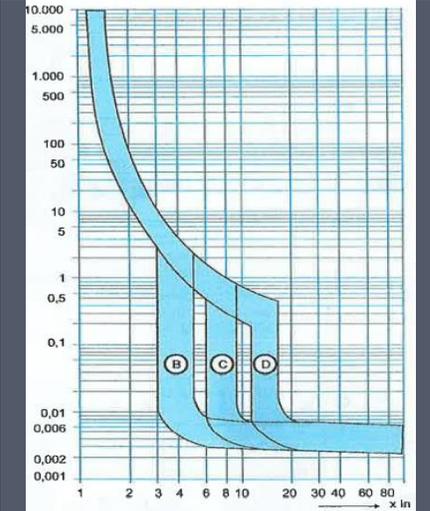


# Dimensionamiento interruptor automático

- B ... 3.2 a 4.8  $I_n$  Circuitos en los que no se producen transitorios.
- C ... 5 a 10  $I_n$  Cargas inductivas y capacitivas.
- D ... 10 a 14  $I_n$  Cargas inductivas o capacitivas importantes (transformadores, motores, bancos de condensadores).



Equipo	Cant	Tensión [V]	I [A]	# Polos	Categoría	Icn [KA]	Termomagnético
Motor ABB transportador horizontal	1	400	10	3	C	4.5	Siemens 5SL3310-7MB
Motor WEG transportador inclinada 1	1	400	10	3	C	4.5	Siemens 5SL3310-7MB
Motor WEG rodillo cónico	3	400	10	3	C	4.5	Siemens 5SL3310-7MB
Motor WEG banda inclinada 2	1	400	16	3	C	4.5	Siemens 5SL3310-7MB
Motor WEG banda expulsión de basura	2	400	10	3	C	4.5	Siemens 5SL3310-7MB
Lubricadora de aceite	1	400	4	3	C	4.5	Siemens 5SL3304-7MB
Protección general	1	690	63	3	C	25	Siemens 3VT1706-2DC36-0AA0



# Dimensionamiento de fusibles

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$$



Los fusibles deberán resistir durante una hora, una intensidad igual a  $1.3 I_n$ , para secciones de  $10 \text{ mm}^2$ . en adelante y  $1.2 I_n$  para secciones inferiores a  $10 \text{ mm}^2$ .

Selección del tipo de fusible (gG o aM) según los actuadores a usar.



IEC 60947

IEC 60898



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Dimensionamiento de fusibles

Equipo	Cant	Tensión [V]	I <sub>r</sub> [A]	Tamaño	Categoría	I <sub>cn</sub> [KA]	Fusible
Motor ABB transportador horizontal	1	500	8	10X38	aM	120	Fusible 10X38 8A EATON
Motor WEG transportador inclinada 1	1	500	8	10X38	aM	120	Fusible 10X38 8A EATON
Motor WEG rodillo cónico	3	500	8	10X38	aM	120	Fusible 10X38 8A EATON
Motor WEG banda inclinada 2	1	500	16	10X38	aM	120	Fusible 10X38 16A EATON
Motor WEG banda expulsión de basura	2	500	8	10X38	aM	120	Fusible 10X38 8A EATON
Lubricadora de aceite	1	500	2	10X38	aM	120	Fusible 10X38 2A EATON



# Dimensionamiento de contactor

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$$



- Categoría de empleo según la función a desempeñar de los actuadores.
- Cadencia de funcionamiento.
- Temperatura ambiente.
- La corriente que circula por el contactor debe ser mayor a la corriente nominal de la carga



IEC 60947



# Dimensionamiento de contactor



Equipo	Cant	Tensión bobina [V]	Tensión de aislamiento [V]	Categoría	Contactor
Motor ABB transportador horizontal	1	220	690	AC-3	Schneider LC1D12BD
Motor WEG transportador inclinada 1	1	220	690	AC-3	Schneider LC1D12BD
Motor WEG rodillo cónico	3	220	690	AC-3	Schneider LC1D12BD
Motor WEG banda inclinada 2	1	220	690	AC-3	Schneider LC1D25BD
Motor WEG banda expulsión de basura	2	220	690	AC-3	Schneider LC1D12BD
Lubricadora de aceite	1	220	690	AC-3	Schneider LC1D09BD



# Dimensionamiento relé térmico



La corriente límite de disparo está comprendida entre 1.05 y 1.2 veces el valor de servicio.

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$$

Tipo de rearme.

$$I_s = F_s \cdot I_n$$

Rango de operación en amperios.

Clase de disparo



IEC 60947



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Dimensionamiento relé térmico

- **Relés de clase 10:** para aplicaciones con duración de arranque inferior a 10 segundos.
- **Relés de clase 20:** permiten arranques de hasta 20 segundos de duración.
- **Relés de clase 30:** para arranques con un máximo de 30 segundos.

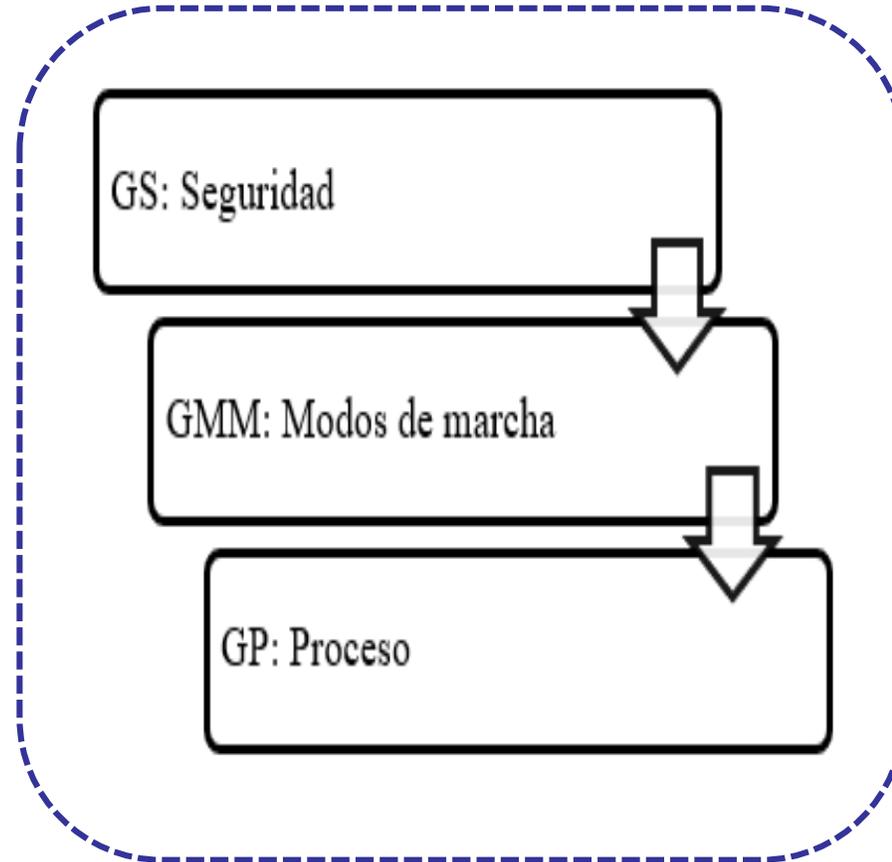


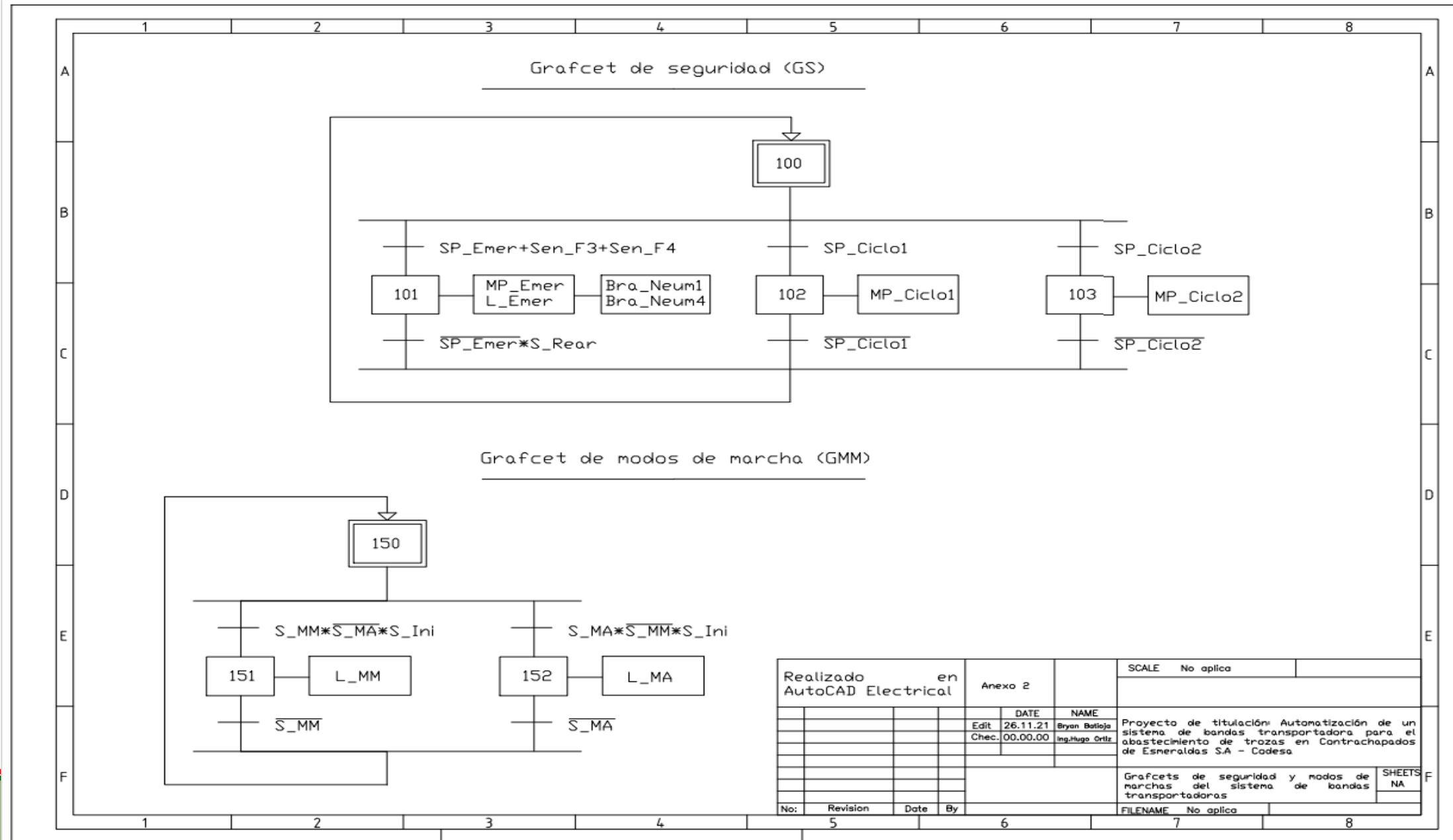
Equipo	Cant	Rango de ajuste [A]	Tensión de aislamiento [V]	Clase	Relé Térmico
Motor ABB transportador horizontal	1	4 ... 6	690	10	Schneider LRD10
Motor WEG transportador inclinada 1	1	4 ... 6	690	10	Schneider LRD10
Motor WEG rodillo cónico	3	4 ... 6	690	10	Schneider LRD10
Motor WEG banda inclinada 2	1	9 ... 13	690	10	Schneider LRD16
Motor WEG banda expulsión de basura	2	4 ... 6	690	10	Schneider LRD10
Lubricadora de aceite	1	0.8 ... 1.2	690	10	Schneider LR2K03 06

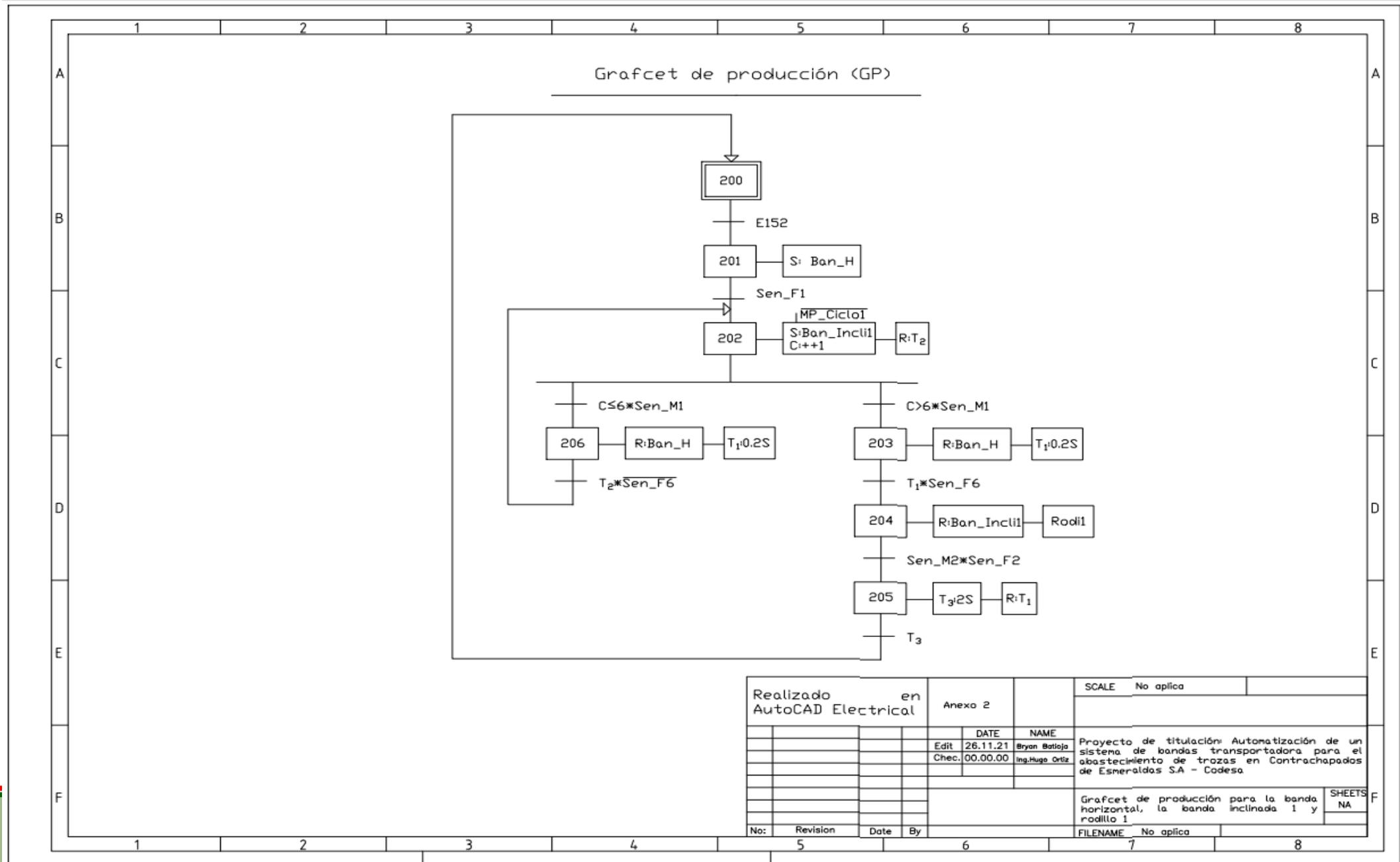
# Diseño del sistema de control

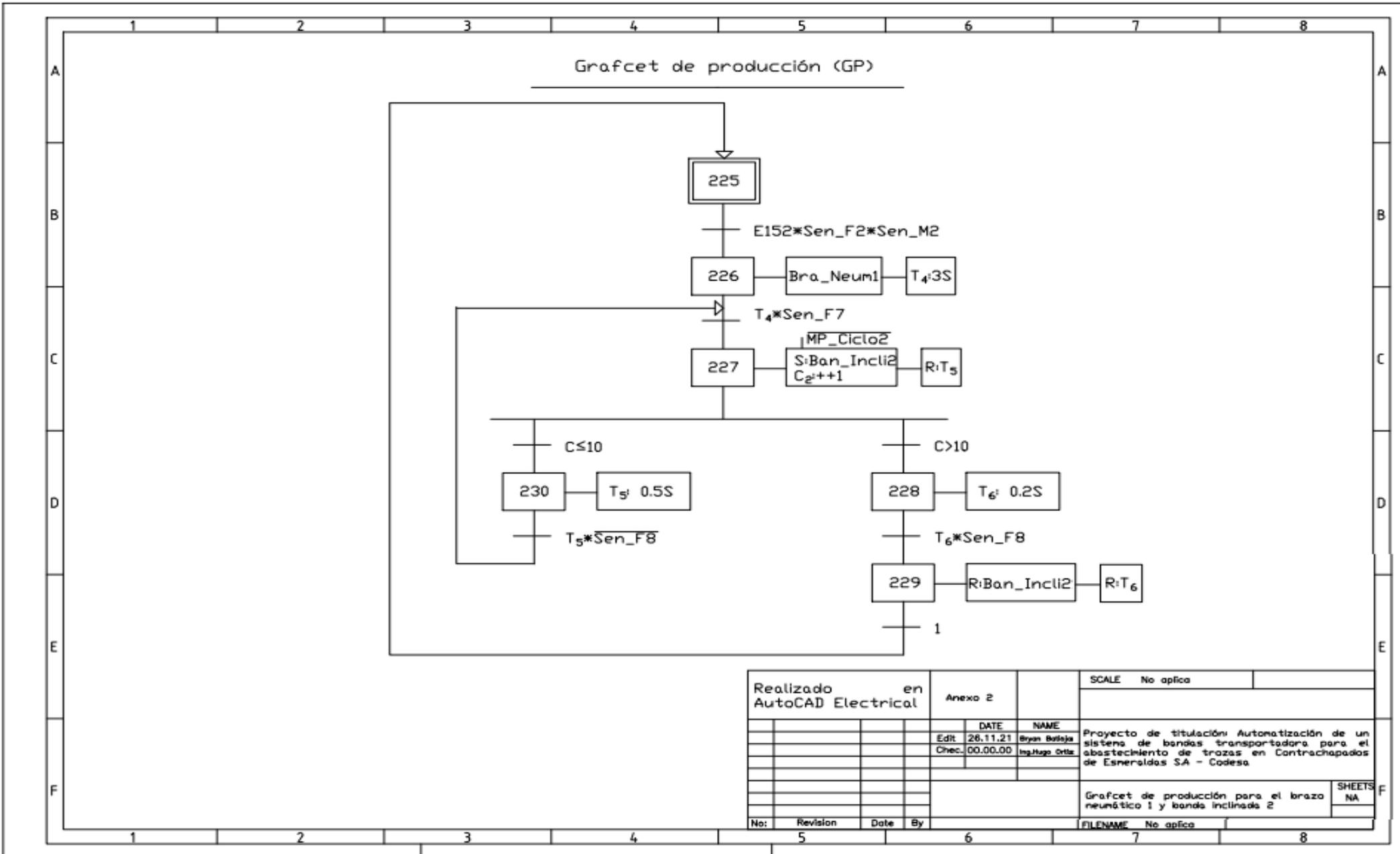


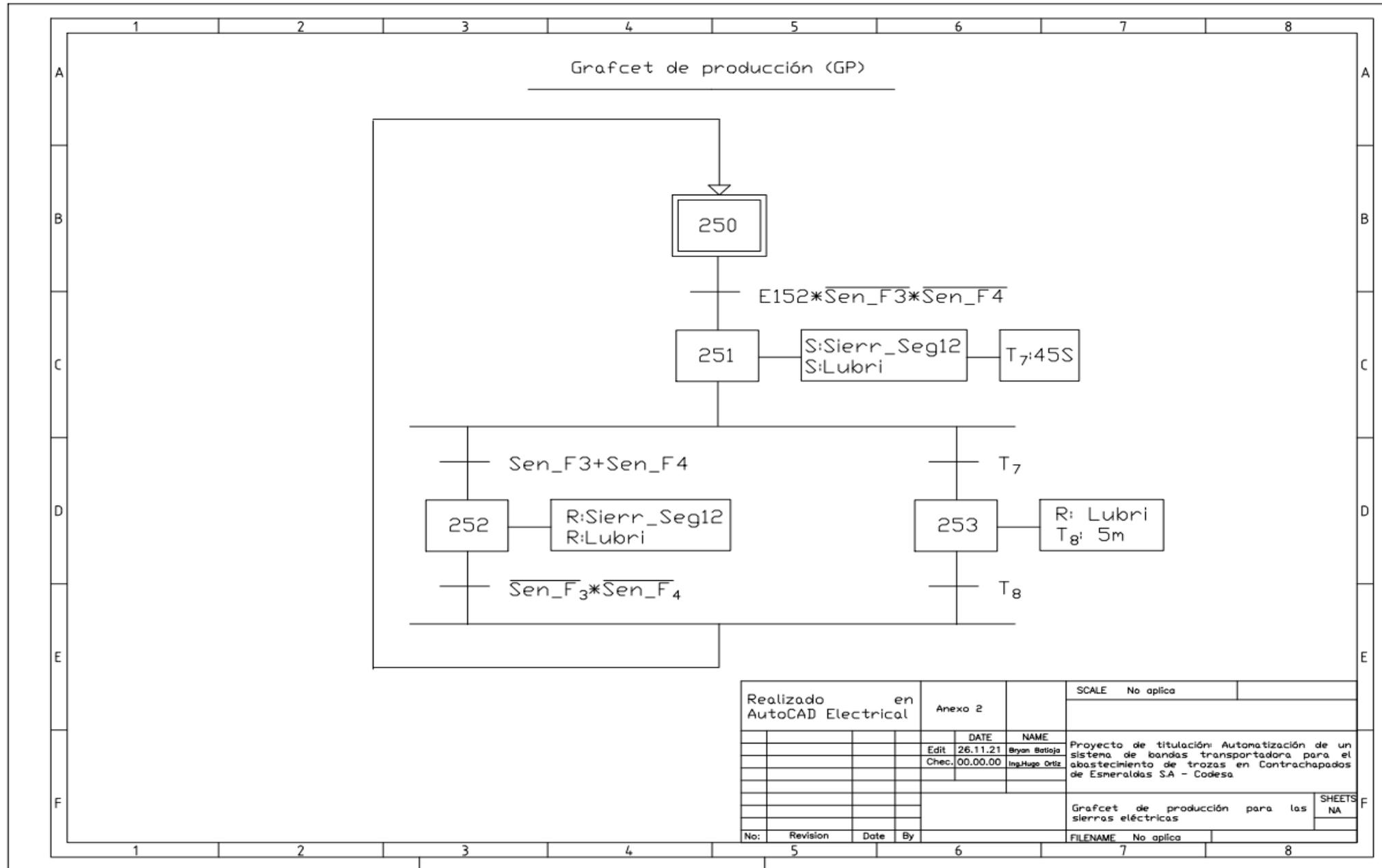
IEC 61131-3

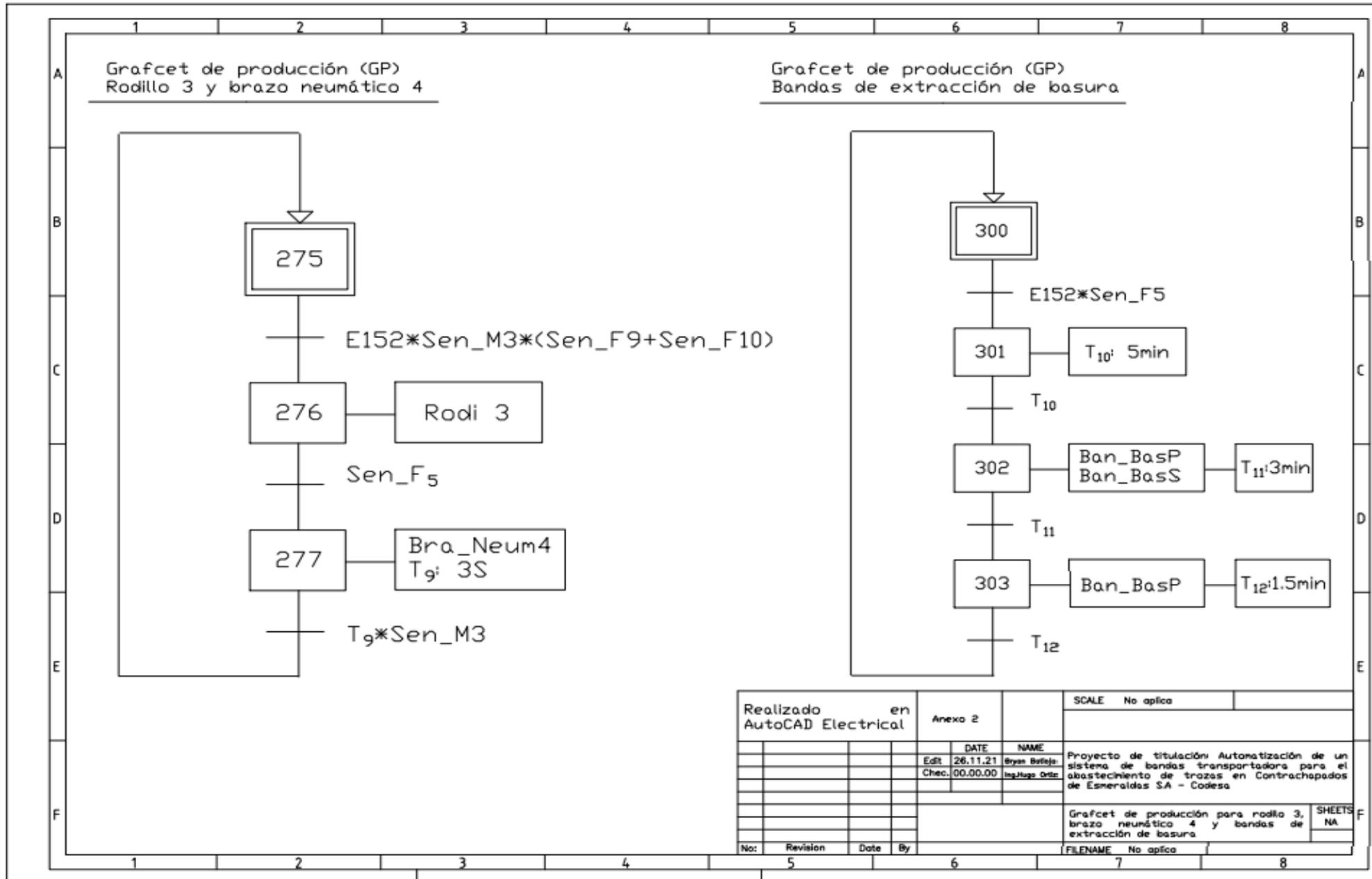












# Diseño del sistema de control

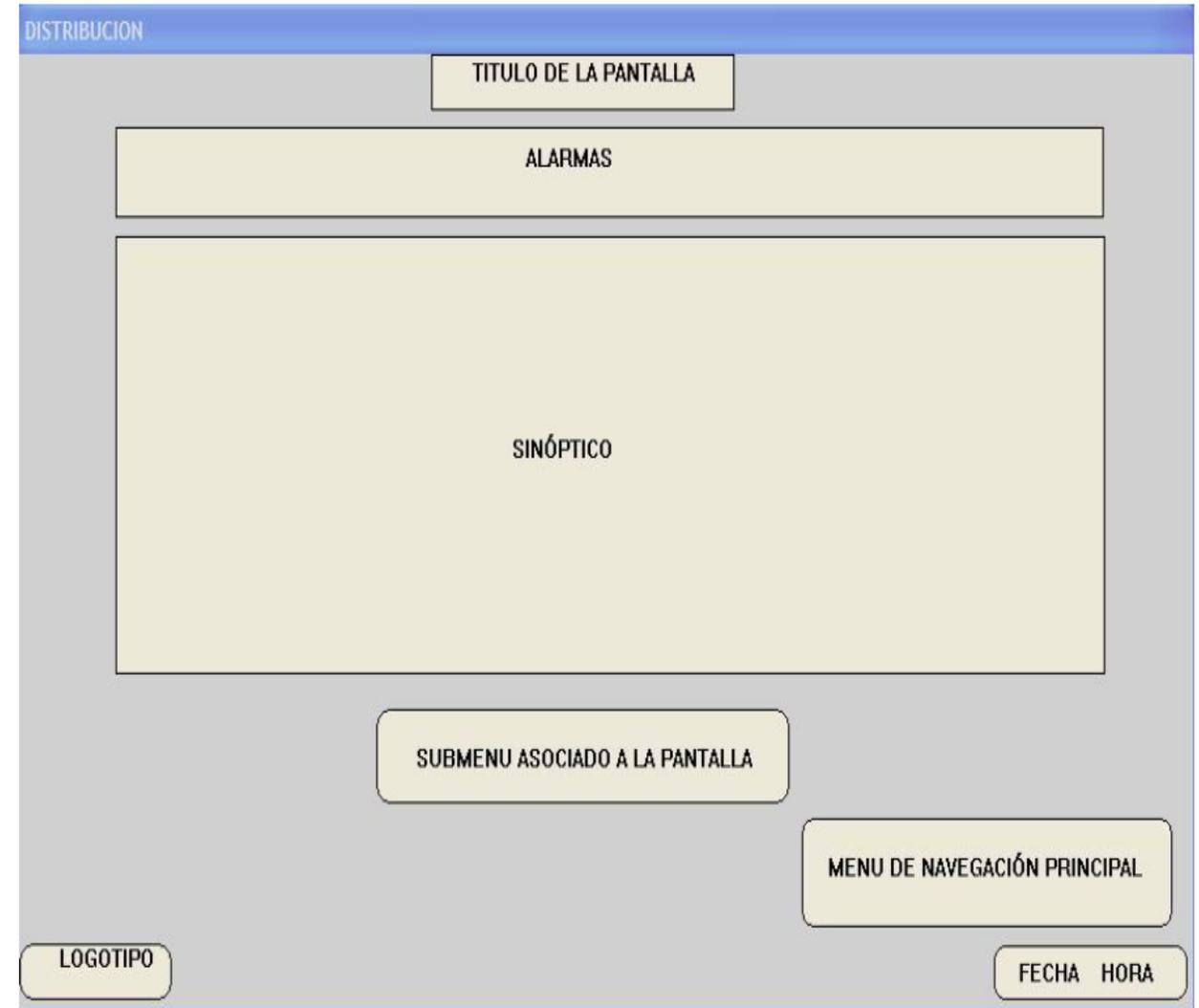
Ingeniería básica

N	Descripción	Tags	Dirección	Tipo					
1	Pulsador paro de emergencia cabeza de seta tablero	SP_Emer_Tab	I0.2	Entrada_Dis	35	Sensor mecánico de retroceso (brazo neumático4)	Sen_M3	I1.4	Entrada_Dis
2	Pulsador paro de emergencia cabeza de seta OP1	SP_Emer_OP1	I0.5	Entrada_Dis	36	Sensor fotoeléctrico banda inclinada 1 OUT	Sen_F6	I12.3	Entrada_Dis
3	Pulsador de inicio	S_Ini	I1.2	Entrada_Dis	37	Sensor fotoeléctrico banda inclinada 2 INT	Sen_F7	I12.5	Entrada_Dis
4	Pulsador de rearmen	S_Rear	I16.4	Entrada_Dis	38	Sensor fotoeléctrico banda inclinada 2 OUT	Sen_F8	I12.6	Entrada_Dis
5	Selector de banda horizontal	S_Ban_H	I16.6	Entrada_Dis	39	Sensor fotoeléctrico rodillo 3.1	Sen_F9	I12.7	Entrada_Dis
6	Selector banda inclinada 1	S_Ban_Incli1	I9.5	Entrada_Dis	40	Sensor fotoeléctrico rodillo 3.2	Sen_F10	I16.0	Entrada_Dis
7	Selector rodillo 1	S_Rodi1	I9.4	Entrada_Dis	41	Señal de falla del relé térmico 1	Termo1	I20.2	Entrada_Dis
8	Pulsador brazo neumático 1	S_Bra_Neum1	I8.3	Entrada_Dis	42	Señal de falla del relé térmico 2	Termo2	I20.3	Entrada_Dis
9	Selector para la sierra 1 y sierra 2	S_Sierra	I16.5	Entrada_Dis	43	Señal de falla del relé térmico 3	Termo3	I20.4	Entrada_Dis
10	Selector de paro de ciclo para la banda inclinada 1	SP_Ciclo1	I16.1	Entrada_Dis	44	Señal de falla del relé térmico 4	Termo4	I20.5	Entrada_Dis
11	Pulsador paro de emergencia cabeza de seta OP2	SP_Emer_OP2	I0.7	Entrada_Dis	45	Señal de falla del relé térmico 5	Termo5	I20.6	Entrada_Dis
12	Selector de modo de marcha manual	S_MM	I0.3	Entrada_Dis	46	Señal de falla del relé térmico 6	Termo6	I20.7	Entrada_Dis
13	Selector de modo de marcha automático	S_MA	I16.2	Entrada_Dis	47	Relé auxiliar para la banda horizontal	Ban_H	Q8.1	Salida_Dis
14	Selector banda inclinada 2 giro horario	S_Ban_Incli2gh	I8.0	Entrada_Dis	48	Relé auxiliar para la banda inclinada 1	Ban_Incli1	Q8.3	Salida_Dis
15	Selector banda inclinada 2 giro antihorario	S_Ban_Incli2ga	I8.1	Entrada_Dis	49	Relé auxiliar para el rodillo 1	Rodi1	Q8.2	Salida_Dis
16	Selector brazo neumático 2	S_Bra_Neum2	I8.4	Entrada_Dis	50	Relé auxiliar para el brazo neumático 1	Bra_Neum1	Q8.0	Salida_Dis
17	Selector brazo neumático 3	S_Bra_Neum3	I8.5	Entrada_Dis	51	Relé auxiliar para la banda inclinada 2 giro horario	Ban_Incli2gh	Q0.2	Salida_Dis
18	Selector rodillo regle	S_Rodi_Regle	I9.1	Entrada_Dis	52	Relé para la banda inclinada 2 giro antihorario	Ban_Incli2ga	Q0.3	Salida_Dis
19	Selector rodillo doble	S_Rodi_Doble	I9.0	Entrada_Dis	53	Relé auxiliar para la bomba lubricadora	Lubri	Q8.7	Salida_Dis
20	Selector banco hidráulico	S_Hidraulico	I9.3	Entrada_Dis	54	Relé auxiliar para las sierras 1 y 2	Sierr_Seg12	Q9.0	Salida_Dis
21	Selector rodillo 2 giro horario	S_Rodi2gh	I8.6	Entrada_Dis	55	Relé auxiliar para el rodillo 2 giro horario	Rodi2gh	Q0.0	Salida_Dis
22	Selector rodillo 2 giro antihorario	S_Rodi2ga	I8.7	Entrada_Dis	56	Relé auxiliar para el rodillo 2 giro antihorario	Rodi2ga	Q0.1	Salida_Dis
23	Selector banda basura principal	S_Ban_BasP	I9.2	Entrada_Dis	57	Relé auxiliar para el brazo neumático 2	Bra_Neum2	Q0.6	Salida_Dis
24	Selector de paro de ciclo para la banda inclinada 2	SP_Ciclo2	I1.5	Entrada_Dis	58	Relé auxiliar para el brazo neumático 3	Bra_Neum3	Q0.7	Salida_Dis
25	Selector rodillo 3	S_Rodi3	I0.6	Entrada_Dis	59	Relé auxiliar rodillo 3	Rodi3	Q0.5	Salida_Dis
26	Pulsador brazo neumático 4	S_Bra_Neum4	I1.0	Entrada_Dis	60	Relé auxiliar para el brazo neumático 4	Bra_Neum4	Q1.0	Salida_Dis
27	Pulsador para la banda dragón	S_Ban_Dra	I1.2	Entrada_Dis	61	Relé auxiliar para la banda dragón	Ban_Dra	Q1.1	Salida_Dis
28	Sensor fotoeléctrico banda inclinada 1 INT	Sen_F1	I20.1	Entrada_Dis	62	Relé auxiliar para la banda de basura principal	Ban_BasP	Q0.4	Salida_Dis
29	Sensor mecánico banda inclinada 1 INT	Sen_M1	I20.0	Entrada_Dis	63	Relé auxiliar para el rodillo regle	Rodi_Regle	Q8.4	Salida_Dis
30	Sensor mecánico de retroceso (brazo neumático1)	Sen_M2	I0.0	Entrada_Dis	64	Relé auxiliar para el rodillo doble	Rodi_Doble	Q8.5	Salida_Dis
31	Sensor fotoeléctrico rodillo 1	Sen_F2	I0.1	Entrada_Dis	65	Relé auxiliar para banco hidráulico	Hidraulico	Q8.6	Salida_Dis
32	Sensor fotoeléctrico de seguridad sierra 1	Sen_F3	I12.1	Entrada_Dis	66	Luz piloto de estado de emergencia	L_Emer	Q9.1	Salida_Dis
33	Sensor fotoeléctrico de seguridad sierra 2	Sen_F4	I12.2	Entrada_Dis	67	Luz piloto de modo de marcha manual	L_MM	Q9.2	Salida_Dis
34	Sensor fotoeléctrico rodillo 3	Sen_F5	I1.3	Entrada_Dis	68	Luz piloto de modo de marcha automático	L_MA	Q9.3	Salida_Dis

- Para el diseño se inicia a partir de una plantilla general que proporciona noción para el desarrollo de las pantallas.
- La HMI propuesta tiene como principal base los requerimientos técnicos solicitado por el departamento de mantenimiento.



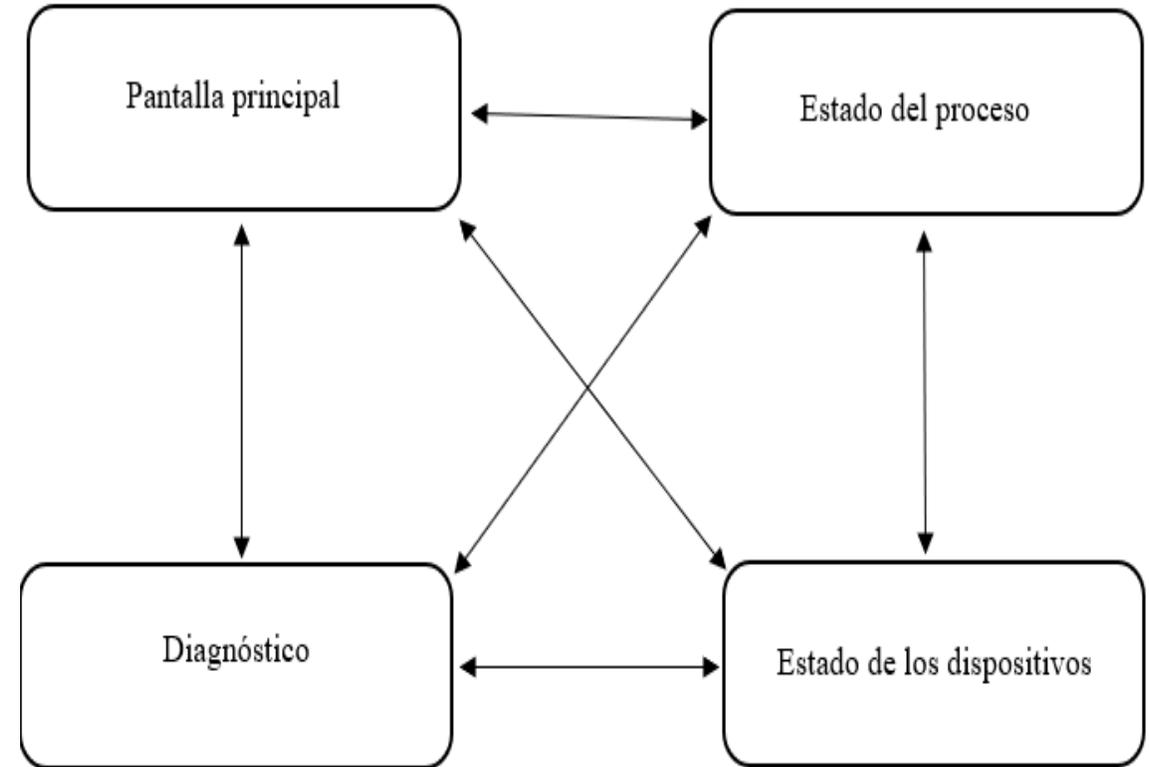
ANSI-ISA 101

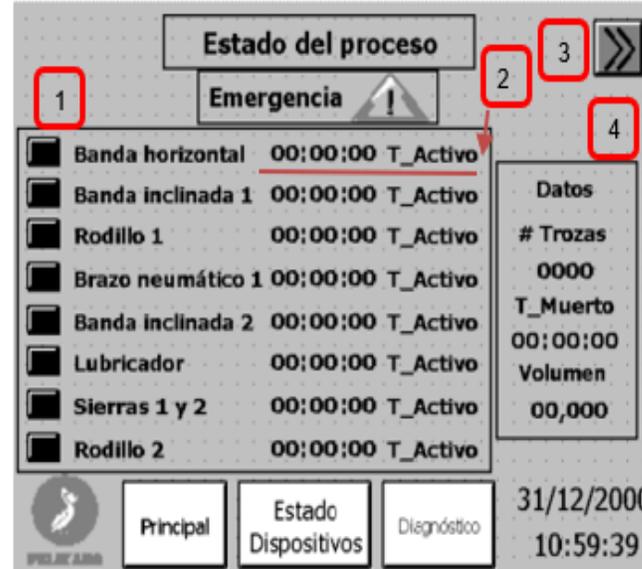
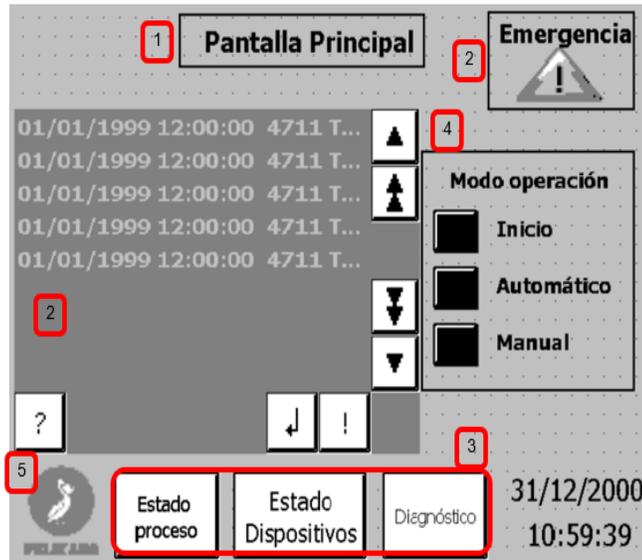


- El esquema de navegación entre pantallas debe ser intuitivo y fácil de usar.
- Se desarrollaron 4 pantallas de las cuales una es la pantalla principal y las otras tres son secundarias.



ANSI-ISA 101



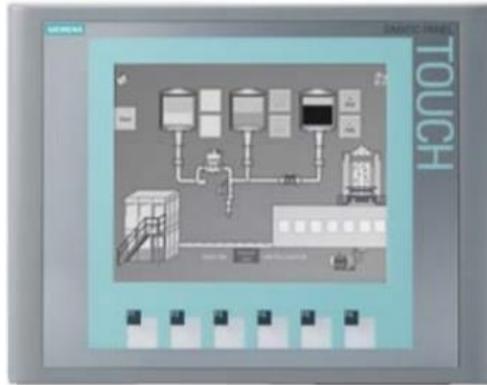


1. Título
2. Alarmas y registro de alarmas
3. Botones de navegación
4. Modo de operación
5. Logotipo de la empresa

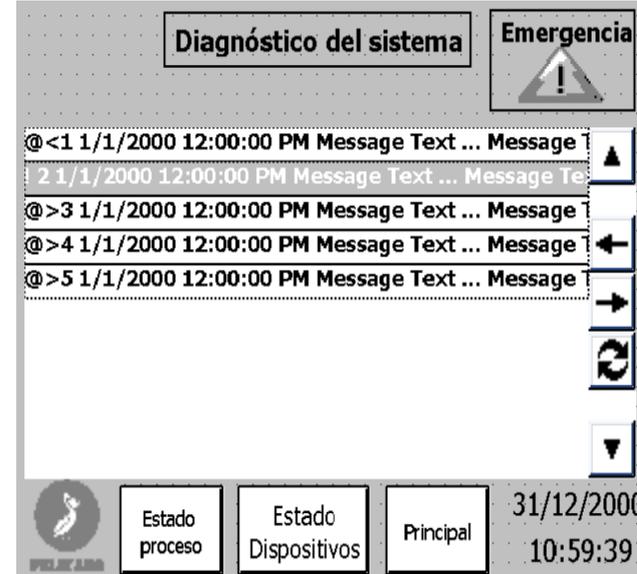
1. Tabla de actuadores
2. Acumulación de tiempo activo
3. Botones de navegación lateral
4. Recuadro de datos

1. Tabla de captadores y actuadores

Los componentes de hardware y los dispositivos de terceros pueden desencadenar fallas en el PLC llevándolo al paro.



Pantalla emergente para las warnings configuradas ante un aumento paulatino de la temperatura en los actuadores (sobrecargas).



<input checked="" type="checkbox"/>	1	▼	Aviso de bit_1	El sistema entro en paro general	Errors	...	Variable_H...	8	▼	%DB10.DBX0.0
<input checked="" type="checkbox"/>	2		Aviso de bit_2	Falla detectada en el relé térmico 1, revisar el fallo	Errors		Variable_HM_1	9		%DB10.DBX0.1
<input checked="" type="checkbox"/>	3		Aviso de bit_3	Falla detectada en el relé térmico 2, revisar el fallo	Errors		Variable_HM_1	10		%DB10.DBX0.2
<input checked="" type="checkbox"/>	4		Aviso de bit_4	Falla detectada en el relé térmico 3, revisar el fallo	Errors		Variable_HM_1	11		%DB10.DBX0.3
<input checked="" type="checkbox"/>	5		Aviso de bit_5	Falla detectada en el relé térmico 4, revisar el fallo	Errors		Variable_HM_1	12		%DB10.DBX0.4
<input checked="" type="checkbox"/>	6		Aviso de bit_6	Falla detectada en el relé térmico 5, revisar el fallo	Errors		Variable_HM_1	13		%DB10.DBX0.5
<input checked="" type="checkbox"/>	7		Aviso de bit_7	Falla detectada en el relé térmico 6, revisar el fallo	Errors		Variable_HM_1	14		%DB10.DBX0.6
<input checked="" type="checkbox"/>	8		Aviso de bit_8	Falla en la sierra 1, se movio la hoja de la sierra	Errors		Variable_HM_1	15		%DB10.DBX0.7
<input checked="" type="checkbox"/>	9		Aviso de bit_9	Falla en la sierra 2, se movio la hoja de la sierra	Errors		Variable_HM_1	0		%DB10.DBX1.0



IEC 61439-1

IEC 60529

NEC 15



- Grado de protección IP 65 para industrias de la madera (IEC 61439).
- Deben ser fabricados con materiales resistentes al fuego y a la corrosión.
- Contar con una puerta exterior hermética.
- Considerar un volumen libre del 25% para posibles ampliaciones de capacidad.
- El cableado de interconexión deberá hacerse a través de canaletas no conductoras.





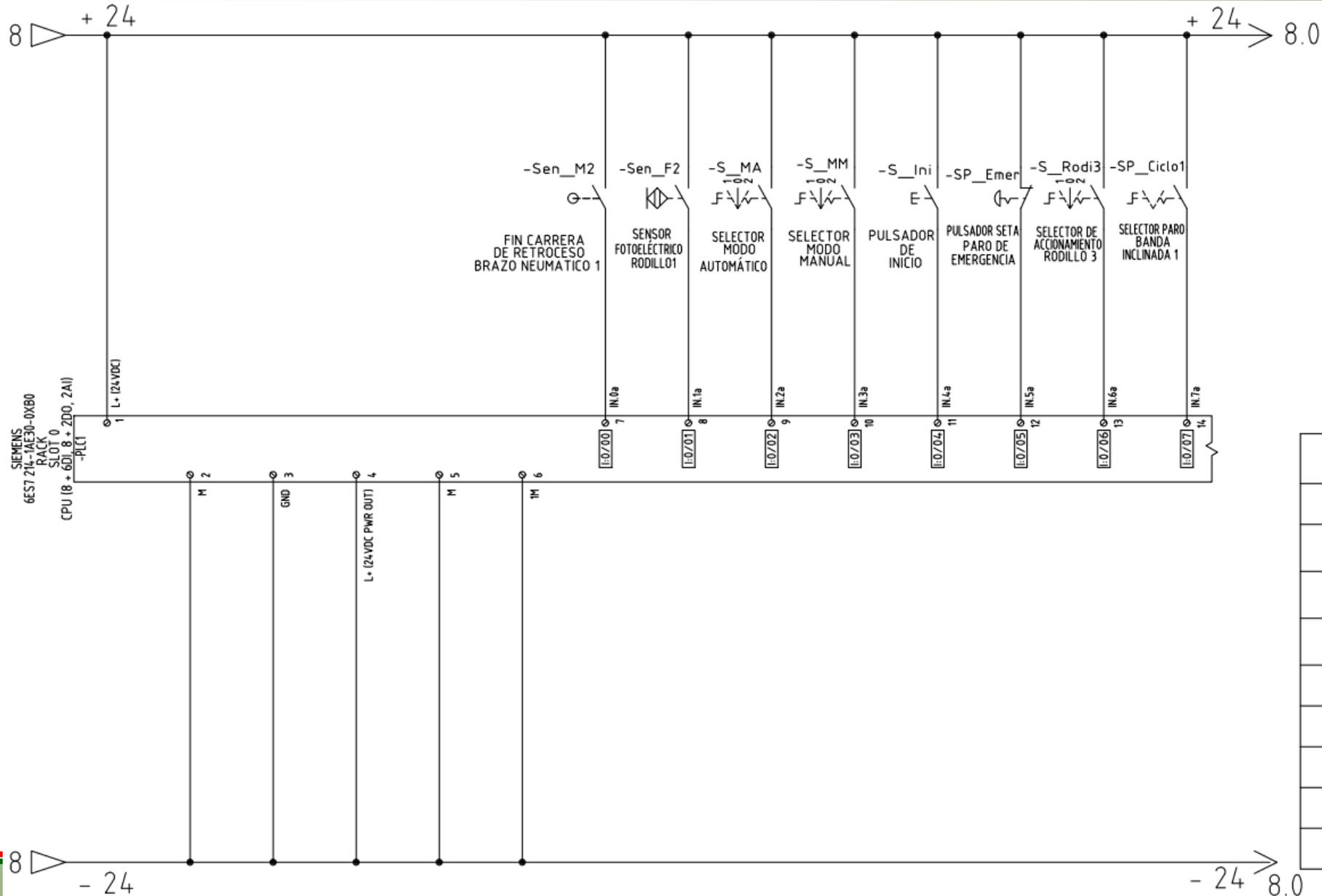
No hay una norma que determine la forma en la que deba ir posicionado los elementos dentro del tablero, pero generalmente se dispone de la siguiente forma:

- Parte superior: protecciones
- Parte central: equipos de control y maniobra
- Parte inferior: borneras para control y borneras para actuadores.
- Puerta: Luces piloto, dispositivos de mando y HMI

Ingeniería a detalle

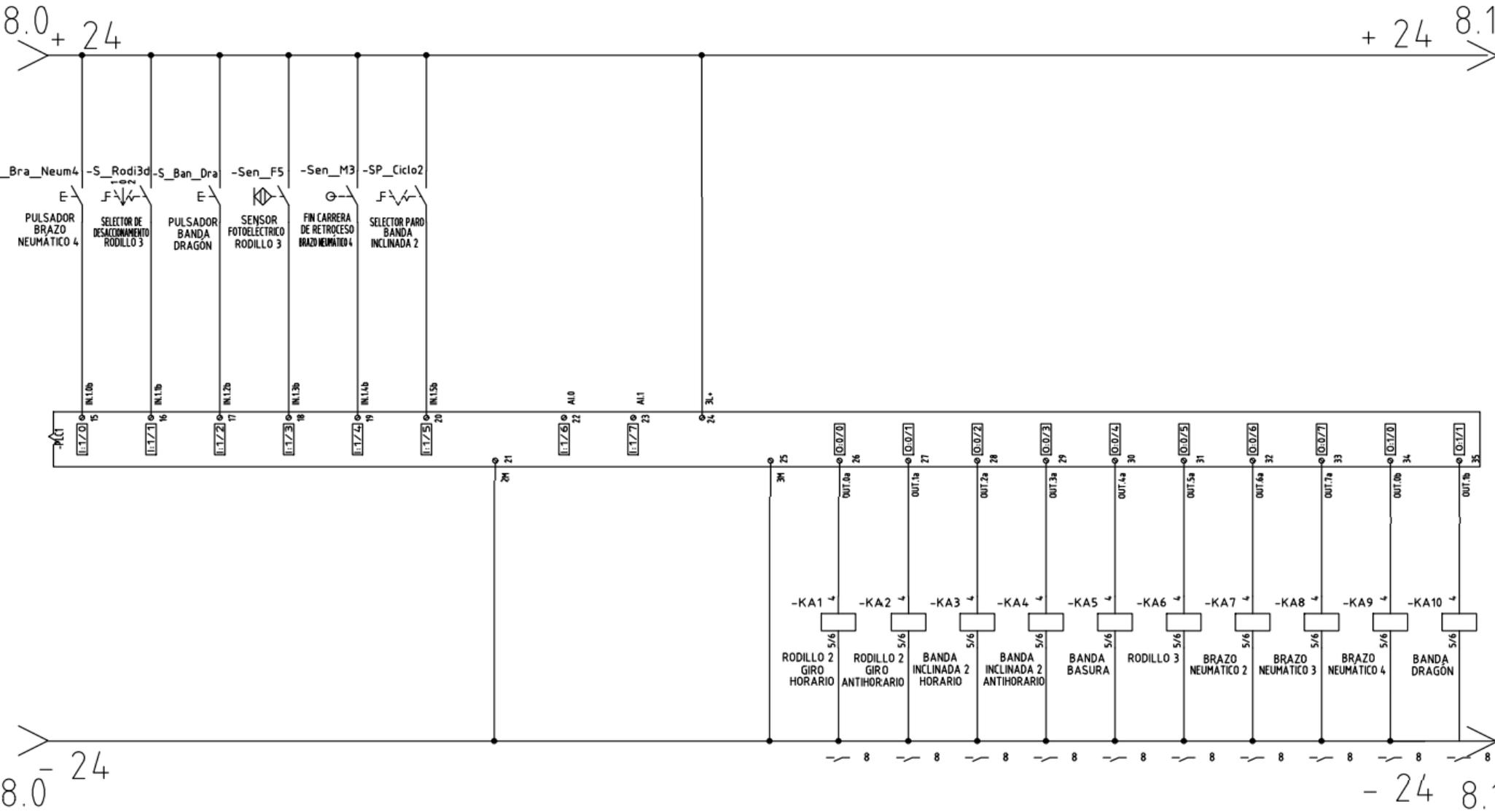
7

# Esquemas de control



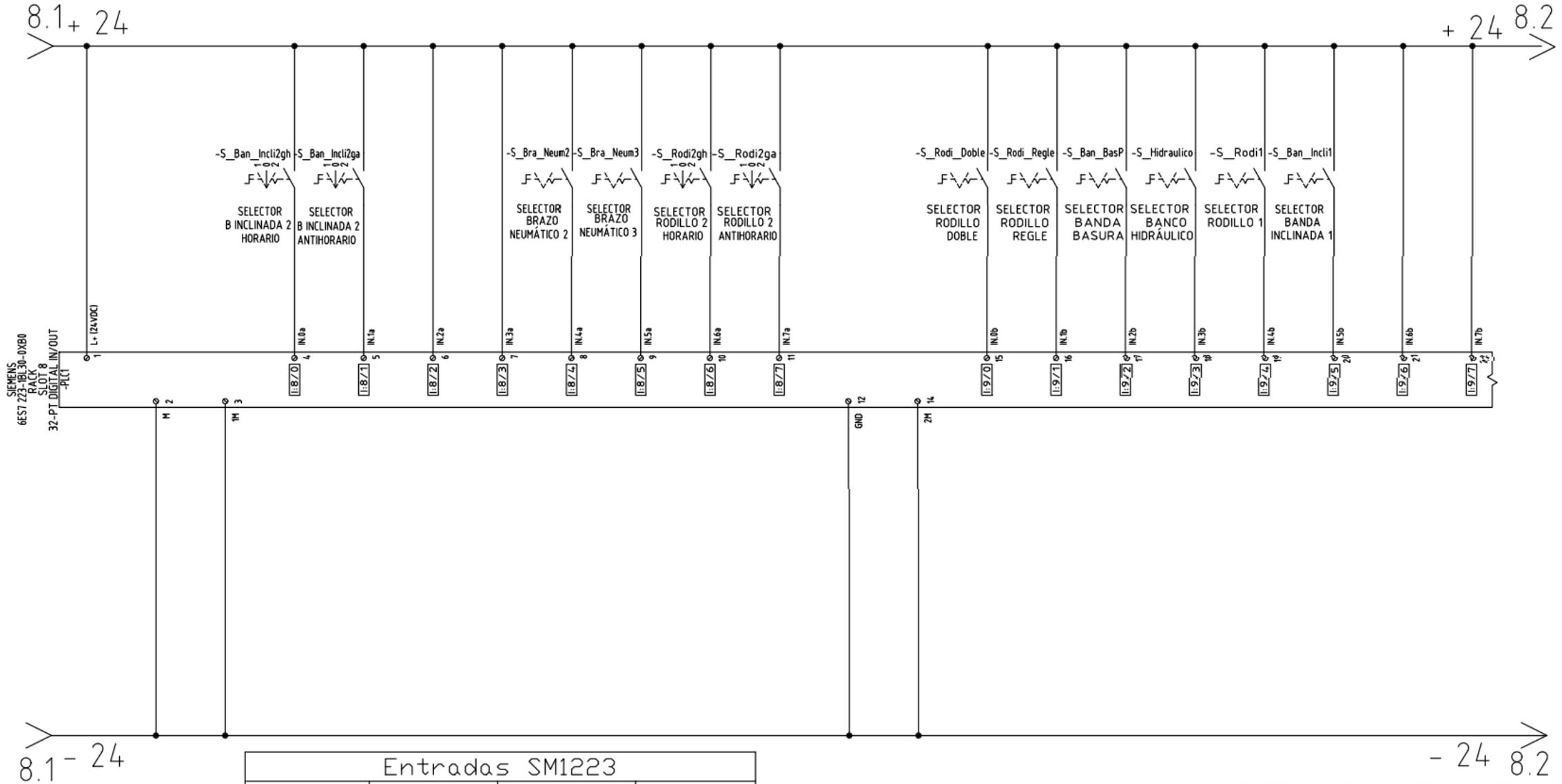
Entradas	
Símbolos	Dirección
Sen_M2	I:0/0
Sen_F2	I:0/1
S_MA	I:0/2
S_MM	I:0/3
S_Ini	I:0/4
SP_Emer	I:0/5
S_Rodi3	I:0/6
SP_Ciclo1	I:0/7

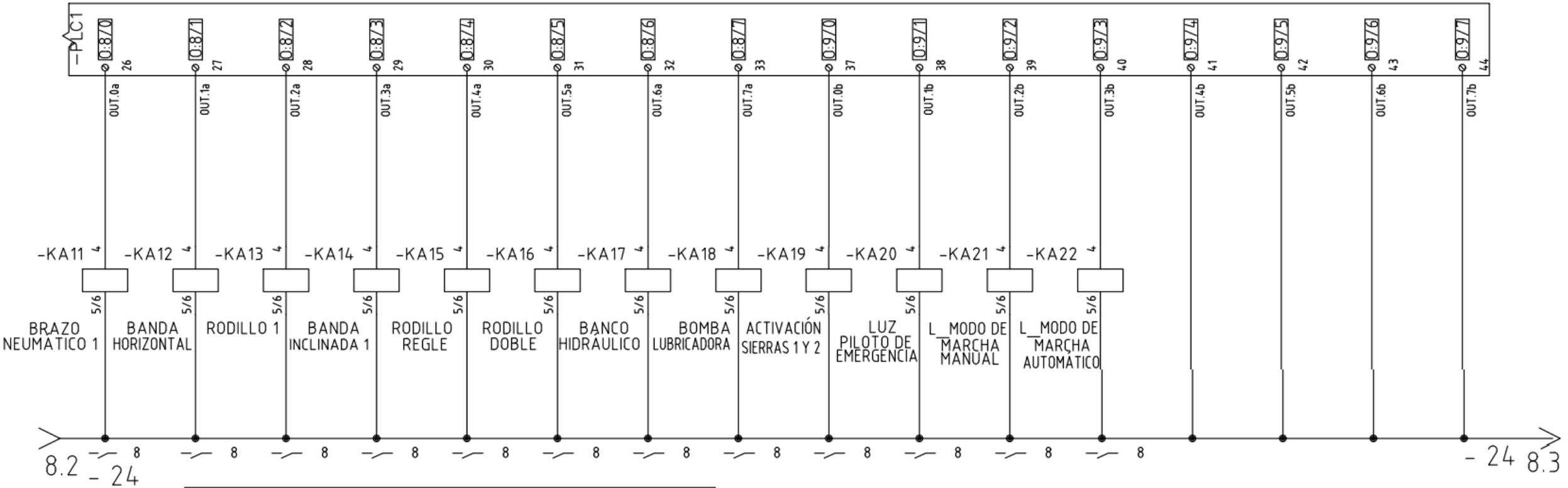
# Esquemas de control



E/S	
Símbolos	Dirección
S_Bra_Neum4	I:1/0
S_Rodi3d	I:1/1
S_Ban_Dra	I:1/2
Sen_F5	I:1/3
Sen_M3	I:1/4
SP_Ciclo2	I:1/5
KA1	Q:0/0
KA2	Q:0/1
KA3	Q:0/2
KA4	Q:0/3
KA5	Q:0/4
KA6	Q:0/5
KA7	Q:0/6
KA8	Q:0/7
KA9	Q:1/0
KA10	Q:1/1





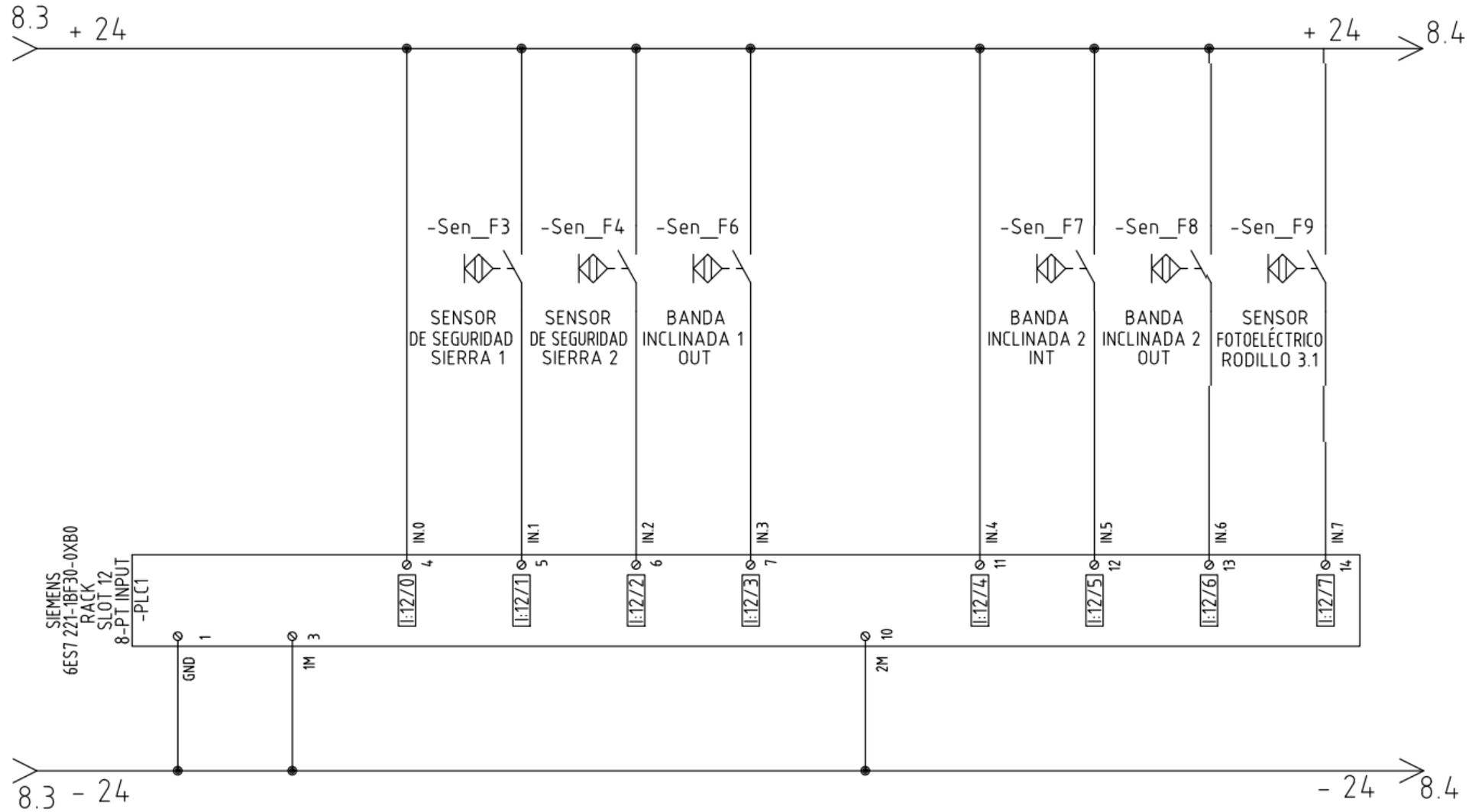


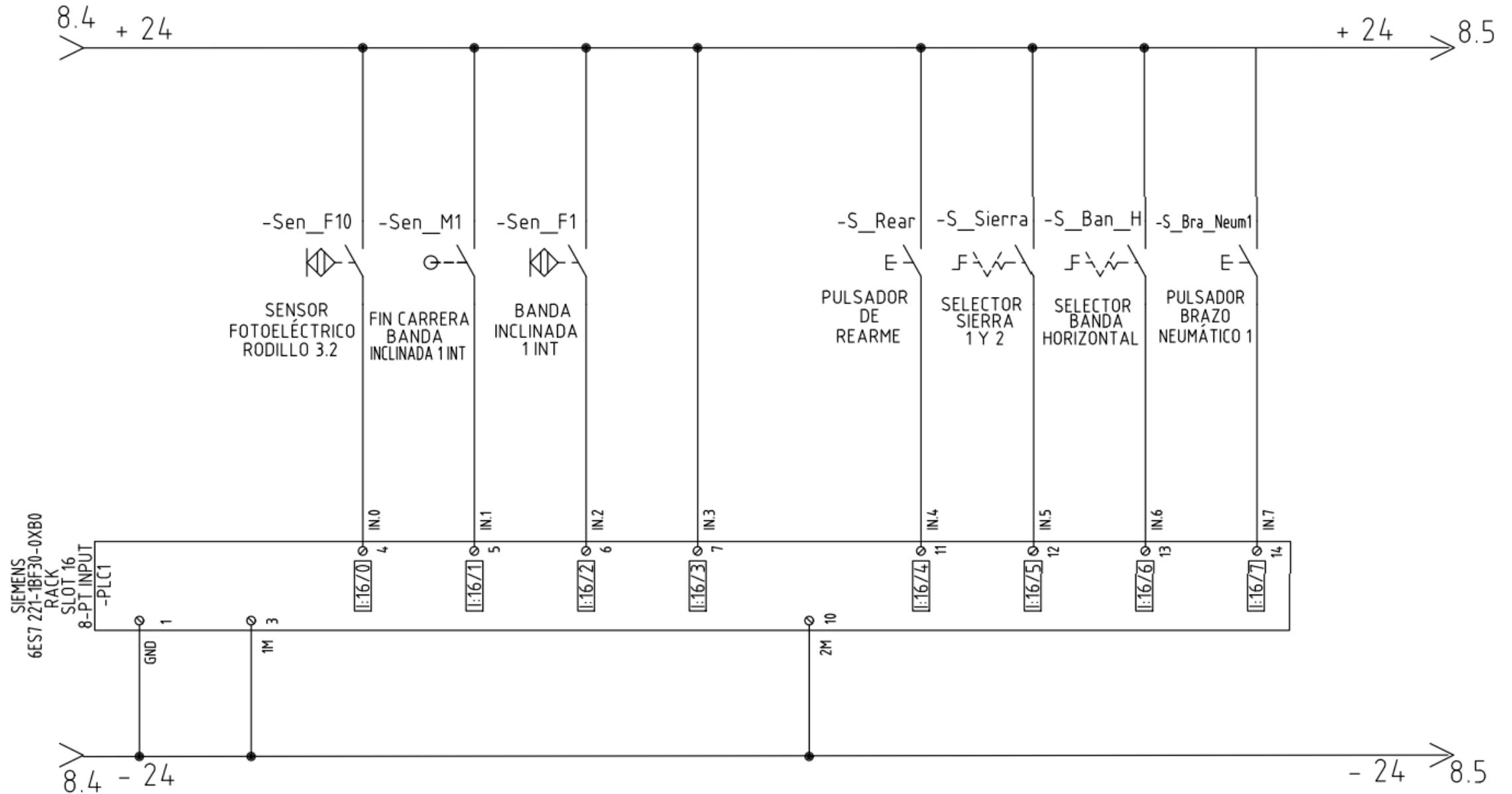
Salidas SM1223

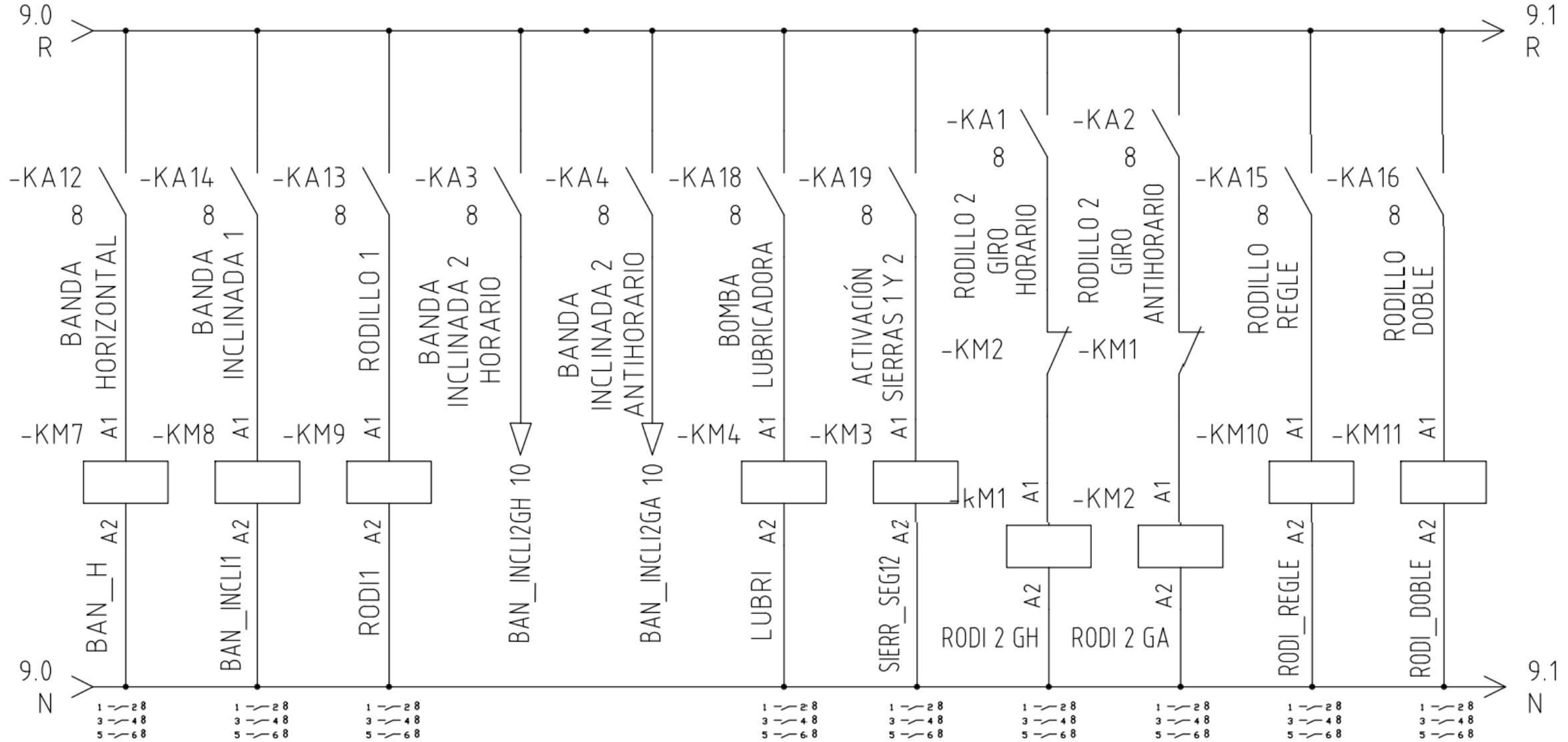
Símbolos	Dirección	Símbolos	Dirección
KA11	Q:8/0	KA17	Q:8/6
KA12	Q:8/1	KA18	Q:8/7
KA13	Q:8/2	KA19	Q:9/0
KA14	Q:8/3	KA20	Q:9/1
KA15	Q:8/4	KA21	Q:9/2
KA16	Q:8/5	KA22	Q:9/3

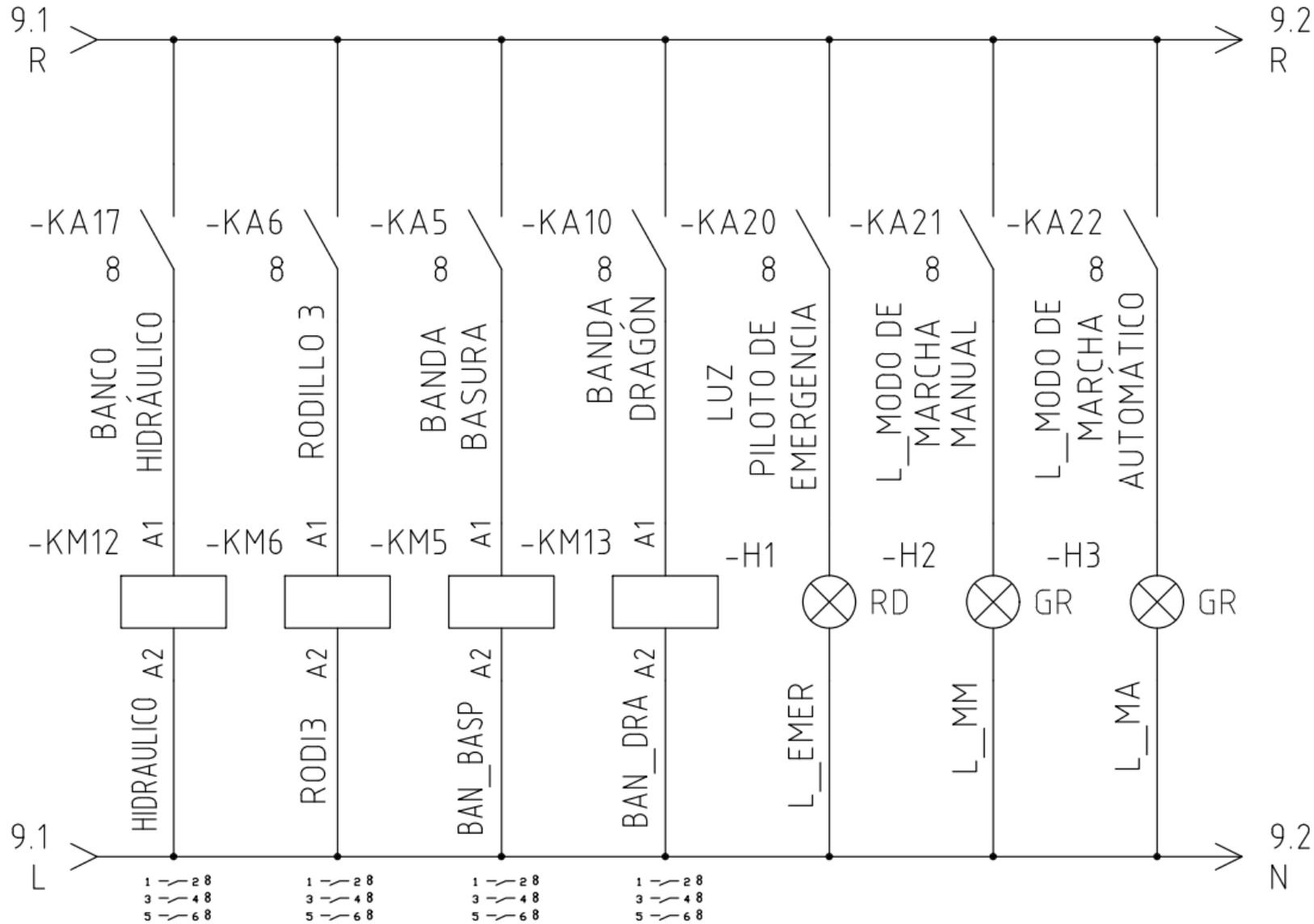


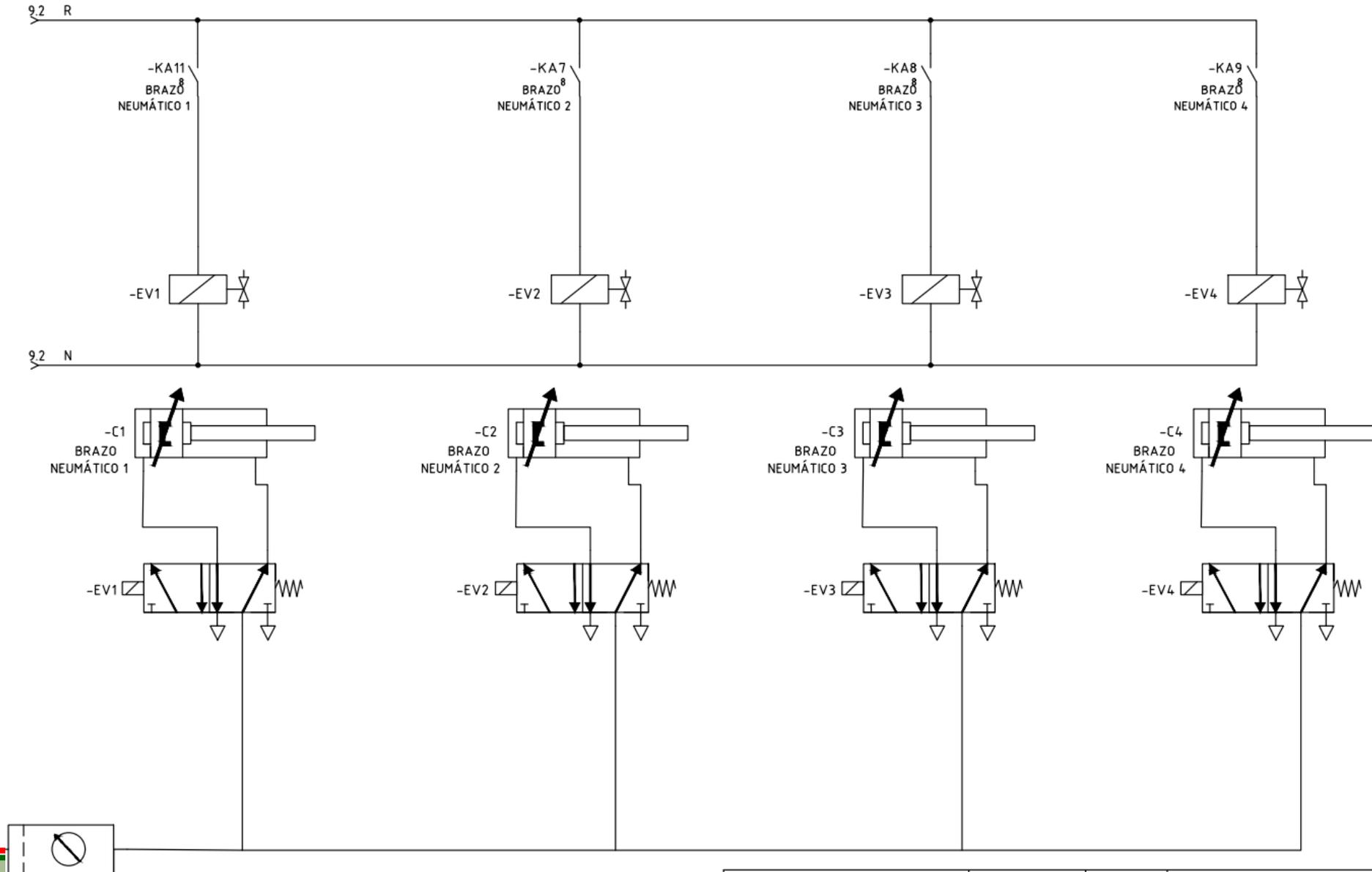
# Esquemas de control



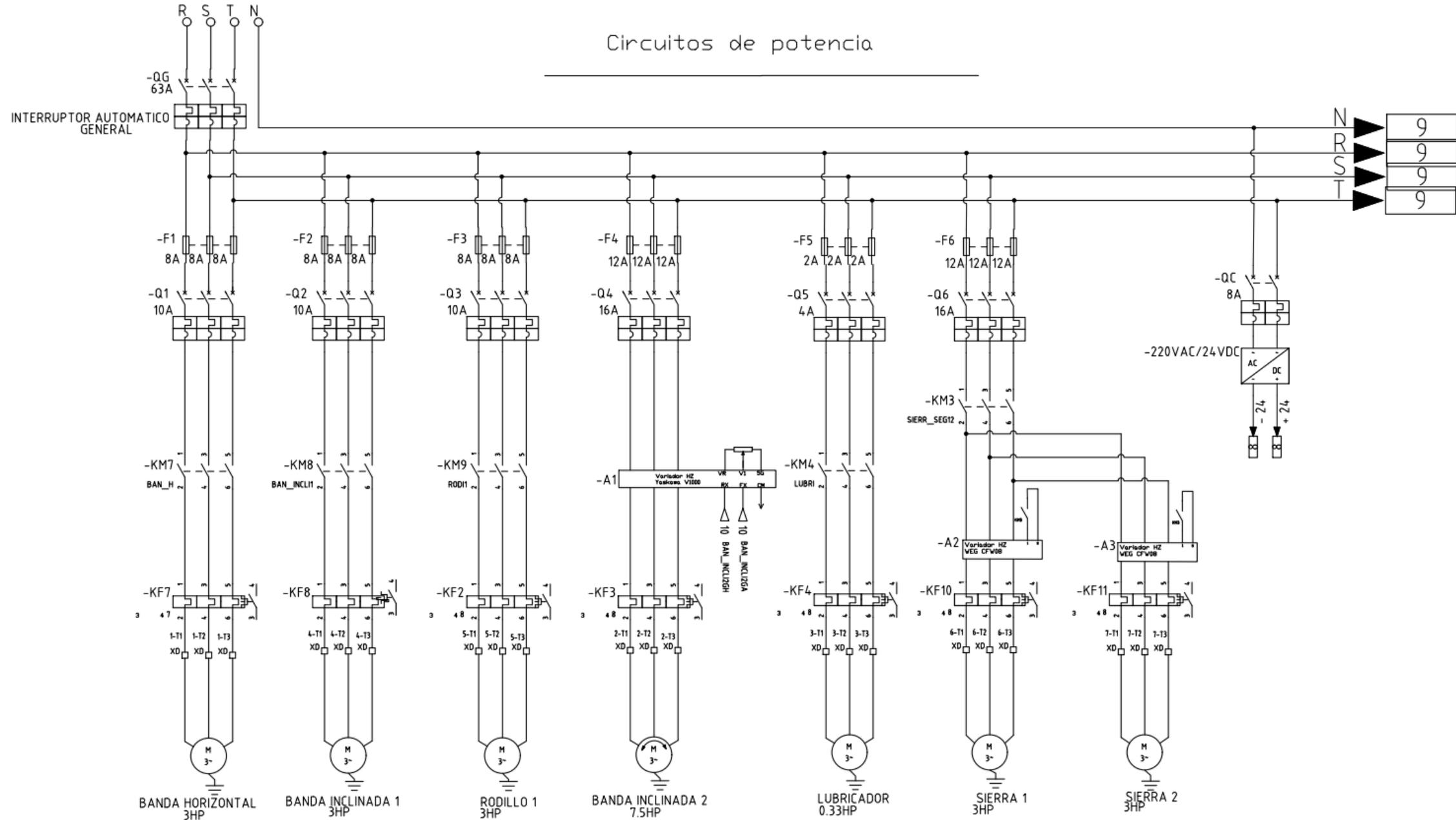




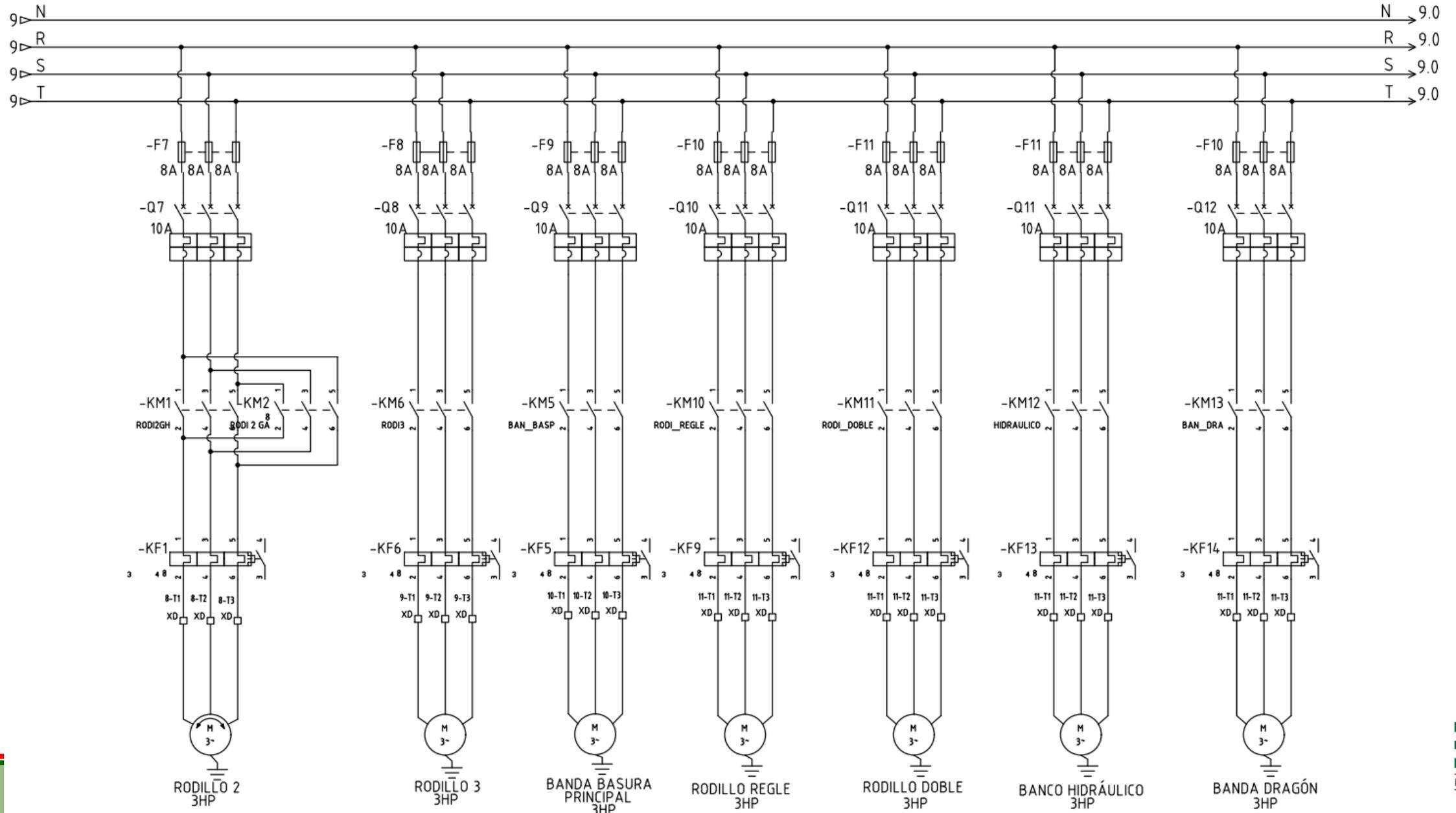




# Esquemas de potencia

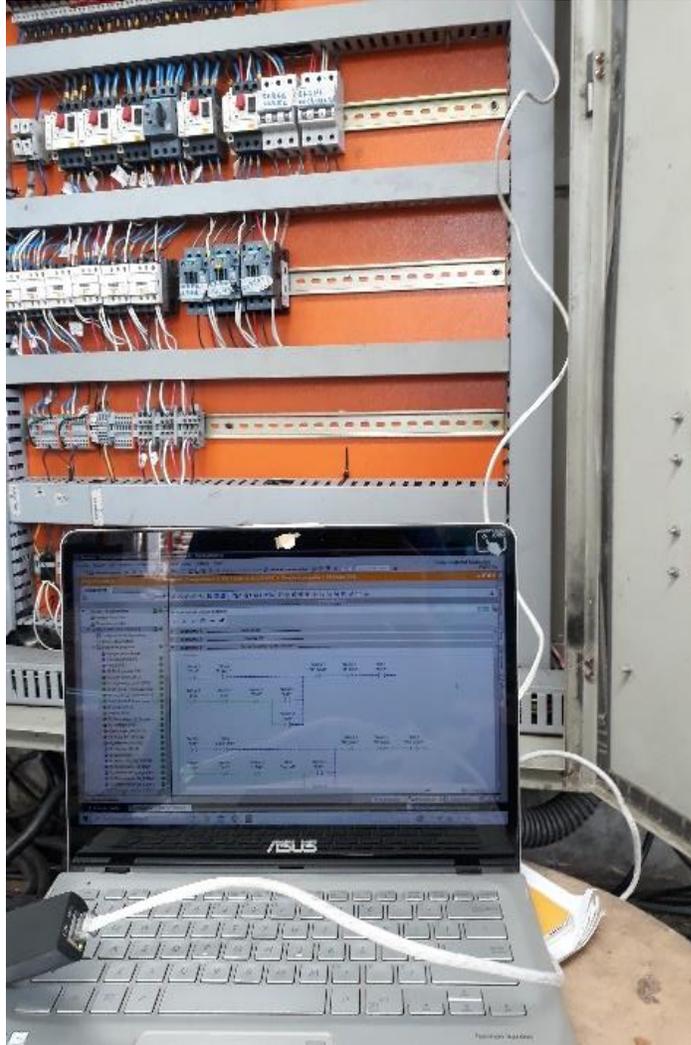


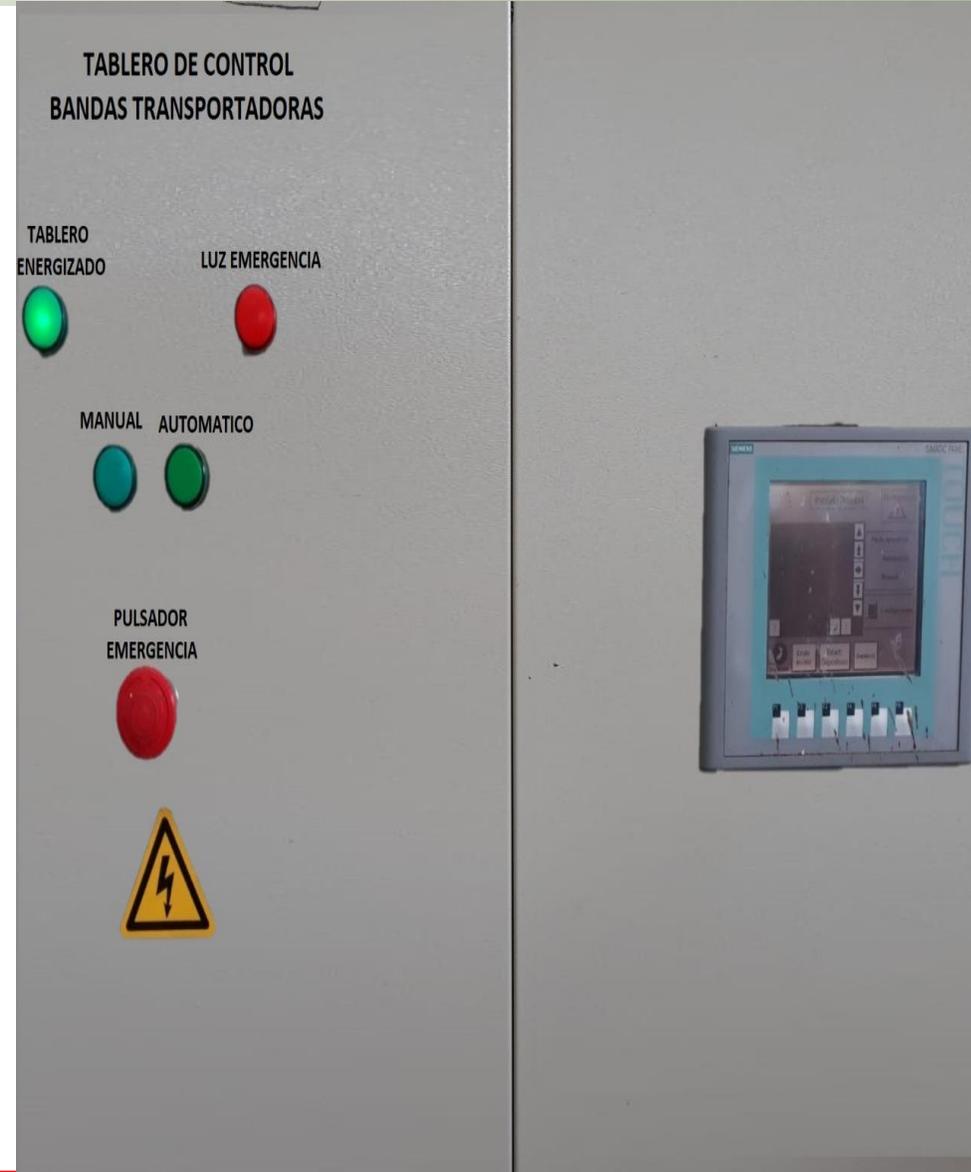
# Esquemas de potencia



## Pruebas y resultados

8

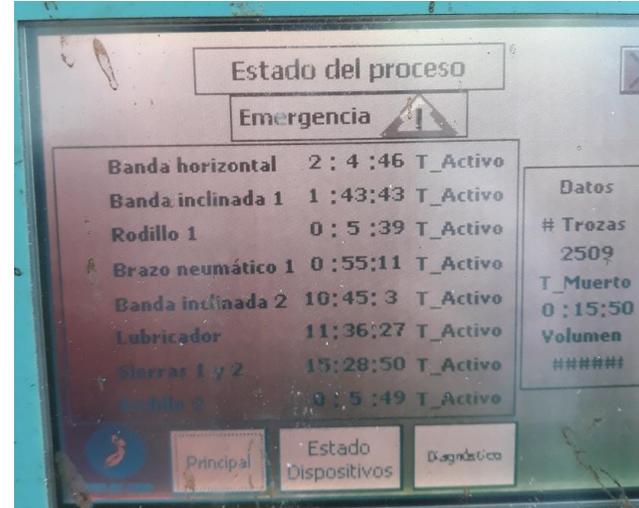
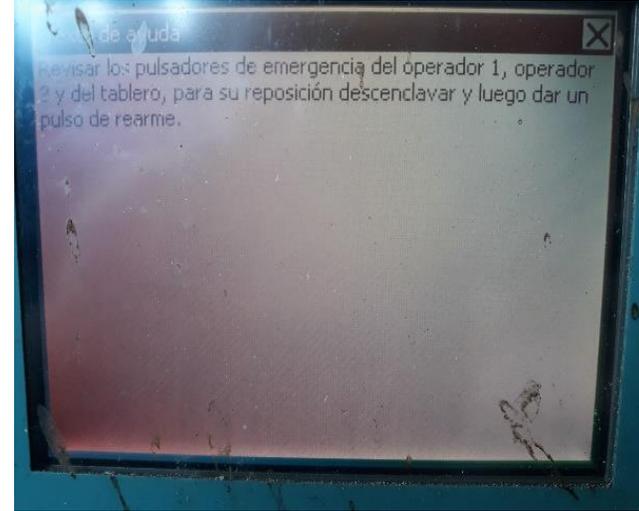




# Tableros

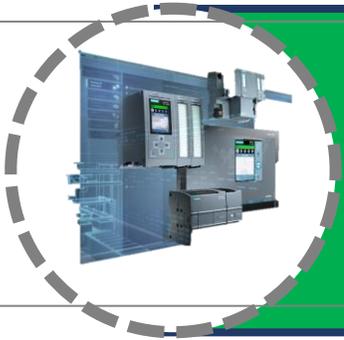
## Pruebas y resultados





Conclusiones y  
recomendaciones

9



Se realizó la automatización del sistema de bandas transportadoras para el abastecimiento de trozas en la empresa Contrachapados de Esmeraldas S.A – Codesa, mediante la integración de un PLC 1200, dispositivos de instrumentación y su respectivo sistema de monitoreo.



El proceso de abastecimiento de trozas fue automatizado utilizando las herramientas del software TIA Portal mediante la aplicación de graficet estructurados, jerárquicos y lenguajes de programación industriales.



Se desarrolló el análisis funcional del conjunto de abastecimiento de materia prima, donde se obtuvo el nivel de seguridad integral SIL 2 y posterior a esto se realizó la evaluación de confiabilidad, cuyos resultados se corresponden al análisis funcional realizado en un primer momento, la función integrada de seguridad SIF cumple con los requisitos de arquitectura y confiabilidad del conjunto de bandas alcanzando el nivel SIL 2 esperado. Esto respalda que el sistema de bandas es seguro y confiable.

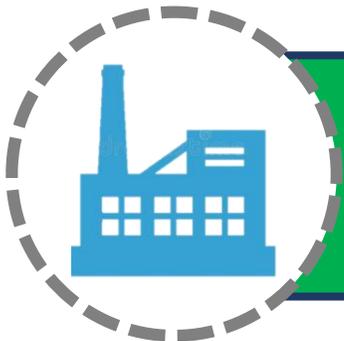




Se logró determinar y resolver los fallos que se daban por conflictos entre señales de activación de los actuadores, este objetivo se alcanzó gracias al desarrollo de una nueva lógica de programación que considera muchos de los aspectos que hacía inseguro al sistema.



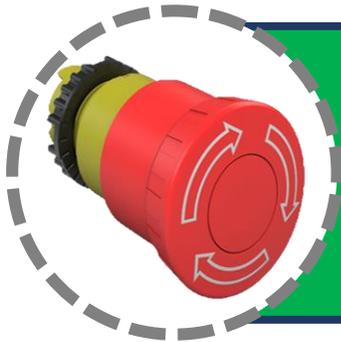
La evaluación de tiempos muertos arrojó resultados concluyentes que pueden ser resueltos para reducir estos tiempos adversos, las causas principales que generan gran parte del tiempo muerto se deben a fallas mecánicas puntuales que se pueden observar en el diagrama Ishikawa y unas cuantas causas secundarias que provienen de fallas eléctricas dadas en la descortezadora ahondada por la falta de repuestos en stock.



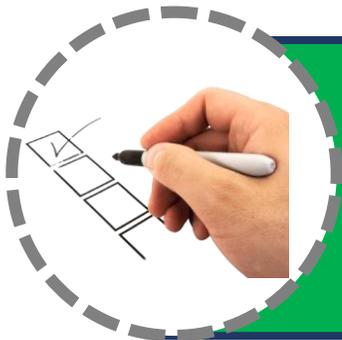
Muchas de las fallas registradas durante el periodo de prueba no corresponden al conjunto de bandas transportadoras, pero influyen indirectamente en la detención del proceso de producción en esta maquinaria.



El dispositivo de supervisión instalado facilita el trabajo de mantenimiento efectuado por el personal técnico permitiendo la rápida identificación de fallas en el conjunto de bandas y brinda la posibilidad de llevar un control de los tiempos activos de cada actuador para así planear un mantenimiento preventivo.



Se incluyeron sensores fotoeléctricos, pulsadores de emergencia redundantes para convertir a la función de seguridad en un sistema robusto que garantice tanto la seguridad del sistema de bandas y la del personal de planta.



Se realizó un estudio de riesgo laboral a los cuales se encuentran expuestos los operadores y el personal técnico que desarrollan sus funciones sobre esta maquinaria, a fin de incluir estos riesgos en las opciones de automatización para convertir al conjunto de bandas en un sistema seguro y confiable para el personal de la empresa Contrachapados de Esmeraldas S.A - Codesa





Durante la instalación de los equipos en campo se pudo observar que el sistema se encontraba comprometido, ya que en cualquier momento podía darse un accionamiento involuntario desde varios puntos de mando y en el programa se daba la repetición de bobinas de accionamiento, cosa que no se recomienda a la hora de efectuar una programación de este tipo. También se atendieron necesidades con respecto al cableado de potencia que se encontraba expuesto y era un foco de inseguridad para el personal, ya que en algún momento podía provocar una descarga eléctrica..





Se recomienda reemplazar la sierra eléctrica de cadena por una sierra circular, así se evitará el cambio de la cadena cada turno, debemos recordar que esta es una causa que genera los tiempos muertos en la línea de producción.



Se podría incluir un dispositivo que se encargue de registrar los códigos de barra de cada troza que es transportada por el conjunto de bandas e integrar el PLC a Web Server para así monitorear el dispositivo remotamente y desarrollar una base de datos para almacenar datos provenientes del PLC.



En lo posible se debería de mantener gran parte de los elementos eléctricos en stock para tener la posibilidad de reponerlos con facilidad.





Se recomienda al departamento de mantenimiento valerse de la herramienta de tiempo activo que fue incorporada en el sistema de monitoreo, para desarrollar la planificación del mantenimiento preventivo de los actuadores que se ven involucrados en el conjunto de bandas, para alargar la vida útil de estos equipos.



Se recomienda al personal técnico familiarizarse con el manual de usuario y los esquemas de control y potencia desarrollados para esta maquinaria, así se podría desarrollar cambios o reparaciones en el sistema.

