 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2019-06-15

**AUTOMATIZACIÓN DE MÁQUINA EXTRUSORA DE PLÁSTICO  
*ECHETERDINGEN* MODIFICANDO SISTEMA ELECTRÓNICO Y DE  
CONTROL PARA MEJORAR PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA SIMEX S.A.S**

**JUAN FERNANDO ARENAS LOZANO**

**INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**ASESOR**

**M.I. ADRIÁN FELIPE MARTÍNEZ PÉREZ.**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA MECATRÓNICA  
MEDELLÍN  
SEPTIEMBRE DE 2019**

## RESUMEN

---

En el presente informe se describe el proceso de cómo se realizó la automatización y repotenciación de la máquina extrusora para la elaboración de envases plásticos marca Echterdingen, en la compañía Simex S.A.S , se realizó evaluando el funcionamiento de sus componentes y actuadores, se reemplazaron los que no presentaban buen funcionamiento y se dejaron algunos componentes que podían continuar en funcionamiento, se modificó su sistema de control lógico programable (PLC) para generar una respuesta más rápida a sus actuadores, además se mejoró su sistema eléctrico y electrónico para agilizar la intervención al momento de un ajuste, generando marcación de dirección del control a cada uno de los actuadores, además se implementó una pantalla que muestre el estado real del proceso y las alarmas o fallas ocurridas durante la operación del equipo.

Todo esto mejoró la productividad de la máquina, la cual estaba generando en sus procesos de manufactura entre 600 a 700 envases por hora, aumentando de 1700 a 1800 envases por hora, estándares requeridos por la compañía. Además, se minimizaron tiempos perdidos en mantenimiento correctivo y preventivo, el cual se hacía difícil por sus componentes y actuadores obsoletos.

También se incrementaron los controles de seguridad para disminuir la accidentalidad de los operarios de la inyectora, se implementaron en la puerta de entrada principal microsiches de seguridad que despresurizan la máquina en el momento de abrir la puerta de acceso.

Se generó una solución eficaz a los problemas identificados de pérdida de tiempos en el proceso de inyección y en mantenimientos correctivos y preventivos, para llegar al estándar exigidos por el departamento de métodos y tiempos de la compañía, generando una mejor intervención de esta máquina extrusora, con documentos de planos detallados y fichas técnicas del sistema de automatización seleccionado para la máquina extrusora Echterdingen N04 en la empresa Simex S.A.S.

*Palabras clave:* extrusora, automatización, repotenciación, PLC, microsiches, actuadores.

## RECONOCIMIENTOS

Agradecimientos a la empresa Simex S.A.S que permitió esta automatización de la extrusora N04 del área de soplado, la cual colaboró de manera fundamental con la formación del estudiante y con el desarrollo del trabajo de grado, apoyando con equipos, componentes, software, etc. En el desarrollo de la repotenciación a esta máquina, a colegas, familiares y amigos que realizaron un aporte importante en el desarrollo del trabajo o en la elaboración del informe final del mismo.

## ACRÓNIMOS

---

PLC	Control Lógico Programable (Programmable Logic Controller)
V	Voltaje
A	Área
Bar	Unidad de presión
CAD	Diseño Asistido por Computadora
F	Fuerza
FRL	Filtro Regulador Lubricador
m	Metros
P	Presión manométrica
PSI	Libra de fuerza por pulgada cuadrada (Pounds-force per Square Inch)

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	11
<b>1. OBJETIVOS</b> .....	13
Objetivo General.....	13
Objetivos Específicos.....	13
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	15
2.1. Proceso de extrusión .....	15
2.1.1. Proceso de extrusión y productos fabricados .....	17
2.1.2. Inyección y soplado.....	17
2.2 Procesos de automatización de extrusoras de plástico componentes y antecedentes de repotenciación. ....	19
2.2.1 PLC (control lógico programable).....	19
2.2.2 Relés de estado solido .....	22
2.2.3 Paneles de control operador.....	24
2.2.4 Antecedentes de automatización de extrusoras.....	25
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	31
3.1. Desarrollo de la automatización.....	31
<b>4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	37
4.1 Método de elección e implementación de los controles, actuadores y componentes a cambiar en la extrusora N04. ....	37
4.1.1 PLC (control lógico programable).....	38
4.1.2 Módulos de entradas y salidas .....	44
4.1.3 Módulos de entradas analógicas.....	47
4.1.4 Módulos de termocuplas .....	49
4.1.5 Relés de estado solido .....	51
4.1.6 Fuente de alimentación .....	52
4.1.7 Bornera porta fusibles triple piso.....	54
4.1.8 Arrancador suave .....	56
4.1.9 Guarda motores .....	58

4.1.10 Contactores .....	61
4.1.11 Variadores .....	62
4.1.12 Interruptores en muletilla.....	64
4.1.13 Panel de control .....	67
4.2. Resultado de la automatización de la extrusora N04 para Simex S.A.S .....	70
4.3 Mejoras sistema eléctrico y de control .....	71
4.4. Implementación panel de control .....	72
4.5 Control de seguridad .....	73
<b>5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>74</b>
Conclusiones.....	74
Recomendaciones futuras .....	75
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>81</b>

## LISTA DE TABLAS

**Tabla 1:** (Características Controlador programable S7-1200 12 Manual de sistema.

**Tabla 2:** Características módulos adicionales Controlador programable S7-1200.

**Tabla 3:** Módulos de señales digitales y Signal Board. programable S7-1200 12.

**Tabla 4:** Módulos de señales analógicas y Signal Boards. programable S7-1200 12.

**Tabla 5:** Módulo de entradas analógicas de termopar S7-1200 SM 1231.programable S7-1200.

**Tabla 6:** Especificaciones de salida para modelos de entrada Vca y Vcc. programable S7-1200.

**Tabla 7:** Tabla de especificaciones.

**Tabla 8:** Arrancador suave Siemens 3,6 A, IP20, 1,5 kW características.

**Tabla 9:** Arrancador suave Siemens 3,6 A, IP20, 1,5 kW especificaciones.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diseño genérico de un extrusor .....	18
Figura 2. Máquina sopladora Uniloy Milacron modelo 1995 .....	27
Figura 3. Extrusor horizontal de tornillo sencillo para polietileno de baja densidad .....	28
Figura 4. Descripción del proceso de inyección en modelo propuesto.....	30
Figura 5. Cabina 2.....	31
Figura 6. Multímetro digitales marca Neoteck mini DMM DC AC .....	32
Figura 7. Amperímetro koban de gancho modelo kp06 .....	33
Figura 8. Cabina 1.....	34
Figura 9. Puerta cabina1 .....	35
Figura 10. Acceso puerta extrusora envases plásticos sin protección de microsuiche .....	35
Figura 11. Controlador programable S7-1200 Manual de sistema.....	39
Figura 12. Programable S7-1200 12 Manual de sistema. ....	41
Figura 13. Módulos de entradas y salidas. programable S7-1200 12.....	45
Figura 14. Módulos de ampliación S7-1200. programable S7-1200 12 .....	47
Figura 15. Conversión de un rango de velocidad a un rango de voltaje. S7-1200 12. ....	48
Figura 16. Módulo termocupla sm1231 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 17. (Relés de estado sólido omega SSRL240AC10. programable S7-1200 12, técnica de automatización. ....	51
Figura 18. Fuente de alimentación PM1207-REF 6EP1332-1SH71 programable S7-1200 12 (técnica de automatización.....	53
Figura 19 Bornera porta fusible triple piso. ....	54
Figura 20. Arrancador suave Siemens 3,6 A, IP20, 1,5 kW .....	56
Figura 21. (Guarda motores SIRIUS 3RV hasta 100A.....	58
Figura 22. Esquemas de conexión Guarda motores SIRIUS 3RV hasta 100A.....	60
Figura 23. Esquema de conexión Guarda motores SIRIUS 3RT201 hasta 100 <sup>a</sup> .....	61
Figura 1. Esquema de conexión .....	62
Figura 25. Variador MICROMASTER 420.....	63
Figura 26. Conexiones del motor y la red.....	64



Figura 27. Interruptor muletilla .....	65
Figura 28. Ficha técnica interruptor muletilla .....	66
Figura 29. Simatic HMI SIMATIC KTP1200 Basic PN .....	67
Figura 30. Microsuiche L200 Micros de seguridad con enclavamiento .....	69
Figura 31. Cabina 1.control.....	71
Figura 32. Cabina 2.....	72
Figura 33. Cabina de acceso principal .....	73
Figura 34. Puerta de acceso principal .....	73
Figura 35. Plano tabla contenido .....	81
Figura 36. Plano proyecto .....	82
Figura 37. Plano Símbolos eléctricos.....	83
Figura 38. Plano distribución interna de gabinete de potencia.....	84
Figura 39. Plano distribución interna de gabinete de control.....	85
Figura 40. Plano bomba hidráulica, ventilador gabinete.....	86
Figura 41. Plano transformador cuchilla de corte y variadores.....	87
Figura 42. Plano resistencia de calentamiento .....	88
Figura 43. Plano fuente de alimentación 24 vdc .....	89
Figura 44. Plano entradas PLC .....	90
Figura 45. Plano entradas PLC .....	91
Figura 46. Plano módulo de entradas y salidas SM1223 .....	92
Figura 47. Plano módulo de entradas y salidas SM1223 .....	93
Figura 48. Plano módulo de entradas y salidas SM1223 .....	94
Figura 49. Plano módulo de entradas y salidas SM1223 .....	95
Figura 50. Plano módulo de entradas y salidas SM1223 .....	96
Figura 51. Plano módulo de entradas y salidas SM1223 .....	97
Figura 52. Plano módulo termocupla.....	98
Figura 53. Plano módulo termocupla.....	99
Figura 54. Plano módulo termocupla.....	100
Figura 55. Plano salidas digitales módulo PLC 1 de 2 .....	101
Figura 56. Plano salidas digitales módulo PLC 1 de 2 .....	102
Figura 57. Plano salidas digitales módulo de expansión 1.....	103

Figura 58. Plano salidas digitales módulo de expansión 1.....	104
Figura 59. Plano salidas digitales módulo de expansión 1.....	1055
Figura 60. Plano salidas digitales módulo de expansión 1.....	1066
Figura 61. Plano salidas digitales módulo de expansión 1.....	107
Figura 62. Plano salidas digitales módulo de expansión 1.....	108
Figura 63. Plano salidas análogas.....	109
Figura 64. Plano electroválvulas neumáticas.....	110
Figura 65. Plano electroválvulas neumáticas.....	111
Figura 66. Plano electroválvulas neumáticas.....	112
Figura 67. Plano electroválvulas neumáticas.....	113
Figura 68. Plano electroválvulas neumáticas.....	1144
Figura 69. Especificaciones de entradas.....	115
Figura 70. Especificaciones de salidas.....	1166
Figura 71. Especificaciones de salidas.....	117
Figura 72. Especificaciones señales análogas.....	117

## INTRODUCCIÓN

---

Dentro de los procesos industriales, actualmente se encuentran máquinas para diferentes aplicaciones con controles manuales, semiautomáticos y automáticos. La tendencia en la industria es hacer más eficientes sus procesos de producción mediante la automatización, es por esto que en el presente trabajo se lleva a cabo la solución a la problemática existente en la compañía Simex S.A.S en el proceso de extrusión de envases en el área de soplado. En este proyecto se abordó la extrusora N04 para la compañía Simex S.A.S, la cual presentaba pérdidas en tiempos para sus procesos de manufactura de envases y por mantenimientos correctivos, pues la compañía se ve afectada por la ineficiencia de este equipo y la adquisición de maquinaria nueva es muy costosa comparada con la automatización interna, porque si bien es alto el precio, por lo general se encuentran por debajo de una máquina nueva de cualquier tipo. Por esto, se decidió generar un control adecuado del proceso de automatización para esta extrusora de envases plásticos, teniendo en cuenta que para funcionar de forma correcta y garantizar las condiciones de seguridad necesarias se aplicaron las tecnologías apropiadas.

Se automatizó por medio de un PLC (Programmable Logic Controller), por sus siglas en inglés) referencia S71200, logrando con esto una máquina de mayor respuesta y control en sus actuadores. Reemplazando componentes obsoletos y en mal funcionamiento que sean compatibles con el nuevo instrumento de control, se seleccionaron los instrumentos y equipos de medición y control, cuyas especificaciones estuvieron basados en criterios tales como: características y condiciones del ambiente físico en planta y requerimientos de operación. Para establecer las estrategias de control indicadas se desarrolló una estrategia preliminar de automatización como se muestra en el presente trabajo, con una visita a la planta para determinar el estado mecánico, eléctrico y electrónico de funcionamiento de la extrusora, después de esta evaluación se procede a la selección e implementación de los controles, actuadores y componentes a cambiar en la extrusora, por último la implementación y montaje del sistema de control y actuadores seleccionados. Lo anterior se realizó con el fin de garantizar el óptimo funcionamiento de la extrusora, la calidad de su proceso y generar un ambiente seguro para la operación en planta.

Luego, se pudo lograr la automatización y repotenciación satisfactoria de la máquina extrusora de plástico Echeterdingen de la compañía Simex S.A.S, para aumentar su productividad, tiempos perdidos por mantenimientos correctivos y seguridad en el trabajo al momento de la operación.

## 1. OBJETIVOS

### **Objetivo General**

Automatizar y repotenciar la máquina extrusora Echterdingen N04 de plástico, con el propósito de disminuir tiempos perdidos por mantenimientos correctivos y aumentar su eficiencia en el proceso productivo para lo exigido en la empresa Simex S.A.S

### **Objetivos Específicos**

Diagnosticar el funcionamiento actual de la máquina extrusora, estado de los componentes, tiempos de producción, reportes de rutinas de mantenimiento y de seguridad y salud.

Generar y seleccionar posibles soluciones a los problemas identificados en el proceso de inyección, utilizando una matriz de filtrado y una matriz de evaluación.

Elaborar un informe final, planos de fabricación de piezas mecánicas, planos eléctricos y de control, así como el presupuesto del proyecto.

Documentar con memorias de cálculo, planos detallados y fichas técnicas el sistema de automatización seleccionado para la máquina extrusora Echterdingen N04 en la empresa Simex S.A.S.

El presente trabajo de automatización y repotenciación de la máquina extrusora N04 para Simex S.A.S, se encuentra distribuido en 5 capítulos, para los cuales el primer capítulo son los objetivos de la automatización y lo que se espera para aumentar la productividad y disminuir tiempos perdidos por mantenimientos correctivos. El segundo capítulo contiene el marco teórico con la teoría sobre equipos de inyección, tipos de elementos para la

automatización y antecedentes de repotenciación de extrusoras tanto en el país como en el exterior. En el tercer capítulo se encuentran la metodología con el desarrollo preliminar de la automatización donde se realiza una visita a la planta para determinar el estado actual de los componentes realizando un diagnóstico del estado mecánico, eléctrico y electrónico de funcionamiento de la extrusora, determinando que sistemas de control y equipos pueden continuar operando y que se debe cambiar para un perfecto funcionamiento. En el cuarto capítulo se evidencia los resultados y discusión, los cuales contienen el método de elección, cálculos e implementación de los controles, actuadores, componentes a cambiar en la extrusora, el resultado de la automatización de la extrusora, las mejoras sistema eléctrico de control, Implementación panel de control y las mejoras al Control de seguridad. En el quinto capítulo contiene las conclusiones y recomendaciones las cuales demuestran una solución eficaz a los problemas identificados de pérdida de tiempos en el proceso de inyección y en mantenimientos correctivos y preventivos, para llegar al estándar exigidos por el departamento de métodos y tiempos de la compañía.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Proceso de extrusión

El proceso más importante y de gran variedad utilizado para la fabricación de envases plásticos es el de la extrusión que se realiza al forzar una mezcla plástica a través de un dado y el significado de esto es un tornillo extrusor. Algunas veces llamado tornillo, gusano o husillo y se remonta hasta el griego matemático Arquímedes quien vivió en los años 287-212 AC. El tornillo a menudo atribuido a Arquímedes ya que fue conocido por los egipcios antes de la era de Arquímedes y fue probablemente dado su nombre porque Arquímedes practicaba trabajando en la mecánica y la geometría.

Esencialmente de un cilindro horizontal en el cual está girando un tornillo de Arquímedes modificado. Esto significa que está provisto de un orificio al fondo del cilindro para permitir la alimentación de un compuesto dentro de él, al extremo opuesto se encuentra el cabezal y el dado. Por un periodo largo no hubo cambios drásticos hasta que a finales del siglo XIX fue adoptado y necesariamente adaptado para la extrusión de plásticos. En aquella época el cilindro estaba cubierto con una chaqueta para permitir la circulación y transferencia de calor mediante aceite o vapor (para extrusores de caucho). En unos pocos diseños tuvieron algún tipo de adaptaciones para obtener y/o controlar temperaturas uniformes e independientes a las del cabezal y el dado, donde los extrusores de plástico fueron introducidos como aisladores de conductores eléctricos y la prueba fue realizada para utilizar la máquina para extraer un tubo convencional de caucho sobre un conductor eléctrico o núcleo cableado (reunido de filamentos de cobre). El material plástico alimentado a estas máquinas inicialmente fue una cinta de caucho. La alimentación fue llevada en el cilindro por el tornillo y calentada por contacto a través de las paredes del cilindro. El compuesto fue reducido a un estado de plastificación suave por el calor externo, por el trabajo mecánico y la contra presión creada. El material fue forzado a pasar por el cabezal a través de un dado en forma de tubo.

Los resultados obtenidos no fueron satisfactorios cuando el material termoplástico fue llevado y alimentado a esta máquina a temperatura ambiente. Con ello se intentó realizar una prueba más con el material almacenado y previamente calentado. Algunas ventajas se obtuvieron de este procedimiento, el extrusor convencional de caucho no trabajaba con material almacenado aun siendo este precalentado, para alcanzar el estado propio del plástico. Esto llevo a que necesariamente tuviera que precalentarse el material almacenado en un mezclador abierto (dos rodillos girando en sentidos opuestos) para crear suficiente plasticidad o flujo en el compuesto y que cuando este fuera alimentado dentro del extrusor previamente calentado, fuera transportado al cabezal y al dado en un estado homogéneo. Como resultado, fueron desarrollados nuevas variantes de extrusores para usarse con materiales termoplásticos, aunque lentamente desarrollados. Las nuevas máquinas desarrolladas, fueron diferentes a las típicas de caucho debido a los siguientes cambios:

1. Los cilindros y los tornillos fueron aproximadamente  $1/3$  más largos, en la relación longitud diámetro (L/D) nomenclatura posteriormente adoptada, para el viejo extrusor de caucho de  $3 \frac{1}{2}$ " de diámetro que tenía una relación L/D de 6:1 o aún menor. Las modificaciones posteriores para los extrusores de plástico fueron cercanas a una relación L/D de 8:1.

2. Se hicieron provisiones para la inserción de un plato rompedor con mallas para crear y controlar una contra presión debido al trabajo mecánico del material plástico (fricción) que tiene grandes efectos en el avance de la masa.

3. Las secciones de acometida (es donde inicia la sección de alimentación del extrusor) fueron más sólidamente construidas para absorber la contra presión desarrollada con los termoplásticos. Este incremento en la contra presión permitió el desarrollo de mayor trabajo mecánico (fricción), y como resultado mejorar el flujo y la uniformidad del plástico.

4. Se prepararon sistemas de calefacción y control independientes para el cabezal y el dado.

5. Las temperaturas del cilindro y del extrusor fueron individualmente controladas, estas se hicieron ajustables para poder modificarlas durante el proceso de extrusión como una condición básica.



Los trabajos de desarrollo continuaron, resultando mejoras adicionales al extrusor, las longitudes del cilindro y el tornillo fueron incrementadas hasta dar una relación L/D de 12:1. Este incremento en la longitud resultó en un considerable aumento en la capacidad de extrusión, uniformidad y una cualidad de sobre extrusión.

### **2.1.1. Proceso de extrusión y productos fabricados**

La extrusión de plástico es un proceso industrial que utiliza máquinas extrusoras para procesar las materias primas y de reciclaje. El flujo continuo del material, la presión, temperatura y empuje permiten hacer pasar el material fundido por medio de un molde para darle la forma deseada.

La materia prima que se encuentra en forma de gránulos pasa a través de un embudo que abastece constantemente al cilindro o "cañon" calentado en cuyo interior se encuentra un husillo que empuja el material a lo largo del cilindro y a la vez genera presión y aumenta la temperatura aún más para fundir y homogenizar la materia prima.

Los extrusores más comunes utilizan un sólo husillo en el interior del cilindro, pero también se usan con dos o más husillos que ofrecen una capacidad de empuje mayor, pero significa un proceso más agresivo para los materiales, especialmente en la coloración donde los pigmentos sufren degradación.

El plástico fundido posteriormente pasa por un cabezal o boquilla por donde fluye fuera del cilindro. El cabezal puede tener un perfil especial para la fabricación de láminas, tubos y filamentos de complicadas formas.

### **2.1.2. Inyección y soplado**

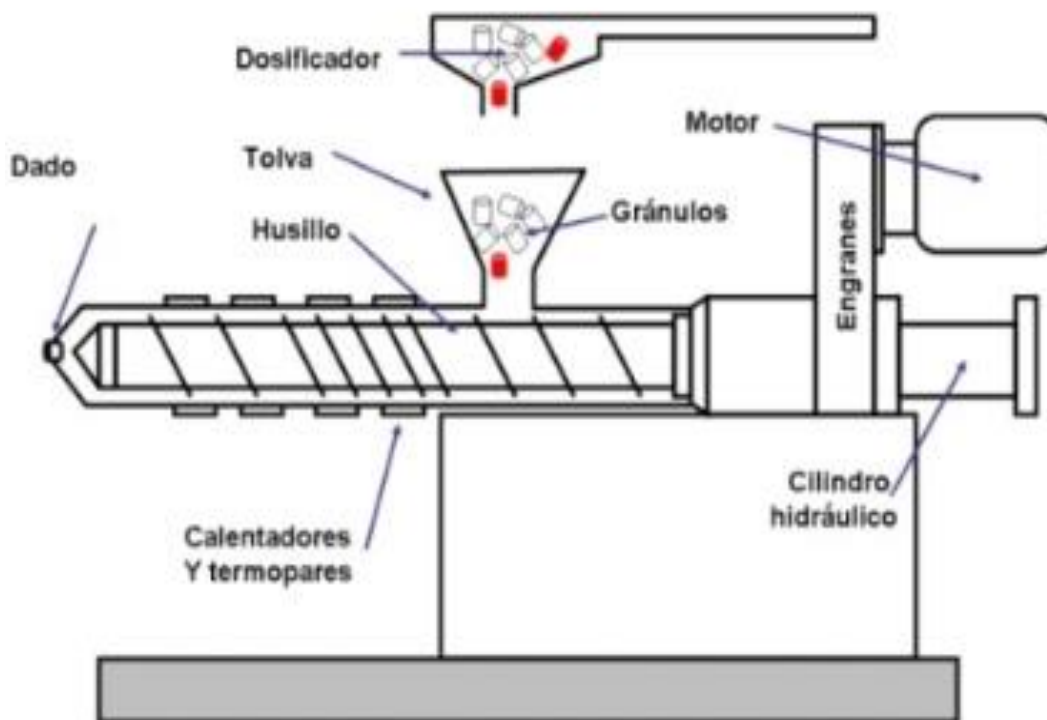
#### **Inyección**

El material fundido que pasa a través del cabezal es inyectado a alta presión en un molde de refrigeración que tiene la forma del objeto deseado que puede ser para láminas o envases plásticos. El molde está dividido en 2 mitades que se separan una vez el plástico está sólido.

## Soplado

Este proceso permite no sólo fabricar objetos huecos sino también objetos con doble pared y más características. Al salir por el cabezal, el material es inyectado en un molde por el que pasa aire que da la forma hueca deseada.

Con estas máquinas se fabrican muchos productos plásticos como bidones, tuberías, filamentos envases y mucho más, sin duda muy importantes. (Bodini, 1992)



*Figura 2. Diseño genérico de un extrusor (belcher, 1995)*

## **2.2 Procesos de automatización de extrusoras de plástico componentes y antecedentes de repotenciación.**

### **2.2.1 PLC (control lógico programable)**

#### **Definición y principales características.**

Un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller), se trata de una computadora, utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas. Sin embargo, la definición más precisa de estos dispositivos es la dada por la NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) que dice que un PLC es: “Instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de E/S analógicos o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos”. El campo de aplicación de los PLCs es muy diverso e incluye diversos tipos de industrias (ej. automoción, aeroespacial, construcción, etc.), así como de maquinaria. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, amplios rangos de temperatura, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. Los programas para el control de funcionamiento de la máquina se suelen almacenar en baterías copia de seguridad o en memorias no volátiles. Un PLC es un ejemplo de un sistema de tiempo real duro donde los resultados de salida deben ser producidos en respuesta a las condiciones de entrada dentro de un tiempo limitado, que de lo contrario no producirá el resultado deseado.

## Componentes hardware de un PLC

Una PLC puede contener un casete con una vía en la que se encuentran diversos tipos de módulos, correspondiente a una PLC de la empresa Siemens:

El PLC dispone de los siguientes módulos que, aunque en este tipo no puede ser intercambiada, esto sí es posible para PLCs de otras compañías. Los módulos más importantes son:

- Módulo de interfaz (IM), conecta diferentes casetes individuales con un único PLC;
  - Módulo funcional (FM), procesamiento complejo en tiempo-crítico de procesos independientes de la CPU, por ejemplo, conteo rápido;
  - Regulador PID o control de la posición;
  - Procesador de la comunicación (CP), conecta el PLC en una red de trabajo industrial, ej. Industrial Ethernet, PROFIBUS, AS – interfaz, conexión serie punto-a-punto;
  - Interfaz hombre-máquina (HMI), ej. panel de operaciones;
  - Entradas/salidas remotas;
  - Módulos de señal de alta-velocidad.
- Cada módulo de PLC module tiene su propia interfaz-HIM básica, utilizada para la visualización de los errores y las condiciones de comunicación, la batería, entradas/salidas, operación de los PLC, etc. Pequeños displays con cristal líquido (LCD) o diodos emisores de luz (LED) se utilizan para la interfaz-HMI.

## Tipos de PLC

Debido a la gran variedad de tipos distintos de PLC, tanto en sus funciones, en su capacidad, en el número de I/O, en su tamaño de memoria, en su aspecto físico y otros, es que es posible clasificar los distintos tipos en varias categorías:

## **PLC compactos**

Son aquellos que incorporan CPU, PS, módulos de entrada y salida en un único paquete. A menudo existe un número fijo de E/Ss digitales (no mayor a 30), una o dos canales de comunicación (para programar el PLC y la conexión de los buses de campo) y HMI. Además, puede haber una entrada para el contador de alta velocidad y una o dos E/Ss analógicas. Para aumentar el número de las E/Ss de una PLC compacta individual se incrementa (además) los módulos que pueden ser conectados. Estos se colocan en un paquete, similar al del mismo PLC. Estos PLCs de tipo compacto se utilizan en automoción como substitutos de los relés.

## **PLC modular**

Es el tipo de PLC más potente y tiene más funciones que los PLC compactos. La CPU, SM, CP y otros módulos se encuentran generalmente en paquetes separados en un riel DIN o en un riel con una forma especial y que se comunica con la CPU a través de un sistema bus. Tiene un número limitado de lugares para los módulos, pero, en la mayoría de los casos, este puede aumentarse. Además, los PLCs modulares pueden utilizar un elevado número de entradas/salidas, pueden soportar programas más grandes, guardar más datos y operar bajo el modo de multitarea. Normalmente se utilizan para el control, regulación, posicionamiento, procesamiento de datos, manipulación, comunicación, monitorización, servicios-web, etc.

## **PLC de tipo montaje en rack**

Son aquellos que prácticamente tienen las mismas capacidades y funciones que el PLC modular. Sin embargo, existen algunas diferencias en el bus o en el rack dónde se colocan los módulos del PLC. El rack contiene ranuras para los módulos y un sistema de bus integrado para intercambiar información entre los diferentes módulos. La mayoría de los

módulos PLC no tienen sus propias cajas, disponen solamente de un panel frontal con una interfaz-HIM. La ventaja principal es que pueden permitir un intercambio más rápido de los datos entre los módulos y el tiempo de reacción por parte de los módulos es menor.

### **PLC con panel Operador y Controlador Lógico Programable (OPLC)**

Este posee una interfaz HIM para su funcionamiento y una monitorización de los procesos automáticos y las máquinas. La HMI consiste principalmente en un monitor y un teclado o una pantalla táctil. El monitor puede ser bien de tipo texto o gráfico. La ventaja principal de este sistema respecto a un PLC con un panel operador aparte es que no es necesario programar el panel de forma separada. Toda la programación se realiza por medio de una herramienta software, lo que permite economizar los gastos del desarrollo del sistema. (SIMATIC - SIEMENS, 2008)

#### **2.2.2 Relés de estado sólido**

##### **Definición de relés de estado sólido**

El relé de estado sólido (SSR) es un elemento que permite aislar eléctricamente el circuito de entrada o mando y el circuito de salida. Las diferentes partes que forman un SSR son: - Circuito de entrada - Aislamiento, está asegurado generalmente por un acoplamiento óptico con semiconductor (Fotoacoplador, fototriac.)

Un relé de estado sólido con función de paso por cero opera cuando la tensión de la carga (tensión alterna) se acerca o alcanza el punto cero. Los relés con esta función tienen una buena inmunidad a los parásitos de entrada y producen unas bajas radiaciones parásitas al conmutar tensiones bajas

Los relés de estado sólido con la función de detección de paso por cero son adecuados para cargas resistivas, capacitivas y cargas inductivas con un factor de potencia entre 0.7 y 1

- Circuito de salida, Salida CA con tiristores antiparalelos o triacs, salida CC con transistor bipolar o MOS FET, salida CA-CC con transistor MOS FET (ya que tiene igual ganancia en directo que en inverso) - Protección frente a transitorios, (En algunos modelos): Los más frecuentemente utilizados son redes RC, diodos, entre otros.

### **Uso correcto**

Es necesario tomar una serie de precauciones antes de utilizar un relé de estado sólido:

- No aplicar una tensión o corriente excesiva en los circuitos de entrada y salida del SSR.
- Asegurarse que los tornillos de conexión están correctamente apretados
- Permitir una correcta ventilación del SSR, en el caso de que el SSR esté montado en un panel de control donde la ventilación no sea suficiente se deberá instalar un sistema de ventilación.
- Cuando se instale el SSR directamente en un panel de control, de manera que el panel es usado de disipador, el panel debe ser de un material con una baja resistencia térmica como aluminio o acero.

### **Protección de SSRs**

Los relés de estado sólido son bastante sensibles a las perturbaciones y transitorios eléctricos, así como a las sobrecargas en tensión y en corriente. El origen de los fenómenos transitorios puede ser: - Electromagnético radiado - Eléctrico conducido por los hilos de la red de alimentación para prevenir estos fenómenos es primordial dimensionar correctamente el SSR con relación a su aplicación, para explotar así el conjunto de las características del SSR con un margen de seguridad suficiente. Para escoger un relé de estado sólido es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- Especificaciones de tensión y corriente de la entrada
- El tipo de carga a conectar - La corriente y la tensión de la carga
- La temperatura ambiente de funcionamiento, vibraciones.
- Encapsulado
- Tipo de conexión eléctrica (Terminales de tornillo, patillas para el soldado directo de los hilos, etc)
- Homologaciones - Otras especificaciones como la rigidez dieléctrica, fiabilidad (tiempo medio entre fallos), etc. (SIMATIC - SIEMENS, 2008)

### **2.2.3 Paneles de control operador**

En el mundo de la industria actual, es necesario disponer de interfaces de comunicación entre el hombre y la máquina, siendo además imprescindible, que éstos aparatos estén a pie de máquina para así, permitir al operario controlar en todo momento el estado actual de la máquina y, además, poder emitir órdenes a la misma en función de las necesidades de cada momento. Dado que normalmente tienen que trabajar en ambientes hostiles, están dotados del más alto grado de protección.

Los elementos utilizados para esta comunicación son los llamados paneles de operador, los cuales, según sus prestaciones pueden dividirse en varios grupos, desde los simple visualizadores de mensajes provistos de un número mínimo de pulsadores y una pequeña pantalla, pasando por los provistos de visualizador grafico (a color o B/N) con pulsadores, hasta los paneles programables táctiles de última generación dotados de memoria suficiente para almacenar programas de grandes dimensiones. Estos paneles permitirán obtener todo tipo de información sobre las condiciones de trabajo de la máquina, elementos discretos (pulsadores, pilotos), valores de temperatura, velocidad, presión, gráficas, mensajes de texto, alarmas, etc. además, en función de dicha información, permitirán al usuario (si su nivel de



acceso se lo permite), dar órdenes a la máquina, realizando modificaciones en los parámetros manejados por el PLC tales como, modificación de los valores de temporizadores y contadores, cambios de niveles de prensado, puestas en marcha y parada de motores y electroválvulas etc.

Normalmente, el panel estará conectado al PLC, pero en la actualidad, también disponen de salidas de todo tipo como: conexión de impresoras, conexión de varios paneles en red, salidas serie y paralelo, conexión a bus de datos, ethernet, memorias flash, etc. Incluso los hay que en el mismo panel incorporan un PLC con entradas y salidas. Las pantallas de visualización van desde display alfanuméricos hasta pantallas TFT táctiles, con alta resolución en color, que permiten la visualización de todo tipo de imágenes, consiguiendo presentaciones en pantalla prácticamente iguales a las obtenidas en el monitor del PC utilizando scadas. Para la programación se utilizan softwares específicos de cada fabricante que por lo general suelen servir para la mayoría de sus paneles fabricados. Al estar basados en Windows, suelen ser muy intuitivos y fáciles de programar, aunque cuando se trata de trabajar con un pequeño visualizador panel táctil a color con pantalla TFT los paneles más completos, las grandes posibilidades de trabajo de éstos, convierte la programación en algo más complicado al tener que manejar todo tipo de parámetros, con distintos formatos y opciones. Dentro de las distintas familias de cada fabricante, las configuraciones realizadas en equipos pequeños se suelen poder reconfigurar para su aplicación en equipos más potentes, adaptando el tamaño (ZOOM) automáticamente a la nueva resolución de las imágenes.

#### **2.2.4 Antecedentes de automatización de extrusoras**

##### **Plast-control**

Dedicada a la automatización de procesos de extrusión desde hace más de 38 años, fabrica exclusivamente en Alemania distribuyendo sus productos a escala mundial. Esta compañía

produce todos los componentes necesarios para repotencializar la maquinaria debido a su amplia experiencia en el procesamiento de plásticos.

Entre las variables y procesos que pueden implementarse se encuentran el suministro de material, la dosificación gravimétrica con control de extrusión, control de las temperaturas, control descentralizado de vacío (IBC), tecnología de anillos de enfriamiento, medición y control de perfil y soluciones especiales en los procesos tecnológicos. En resumen, los sistemas de control del proceso para aumentar la eficiencia de la maquinaria.

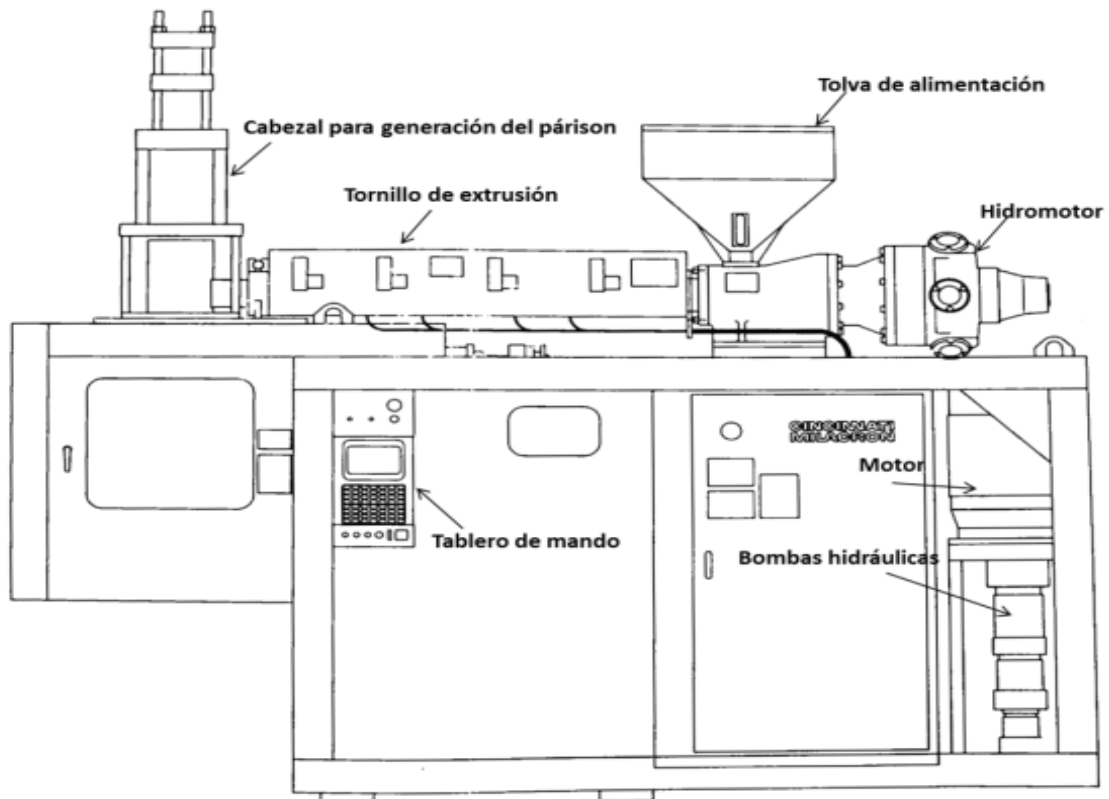
Cada vez más empresas de extrusión centralizan la generación del vacío, cambiando el enfoque del principio descentralizado, que se requiere para el transporte de las materias primas de los silos hasta las máquinas. Ventajas como la disminución en el consumo de energía, reducción de ruidos en la estación de trabajo, costo de inversión y tiempos de transformación de envase, son algunas de las razones para motivar el cambio en el proceso. Tanto al diseñar una línea automática, como al estructurar un proceso de control en una máquina, el concepto de producción flexible debe ser una prioridad, es decir poder fabricar envases de diferentes tamaños, por ejemplo, 3ml, 6ml, 8ml etc. Al momento de suplir las necesidades de producción en una sola máquina para los artículos en producción se deben considerar la conectividad de los parámetros, en aspectos como el ajuste automatizado de perfiles de movimiento y posiciones de topes, alturas, formas o espesores, además de las órdenes generadas por parte de la gestión de producción. Al centrarse en este último apartado, se busca lograr el aumento en el periodo de producción y la disminución en los tiempos de mantenimiento. Para este propósito, la automatización juega un papel primordial en el mercado. (Bodini, 1992)

En la búsqueda de información sobre el tema, se han encontrado algunos trabajos relacionados de automatización de extrusoras tales como:

### **Proyecto de grado estudiantes de la universidad de la Salle**

Presentaron un modelo de Automatización de una Máquina Sopladora Uniloy Milacron, propiedad de la empresa HGT Ingeniería.

Para lograr la automatización de dicho equipo, determinaron las variables críticas como tiempos perdidos de producción en el proceso de soplado, basados en estándares de productividad por minuto, se producían en el momento 12 envases, cuando deberían ser 17 envases producidos por minuto, esto generaba una pérdida de 5 envases entre descargas, en extrusión se presentaban pérdidas de 2 minutos entre cada una de las descargas, es decir se demoraba un tiempo de 7 minutos, cuando deberían ser 5 por descarga, todo esto se estudió con el fin de establecer la secuencia adecuada para la automatización de esta máquina, para una óptima elaboración del envase 6ml, el cual se conoce, por referencia comercial del cliente como parisol. Posteriormente, diseñaron el sistema de control con un PLC1200 y cambiaron el original de la máquina, un PLC 600. Con estas modificaciones lograron aumentar los tiempos de la máquina con respecto a las respuestas de sus actuadores, esto aumentó la producción a 17 envases por minuto y disminuyó el tiempo de descargas a 5 minutos, como resultado final lograron los objetivos planteados. También diseñaron una interfaz humano-máquina, para facilitar la operación del equipo. (Bernardo & Francisco, 1972)

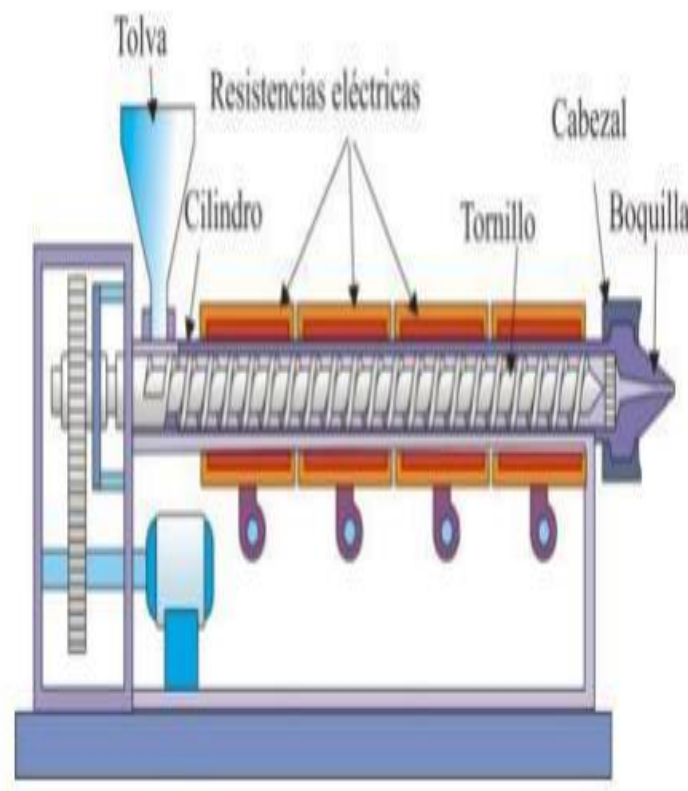


**Figura 3.** Máquina sopladora Uniloy Milacron modelo 1995 (belcher, 1995)

## Estudiantes de ingeniería mecánica en la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), sede Medellín

Automatizaron una máquina extrusora horizontal de tornillo sencillo para polietileno de baja densidad. Para lo cual, se optó por el desarrollo de la instrumentación y automatización de esta máquina ubicada en su laboratorio, ver figura 2, mediante el uso de sensores de presión, sensores de temperatura y variador de velocidad, tomando señales por medio de un PLC 1200 para obtener valores de las variables en tiempo real; igualmente implementaron un control PID al control de temperatura para mejorar la respuesta en la exactitud del tiempo de extrusión, es decir, la transformación del polietileno a envase. Para observar los datos de las variables crearon una interfaz grafica en WinCC flexible, mostrada en un panel táctil.

Con ésto lograron el objetivo de automatización trazado para el laboratorio de nuevas tecnologías. (Bernardo & Francisco, 1972)



**Figura 4.** Extrusor horizontal de tornillo sencillo para polietileno de baja densidad (Savgorodny, 2010)

## **Instituto tecnológico y de estudios superiores de Monterrey campus estado de México**

Estudiantes presentan tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias en Sistemas de Manufactura, modelo de automatización de una máquina de inyección de plástico. El trabajo tuvo como finalidad utilizar algunas de las técnicas avanzadas de la tecnología y aplicarlas a equipos que, aunque son antiguos, mecánicamente tienen un buen desempeño. Esta idea se desprende del hecho que mucha de la maquinaria que hay en la mayoría de la industria es usada, pero que con algunas modificaciones es posible aumentar su eficiencia y ahorrar en costos por mantenimiento y operación.

Este trabajo logró hacer un estudio del sistema de control principal y medir las pérdidas en tiempos en el proceso de producción tanto en extrusión como en descargas del producto, en tiempos perdidos por mecánica en mantenimiento correctivo, para cualquier tipo de extrusora en particular, haciendo un modelo de funciones como se muestra en la figura 3, se observan métodos de operación en la transformación del plástico al envase, para establecer un método en el proceso de automatización, los cuales muestran la diferencia cuando la máquina se programa de modo manual, automático total o semiautomático.

Esta propuesta de modificación a la maquinaria va dirigida a los dueños y gerentes de la micro y pequeña empresa, ellos son los más afectados por la ineficacia de los equipos, debido a que la mayoría de sus equipos son usados, la adquisición de maquinaria nueva es casi inaccesible, no así el costo de automatizar, porque si bien es alto el precio de hacer una automatización, no se compara con una máquina nueva de cualquier tipo. (Rodríguez, 2005)

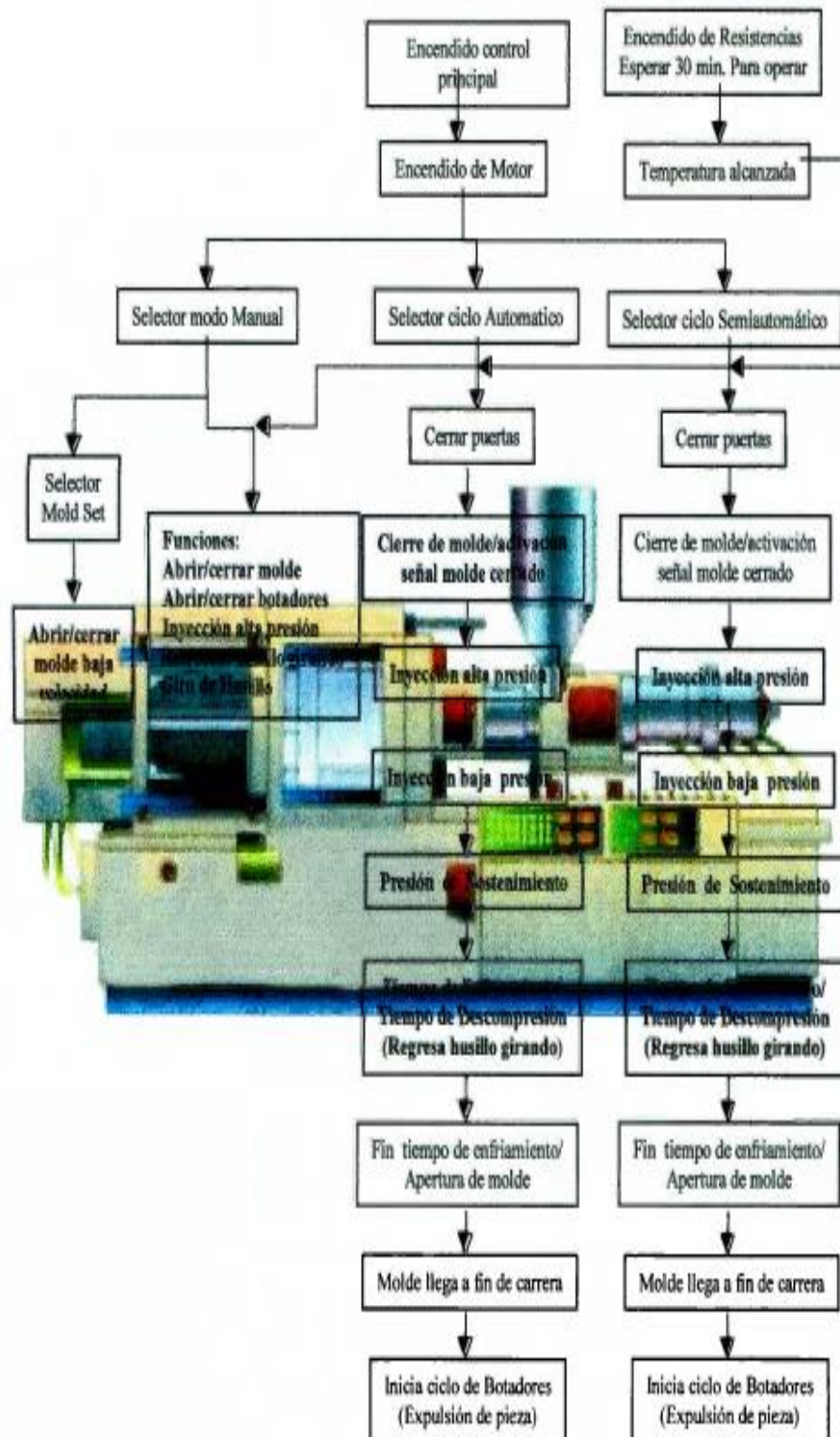


Figura 5. Descripción del proceso de inyección en modelo propuesto (Savgorodny, 2010)

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Desarrollo de la automatización

Inicialmente en este proyecto se realizó una visita a la planta para determinar el estado mecánico, eléctrico y electrónico de funcionamiento de la extrusora, realizando un diagnóstico del estado actual de los componentes empezando en la cabina2, como se muestra en la figura 5, donde se encuentran logos de control, guarda-motores, variadores de velocidad, arrancador suave, relés de relés de estado sólido.



*Figura 6. Cabina 2. (Imagen autoría propia)*

Se evidencia que el logo de control está en perfecto funcionamiento, utilizando un computador Lenovo ideapad 320 y el software logosoftcomfort se revisaron las salidas y entradas con bloques tipo AND, OR, etc. y uniéndolos mediante un “cable virtual” a las salidas y entradas representadas también con bloques virtuales por medio del programa, se demuestra un buen estado de cada una de las entradas y salidas.

Con un multímetro digitales marca Neoteck mini DMM DC AC, como se muestra en la figura 6 , se comprueba los relés de estado sólido, en las terminales de entrada se aplica la señal de control, en nuestro caso el voltaje aceptado por el relé de estado sólido es entre 90-280 V AC, teniendo en cuenta lo anterior, se aplica voltaje de alimentación en la entrada del

relevador, la salida se cerrará porque es un interruptor normalmente abierto y cuando no se aplica voltaje de alimentación en la entrada del relevador la salida permanecerá abierta, al hacer las mediciones anteriores se utiliza el multímetro en escala de Ohms para medir la resistencia en las terminales de salida, hay que recordar que lecturas de resistencia elevadas están en orden de megaohms indica interruptor abierto, en contra parte lecturas bajas en la orden de ohms a Kohms indica interruptor cerrado o en conducción, al aplicar el voltaje de alimentación estos no conmutan bien, es decir no cambian de estado, esto demuestra que la mayoría de los relés de estado sólido chequeados no muestran un buen funcionamiento.



**Figura 6.** *multímetro digitales marca Neoteck mini DMM DC AC (Savgorodny, 2010)*

Utilizando un amperímetro koban de gancho modelo kp06 como se muestra en la figura 7, se verifica el funcionamiento del guarda motor revisando la alimentación del motor trifásico GP10 con ventilación exterior con especificaciones de 1 a 20HP Factor de servicio de 1.15, 40°C de temperatura ambiente 3600 RPM a 3.5 amperios, se evidencia un sobre esfuerzo de potencia en el guarda motor de un modelo obsoleto, el cual no se consigue ya en el mercado.





*Figura 7. Amperímetro koban de gancho modelo kp06 (Savgorodny, 2010)*

Se comprueba el estado de los variadores de velocidad utilizando el multímetro digital marca Neoteck mini DMM DC AC, efectuándose pruebas de potencia, el variador debe estar plenamente desconectado a la alimentación VAC, para permitir la descarga del banco de condensadores, se ubican las borneras de potencia y se rectifican los diodos de la etapa de potencia, utilizando la escala de diodos del multímetro, se evidencia un estado óptimo de trabajo de los variadores de velocidad.

Utilizando un multímetro digital marca Neoteck mini DMM DC AC, logra verificarse el funcionamiento del arrancador suave, lo primero que se mide es si tiene algún cortocircuito en la entrada de alimentación o la salida, a tierra y entre bornes, lo cual demuestra que tiene un corto entre bornes y arroja códigos de falla en funcionamiento.

En la cabina 1, como muestra la figura 8, se encuentra el PLC (control lógico programable), relés de estado sólido, contactores, porta fusibles, fuente reguladora de voltaje, cableado electrónico desorganizado y sin ningún tipo de marcación hacia cada uno de sus componentes.



*Figura 8. Cabina 1.*

Se comprueba el estado del PLC (control lógico programable), se evidencia que está en mal estado, este se encuentra obsoleto y por su antigüedad ya no se consigue en el mercado, se comprueba mediante software, por medio de computador Lenovo ideapad 320 y el programa Simatic step7 profesional, en el step7 se observa que el programa para la secuencia de la maquina se encuentra bien, pero la respuesta del controlador es lenta para ejecutar un proceso eficaz de máquina. Los módulos de entradas, salidas digitales, módulos de termocuplas son compatibles con el PLC y son también de marcas antiguas y presentan problemas de sobrecarga y fallas en el sistema medidas por un multímetro digital marca Neotek mini DMM DC AC.

Para verificar los contactores se utiliza el multímetro digital marca Neotek mini DMM DC AC, para chequear continuidad y cargas, lo cual muestra un buen estado de funcionamiento.

Se evidencia que los portafucibles son de tipo, un solo piso y que están en mal estado de deterioro y de manera desorganizada dentro de la cabina 1.

Para inspeccionar la fuente reguladora de voltaje se utiliza multímetro digital marca Neotek mini DMM DC AC, la prueba a la cual se somete fue una prueba de voltaje. Las lecturas en el pin de entrada del voltaje que se alimenta y el pin de salida del voltaje no está

acordes con la exigencia de los motores y actuadores, se llega a la conclusión que el regulador esta defectuoso.

Se observa que el cableado eléctrico y electrónico dentro de la cabina1, esta desordenado y sin ningún tipo de marcación para cada uno de sus actuadores.

En la figura 9, se puede evidenciar el hallazgo en la puerta de la cabina 1, Controles eléctricos, suiches y cableado desorganizado.




*Figura 9. Puerta cabina1. (Imagen autoría propia.)*

Se encuentra también en la puerta de acceso principal a la extrusora envases plásticos, ningún tipo de control de seguridad para el operador en ejecución de maquina como se muestra en la figura 10.



**Figura 10.** Acceso puerta extrusora envases plásticos. (Imagen autoría propia.)

Se realiza una consulta con el departamento de seguridad y salud en el trabajo sobre la accidentalidad al momento de operar la máquina, ya que se han presentado incidentes por la falta de seguridad en la puerta principal de acceso a la extrusora. El reporte se realizó según el formato  ATL04, el cual se encuentra estandarizado en el sistema de seguridad y salud en el trabajo para reportar incidentes laborales, reportando varios accidentes en el periodo anterior.

También se evalúa la interacción humana-máquina, ya que esta no dispone de un panel de control que muestre el estado real del proceso en la ejecución, mostrando cada uno de los movimientos, fallas o errores en el proceso, lo cual facilitaría una mejor intervención tanto del operario como del personal técnico en ajustes correctivos. Teniendo en cuenta que debe ser totalmente compatible con el sistema de control PLC (control lógico programable).

En esta evaluación se observan componentes obsoletos y en mal estado tales como sistema de control PLC, actuadores, partes eléctricas y electrónicas, también se evidencia el desorden de su sistema eléctrico, electrónico, la inseguridad de su puerta de acceso principal y la falta de una interfaz humano-máquina que muestre el estado real del proceso, se elabora un inventario de las partes de control y actuadores que se pueden reutilizar y los elementos a sustituir para desarrollar una automatización y repotencialización óptima para lo exigido por la compañía en estándares de producción de envases por el departamento de métodos y tiempos de la compañía.

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Método de elección e implementación de los controles, actuadores y componentes a cambiar en la extrusora N04.

Por medio de elementos de medición como multímetros digitales marca Neoteck mini DMM DC AC , calibradores LOUISWARE 150 mm/6in, amperímetros koban de gancho modelo kp06, medidores de frecuencia TensionRite 3PEA8, osciloscopio digital 2560 series byk precisión, entre otros; implementados en la evaluación de cada uno de los actuadores, elementos eléctricos, electrónicos y de control para determinar su buen estado y eficiencia, además de tener en cuenta los tiempos de producción y elementos de control modernos que permiten una mayor productividad en estado de proceso en planta y extrusoras más modernas que se encuentran actualmente en la compañía, se determina el cambio de los siguientes componentes, controles y actuadores:

- 1 control lógico programable (PLC).
- 3 módulos de entradas y salidas adicionales.
- 1 módulo de entradas analógicas.
- 2 módulos de termocuplas.
- 40 relés de estado sólido 2 amperios.
- 1 fuente reguladora de voltaje.
- 40 bornera porta fusibles triple piso.
- 1 arrancador suave.
- 7 relés de estado sólido 40 amperios dc –ac.
- 1 guarda motor.
- 1 contactor.
- 2 variadores.
- 7 interruptor on –off de muletilla.
- panel touch.
- Microsuiche de seguridad

Se determina que el método de control apropiado para generar un sistema seguro en la puerta de acceso principal de la extrusora N04 es instalar un microsuique de seguridad que despresurice la máquina si está abierta en el momento de operación de máquina.

Se decidió implementar un panel de control touch que genere una respuesta más rápida en tiempo real de trabajo, a los errores o fallas en el momento de intervención por mantenimiento correctivos.

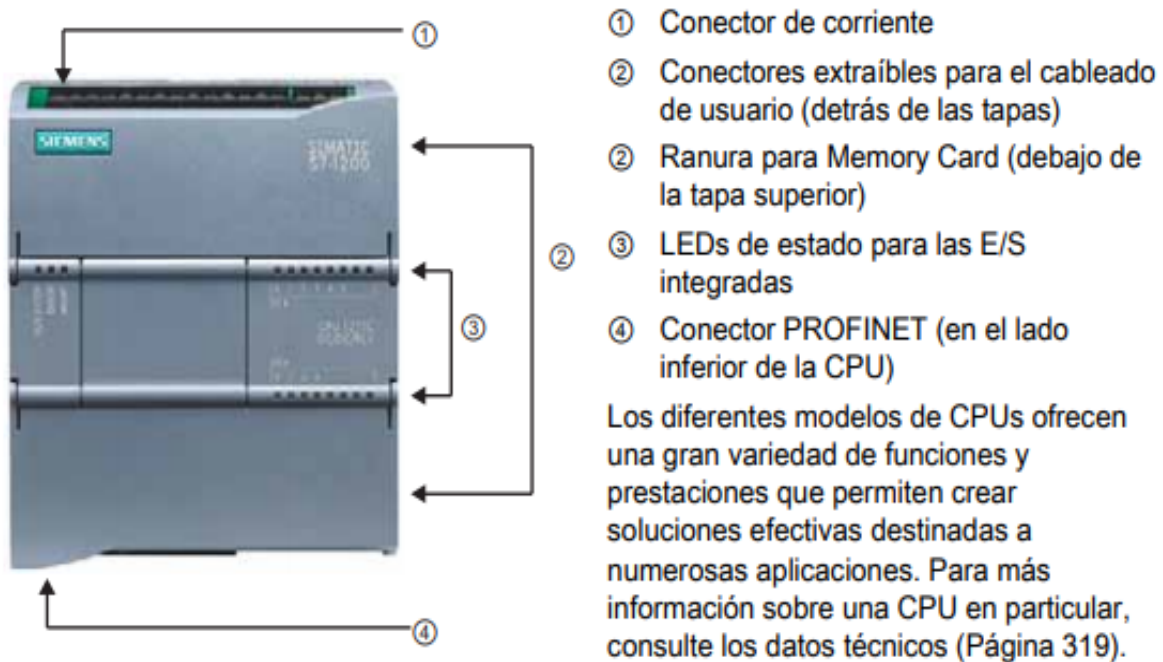
A través de consulta de fichas técnicas Siemens de elementos de control, actuadores, componentes eléctricos, electrónicos y extrusoras más modernas en la compañía, que generan una mayor eficiencia en la manufactura, de examinar también manuales de pantallas Siemens touch que muestre el estado real de la extrusora en el proceso, se determina instalar una serie de componentes de los cuales se argumentará a continuación de manera detallada tanto su método de selección como de implementación en la automatización.

#### **4.1.1 PLC (control lógico programable)**

Teniendo en cuenta extrusoras más modernas que se encuentran en la compañía y por medio de catálogos Siemens se determina que el PLC (control lógico programable) que se debe implementar es un S71200 Simatic, ya que este muestra compatibilidad para cargar el programa de secuencia de máquina del PLC anterior y este está diseñado para seguir procesos secuenciales de manera rápida a nivel industrial, tales como transformación de plástico a producto, control de motores, monitoreo de sensores, monitoreo de señales de calor, actuadores, etc. Su elección depende del tipo de proceso a automatizar, así como de la cantidad de entradas y salidas necesarias para atender todos los sensores y actuadores del sistema lo cual facilita la conexión de los actuadores.

Como cualquier sistema de control, este debe entregar determinados estados en sus salidas dependiendo del estado de sus entradas y de un proceso de corrección, que en este caso sería el programa que tenga cargado en su memoria, así como también se deberá pasar el programa actual del PLC obsoleto el cual ya no se encuentra en el mercado a la memoria del nuevo, ya que este programa fue diseñado para la aplicación en especial de la extrusora N04, para la

transformación de plástico a envase, de acuerdo a esto, este controlador presenta una mayor compatibilidad y teniendo en cuenta estos criterios se escoge **PLC S7-1200 simatic** por medio de catálogos como se muestra en la figura 9.



**Figura 11.** Controlador programable S7-1200 Manual de sistema.( F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008).

Ya que este controlador ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos de una manera rápida para las distintas tareas de automatización, se escoge con el fin aumentar la capacidad de la extrusora de 600 a 700 envases por minuto por la cantidad de 1000 a 1200 envases por minuto pedidos en el estándar de producción de la compañía. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7- 1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones. La CPU 1211C incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un potente PLC. Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas

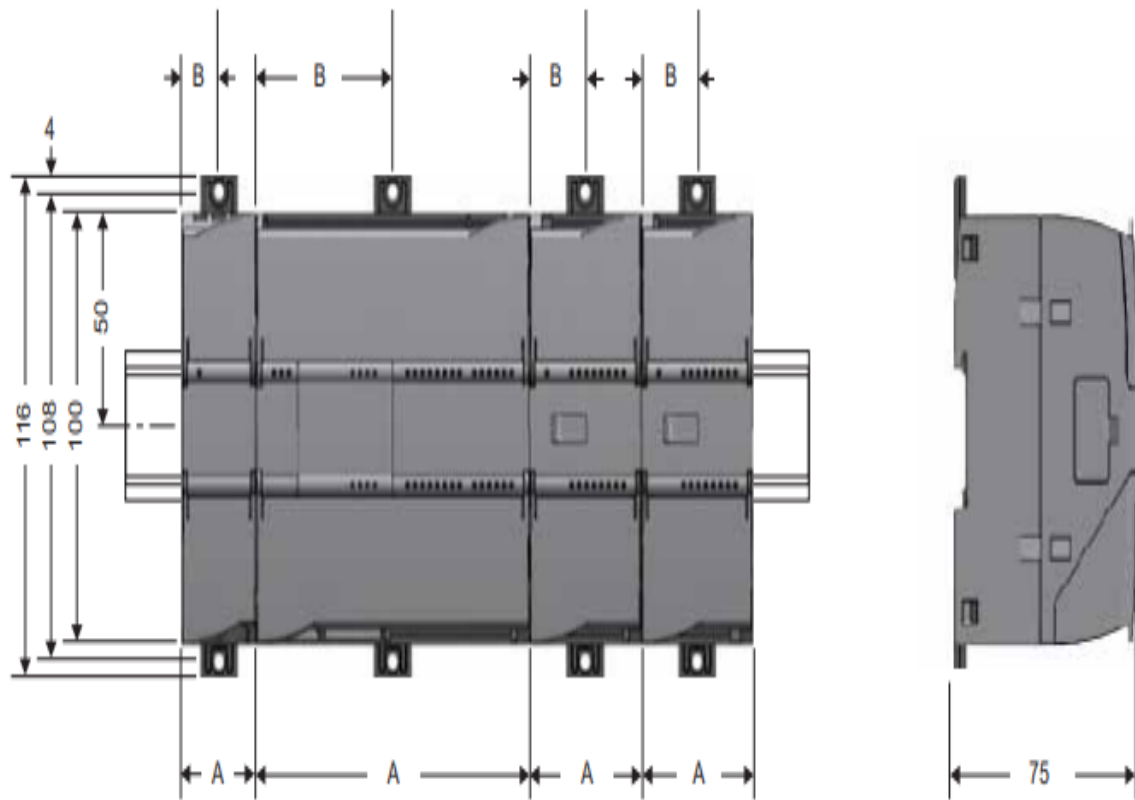
según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes. Numerosas funciones de seguridad protegen el acceso tanto a la CPU como al programa de control:

- Toda CPU ofrece protección por contraseña que permite configurar el acceso a sus funciones.
- Es posible utilizar la "protección de know-how" para ocultar el código de un bloque específico. ( F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008).

### **Dimensiones de montaje (mm)**

Las CPUs, los SMs y CMs se montan en un perfil DIN o en un panel. Se utilizan los clips del módulo previstos para el perfil DIN para fijar el dispositivo al perfil. Estos clips también pueden extenderse a otra posición para poder montar la unidad directamente en un panel. La dimensión interior del orificio para los clips de fijación en el dispositivo es 4,3 mm. Es preciso prever una zona de disipación de 25 mm por encima y por debajo de la unidad para que el aire pueda circular libremente. ( F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)





Dispositivos S7-1200		Ancho A	Ancho B
CPUs:	CPU 1211C y CPU 1212C	90 mm	45 mm
	CPU 1214C	110 mm	55 mm
Módulos de señales:	8 y 16 E/S, DC y relé (8I, 16I, 8Q, 16Q, 8I/8Q)	45 mm	22,5 mm
	Analógicos (4AI, 8AI, 4AI/4AQ, 2AQ, 4AQ)		
	16I/16Q relé (16I/16Q)	70 mm	35 mm
Módulos de comunicación:	CM 1241 RS232 y CM 1241 RS485	30 mm	15 mm

**Figura 7.** Programable S7-1200 I2 Manual de sistema. (F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)

**Tabla 10.** Características Controlador programable S7-1200 12 Manual de sistema.( F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)

<b>Función</b>	<b>CPU 1211C</b>	<b>CPU 1212C</b>	<b>CPU 1214C</b>
Dimensiones físicas (mm)	90 x 100 x 75		110 x 100 x 75
Memoria del usuario	25 KB		50 KB
Memoria de trabajo	1 MB		2 MB
Memoria de carga	2 KB		2 KB
Memoria remanente			
E/S integradas locales	6 entradas / 4 salidas	8 entradas / 6 salidas	14 entradas / 10 salidas
Digitales	2 entradas	2 entradas	2 entradas
Analógicas			
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes para entradas (I) y 1024 bytes para salidas (Q)		
Área de marcas (M)	4096 bytes		8192 bytes
Ampliación con módulos de señales	Ninguna	2	8
Signal Board	1		
Módulos de comunicación	3 (ampliación en el lado izquierdo)		
Contadores rápidos	3	4	6
Fase simple	3 a 100 kHz	3 a 100 kHz 1 a 30 KHz	3 a 100 kHz 3 a 30 KHz
Fase de cuadratura	3 a 80 kHz	3 a 80 kHz 1 a 20 kHz	3 a 80 kHz 3 a 20 kHz
Salidas de impulsos	2		
Memory card	SIMATIC Memory Card (opcional)		
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real	Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40 °C		
PROFINET	1 puerto de comunicación Ethernet		
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 us/instrucción		
Velocidad de ejecución booleana	0,1 us/instrucción		

**Tabla 11.**

*Características módulos adicionales Controlador programable S7-1200.( F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)*

Módulo		Sólo entradas	Sólo salidas	Entradas y salidas
Módulo de señales (SM)	Digital	8 entradas DC	8 salidas DC 8 salidas de relé	8 entradas DC/8 salidas DC 8 entradas DC/8 salidas de relé
		16 entradas DC	16 salidas DC 16 salidas de relé	16 entradas DC/16 salidas DC 16 entradas DC/16 salidas de relé
	Analógico	4 entradas analógicas 8 entradas analógicas	2 salidas analógicas 4 salidas analógicas	4 entradas analógicas/ 2 salidas analógicas
Signal Board (SB)	Digital	-	-	2 entradas DC/2 salidas DC
	Analógico	-	1 salida analógica	-
Módulo de comunicación (CM) RS485 RS232				

### Directrices de cableado del S7-1200

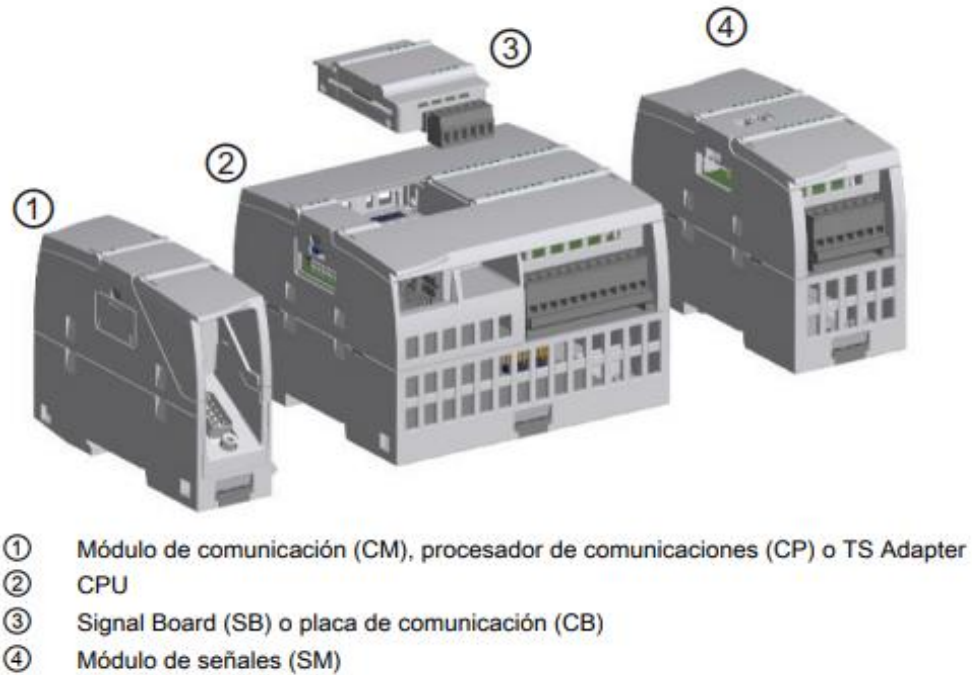
Al diseñar el cableado del S7-1200, se necesita un interruptor unipolar para cortar simultáneamente la alimentación de la CPU S7-1200, de todos los circuitos de entrada y de todos los circuitos de salida. también dispositivos de protección contra sobreintensidad (p. ej. fusibles o cortacircuitos) para limitar las corrientes de fallo en el cableado de alimentación. Para mayor protección es posible disponer un fusible u otro limitador de sobreintensidad en todos los circuitos de salida. Utilice dispositivos de supresión de sobretensiones apropiados en el cableado sujeto a perturbaciones por descargas atmosféricas. Evite colocar las líneas de señales de baja tensión y los cables de comunicación en una misma canalización junto con los cables AC y los cables DC de alta energía y conmutación rápida. El cableado deberá efectuarse por pares; con el cable de neutro o común combinado con el hilo caliente o de

señal. Utilice el cable más corto posible y vigile que tenga una sección suficiente para conducir la corriente necesaria. El conector acepta cables con una sección de 2 mm<sup>2</sup> a 0,3 mm<sup>2</sup> (14 AWG a 22 AWG). Utilice cables apantallados para obtener una protección óptima contra interferencias.

La protección externa no se requiere en los circuitos alimentados por la alimentación de sensores de 24 V DC del S7-1200, puesto que la alimentación de sensores ya está protegida contra sobrecorriente. Todos los módulos S7-1200 incorporan conectores extraíbles para el cableado de usuario. Para evitar conexiones flojas, asegúrese que el conector está encajado correctamente y que el cable está insertado de forma segura en el conector. No apriete excesivamente los tornillos para impedir que se deteriore el conector. El par máximo de apriete de los tornillos del conector es de 0,56 Nm (5 pulgadas-libra). Para impedir flujos de corriente indeseados en la instalación, el S7-1200 provee límites de aislamiento galvánico en ciertos puntos. Tenga en cuenta estos límites de aislamiento al planificar el cableado del sistema. ( F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)

#### **4.1.2 Módulos de entradas y salidas**

La familia S7-1200 Simatic ofrece diversos módulos y placas de conexión para ampliar las capacidades de la CPU con entradas y salidas adicionales y otros protocolos de comunicación. Se escoge para la automatización de la extrusora módulos de entrada y salida **S7-1200 SB DIGITAL** como se muestra en la figura 11 ya que este debe ser compatible con el PLC S7-1200 y presenta las siguientes características que se acomodan a la capacidad de respuesta esperada en a la automatización.



*Figura 8. Módulos de entradas y salidas programables S7-1200 12. ( F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)*

### Datos técnicos

El sistema de automatización S7-1200 cumple las siguientes normas y especificaciones de test. Los criterios de test del sistema de automatización S7-1200 se basan en estas normas y especificaciones de test. ( F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)

### Homologación ATEX EN 60079-0:2006

Atmósferas explosivas - Requisitos generales EN 60079-15:2005: Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas; tipo de protección 'n' II 3 G Ex nA II T4. Las siguientes condiciones especiales deben cumplirse para el uso seguro del S7-1200:


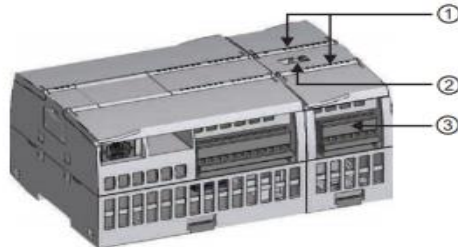
Los módulos deben montarse en una carcasa apropiada con un grado de protección mínimo de IP54 según EN 60529, considerando las condiciones ambientales en las que se utilizarán los equipos.

Si, en condiciones nominales, la temperatura excede 70° C en el punto de entrada del cable, o bien 80° C en el punto de derivación de los conductores, la temperatura realmente medida deberá estar comprendida en el rango de temperatura admisible del cable seleccionado. Se deberán tomar las medidas necesarias para impedir que se exceda la tensión nominal en más de un 40% a causa de perturbaciones transitorias. ( F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008).

**Tabla 12**

*Módulos de señales digitales y Signal Board. programable S7-1200 12.( F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)*

<b>Tipo</b>	<b>Sólo entradas</b>	<b>Sólo salidas</b>	<b>Combinación de entradas y salidas</b>
SB digital	Entrada: 4 x 24 V DC, 200 kHz	Salida: 4 x 24 V DC, 200 kHz	Entrada: 2 x 24 V DC / Salida: 2 x 24 V DC
	Entrada: 4 x 5 V DC, 200 kHz	Salida: 4 x 5 V DC, 200 kHz	Entrada: 2 x 24 V DC / Salida: 2 x 24 V DC, 200 kHz
			Entrada: 2 x 5 V DC / Salida: 2 x 5 V DC, 200 kHz
SM digital	Entrada: 8 x 24 V DC	Salida: 8 x 24 V DC 8 salidas de relé	Entrada: 8 x 24 V DC / Salida: 8 x 24 V DC
	Entrada: 8 x 24 V DC		Entrada: 8 x 24 V DC / 8 Salidas de relé 8 x 120/230VAC In / 8 x salidas de relé
	Entrada: 16 x 24 V DC	Sallida: 16 x 24 V DC 16 salidas de relé	Entrada: 16 x 24 V DC / Salida: 16 x 24 V DC
			Entrada: 16 x 24 V DC / 16 Salidas de relé

Tipo de módulo	Descripción	
<p>La CPU soporta una placa de ampliación tipo plug-in:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Una Signal Board (SB) proporciona E/S adicionales a la CPU. La SB se conecta en la parte frontal de la CPU.</li> <li>• Una placa de comunicación (CB) permite agregar un puerto de comunicación adicional a la CPU.</li> </ul>		① LEDs de estado en la SB
② Conector extraíble para el cableado de usuario		
<p>Los módulos de señales (SM) agregan funciones a la CPU. Los SMs se conectan en el lado derecho de la CPU.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• E/S digitales</li> <li>• E/S analógicas</li> <li>• RTD y termopar</li> </ul>		① LEDs de estado
② Conector de bus		
③ Conector extraíble para el cableado de usuario		

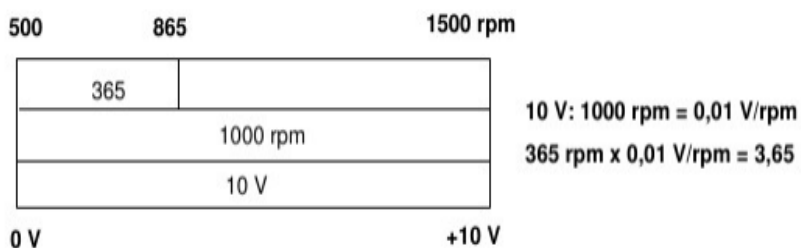
**Figura 9.** Módulos de ampliación S7-1200. programable S7-1200 12 ( F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)

#### 4.1.3 Módulos de entradas analógicas

Para la comunicación de entradas analógicas se escoge **Signal Board** programable S7-1200 por medio de catálogos Siemens, ya que los módulos deben ser compatibles con el PLC S7-1200 (control lógico programable) utilizado para esta automatización, dado que este presenta señales analógicas. A diferencia de una señal binaria para el PLC, que solo puede adoptar los estados de señal "Tensión presente +24V" y "Tensión no presente 0V", las señales analógicas pueden adoptar cualquier valor dentro de un rango determinado. Un ejemplo típico de sensor analógico es un potenciómetro. En función de la posición del botón rotativo, se puede ajustar cualquier resistencia hasta un valor máximo. Ejemplos de magnitudes analógicas en la tecnología de control:

- Temperatura -50 ... +150 °C
- Caudal 0 ... 200 l/min
- Velocidad 500 ... 1500 rpm, etc.

Estas magnitudes se transforman con un transductor de medida en tensiones, corrientes o resistencias eléctricas. Si se desea, por ejemplo, registrar una velocidad, el rango de velocidad de 500 ... 1500 rpm se puede convertir en un rango de tensión de 0 ... +10 V con un transductor de medida. A una velocidad medida de 865 rpm, el transductor de medida emitiría un valor de tensión de +3,65 V. ( F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)



**Figura 10.** Conversión de un rango de velocidad a un rango de voltaje. programable S7-1200 12.( F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)

**Tabla 13**

*Módulos de señales analógicas y Signal Boards. programable S7-1200 12.( F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)*

Tipo	Sólo entradas	Sólo salidas	Combinación de entradas y salidas
SB analógica	1 entrada analógica de 12 bits 1 RTD de 16 bits 1 termopar de 16 bits	1 salida analógica	-
SM analógico	4 entradas analógicas 8 entradas analógicas  Termopar: - 4 TC de 16 bits - 8 TC de 16 bits  RTD: - 4 RTD de 16 bits - 8 RTD de 16 bits	2 salidas analógicas 4 salidas analógicas	4 entradas analógicas / 2 salidas analógicas



#### 4.1.4 Módulos de termocuplas

Para nuestra necesidad de control de altas temperaturas que oscilan entre 300 y 400 centígrados, para la transformación del plástico a envase se escoge la termocupla por medio de catálogos Siemens el cual tiene que mostrar compatibilidad con **S7-1200** (control lógico programable) implementado, se determina que el que más se ajusta es el termopar **SM 1231**.

**Referencia 6ES7 231-5QD30-0XB0 SM 1231 AI4 x TC x 16 bit**



*Figura 11. Módulo termocupla sm1231 (técnica de automatización. F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)*

El módulo de señales analógicas de termopar SM 1231 (TC) mide el valor de la tensión conectada a las entradas del módulo. Este valor puede ser tanto la temperatura de un termopar como voltios.

- Si se trata de voltios, el valor máximo del rango nominal serán 27648 decimales.
- Si se trata de temperatura, el valor se expresará en grados multiplicados por diez (p. ej. 25,3 grados se expresarán como 253 decimales). (D. Festo, 2010a)

**Tabla 14**

*Módulo de entradas analógicas de termopar S7-1200 SM 1231.programable S7-1200, (D.Festo, 2010a)*

<b>Modelo</b>	<b>SM 1231 AI4 x TC x 16 bit</b>
Referencia (MLFB)	6ES7 231-5QD30-0XB0
Dimensiones An. x Al. X P. (mm)	45 x 100 x 75
Peso	180 g
Pérdidas	1,5 W
Consumo (bus SM)	80 mA
Consumo (24 V DC) <sup>1</sup>	40 mA
Número de entradas	4
Tipo	TC aislado y mV
Rango	Veáse Tabla de selección de termopares
Rango nominal	Veáse Tabla de selección de termopares
Rango de saturación superior/inferior	Veáse Tabla de selección de termopares
Rebase popr exceso/defecto (palabra de datos)	Veáse Tabla de selección de termopares
Resolución Temperatura Tensión	0,1° C/0,1° F 15 bits más signo
Tensión máx. de ensayo	± 35 V
Supresión de ruido	85 dB para el filtro seleccionado (10 Hz, 50 Hz, 60 Hz o 400 Hz)
Supresión en modo común	> 120dB a 120 V AC
Impedancia	≥ 10 MΩ
Aislamiento Campo a circuito lógico Campo a 24 V DC 24 V DC a circuito lógico Canal a canal	500 V AC 500 V AC 500 V AC ninguno
Exactitud (25°C / 0 a 55°C)	Veáse Tabla de selección de termopares
Repetitibilidad	±0,05% FS
Principio de mediación	Integrador
Tiempo de actualización del módulo	Veáse Tabla de selección de filtros
Error de unión fría	± 1,5°C

#### 4.1.5 Relés de estado sólido

Ante la necesidad de cambios de estado para controlar calentadores de gran resistencia junto con reguladores de temperatura, se escoge el relé de estado sólido Omega referencia SSRL240AC10 por catálogo Siemens buscando la compatibilidad de salida con el PLC S7 - 1200 (control lógico programable) como se muestra en la figura 15.



**Figura 12.** (Relés de estado sólido omega SSRL240AC10. programable S7-1200 12, técnica de automatización. F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)

Este relé de la serie SSRL se utiliza para controlar los calentadores de gran resistencia en las tolvas de transformación de plástico junto con reguladores de temperatura. Los relés de estado sólido son SPST, dispositivos conmutadores normalmente abiertos sin partes móviles, capaces de realizar millones de ciclos de operaciones. Aplicando una señal de control, un SSR enciende la corriente de carga CA, del mismo modo que los contactos móviles actúan en un contactor mecánico. Las cargas trifásicas pueden controlarse utilizando 2 o 3 SSR. Utilice 3 SSR para cargas trifásicas con conexión en “Y” o “estrella” utilizando una línea neutra. Dos SSR controlarán cargas “delta” sin ninguna línea neutra. Tres relés de estado sólido se utilizan también cuando no hay una carga neutra que proporcione redundancia y garantía de control adicional. La “conmutación” tiene lugar en el punto de cambio de voltaje 0 del ciclo de corriente alterna. Por esta razón, no se genera ningún ruido electrónico

apreciable, por lo que los SSR son ideales para entornos en los que hay aparatos susceptibles a RFI. (Técnica de automatización. F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)

Especificaciones comunes Temperatura de funcionamiento: -20 a 80 °C (-5 a 175 °F) Temperatura de almacenamiento: -40 a 80 °C (-40 a 175 °F), Aislamiento: 4000 Vrms, de entrada, a salida; 2500 Vrms de entrada/salida a tierra, Capacitancia: 8pF, de entrada, a salida (máx.), Rango de frecuencia: 47 a 63 Hz, Tiempo de encendido: 20 mseg., CA; 05 ciclos CC Tiempo de apagado: 30 mseg., CA. (Técnica de automatización. F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008).

**Tabla 15**

*Especificaciones de salida para modelos de entrada Vca y Vcc. programable S7-1200. (técnica de automatización. F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)*

Especificaciones	10 amperios	25 amperios	50 amperios	75 amperios	100 amperios
Máxima corriente en estado de encendido	10 A	25 A	50 A	75 A	100 A
Mínima corriente en estado de encendido	100 mA				
Máxima sobretensión en un ciclo	150 A	300 A	750 A	1000 A	1200 A
Máxima sobretensión en un segundo	30 A	75 A	150 A	225 A	300 A
I <sub>2</sub> T (60 Hz), A <sub>2</sub> S	416	937	2458	5000	6000

#### 4.1.6 Fuente de alimentación

Se escoge la fuente de alimentación teniendo en cuenta que debe ser compatible con el control lógico programable S71200 por medio de catálogos Siemens se determina que la de mayor compatibilidad es **POWER MODUL PM1207 - 6EP1332-1SH71 de Siemens** como se muestra en la figura 16, ya que es la fuente de alimentación ideal para PLC SIMATIC S7-1200. Gracias al diseño similar, la fuente de alimentación conmutada POWER MODUL PM1207 - 6EP1332-1SH71 ajusta perfectamente con el PLC S7-1200. La fuente de alimentación POWER MODUL PM1207 - 6EP1332-1SH71 entrega en la salida 2,5 A 24 V DC. (técnica de automatización. F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)



**Figura 13.** Fuente de alimentación PM1207-REF 6EP1332-1SH71 programable S7-1200 12 (técnica de automatización. F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)

#### **Datos eléctricos entrada**

Tensión nominal de entrada	120...230 V AC
Corriente de entrada	85 V AC
Rango de voltaje de entrada máx.	264 V AC
Rango de frecuencia	47...63 Hz
Consumo de corriente	0,67 – 1,2 A

(Técnica de automatización. F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)

#### **Datos eléctricos salida**

Tensión nom. de salida	24 V DC
Corriente nom. de salida	2,5 A
Conexión paralela	Si
Límite de corriente	6 A

(Técnica de automatización. F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)

**Datos dimensión**

Ancho	70 mm
Altura	100 mm
Fondo	75 mm
Tipo de conexión	Conexión roscada

(Técnica de automatización. F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)

**4.1.7 Bornera porta fusibles triple piso**

En respuesta a la necesidad de una presentación más organizada en el panel de control eléctrico y electrónico, se implementa borneras porta fusible triple piso la cual permite una organización más compacta como se muestra en la figura 17.



*Figura 14* Bornera porta fusible triple piso.(Micro, 2018)

Terminales personalizados y compactos de tres niveles para la solución optimizada de la aplicación en el cableado de señal. El diseño del borne mejora la distribución general del carril cuando se usan sensores y ahorra una cantidad considerable de espacio en el carril.

### **Características y ventajas**

- Tecnología de conexión por tornillo
- Terminales de iniciador/actuador AIO
- Conveniente únicamente para el montaje en un carril simétrico; en BS5584: 1978, EN 50022

Terminales fabricados con poliamida 6.6 con una temperatura de trabajo de -50 °C a +100 °C excepto el borne protegido por fusible (425-689) que es melamina de alta calidad con una temperatura de trabajo de -60 °C a +130 °C Carril asimétrico (perfil G) en montaje B 5825:1980 EN 50035. (Micro, 2018)

**Tabla 16**

*Tabla de especificaciones.(Micro, 2018)*

Atributo	Valor
Serie	DLD
Tamaño del cable	26 - 12 AWG
Cable CSA	2.5 mm
Color	Marrón
Valor nominal de corriente	24A
Número de niveles	Triple
Método de terminación	Sujeto con tornillo
Tensión nominal	250 V
Temperatura mínima de funcionamiento	60°C
Temperatura máxima de funcionamiento	130°C

#### 4.1.8 Arrancador suave

Ante la necesidad de disminuir la frecuencia de arranque en el momento de ejecución se miden frecuencias de máquina con el osciloscopio y se consultan catálogos Siemens para escoger un arrancador compatible con el control lógico programable S/1200 y se determina que el arrancador compatible es el arrancador Siemens 3,6 A, IP20, 1,5 kW REF 3RW3013-1BB14 el cual proporciona los picos de frecuencia adecuados para un arranque de motor adecuado para el sistema como se muestra en la figura 18.



**Figura 20.** Arrancador suave Siemens 3,6 A, IP20, 1,5 kW.(SIMATIC - SIEMENS, 2008)



Se puede integrar en un sistema de control de motores que utilice otros productos de control Sirius, por ejemplo, disyuntores de 3 polos de la gama 3RV10 (consulte los controladores de motores).

Control de dos fases

Tensión de inicio ajustable entre el 40 y el 100% de la tensión nominal

Contactos de derivación integrados

Montaje en carril DIN

Diseño y dimensiones compactos

Indicación de estado

Contactos auxiliares integrados de retención automática y fin de arranque. El contacto de retención automática se usa para el bloqueo cuando el control viene dado por una configuración simple de botón pulsador de encendido/apagado. La señal de fin de arranque se puede usar con otros componentes de la planta, como las bombas reemplazo ideal para arrancadores DOL y Star-Delta. ( *SIMATIC* - SIEMENS, 2008).

### Tabla 17

*Arrancador suave Siemens 3,6 A, IP20, 1,5 kW características.*(*SIMATIC* - *SIEMENS*, 2008)

Tensión de funcionamiento	200 a 460 Vac (50-60 Hz)
Tensión de control	110 a 230 Vac (50-60 Hz)
FLC de funcionamiento (máx.)	40°C
Rampa ascendente de arranque suave	0-20 s (ajustable)
Rampa descendente/tiempo de parada suave	0-20 s (ajustable)

**Tabla 18**

*Arrancador suave Siemens 3,6 A, IP20, 1,5 kW especificaciones. ( SIMATIC - SIEMENS, 2008)*

Atributo	Valor
Fase	3
Corriente nominal	3,6 A
Tensión nominal	400 V
Tensión de control	110 - 230 Vac / dc
Potencia nominal	1,5 KW
Índice de protección IP	IP20
Longitud total	151mm
Anchura total	45mm
Profundidad total	95mm
Serie	3RW30

#### 4.1.9 Guarda motores

Para la protección del motor de la extrusora se implementa un guarda motor elegido por medio de catálogos el **SIRIUS 3RV hasta 100** el cual es compatible con el sistema de control PLC S7-1200, como se muestra en la figura 19. Están diseñadas fundamentalmente para la protección de motores trifásicos disparando los interruptores automáticos.



*Figura 21. (Guarda motores SIRIUS 3RV hasta 100A. (SIMATIC - SIEMENS, 2008)*

## **Protección contra cortocircuitos**

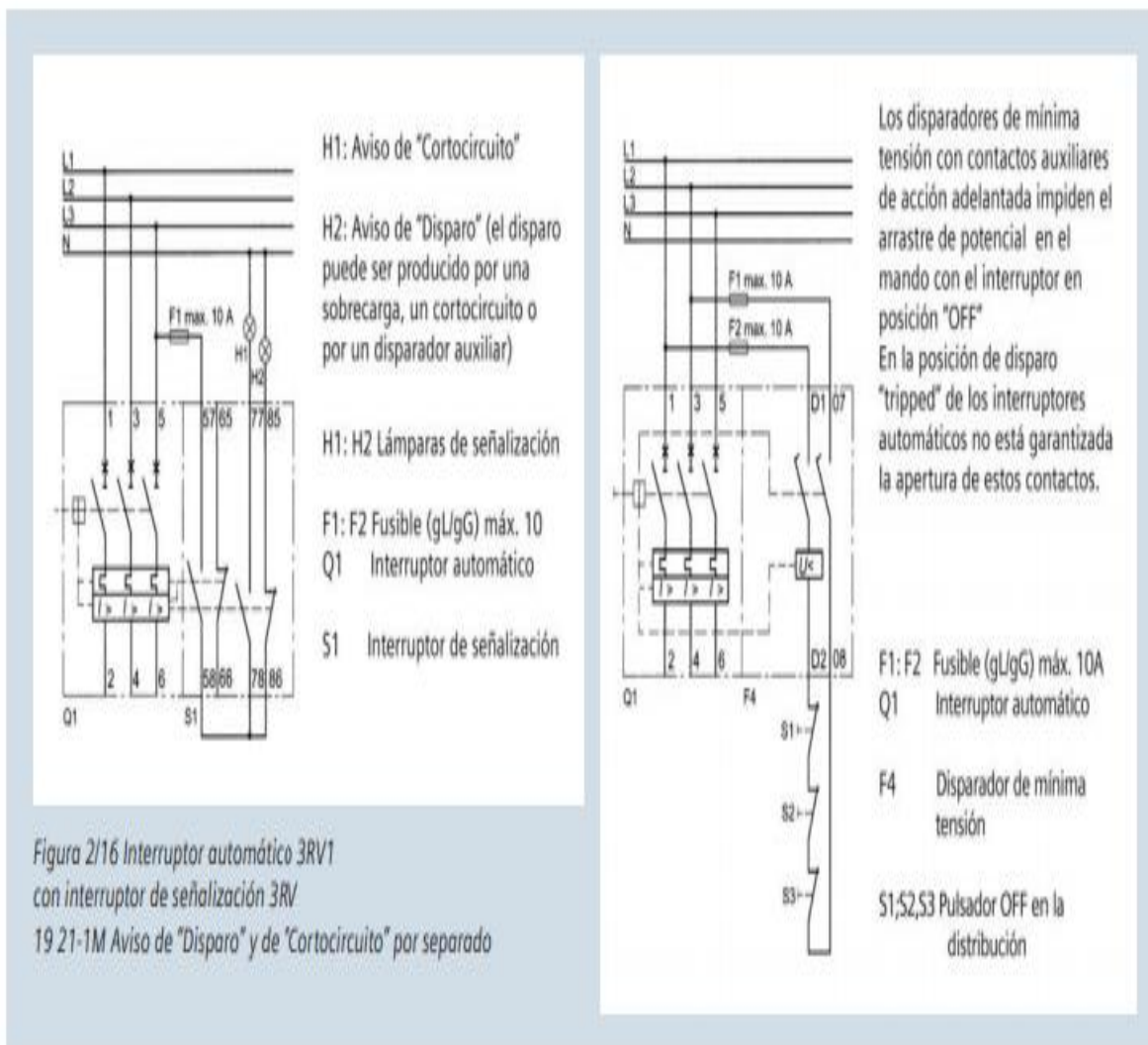
Los disparadores de cortocircuito de los interruptores automáticos 3RV1 separan de la red la derivación defectuosa del consumidor en caso de cortocircuito evitando con ello otros daños. Con un poder de corte en cortocircuito de 50 kA o bien 100 kA, con una tensión de c.a. 400 V, los interruptores están prácticamente a prueba de cortocircuito con esta tensión, ya que intensidades mayores de cortocircuito en el lugar de montaje de los interruptores no son probables. Los fusibles preconectados son sólo necesarios, cuando la intensidad de cortocircuito en el lugar de montaje supere el poder asignado de corte último en cortocircuito de los interruptores. Para el poder de corte en cortocircuito con otras tensiones y para el tamaño del fusible eventualmente necesario.

## **Protección de motor**

Las curvas características de disparo de los interruptores automáticos 3RV1 están diseñadas fundamentalmente para la protección de motores trifásicos. Por ello, estos interruptores son también denominados interruptores de protección de motor. La intensidad del motor a proteger se ajusta en la escala de ajuste. El disparador de cortocircuito viene instalado de fábrica en un valor 12 veces mayor que el de la intensidad asignada del interruptor. Gracias a ello se obtiene una aceleración a plena marcha sin dificultades y una protección segura del motor. La sensibilidad al fallo de fase del interruptor garantiza que, en caso de caída de una fase, y con la consiguiente sobreintensidad ocasionada por ello en las otras fases, el interruptor será disparado a tiempo. Los interruptores con disparadores de sobrecarga térmicos vienen diseñados por lo general en la clase de disparo 10 (CLASE 10). Los interruptores de los tamaños S2 y S3, sin embargo, se puede adquirir también en la clase de disparo 20 (CLASE 20) y posibilitan con ello el arranque de motores bajo duras condiciones.

## Protección de distribuciones

Los interruptores 3RV1 para la protección de motor son también apropiados para la protección de distribuciones. Para evitar disparos prematuros por la sensibilidad al fallo de fase, se han de cargar siempre homogéneamente las tres vías de corriente. En los consumidores monofásicos se han de conectar las vías de corriente en serie. (SIMATIC - SIEMENS, 2008)



#### 4.1.10 Contactores

Para la automatización de la extrusora se miden con multímetros y amperímetros las cargas de voltajes y corrientes que se manejan en el sistema, para determinar el uso adecuado de contactores y se determina implementar por medio de catálogos Siemens los **contactores sirius 3RT201** como se muestra en la figura 21, los cuales ofrece una gama única para una administración eficiente de la energía, estos proyectan de forma óptima las necesidades energéticas y la administración de la energía.



*Figura 16. Esquemas de conexión Guarda motores SIRIUS 3RT201 hasta 100<sup>o</sup>. (SIMATIC - SIEMENS, 2008)*

Estos son muy útiles para maniobrar cargas eléctricas cuando la frecuencia de maniobra es elevada. Los contactores constituyen los dispositivos más utilizados con mayor frecuencia en la industria y en la construcción de cuadros/tableros y maquinaria. Con el avance de la automatización en la industria manufacturera también ha aumentado la importancia de los contactores que, a su vez, están ligados a unos requisitos más complejos y, a veces, muy nuevos. Un proceso de fabricación automatizado es mucho más sensible a las fallas de funcionamiento que los procesos manuales. Cualquier falla de un aparato eléctrico significa parada, desechos de material, pérdidas de producción y, muchas veces, un gran esfuerzo para volver a poner en marcha la planta. Por eso, cuando se desarrolló la serie de contactores SIRIUS, se prestó especial atención a la confiabilidad de los aparatos durante la operación.

Esta característica depende en gran medida de una larga vida útil, la confiabilidad de contacto y la posibilidad de usar los contactores a elevadas temperaturas ambiente dentro del armario eléctrico/gabinete. Los contactores soportan temperaturas de hasta 60 °C y no requieren derating ni siquiera cuando están instalados en línea. Debido a las múltiples posibilidades de uso, el programa de contactores abarca, además de la serie principal 3RT20 y 3RT10

Para la maniobra de motores, otras variantes para aplicaciones especiales como, por ejemplo, para la maniobra de cargas resistivas o de condensadores. (*SIMATIC* - SIEMENS, 2008)

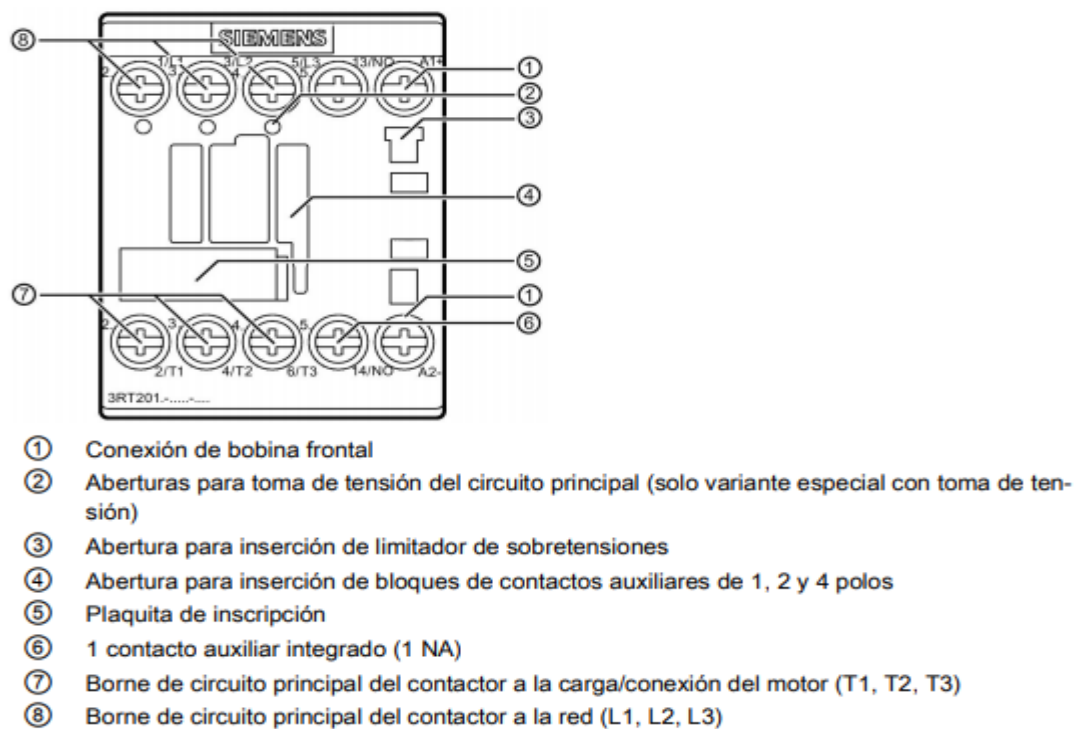


Figura 3-1 Contactor de potencia 3RT201..-....., tamaño S00, vista general

*Figura 17. Esquema de conexión.*(*SIMATIC* - *SIEMENS*, 2008)

#### 4.1.11 Variadores

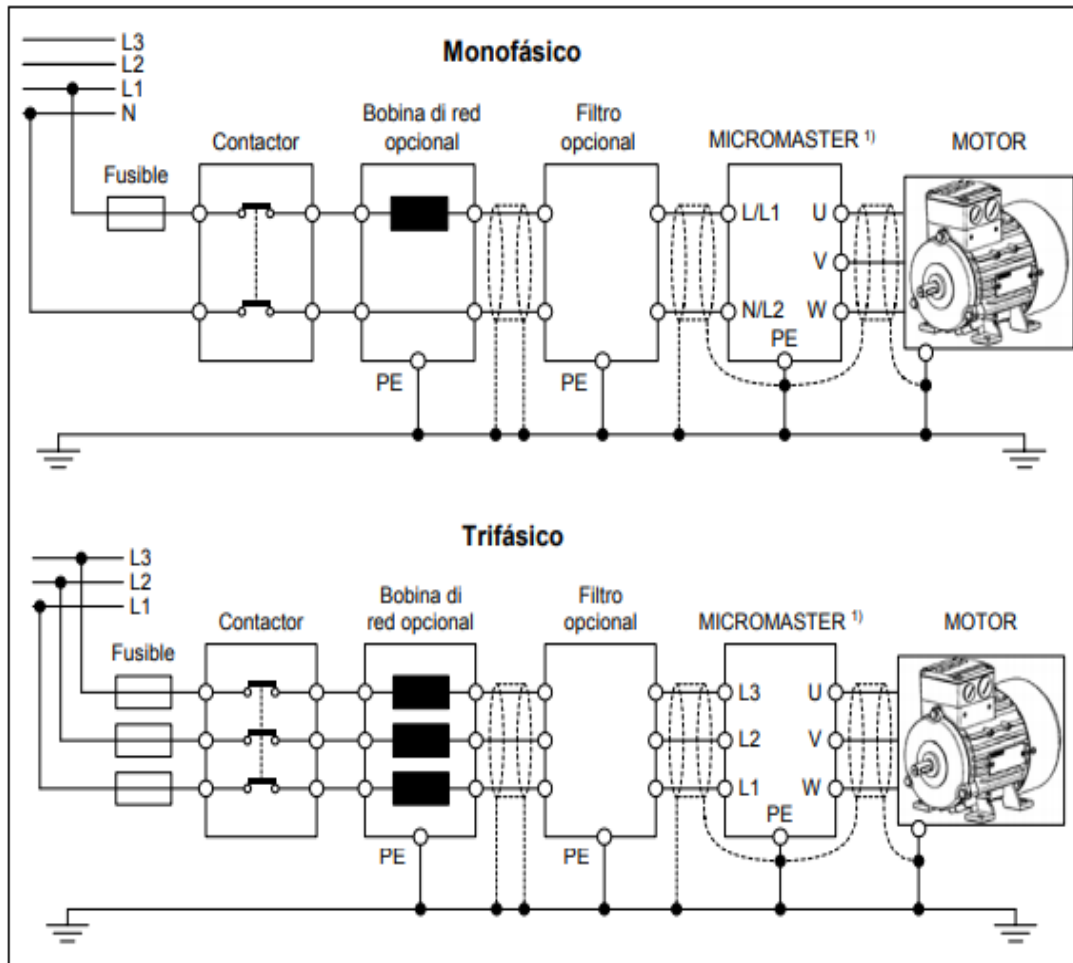
Se implementa en la automatización de la extrusora por medio de catálogos Siemens variadores de velocidad **MICROMASTER 420** los cuales se escogen por catálogos de

compatibilidad de motores son una gama de convertidores de frecuencia para modificar la velocidad de motores trifásicos. La gama de modelos disponible abarca de entrada monofásica de 120 W a entrada trifásica de 11 kW. Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. Esto les hace fiables y versátiles. Un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor. Extensas funciones de protección ofrecen una protección excelente tanto del convertidor como del motor.

Con sus ajustes por defecto realizados en fábrica, el MICROMASTER 420 es ideal para una gran gama de aplicaciones de control de motores simples. El MICROMASTER 420 puede utilizarse también en aplicaciones de control de motores más avanzadas usando sus extensas listas de parámetros. El MICROMASTER 420 puede utilizarse tanto para aplicaciones aislado como integrado en sistemas de automatización. ( F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008).



**Figura 18.** Variador MICROMASTER 420. ( F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)



*Figura 19. Conexiones del motor y la red. (F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)*

#### 4.1.12 Interruptores en muletilla

Para la automatización de la extrusora se implementaron interruptores Conmutador de 3 polos para montaje en panel con muletilla 3LD2 122-7UK01, como se muestra en la figura 25, ya que estos tienen tres contactos dispuestos uno al lado del otro<sup>1)</sup>. En cada lado del interruptor puede montarse un 4º contacto anticipado para maniobrar el neutro, un borne de puesta a tierra PE ininterrumpido, un bloque de contactos auxiliares (1 NA + 1 NC). Los bloques de contactos auxiliares actúan por anticipado. Al desconectar, el contacto NA se abre antes que los contactos principales y un contactor integrado en el circuito se encarga de abrir el circuito de potencia cortando el paso de corriente para el interruptor para trabajos o



de seguridad. Al conectar, los bloques de contactos auxiliares se cierran después o al mismo tiempo que los contactos principales.



**Figura 20.** *Interrupción muletilla, ( F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)*

Los accionamientos giratorios de los interruptores para fijación frontal y en la base se montan en las puertas de los armarios eléctricos, en paneles frontales o en paredes laterales por medio de cuatro tornillos o de una tuerca en el orificio único central estándar de 22,5 mm de diámetro y se mueven desde fuera. En la posición OFF pueden bloquearse como máximo con 3 candados de 8 mm. Además, se dispone de aparatos de maniobra con accionamiento giratorio de puerta neutralizable. ( F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008).

Normas		DIN VDE 0660, IEC 60947								
Interruptores	Tipo	3LD2 0	3LD2 1	3LD2 2	3LD2 5	3LD2 7	3LD2 8	3LD2 3	3LD2 4	
Tensión asignada de aislamiento $U_i$	V	690								
Tensión asignada de empleo $U_e$	V AC	690								
Frecuencia asignada	Hz	50 ... 60								
Tensión asignada soportada al impulso $U_{imp}$	kV	6	6	6	6	6	6	6	6	
Intens. asign. de corta duración soportable (intens. 1 s, valor eficaz)	A	340	640	640	1260	2000	2000	4000	4000	
Protección contra cortocircuitos, prefusible máx. (gL)	A	20	25	40	63	100	125	160	250	
Intensidad asignada de cortocircuito condicionada con prefusibles a AC 50/60 Hz, 690 V	kAef	50	50	50	50	50	20	50	50	
Valor $I^2t$ de paso máximo permitido	kA <sup>2</sup> s	2,5	4	9	21	64	104	185	557	
Intensidad de paso admisible del fusible	kA	3	3,5	4,5	6	10	10	15	15	
Intensidad asignada ininterrumpida $I_u$	A	16	25	32	63	100	125	160	250	
Interruptores en carga AC-21A	Intens. asign. de empleo $I_e$	A	16	25	32	63	100	125	160	250
Interruptores de motores AC 3 Maniobras de servicio de motores individuales	Potencia asign. de empleo a 220 ... 240 V	kW	3,0	4,0	5,5	11,0	18,5	22,0	35,0	55,0
	a 380 ... 440 V	kW	5,5	7,5	9,5	18,5	30,0	37,0	50,0	110,0
	a 660/690 V	kW	5,5	7,5	9,5	15,0	22,0	30,0	37,0	45,0
Interruptores principales AC-23A Interruptores para trabajos Maniobras frecuentes de motores, pero no maniobras de servicio	Potencia asign. de empleo a 220 ... 240 V	kW	4,0	5,0	6,0	11,0	18,5	22,0	45,0	75,0
	a 380 ... 440 V	kW	7,5	9,5	11,5	22,0	37,0	45,0	75,0	132,0
	a 660/690 V	kW	7,5	9,5	11,5	18,5	30,0	37,0	45,0	55,0
Disipación por circuito con $I_e$	W	0,5	1,1	1,8	4,5	7,5	12,0	36,0	36,0	
Endurancia mecánica	Ciclos de maniobra	100 000								
Frecuencia de maniobra	1/h	50								
Temperatura ambiente admisible	°C	-25 ... +55								
Propiedades de seccionador	hasta un máx.	V	690							
Secciones de conductores principales <sup>1)</sup>										
Unifilar o multifilar		mm <sup>2</sup>	1 ... 6	1,5 ... 16	1,5 ... 16	2,5 ... 35	4 ... 50	4 ... 50	16 ... 185	16 ... 185
Flexible con puntera (máx.)		mm <sup>2</sup>	4	10	10	16	35	35	150	150
Secciones de conductores	Cable de cobre	AWG	18 ... 10	14 ... 8	14 ... 8	14 ... 6	12 ... 1	12 ... 1		
Par del borne de conexión		Nm	1,5 ... 2	2 ... 2,5	2 ... 2,5	2,5 ... 3	2,5 ... 3	2,5 ... 3	9,5 ... 10	9,5 ... 10

Figura 21. Ficha técnica interruptor muletilla, (F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)

#### 4.1.13 Panel de control

Para escoger el panel de control se miran catálogos Siemens puesto que debe ser compatible con el S7 1200 ( control lógico programable) y se determina el **SIMATIC HMI SIMATIC KTP1200 Basic PN**, como se muestra en la figura 27, este panel contiene SIMATIC WinCC Basic V15 Upgrade, V11...V14 > V15; se adapta perfectamente al PLC 1200 SIMATIC implementado en la extrusora para su automatización y su Licencia flotante SIMATIC WinCC Basic V15, software de ingeniería en TIA Portal, software y documentación en DVD stick USB con la licencia, clase A, permite un mayor compatibilidad y fácil programación a las funciones requeridas para la extrusión en nuestro proceso.

El panel SIMATIC KTP1200 Basic PN - 6AV2123-2MB03-0AX0 tiene una pantalla LCD color de 12" con 65536 colores y se puede manejar gracias a los botones integrados o su pantalla táctil. La comunicación con el PLC se realiza mediante la interfaz Profinet. La configuración del panel KTP1200 Basic PN - 6AV2123-2MB03-0AX0 es posible mediante WinCC Basic V13 o STEP7 BASIC V13. ( F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008).



**Figura 22.** Simatic HMI SIMATIC KTP1200 Basic PN ( F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)

## Datos generales

Tipo	KTP1200 BASIC
Tamaño pantalla	12" TFT
Ancho display	261,1 mm
Interfaz	Ethernet, USB
Alto display	163,2 mm
Número de colores	65536
Número de ranuras	10
Tipo de pantalla táctil	Si

## Datos eléctricos

Fuente de alimentación	24 V DC
Rango de tensión admisible	19,2 V a 28,8 V DC
Consumo de corriente	550 mA

## Datos mecánicos

Anchura de montaje	310 mm
Altura de montaje	221 mm
Profundidad de montaje	60 mm
Material de la carcasa	Plástico

#### 4.1.14 Microsuiches

Se escoge el L200 Micros de seguridad con enclavamiento por medio de catálogos Siemens de acuerdo al tipo de salida que presenta el control lógico programable S71200 de la compañía, como se muestra en la figura 28, este microsuiche se implementa en la automatización porque la seguridad con enclavamiento L200 deben conectarse de tal forma que, un estado peligroso sólo pueda activarse cuando el dispositivo de protección esté cerrado, y de tal manera que los bloqueos de seguridad impidan una apertura prematura durante el tiempo de funcionamiento del estado peligroso. Es decir, en este caso despresurizar la máquina extrusora con la puerta de acceso abierta en momento de ejecución de máquina. Los micros de seguridad con enclavamiento que tengan enclavamiento electromagnético en lugar de enclavamiento por fuerza de resorte sólo pueden utilizarse en casos especiales y después del correspondiente análisis de riesgos y condiciones de conexión.

Ref D-73277 Owen / Germany



**Figura 30.** Microsuiche L200 Micros de seguridad con enclavamiento ( F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008)

**Condiciones de conexión:**

- Estado peligroso activable únicamente estando cerrado el dispositivo de protección y con la gacheta cerrada
- El dispositivo de protección no se puede abrir cuando la gacheta está cerrada
- Tras accionar el pulsador de des-enclavamiento de emergencia, el dispositivo de protección también se puede abrir en casos de emergencia cuando la máquina esté en marcha (entonces se activará una señal de stop)

El pulsador de des-enclavamiento de emergencia debe ser accesible para el personal operador únicamente desde el interior del dispositivo de protección cerrado.

Además, el micro de seguridad con enclavamiento L200 no debe utilizarse en las siguientes condiciones:

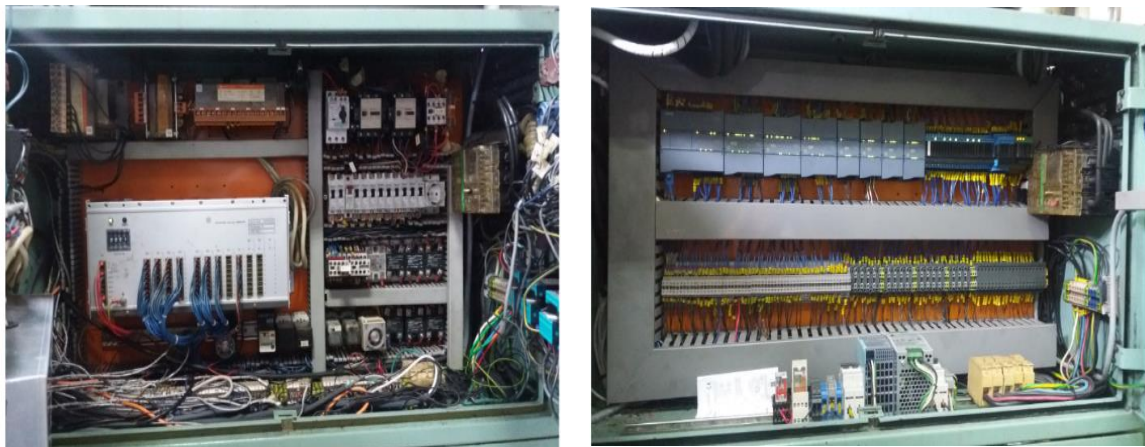
- Gran concentración de partículas de polvo en el entorno
- Hay fuertes vibraciones/sacudidas
- En atmósferas explosivas o fácilmente inflamables
- Hay perturbaciones electromagnéticas
- La seguridad de varias personas depende del funcionamiento de ese micro de seguridad con enclavamiento (p. ej. centrales nucleares, trenes, aviones, vehículos motorizados, instalaciones incineradoras o aparatos médicos) ( F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 2008).

**4.2. Resultado de la automatización de la extrusora N04 para Simex S.A.S**

Como resultado de la automatización y repotenciación de la máquina extrusora N04 para la elaboración de envases plásticos marca Echeterdingen, en la compañía Simex S.A.S, se

estimó una reducción de tiempos perdidos por mantenimiento correctivos de hasta 72 horas semanales, reduciéndose a 9 horas semanales de ajustes correctivos, datos proporcionados por el área de métodos y tiempos de la compañía, esto muestra una disminución significativamente en la intervención mecánica y electrónica de la extrusora, modificando su sistema de control lógico programable (PLC S7-1200 simatic) y cambiando los componentes obsoletos por contactores sirius 3RT201 , fuente reguladora de energía fuente PM1207-REF 6EP1332-1SH71, borneras porta fusibles triple piso, porta fusibles etc, y organizando su cableado electrónico, como se muestra en la figura 29 cabina 1 control.

Se observa un antes y un después, evidenciando las modificaciones y el orden estructurado lo cual generó una respuesta más rápida de sus actuadores, esto mejoró sus procesos de manufactura aumentando de 600 a 700 envases por hora, a un promedio de 1100 a 1200 envases por hora, datos suministrados por el personal de métodos y tiempos.



ANTES

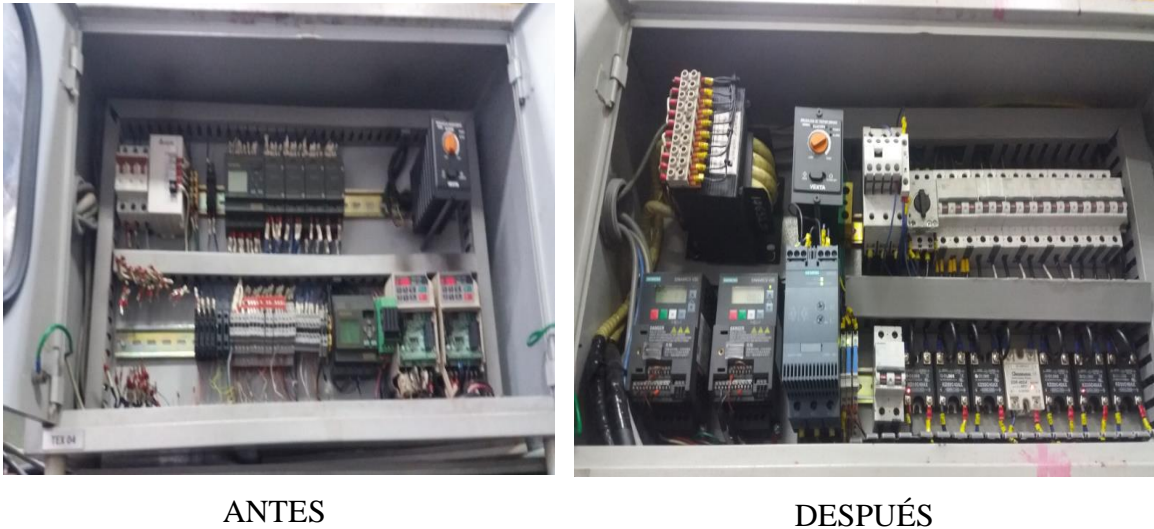
DESPUÉS

*Figura 31. Cabina 1 control. (Imagen autoría propia)*

### 4.3 Mejoras sistema eléctrico y de control

Además, con la mejora, su sistema eléctrico en la cabina 2 cambiando piezas obsoletas como variadores de velocidad MICROMASTER 420, guarda motores SIRIUS 3RV, arrancador suave Siemens 3,6 A, IP20, 1,5 kW, relés de estado sólido 40 amperios, como se

muestra en la figura 30 cabina 2, se agilizó la intervención a la hora de un ajuste eléctrico y electrónico generando marcación de dirección del control a cada uno de los actuadores.



*Figura 23. Cabina 2.*

#### **4.4. Implementación panel de control**

Se implementa una pantalla en la cabina de acceso principal que muestre el estado real del proceso y las alarmas o fallas ocurridas durante la operación del equipo. Como se muestra en la figura 31, cabina de acceso principal, esto mejoró la respuesta de la extrusora al localizar el punto de falla y poder determinar el proceso de mantenimiento al momento de intervención, con la falla o error localizado por el panel de control se presenta un mejor análisis y respuesta.





ANTES

DESPUÉS

*Figura 24. Cabina acceso principal. (Imagen autoría propia)*

#### 4.5 Control de seguridad

Adicionalmente al implementar un control de seguridad por medio de un microsuiche en su puerta de entrada principal como se muestra en la figura 32, se despresuriza la máquina en el momento de abrir la puerta de acceso. Esto disminuyó a 0 la accidentalidad de los operarios de la inyectora en el momento de ejecución de máquina, datos suministrados por el personal de seguridad y salud en el trabajo.



ANTES

DESPUÉS

*Figura 25. Puerta de acceso principal. (Imagen autoría propia).*

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Con la entrega a la compañía Simex S.A.S de la automatización de la extrusora N04 para el área de soplado, se genera una solución eficaz a los problemas identificados de pérdida de tiempos en el proceso de inyección y en mantenimientos correctivos y preventivos, para llegar al estándar exigidos por el departamento de métodos y tiempos de la compañía.

Documentando con planos detallados y fichas técnicas del sistema de automatización seleccionado para la máquina extrusora Echterdingen N04 en la empresa Simex S.A.S, se genera una mejor intervención de máquinas extrusoras a futuro en la compañía.

Mejóro de manera significativa la seguridad del personal operativo en el momento de operación de máquina al instalar el microsuiche de seguridad en la puerta de acceso principal.

Implementando el panel de control touch se generó una respuesta más rápida en tiempo real de trabajo, a los errores o fallas en el momento de intervención por mantenimiento correctivos.

Elaboración de un informe final, planos de fabricación de piezas mecánicas, planos eléctricos y de control los cuales mejoraron de manera drástica la intervención mecánica y electrónica de la máquina extrusora.

### **Recomendaciones futuras**

Se recomienda una rutina de mantenimiento preventivo cada 3 meses de los componentes eléctricos y de control de las cabinas 1 y 2 para un mayor control en la organización de sus componentes y cableado electrónico, para conservar mejor sus componentes y actuadores implementados en mejor estado y estructura.

Con el seguimiento en el panel de control de la extrusora en tiempo real de trabajo, se sugiere determinar los errores o fallas recurrentes para generar diagnósticos de procedimientos más rápidos y eficaces en el momento de intervención por mantenimiento correctivos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amato, P., Camargo, M., Durán, J., Pacheco, C., Roldán, J., & Duque, J. (2015). Construcción de un banco para prácticas electroneumáticas. *Scientia et Technica*, 20(2), 119–128. <https://doi.org/10.22517/23447214.9314>

Bernardo Jr., F. P. (s.f.).

Bernardo, J., & Francisco, P. (1972). *Design & Implementation of low cost automation*. Mexico: Ed. Asian.

Bodini, G. (1992). *Máquina de Inyección para la Transformación de Plásticos*. Mexico: Mac graw-hill. 2. ed.

BUD-INDUSTRIES. (n.d.). DIN RAILS, (c), 1–4. <https://doi.org/10.15713/ins.mmj.3>

Colmallas. (2018). Láminas Perforadas Colombia. Retrieved August 26, 2018, from <http://www.colmallas.com/mallas/laminas-perforadas.html>

Diacrilicos. (2018). Lamina Reciclada Cristal | Diacrílicos. Retrieved August 26, 2018, from <http://diacrilicos.com/producto/lamina-reciclada-cristal/>

DicsonS.A. (2018). Mindman Colombia | Dicson.sa | Neumatica - Hidraulica - Redes neumaticas | Colombia. Retrieved July 27, 2018, from <http://www.dicson.com.co/cilindros-neumaticos/productos-cilindros-standart-mindman/item/mindman-mcqa-ah-series>

EMERSON. (2014). Hoja de datos del producto. Retrieved from <http://www.emerson.com/resource/blob/64388/8b96e781397cd634a12b9cf774c8ff63/hoja-de-datos-del-sensor-elite---data-sheet-spanish-data.pdf>

F. Ebel, S. Idler, G. Prede, D. S. (2008). Fundamentos de la técnica de automatización, 106. Retrieved from [https://lehrerfortbildung-bw.de/faecher/nwt/fb/atechnik/grundlagen/es/kapitel/563062\\_Fundamentos\\_de\\_la\\_tecnica\\_de\\_automatizacion.pdf](https://lehrerfortbildung-bw.de/faecher/nwt/fb/atechnik/grundlagen/es/kapitel/563062_Fundamentos_de_la_tecnica_de_automatizacion.pdf)

Festo, D. (2010a). TP201.

Festo, D. (2010b). TP202.

Festo, D. S. (2017). Neumática e hidráulica Sistemas de aprendizaje y servicios para la formación técnica. Retrieved June 13, 2018, from [http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/56824\\_2017\\_04\\_es\\_pg\\_ph\\_small.pdf](http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/56824_2017_04_es_pg_ph_small.pdf)

HNSA. (2017). Bancos didácticos neumáticos - Hidraulica & NeumaticaHidraulica & Neumatica. Retrieved June 7, 2018, from <http://www.hnsa.com.co/bancos-didacticos-neumaticos/>

Industrial., M. d. (1996). El Mundo de los Plásticos. Tomo I. México: Ed. Instituto Mexicano del Plástico Industrial.

Ingeneumática. (2018). Elementos neumáticos | Ingeneumatica. Retrieved July 27, 2018, from <http://www.ingeneumatica.com/elementos-neumaticos/>

IUPB. (2017). Consulta Estado Laboratorio hidráulica y neumática. Medellín.

Madecentro. (2018). Perfil aluminio/vidrio 02B - Madecentro. Retrieved August 24, 2018, from <https://www.madecentro.com/aluminios/aluminios-perfiles-varios/perfil-aluminio-vidrio-02b.html>

Madecentro. (2018a). Aglomerado Estandar/Rh Melamina Lino Latte - Aglomerado - Maderas - Madecentro. Retrieved August 26, 2018, from <https://www.madecentro.com/maderas/maderas-aglomerado/aglomerado-estandar-rh-melamina-lino-latte.html>

Madecentro. (2018b). Hard board arauco crudo - Hard board - Maderas - Madecentro. Retrieved August 26, 2018, from <https://www.madecentro.com/maderas/maderas-hard-board/hard-board-arauco-crudo.html>

Madecentro. (2018c). Mdf melamina estándar blanco - Mdf - Maderas - Madecentro. Retrieved August 26, 2018, from <https://www.madecentro.com/maderas/maderas-mdf/mdf-pintado-estandar-olivo-3054.html>

Madecentro. (2018d). Tablero alistonado de pino losan - Alistonados - Maderas - Madecentro. Retrieved August 26, 2018, from <https://www.madecentro.com/maderas/maderas-alistonados/tablero-alistonado-de-pino-losan.html>

Mendoza, J., Cortés, J., & Muriel, J. (2011). Control secuencial de un circuito electroneumático a través de un PLC. *Scientia et Technica*, 48(0122-1701), 191–195. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/849/84922622034.pdf>

Mescorza. (n.d.). Electroneumática-método de resolución - Cascada. Retrieved August 29, 2018, from [http://www.mescorza.com/neumatica/neumaejer/electroneumatica/cascada/enc1\\_p.htm](http://www.mescorza.com/neumatica/neumaejer/electroneumatica/cascada/enc1_p.htm)

MICRO automation. (2018). Micro. Retrieved July 27, 2018, from [http://www.microautomacion.com/index.php?idpadre=29&idcontenido=0&opcion=red\\_comercial&id=7&idcontenido=40](http://www.microautomacion.com/index.php?idpadre=29&idcontenido=0&opcion=red_comercial&id=7&idcontenido=40)

Micro, A. (2018). Productos y servicios, (c), 1–4. <https://doi.org/10.15713/ins.mmj.3>

Mindman. (2018). Mindman Pneumatics.(Pneumatic Automation Equipment Manufacturer). Retrieved July 27, 2018, from <http://www.mindman.com.tw/>

Morales, C. E., & Gavilanes Carrión, J. J. (2013). Diseño e implementación de una hmi para el control y supervisión del módulo electroneumático didáctico de la escuela de ingeniería electrónica en control y redes industriales.

Neumática + Electroneumática - Tecnologías de la Automatización Industrial. (n.d.). Retrieved June 13, 2018, from <https://sites.google.com/a/misena.edu.co/risautomatizacion/neumatica>

P. Croser, J. Thomson, F. E. (2000). Fundamentos de electroneumática, (c), 1–4. <https://doi.org/10.15713/ins.mmj.3>

Phoenixcontact. (n.d.). Phoenix contact | Módulo de relés - PLC-RSC- 24DC/21 - 2966171. Retrieved from <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/pi?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2966171&library=pies&tab=1>

RayFlex. (2018). Rayflex Sistemas y Fluidos S.A. Retrieved July 27, 2018, from <http://www.rayflex.net/productos>

Rodríguez, R. O. (2005). Aromatización de inyectora de plásticos; Ingeniería de diseño y automatización electrónica. Bogotá: Universidad de la Salle.

Savgorodny, V. K. (2010). Ciclos de Transformación de plásticos. 36.

Siemens. (2009). S7 Controlador programable S7-1200. Siemens, 378. Retrieved from [https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL\\_DEL\\_SISTEMA.PDF](https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL_DEL_SISTEMA.PDF)

Siemens. (2011). Simatic S7-1200 System Manual, 796.

Siemens. (2018). NX para Diseño: Siemens PLM Software. Retrieved from <https://www.plm.automation.siemens.com/es/products/nx/for-design/>

Siemens-A.G. (1996). Logo manual. Catálogo Nacional Casas Geo, 32–33.

SIMATIC - SIEMENS. (2008). HMI device.

SMC. (2018). SMC Colombia | Productos. Retrieved July 27, 2018, from <http://smc.com.co/productos/>

Ulrich, K., & Eppinger, S. (2013a). Diseño y desarrollo de productos. (McGraw-Hill, Ed.) (5th ed.). Mexico D.F. <https://doi.org/10.15713/ins.mmj.3>

Ulrich, K., & Eppinger, S. (2013b). Especificaciones del producto. In McGraw-Hill (Ed.), Diseño y desarrollo de productos (5th ed., p. 434). Mexico D.F.

Vásquez Cortés, J. C. (2016). Automatización electroneumática, 229. Retrieved from <http://biblioteca.sena.edu.co>






	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
A	<p>DIAGRAMAS ELÉCTRICOS Y DE CONTROL</p> <p>CLIENTE: SIMEX SAS</p> <p>PROYECTO: MAQUINA EXTRUSORAS</p>																A
B																	B
C																	C
D																	D
E																	E
DIBUJO	FECHA: 01/08/2018	CLIENTE:	PROYECTO: MAQUINA EXTRUSION SOPLADO - EXS03	REVISION 1	HOJA	DE											
REVISO	FECHA: 01/09/2018		CONTIENE: CLIENTE SIMEX	FORMATO: A4	1	36											
APROBO	FECHA: 02/09/2018						FECHA 01 SEP 2018										

Figura 27. Plano proyecto (autoría propia)



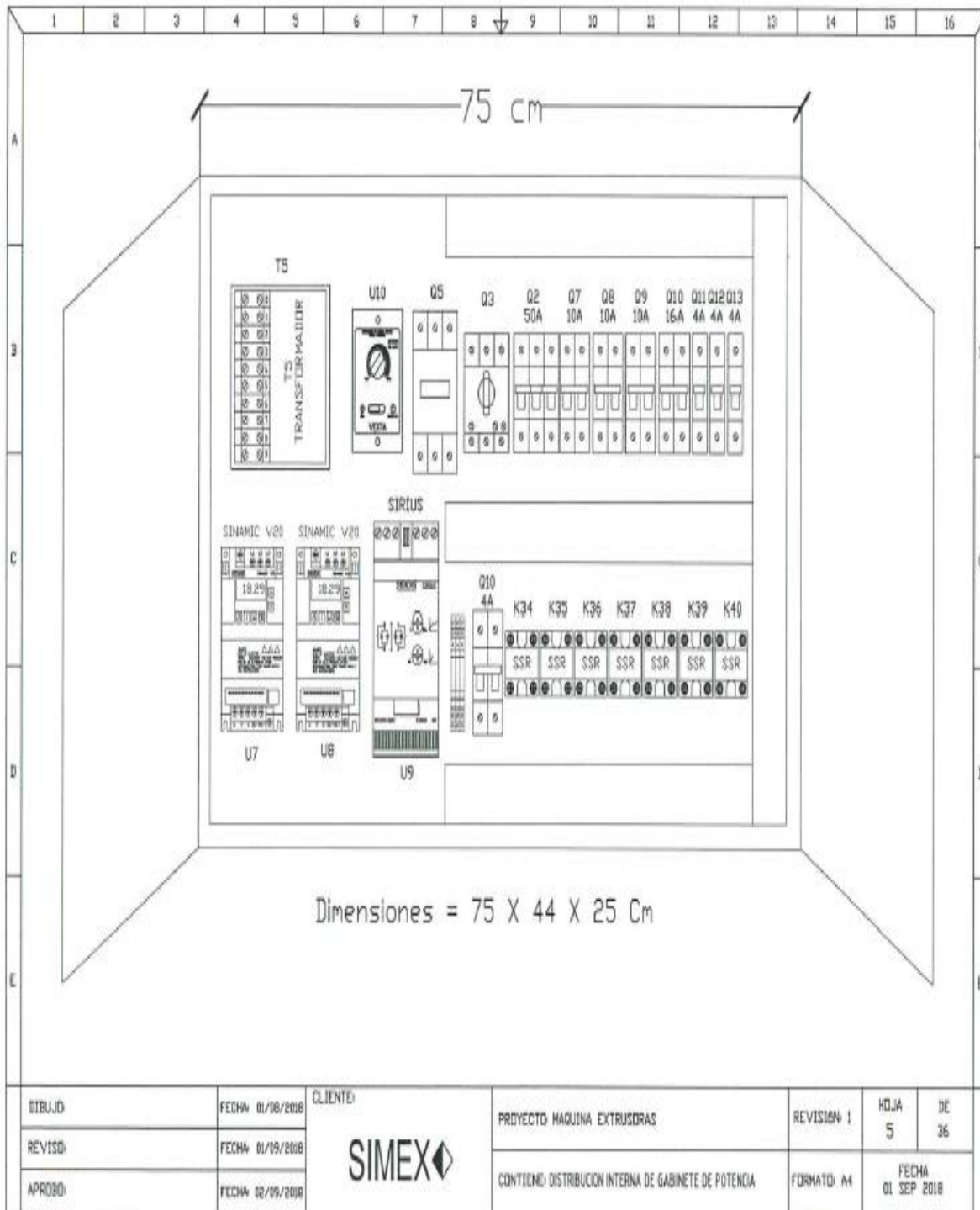


Figura 38. Plano distribución interna de gabinete de potencia (autoría propia)

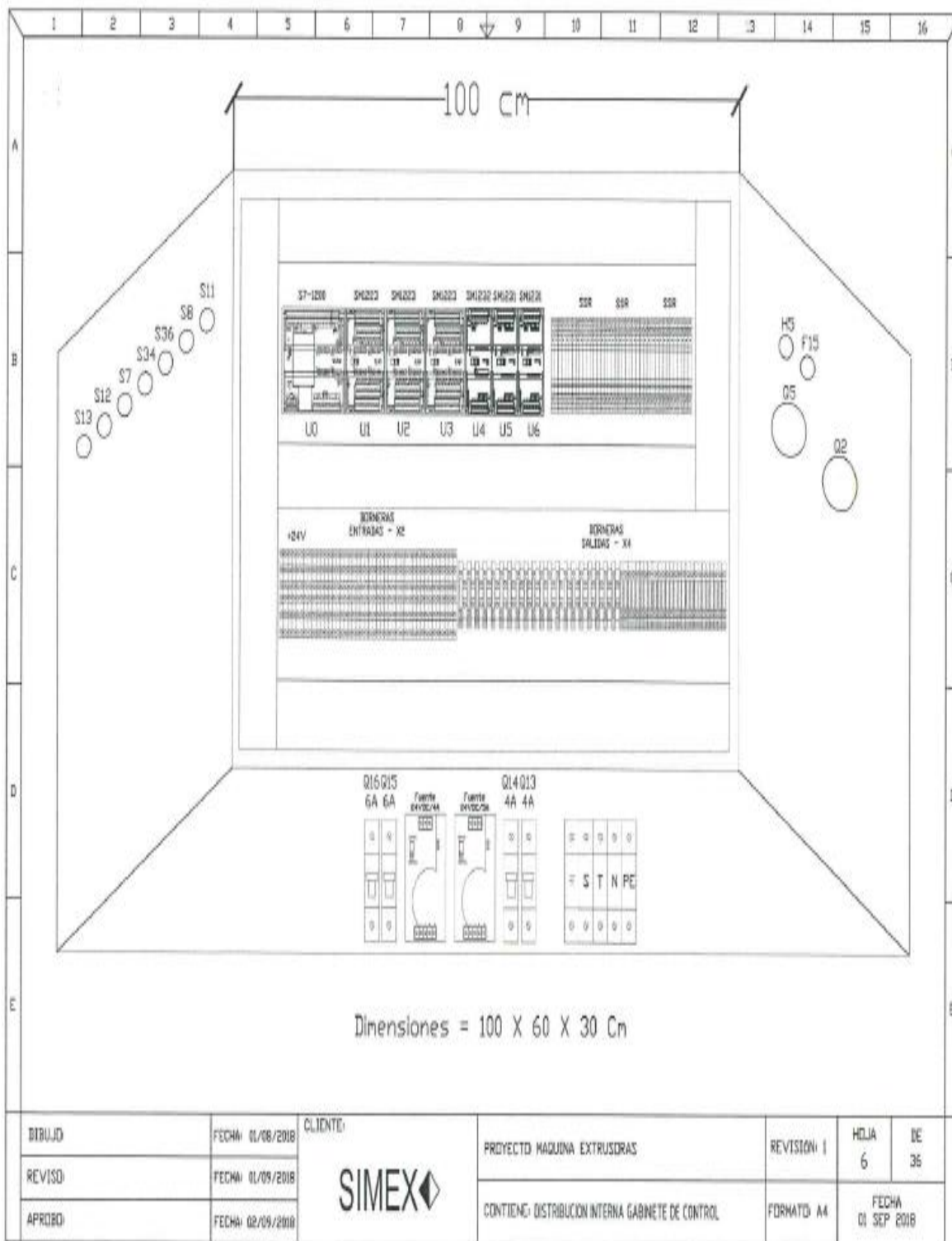


Figura 39. Plano distribución interna de gabinete de control (autoría propia)

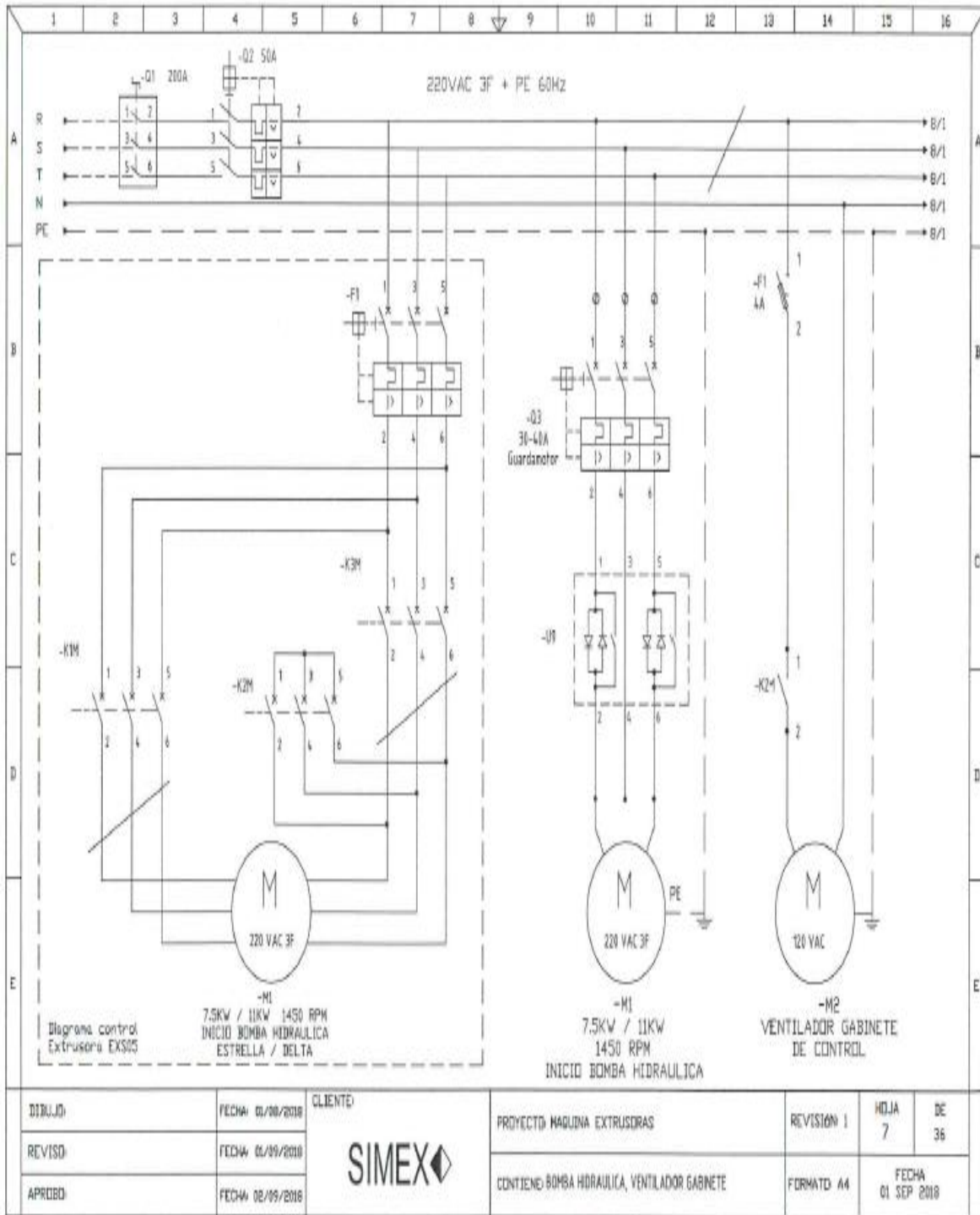


Figura 40. Plano bomba hidráulica, ventilador gabinete (autoría propia)

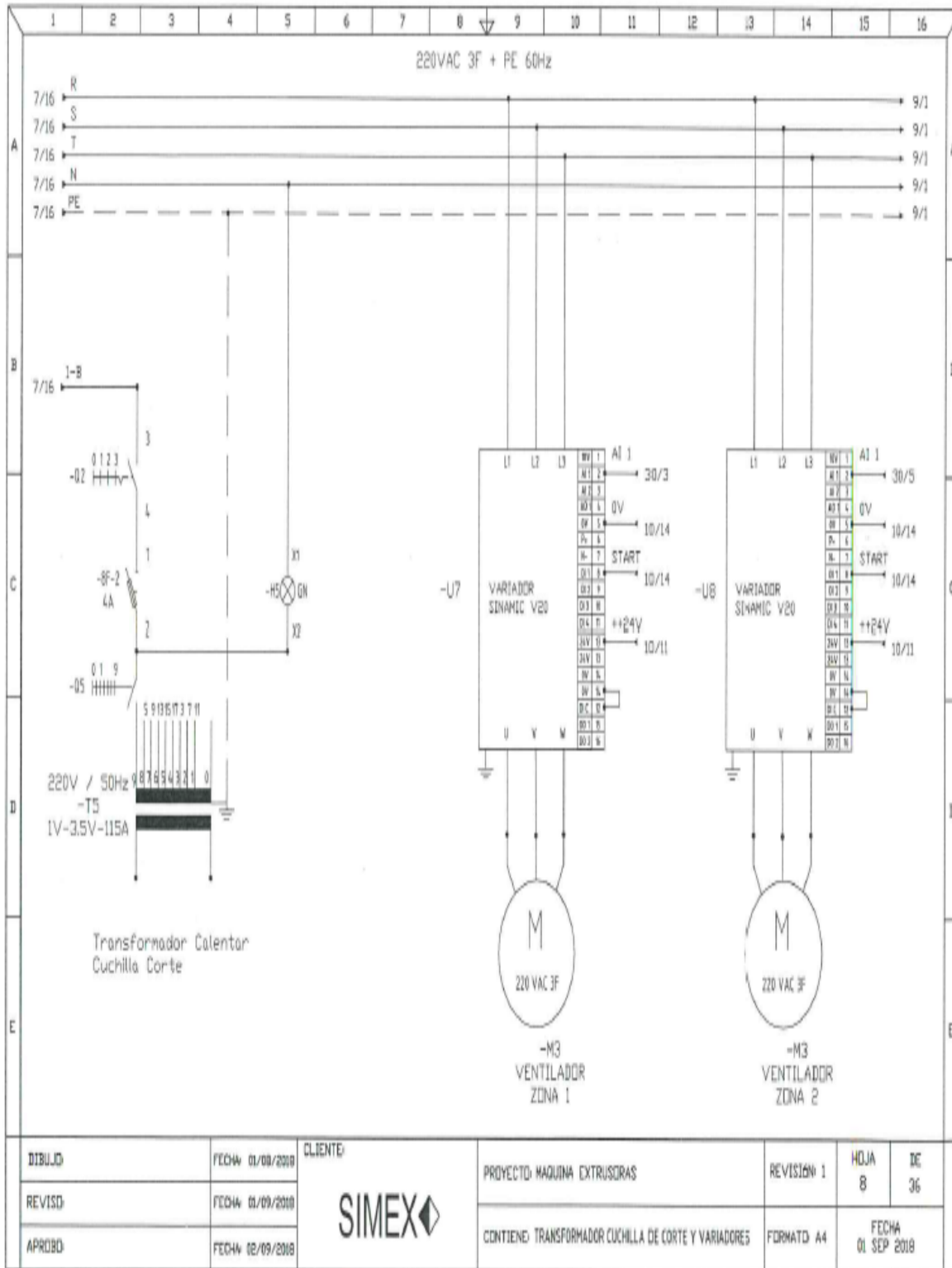


Figura 41. Plano transformador cuchilla de corte y variadores (autoría propia)

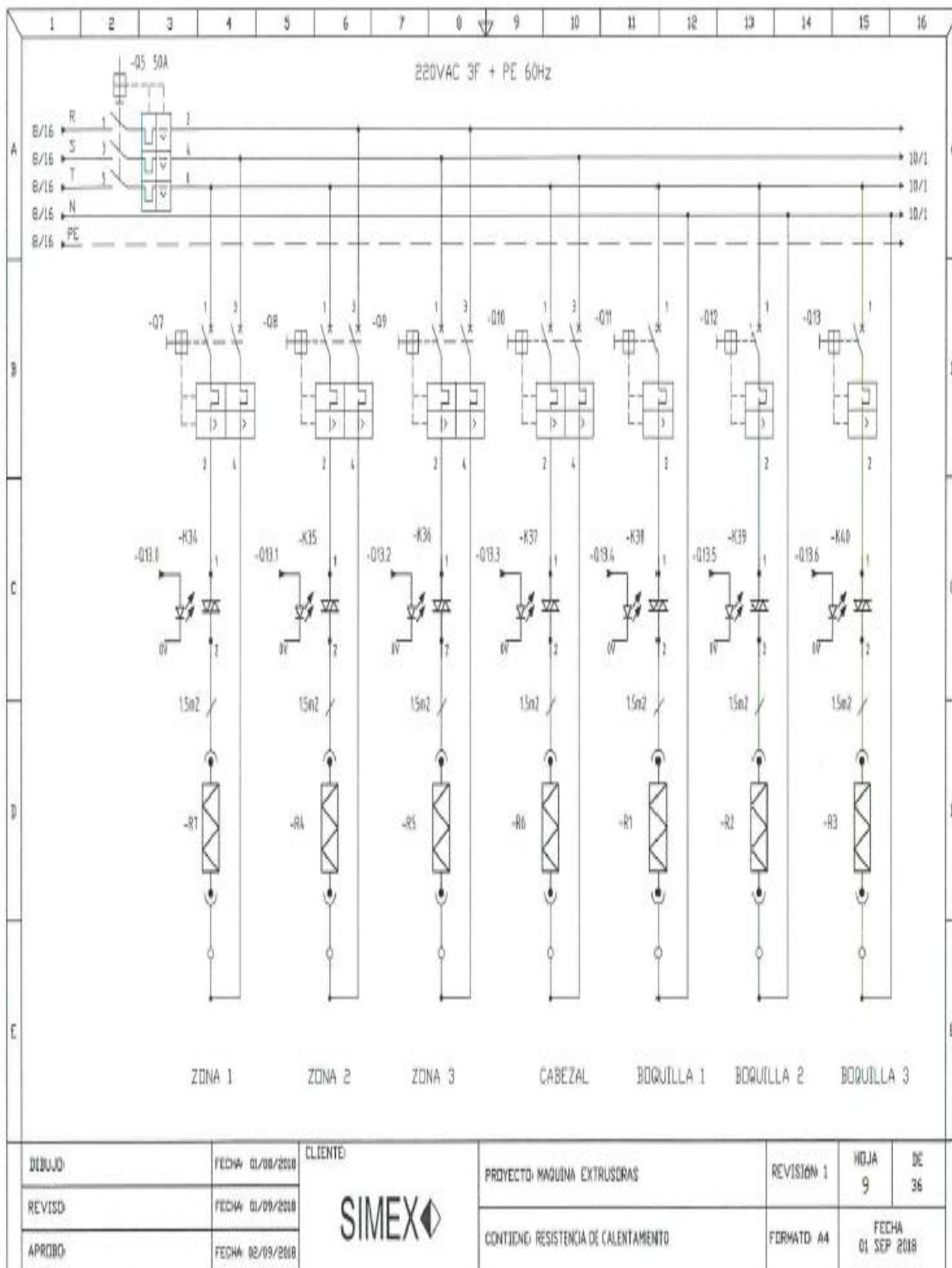


Figura 29. Plano resistencia de calentamiento (autoría propia)



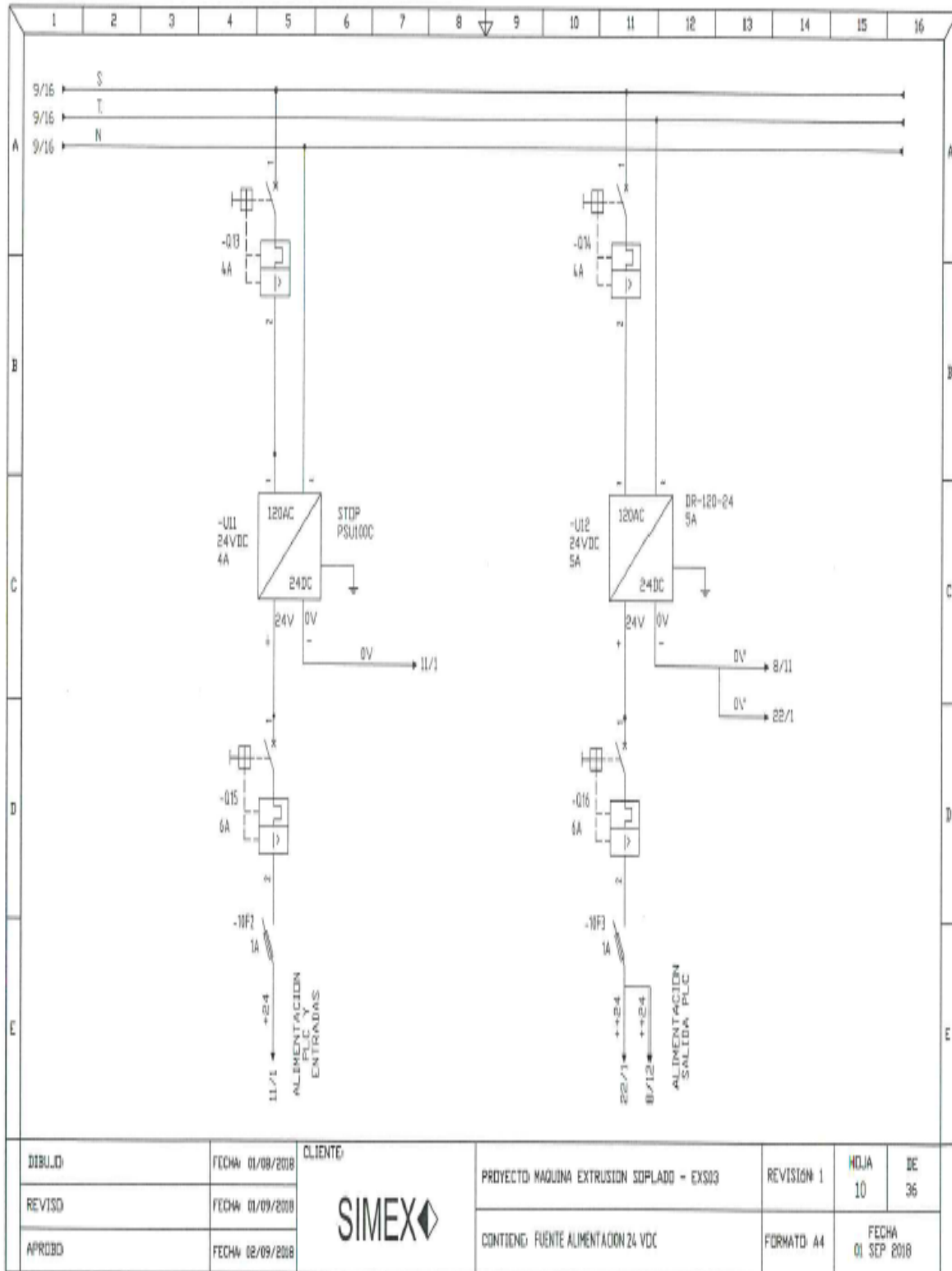


Figura 30. Plano fuente de alimentación 24 vdc (autoría propia)

DIBUJÓ	FECHA: 01/08/2018	CLIENTE:	PROYECTO: MAQUINA EXTRUSION SOPLADO - EXS03	REVISIÓN: 1	HOJA	DE
REVISÓ	FECHA: 01/09/2018	SIMEX		CONTIENE: FUENTE ALIMENTACION 24 VDC	FORMATO: A4	FECHA
APROBÓ	FECHA: 02/09/2018					01 SEP 2018

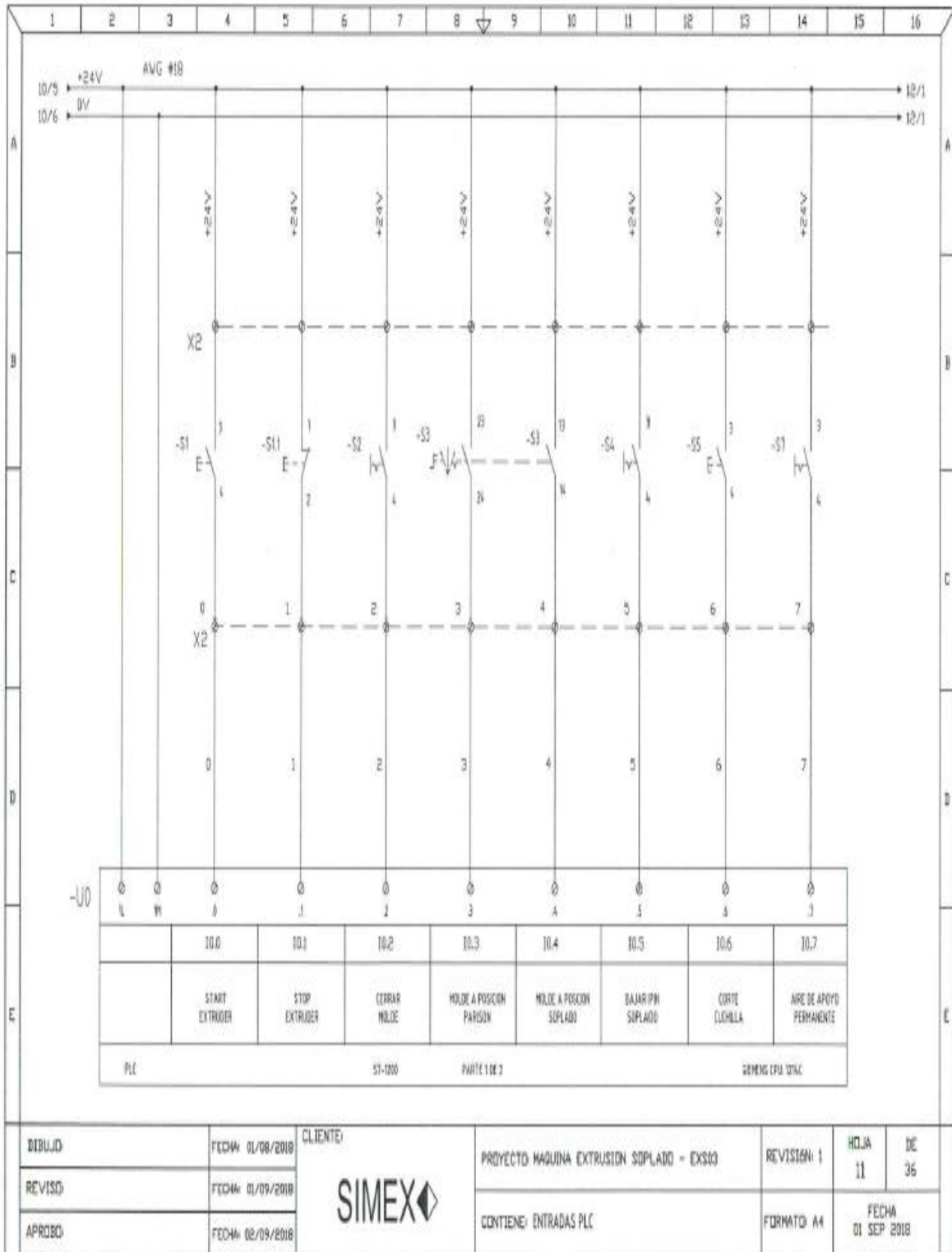


Figura 31. Plano entradas PLC (autoría propia)

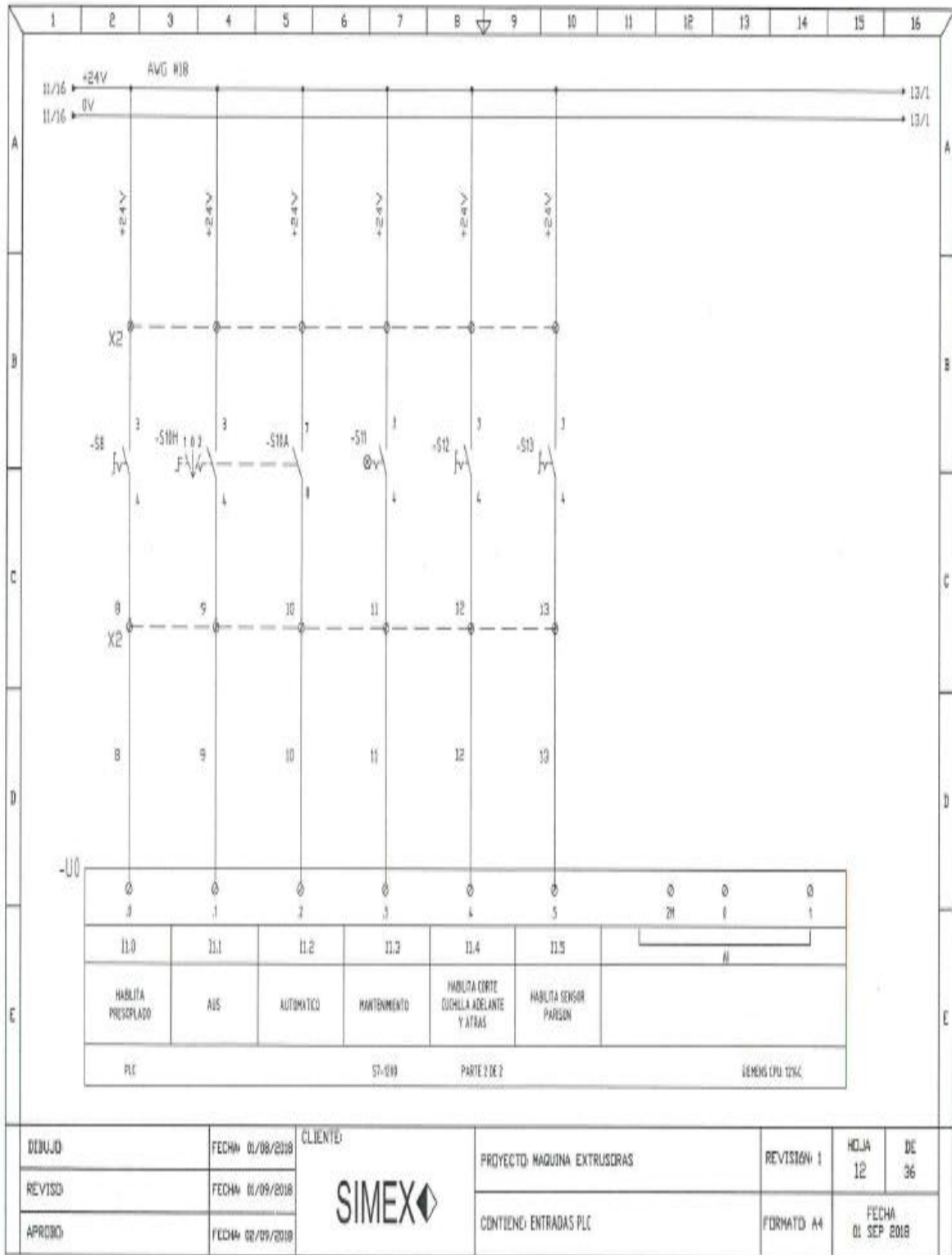


Figura 32. Plano entradas PLC (autoría propia)

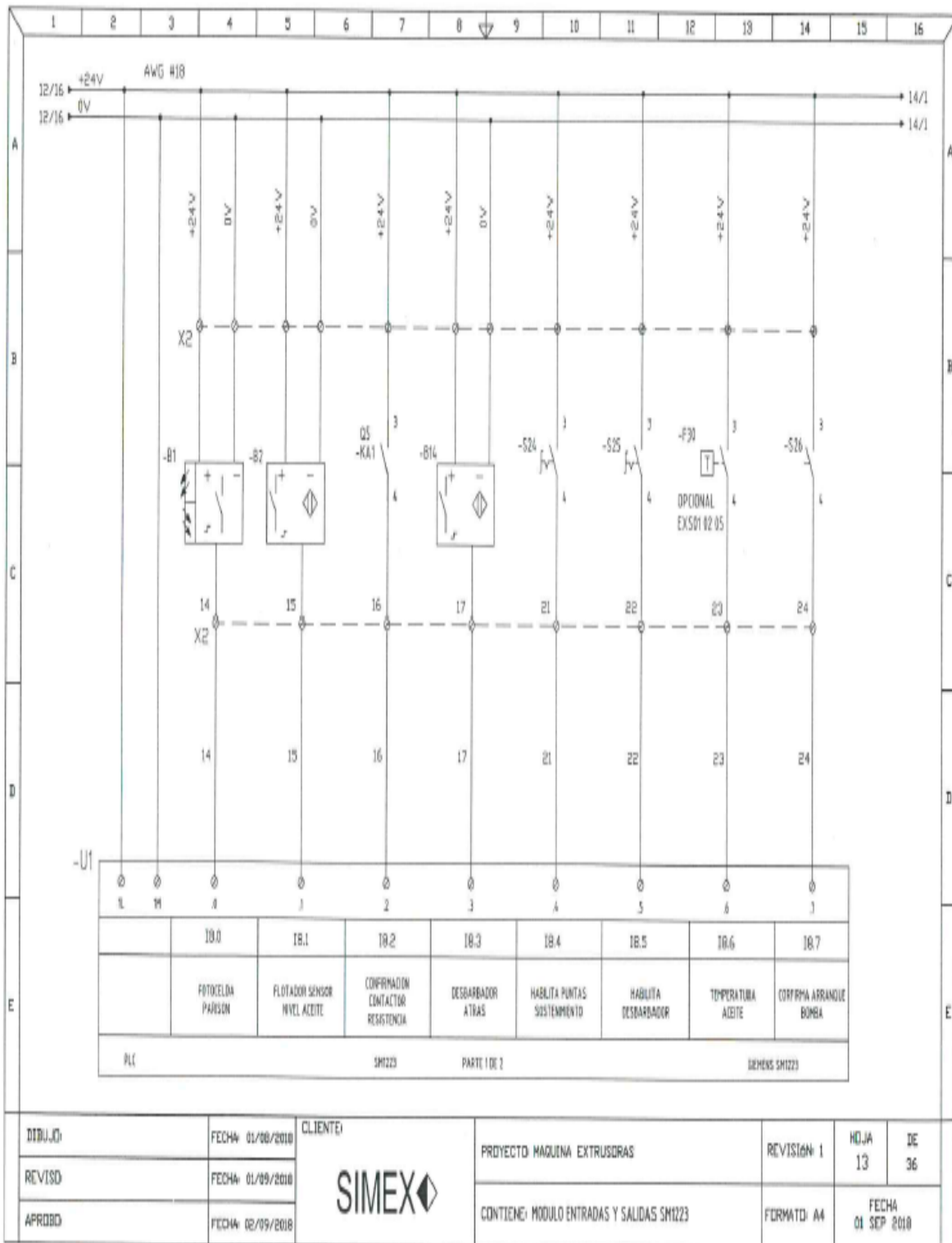


Figura 33. Plano módulo de entradas y salidas SM1223 (autoría propia)

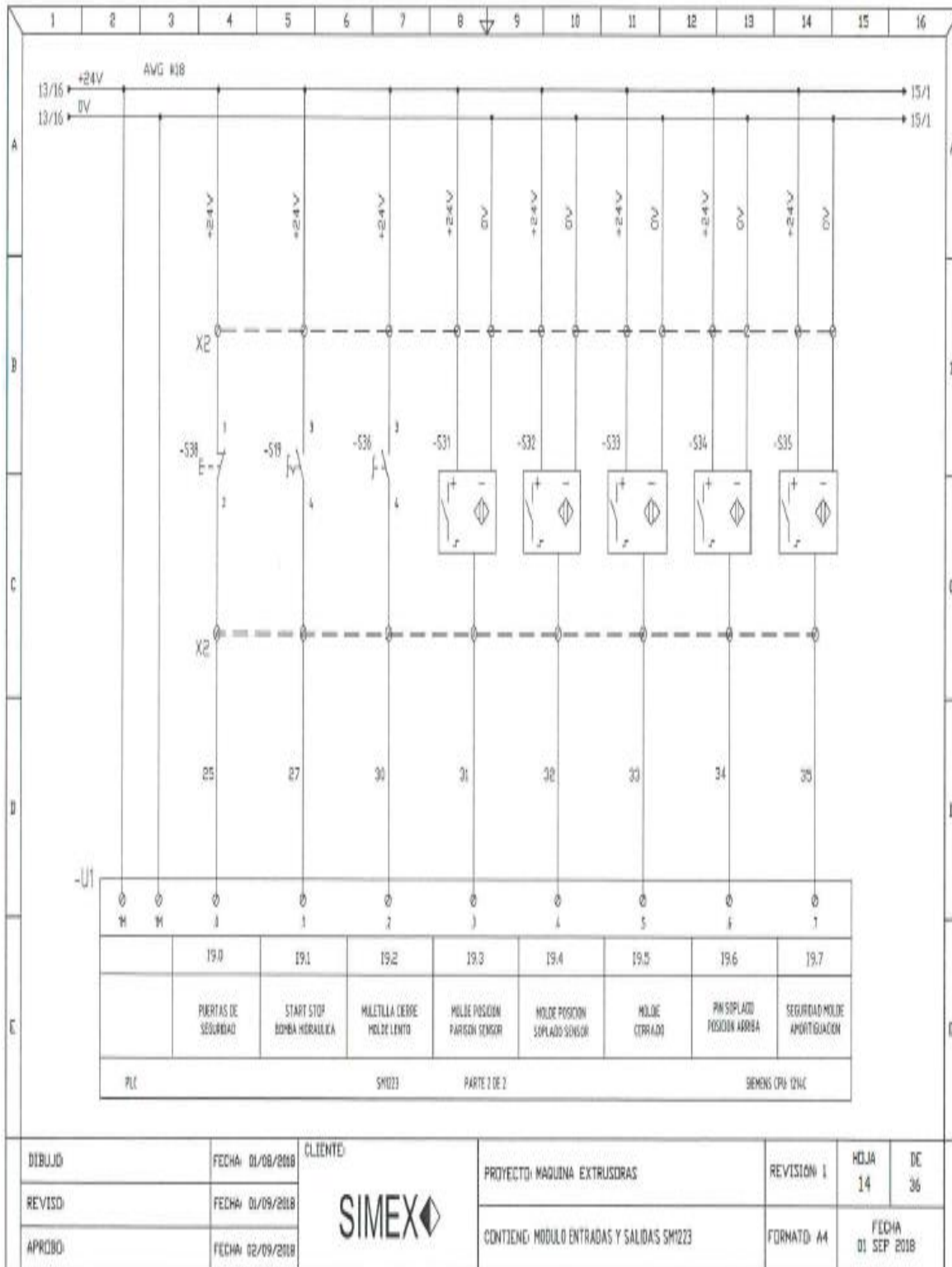


Figura 34. Plano módulo de entradas y salidas SM1223 (autoría propia)

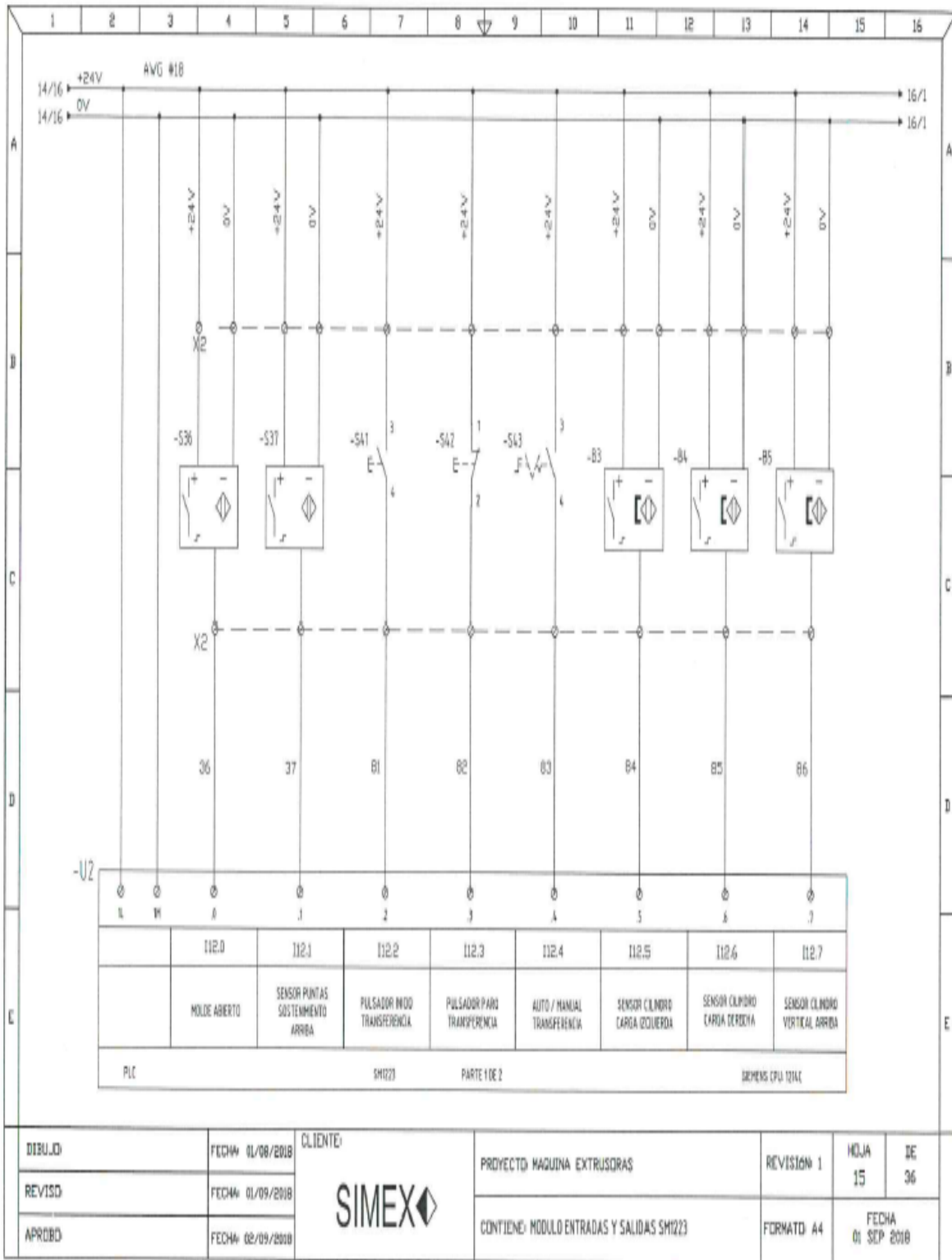


Figura 48. Plano módulo de entradas y salidas SM1223 (autoría propia)

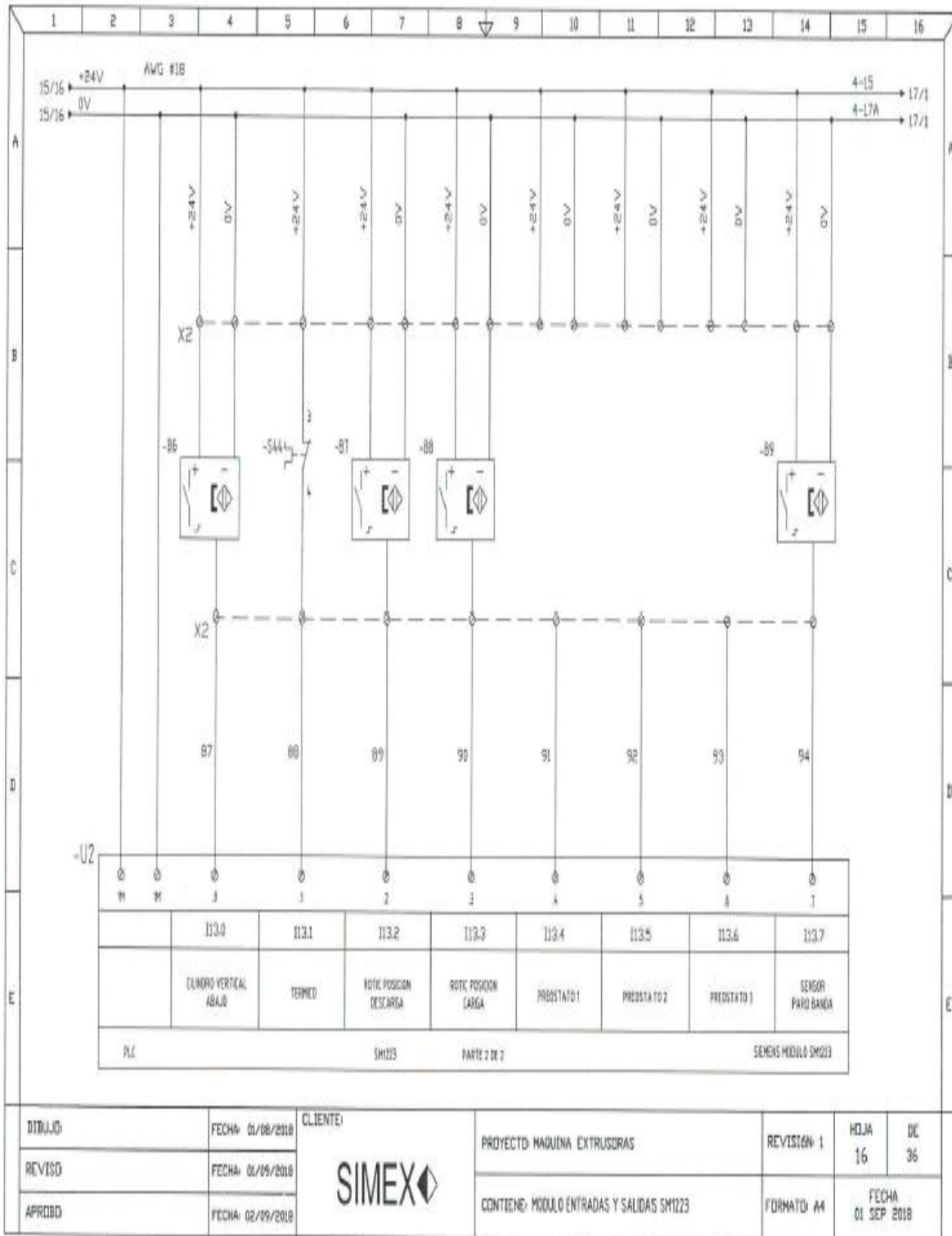


Figura 49. Plano módulo de entradas y salidas SM1223 (autoría propia)

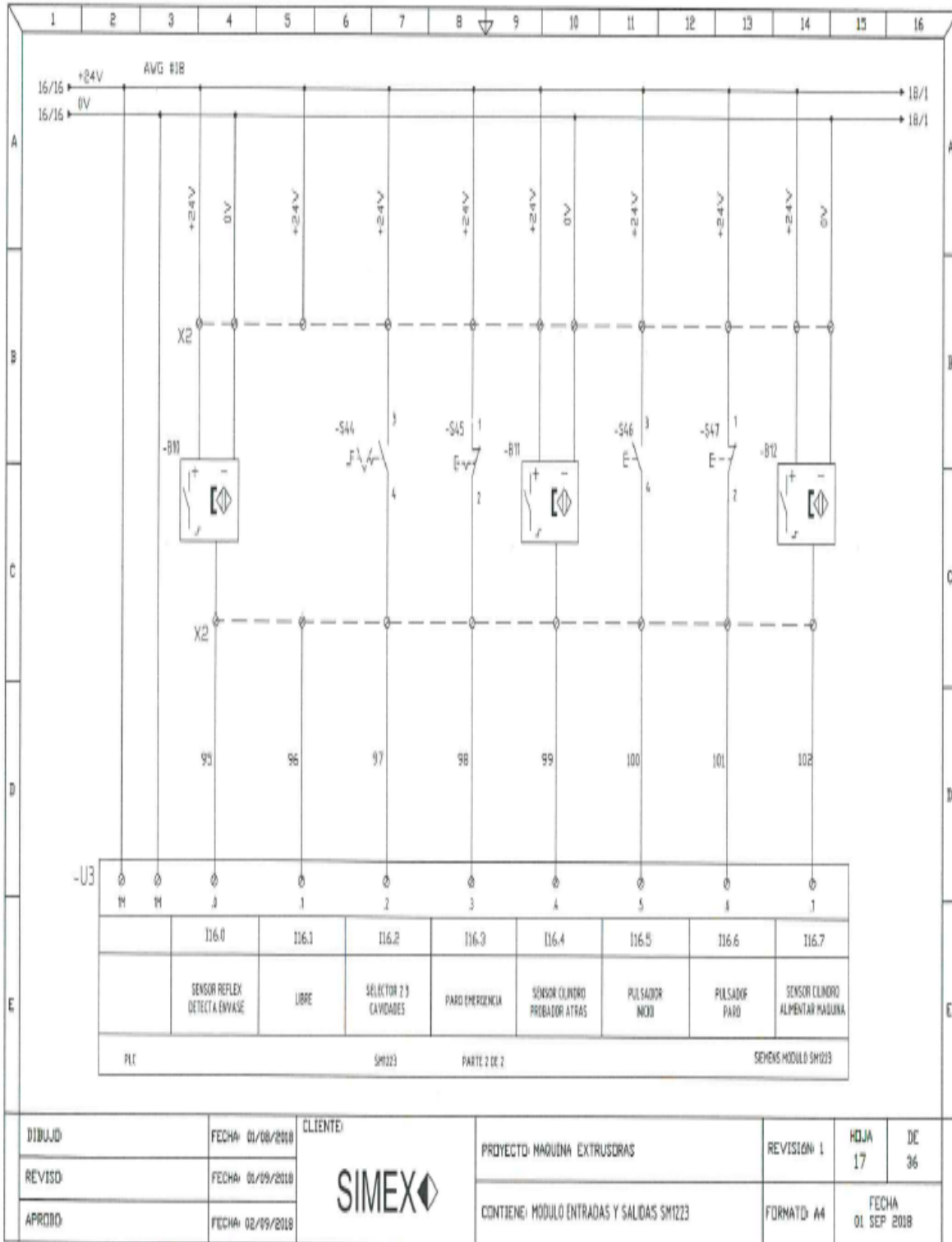


Figura 50. Plano módulo de entradas y salidas SM1223 (autoría propia)









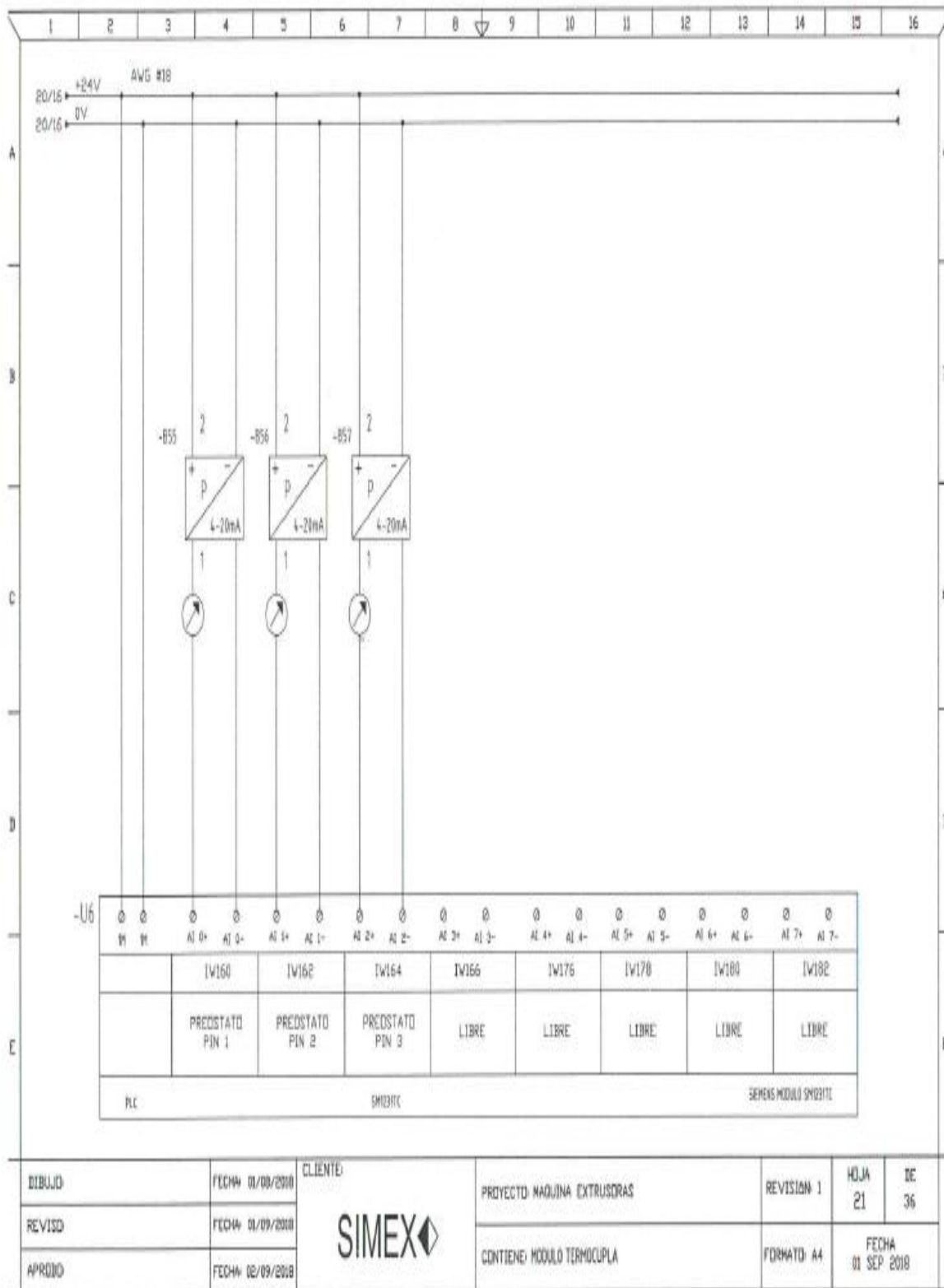


Figura 36. Plano módulo termocupla (autoría propia)



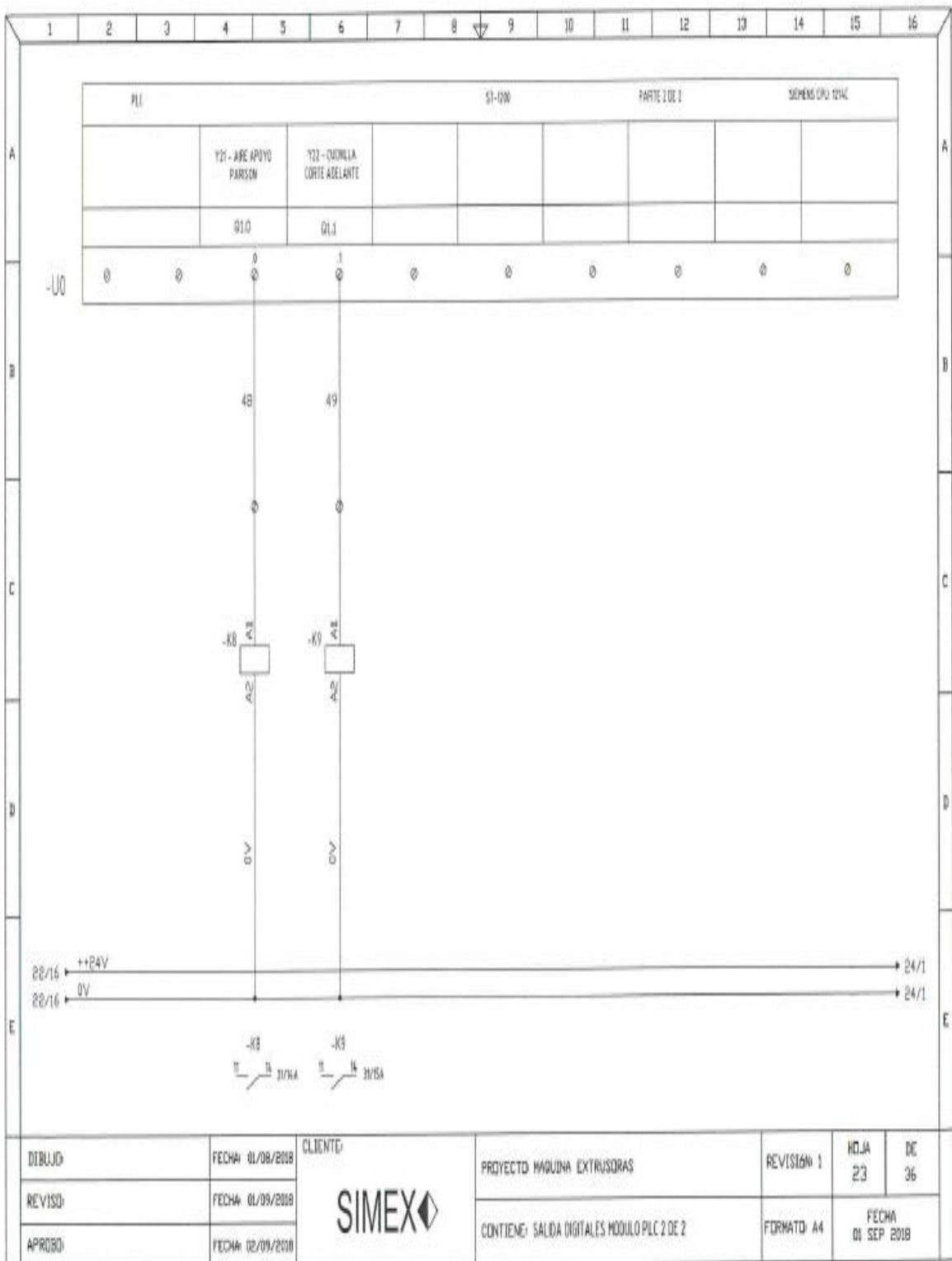


Figura 38. Plano salidas digitales módulo PLC 1 de 2 (autoría propia)

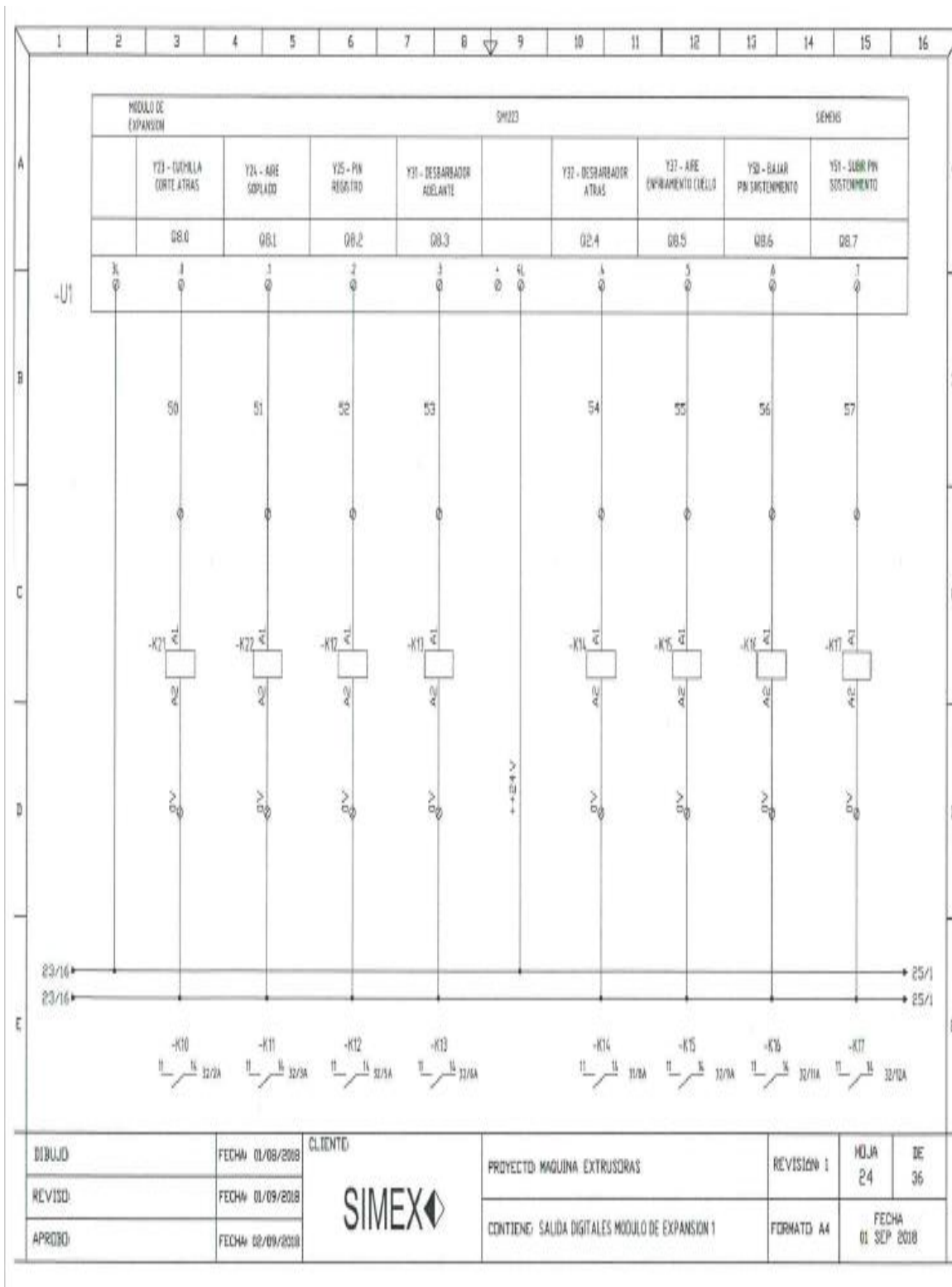


Figura 39. Plano salidas digitales módulo de expansión 1 (autoría propia)





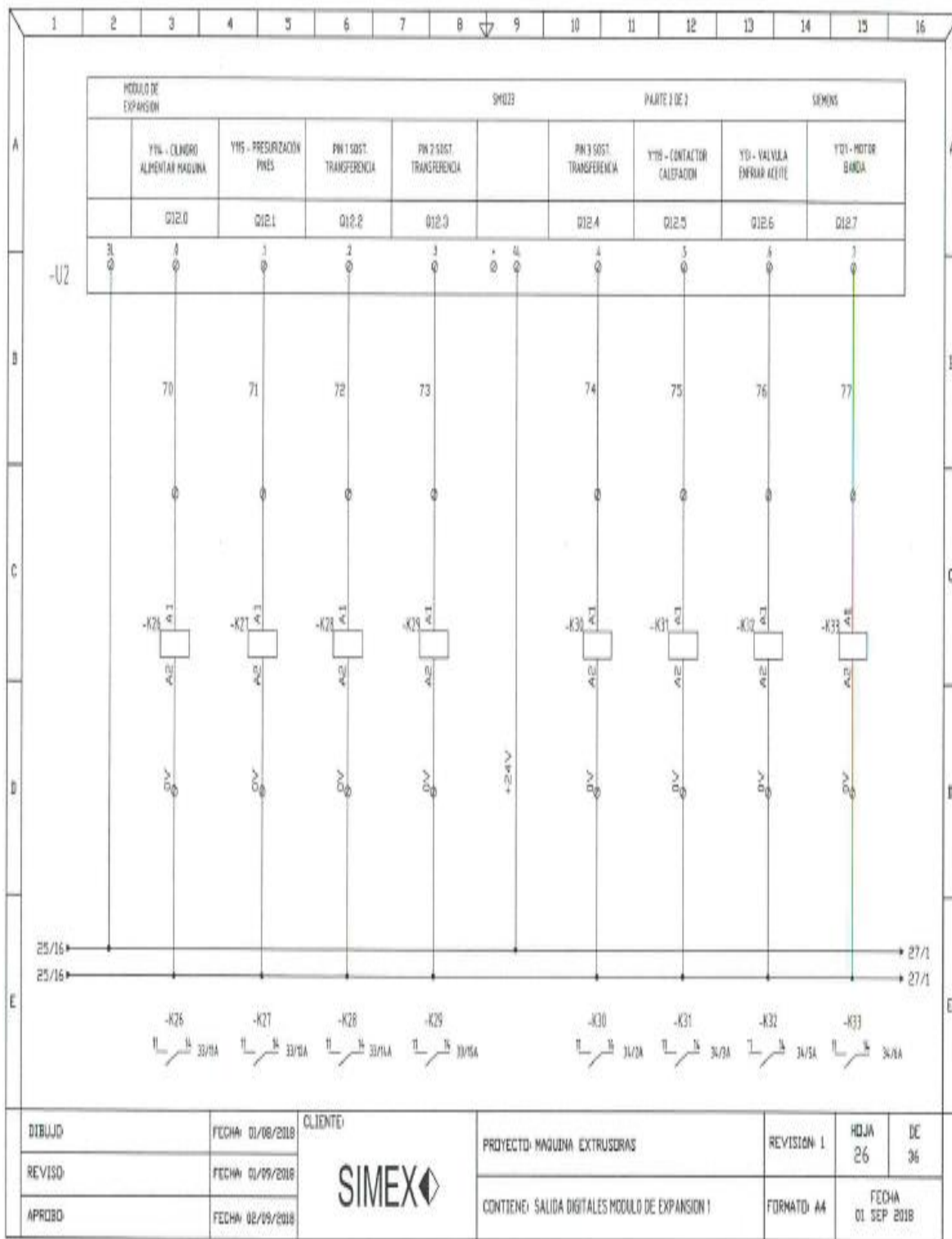


Figura 59. Plano salidas digitales módulo de expansión 1 (autoría propia)

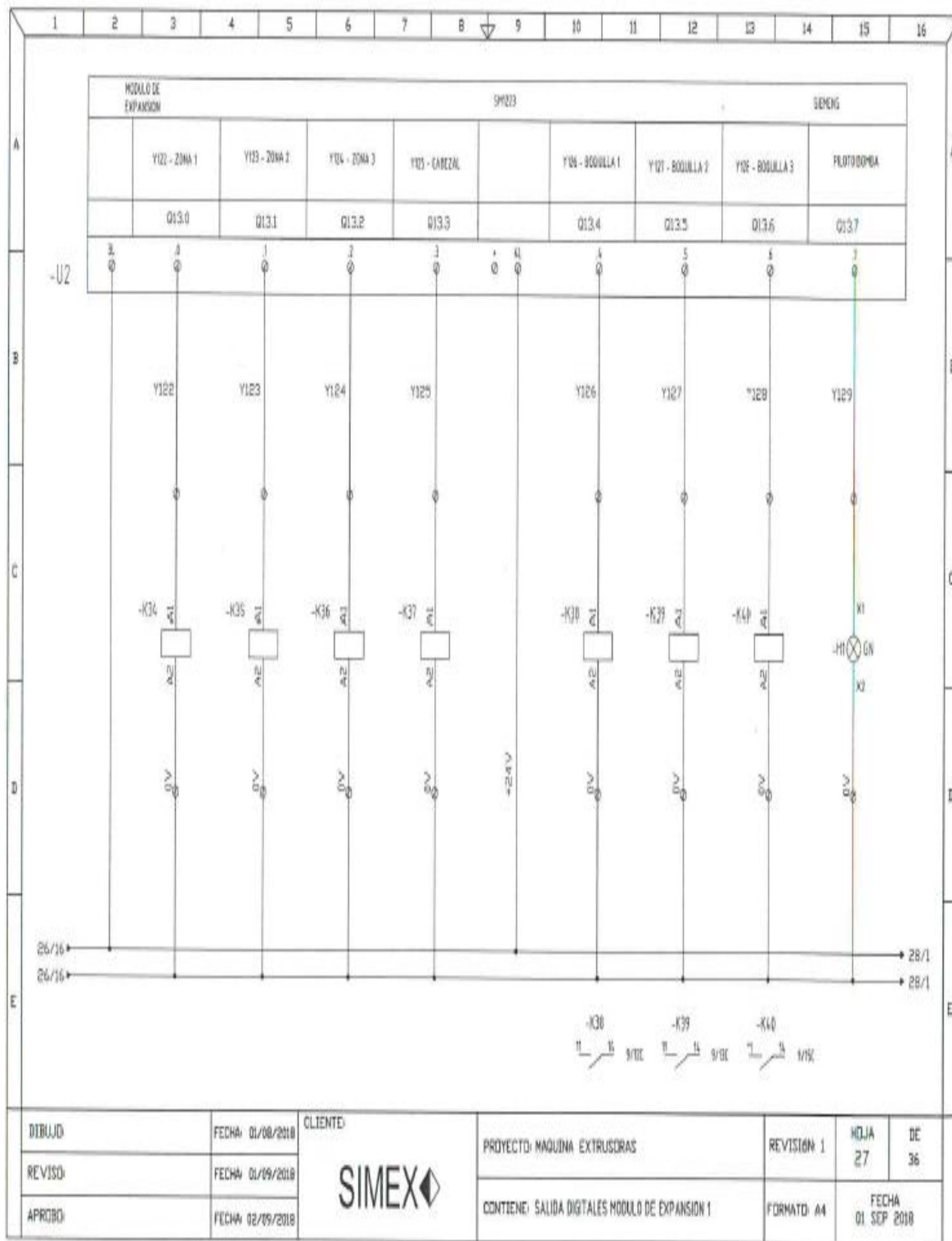


Figura 60. Plano salidas digitales módulo de expansión 1 (autoría propia)

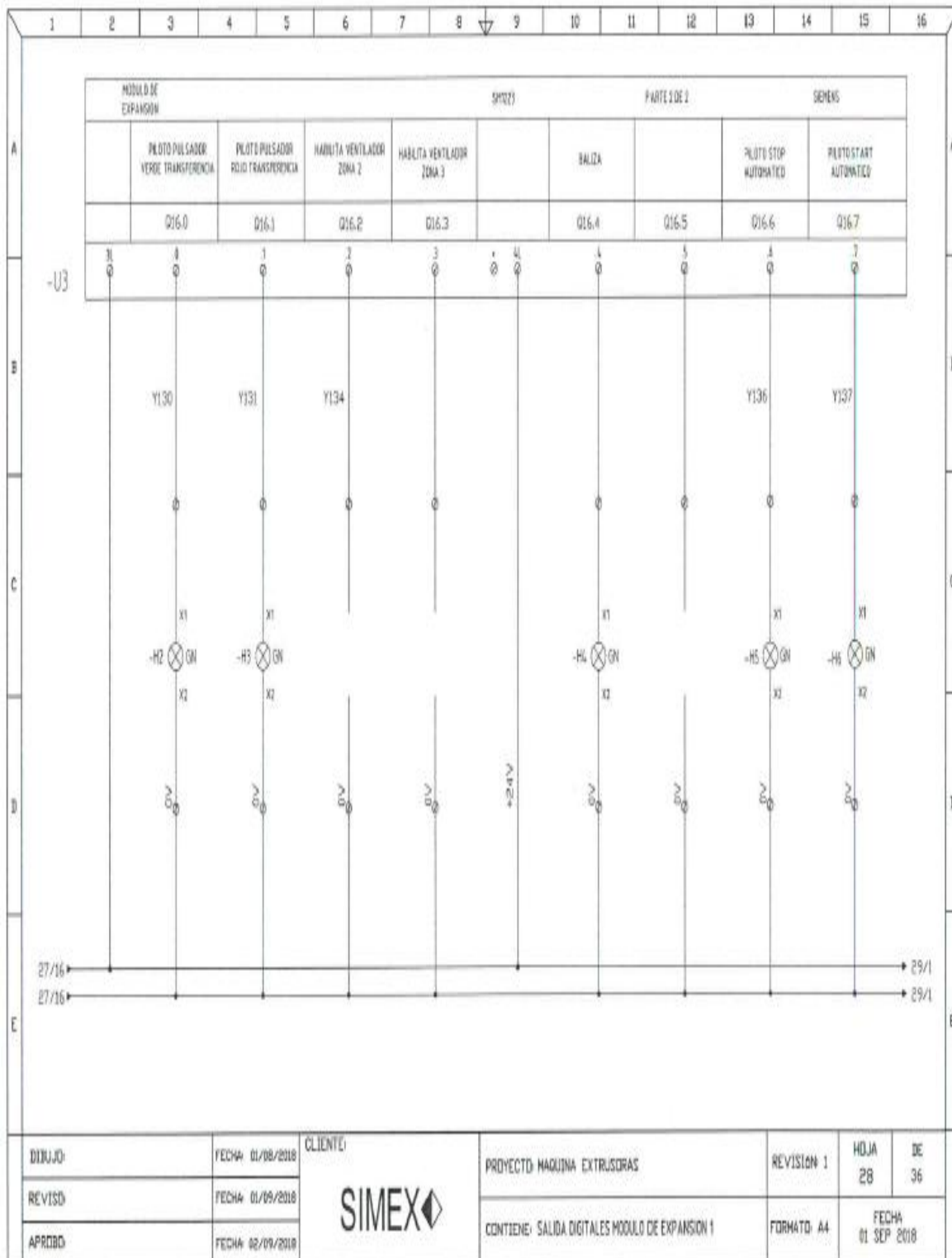


Figura 61. Plano salidas digitales módulo de expansión 1 (autoría propia)

DIBUJO:	FECHA: 01/08/2018	CLIENTE:	PROYECTO: MAQUINA EXTRUSORAS	REVISION 1	HOJA	DE
REVISO:	FECHA: 01/09/2018	<b>SIMEX</b>	CONTIENE: SALIDA DIGITALES MÓDULO DE EXPANSIÓN 1	FORMATO: A4	28	36
APRUBO:	FECHA: 02/09/2018				FECHA:	01 SEP 2018

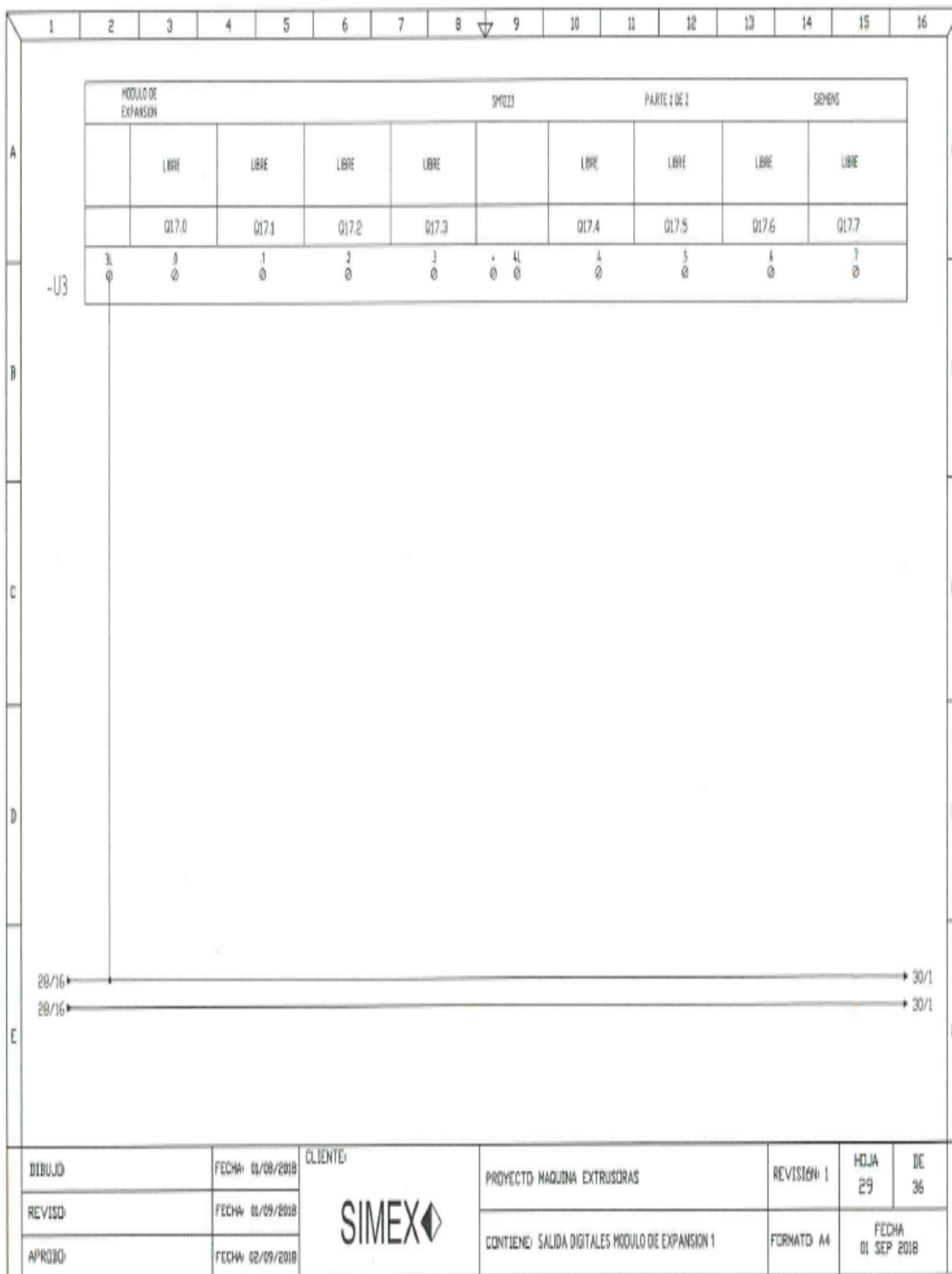


Figura 402. Plano salidas digitales módulo de expansión 1 (autoría propia)

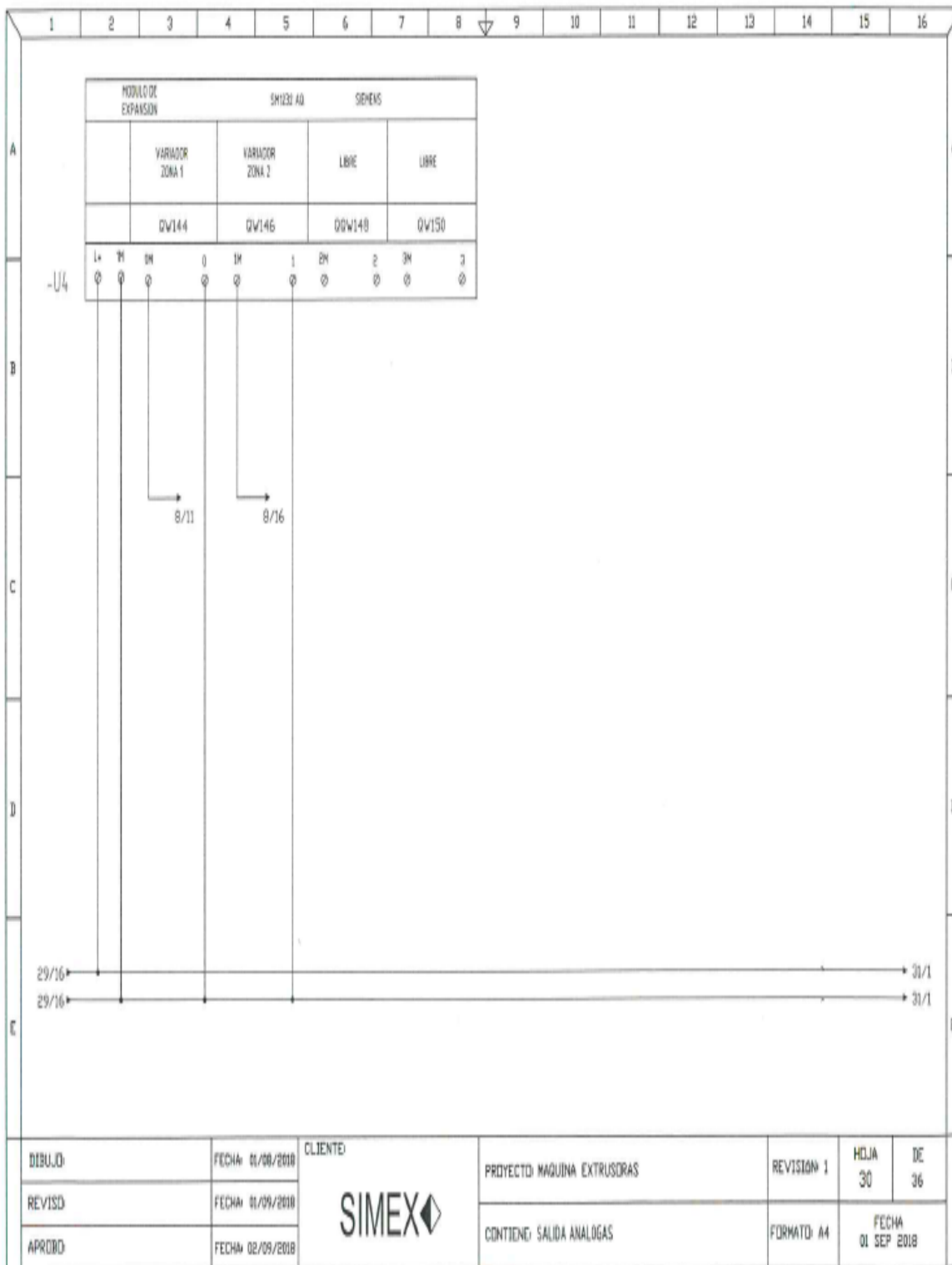


Figura 41. Plano salidas análogas (autoría propia)

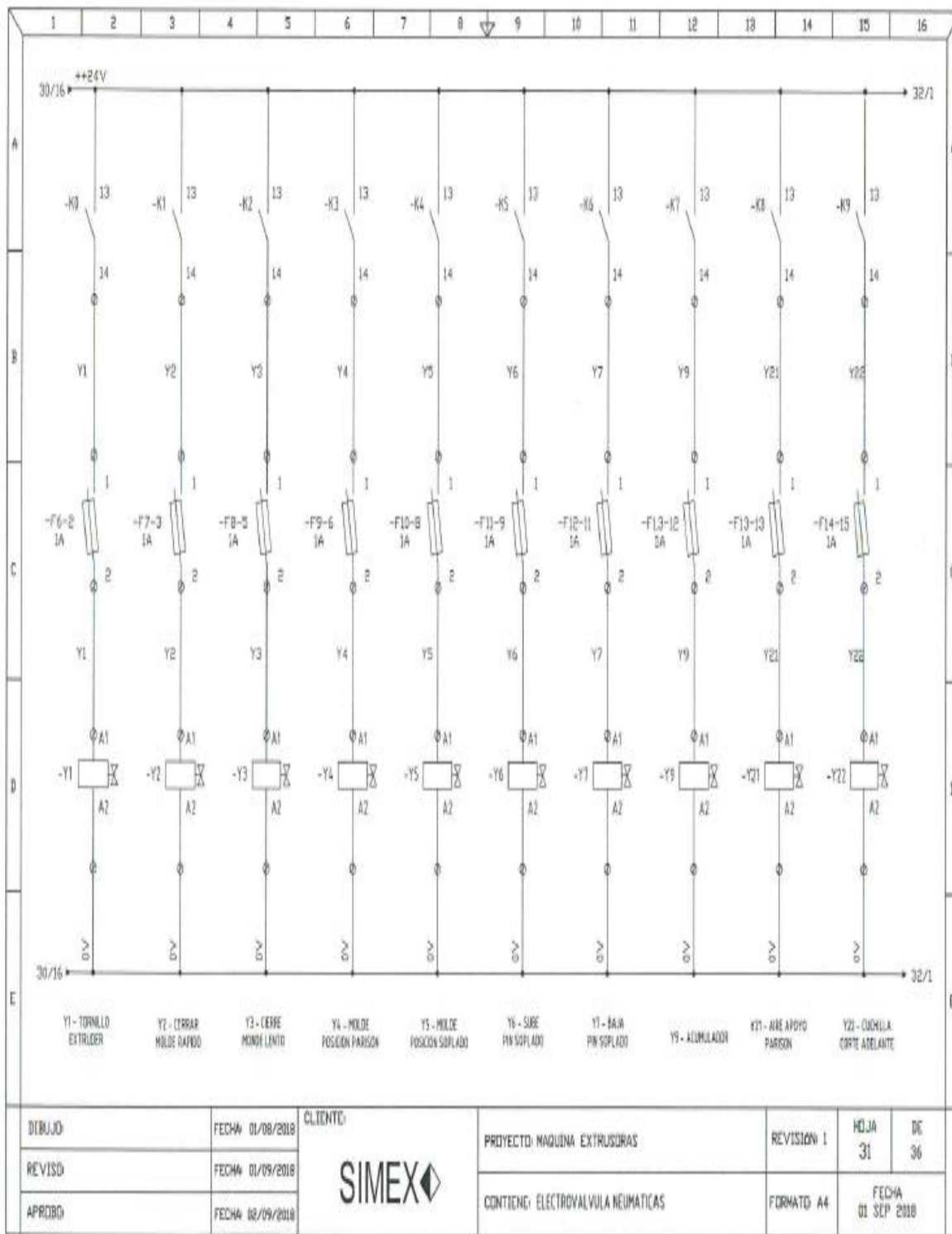


Figura 42. Plano electroválvulas neumáticas (autoría propia)

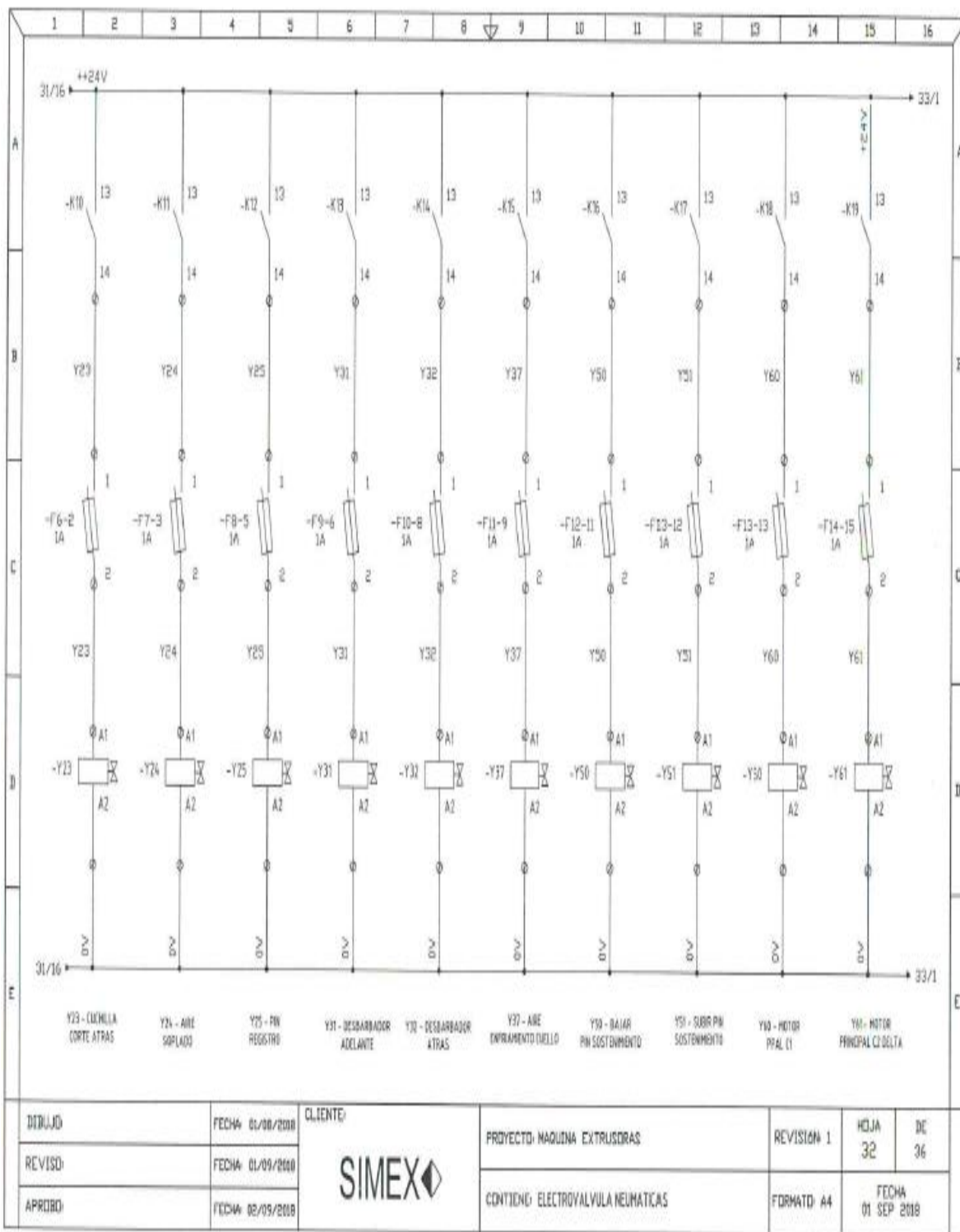


Figura 43. Plano electroválvulas neumáticas (autoría propia)

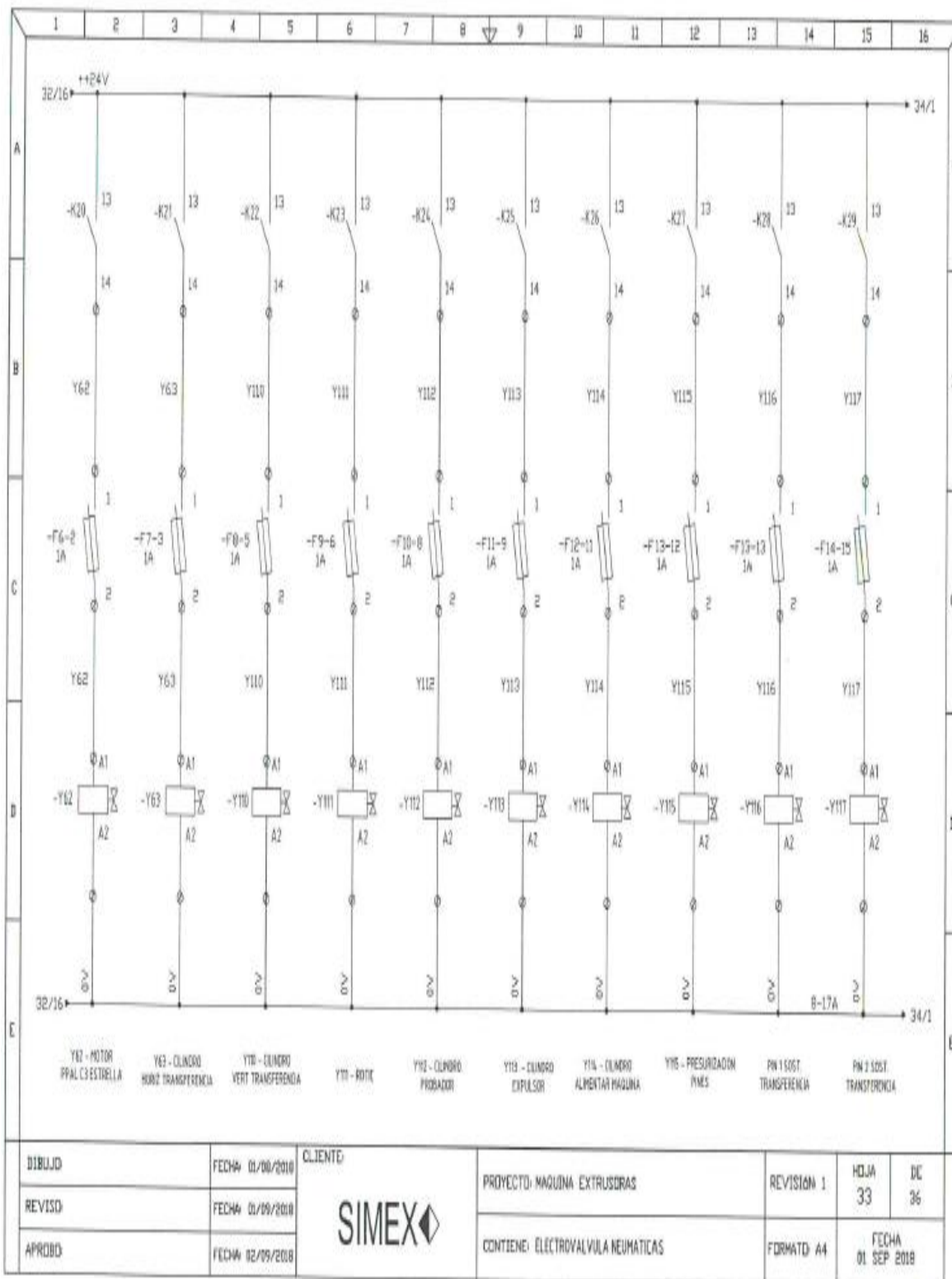


Figura 44. Plano electroválvulas neumáticas (autoría propia)



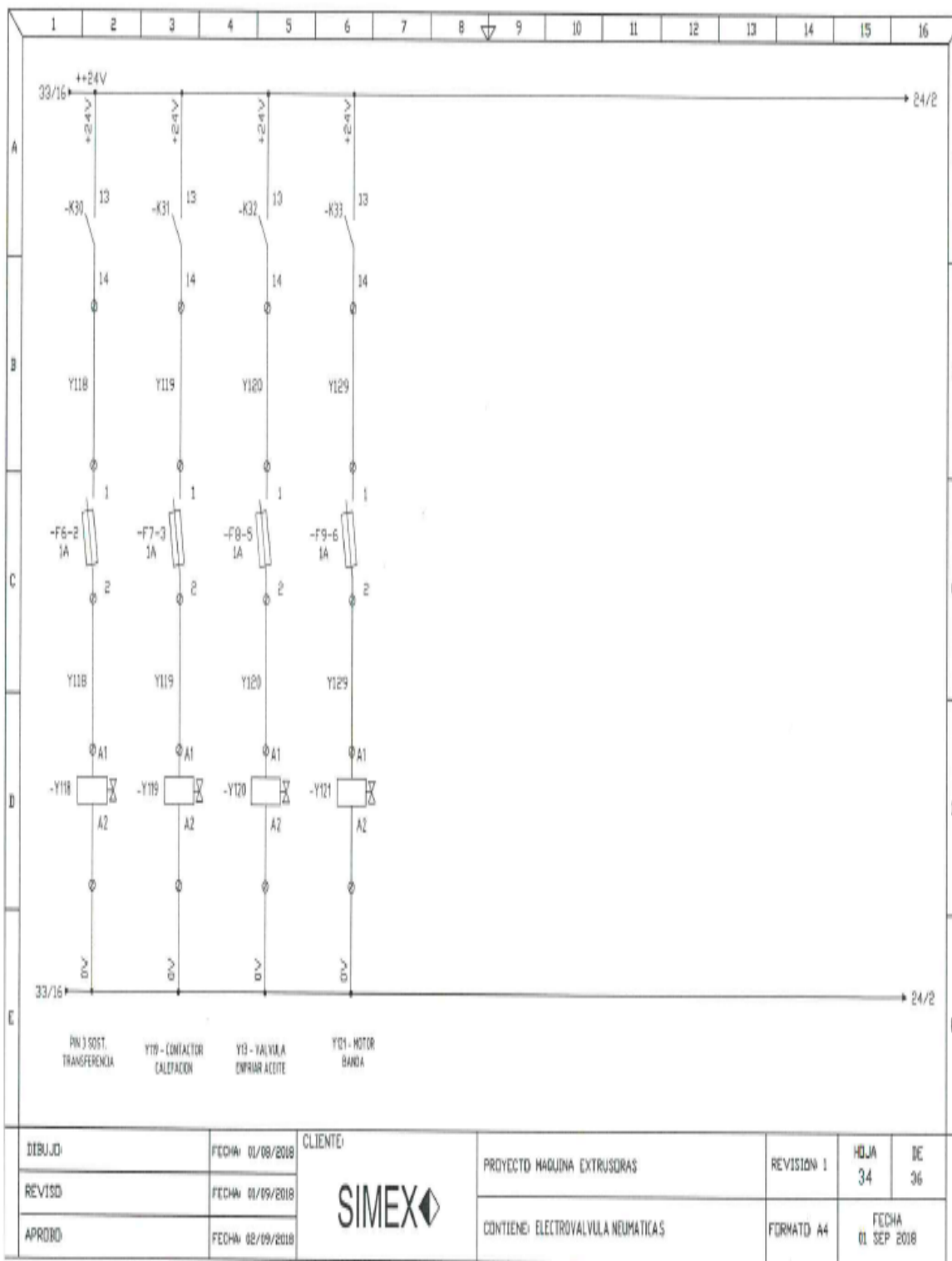


Figura 45. Plano electroválvulas neumáticas (autoría propia)

Name	Path	Data Type	Logical Address	Númeración Bornera
S. Cilindro Carga Izquierda	Entradas	Bool	%I12.5	84
S. Cilindro Carga Derecha	Entradas	Bool	%I12.6	85
S. Cilindro Vertical Arriba	Entradas	Bool	%I12.7	86
S. Cilindro Vertical Abajo	Entradas	Bool	%I13.0	87
Termico	Entradas	Bool	%I13.1	88
Rotick Posición Descarga	Entradas	Bool	%I13.2	89
Rotick Posición Carga	Entradas	Bool	%I13.3	90
Preostato 1	Entradas	Bool	%I13.4	91
Preostato 2	Entradas	Bool	%I13.5	92
Preostato 3	Entradas	Bool	%I13.6	93
S. Paro Banda	Entradas	Bool	%I13.7	94
S Reflex Detecta Envase	Entradas	Bool	%I16.0	95
S. Rechazos	Entradas	Bool	%I16.4	96
Sel. 2-3 Cavidades	Entradas	Bool	%I16.2	97
Paro Emergencia	Entradas	Bool	%I16.3	98
Pulsador start	Entradas	Bool	%I16.5	99
Pulsador Stop	Entradas	Bool	%I16.6	100
S. Cil Alimentador Maquina	Entradas	Bool	%I16.7	101
S. Estampadora	Entradas	Bool	%I17.0	103
S40-Corte Cuchilla adelante	Entradas	Bool	%I17.2	40
ALM Desbardador Atras	Entradas	Bool	%M310.0	
Activa Limpieza Aire Apoyo	Entradas	Bool	%M11.6	
Ret. Aire Apoyo	Entradas	Time	%MD148	
T. Aire Apoyo	Entradas	Time	%MD152	
Limpieza Aire Apoyo	Entradas	Bool	%Q17.0	
Pos Envase1 OK	Entradas	Bool	%M35.3	
Pos Envase2 OK	Entradas	Bool	%M35.4	
Pos Envase3 OK	Entradas	Bool	%M35.5	
Ons(50)	Entradas	Bool	%M108.3	
Dist OK	Entradas	Bool	%M32.4	
Aux Corte On	Entradas	Bool	%M32.2	

Figura 68. Plano electroválvulas neumáticas (autoría propia)

Name	Path	Data Type	Logical Address	Númeración Bornera
S1 Start Extruder	Entradas	Bool	%I0.0	0
S1-1 Stop Extruder	Entradas	Bool	%I0.1	1
S2 Cerrar Molde	Entradas	Bool	%I0.2	2
S3-1 Molde a Posicion Parison	Entradas	Bool	%I0.3	3
S3-2 Molde a Posicion Soplado	Entradas	Bool	%I0.4	4
S4 Bajar Pin Soplado	Entradas	Bool	%I0.5	5
S5 Corte Cuchilla	Entradas	Bool	%I0.6	6
S7 Aire de Apoyo Permanente	Entradas	Bool	%I0.7	7
S8 Habilita Presoplado	Entradas	Bool	%I1.0	8
Aus	Entradas	Bool	%I1.1	9
S-10 Automatico	Entradas	Bool	%I1.2	10
S11 Mantenimiento	Entradas	Bool	%I1.3	11
S12 Hab. Corte Cuchilla Adelante Atras	Entradas	Bool	%I1.4	12
S13 Hab Sensor Parison	Entradas	Bool	%I1.5	13
S13-1 Fotocelda Parison	Entradas	Bool	%I8.0	14
Flotador Sensor Nivel Aceite	Entradas	Bool	%I8.1	15
Calentamiento On	Entradas	Bool	%I8.2	16
S14 Desbarbador Atras	Entradas	Bool	%I8.3	17
S24 Habilita Puntas Sostenimiento	Entradas	Bool	%I8.4	21
S25 Habilita Desbarbador	Entradas	Bool	%I8.5	22
F30 temperatura Aceite	Entradas	Bool	%I8.6	23
S26 Confirma Arranque Bomba	Entradas	Bool	%I8.7	24
S38 Puertas de Seguridad	Entradas	Bool	%I9.0	25
S19 Start Stop Bomba Hidraulica	Entradas	Bool	%I9.1	27
S36 Mltlla Cierre Molde Lento	Entradas	Bool	%I9.2	30
S31 Molde Pos. Parison Sensor	Entradas	Bool	%I9.3	31
S32 Molde Posicion Soplado Sensor	Entradas	Bool	%I9.4	32
S33 Molde Cerrado	Entradas	Bool	%I9.5	33
S34 Pin Soplado Arriba	Entradas	Bool	%I9.6	34
S35 Seguridad Molde Amortiguacion	Entradas	Bool	%I9.7	35
S36 Mol. Abierto	Entradas	Bool	%I12.0	36
S37 Puntas de Sostenimiento Arriba	Entradas	Bool	%I12.1	37
Pul. Start Transferencia	Entradas	Bool	%I12.2	81
Pul. Stop Transferencia	Entradas	Bool	%I12.3	82
Aut / Man Transferencia	Entradas	Bool	%I12.4	83

Figura 69. Especificaciones de entradas (1) (autoría propia)

Name	Path	Data Type	Logical Address	Salidas
Y1 Tornillo Extruder	Salidas	Bool	%Q0.0	Y1
Y2 Cerrar Molde Rapido	Salidas	Bool	%Q0.1	Y2
Y3 V. Cierre Lento	Salidas	Bool	%Q0.2	Y3
Y4 Molde Posion Parison	Salidas	Bool	%Q0.3	Y4
Y5 Molde Posicion Soplado	Salidas	Bool	%Q0.4	Y5
Y6 Sube Pin Soplado	Salidas	Bool	%Q0.5	Y6
Y7 Baja Pin Soplado	Salidas	Bool	%Q0.6	Y7
Y9 Acumulador	Salidas	Bool	%Q0.7	Y9
Y21 Aire Apoyo Parison	Salidas	Bool	%Q1.0	Y21
Y22 Cuchilla Corte Adelante	Salidas	Bool	%Q1.1	Y22
Y23 Cuchilla Corte Atras	Salidas	Bool	%Q8.0	Y23
Y24 Aire Soplado	Salidas	Bool	%Q8.1	Y24
Y25 Pin Registro	Salidas	Bool	%Q8.2	Y25
Y31 Desbarbador Adelnte	Salidas	Bool	%Q8.3	Y31
Y32 Desbarbador Atras	Salidas	Bool	%Q8.4	Y32
Y37 Aire Enfriamiento Cuello	Salidas	Bool	%Q8.5	Y37
Y50 Bajar Pin Sostenimiento	Salidas	Bool	%Q8.6	Y50
Y51 Subir Pin Sostenimiento	Salidas	Bool	%Q8.7	Y51
Y60 Motor PPal C1	Salidas	Bool	%Q9.0	Y60
Y61 Motor PPal C2 Delta	Salidas	Bool	%Q9.1	Y61
Y62 Motor Ppal C3 Estrella	Salidas	Bool	%Q9.2	Y62
Y63 Cil Horizontal Transferencia	Salidas	Bool	%Q9.3	Y63
Y110 Cil Vertical Transferencia	Salidas	Bool	%Q9.4	Y110
Y111 Rotick	Salidas	Bool	%Q9.5	Y111
Y112 Cil. Probador	Salidas	Bool	%Q9.6	Y112
Y113 Cil Expulsor	Salidas	Bool	%Q9.7	Y113
Y114 Cil. Alimentador Maquina	Salidas	Bool	%Q12.0	Y114
Y115 Presurizacion Pines	Salidas	Bool	%Q12.1	Y115
Pin 1 Sost. Transf	Salidas	Bool	%Q12.2	
Pin 2 Sost Transf	Salidas	Bool	%Q12.3	
Pin 3 Sost Transf	Salidas	Bool	%Q12.4	
Y119 Contactador Calefaccion	Salidas	Bool	%Q12.5	Y119
Y13 Val. Enfriamiento Aceite	Salidas	Bool	%Q12.6	Y13
Y121 Motor Banda	Salidas	Bool	%Q12.7	Y121
Y122 Zona 1	Salidas	Bool	%Q13.0	Y122

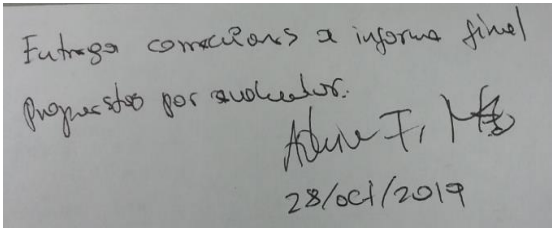
Figura 70. Especificaciones de salidas (autoría propia)

Name	Path	Data Type	Logical Address	Salidas
Y123 Zona 2	Salidas	Bool	%Q13.1	Y123
Y124 Zona 3	Salidas	Bool	%Q13.2	Y124
Y125 Cabezal	Salidas	Bool	%Q13.3	Y125
Y126 Boquilla 1	Salidas	Bool	%Q13.4	Y126
Y127 Boquilla 2	Salidas	Bool	%Q13.5	Y127
Y128 Boquilla 3	Salidas	Bool	%Q13.6	Y128
Y129Piloto Bomba	Salidas	Bool	%Q13.7	Y129
Piloto Verde	Salidas	Bool	%Q16.0	Y130
Piloto Rojo	Salidas	Bool	%Q16.1	Y131
Habilita Ventilador Z2	Salidas	Bool	%Q16.2	
Hab. Ventilador Z3	Salidas	Bool	%Q16.3	
Y136 Piloto Stop	Salidas	Bool	%Q16.6	Y136
Y137 Piloto Start	Salidas	Bool	%Q16.7	Y137
Y135 Baliza	Salidas	Bool	%Q16.4	Y135

Figura 71. Especificaciones de salidas (autoría propia)

Name	Path	Data Type	Logical Address	Salidas
Zona 1	Señales Analogas	Int	%IW160	Y122
Zona 2	Señales Analogas	Int	%IW162	Y123
Zona 3	Señales Analogas	Int	%IW164	Y124
Cabezal	Señales Analogas	Int	%IW166	Y125
Boquilla 1	Señales Analogas	Int	%IW168	Y126
Boquilla 2	Señales Analogas	Int	%IW170	Y127
Boquilla 3	Señales Analogas	Int	%IW172	Y128
Vg Zona 1	Señales Analogas	Int	%IW176	Y129
Vg Zona 2	Señales Analogas	Int	%IW178	
Vg Zona 3	Señales Analogas	Int	%IW180	
Ventilador Zona 2	Señales Analogas	Int	%QW144	
Ventilador Zona 3	Señales Analogas	Int	%QW146	
Lect Presion Pin 1	Señales Analogas	Int	%IW192	

Figura 72. Especificaciones señales análogas (autoría propia)

FIRMA ESTUDIANTES	<u>JUAN FERNANDO ARENAS L</u> <u>C.C. 70.879.232</u>
	
FIRMA ASESOR	_____
FECHA ENTREGA: <u>28 de octubre 2019</u>	

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD	_____
RECHAZADO___	ACEPTADO___
	ACEPTADO CON MODIFICACIONES___
	ACTA NO. _____
	FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD	_____
	ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____
----------------------