



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Villa María
Ingeniería Electrónica

Sistema de Control para Envasadora de Potes

Autor/es:

Nicolino Fernando Juan

Novara Daniel

Tutor: Ing. Electrónico Fabián Marcelo Sensini

Director: Ing. Electrónico José Luis Catalano

Co-Director: Esp. Ing. Electricista-Electrónico Héctor Diego Ferrari

Fecha de Defensa: 14/12/2022

UTN - FRVM



Departamento de Electrónica
Universidad Tecnológica Nacional

Sistema de Control para Envasadora de Potes



Dedicatorias

A nuestras familias, que mediante su esfuerzo hicieron posible que transitemos la carrera, y mediante su apoyo incondicional empujaron a que finalicemos con los estudios universitarios.

A nuestros compañeros, los cuales mediante su apoyo emocional nos brindaron estabilidad en situaciones de incertidumbre.



Agradecimientos

Agradecemos a la comunidad de docentes de la UTN facultad regional Villa María por su dedicación, esfuerzo y compromiso que día a día demostraron tener. Por su predisposición continua, adaptándose a las adversidades presentes en estos años para nuestro beneficio.

Al Ing. Lucas Giorgis de la empresa Elcor SA que dieron su apoyo y confianza para concretar este trabajo.

Al Ing. Fabián Sensini, quien atendió nuestras consultas y nos brindó su experiencia y consejos.



Resumen

Debido a la maquinaria ya existente en la industria, y a la no posibilidad de renovarla, se recurrió a la ejecución del siguiente sistema para poder establecer el control sobre una envasadora de queso fundido en formato de potes.

En el presente proyecto se llevó a cabo el diseño e implementación de un sistema de control, cuya finalidad es monitorear y automatizar una línea de envasado ya existente.

El sistema está compuesto por un PLC que es el encargado de adquirir los datos necesarios y establecer las condiciones de operación de la maquinaria ya existente. Este tiene una interfaz con el usuario a través de un HMI en donde se pueden observar y establecer los parámetros necesarios para su correcto funcionamiento.

Palabras clave: *Interfaz, HMI, PLC.*

Abstract

Due to the existing machinery in the industry, and the inability to renew it, the following system was used to establish control over a melted cheese packaging machine in pot format.

In this project, the design and implementation of a control system was carried out, whose purpose is to monitor and automate an existing packaging line.

The system is made up of a PLC that is in charge of acquiring the necessary data and establishing the operating conditions of the existing machinery. This has an interface with the user through an HMI where the necessary parameters for its correct operation can be observed and established.



ÍNDICE

Título	Página
Dedicatorias	3
Agradecimientos	4
Resumen	5
Abstract.....	5
Introducción.....	7
Análisis del problema	7
Análisis de sistemas existentes	9
Descripción de las actividades del proyecto.....	13
Objetivos.....	14
Objetivos generales.....	14
Objetivos particulares	14
Diseño del Proyecto.....	14
Revisión de requerimientos y parámetros de operación.....	14
Selección de componentes y dispositivos.....	15
Componentes	15
Diagrama en bloques del dispositivo.....	24
Descripción de cada una de las partes	25
Diagrama de flujo	27
Desarrollo del proyecto	30
Preparación de Software e interfaz gráfica.....	30
Diseño eléctrico y distribución de componentes	35
Evaluación Final del Sistema	36
Preparación del prototipo con materiales finales.....	36
Montaje y ensayo real del prototipo	36
Análisis del sistema en campo.....	39
Conclusiones.....	40
Anexo I.....	41
Anexo II.....	43
Bibliografía.....	56



Introducción

La automatización fue implementada aplicando los conocimientos adquiridos en el transcurso de toda la carrera. Brinda soluciones a problemas existentes y mejora el rendimiento de la línea de producción.

El sistema de control está compuesto por un PLC+HMI, que a través de sensores recibe la información de los parámetros como temperaturas, vacío, posición, etc. Para luego ejecutar el control sobre la envasadora.

En dicho sistema contamos con un PLC Vision 350 de la firma Unitronics, el cual es el encargado de recibir e interpretar los datos adquiridos por los sensores de las variables a medir y efectuar las rutinas establecidas para ejecutar correctamente el control sobre la envasadora. Además, también es la interfaz con el usuario de la maquinaria.

Análisis del problema

La maquinaria presentaba diversas fallas a tratar, entre ellas se encuentra:

- Carencia de interfaz con el usuario.
- Carencia de plano eléctrico del tablero.
- Falla al tomar el pote.
- Falla al tomar membrana de aluminio.
- Falla al tomar tapa.
- Falla al abrir una puerta.
- Descarga de doble pote.
- Atasco de potes en salida de producto final.
- Inercias térmicas en termosellados y punteadores.
- Bajo nivel de producto en tolva.

Carencia de interfaz con el usuario:

La máquina se encontraba en funcionamiento con un sistema meramente eléctrico a relé, siendo dificultoso para el operario identificar el estado de falla de la misma.

Carencia de plano eléctrico del tablero:

La envasadora no poseía plano eléctrico del tablero, ni identificación de componentes y conductores. Siendo esto un grave problema para el personal de mantenimiento al diagnosticar alguna avería eléctrica.

Falla al tomar el pote:

Uno de los posibles errores se presentaba cuando la envasadora por algún motivo no lograba ubicar el pote sobre el plato de trabajo, ya sea por falla de algún mecanismo o bien simplemente al quedarse sin insumos. Esto generaba que, al no poseer envase y entrar a la estación de dosificado, el queso se vertiera sobre la máquina.

Falla al tomar la membrana de aluminio:

Este posible error es referido a la estación de colocación de membranas de aluminio. Ya sea por obstrucción del circuito de vacío, o bien por falta de insumos. Esta falla genera un problema crítico, ya que al colocarse la tapa no se puede observar la presencia o ausencia de la membrana de aluminio, y ésta es indispensable para la conservación e inocuidad del alimento.

Falla al tomar tapa:

Al igual que los casos anteriores, por cuestiones de falta de insumo o falla de algún mecanismo los pots egresaban de la envasadora sin la tapa correspondiente. Generando una cantidad considerable de pots que debían ser devueltos a la línea de producción.

Falla al abrir una puerta:

La envasadora no contaba con las medidas de seguridad necesarias respecto a las puertas ya que no se detenía cuando se abría una de las puertas.

Descarga de doble pote:

Esta falla suele darse cuando las pilas de pots vienen más apretadas de lo normal entonces se provee de dos pots en lugar de uno. Esto no era detectado de ninguna manera y cuando el doble pote ingresaba a la estación de dosificado, el pote superior se rompía y el queso era vertido en el plato de la máquina.



Atasco de potes en salida de producto final:

La cinta de salida de producto de la envasadora desemboca en una cinta más grande donde circulan otros productos de otras líneas de producción. Suele suceder que se genera un embotellamiento en dicha unión y esto causa que la estación de expulsado de potes de la envasadora comience a romper potes ya que se encuentra obstruida la salida de los mismos. En consecuencia, la línea de producción debía detenerse hasta que se realizara la limpieza pertinente de la máquina.

Inercias térmicas en termosellados y punteadores:

La envasadora poseía un control de temperatura de termosellados y punteadores a través de un sistema ON-OFF, esto presentaba un problema por la fluctuación de temperatura respecto a la consigna asignada ya que la inercia térmica de las resistencias trabajadas es de gran consideración, teniendo así una fluctuación de alrededor 10°C en el transcurso de 30 segundos. Esta fluctuación generaba una inconsistencia en el sellado de los envases, atentando directamente en la conservación e inocuidad del alimento.

Bajo nivel de producto en tolva:

El bajo nivel de producto en la tolva generaba la problemática de que al dejar un instante sola la envasadora y se quedaba sin producto para el dosificado, luego expulsaba potes vacíos o con bajo peso. Este punto es muy crítico en cuando a la calidad, ya que puede generar reclamo de los clientes.

Análisis de sistemas existentes

Haciendo investigación en diversas maquinarias nos hemos encontrado que, alguna de ellas no posee sistema de automatización y otras que lo poseen, carecen de la interfaz de usuario necesaria para la industria, esto genera muchos inconvenientes para el diagnóstico y resolución de problemas.

A continuación, se expresan algunos de los sistemas que la máquina poseía instalados y por las razones detalladas fueron reemplazados por el sistema desarrollado.



Falla al tomar potes, membranas de aluminio y tapas:



Fig. N° 1 Sensor de vacío Festo PEV 1/4 B.

En otras maquinarias hemos observado la presencia de sensores de vacío como el que se observa en la Figura 1. Estos sensores presentan varias desventajas, entre ellas:

- No conocer el valor de consigna de vacío regulado
- Regulación a resorte a través de tornillo y sin graduación
- La conmutación se realiza a través de un switch mecánico

Control de temperatura:

Fig. N° 2 Controlador de temperatura OMRON.

En la Figura 2 se observa un controlador de temperatura que es muy visto en la industria, su instalación es sencilla al igual que su operación. Pero presenta una gran desventaja, el modo de trabajo es ON-OFF, presenta un relé interno que conmuta para activar la salida, por lo que no se puede implementar un control PID para poder estabilizar la temperatura y evitar la inercia térmica de las resistencias calefactoras.



Fig. N° 3 Varillas para control de nivel.



Fig. N° 4 Sensor PNSA 230 100.

En las Figuras anteriores se puede observar el sistema de control de nivel que la envasadora presentaba. Se trata de un control de mínimo y máximo nivel.

Este sensor mide e interpreta la conductividad del producto a medir a través de los electrodos ya predefinidos. Activa un relé cuando el nivel mínimo dejó de ser leído y lo desactiva cuando lee el de nivel máximo.

Esto presenta una gran desventaja ya que el diferencial de nivel viene determinado por el largo de las varillas.

Otra de las fallas que presentaba este sistema, era que el vapor del producto a medir generaba condensación y brindaba una falsa lectura de nivel alto al unir los terminales en la pieza de grilon. Esto generaba demasiada demora hasta que el operario descubría que ese era el problema, además de generar el gran problema de que la maquina expulsaba potes vacíos.



Descripción de las actividades del proyecto

Partimos desde el análisis de requerimientos y la profundidad de automatización que íbamos a llevar a cabo. Dicho alcance de automatización fue previamente acordado con los superiores correspondientes.

Una vez establecidos los requerimientos necesarios, se confeccionó un listado de entradas/salidas y se seleccionó el PLC más acorde encontrado en el mercado local.

Luego se inició con la programación de las rutinas para determinar las condiciones de arranque, operación y de falla. Para corroborar el correcto funcionamiento se emulo la máquina en un tablero experimental.

Una vez finalizada la programación de las rutinas se comenzó con el diseño y desarrollo de la interfaz gráfica para finalmente entrelazar el gráfico de la pantalla HMI con las rutinas de programación.

Posteriormente, se efectuó el desarrollo de diagrama eléctrico, incluyendo protecciones, señales y potencia.

Luego se realizó el diseño de distribución de componentes y se materializó el tablero eléctrico. Para luego culminar con la programación de la parada de línea e intervención de la envasadora.

Por último, se intervino la línea de producción efectuando la migración del antiguo control eléctrico de la envasadora a el nuevo sistema de control electrónico diseñado. Instalando el tablero, PLC, módulos de expansión de I/O, sensores, etc.



Objetivos

Objetivos generales

Desarrollar un sistema capaz de prevenir las fallas mencionadas con anterioridad para efectuar la detención de la maquina a tiempo.

Objetivos particulares

- Realizar un programa fiable, con la robustez suficiente para eliminar fallas.
- Utilizar sensores de calidad y sensibilidad adecuada para la aplicación.
- Utilizar materiales que cumplimenten los requisitos de la industria.
- Implementar medidas de seguridad para la protección del operario y de la máquina.
- Garantizar que el producto envasado cumpla con los requerimientos de calidad.
- Establecer la correcta interfaz entre la maquinaria y el operador.

Diseño del Proyecto

Revisión de requerimientos y parámetros de operación

Previo al desarrollo se analizó la problemática, consultando con los operarios de la envasadora y el personal de mantenimiento. De esta manera se fueron estableciendo los puntos a tratar para obtener un resultado óptimo tanto para el operario, como para el personal de mantenimiento a la hora de diagnosticar algún problema.

Dentro de los parámetros de operación se encuentran los siguientes ítems:

- Tensión de alimentación 380 V +N +T.
 - Alimentación de Aire Comprimido 6 Bar.
 - Velocidad de operación según formato 40/50 Hz.
 - Temperatura de termosellado y punteadores.
 - Nivel de producto de tolva.
 - Detección de falta de potes, membranas de aluminio y tapas.
-



Selección de componentes y dispositivos

Se utilizaron componentes que brinden las prestaciones adecuadas para el rubro de la industria. Se tuvo en cuenta y priorizaron los componentes que ya son utilizados en otras maquinarias de la empresa, de esta manera no hay necesidad de agregar repuestos nuevos al almacén. Además, tanto los operarios de mantenimiento como los de producción poseen una capacitación previa sobre el manejo y/o reparación de los mismos.

Componentes



Fig. N° 5 PLC Vision 350.

El PLC V350 cuenta con su HMI integrado, además de poseer 22 entradas de las cuales 2 pueden ser utilizadas como entradas analógicas y 16 salidas a transistor de las cuales 7 son de alta velocidad, por ende, las podemos utilizar para con control mediante PWM con una frecuencia de hasta 500 Hz.

Las entradas salidas de este PLC pueden ser expandidos hasta un total de 512 I/O mediante módulos seccionales.



Fig. N° 6 Módulo de expansión de I/O.

Este módulo de expansión de I/O cuenta con 8 entradas que pueden ser utilizadas como entradas analógicas de corriente o de tensión, o bien como entradas para transductores de temperatura de tipo termocuplas.



Fig. N° 7 Adaptador de expansión de I/O.

El módulo adaptador de expansión de I/O es necesario para enlazar el PLC central con todos los módulos de expansión que sean requeridos. Se conecta al PLC mediante un puerto RJ45.



Fig. N° 8 Radar VEGA VEGAPLUS C11.

Este sensor de medición de distancia cuenta con la tecnología Radar, la cual nos permite medir distancia para supervisar niveles en tanques. Este equipo emite una señal de radar continua a través de sus antenas, la señal enviada es reflejada por el producto y captada en forma de eco por la antena.

Son ideales para la industria alimenticia, no requiere mantenimiento y su configuración es a través de bluetooth, medio por el cual puede ser monitoreado en tiempo real.

Además, la señal que provee es una señal de corriente analógica de 4 a 20 mA

El fuerte de este tipo de tecnología es que es una medición sin contacto. La medición no es afectada por las propiedades del producto como pueden ser la temperatura, presión o existencia de polvo o vapores.



Fig. N° 9 Variador de frecuencia ATV312.

El variador de frecuencia es el encargado de proveer la energía para el giro del motor, con la particularidad que éste puede variar la frecuencia de dicha energía para de esta manera poder controlar la velocidad del motor.

A su vez, también es el encargado de brindar protección termomagnética al motor.

Posee muchas funciones entre las que se encuentran la selección de velocidades preestablecidas y la devolución de una señal de confirmación de marcha.



Fig. N° 10 Sensor de vacío SMC ZSE40A.

El vacuómetro ZSE40A es capaz de medir presiones desde 0 a -101.3 kPa. Posee 2 salidas digitales cuyo valor de consigna es elegido desde el mismo sensor, y una salida analógica de corriente 4-20 mA que entrega el valor instantáneo de medición.



Fig. N° 11 Sensor inductivo PEPPERL+FUCHS NBB4-2CGM50-A2-V1.

Los sensores inductivos tienen la particularidad de que se activan cuando un metal ingresa dentro de su rango de medición. Este sensor nos entrega 2 señales digitales, 1 salida que actúa como NA y otra que actúa como NC.



Fig. N° 12 Sensor óptico IFM OGT 500.

El sensor óptico IFM OGT 500 funciona mediante la tecnología óptica. Emite un haz de luz roja visible, la cual cuando refleja sobre la superficie a medir y es captada por el receptor del sensor, éste se activa.

Este sensor en particular no requiere de un espejo en su límite de rango de medición, pues es configurable la distancia hasta donde puede medir.



Fig. N° 13 Relé estado sólido.



Un relé es un interruptor electrónico que nos permite controlar la conmutación de grandes corrientes mediante la aplicación de una tensión de control pequeña. Los relés estado sólido tienen la particularidad de soportar un gran número de conmutaciones, alrededor de 10 millones. Esto es ideal para realizar un control a través de modulación de ancho de pulso PWM.



Fig. N° 14 Sensor óptico IFM OGT100.

El sensor óptico IFM OGT100 es un sensor que presenta tecnología óptica. Emite un haz de luz roja visible, la cual requiere de un espejo réflex para poder ser leída mediante el receptor. Cuando este haz de luz es cortado es cuando el sensor es accionado.



Fig. N° 15 Transductor de temperatura



Como transductor de temperatura hemos utilizado termocuplas tipo K. Estos dispositivos tienen la particularidad de convertir la magnitud de temperatura en una señal eléctrica normalizada.

Se ha seleccionado este tipo de transductores ya que son extremadamente fuertes y muy eficientes.

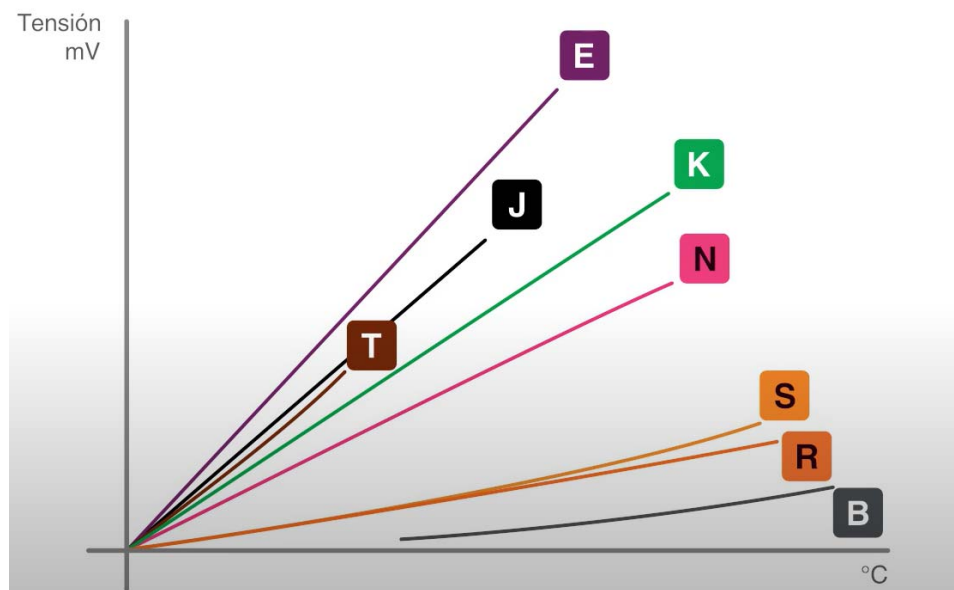


Fig. N° 16 Curvas de termocuplas.

En la Fig. N° 16 se observan las diferentes respuestas de las variedades de termocuplas. Como se puede apreciar la termocupla tipo K presenta una respuesta lineal.



Tipo ANSI-ISA	Combinación de metales	Sensibilidad	Rangos de temperatura
J	Hierro/ Constantan	5,6 mV/ 100°C	-40 a 750 °C
K	Cromel/ Alumel	3,6 mV/ 100°C	-40 a 1200 °C
T	Cobre/ Constantan	4,5 mV/ 100°C	-50 a 400 °C
E	Cromel/ Constantan	7,9 mV/ 100°C	-40 a 900 °C

Tabla 1: Características de termocuplas.

En la tabla 1 podemos observar la pendiente de la respuesta lineal de la termocupla y su rango de temperatura, además de su aspecto constructivo respecto a la combinación de metales.



Diagrama en bloques del dispositivo

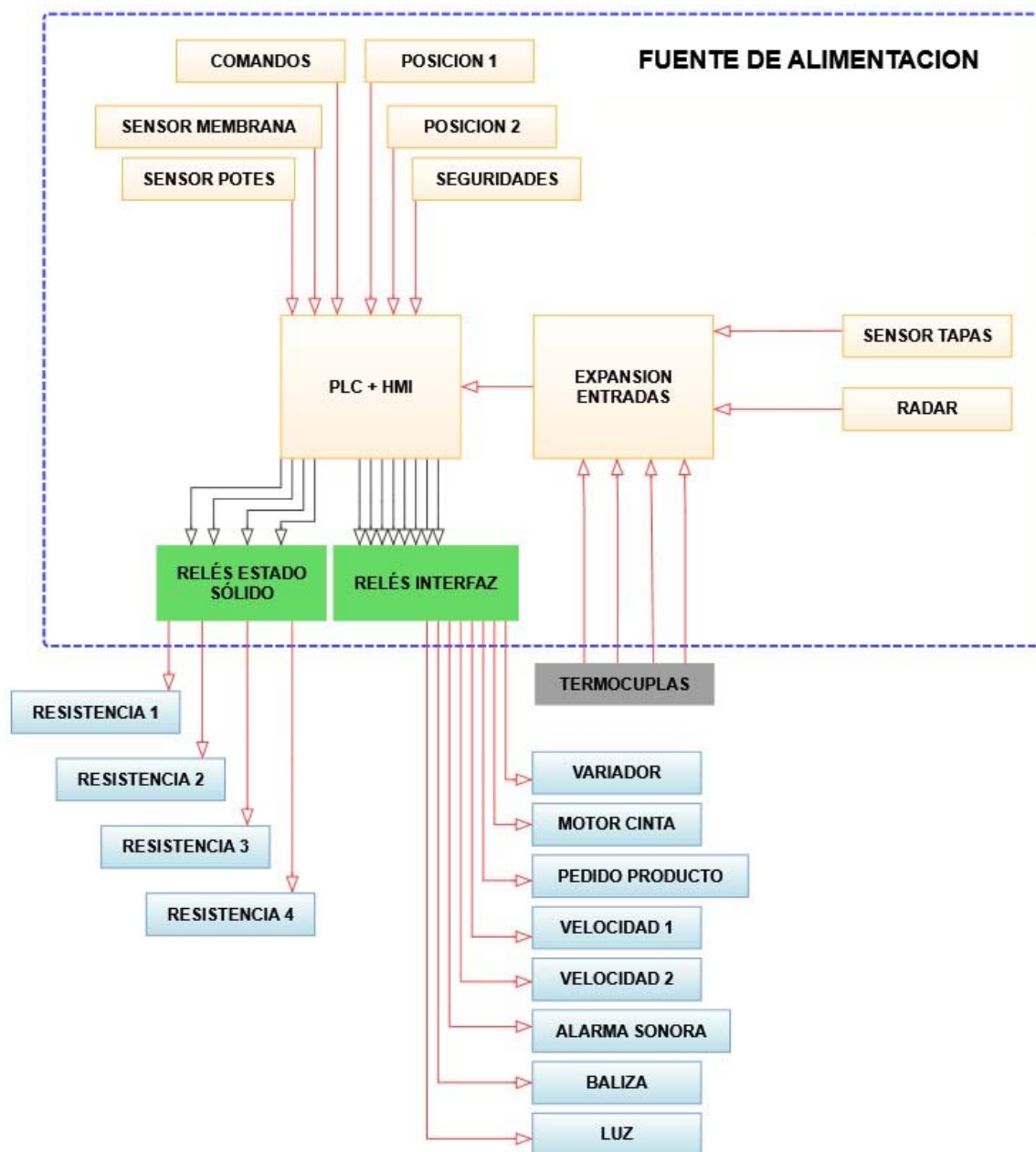


Fig. N° 17 Diagrama en Bloques del dispositivo.



Descripción de cada una de las partes

Como vemos en el diagrama, el cerebro de todo el dispositivo es el PLC que, acompañado con su expansión de entradas, maneja señales digitales y analógicas provenientes de campo. Luego procesa estas señales y ejecuta las rutinas de arranque, trabajo y falla para así entregar señales digitales en sus salidas para, a través de relés de interfaz, efectuar el control de la envasadora.

El PLC adquiere las señales de digitales desde:

- Pulsadores de comando.
- Sensores inductivos de puertas.
- Sensores inductivos que nos entregan la posición del plato de la envasadora.
- Sensor de presión de aire.

El PLC adquiere señales analógicas desde:

- Sensor de vacío de potes.
- Sensor de vacío de membranas de aluminio.
- Sensor de vacío de tapas.
- Radar.
- Termocuplas.

Los pulsadores de comando son los encargados de entregar al PLC la orden del operario de dar marcha tanto la cinta de salida de producto como el motor principal de la envasadora. El PLC supervisa que estén las condiciones adecuadas y activa las salidas de marcha de cinta de salida, velocidad preseleccionada y marcha del variador del motor principal.

Los sensores inductivos de las puertas nos entregan señales totalmente necesarias para la seguridad del operario, pues la maquina no puede arrancar si alguna de estas se encuentra abierta.



Los sensores inductivos de posición nos brindan el instante en donde se debe realizar la interpretación de los datos obtenidos por los sensores de vacío de potes, membranas de aluminio y tapas. Es decir, el sensor de posición de potes nos brinda el momento exacto en donde el PLC debe controlar la existencia de pote en la alimentación de estos. De igual lógica funciona para la membrana de aluminio y para las tapas.

El Radar es el encargado de supervisar el nivel de producto de la tolva de la envasadora. Lo hace a través de una señal analógica de 4-20 mA. El PLC, junto con el operario que establece el nivel de consigna de producto, efectúa el control de nivel activando o desactivando la salida de pedido de producto. En caso de que el nivel medido sea inferior a una consigna asignada por el personal de mantenimiento la máquina se detendrá arrojando una alarma por bajo nivel de producto.

Las termocuplas son las encargadas de medir las temperaturas de los punteadores y termosellados. El operario a través del HMI establece las temperaturas individuales de cada uno de estos elementos y el PLC con sus rutinas realiza un control a bucle cerrado PID (lee la temperatura, realiza los cálculos y entrega una señal PWM a cada uno de los relés estado sólido que comandan las resistencias térmicas).

En caso de que el PLC interprete que alguna de las condiciones de arranque y/u operación no sea la adecuada, efectuará la detención de la envasadora. Esta detención vendrá acompañada de una alarma sonora y una baliza intermitente. Asimismo, el HMI arrojará un mensaje de alarma con su correspondiente código de error o falla y la posible solución.

Los mensajes de falla y/o alarma se encuentran dispuestos en el [Anexo I](#).



Diagrama de flujo

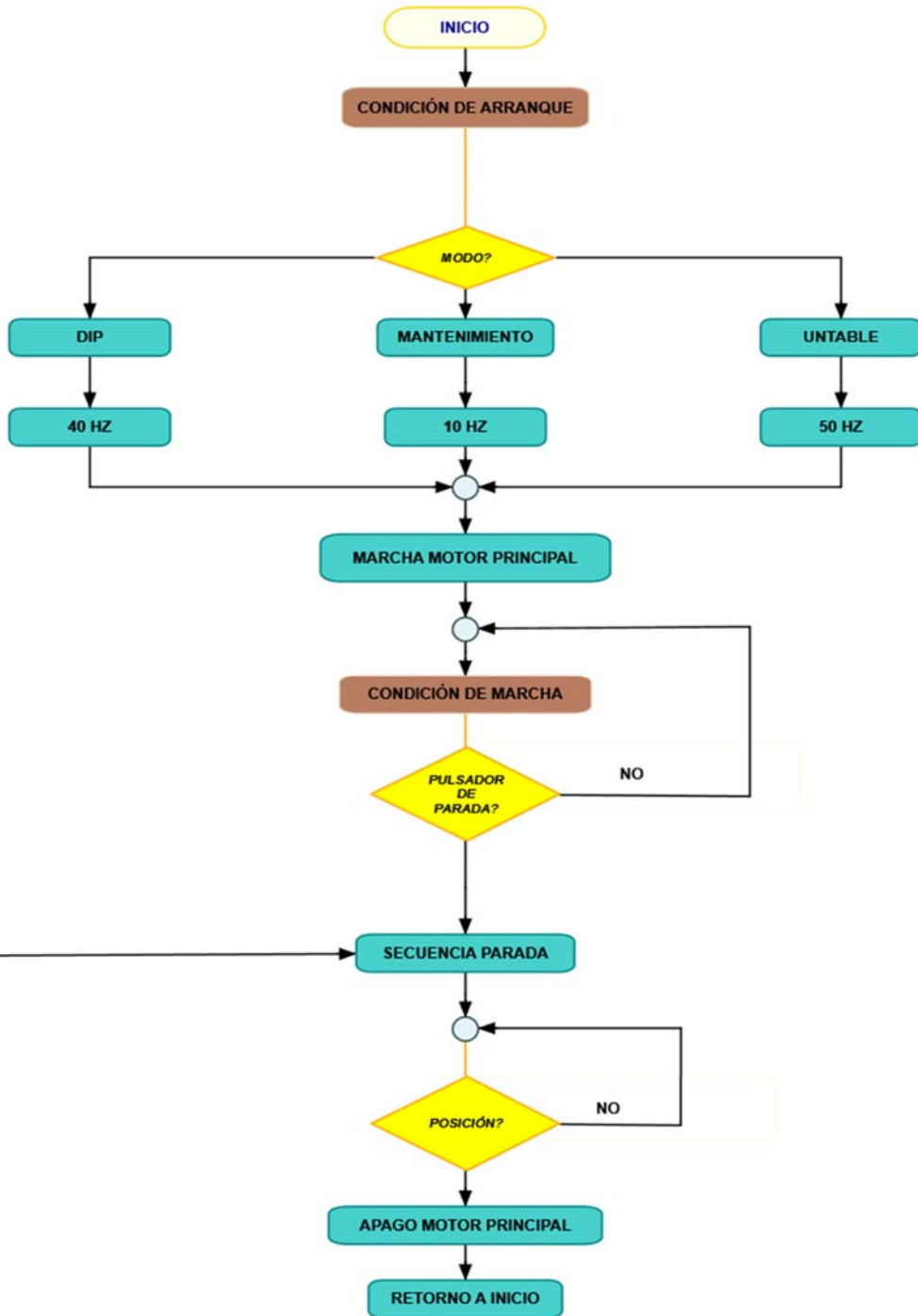


Fig. N° 18 Diagrama de flujo principal.

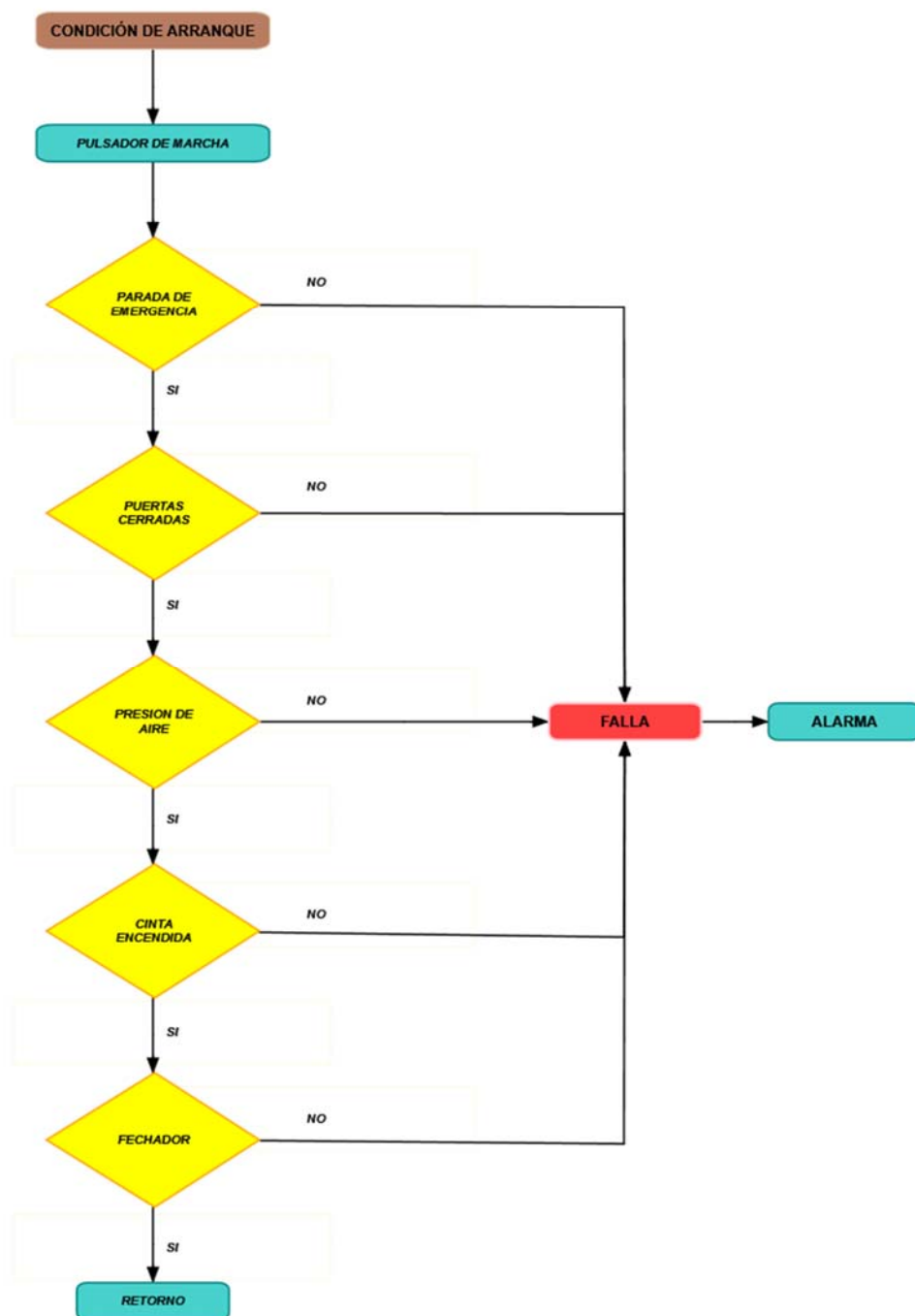


Fig. N° 19 Diagrama de flujo subrutina Condición de arranque.

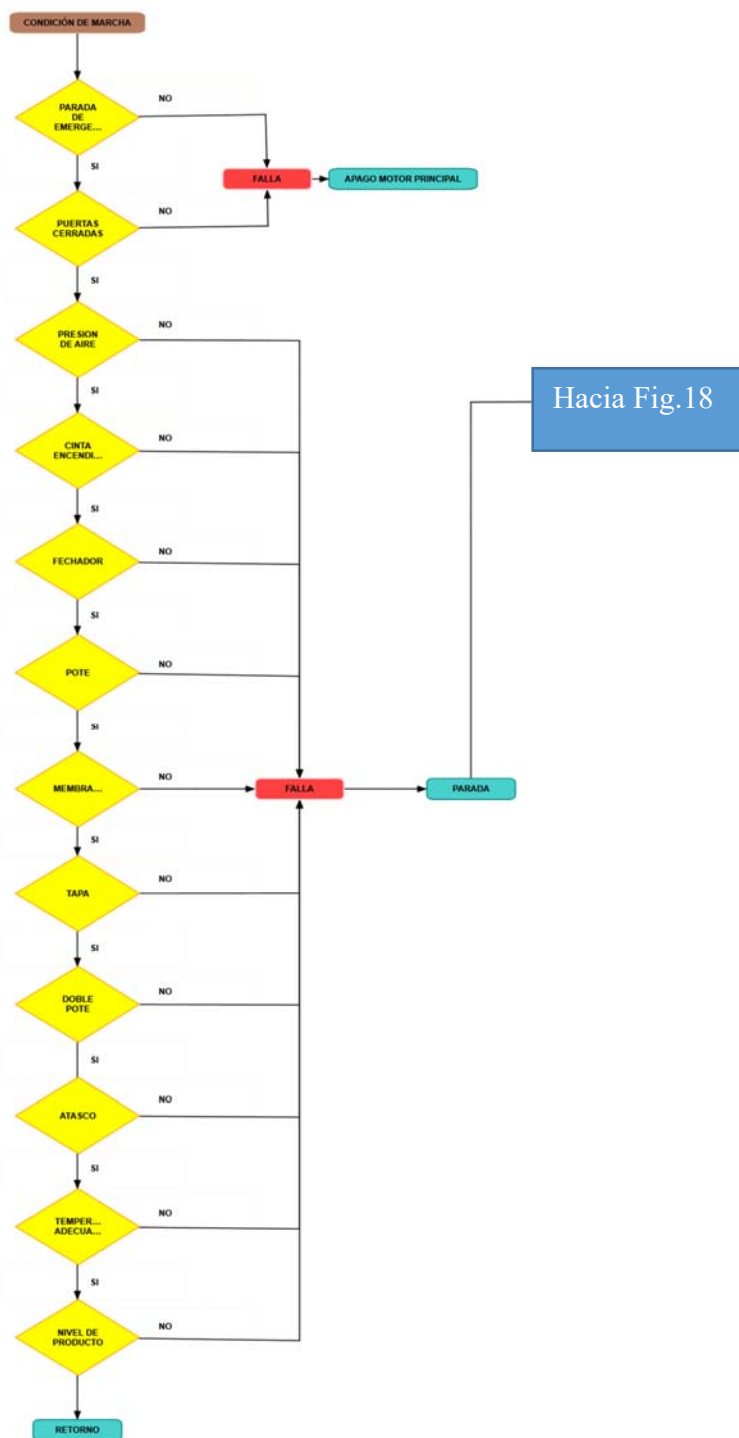


Fig. N° 20 Diagrama de flujo subrutina Condición de marcha.

Desarrollo del proyecto

El proyecto cuenta de tres partes que se llevarán a cabo en dos etapas. La primera es el tópicos de programación, electrónica y la elaboración del sistema final. Y en la segunda etapa se trata de la intervención e instalación del sistema en la línea de producción.

Preparación de Software e interfaz gráfica



Fig. N° 21 Tablero experimental para emulación.

Al no disponer de un tiempo considerable la envasadora a intervenir, se procedió a implementar un tablero experimental, expresado en la figura 21, para llevar a cabo la emulación de la envasadora.

Para la programación de las rutinas y la interfaz gráfica se utilizó el software VisiLogic 9.8.95 de la firma Unitronics.

Mediante el tablero experimental y el PLC se fueron simulando las diferentes situaciones posibles que podía presentar la envasadora, para así, realizar la programación pertinente ante estas situaciones.



Ventanas HMI:



Fig. N° 22 Pantalla principal.



Fig. N° 23 Pantalla entradas/salidas.

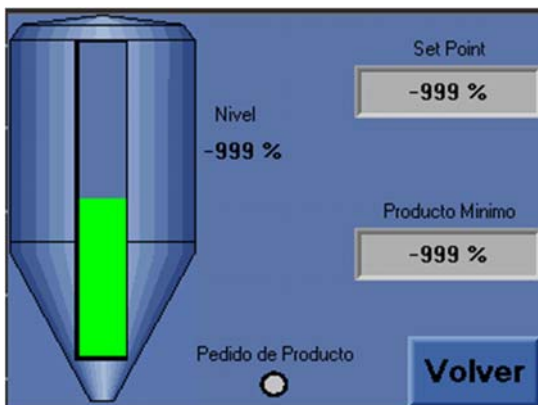


Fig. N° 24 Pantalla control de nivel.

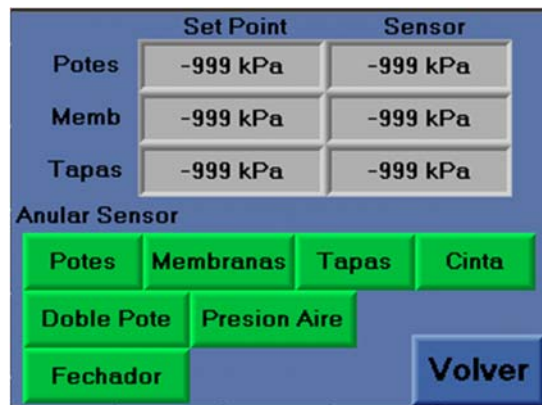


Fig. N° 25 Pantalla sensores.

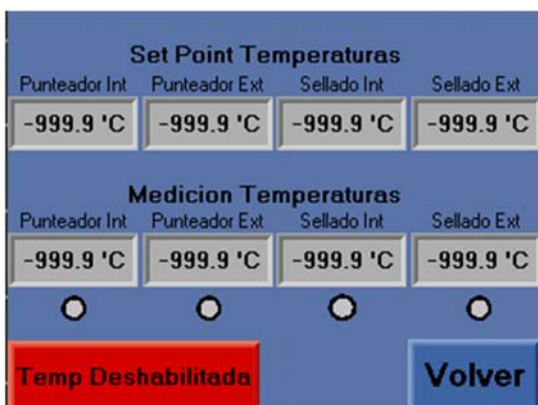


Fig. N° 26 Pantalla temperaturas



Fig. N° 27 Pantalla contador potes



Fig. N° 28 Pantalla mantenimiento 1



Fig. N° 29 Pantalla mantenimiento 2

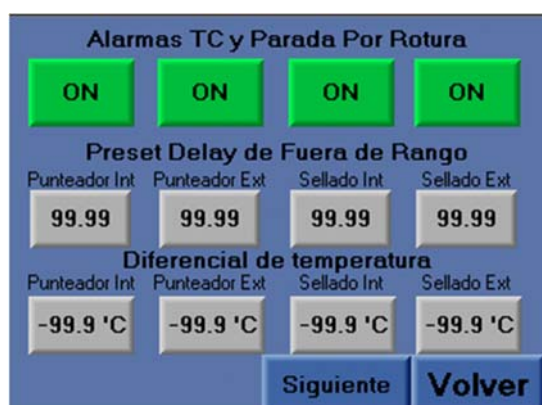


Fig. N° 30 Pantalla mantenimiento 3

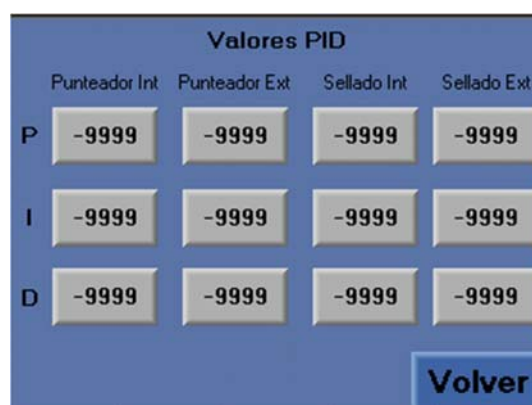


Fig. N° 31 Pantalla mantenimiento 4

En las figuras anteriores se pueden observar las múltiples ventanas de HMI que fueron realizadas para la interfaz gráfica.

La Figura 22 muestra la pantalla principal en la cual se encuentran los botones para acceder al resto de ellas, además se encuentra el botón para la activación del control de nivel y otro para encender las luces de la envasadora.

Pantalla entradas/salidas:

Esta pantalla es únicamente para observar el estado de las entradas y salidas del PLC, es una manera fácil y rápida de poder obtener información sobre el estado de la máquina.

Pantalla control de nivel:

En esta pantalla se puede observar en tiempo real el nivel de la tolva de producto en forma gráfica y en forma porcentual. Además, también se encuentra la casilla para asignar el valor de consigna y visualizar el valor de valor mínimo admisible.



Pantalla sensores:

Aquí se encuentran primeramente los tres sensores de vacío que cuenta la envasadora, con su lectura en tiempo real y su casilla para asignar el valor de consigna de cada uno de ellos. Además, también se encuentra una serie de botones, cuya función es anular las condiciones de arranque y/o trabajo.

Pantalla temperatura:

En esta pantalla se encuentra los valores medidos por las termocuplas en cada sector que debe ser calentado: punteador interno, punteador externo, termosellado interno y termosellado externo. También se encuentran las casillas para asignar el valor de consigna de cada uno de ellos, y el botón para habilitar/deshabilitar la temperatura. Este último lo que hace es activar o desactivar el control PID que fue realizado en la programación.

Pantalla contador de potes:

Esta pantalla es la encargada de mostrar el valor del conteo de potes. Dicho conteo es efectuado a través de el sensor óptico OGT100. También se programó la rutina pertinente para que, si este sensor se queda activado por un tiempo determinado (que es configurable desde la pantalla de mantenimiento) se interprete como un atasco a la salida de la envasadora.

Pantalla de mantenimiento 1:

Para acceder a esta pantalla se debe contar con una contraseña establecida para el personal de mantenimiento.

Aquí es donde se establecen ciertos parámetros que son requeridos para el funcionamiento del automatismo tales como:

- Delay marcha variador → Tiempo de espera para la confirmación de marcha del variador de frecuencia.
- Delay atasco de potes → Tiempo continuo que debe leer el sensor del contador de potes para que sea interpretado como atasco.
- Delay confirmación cinta → Tiempo de espera para la confirmación de marcha de la cinta de salida de producto.

Botón Punteador externo es para habilitar un pulsador satélite instalado en la maquinaria. Y el botón marcha lenta es para enviarle al variador de frecuencia la referencia para que entregue a su salida la frecuencia de 10Hz.



Pantalla mantenimiento 2:

En esta pantalla están dispuestos los botones para ejecutar las rutinas de AutoTune de cada control PID de temperatura. Al presionar cada uno de ellos comienza a realizar los cálculos en base a la retroalimentación provista por las termocuplas, al cabo de 4 ciclos de calentamiento y enfriamiento se guardan los parámetros calculados en la memoria interna del PLC. Los valores de los parámetros de PID se pueden observar en la pantalla mantenimiento 4.

Pantalla mantenimiento 3:

En esta pantalla tenemos ciertos valores configurables. Primero podemos desactivar la alarma por baja temperatura de cada uno de los lazos de control. Luego tenemos un delay de fuera de rango, que hace referencia al tiempo que debe estar midiendo una baja temperatura para arrojar la alarma. Y finalmente tenemos el diferencial de temperatura, que este valor hace referencia a cuánto por debajo de la temperatura de consigna es admisible para que no se interprete como baja temperatura.

Pantalla mantenimiento 4:

Para acceder a esta última pantalla de mantenimiento debemos contar con otra contraseña adicional, que es para el personal de mantenimiento electrónico. En esta pantalla podemos observar los valores de PID calculados en cada AutoTune de cada control de temperatura. Además, también se puede modificar cada uno de estos valores, esto es para que en caso de requerir un comportamiento diferente se pueda hacer manualmente el cambio y no se deba esperar los 4 ciclos del AutoTune.



Diseño eléctrico y distribución de componentes

Para el desarrollo del circuito eléctrico se utilizó el software EPLAN P8 2.9, el cual es muy utilizado en la industria ya que cuenta con una gran cantidad de componentes normalizados. Además, las compañías proveen los modelos de los componentes eléctricos y electrónicos para este software entre otros.

El circuito eléctrico/electrónico final se encuentra dispuesto en el [Anexo II](#).

También, se utilizó el software AutoCad para realizar la distribución de componentes en el diseño del tablero eléctrico. Se procedió a descargar los diseños 2D de cada proveedor de componentes para tener una idea concisa del tamaño y como distribuirlos.

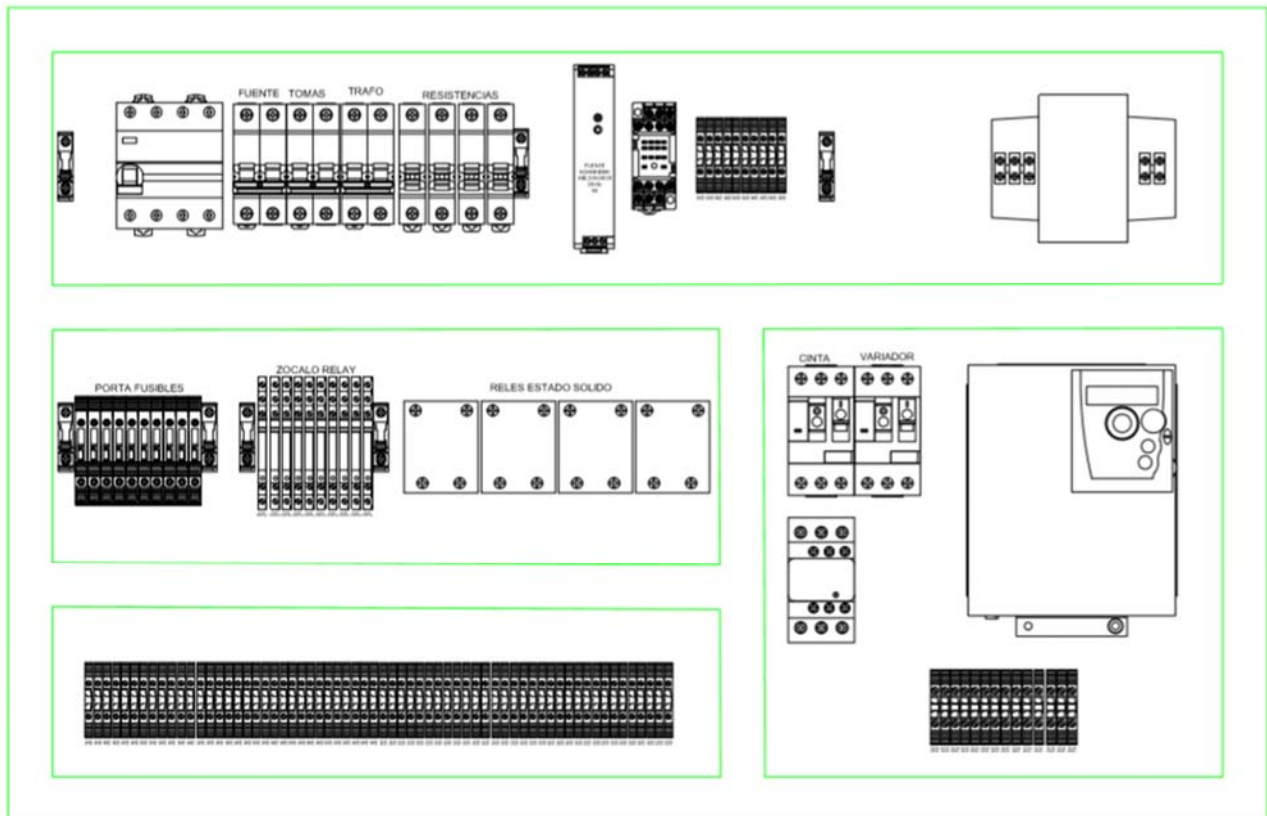


Fig. N° 32 Representación 2D tablero general.

Evaluación Final del Sistema

Preparación del prototipo con materiales finales



Fig. N° 33 Tablero eléctrico general final.

En la Figura 33 podemos observar el tablero eléctrico final, el cual aún carece del variador de frecuencia, ya que el mismo se encontraba operativo en la envasadora.

Montaje y ensayo real del prototipo

Al culminar con las pruebas en el tablero experimental y materializar el tablero eléctrico final, se procedió a efectuar la intervención de la envasadora.

Luego de quitar el antiguo sistema eléctrico, se procedió a montar y cablear las distintas partes que componen a este dispositivo. En las siguientes figuras se observan el tablero de módulo de expansión de I/O del PLC, montaje de la pantalla PLC+HMI y el montaje del tablero general.



Fig. N° 34 Tablero Módulo Expansión I/O.



Fig. N° 35 Tablero PLC+HMI Final.

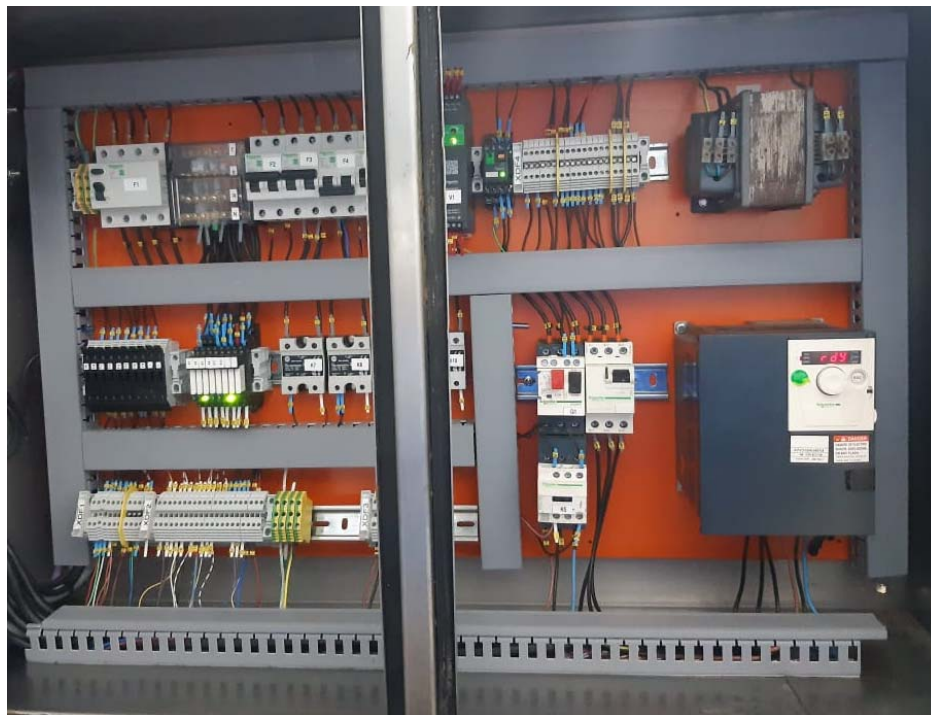


Fig. N° 36 Tablero eléctrico general montado.



Fig. N° 37 Sensores inductivos de posición.



Fig. N° 38 Caja estanca de paso.

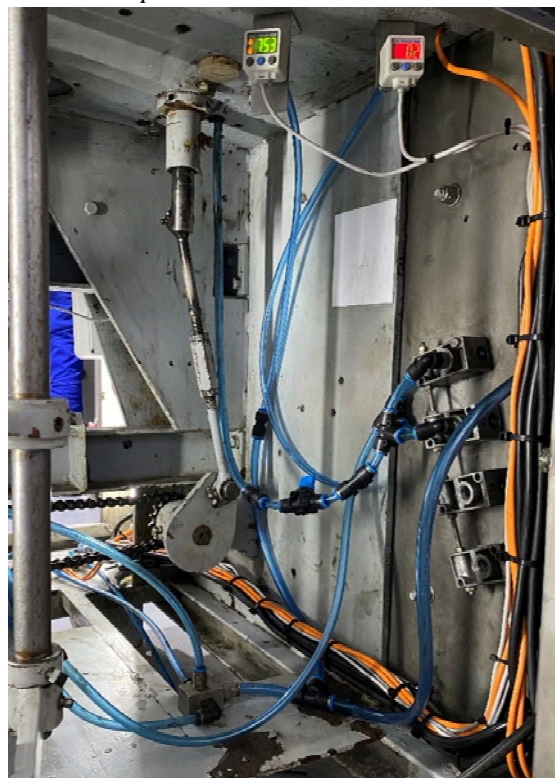


Fig. N° 39 Sensores de vacío y presión.



En la Figura 37 se observan los sensores inductivos que nos brindan la posición de la envasadora ya montados en campo. Además, en la figura 38 se puede apreciar uno de los sensores de presión y la caja estanca que colecta las señales de todos los sensores de campo para luego con un único multifilar ser dirigidas al tablero general.

En la Figura 36 se puede apreciar uno de los sensores de vacío y el sensor de presión de alimentación de aire comprimido.

Análisis del sistema en campo

Finalmente, el sistema completo fue sometido a distintas pruebas arrojando resultados totalmente positivos. Luego de algunos ajustes mínimos, ya en producción, se observaron algunas carencias en la interfaz gráfica que se fueron modificando y corrigiendo con la envasadora en marcha.

Con el transcurso de los días y la adaptación del operario a la nueva interfaz gráfica, se evaluó el desempeño del sistema aplicado. En todos los aspectos los resultados arrojados han sido positivos, evitando los problemas enumerados anteriormente y de esta manera aumentando el rendimiento de la línea de producción.

Sobre el rendimiento de la línea de producción se ha efectivizado una gran mejora, llevando el tiempo neto de producción de 6hs a 7.5hs en el lapso de 1 turno de la jornada laboral, es decir, en 8hs. Por lo que en una jornada de 24hs se pasó de tener un tiempo operativo de 18hs a tener un tiempo operativo de 22.5hs.

En otras palabras, pasamos de tener la envasadora con un rendimiento del 75% a tener la envasadora con un rendimiento del 93.75%. Esto es una mejora muy significativa ya que se ha elevado la rentabilidad de la línea de producción en casi un 19%.

Los datos para evaluar esta mejora fueron obtenidos en base a la producción diaria y a la velocidad de la envasadora que es de 36 ciclos/min.



Conclusiones

En este proyecto se buscó mejorar una maquinaria ya desarrollada, pero con falencias considerables. Desarrollar un sistema de control desde cero, debiendo conocer las secuencias de la maquina siempre es un gran desafío ya que en principio debimos aplicar ingeniería inversa para luego encontrar la lógica adecuada para afrontar dicho proyecto.

En el transcurso del desarrollo, hemos identificado el valor de conocer el proceso a controlar, pues este conocimiento es de lo más importante a la hora de llevar a cabo un sistema de control.

En términos generales, el diseño, ejecución y puesta en marcha de este proyecto nos propinó un gran desafío, en el que tuvimos que apostar a nuestro conocimiento e ingenio. En este tipo de retos, es donde logramos darnos cuenta la importancia de nuestra profesión, que a partir de una necesidad logramos implementar una solución puntual a una maquinaria y acorde a la de un trabajo final para obtener el título de Ingeniero Electrónico.



Anexo I

A continuación, se expresan los mensajes de falla programados en el sistema de control.

Group ID <input type="text" value="01"/> Alarms in Group <input type="button" value="ESC"/> ID Time On Ack Alarm Name Details 000 09:59:18 N PARADA DE EMERGENCIA <input type="button" value="🔍"/>	Group ID <input type="text" value="01"/> Alarms in Group <input type="button" value="ESC"/> ID Time On Ack Alarm Name Details 006 10:02:52 Y CINTA SALIDA <input type="button" value="🔍"/>
Group ID <input type="text" value="01"/> Alarms in Group <input type="button" value="ESC"/> ID Time On Ack Alarm Name Details 001 10:04:56 N FALTA POTE <input type="button" value="🔍"/>	Group ID <input type="text" value="01"/> Alarms in Group <input type="button" value="ESC"/> ID Time On Ack Alarm Name Details 006 10:02:52 Y CINTA SALIDA <input type="button" value="🔍"/>
Group ID <input type="text" value="01"/> Alarms in Group <input type="button" value="ESC"/> ID Time On Ack Alarm Name Details 002 10:05:30 N FALTA MEMBRANA <input type="button" value="🔍"/>	Group ID <input type="text" value="01"/> Alarms in Group <input type="button" value="ESC"/> ID Time On Ack Alarm Name Details 007 10:06:28 N DOBLE POTE <input type="button" value="🔍"/>
Group ID <input type="text" value="01"/> Alarms in Group <input type="button" value="ESC"/> ID Time On Ack Alarm Name Details 003 10:05:49 N FALTA SOBRETAPA <input type="button" value="🔍"/>	Group ID <input type="text" value="01"/> Alarms in Group <input type="button" value="ESC"/> ID Time On Ack Alarm Name Details 008 10:15:24 N FALTA PRESION AIRE <input type="button" value="🔍"/>
Group ID <input type="text" value="01"/> Alarms in Group <input type="button" value="ESC"/> ID Time On Ack Alarm Name Details 004 10:01:12 N PUERTA ABIERTA <input type="button" value="🔍"/>	Group ID <input type="text" value="01"/> Alarms in Group <input type="button" value="ESC"/> ID Time On Ack Alarm Name Details 009 10:14:54 N ATASCO CINTA SALIDA <input type="button" value="🔍"/>
Group ID <input type="text" value="01"/> Alarms in Group <input type="button" value="ESC"/> ID Time On Ack Alarm Name Details 005 10:02:25 N CONFIRMACION VARIADOR <input type="button" value="🔍"/>	Group ID <input type="text" value="01"/> Alarms in Group <input type="button" value="ESC"/> ID Time On Ack Alarm Name Details 010 10:04:25 N BAJO NIVEL PULMON <input type="button" value="🔍"/>



Group ID	01	Alarms in Group	ESC
ID	Time On	Ack	Alarm Name
011	10:03:29	N	FALLA FECHADOR

Group ID	01	Alarms in Group	ESC
ID	Time On	Ack	Alarm Name
012	10:09:10	N	TC PUNTEADOR INT

Group ID	01	Alarms in Group	ESC
ID	Time On	Ack	Alarm Name
013	10:09:39	N	TC PUNTEADOR EXT


Group ID	01	Alarms in Group	ESC
ID	Time On	Ack	Alarm Name
014	10:09:57	N	TC SELLADO INT

Group ID	01	Alarms in Group	ESC
ID	Time On	Ack	Alarm Name
015	10:10:11	N	TC SELLADO EXT



Anexo II

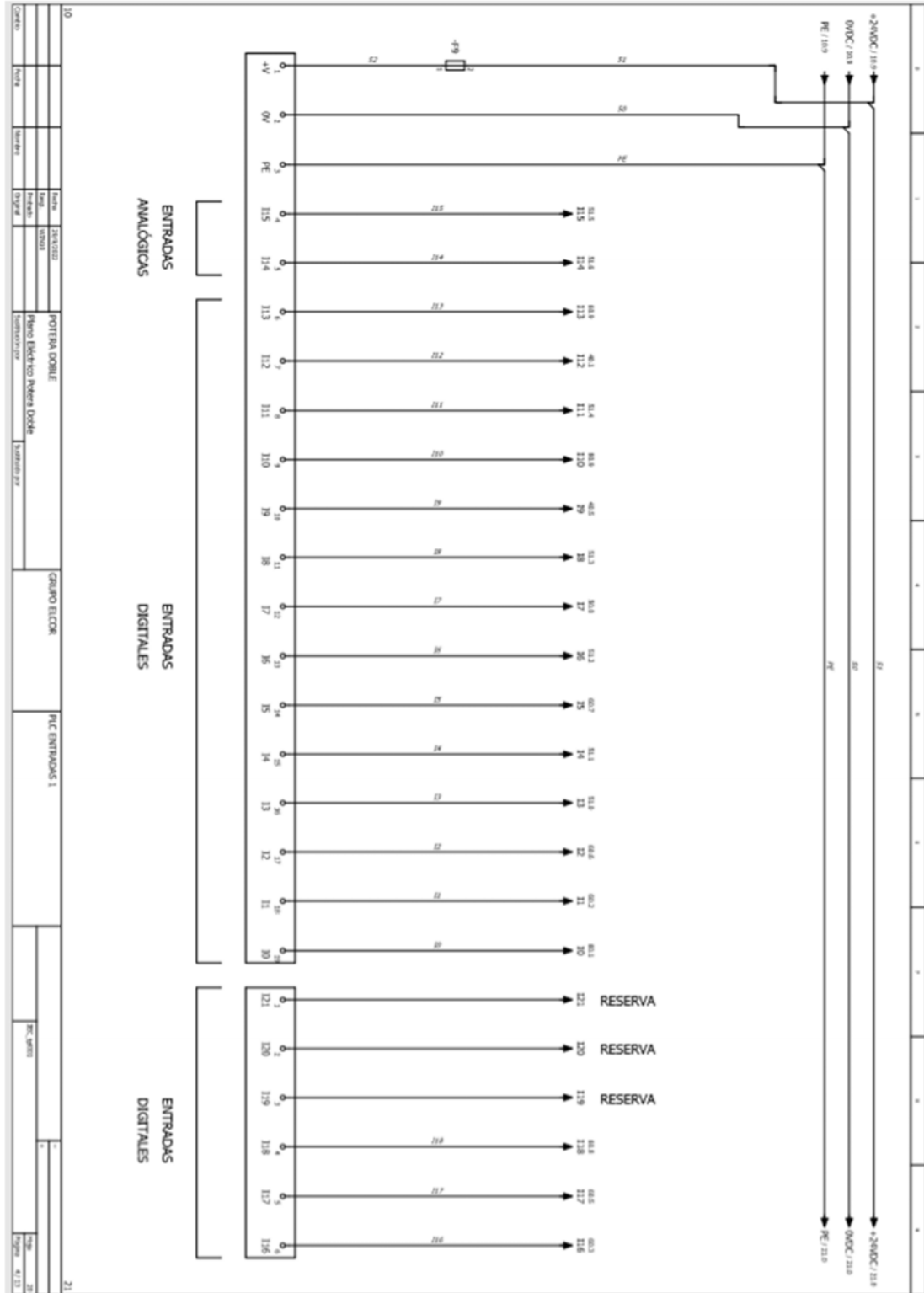
A continuación, se expresa el diagrama eléctrico del sistema implementado.

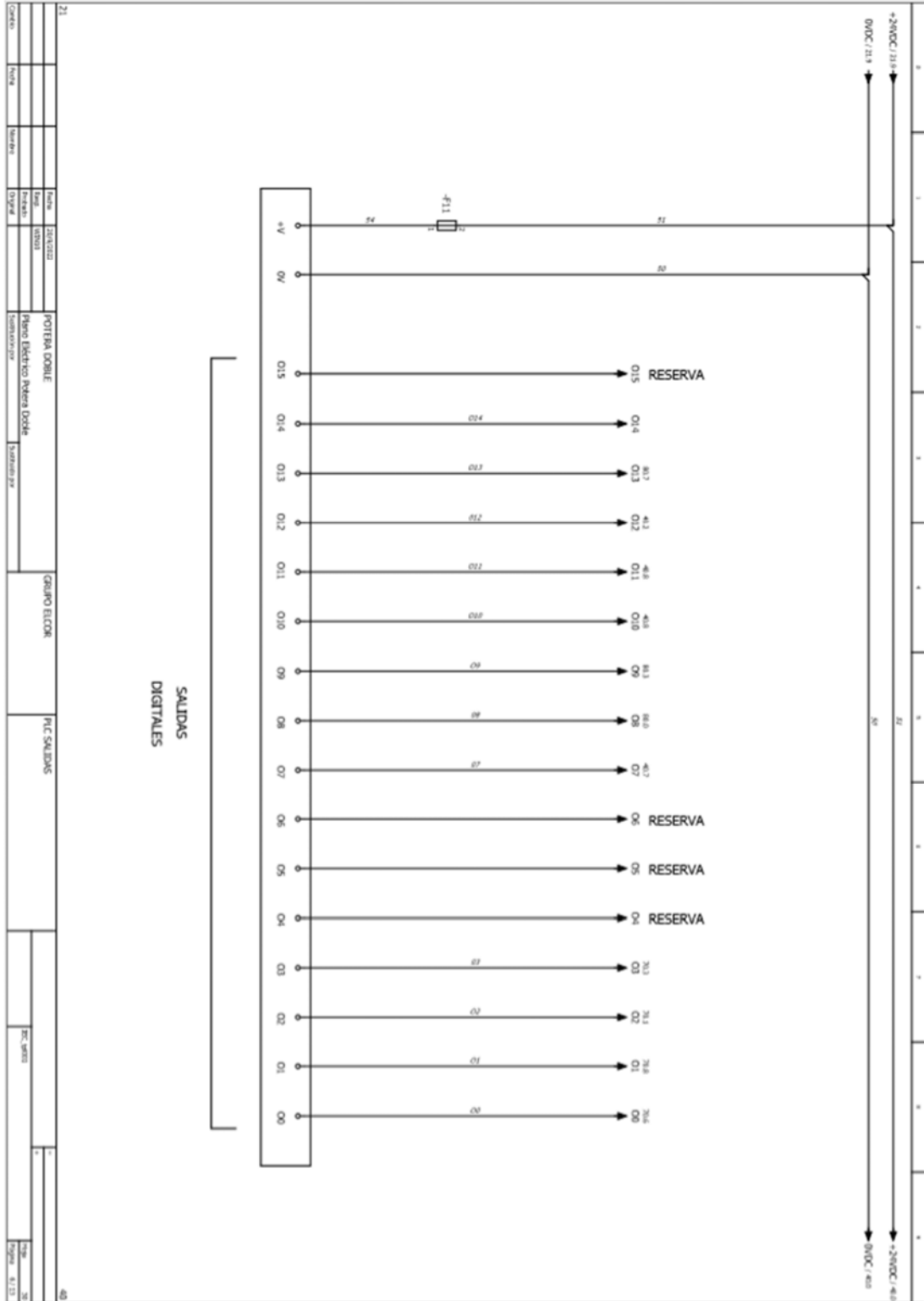
 <p>GRUPO ELCOR Caudillos Federales 1899 Villa María Córdoba Tel. 0353 452-0400</p>		
<p>GRUPO ELCOR</p>		
<p>Empresa/ cliente GRUPO ELCOR</p> <p>Descripción de proyecto Plano Eléctrico Potera Doble</p> <p>Número de proyecto EC_tpl001</p> <p>Comisión POTERA DOBLE</p>		
<p>Fabricante (empresa) GRUPO ELCOR</p> <p>Círculo TABLERO ELÉCTRICO POTERA DOBLE</p> <p>Nombre de proyecto</p> <p>Producto</p> <p>Tipo PLANTA DE QUESOS</p> <p>Lugar de instalación NOVARA - NECOLINO</p> <p>Responsable del proyecto</p> <p>Particularidad de plaza</p>		
<p>Creado 3/6/2022</p> <p>Modificado 29/9/2022</p>		<p>de (abreviatura) WIN10</p> <p>Número de páginas 13</p>
<p>WIN10</p> <p>PLANTA DOBLE</p> <p>Para Blanco (Blanco DOBLE)</p> <p>GRUPO ELCOR</p> <p>Fecha de Validación/ Emisión</p>		

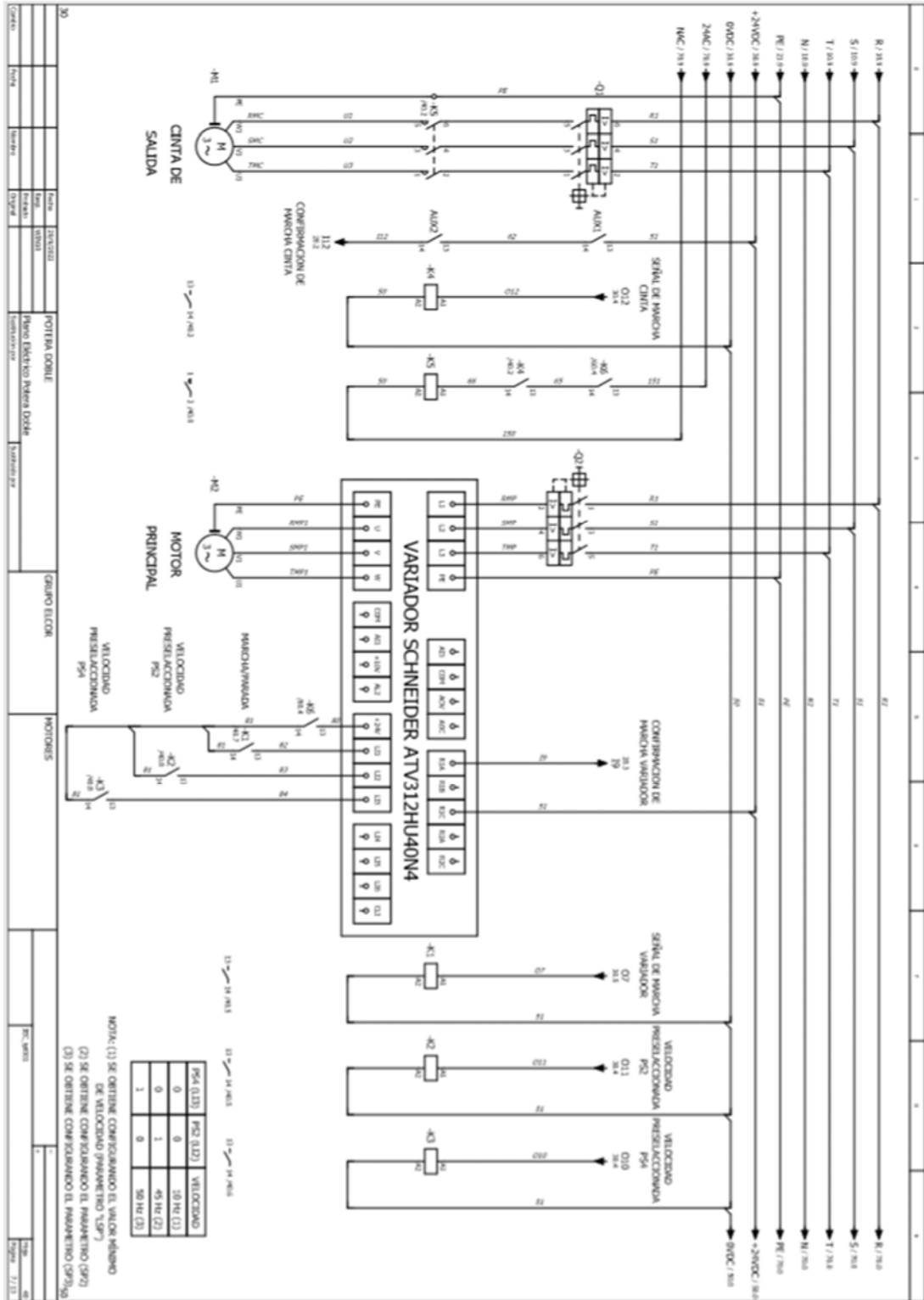


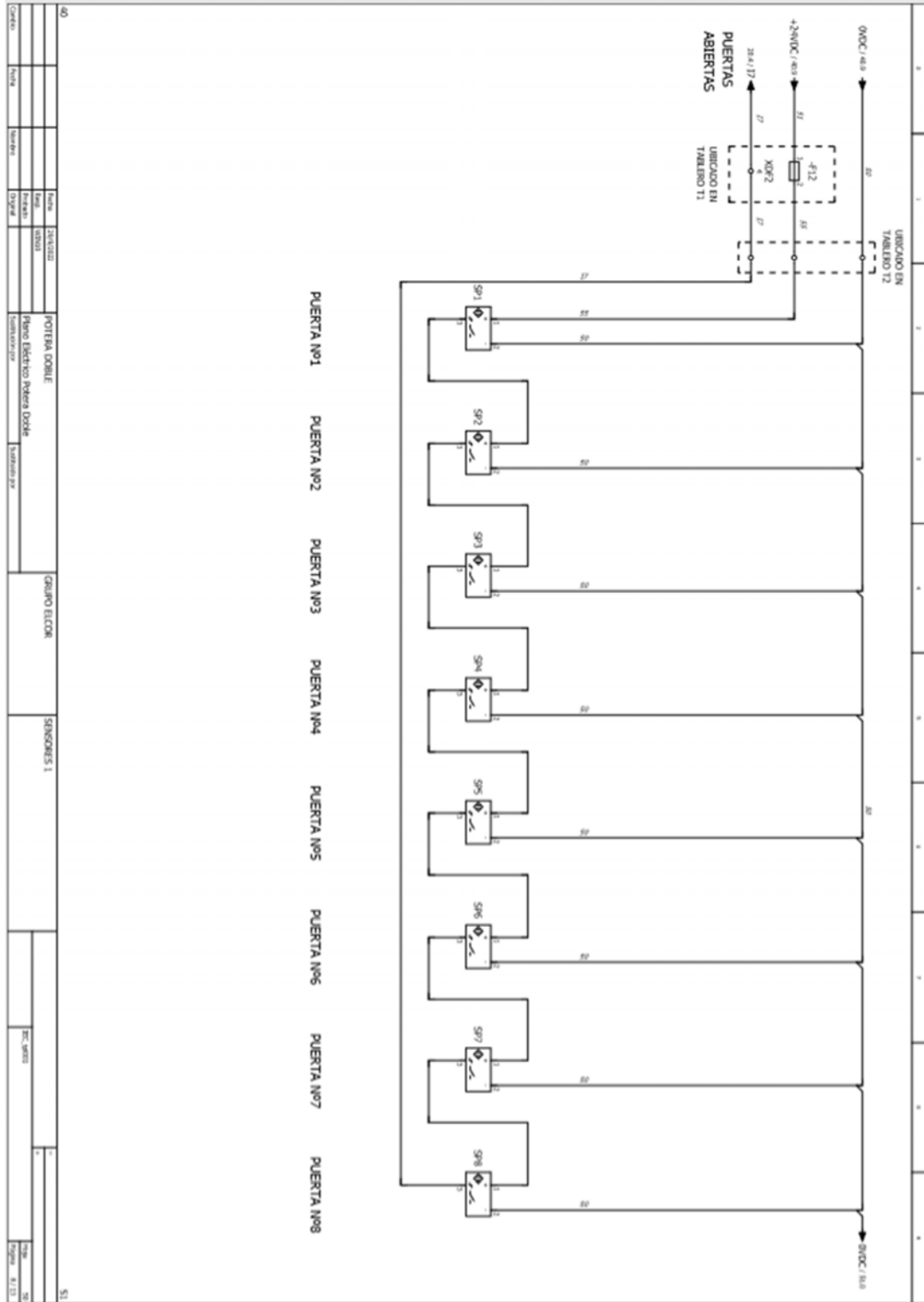
Índice de páginas		Página			Descripción de página			Campo adicional de página			Fecha		Reconocible		X	
12											20/06/22					
13											20/06/2022					
110											20/06/22					
120											20/06/22					
121											20/06/22					
130											20/06/22					
140											20/06/22					
150											20/06/22					
151											15/06/22					
152											20/06/22					
153											20/06/22					
160											20/06/22					
170											20/06/22					
180											20/06/22					

Tabla XI: una página creada automáticamente en la modificación de forma manual. Pág. 001

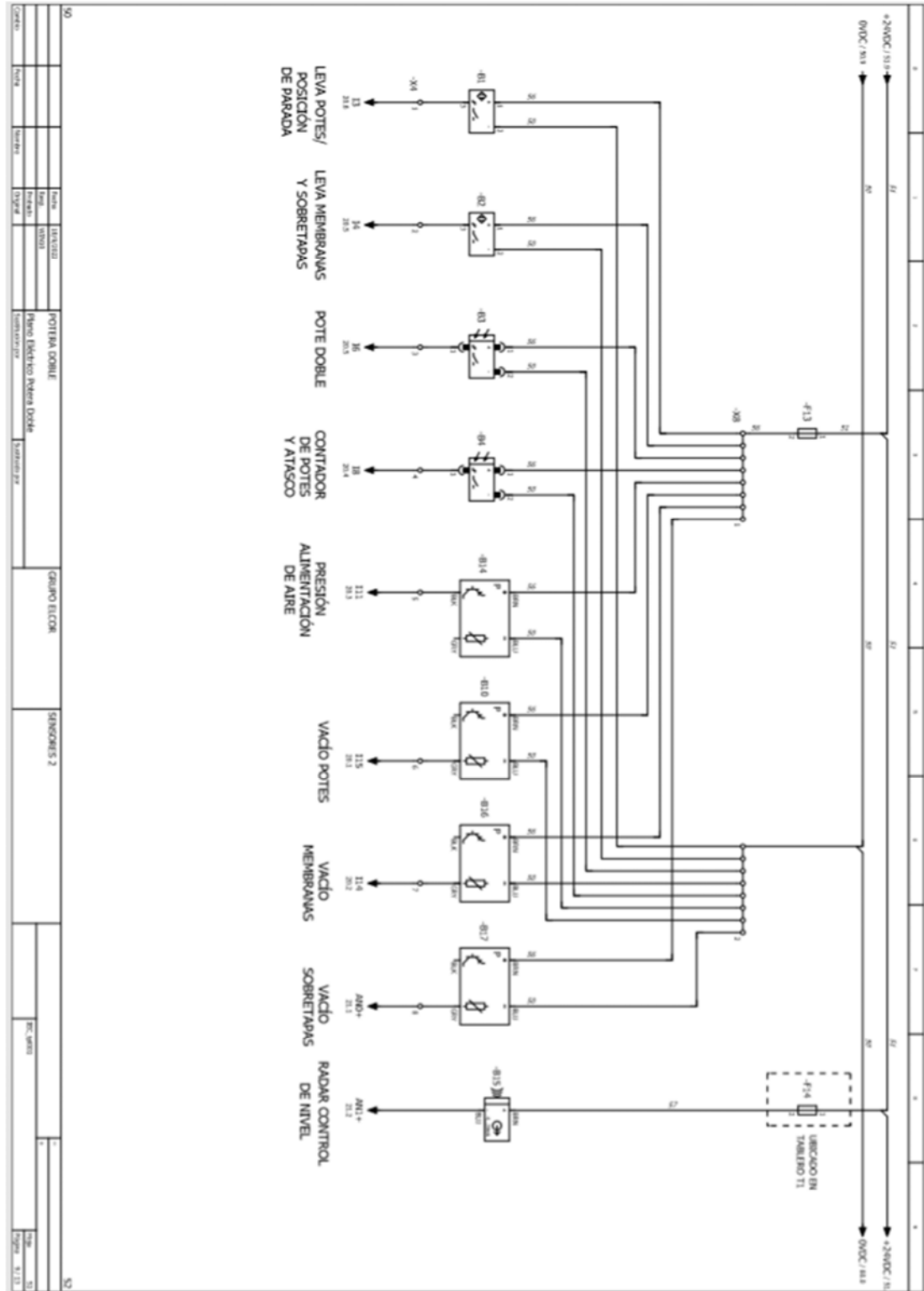


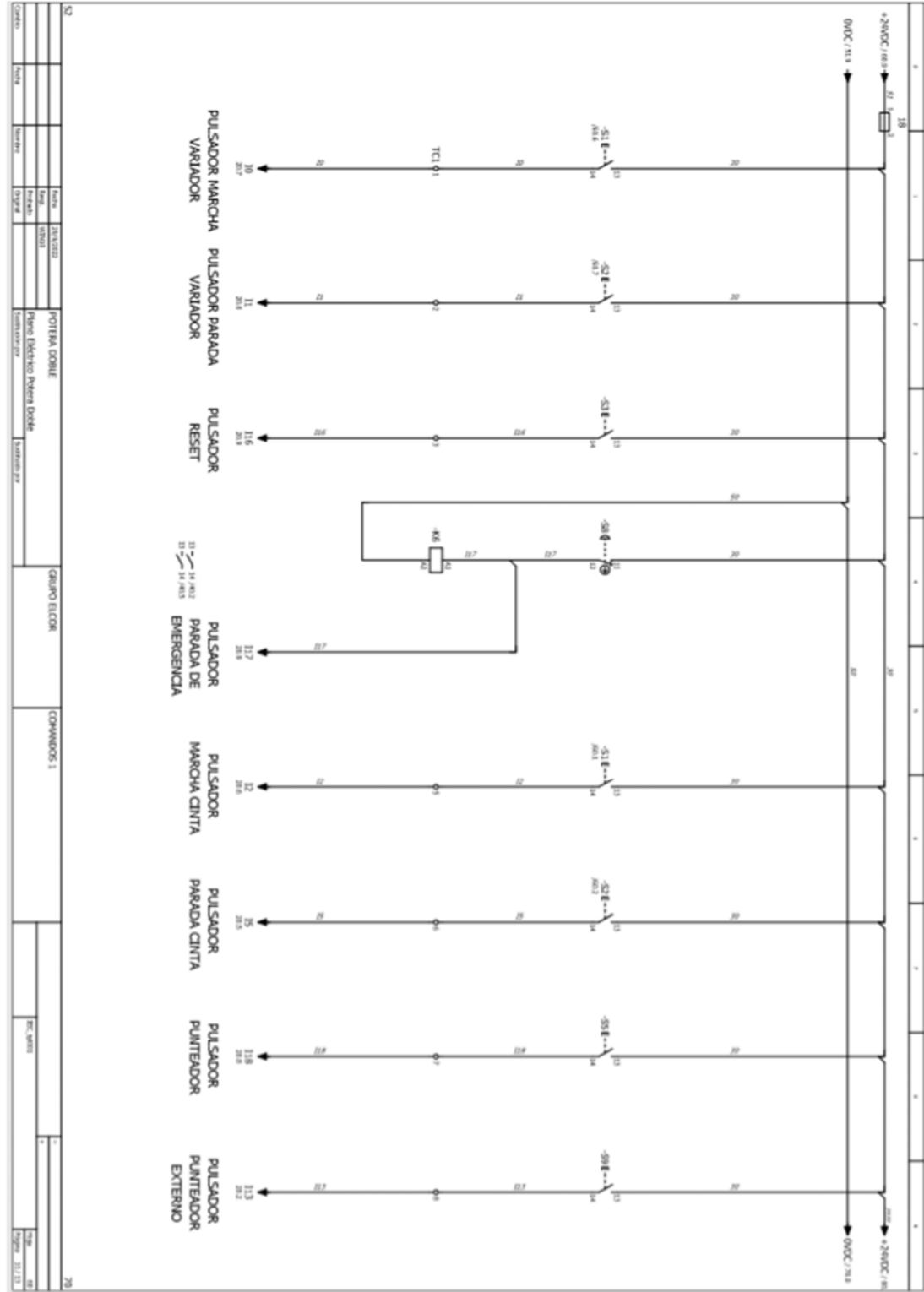


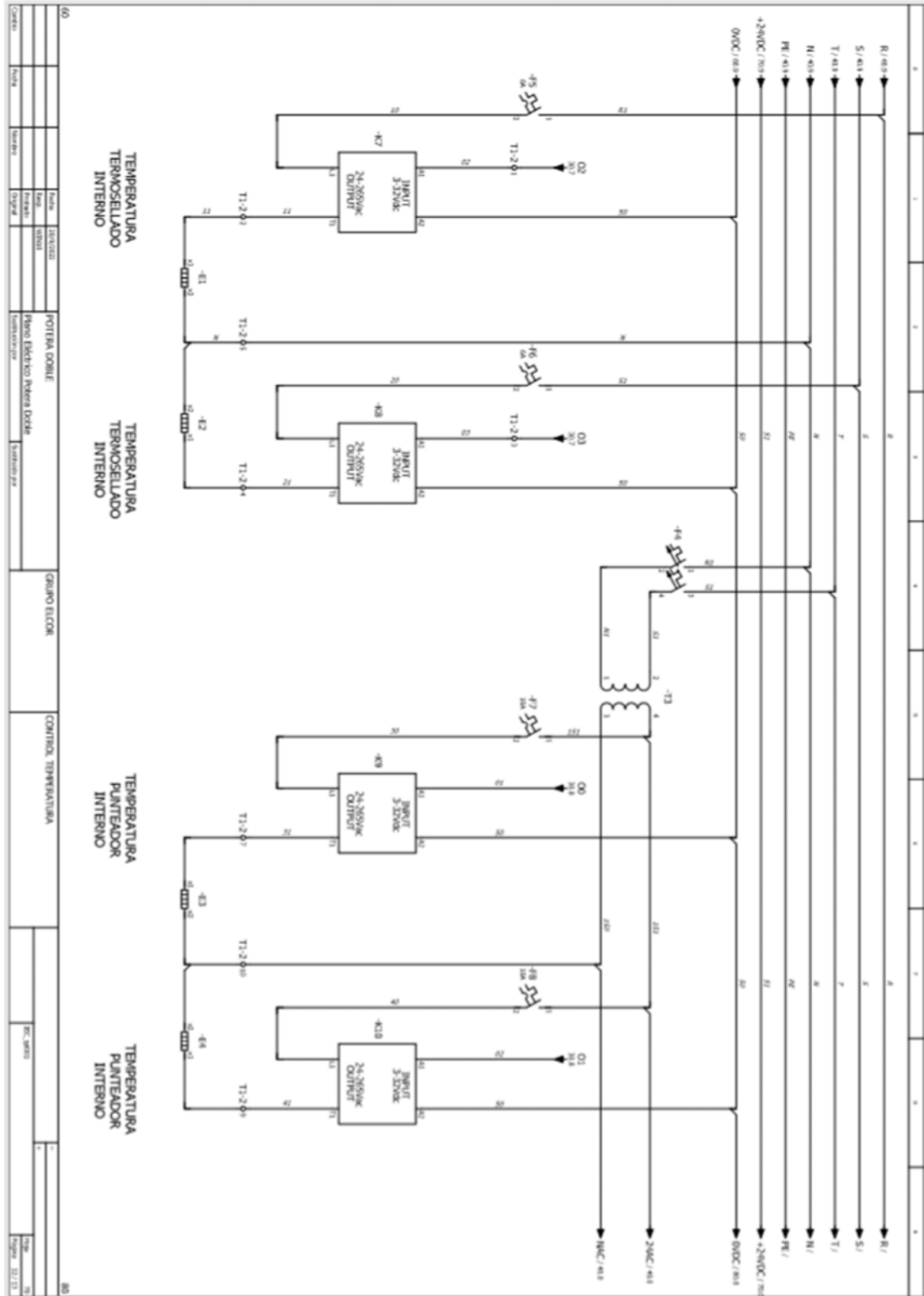


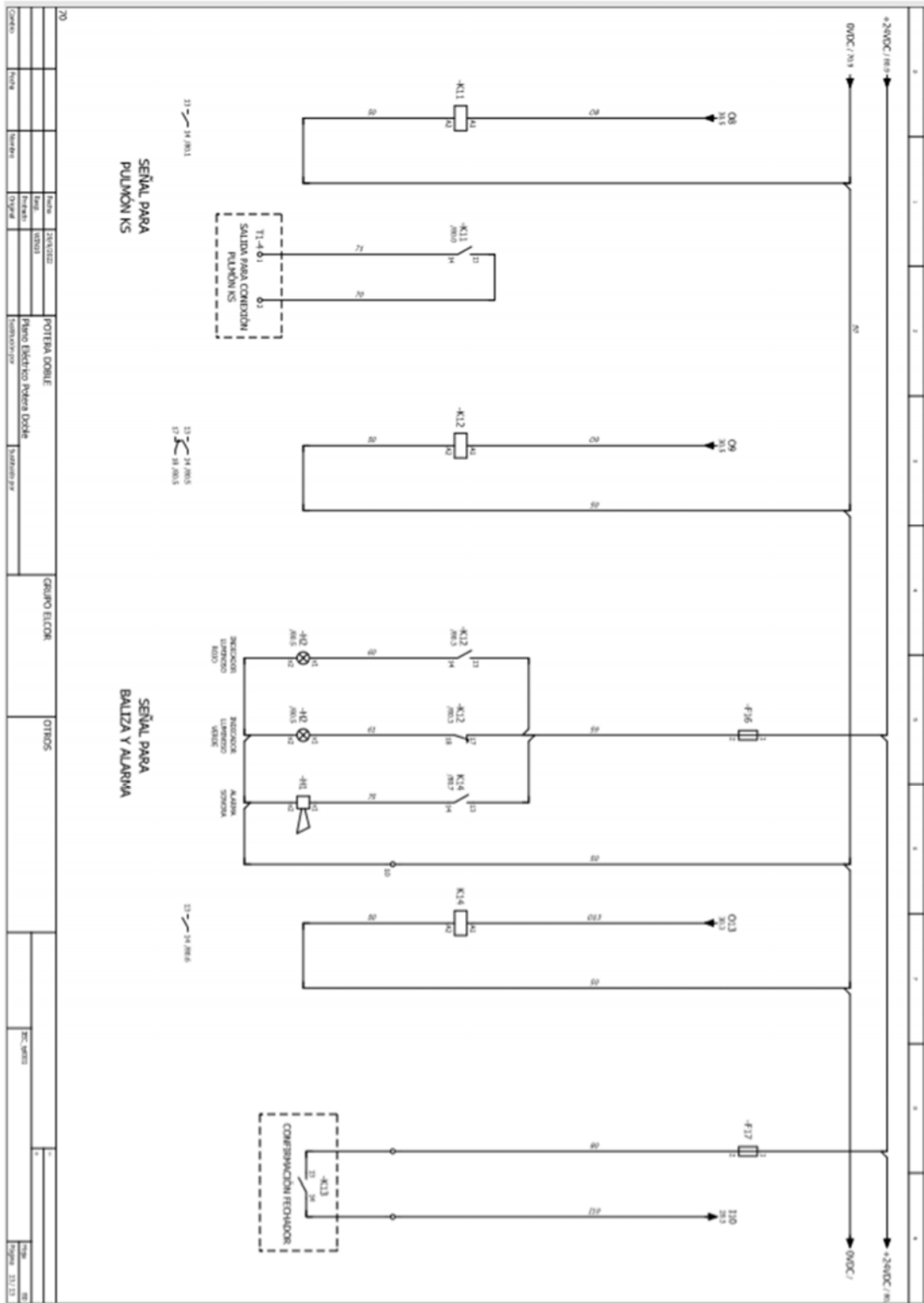


40	Nombre	DESCRIPCIÓN	PROTECTOR	QUILBO ELECTON	SINCOONES 1	NO
	Modelo	UNIDAD	Panel Electrónico Potenci Doble			
	Marca	TIPO	3-SECCIONES			
	Material	TIPO				
	Color					
	Altura					
	Profundidad					
	Longitud					
	Peso					
	Observaciones					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					
	Revisado					
	Fecha					
	Por					











Bibliografía

- [1] IFM Electronic; *Newsbook*; 2021/2022.
- [2] VEGA Instrumentos; VEGAPLUS C11 datasheet; Doc 58352-ES-200519.
- [3] Unitronics; Vision Series PLC+HMI *Technical Specifications*; 2021.
- [4] Unitronics; Vision Series PLC+HMI *Installation Guide*; 2021.
- [5] Unitronics; IO-ATC8 *Expansion Module* datasheet; Doc AI8_SPEC_01-11.
- [6] Schneider Electric; Altivar 312 Guía de programación; 05/2016.
- [7] Allen Bradley; 700-SH25GZ24 datasheet; 2018.
- [8] Robert L. Boylestad, Louis Nashelsky; *Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*; Pearson; 2009.
- [9] Institute of Electrical and Electronics Engineers; IEEE 802.15.1; 2005.