



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Implementación de un
sistema de control basado en
un PLC CompactLogix a una
máquina lava loza industrial**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero Eléctrico Electrónico

P R E S E N T A

Gustavo Arreguin Rocha

ASESOR DE INFORME

M.I. Vicente Flores Olvera



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019

AGRADECIMIENTOS

A mi Madre

Gracias por apoyarme a lo largo de mi vida, me has acompañado en cada etapa que he vivido y sé que sin ti nada de lo que he logrado hoy en día sería posible. Gracias por los desvelos, por los regaños, por los consejos, por levantarme cuando he caído. Gracias por hacerme saber que siempre estarás ahí para mí cuando más te necesite.

Te amo mamá.

A mi Padre

Gracias por apoyarme a lo largo de mi vida, tú has sido mi ejemplo a seguir todo este tiempo, es por ti que trato de ser mejor, para que algún día llegue a ser tan buen padre como tú lo has sido conmigo. Gracias por tus desvelos, por nunca rendirte en tu trabajo, por intentar ser mejor cada día y llenar de orgullo a tu familia.

Te amo Papá.

A mi Hija

Sé que aun eres muy pequeña para entender esto, pero el día en que aprendas a leer quiero que sepas que cambiaste mi vida desde el momento en que supe que venias en camino, que me enamore de ti en el primer instante en que mis ojos te vieron. Gracias mi niña, por enseñarme una nueva forma de amor, porque a tu cortita edad me has enseñado más que nunca que los sueños se cumplen, que nunca hay que darse por vencido. Gracias por hacerme una mejor persona, porque es por ti que hoy estoy aquí, tú me diste ese último impulso para concluir esta etapa de mi vida y cuando leas esto quiero que sepas que tu papá nunca te dejara sola, que siempre estará contigo, que sepas que tu papá te ama con toda su alma.

Te amo Paulina Giselle.

A mi Esposa.

Amor mío, gracias por estar a mi lado desde hace más de 6 años, aún recuerdo que tú fuiste mi impulso para terminar mi carrera, me has apoyado incondicionalmente a lo largo de estos años, me has impulsado a lograr mis sueños y mis metas, me has dicho que con esfuerzo todo es posible. Gracias por ser mi compañera de vida, por darme una hermosa bebe, gracias por enseñarme lo que es el amor, por soportar mis enojos y por levantarme en mis tristezas, gracias por ser el amor de mi vida.

Te amo Nadia.

A mis hermanas

Gracias hermanas, sé que muchas veces peleamos pero en muchas otras nos encontramos juntos como un equipo, gracias por su apoyo a lo largo de mi vida, saben que siempre encontraran en mí un apoyo incondicional, gracias por sus enseñanzas y sus buenos consejos, aunque siempre termino haciendo lo opuesto, porque sé que estarán ahí para encubrirme como lo han hecho siempre, amor de hermanas.

Las amo Lucy y Fer.

A mi Tía Lucia

Hoy me duele mucho escribir estas palabras porque tú me pedías estar presente en el día de mi ceremonia profesional, pero lamentablemente te nos adelantaste en el camino, sé que ahora te encuentras en un lugar mejor, tal vez no estarás físicamente conmigo el día de mi ceremonia, pero lo estarás en mi corazón, en mis pensamientos y no solo ese día, lo estarás por siempre. Te doy las gracias por el aprendizaje que me dejaste, por darme tanto de tu amor, por cuidarme, por consentirme, por brindarme tus sabios consejos. Te recordare por siempre.

Te amo tía Chia. (Q.E.P.D.)

A mi abuelito Emilio

Gracias por ser un ejemplo de fortaleza para mí, por enseñarme el amor al trabajo y a la dedicación. Hoy a tus 94 años continúas siendo un hombre lleno de vida y un guerrero ante cualquier adversidad y un hombre al cual admiro mucho. Gracias por confiar en mí y estar conmigo.

Te amo Abuelito.

A mi tío Catalino

Gracias por su apoyo a lo largo de estos años, por sus consejos y su sabiduría. Gracias por confiar en mí, gracias por saber que siempre puedo contar con usted y de la misma manera usted siempre contara conmigo. Lo quiero mucho.

A mis suegros

Sé que llevamos poco tiempo de conocernos relativamente, pero en ese tiempo me han demostrado su apoyo y su confianza, gracias por acompañarme a lo largo de este tiempo, por darme su cariño y su respeto, los quiero mucho.

A mis compañeros del departamento de Electrónica

Quiero agradecerles ya que desde el primer día en que acudí a realizar mis prácticas profesionales me brindaron el apoyo, la confianza y sus conocimientos para mi aprendizaje y desarrollo profesional, de igual manera gracias por el apoyo en la realización de este proyecto y por su amistad.

A mi Jefe Alberto Ramos

Gracias por brindarme la oportunidad y la confianza para desarrollar este proyecto, me has apoyado desde mi primer día en la empresa y te has ganado mi cariño, mi respeto y mi admiración, eres un gran amigo.

A mi jefe Mateo Salguero

Gracias por apoyarme en mi crecimiento laboral, por sus consejos y por brindarme las herramientas para la elaboración de este proyecto, es usted una persona a la cual admiro mucho y le doy gracias por la confianza que deposita en mí día a día.

A mi asesor y a mis sinodales

Quiero agradecerle al Ing. Vicente Flores por el apoyo que me brindo desde la realización de mi servicio social, es una persona a la cual admiro y respeto demasiado.

De igual manera quiero agradecer a mis sinodales por el apoyo en esta última etapa de mi carrera universitaria.

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** le agradezco mi formación como Ingeniero, por brindarme las bases para mi desarrollo profesional, le agradezco el haberme permitido estudiar en sus aulas, y por ultimo le doy gracias a cada uno de los profesores que formaron parte de mi carrera, sin ninguno de ellos hoy no estaría en el lugar en donde estoy.

Índice

1. Introducción	3
2. Objetivo	3
3. Marco Teórico	4
3.1 ¿Qué es un PLC?	4
3.1.1 Características de un PLC	5
3.1.2 CPU o Unidad de procesamiento Central.....	6
3.1.3 Módulos de entradas	7
3.1.4 Módulos de Salidas.....	8
3.2 Comunicaciones Industriales.....	9
3.2.1 Protocolos de Redes Industriales	10
3.3 Sensores	13
3.3.1 Tipos de Sensores.....	13
4. Antecedentes	14
5. Descripción del problema o contexto en la participación profesional.....	14
6. Metodología Utilizada	15
6.1 Selección e Información	15
6.1.1 Levantamiento de información de campo	15
6.1.2 Selección de Equipos electrónicos	17
6.2 Programación y Desarrollo del proyecto.....	23
6.2.1 Diseño de los diagramas unifilares.....	24
6.2.2 Diseño del tablero de control y tablero de fuerza	26
6.2.3 Elaboración física del tablero de control y tablero de fuerza	27
6.2.4 Programación del PLC CompactLogix L32E y HMI Panel View Plus 700	29
6.3 Implementación en Campo	38
6.4 Puesta en Servicio	41
6.4.1 Sensores de seguridad y sensores de operación.....	41
6.4.2 Motores.....	42
6.4.3 Electroválvulas.....	43
6.4.4 Sensores de nivel.....	43
6.4.5 Estado de las alarmas	44

6.4.6 Sensores de temperatura.....	45
7. Memoria de costos.....	46
8. Resultados.....	47
Conclusiones	48
Bibliografía	48
Glosario	50
Anexos.....	53
Anexo A	53
Diagramas de la máquina.....	53
Anexo B	54
Programa del PLC	54
Índice de figuras.....	97
Índice de Tablas.....	99

1. Introducción

En la actualidad el uso de las máquinas lava loza han sido de gran utilidad para resolver el problema de lavar utensilios de cocina en grandes cantidades en tiempos muy cortos sin dejar a un lado su objetivo de limpieza y desinfección.

Estas máquinas son comúnmente utilizadas en restaurantes, grandes hoteles y resorts, comedores industriales y de igual forma en el hogar. Gracias a su capacidad de lavado y a su eficiencia de operación se logran consumir bajas cantidades de agua potable y ahorro de energía, lo que representa una reducción de costos de operación así como la reducción de impacto ambiental.

En este informe se presenta la modernización de una máquina lava loza industrial que cuenta con una antigüedad de más de 30 años a través de la implementación un PLC como sistema de control, renovándose el control eléctrico con el que se adquirió la máquina originalmente.

2. Objetivo

Implementar un sistema de control basado en un PLC de la marca Allen Bradley a una máquina lava loza en conjunto con una interfaz HMI para la operación de la máquina por parte del personal del comedor industrial.

3. Marco Teórico

3.1 ¿Qué es un PLC?

Un controlador lógico programable o por su acrónimo en inglés “Programable Logic Controller” es un dispositivo electrónico utilizado ampliamente en la industria. Dada su tecnología con la que son diseñados su principal función es automatizar procesos electromecánicos, procesos de producción, maquinaria industrial por mencionar algunas de sus principales aplicaciones. Pero una definición más precisa nos la brinda la NEMA (National Electrical Manufacturers Association). Asociación Nacional de Fabricantes Electrónicos.

“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 uso de los PLC se extiende a un amplio campo de aplicaciones en la industria como pueden ser:

- Industria automotriz
- Productos químicos
- Entretenimiento
- Fibras y textiles
- Alimentos y bebidas
- Productos domésticos y de cuidado personal
- Infraestructura
- Ciencias biológicas
- Naval
- Minería, metales y cemento
- Gas y petróleo
- Generación de energía
- Imprenta y publicación
- Pulpa y papel
- Semiconductor
- Neumático y caucho
- Agua/aguas residuales



Fig. 3.1 Planta Química



Fig. 3.2 Planta eólica

3.1.1 Características de un PLC

El funcionamiento de un PLC se deriva de sus principales componentes de hardware:

- CPU o Unidad de Procesamiento Central
- Módulos de entradas
- Módulos de Salidas
- Fuente de alimentación
- Dispositivo de programación y dispositivos externos.

El PLC debe cumplir con características de ámbito industrial como son la resistencia a los siguientes ambientes;

- Altas y bajas temperaturas de operación
- Alto índice de humedad y corrosión
- Gases peligrosos
- Vibración de suelos
- Interferencias electromagnéticas

Con el paso del tiempo las empresas manufactureras de estos equipos (Allen Bradley, Siemens, Schneider Electric, Omron, etc.), se enfrentan con nuevos retos para su mejora y su actualización, ya que los ambientes laborales van cambiando día a día y se debe estar preparado ante cualquier instancia para sobresalir ante la competencia.

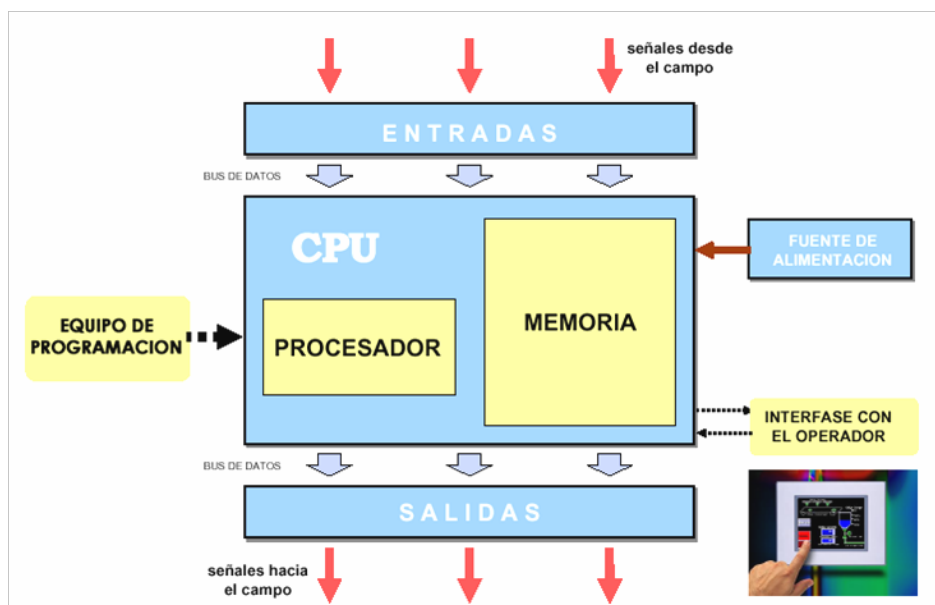


Fig. 3.3 Características de un PLC

3.1.2 CPU o Unidad de procesamiento Central

La unidad de procesamiento central es la encargada de la ejecución del programa a partir de la recepción de datos por parte de los módulos de entradas, en su interior se llevan a cabo los cálculos aritméticos y lógicos necesarios para ejecutar la secuencias programadas previamente, se encarga también de llevar el control y comunicación a cada uno de los módulos que en su momento conformen la estructura del PLC, así como diagnósticos de operación y recursos de memoria utilizados.

Las CPU's de última generación integran actualmente su módulo de comunicación para interconectar una red industrial, se logra a partir de la conexión entre 2 o más PLC o dispositivos externos compatibles con el protocolo de comunicación utilizado sin la utilización de algún modulo externo adicional.

Los autómatas cuentan con una memoria interna en la CPU que se encarga de almacenar todas las instrucciones programadas para ejecutar las tareas de control.

Existen 4 principales tipos de memoria que utilizan los PLC:

- **EEPROM**
- **EPROM**
- **RAM**
- **FLASH**

Memoria EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)

Este es un tipo de memoria no volátil, es decir que la información contenida en ella no se borra en ausencia de voltaje de alimentación por parte de la fuente. Se utilizan frecuentemente cuando el programa de usuario está concluido, probado y depurado. Pueden ser compatibles con algunas familias de controladores fabricados por la misma compañía, lo que permite extender su uso a distintos controladores ejecutando la misma tarea de control.

El borrado de este tipo de memorias, se realiza eléctricamente por lo que solo se requiere una interfaz para su programación y su borrado.

Memoria EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory).

Las memorias del tipo EPROM presentan características muy similares a las memorias EEPROM, lo único que la diferencia es en el proceso del borrado de su información, ya que esta se presenta al exponer la memoria EPROM ante rayos ultravioleta entre 15 y 45 minutos. Lo que conlleva a la utilización de dos interfaces distintas, una para programación y otra para borrado.

Memoria Ram (Random Access Memory)

La memoria RAM es un tipo de memoria volátil, es decir que ante la ausencia de voltaje por parte de la fuente de alimentación, su información se borrará. En esta memoria se puede almacenar el programa del usuario al momento de su desarrollo y cuando aún se realizan cambios en la programación. Para evitar que la información se pierda, los procesadores incluyen una batería de larga duración, lo que permite realizar el respaldo del programa de usuario.

Memoria FLASH

Este tipo de memoria no volátil nos brindará la posibilidad de almacenar el programa del controlador, en caso de tener un problema en la memoria EEPROM del controlador y el programa se vea afectado, se puede realizar un arranque a través del programa guardado en la memoria FLASH.

3.1.3 Módulos de entradas

Los módulos de entradas son los encargados de recibir todos los datos en forma de señales eléctricas, acondicionándolas de tal manera que el PLC pueda interpretarlas, una vez procesada la información de entrada, el programa lógico se encargará de tomar una decisión basada en ellas. Los módulos de entradas se dividen en 2 partes:

- **Módulos de entradas Digitales**
- **Módulos de entradas Analógicas**

Los módulos de **entradas digitales** reciben información mediante 1 y 0 hablando lógicamente por medio de sensores instalados en campo, o bien algunos PLC manejan 127 VCA a la entrada digital aunque la mayoría de los autómatas fabricados hoy en día manejan un estándar de 24 VCD a la entrada digital en donde:

- 24 VCD = 1 Lógico
- 0 VCD = 0 Lógico

Los módulos de **entradas analógicas** se encargan de convertir señales analógicas en señales digitales, este tipo de señales son continuas, la señal debe ser procesada de tal manera que el autómata pueda interpretarla de manera digital y tomar una decisión en torno a ella.

Como ejemplo de señales de tipo analógico tenemos las siguientes; temperatura, presión, PH, peso, flujo, etc.

El protocolo HART, permite comunicar instrumentos de campo sobre un lazo de corriente de 4 a 20 mA, lo que facilita la recepción de datos por parte del módulo de entradas analógicas puesto que ya no interesa la variable que se mide, sino su corriente de lazo medida en miliamperios.

Los módulos de entradas analógicas se seleccionan a partir del tipo de señal de entrada, como pueden ser; termopares dada en mili volts, RTD's dada en Ohm, lazo de 4 a 20 mA y entrada de voltaje en la escala 0 a 10 Volts DC

3.1.4 Módulos de Salidas

Una vez procesados los datos dentro del controlador y a su vez el programa se vaya ejecutando, el autómata tomara una decisión para activar una determinada salida que se verá reflejada en el actuar de nuestros dispositivos de campo. Los módulos de salidas se dividen en:

- **Módulos de salidas digitales Corriente Directa**
- **Módulos de salidas digitales Corriente Alterna**
- **Módulos de salidas analógicas**

Los módulos de **salidas digitales CD** son el medio de comunicación entre el autómata y los dispositivos de campo utilizando una señal eléctrica de 24 Vcd correspondiente a un 1 Lógico (activado) y 0 cuando la salida de encuentre desactivada, una vez activada la salida digital por parte del controlador hay que analizar el tipo de aplicación que necesitamos ejecutar y de ser necesario acondicionar con algunos dispositivos electrónicos o electromecánicos como son relevadores u optocopladores la conmutación entre voltaje directo con voltaje alterno para efectuar el funcionamiento del actuador, o equipo de control a utilizar.

Los módulos de **salidas digitales CA** realizan la función exactamente igual que los módulos de salidas digitales de CD. La diferencia entre estos módulos y los anteriores radica en que los módulos de salidas CA están fabricados internamente con un relevador en cada una de sus salidas, lo que permite interactuar directamente con el actuador o equipo de control a utilizar. La corriente máxima de operación está determinada por el fabricante del módulo.

Los módulos de **salidas analógicas** son módulos de interfaz entre el autómata y dispositivos a los cuales nos interesa controlar su posición o alguna variable física. Internamente están fabricados con un convertidor DAC y en la mayoría de módulos existentes sus variables de salida están representadas por magnitudes en voltaje y corriente como pueden ser 0 – 10 Volts, 4 a 20 mA respectivamente. Una de sus principales aplicaciones está en el control de posición de válvulas para sistemas de procesos.

3.2 Comunicaciones Industriales

Empleadas en la industria se podrían definir como el área de la tecnología que estudia la información transmitida entre un circuito electrónico con los sistemas de control y automatización en un proceso industrial.

Con el paso del tiempo las industrias han requerido una mayor cantidad de información para converger sus procesos con sus maquinarias, logrando así una mayor productividad, mayor control de calidad y efectividad en sus procesos de producción.

A lo largo de la historia se han establecido distintos protocolos de comunicaciones entre dispositivos de campo e interfaces de operación, pero con el tiempo estos protocolos se han ido quedando obsoletos debido a la poca cantidad de transferencia de datos que presentaban. Esta problemática se ha ido resolviendo con la creación de nuevos protocolos de comunicaciones industriales, los cuales manejan una tasa de transferencia de datos mucho mayor con respecto a sus antecesores logrando una mayor fiabilidad en el envío y recepción de datos y de manera más eficaz, estos protocolos son desarrollados principalmente por los fabricantes de autómatas limitando un poco la convergencia entre distintos desarrolladores de controladores.

Las redes industriales se dividen en los siguientes niveles:

- **Nivel de gestión**
- **Nivel de control**
- **Nivel de campo**
- **Nivel de E/S**

Representadas por la pirámide CIM “Computer Integrated Manufacturing” nombre otorgado por el Dr. Joseph Harrington a principios de los años 70 en donde él creía que la industria de manufactura podría estar gestionada bajo los ordenadores de aquel tiempo.

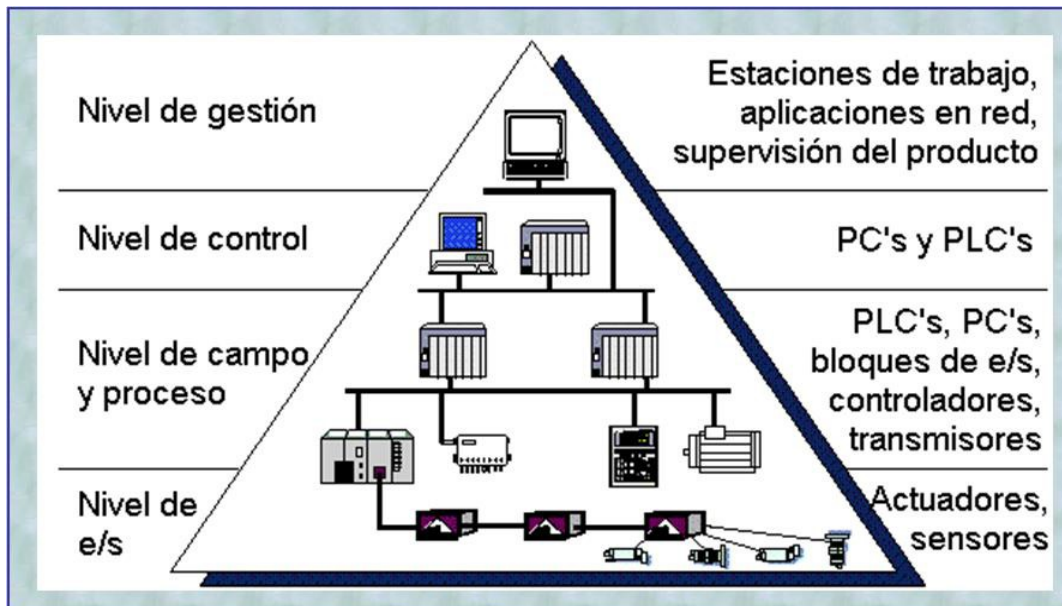


Fig. 3.4 Pirámide de CIM

- **Nivel de Gestión**

Este es el nivel superior de la pirámide de CIM, en este nivel podemos encontrar redes de ordenadores encargados de controlar toda la planta, los ordenadores industriales se encargan de enviar información con los programas ERP (Enterprise Resource Planning). Los ERP son sistemas informáticos enfocados en la automatización de prácticas asociadas con aspectos operativos y de producción de una empresa. Este tipo de software integra y facilita la información obtenida por los procesos productivos y operativos para obtener un mayor beneficio en la gestión de manufactura, logística, finanzas y recursos humanos.

- **Nivel de Planta**

Este nivel está encargado de realizar la interacción con los distintos dispositivos de campo a través de ordenadores maestros así como sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition). Dentro de los beneficios de este nivel se encuentra el emitir ordenes de ejecución a la parte de control de manera sencilla y recibir datos de la producción, calidad y servicio.

- **Nivel de campo**

En este nivel se encuentran los distintos dispositivos de control y monitoreo, tales como PLC, HMI (Human Machine Interface), variadores de frecuencia, servo drives, arrancadores suaves, relevadores de sobre carga, etc. Este nivel se encarga de monitorear y controlar todos los dispositivos del campo.

- **Nivel de E/S**

Este es el nivel más bajo de la pirámide de CIM, en él se encuentran los dispositivos de campo controlados por el nivel antecesor como pueden ser: sensores, actuadores, motores eléctricos, válvulas de proceso, etc.

3.2.1 Protocolos de Redes Industriales

Uno de los principales problemas que tenían las empresas era el no contar con una red industrial que permitirá reducir el uso de cableados para equipos de control, sensores, actuadores y dispositivos de campo, por ello la empresa Allen Bradley comenzó con el desarrollo de diferentes tipos de protocolos de red para cada uno de los niveles en el área de la automatización industrial. Entre algunos protocolos desarrollados por Allen Bradley encontramos los siguientes:

- **DeviceNet**
- **ControlNet**
- **Ethernet**
- **Ethernet/IP**

DeviceNet

Es una red digital que permite la comunicación entre dispositivos de campo y equipos de E/S (parte más baja de la pirámide de CIM) con los dispositivos de control o autómatas. DeviceNet utiliza una topología troncal con alimentación de 24 volts CD y hasta 8 amperes de corriente, que facilita la instalación de nuevos dispositivos en la red de comunicación, algunas de sus características son:

- Red de bajo costo y robusta
- Conexión de hasta 64 dispositivos dentro de la misma red
- Velocidad: depende de la longitud del cable 125 kbps/500 m, 250 kbps/250 m, 500 kbps/100 m.

ControlNet

Es una red industrial creada para controlar los dispositivos de la parte media de la pirámide de CIM en donde se encuentran los equipos de planta. Este tipo de comunicación controlador-actuador. ControlNet es una red de alta velocidad capaz de transmitir mensajes punto a punto a una velocidad de 5 Mbits/s así como el envío y recepción de datos E/S a través del mismo medio, algunas de sus características principales son:

- Permite 99 nodos de conexión.
- Cada segmento puede cubrir distancias de hasta 1 000 m.
- El medio de transmisión utilizado puede ser cable coaxial o fibra óptica.
- Longitud máxima de la red hasta 30 km.

Ethernet

Este es un tipo de red de información capaz de brindar velocidades de transferencia muy altas y de gran volumen de datos. Ethernet es un tipo común de red de área local (LAN), es una red de ordenadores dentro de un área no muy amplia en comparación de una red WAN que establece redes en áreas geográficamente más grandes, las redes LAN pueden encontrarse en universidades, empresas, en el hogar, por mencionar algunos.

En sus inicios la red Ethernet lograba alcanzar velocidades de hasta 10 Mbits/s y posteriormente se han fueron incorporando nuevos protocolos Ethernet como lo fue el Fast Ethernet y el Gigabit Ethernet teniendo estos velocidades de 100 Mbits/s y 1000 Mbits/s respectivamente.

La velocidad de transmisión de datos dependerá en gran medida del medio utilizado para dicho propósito, actualmente contamos con el cable UTP Categoría 5 (CAT5) nos brindan velocidades para el protocolo Fast Ethernet y con el cable UTP Categoría 5e (CAT5e) y categoría 6 (CAT6) que soportan velocidades de Gigabit Ethernet y 10 Gigabit Ethernet.

Ethernet/IP

Basado en la red Ethernet, Ethernet/IP (Industrial Protocol), es un tipo de red basada en la comunicación de datos con los sistemas de control y sistemas productivos, tiene como propósito unificar una sola red de planta.

Ethernet/IP se presenta como una solución en la industria para la automatización de procesos industriales que abarca desde información, movimiento, control, seguridad, sincronización y configuración.

Entre las topologías de la red Ethernet/IP encontramos las siguientes:

- Anillo
- Estrella
- Árbol
- Troncal

En cuanto a las características a destacar nos encontramos con un número infinito de nodos interconectados entre ellos mismos a través de switches planos o administrables, la creación de diferentes VLAN para segmentar cada uno de nuestros propósitos de red y con esto lograr una mayor eficiencia y tiempos de transmisión de datos, incrementar las distancias de transmisión por medio de repetidores o sistemas de fibra óptica.

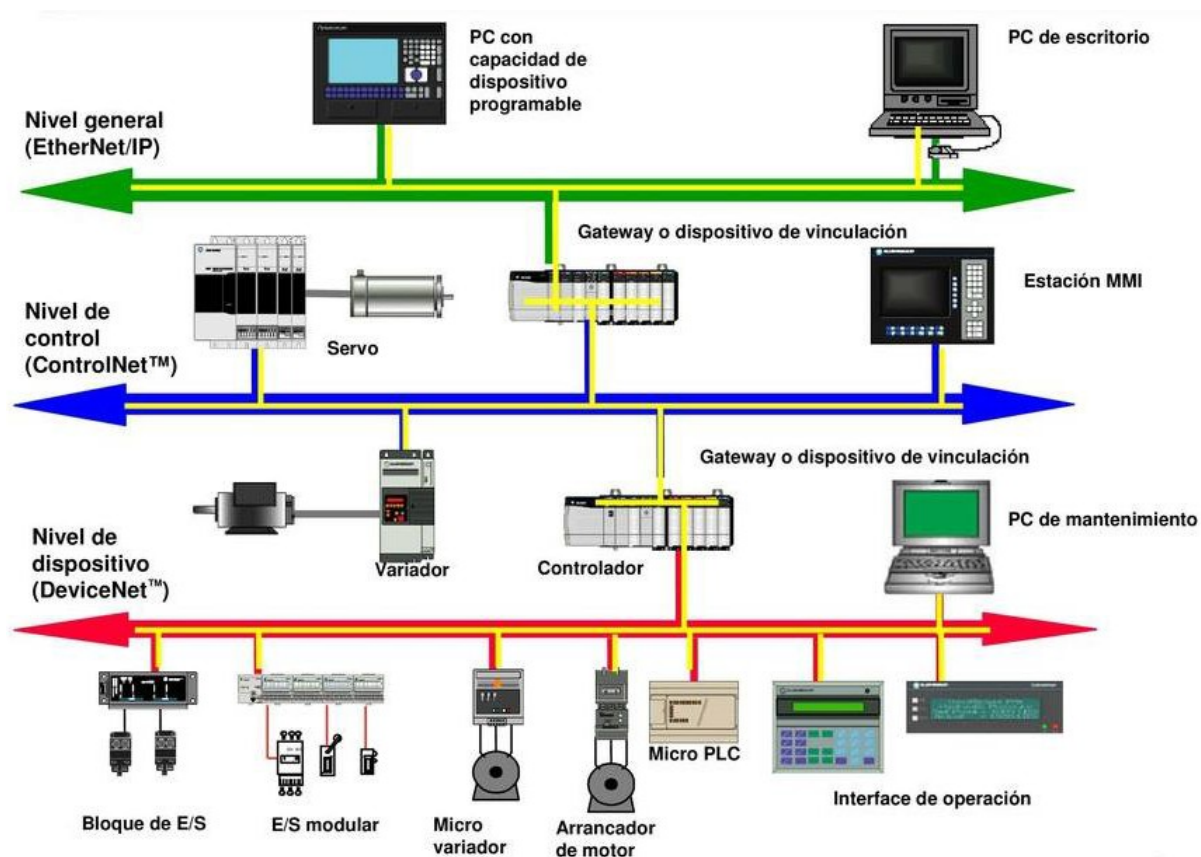


Fig. 3.5 Arquitectura de redes industriales

3.3 Sensores

En los procesos de fabricación se utilizan sensores para medir diferentes tipos de magnitudes físicas (luz, temperatura, presión, etc.). La variable medida se entrega mediante una señal eléctrica que puede ser una señal analógica o una señal digital.

Las señales digitales podrían ser compatibles directamente con la entrada de nuestro sistema autómatas (PLC) ya que estos se manejan con 24 vcd en su entrada, en caso de ser una señal de tipo analógica, la señal debe acondicionada por medio de un convertidor A/D para que nuestro PLC pueda interpretarla de manera correcta.

3.3.1 Tipos de Sensores

- Ultrasónicos
- Temperatura
- Proximidad
- Fotoeléctricos
- Sonido
- Humedad
- Velocidad
- Piro eléctrico
- Mecánicos
- Magnéticos (Reed Switch)



Fig. 3.6 Tipos de sensores



Fig. 3.7 Reed Switch

4. Antecedentes

La máquina lava loza Hobart fue adquirida por la empresa en el año de 1978 para el uso en el comedor Industrial en la planta de aceites. Está presentaba un control eléctrico basado en relevadores sencillos y relevadores de tiempo, un control moderno para aquellos tiempos. Su uso constante (24 horas durante los tres turnos que existen en el área y aproximadamente 340 días al año) fueron deteriorando el funcionamiento de su sistema eléctrico, y de igual manera su sistema mecánico, llegando al punto en que las refacciones tanto eléctricas como mecánicas dejaran de estar en existencia, provocando así poco a poco la modificación de sus componentes con el simple objetivo de que siguiera en operación la máquina.

Esto originó grandes problemas de funcionamiento y de operatividad ya que el sistema eléctrico era completamente diferente a como se adquirió originalmente y los respectivos diagramas eléctricos ya no fueron funcionales al momento de resolver una falla en el sistema eléctrico dejando la máquina fuera de operación por largos periodos de tiempo.

El lavado de los utensilios de cocina se vio afectado debido al mal funcionamiento de las zonas de temperatura de la máquina, provocando un lavado ineficiente y poco confiable en cuanto a su higiene se refiere.

A raíz de estos factores la empresa decidió realizar una renovación completa en el sistema de control de la máquina lavaplatos, con el objetivo de alargar su periodo de vida útil y cumplir con los estándares de limpieza e higiene dentro del comedor.

5. Descripción del problema o contexto en la participación profesional

La máquina lavaplatos Hobart albergaba en su interior un sistema de control obsoleto, la falta de mantenimiento y las diversas modificaciones que sufrió a lo largo de los años conllevaron a degradar su estado físico y operacional, por lo cual, al departamento de electrónica le fue asignado el proyecto de renovación del sistema de control, que a su vez dicho proyecto fue asignado a mi persona por parte del encargado de área Ing. Alberto Ramos Solís.

El nuevo sistema de control de la máquina lavaplatos debería abarcar los siguientes puntos a desarrollar:

- Implementación de un sistema de control por medio de PLC
- Integración de un HMI al sistema para uso del operador
- Renovación del cableado eléctrico
- Habilitar las zonas de calentamiento de la máquina
- Mejoras en el ahorro de agua y de energía eléctrica
- Establecer distintos sistemas de seguridad en la máquina para protección del operador

6. Metodología Utilizada

El proyecto fue desarrollado en 4 etapas, las cuales se describen a continuación.

1.- Selección e Información. Levantamiento de información sobre los equipos y dispositivos eléctricos actuales, así como la selección de componentes para el nuevo sistema de control.

2.- Programación y Desarrollo. Programación del PLC mediante lenguaje de escalera y desarrollo del tablero de control, elaboración de diagramas eléctricos.

3.- Implementación en campo. Instalación del nuevo sistema de control, habilitación de las zonas de temperatura y renovación del cableado eléctrico.

4.- Capacitación. Se realizaron pláticas informativas sobre el funcionamiento y operación, con el fin de capacitar a los operadores de la máquina lavaplatos con el nuevo sistema de control.

6.1 Selección e Información.

6.1.1 Levantamiento de información de campo

Se realizó un levantamiento sobre los requerimientos de voltaje de alimentación y se obtuvo información sobre los equipos eléctricos de la máquina para saber el estado actual de ellos para determinar si podían continuar en funcionamiento con el nuevo sistema de control. Dentro de este levantamiento se tomaron en cuenta el número de motores que contiene la máquina lava loza así como sus características de operación de cada uno de ellos. De igual manera se tomó información sobre los distintos sensores que presentaba la máquina y observar su estado físico, el análisis de esta información nos arrojó los siguientes datos.

La máquina recibe un voltaje de alimentación de 220 VCA y presenta un interruptor termo magnético general de 40 amp. Como protección eléctrica y adicional a este se presentan dos interruptores termos magnéticos (uno de 15 amp. para protección del control eléctrico y otro de 25 amp. para protección de los motores). Estos interruptores se ubican en un gabinete externo de acero inoxidable el cual se encuentra en excelente estado y puede ser utilizado para realizar las modificaciones correspondientes. La máquina presenta 3 motores eléctricos:

- Motor zona de prelavado
- Motor banda transportadora
- Motor zona de lavado

Motor zona de prelavado
Características:
Tipo de motor: Inducción
Alimentación: 220/ 440 volts
Corriente: 6.3/ 3.2 Amp.
Velocidad: 3450 RPM
Potencia: 2 HP
Frecuencia: 60 Hz

Tabla 6.1 Motor prelavado

Motor banda transportadora
Características:
Tipo de motor: Inducción
Alimentación: 220/ 440 volts
Corriente: 8.1/ 4 Amp
Velocidad: 3450 RPM
Potencia: 3 HP
Frecuencia: 60 Hz

Tabla 6.2 Banda transportadora

Motor zona de lavado
Características:
Tipo de motor: Inducción
Alimentación: 220/ 440 volts
Corriente: 6.3/ 3.2 Amp
Velocidad: 3450 RPM
Potencia: 2 HP
Frecuencia: 60 Hz

Tabla 6.3 Motor lavado

Se identificaron distintos tipos de sensores en la máquina:

- Sensores de final de carrera
- Sensores de nivel
- Sensores de temperatura

Se observó que la máquina presenta dos sensores finales de carrera pertenecientes a la zona de enjuague y paro de la banda transportadora por acumulación de utensilios.

En los depósitos de agua denominados como zona de pre lavado y lavado respectivamente, se encontraron dos sensores de nivel tipo boya para determinar un punto mínimo y máximo de agua al momento de la operación. En la misma zona se ubicaron los sensores de temperatura de los depósitos de agua y por ultimo un sensor de temperatura adicional a la salida del boiler.

Los gabinetes de alimentación y de control fueron sometidos a pruebas de humedad con el fin de detectar si existía filtración de agua en alguno de ellos, se obtuvieron resultados satisfactorios lo cual determino que fueran utilizados para la implementación del nuevo sistema de control ajustándonos a las medidas preestablecidas de cada uno de los gabinetes.

Dimensiones del gabinete de alimentación.
Largo: .255 m
Altura: .285 m
Profundidad: .13 m

Tabla 6.4 Gabinete de alimentación

Dimensiones del gabinete de control.
Largo: .61 m
Altura: .30 m
Profundidad: .20 m

Tabla 6.5 Gabinete de control

Como resultado del análisis de los equipos eléctricos se determinó que los motores eléctricos no requerían cambio alguno y podrían seguir en operación integrándolos al nuevo sistema de control, por otro lado los sensores de temperatura presentaban daños físicos que impedían continuar con su funcionamiento.

6.1.2 Selección de Equipos electrónicos

Para el proceso de selección de las tarjetas de E/S para el PLC de control se tomó en cuenta el número de E/S digitales y entradas analógicas a partir del nuevo diseño de la máquina lava platos, se contemplaron los botones de arranque y paro de máquina, los sensores finales de carrera, se implementaron sensores de seguridad para las puertas de la máquina, de igual manera se implementó un botón para paro de emergencia. A continuación se presenta una tabla completa de las E/S digitales y entradas analógicas:

Entradas Digitales	Entradas Analógicas	Salidas Digitales
P.B. Paro de emergencia	Temperatura tanques de agua	Arranque Bomba lavado
O.L. Bomba lavado	Temperatura agua de enjuague	Arranque Bomba prelavado
O.L. Bomba prelavado	Temperatura vapor al boiler	Válvula de vapor al tanque
O.L. Banda transportadora		Válvula de llenado de agua caliente
Rejilla de seguridad		Válvula de enjuague
Seguridad de puertas		Arranque transportador
P.B. Arranque transportador		Solución secante
P.B. Paro transportador		Alarma Sonora
Sensor alto nivel de agua		Válvula de vapor al Boiler
Sensor bajo nivel de agua		Dosificación detergente
Sensor enjuague de loza		Baliza verde
		Baliza amarilla
		Baliza roja
		Válvula de llenado de agua fría

Tabla 6.6 E/S Digitales y Analógicas

Se seleccionó el PLC CompactLogix L32E de la marca Allen Bradley para la programación del nuevo sistema de control, este controlador se presenta de manera modular es decir, adicional al procesador se integraran módulos externos de E/S, se enfoca a proyectos de tamaño pequeño y mediano sin necesidad de cubrir altas exigencias en sistemas de movimiento y seguridad. El controlador CompactLogix nos ofrece control, comunicación y elementos de E/S avanzados en un paquete de control distribuido. El procesador ofrece dos puertos de comunicación embebidos en su propio sistema, Ethernet/IP y ControlNet respectivamente, lo que nos da el beneficio de crear una red de comunicación de dispositivos a partir del protocolo deseado sin la necesidad de agregar módulos adicionales.

En base al número de E/S, digitales y analógicas se seleccionaron los módulos de E/S de la siguiente manera:

- Tarjeta de entradas digitales 1769-IQ16 de 16 entradas a 24 vcd mca. AllenBradley
- Tarjeta de salidas digitales 1769-OB16 de 16 salidas digitales a 24 vcd mca. AllenBradley
- Tarjeta de entradas analógicas 1769-IR6 de 4 canales analógicos mca. AllenBradley

Para proporcionar voltaje de alimentación al chasis del controlador de selecciono la fuente de alimentación 1769-PA4 mca AllenBradley. Quedando el chasis completo con la siguiente estructura de distribución;

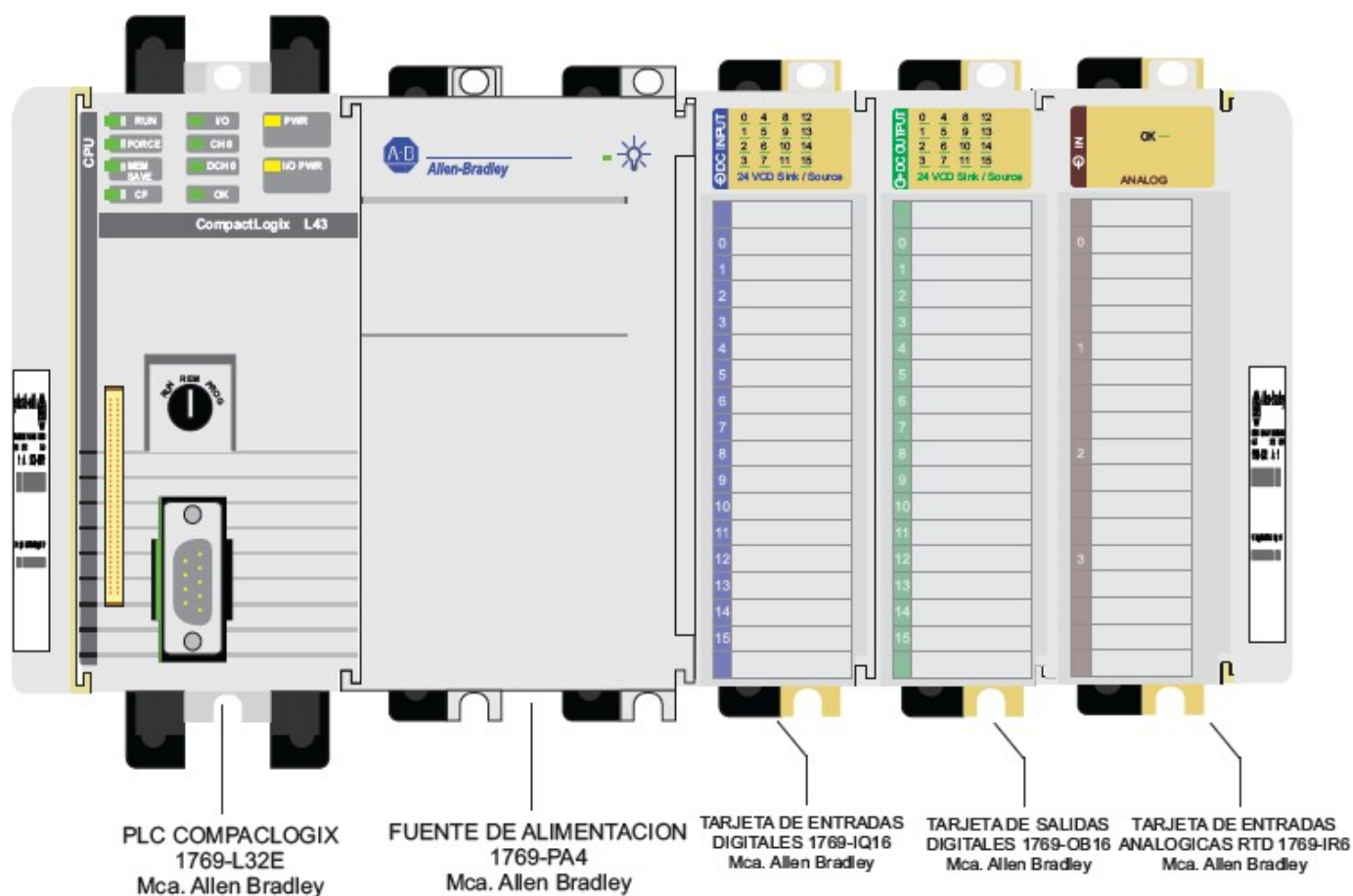


Fig. 6.1 Rack PLC

Para el desarrollo del tablero de control se seleccionaron los siguientes dispositivos:

- Switch industrial Ethernet marca Allen Bradley modelo Stratix 2500, presenta 5 puertos RJ45 con velocidad de transmisión de datos de 10/100/ 1000 Mbits/s.

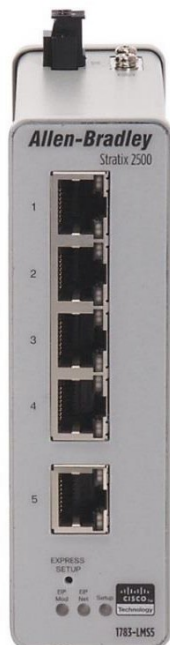


Fig. 6.2 Switch Stratix 2000

- Disyuntor termo magnético monofásico de 15 Amp. para la protección eléctrica de 127 VCA marca AllenBradley.



Fig. 6.3 Disyuntor termo magnético

- Fuente de alimentación de 24 VCD marca Allen Bradley modelo 1769-PS3 de 3 Amp. para la alimentación de sensores, E/S digitales del PLC e interfaz HMI.



Fig. 6.4 Fuente de Alimentación

- Relevadores de estado sólido de 24 VCD marca Phoenix Contact para la conmutación de las salidas digitales con los dispositivos de campo.



Fig. 6.5 Relevador de estado solido

- Relevadores electromecánicos marca Phoenix Contact para conmutación de las salidas digitales con los dispositivos de campo.

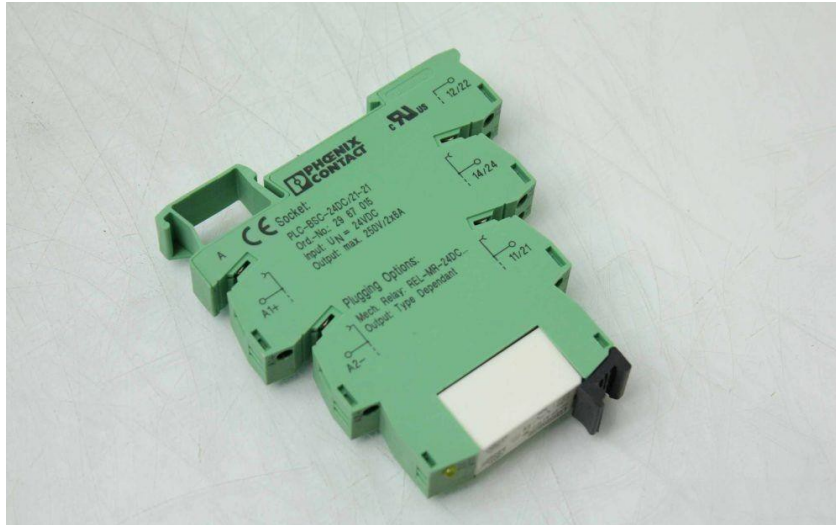


Fig. 6.6 Relevador electromecánico

- Borneras de conexiones tipo Dok marca Phoenix Contact para la interconexión eléctrica entre los dispositivos eléctricos de campo y el tablero de control.



Fig. 6.7 Borneras de conexión

- Para la operación de la máquina se eligió el HMI Panel View Plus 700 de la marca Allen Bradley el cual incorpora la tecnología de comunicación Ethernet y un panel touchscreen de 7".

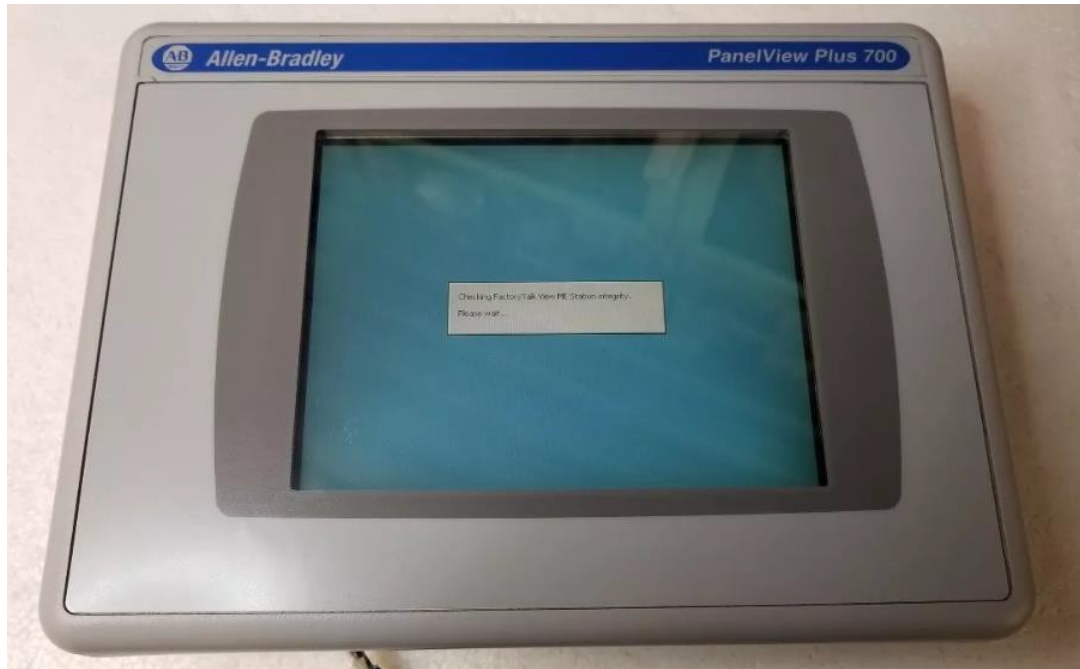


Fig. 6.8 HMI Panel view plus 700

- Para el tablero de fuerza se seleccionaron disyuntores trifásicos de 12 Amp de la marca Eaton.



Fig. 6.9 Disyuntor Termo magnético

- Se seleccionaron contactores eléctricos de 10 Amp. en conjunto con relevadores de sobre carga para el arranque independiente de cada uno de los motores.

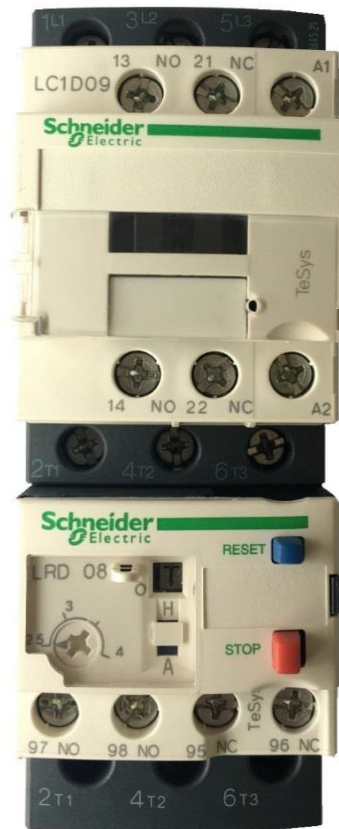


Fig. 6.10 Contactor con relevador de sobrecarga

6.2 Programación y Desarrollo del proyecto

El desarrollo del proyecto se basó en la elaboración del tablero de control y el tablero de potencia. En primera instancia se realizó el diseño de diagramas eléctricos unifilares con la ayuda del software de dibujo CorelDraw X8 respetando las normas para simbología eléctrica, adicionalmente a los diagramas unifilares se realizó el diseño del tablero de control y tablero de fuerza con ayuda del software mencionado anteriormente, la programación del PLC se realizó mediante el software RSLogix5000 y posteriormente se programó el HMI con ayuda del software Factory Talk View Studio.

6.2.1 Diseño de los diagramas unifilares

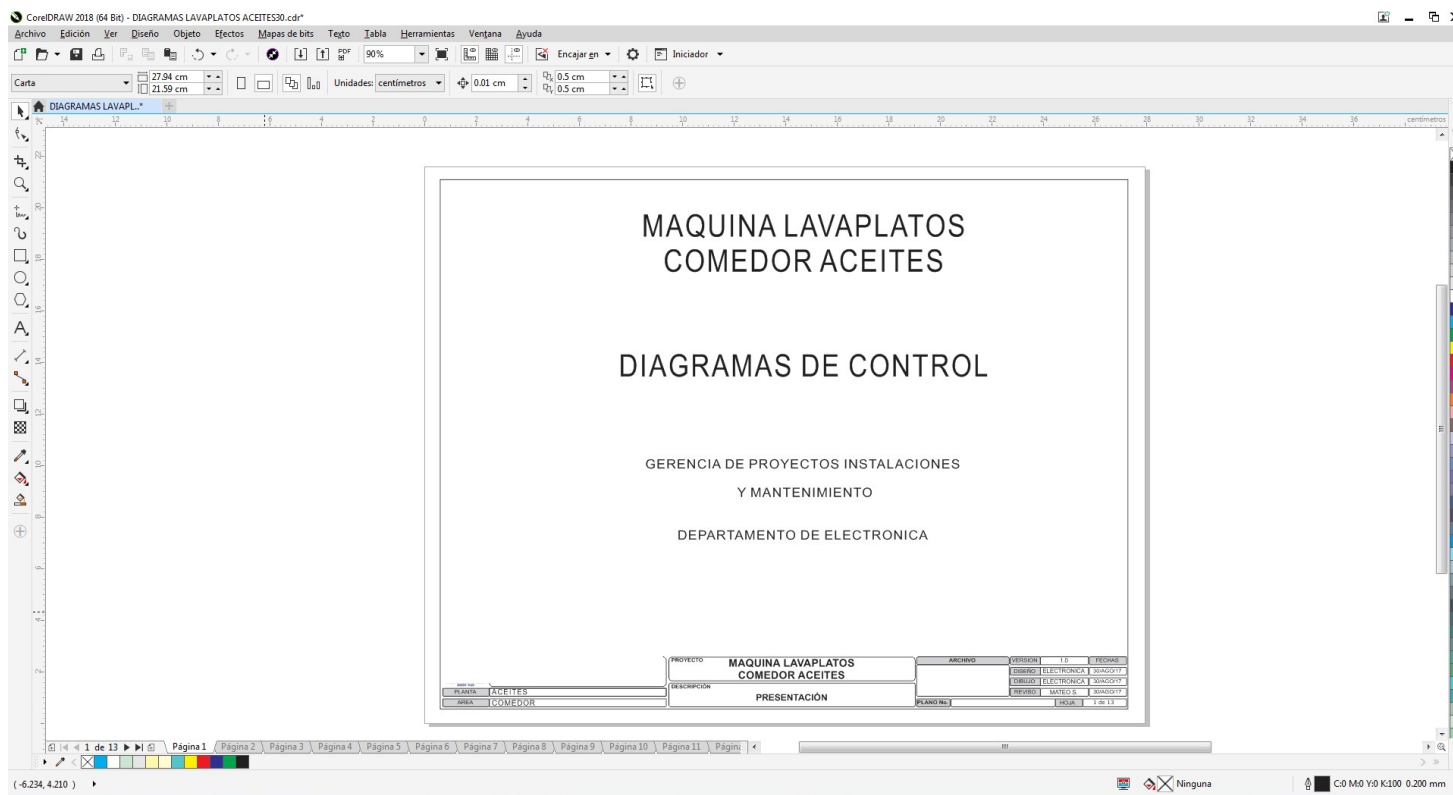


Fig. 6.11 Diseño en CorelDraw

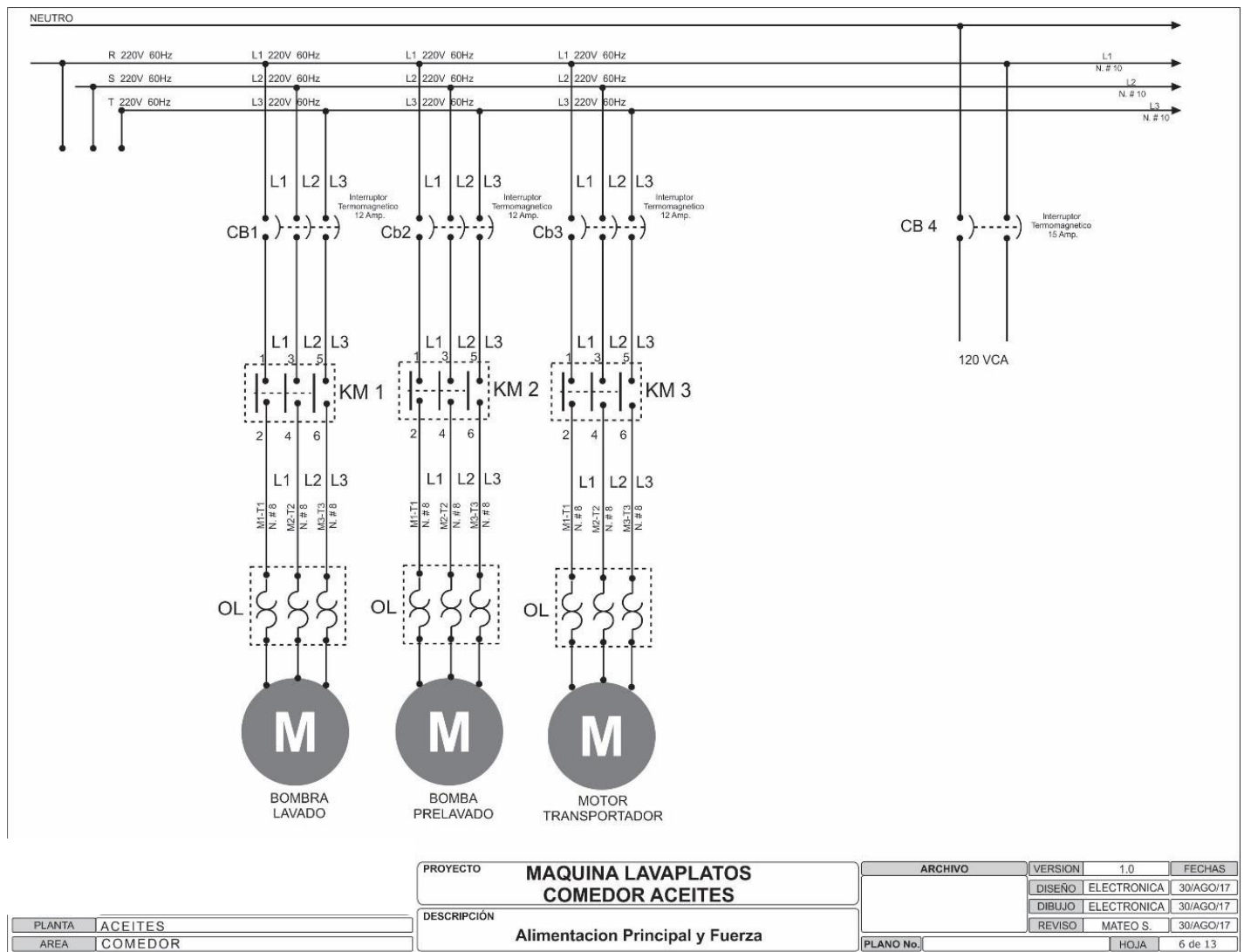


Fig. 6.12 Extracto del diagrama en la etapa de potencia

6.2.2 Diseño del tablero de control y tablero de fuerza

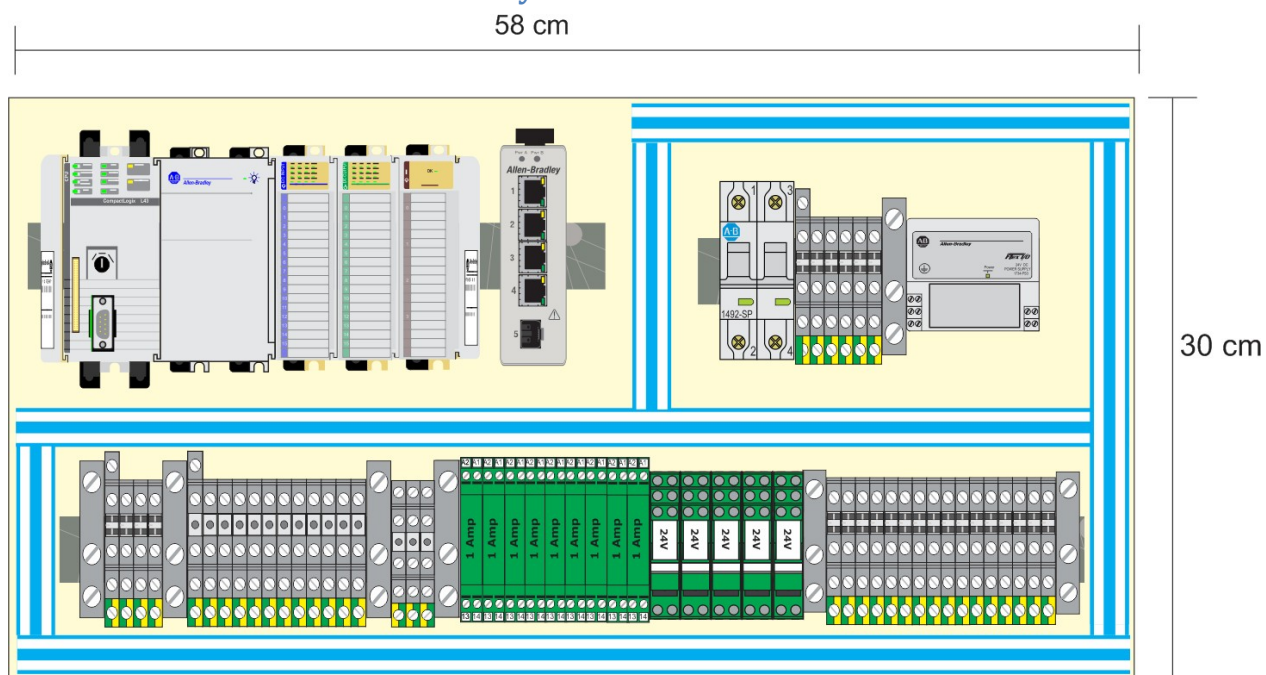


Fig. 6.13 Diseño de tablero de control

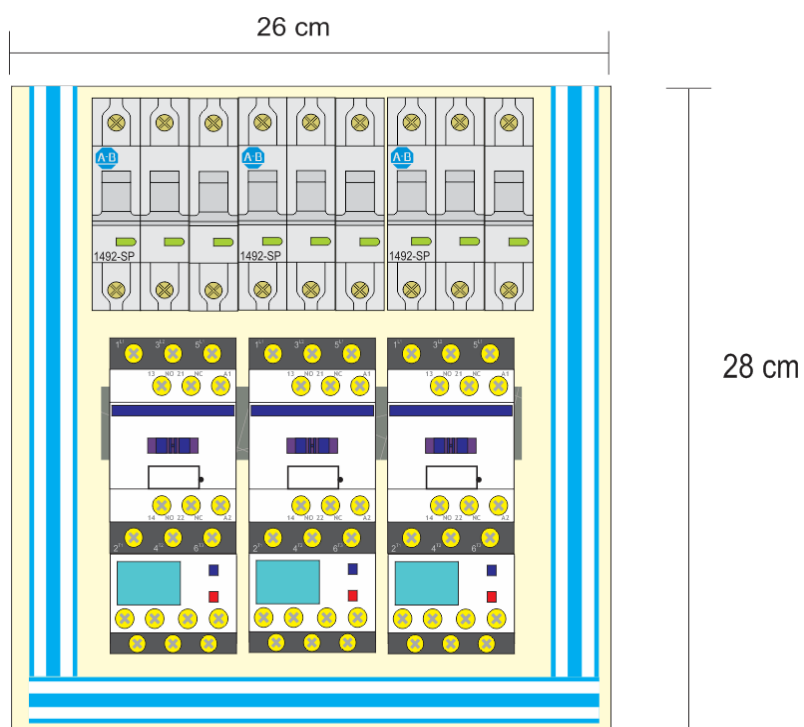


Fig.6.14 Diseño del tablero de fuerza

6.2.3 Elaboración física del tablero de control y tablero de fuerza

La elaboración del tablero de control se realizó en las siguientes etapas:

1.- Corte a medida de placa de aluminio de 5mm de espesor para el firme del tablero.

Medidas:

58 cm de largo x

30 cm de alto

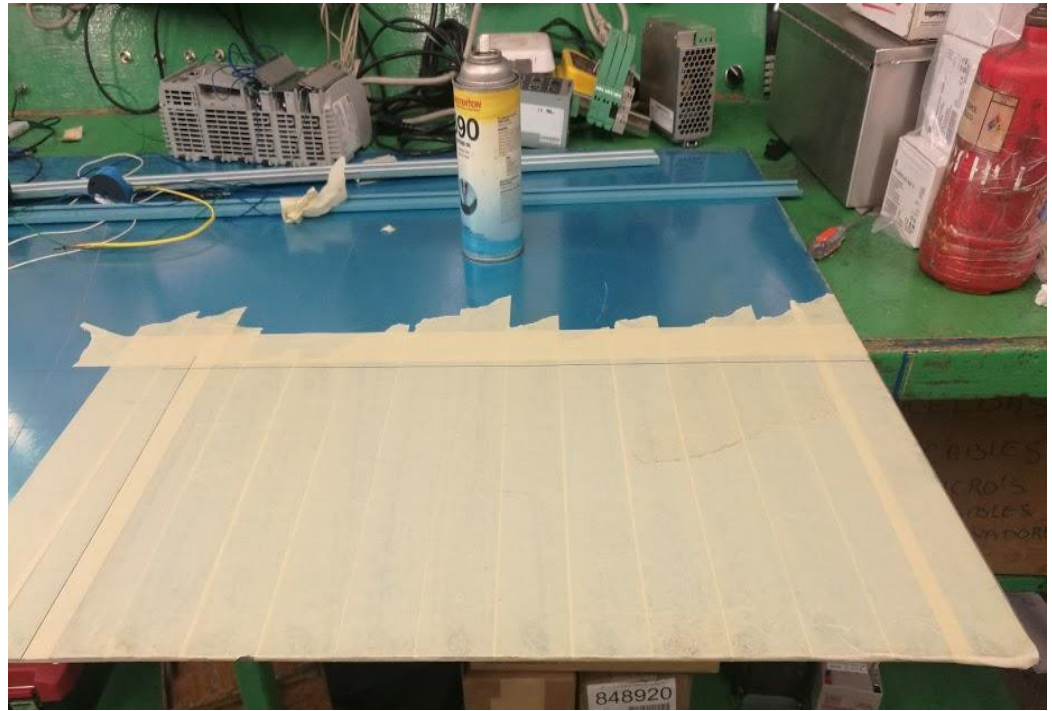


Fig. 6.15 Marcaje y corte de placa de aluminio

2.- Establecimiento de la posición de los dispositivos electrónicos.

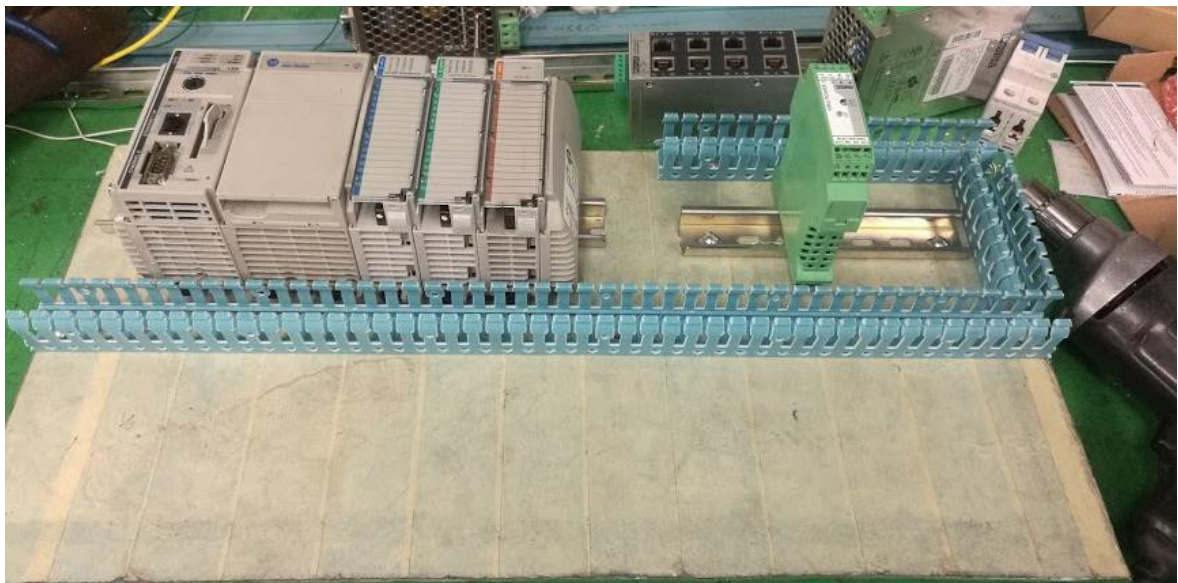


Fig. 6.16 Presentación de equipos electrónicos en la placa

3.- Montaje final de los dispositivos electrónicos y borneras de conexiones.

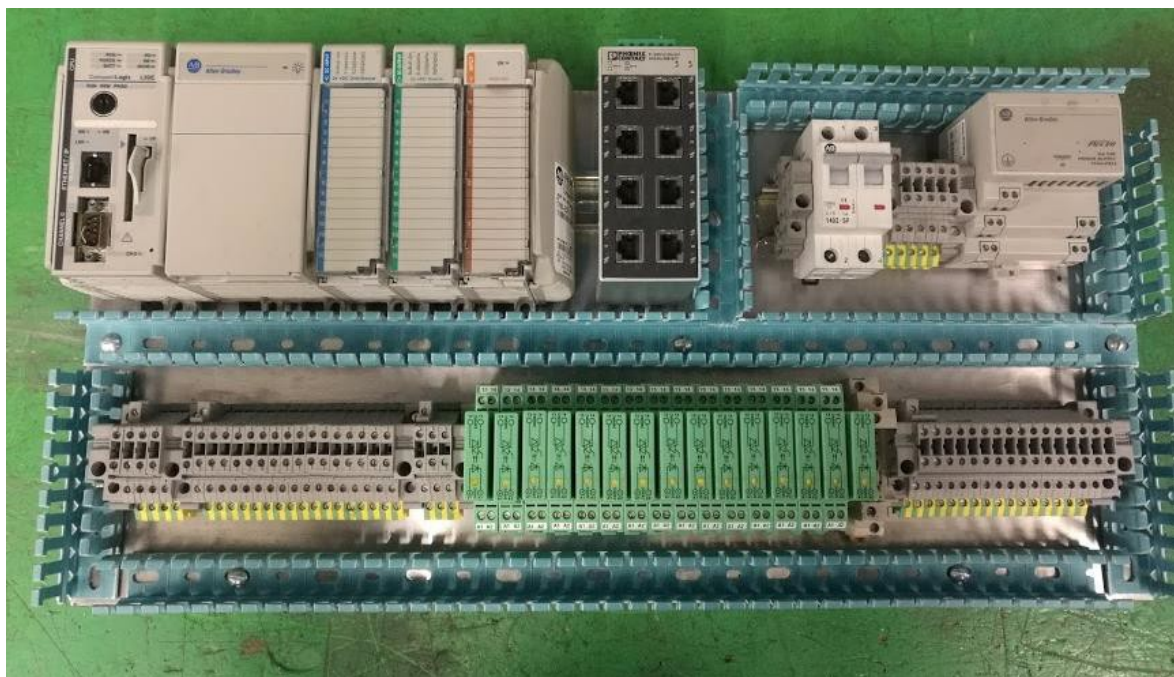


Fig. 6.17 Montaje en placa de equipos electrónicos

4.- Cableado del sistema electrónico a partir de los diagramas unifilares diseñados.



Fig. 6.18 Cableado de los dispositivos

5.- Elaboración de tablero de fuerza siguiendo los puntos descritos anteriormente.
Medidas del tablero: 28 cm alto x 26 cm de largo



Fig. 6.19 Tablero de Fuerza

6.2.4 Programación del PLC CompactLogix L32E y HMI Panel View Plus 700

Programación PLC CompactLogix L32E

Para la programación del controlador se utilizó el software de programación RSlogix5000 de la compañía Rockwell Automation, con la ayuda de un cable Ethernet se estableció la comunicación entre el terminal y el controlador.

La programación se desarrolló de la siguiente manera:

1.- Establecimiento de la comunicación entre el PLC y el terminal HMI

Para establecer la comunicación con un PLC debemos establecer primero el protocolo a utilizar. Nuestro PLC seleccionado cuenta con un puerto de comunicación Ethernet/IP al cual se le debe asignar una dirección IP o verificar en el manual de usuario si ya presenta una IP por default.

En nuestro caso el procesador carecía de una IP por default, por lo tanto con la ayuda del Software BOOT DHCP Ethernet/IP Commissioning Tool de la compañía Rockwell Automation se procedió a la asignación de la siguiente IP a nuestro PLC: 192.168.1.10.

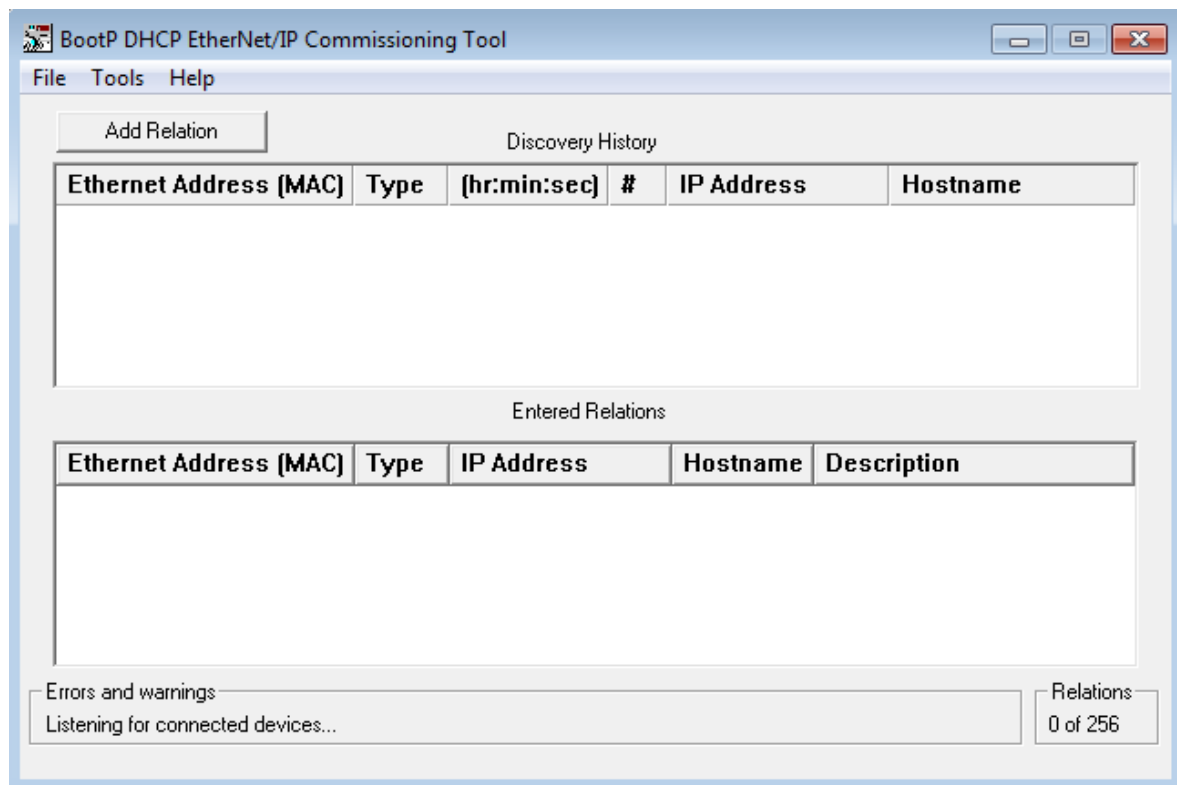


Fig. 6.20 Software Boot DHCP

Una vez asignada una dirección IP al PLC, se procedió a la configuración de nuestro ordenador de tal manera que la dirección asignada a este se encuentre dentro del dominio de comunicación con nuestro PLC. Quedando la configuración de la siguiente manera:

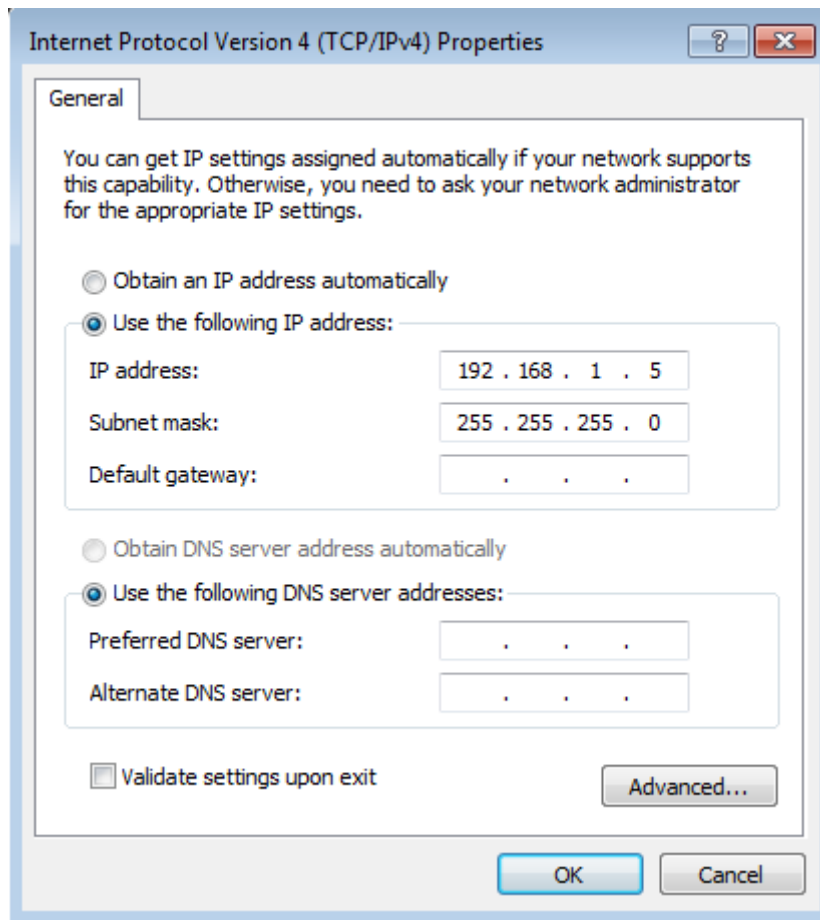


Fig. 6.21 Configuración IP del ordenador

En la configuración de los adaptadores de red de nuestro ordenador debemos configurar una dirección IP de tal manera que el dominio de comunicación se encuentre dentro del mismo segmento y asegurarnos de que el último segmento de la dirección establecida no se encuentre repetida con algún otro dispositivo dentro de la misma red, ya que esto generara conflictos en la red y no nos permitirá establecer una correcta conexión entre los dispositivos.

Una vez configurada la dirección IP del PLC y el ordenador, conectaremos un cable Ethernet entre ellos y con ayuda del software RSLinx de la compañía Rockwell Automation verificaremos si ya existe comunicación entre nuestro ordenador y el PLC.

2. Comprobada la comunicación entre el ordenador y el PLC se procedió a ejecutar el software RSLogix5000. Una vez abierto se seleccionó la opción para la creación de un nuevo proyecto, en donde se determinara el modelo de PLC con el cual se trabajara así como el nombre que se le asignara al proyecto.

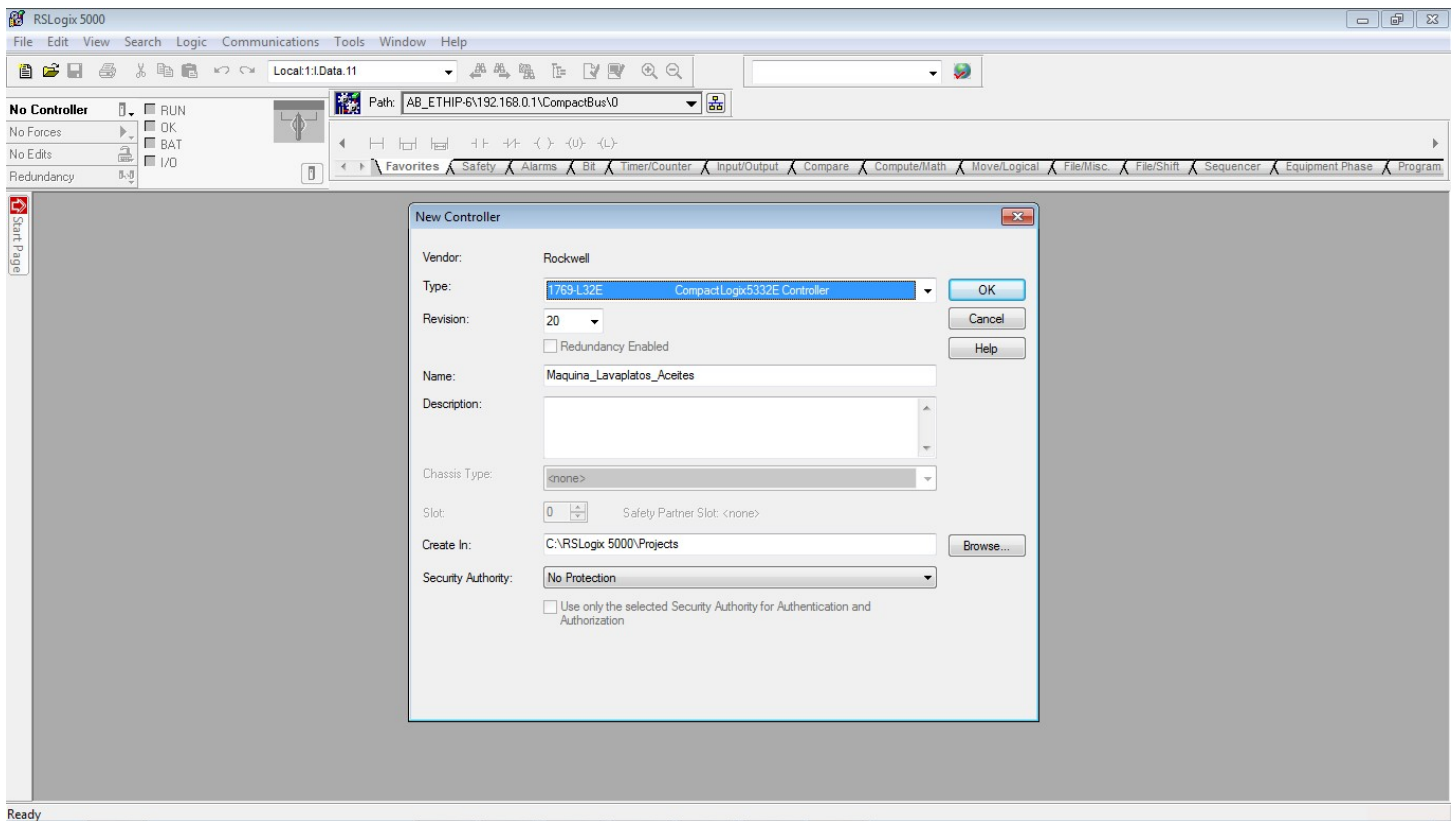


Fig. 6.22 Software RSLogix5000

Creado el proyecto se agregaron los módulos de E/S digitales y analógicas.

Seleccionando la opción New Module nos abrirá una ventana en donde seleccionaremos los modelos específicos de los módulos seleccionados

- Tarjeta de entradas digitales 1769-IQ16 de 16 entradas a 24 vcd
- Tarjeta de salidas digitales 1769-OB16 de 16 salidas digitales a 24 vcd
- Tarjeta de entradas analógicas 1769-IR6 de 4 canales analógicos

De la misma manera se agregaron cada uno de los tres módulos a utilizados.

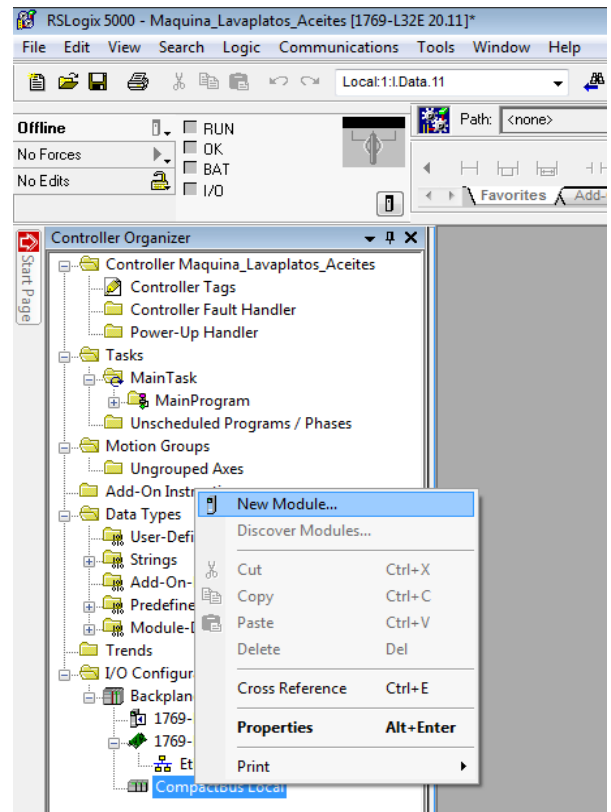


Fig. 6.23 Controller Organizer

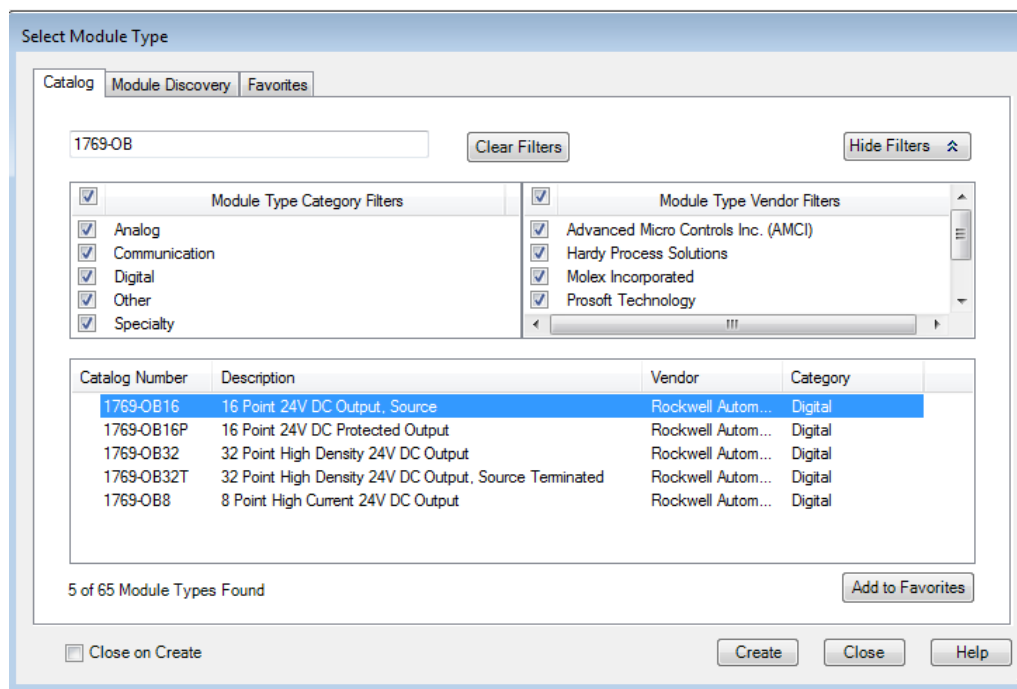


Fig. 6.24 Ventana de módulos E/S

Una vez agregados los módulos de E/S se verán reflejados en el Organizador del controlador de la siguiente manera.

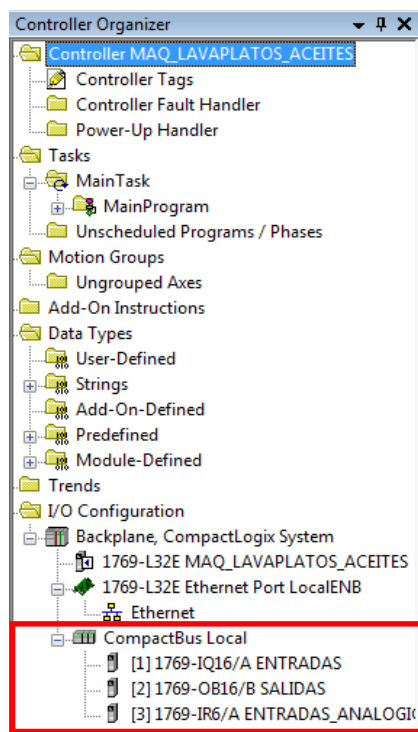


Fig. 6.25 Adición de módulos E/S

3. A continuación se realizó la programación del PLC en el lenguaje de escalera. Se adjunta programa completo en anexo.

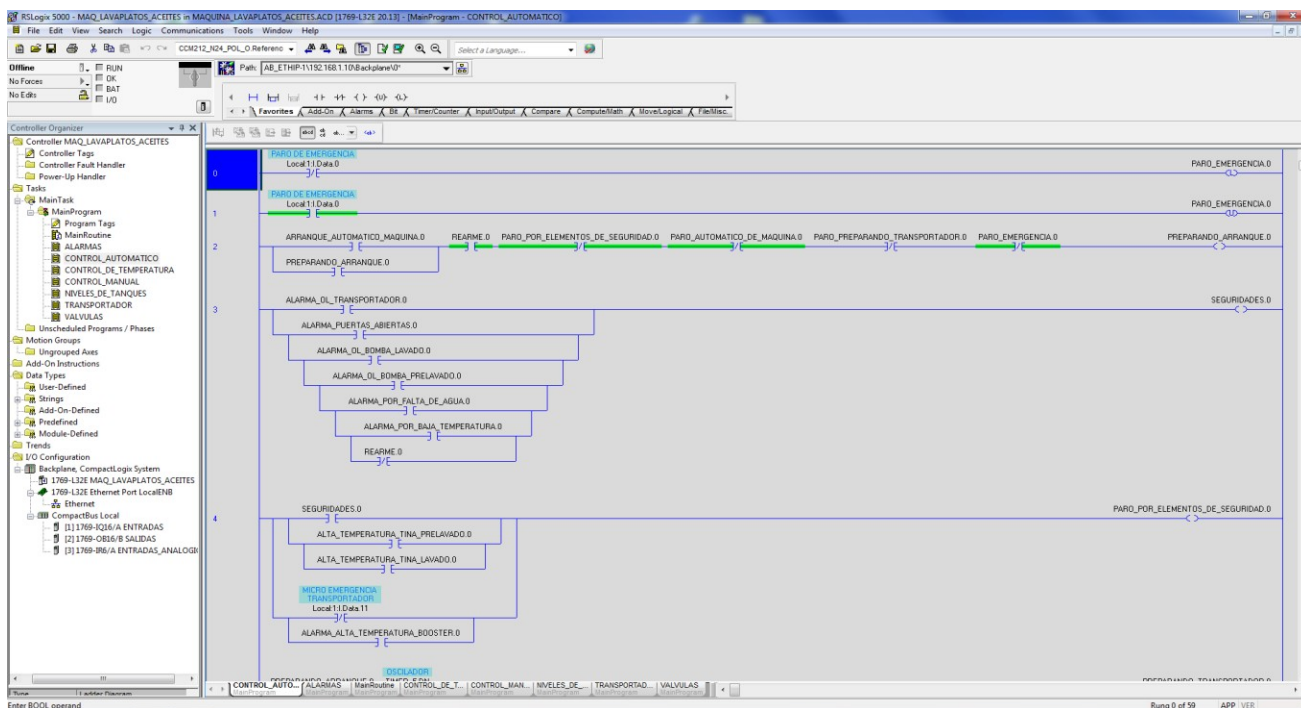


Fig. 6.26 Programa en lenguaje de escalera

4. Concluido el programa, se realizó la descarga a través del puerto de comunicación Ethernet al PLC para la realización de pruebas de campo.

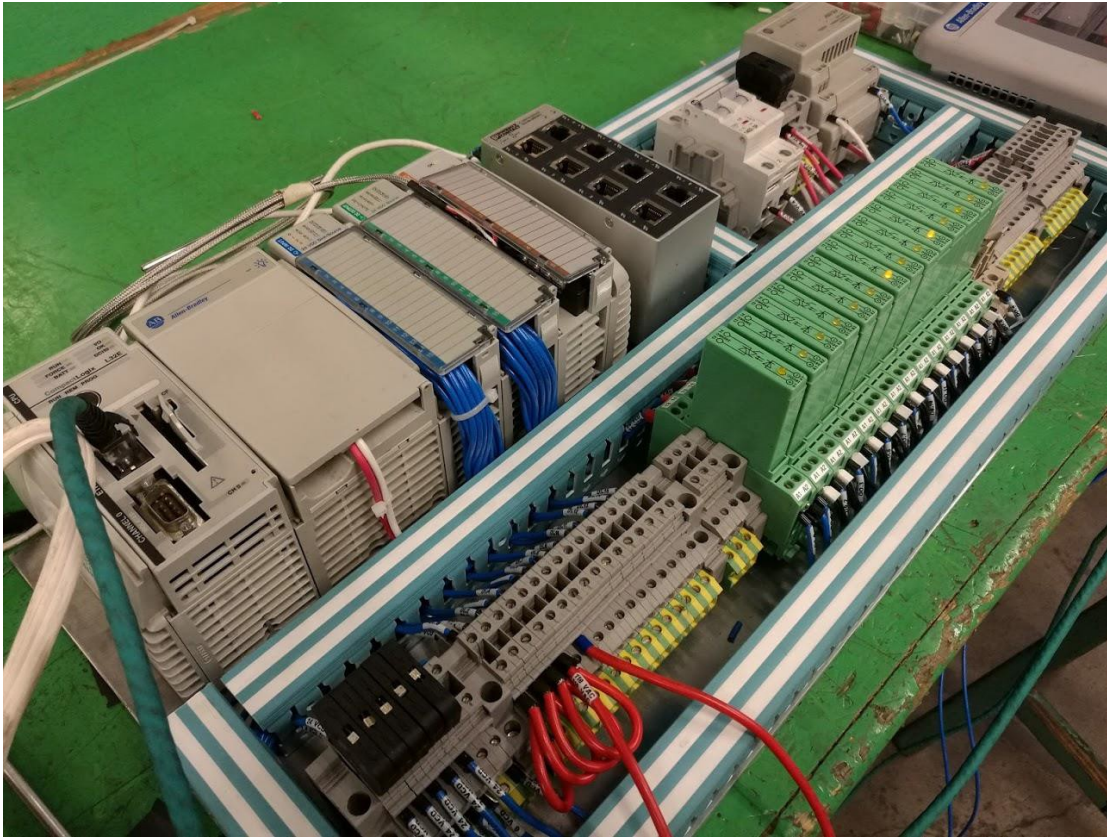


Fig. 6.27 Descarga del programa al PLC

Programación de panel HMI Panel View Plus 700

Concluido el programa de escalera para el PLC se realizó la programación del panel de operador HMI con la ayuda del software de diseño Factory Talk View de la compañía Rockwell Automation. Para la programación fue necesaria la configuración de la dirección IP ya que este panel formara parte de nuestra red de comunicación Ethernet. La configuración de la dirección IP se realizó de la misma forma en que se le asignó la dirección IP a nuestro controlador, al panel le fue asignada la dirección IP 192.168.1.11, de igual manera se realizó la configuración de la comunicación entre el ordenador y el panel HMI a través del método descrito anteriormente.

El panel HMI permitió la operación de la máquina de forma visual e intuitiva para el personal, ya que durante la programación se tomaron en cuenta los estados de falla de la máquina logrando que el operador pueda solucionar de una manera rápida alguna anomalía con respecto a su funcionamiento y logrando el restablecimiento del servicio en un tiempo muy corto.

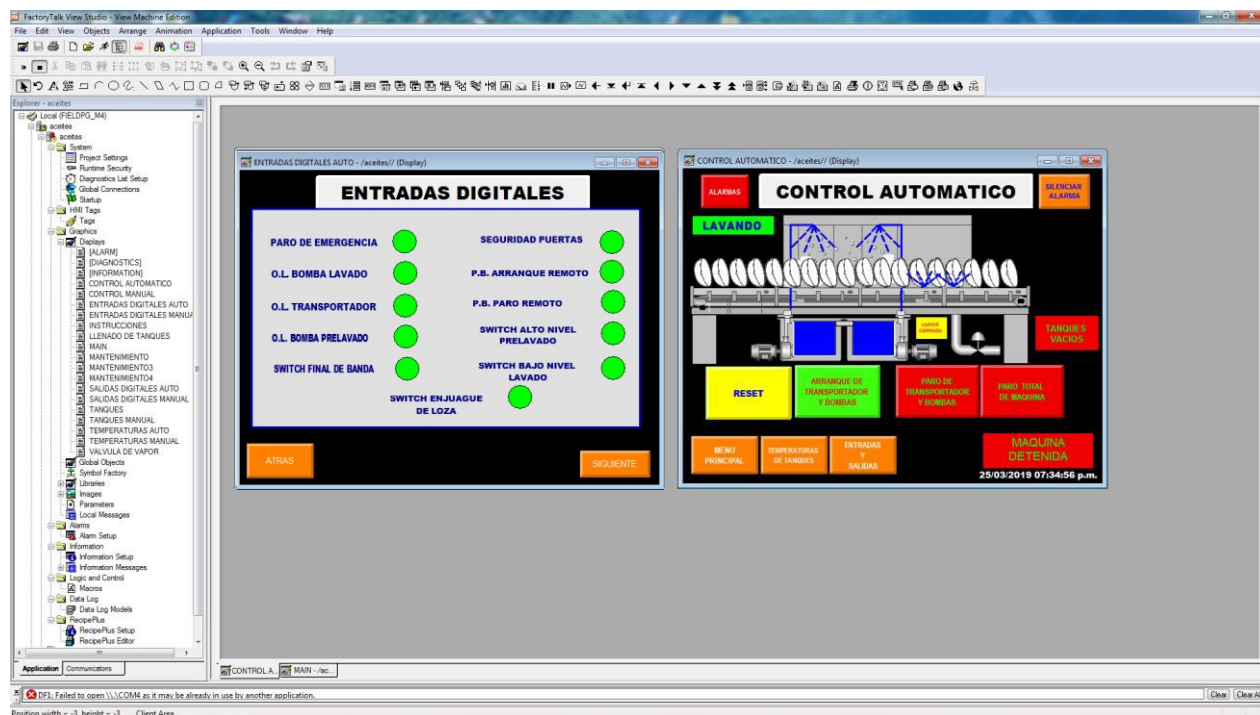


Fig. 6.28 Software Factory Talk View

Terminada la programación del HMI Panel View Plus 700 se procedió con la descarga del proyecto desde el ordenador al panel.



Fig. 6.29 Descarga de programa al HMI

Red de control Ethernet entre el PLC y Panel View Plus 700

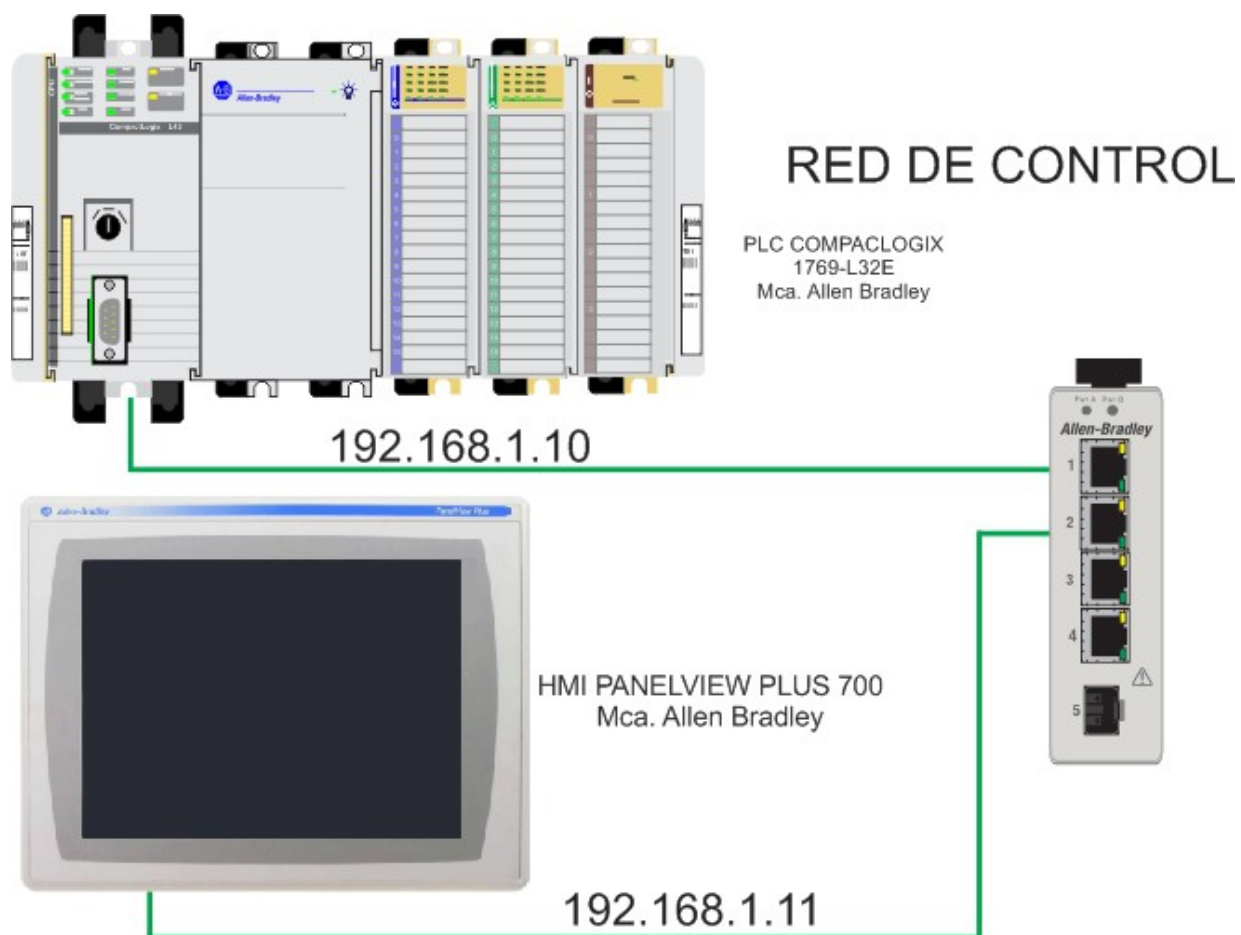


Fig. 6.30 Red Ethernet

Se realizó el acondicionamiento de la pantalla en la tapa del gabinete de control, de tal manera que la HMI se encuentre accesible al operador. Adicionalmente a la HMI a la tapa del gabinete le fue instalado un botón paro de emergencia como sistema de seguridad en caso de necesitarse.

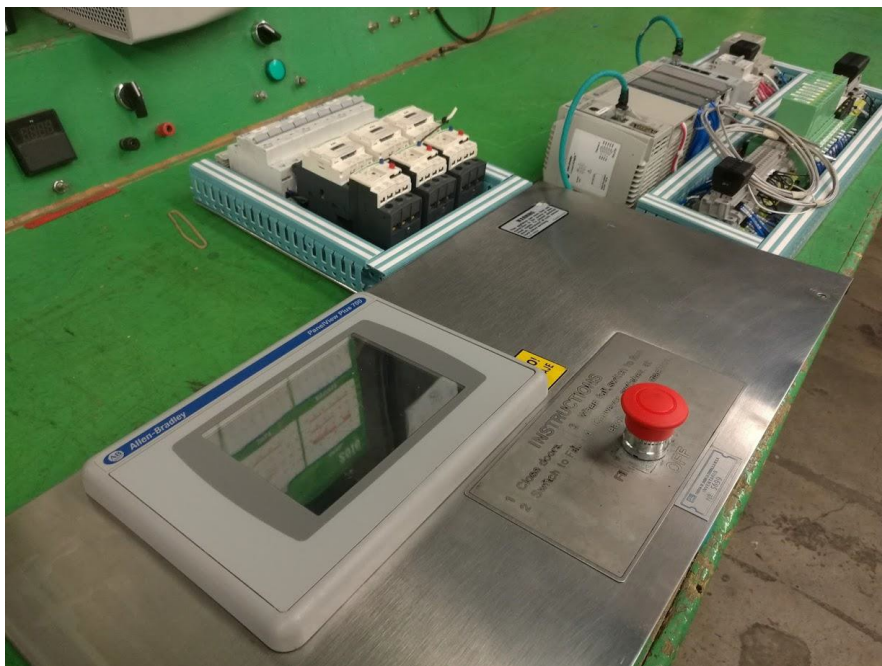


Fig. 6.31 Montaje de HMI en tapa del gabinete

6.3 Implementación en Campo

La instalación del tablero de control, el tablero de fuerza y el cambio de cableado corrió bajo la supervisión del Jefe de Área Ing. Alberto Ramos Solís y con la colaboración de 4 compañeros del departamento de electrónica. El día 15 de septiembre del año 2017 se realizó el cambio del control eléctrico en un tiempo de 10 horas, el proceso de instalación se realizó en 3 etapas:

- Desmontaje del sistema del tablero de control y tablero de fuerza antiguos, desmontaje de cableado eléctrico
- Montaje del nuevo sistema de control eléctrico
- Pruebas de operación

6.3.1 Desmontaje del sistema del tablero de control y tablero de fuerza antiguos, desmontaje de cableado eléctrico



Fig. 6.32 Apertura de canaletas de conexión



Fig. 6.33 Etiquetado de cables



Fig. 6.34 Desmontaje de tableros



Fig. 6.35 Desmontaje de cableado eléctrico

6.3.2 Montaje del nuevo sistema de control electrónico y cableado nuevo



Fig. 6.36 Instalación de tableros



Fig. 6.37 Instalación de cableado eléctrico



Fig. 6.38 Conexión de sensores y botones



Fig. 6.39 Instalación terminada

6.4 Puesta en Servicio

Terminada la instalación del sistema de control se realizaron las primeras pruebas de operación de la máquina, se verificó el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos eléctricos que la componen, la puesta en servicio se realizó a través del modo de programación de mantenimiento en la cual se revisaron:

- Sensores de seguridad y sensores de operación
- Motores
- Electroválvulas instaladas
- Sensores de nivel
- Estado de alarmas
- Sensores de temperatura



Fig. 6.40 Puesta en Servicio

6.4.1 Sensores de seguridad y sensores de operación

Se realizó la verificación de funcionamiento de los sensores de apertura de puertas, sensor de acumulación en la máquina, sensor de enjuague de loza, botones de arranque manual, botón de paro manual, botón de paro de emergencia y por ultima instancia, paro de máquina por sobre cargas en los motores.



Fig. 6.41 Pantalla HMI Entradas Digitales

6.4.2 Motores

Se realizó la operación de los tres motores eléctricos que se encuentran en la máquina, se verificó en sentido de giro de cada uno de ellos así como el monitoreo de la corriente que demandan estando en operación. El arranque se realizó de manera independiente por medio de la ventana de mantenimiento programada en la HMI.



Fig. 6.42 Pantalla HMI Mantenimiento

6.4.3 Electroválvulas

Se realizó la verificación de la correcta apertura de las electroválvulas tanto de agua como de vapor de la máquina, cada una de las válvulas se actuó mediante la ventana de mantenimiento en el HMI.



Fig. 6.43 Pantalla HMI Mantenimiento

6.4.4 Sensores de nivel

Con ayuda de la pantalla programada en la HMI llenado de tanques, se verificó en nivel de cada uno de ellos, realizando la apertura de las electroválvulas de llenado, en primera instancia se realiza el llenado del tanque de lavado y por medio de tubos comunicantes se realiza el llenado del tanque de prelavado.



Fig. 6.44 Pantalla HMI Llenado de Tanques

6.4.5 Estado de las alarmas

Se realizó la simulación de los estados de alarmas programados para determinar su correcto funcionamiento tanto en visualización como en condiciones de operación de la máquina.

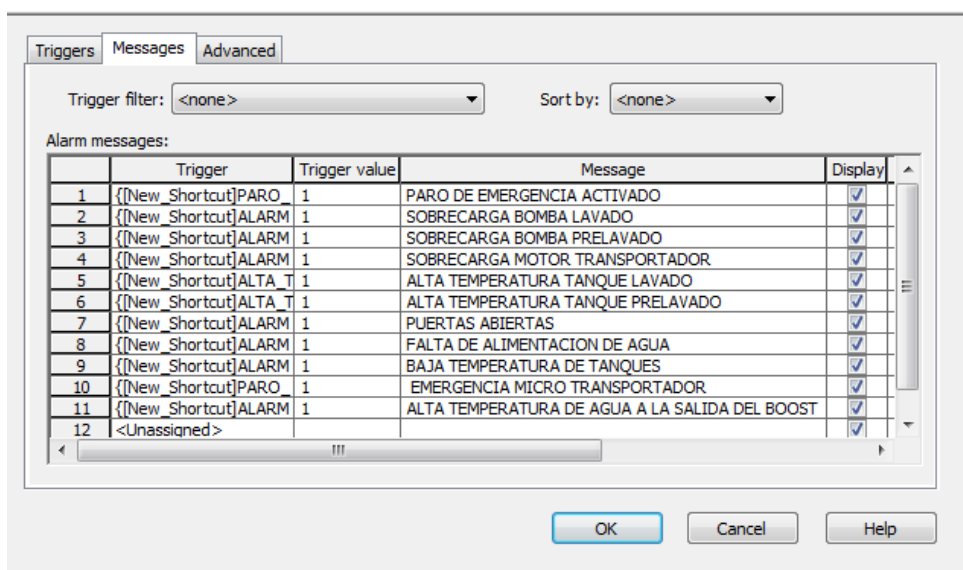


Fig. 6.45 Configuración de alarmas en Factory Talk

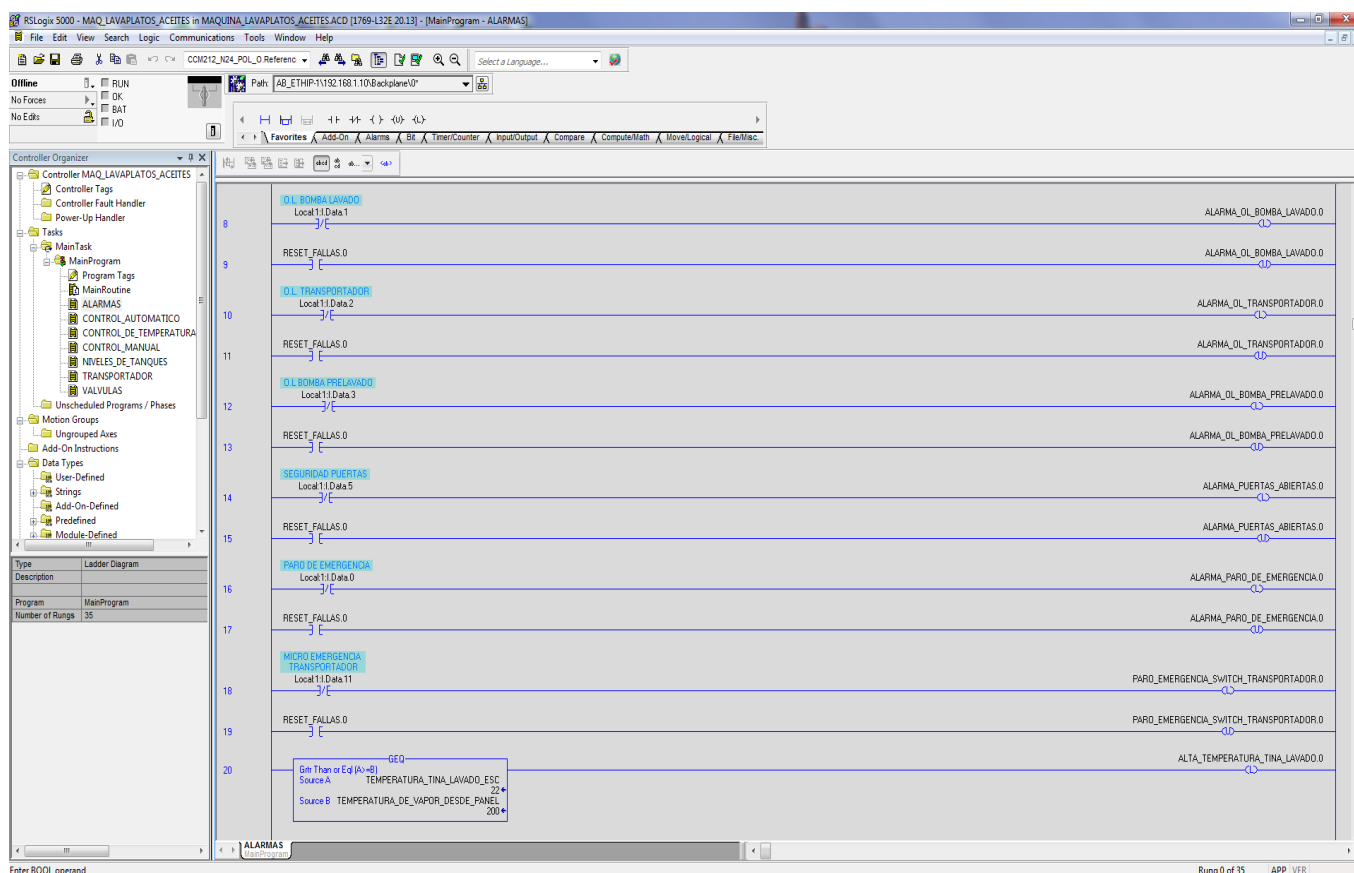


Fig. 6.46 Programación de alarmas en PLC

6.4.6 Sensores de temperatura

Los sensores de temperatura instalados en la máquina del tipo PT100 fueron verificados directamente en la pantalla de temperaturas de los tanques en el HMI.



Fig. 6.47 Pantalla de temperaturas de tanques

7. Memoria de costos

Con base en la e-shop <https://www.plc-city.com> se obtuvo la siguiente información sobre los costos del equipo electrónico para determinar una relación costo-beneficio.

- Equipo Allen Bradley (PLC, HMI, Switch, cables de comunicación)
 - Procesador 1769-L32 Allen Bradley costo: \$ 53,083.95
 - Fuente de alimentación 1769-PA4 costo: \$ 5,898.22
 - Módulo de entradas digitales 1769-IQ16 costo: \$ 3,145.72
 - Módulo de salidas digitales 1769-OB16 costo: \$ 4,089.43
 - Módulo de entradas analógicas 1769-IR6 costo: \$ 13,664.20
 - Switch Stratix 2000 1783-US4TUH costo: \$ 8,065.36
 - HMI Panel View Plus 700 2711P-RDT7CK costo: \$ 32,842.34
 - Cable de red Ethernet 1585J-M8TBJM 2 mts. costo: \$ 2,000.00

Total: \$ 122,789.22



1769-L32E Allen-Bradley

CompactLogix EtherNet Controller , 750k Memory

NFS - Nuevo de Fábrica en embalaje Sellado

Mex \$53,083.95

Disponible para ordenar 10 días

AÑADIR A LA CESTA



Fig. 7.1 Costo de procesador L32E

- Equipos varios
 - Contactores eléctricos costo: \$ 3,000
 - Fuente de alimentación Allen Bradley 1794-PS3 costo: \$ 4,162
 - Relevadores de estado sólido x 16 pzs costo: \$ 84,031.78
 - Borneras de conexión tipo dok x 100 pzs Phoenix Contact costo: \$ 31,000

- Porta fusibles Phoenix Contact x 30 pzs	costo: \$ 5,814
- Cable de aluminio AWG 16 Lapp Kabel 200 mts	costo: \$ 2700
- Cable de cobre para fuerza AWG 10 100 mts Condumex	costo: \$ 1500
- Disyuntores varios	costo: \$ 5000
- Botones eléctricos	costo: \$ 500
Total	\$ 137,707.78

Costo total de equipo eléctrico y electrónico

Total \$ 260,497

Costo por horas de programación, diseño e implementación.

El proyecto desde su diseño hasta su implementación en campo tardó un tiempo de 60 días, por lo que se contempla el salario base de un día, por cada día del tiempo de desarrollo.

Costo: \$68, 580

Costo total del proyecto: \$ 329,077

8. Resultados

El nuevo sistema de control implementado en la máquina lava loza ayudó en gran medida al ahorro de agua potable, vapor y energía eléctrica, gracias a la programación por medio del PLC la máquina ahora alcanza temperaturas altas utilizando menor cantidad del vapor, se logró una limpieza más efectiva y confiable ya que se habilitó nuevamente el booster, lo que permitió en la zona de enjuague aumentar la presión del agua así como elevar su temperatura logrando que la solución secante actué en cuestión de segundos para evaporar el agua al término del ciclo de lavado, de igual manera se registró un ahorro de energía considerable debido a que las bombas presentan ahora una programación óptima que determina con exactitud los periodos de tiempo por los cuales deben encontrarse en operación y durante que periodos deben encontrarse en espera. Anteriormente la máquina se encontraba en funcionamiento al 100% a pesar de que existiera la ausencia de loza para lavar, lo que provocaba grandes consumos de agua, energía eléctrica y vapor.

La implementación de sistemas de seguridad en la máquina brindan ahora una mayor confiabilidad de operación y reducción de algún accidente laboral. Se cumplieron los objetivos planteados para este proyecto y se logró profundizar en el aprendizaje sobre el desarrollo y ejecución de proyectos de automatización en la industria.

Conclusiones

La relación costo-beneficio obtuvo buenos resultados, la máquina puede ser operativa por un largo periodo de tiempo sin necesidad de adquirir una máquina nueva como se tenía contemplado antes de presentar este proyecto. Actualmente este tipo de máquinas se encuentra alrededor de los 2 millones de pesos ofreciendo las mismas características de operación por lo que se logró un ahorro importante en los gastos de la empresa.

Gracias al aprendizaje adquirido en la Facultad de Ingeniería, desde las ciencias básicas hasta las materias de electrónica, control, programación, potencia y con la experiencia adquirida desde el tiempo en que comencé a laborar, me fue posible el desarrollo de este proyecto. Actualmente la empresa cuenta con proyectos de este tipo ya implementados en todas las áreas de producción, lo que ayuda en gran medida mi crecimiento personal y profesional, adquiriendo día con día nuevos conocimientos.

Los procesos de fabricación de la empresa se encuentran de forma automatizada para garantizar calidad a los productos ofrecidos y al día de hoy la empresa en donde laboro crece día a día en cuestión de Tecnología lo que representa un gran reto personal el crecer a la par con mejores e innovadoras ideas de desarrollo.

Bibliografía

http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf

<http://www.ctinmx.com/que-es-un-plc/>

<http://aplicacionesdeplc.blogspot.com/2011/03/estructura-de-un-plc.html>

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/ESTRUCTURAS/ESTRUCTURA%20INTERNA/MEMORIA/memoria.htm>

<https://instrumentacionycontrol.net/estructura-de-un-plc-modulos-de-memoria/>

<http://www.autracen.com/la-piramide-cim/>

<http://www.autracen.com/las-redes-industriales-allen-bradley/>

<https://www.odva.org/Technology-Standards/DeviceNet-Technology/Overview>

<https://ab.rockwellautomation.com/es/Networks-and-Communications/Ethernet-IP-Network>

<https://elj0na.files.wordpress.com/2011/10/curso-redes-control-device-net.pdf>

<https://www.linksys.com/es/r/resource-center/que-es-ethernet/>

<https://www.ghm-group.de/es/areas-de-negocio/sensores-industriales/>
<https://www.ghm-group.de/es/areas-de-negocio/sensores-industriales/>

<http://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info67/sensores.pdf>

<https://www.phoenixcontact.com/>

https://www.rockwellautomation.com/es_MX/overview.page

<https://www.plc-city.com/shop/es/>

<https://www.mouser.mx>

Glosario

Autómata

Máquina automática programable capaz de realizar determinadas operaciones de manera autónoma y sustituir a los seres humanos en algunas tareas, en especial las pesadas, repetitivas o peligrosas; puede estar dotada de sensores, que le permiten adaptarse a nuevas situaciones

Chasis

Cubierta o carcasa donde se alojan las tarjetas en forma ordenada, que por lo general están comunicadas.

Convertidor DAC

Digital to analogue converter es un conversor capaz de transformar la señal digital en analógica.

CPU

Unidad Central de Procesamiento

Depurado

Es el proceso de identificar y corregir errores de programación

Dirección IP

Es un número que identifica, de manera lógica y jerárquica, a una Interfaz en red de un dispositivo que utilice el protocolo IP

Fuente de alimentación

Es el dispositivo que convierte la corriente alterna (CA), en una o varias corrientes continuas (CC), que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conectan

Hardware

Conjunto de elementos físicos o materiales que constituyen una computadora o un sistema informático

HMI

Panel o pantalla que ayuda en la operación de una máquina.

LAN

Es una red que conecta ordenadores en un área relativamente pequeña y predeterminada

Optocoplador

Es un dispositivo de emisión y recepción que funciona como un interruptor activado mediante la luz emitida por un diodo LED que satura un componente opto electrónico, normalmente en forma de fototransistor o fototriac.

Protocolo

Es un sistema de reglas que permiten que dos o más entidades de un sistema de comunicación se comuniquen entre ellas para transmitir información por medio de cualquier tipo de variación de una magnitud física.

Relevador

Es un dispositivo electromagnético. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes

RTD

Es un detector de temperatura resistivo, es decir, un sensor de temperatura basado en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura

Señal analógica

Es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético; que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo en función del tiempo

Señal digital

La señal digital es un tipo de señal en que cada signo que codifica el contenido de la misma puede ser analizado en término de algunas magnitudes que representan valores discretos, en lugar de valores dentro de un cierto rango

Switch

Es un dispositivo que permite que la conexión de computadoras y periféricos a la red para que puedan comunicarse entre sí y con otras redes

Tasa de transferencia

Es el número de bits que se transmiten por unidad de tiempo a través de un sistema de transmisión digital o entre dos dispositivos digitales

Termopar

Es un transductor formado por la unión de dos metales distintos que produce una diferencia de potencial muy pequeña (del orden de los mili voltios) que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos.

Topología

Es el mapa físico o lógico de una red para intercambiar datos. En otras palabras, es la forma en que está diseñada la red, sea en el plano físico o lógico.

WAN

Es una red de computadoras que une varias redes locales, aunque sus miembros no estén todos en una misma ubicación física.

Anexos

Anexo A

Diagramas de la Máquina

MAQUINA LAVAPLATOS COMEDOR ACEITES

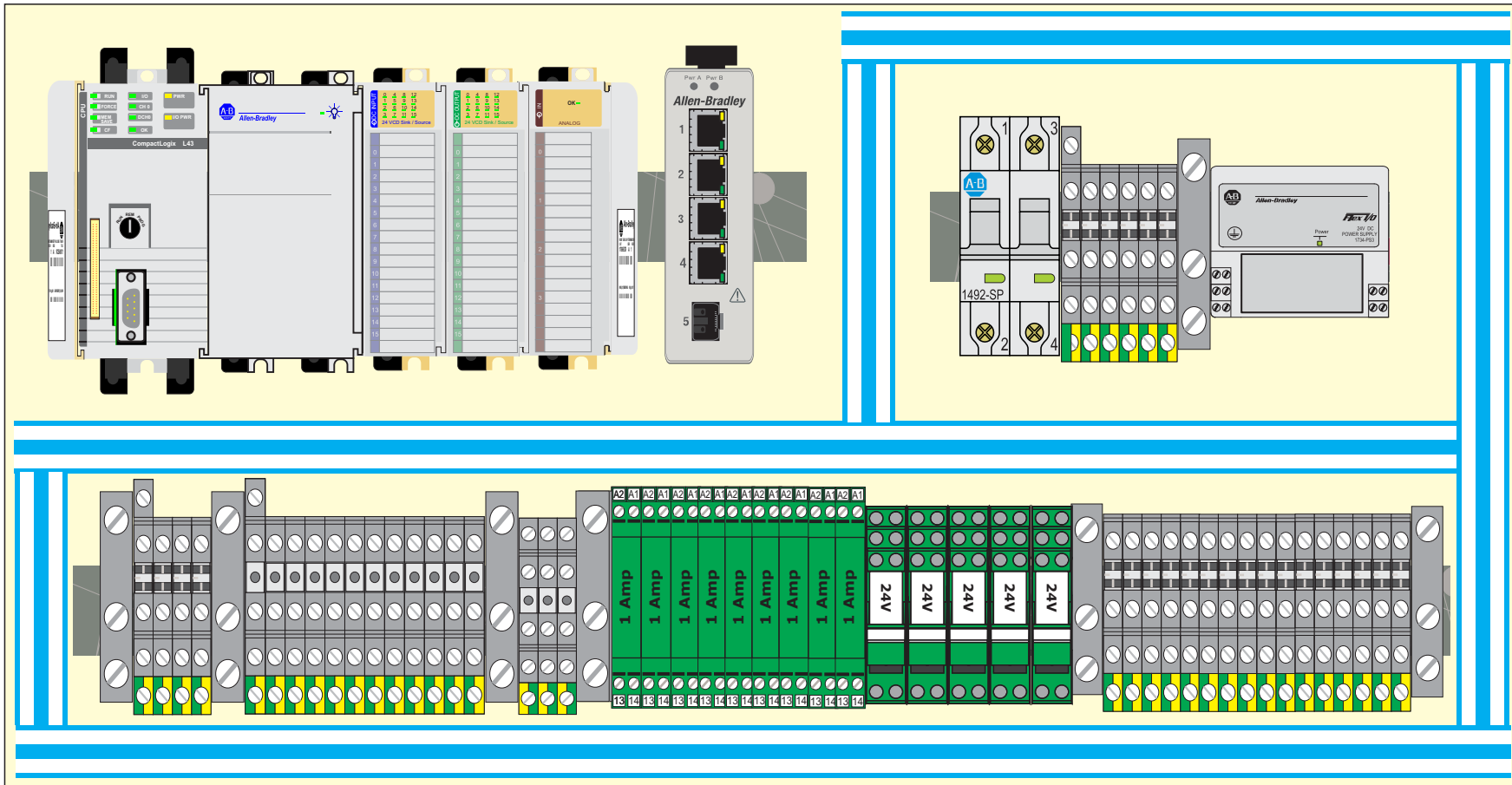
DIAGRAMAS DE CONTROL

GERENCIA DE PROYECTOS INSTALACIONES
Y MANTENIMIENTO

DEPARTAMENTO DE ELECTRONICA

		PROYECTO	MAQUINA LAVAPLATOS COMEDOR ACEITES		ARCHIVO	VERSION	1.0	FECHAS
PLANTA	ACEITES	DESCRIPCIÓN	PRESENTACIÓN			DISEÑO	Gustavo A.	30/AGO/17
AREA	COMEDOR					DIBUJO	Gustavo A.	30/AGO/17
					REVISOR	MATEO S.	30/AGO/17	
					PLANO No.		HOJA	1 de 13

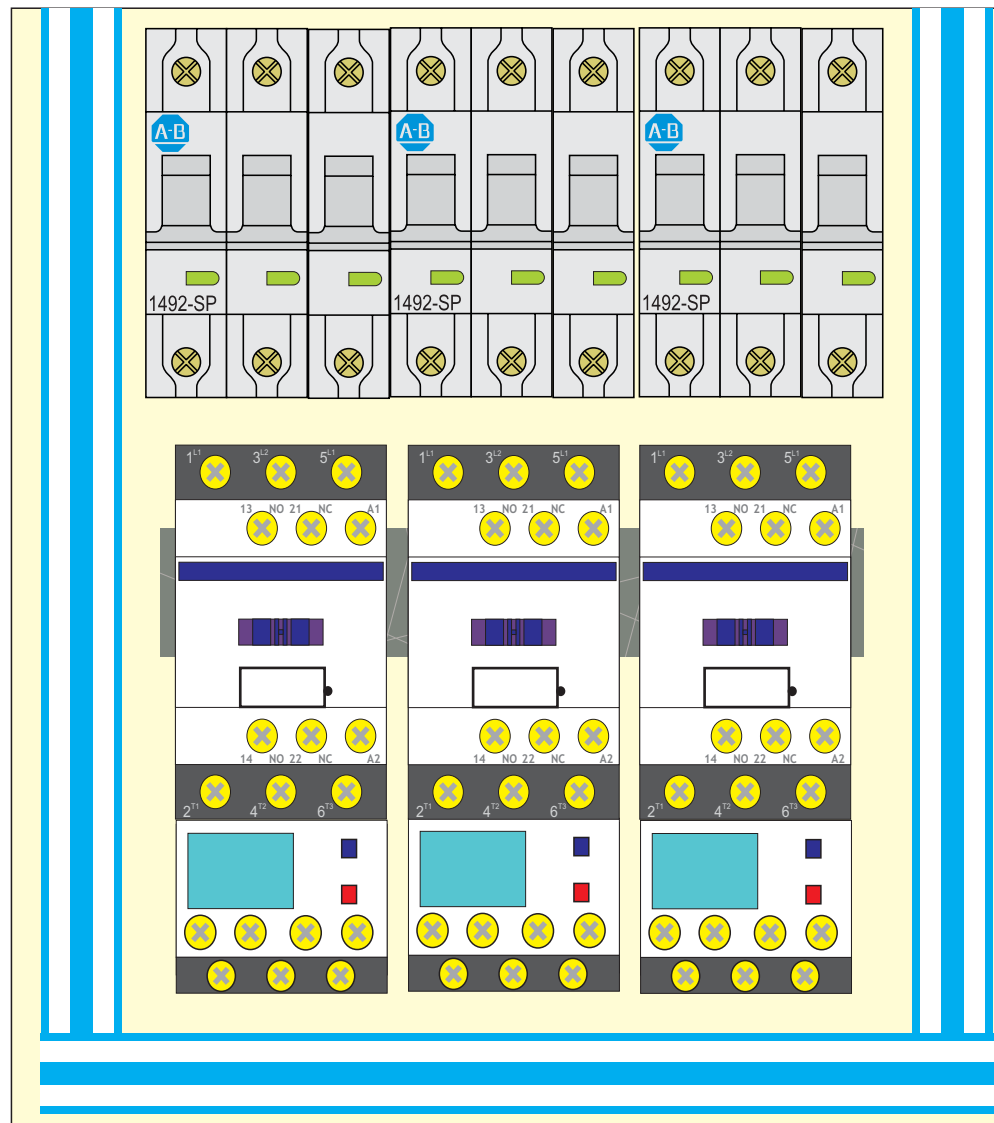
58 cm



30 cm

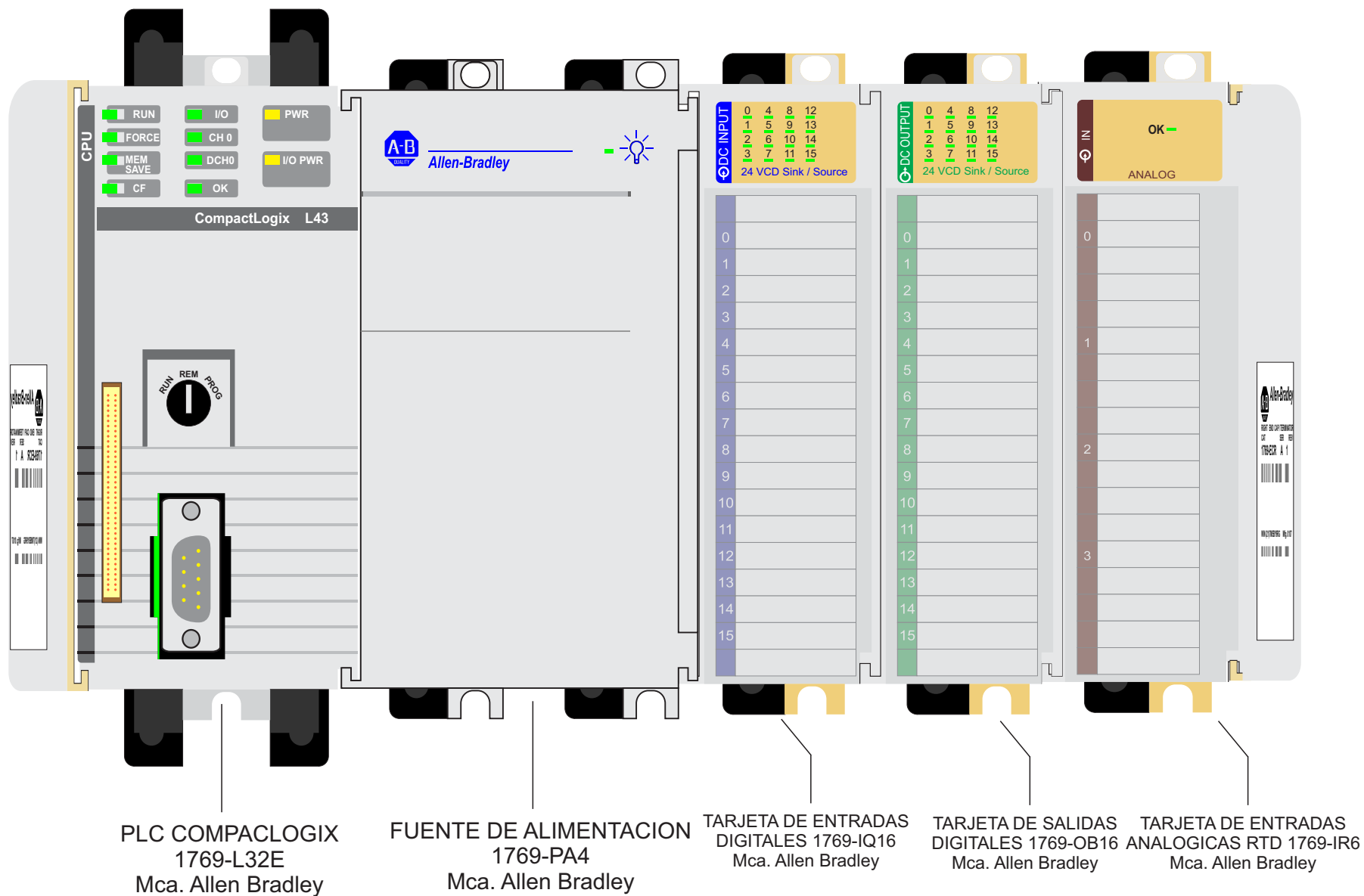
		PROYECTO MAQUINA LAVAPLATOS COMEDOR ACEITES	ARCHIVO		VERSION	1.0	FECHAS
					DISEÑO	Gustavo A.	30/AGO/17
PLANTA	ACEITES	DESCRIPCIÓN Arreglo Físico Control			DIBUJO	Gustavo A.	30/AGO/17
AREA	COMEDOR				REVISO	MATEO S.	30/AGO/17
		PLANO No.				HOJA	2 de 13

26 cm

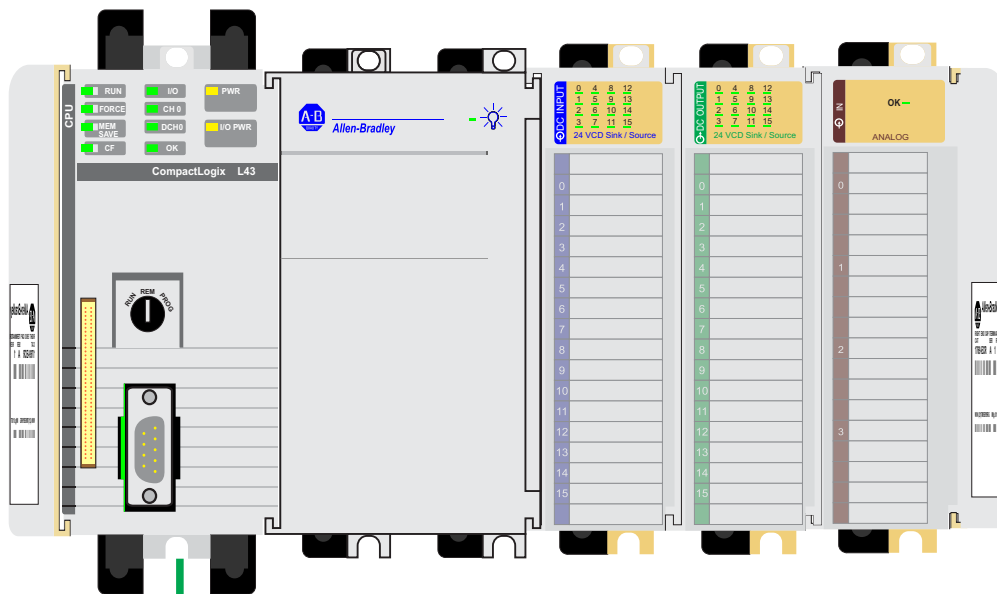


28 cm

		PROYECTO		MAQUINA LAVAPLATOS COMEDOR ACEITES		ARCHIVO		VERSION	1.0	FECHAS		
		DESCRIPCIÓN		Arreglo Físico Fuerza				DISEÑO	Gustavo A.	30/AGO/17		
								DIBUJO	Gustavo A.	30/AGO/17		
								REVISO	MATEO S.	30/AGO/17		
PLANTA	ACEITES							PLANO No.			HOJA	3 de 13
AREA	COMEDOR											



		PROYECTO		MAQUINA LAVAPLATOS COMEDOR ACEITES		ARCHIVO		VERSION	1.0	FECHAS	
								DISEÑO	Gustavo A.	30/AGO/17	
		DIBUJO	Gustavo A.	30/AGO/17							
		REVISO	MATEO S.	30/AGO/17							
PLANTA	ACEITES	DESCRIPCIÓN		Arreglo Físico PLC		PLANO No.				HOJA	4 de 13
AREA	COMEDOR										



RED DE CONTROL

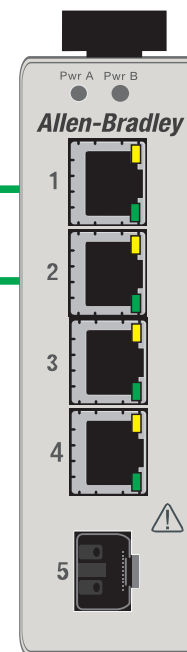
PLC COMPACLOGIX
1769-L32E
Mca. Allen Bradley

192.168.1.10

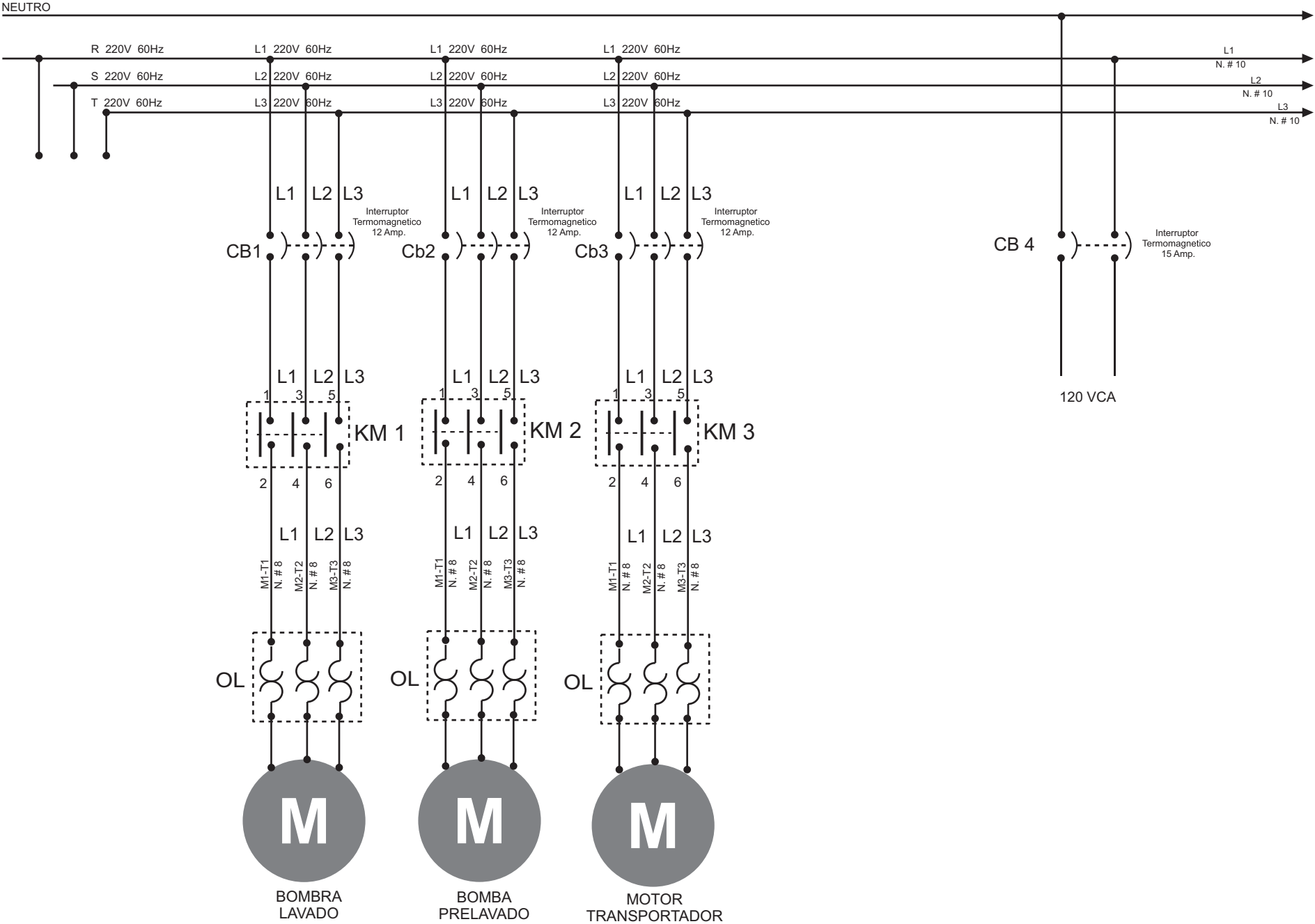


HMI PANELVIEW PLUS 700
Mca. Allen Bradley

192.168.1.11



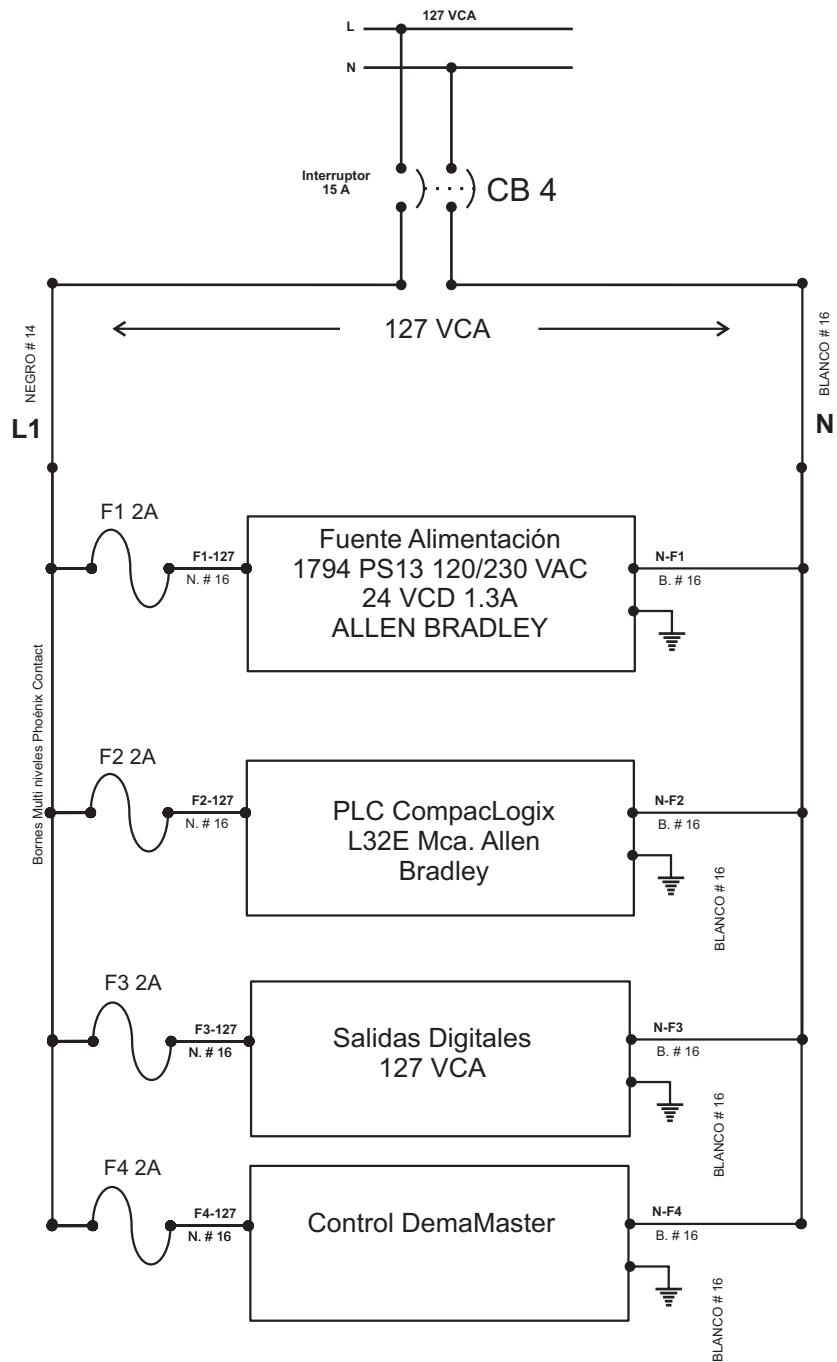
		PROYECTO	MAQUINA LAVAPLATOS COMEDOR ACEITES		ARCHIVO	VERSION	1.0	FECHAS	
						DISEÑO	Gustavo A.	30/AGO/17	
						DIBUJO	Gustavo A.	30/AGO/17	
						REVISO	MATEO S.	30/AGO/17	
PLANTA	ACEITES	DESCRIPCIÓN	Topología de Red		PLANO No.			HOJA	5 de 13
AREA	COMEDOR								



PLANTA	ACEITES
AREA	COMEDOR

PROYECTO	MAQUINA LAVAPLATOS COMEDOR ACEITES
DESCRIPCIÓN	Alimentacion Principal y Fuerza

ARCHIVO	VERSION	1.0	FECHAS
	DISEÑO	Gustavo Á.	30/AGO/17
	DIBUJO	Gustavo Á.	30/AGO/17
	REVISO	MATEO S.	30/AGO/17
PLANO No.		HOJA	6 de 13



PROYECTO

**MAQUINA LAVAPLATOS
COMEDOR ACEITES**

DESCRIPCIÓN

Alimentacion del Control

ARCHIVO

VERSION

1.0

FECHAS

DISEÑO

Gustavo Á.

30/AGO/17

DIBUJO

Gustavo Á.

30/AGO/17

REVISO

MATEO S.

30/AGO/17

PLANO No.

HOJA

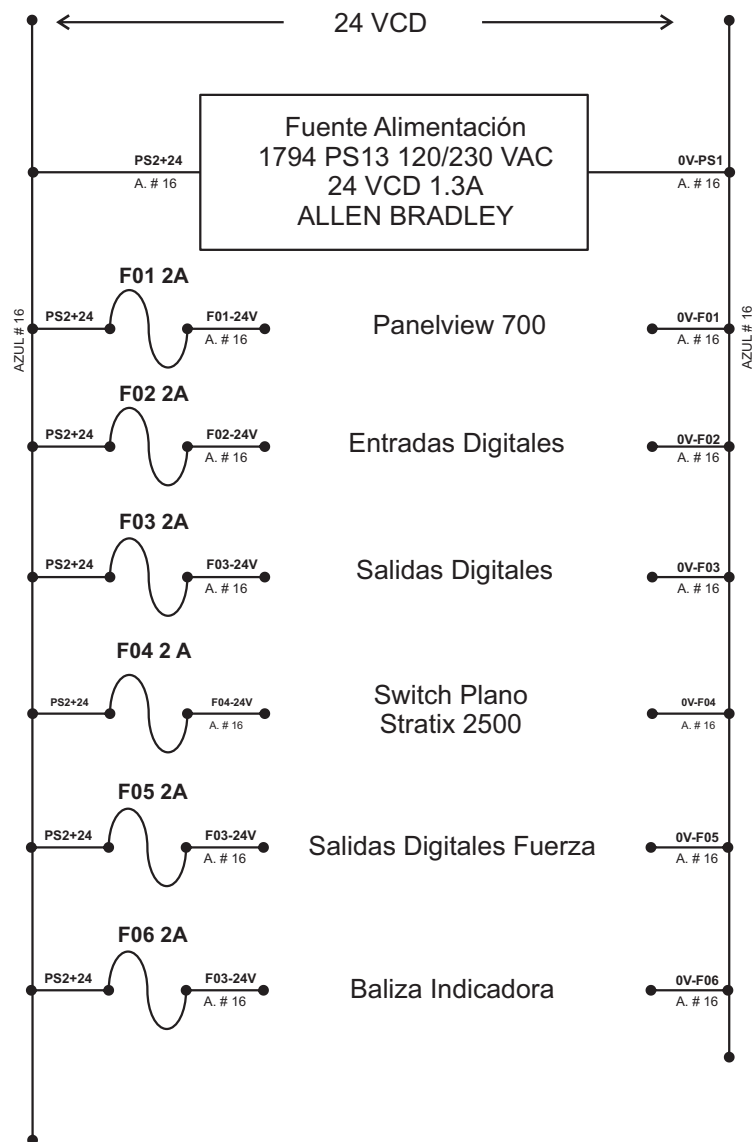
7 de 13

PLANTA

ACEITES

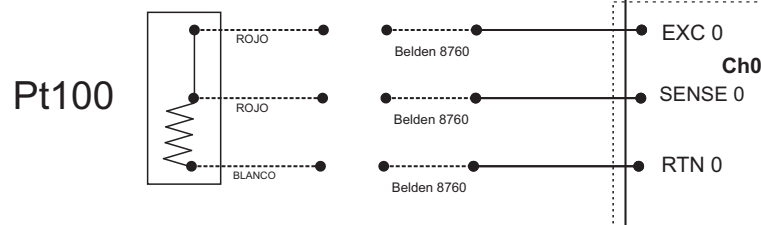
AREA

COMEDOR

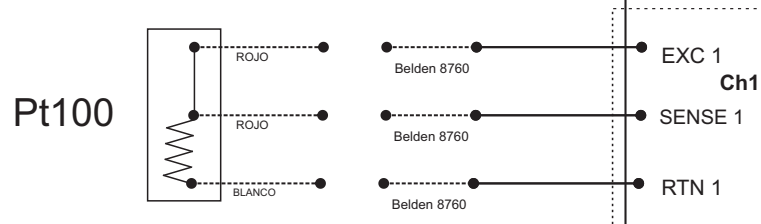


		PROYECTO MAQUINA LAVAPLATOS COMEDOR ACEITES	ARCHIVO		VERSION	1.0	FECHAS
					DISEÑO	Gustavo A.	30/AGO/17
					DIBUJO	Gustavo A.	30/AGO/17
					REVISO	MATEO S.	30/AGO/17
PLANTA	ACEITES	DESCRIPCIÓN Alimentación 24 VCD	PLANO No.		HOJA		8 de 13
AREA	COMEDOR						

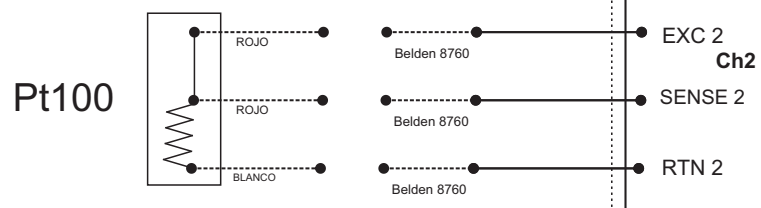
0 VCD



TEMPERATURA
DE TANQUES



TEMPERATURA
AGUA ENJUAGUE



TEMPERATURA
VAPOR AL BOOSTER

Tarjeta de
Entradas
Analógicas
RTD 6 CH
1769 - IR6

PROYECTO

**MAQUINA LAVAPLATOS
COMEDOR ACEITES**

DESCRIPCIÓN

Entradas RTD

ARCHIVO

VERSION

1.0

FECHAS

DISEÑO

Gustavo A.

30/AGO/17

DIBUJO

Gustavo A.

30/AGO/17

REVISO

MATEO S.

30/AGO/17

PLANO No.

HOJA

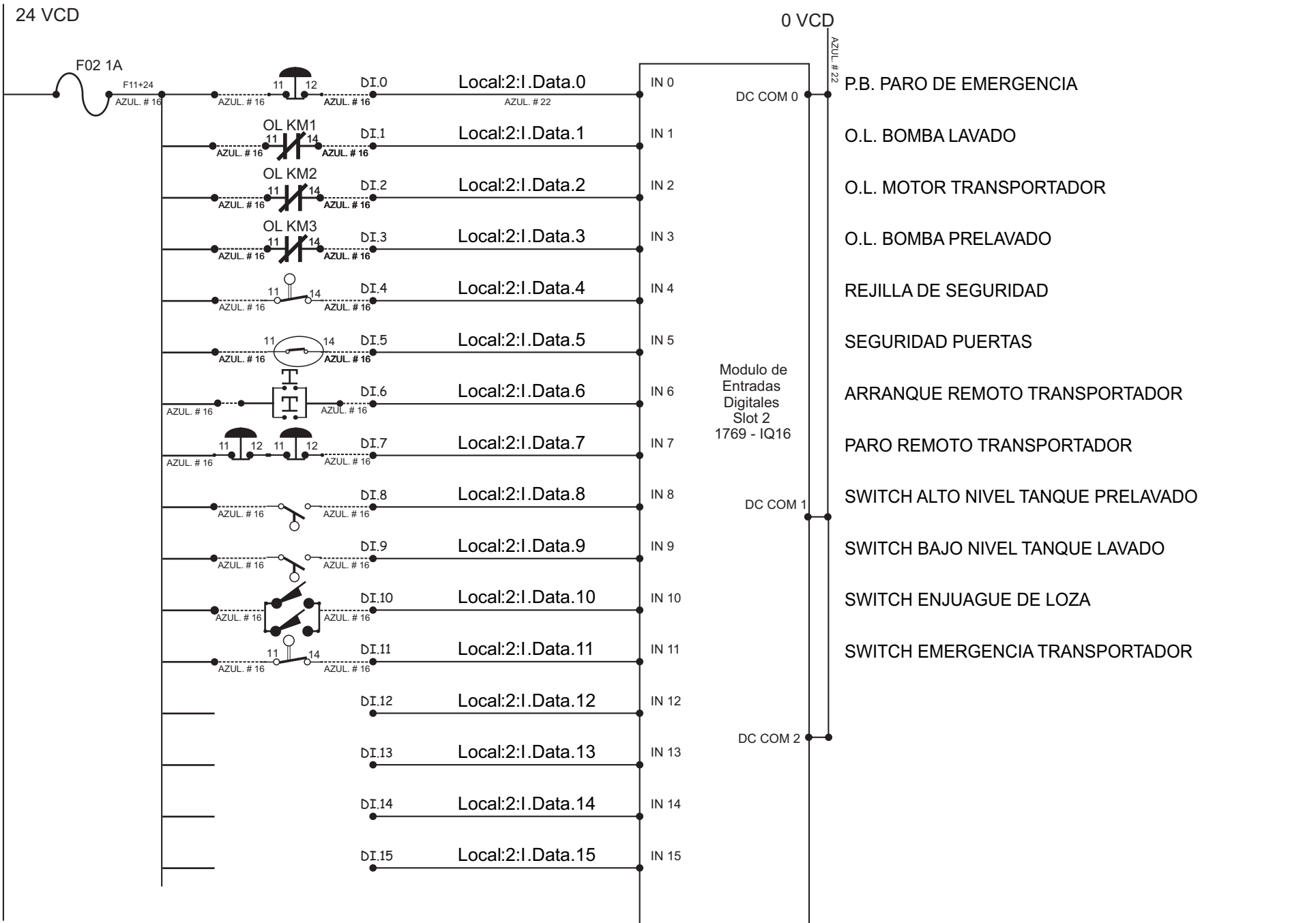
9 de 13

PLANTA

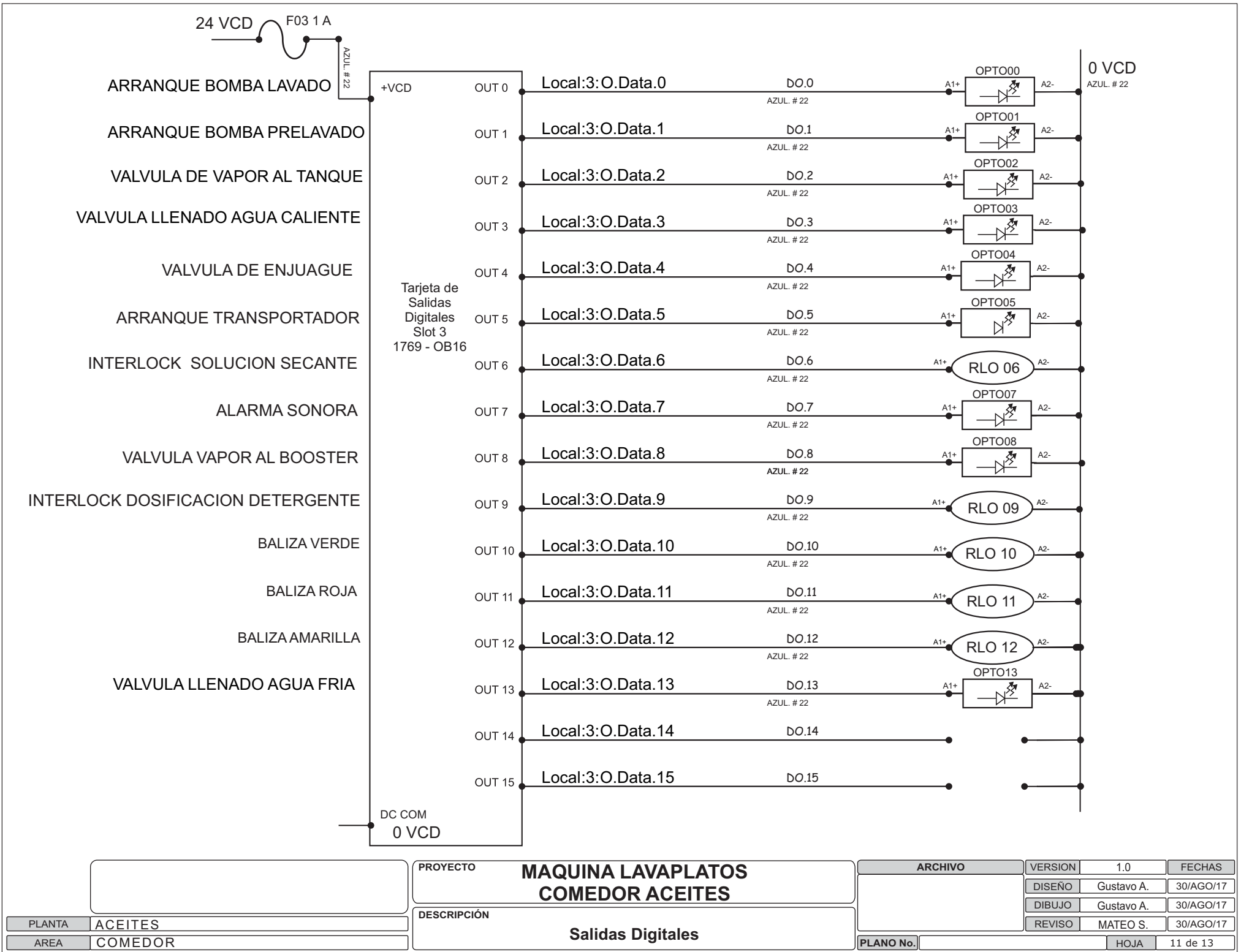
ACEITES

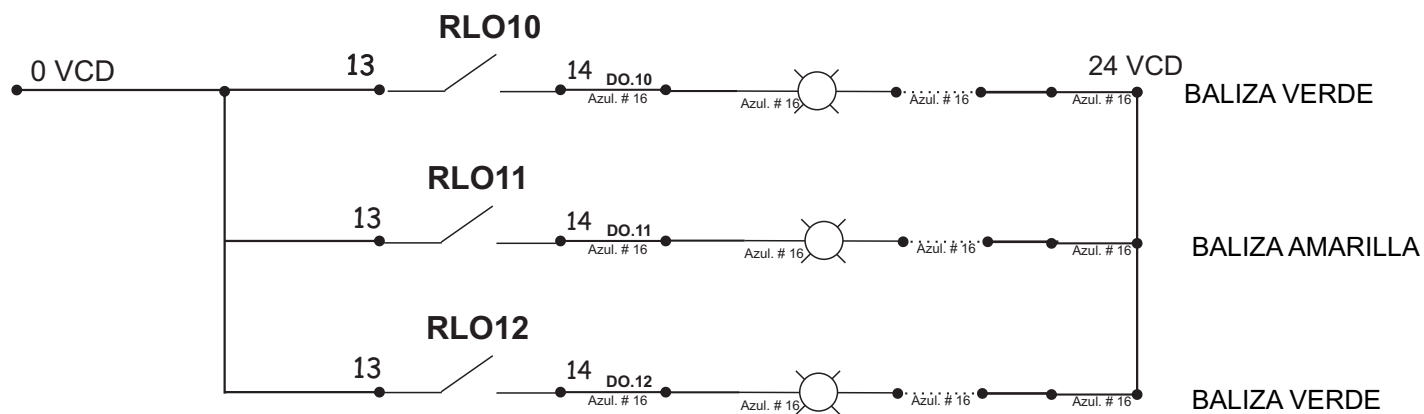
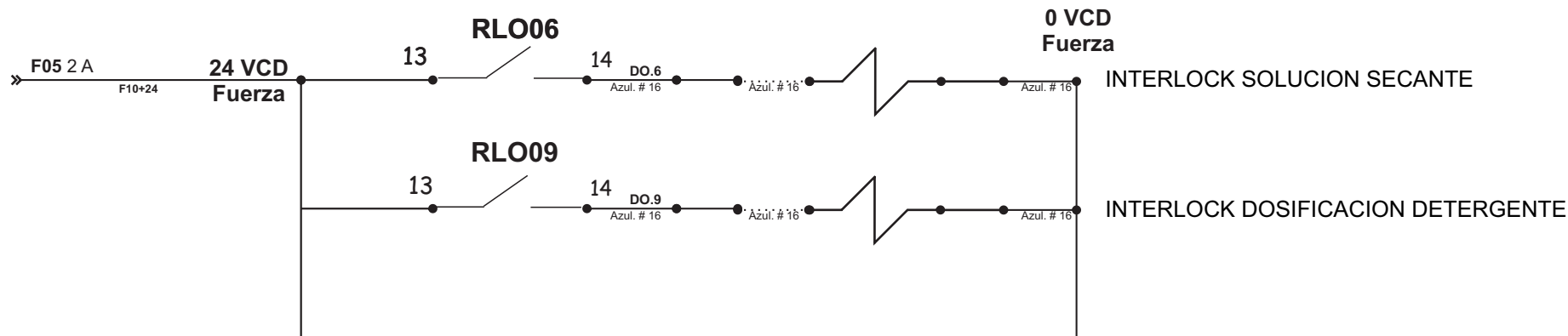
AREA

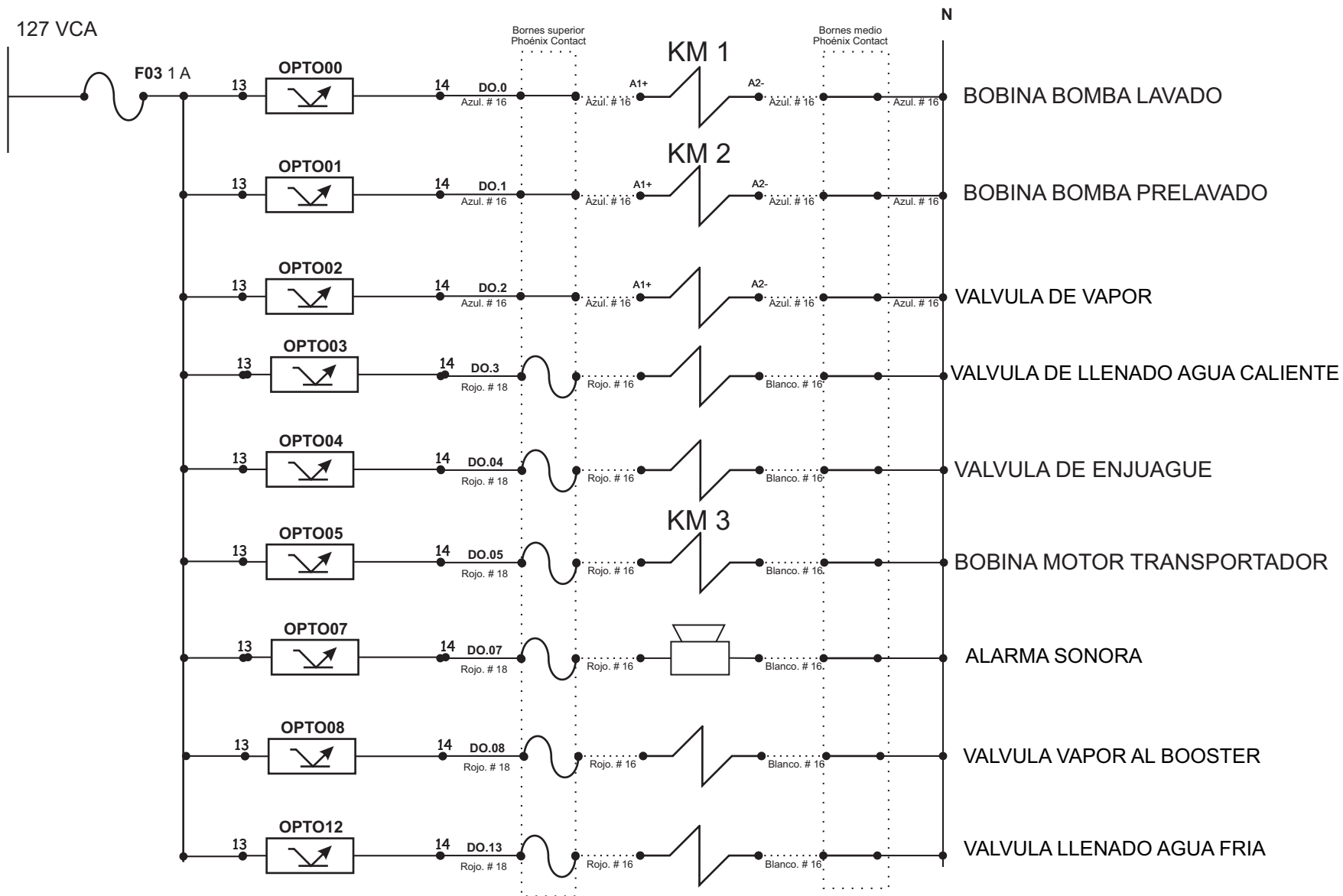
COMEDOR



		PROYECTO MAQUINA LAVAPLATOS COMEDOR ACEITES		ARCHIVO		VERSION	1.0	FECHAS
						DISEÑO	Gustavo A.	30/AGO/17
						DIBUJO	Gustavo A.	30/AGO/17
						REVISO	MATEO S.	30/AGO/17
PLANTA	ACEITES	DESCRIPCIÓN Entradas Digitales		PLANO No.			HOJA	10 de 13
AREA	COMEDOR							



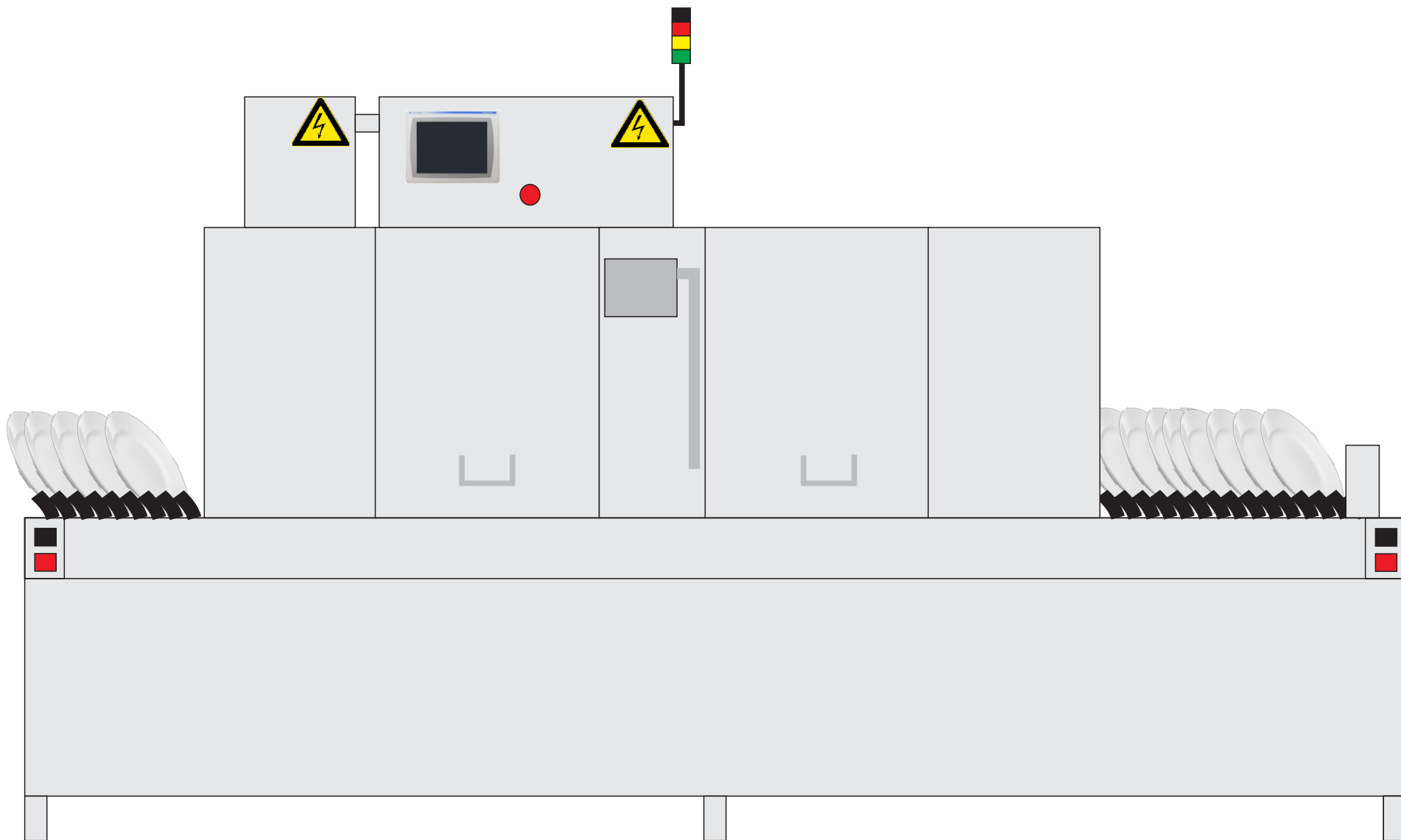




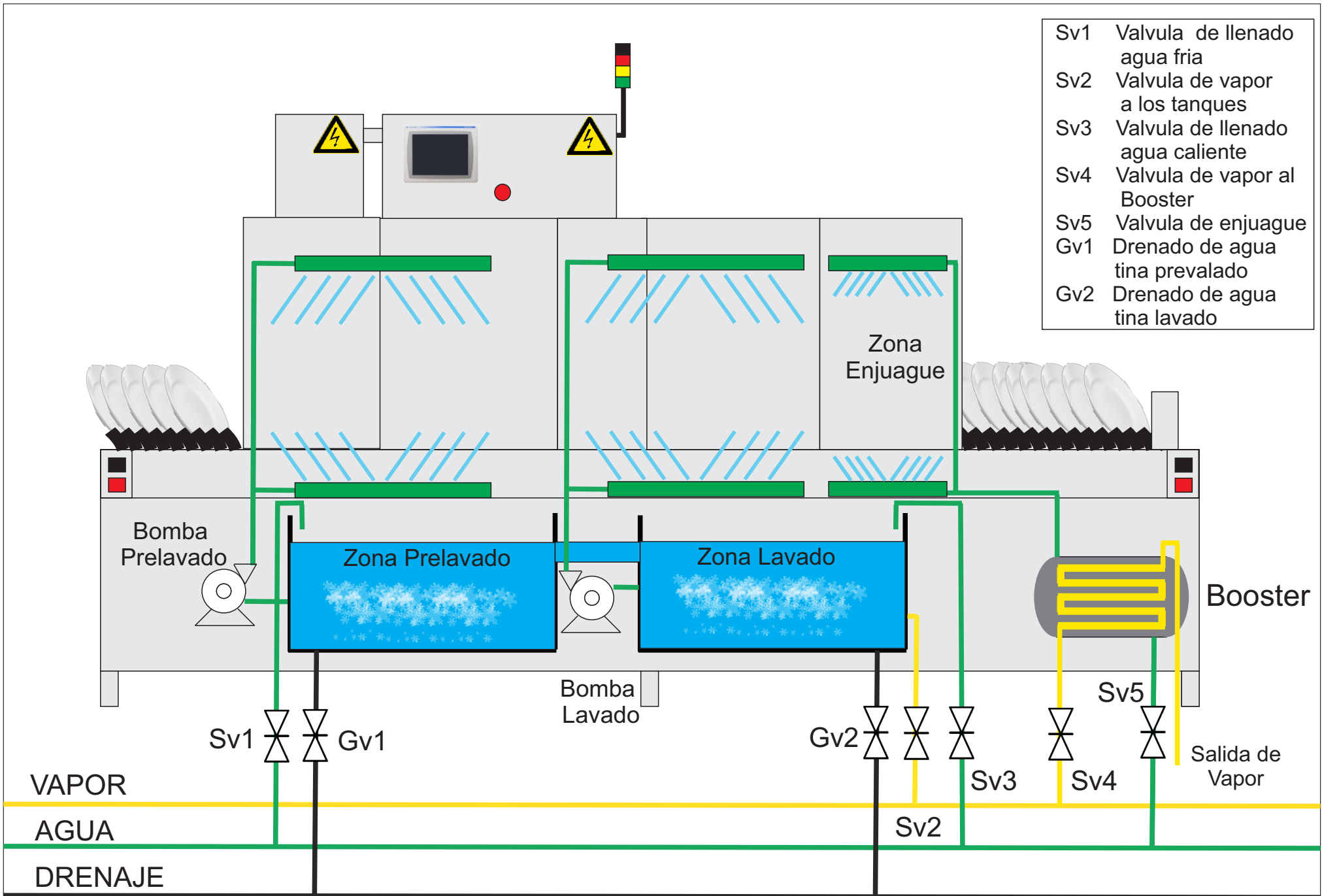
PLANTA	ACEITES
AREA	COMEDOR

PROYECTO	MAQUINA LAVAPLATOS COMEDOR ACEITES
DESCRIPCIÓN	Salidas Digitales 127 VCA

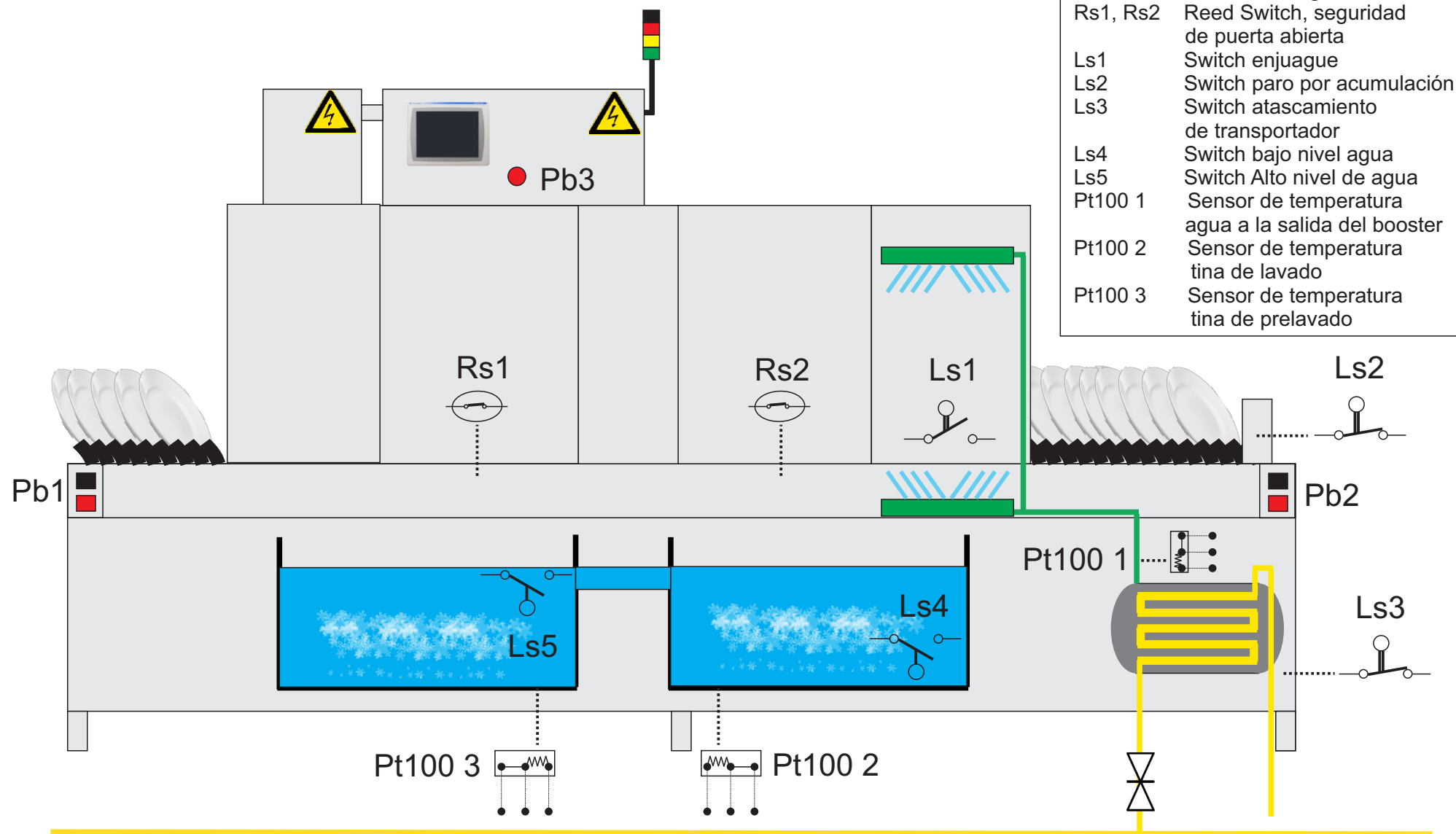
ARCHIVO	VERSION	FECHAS
	1.0	
	DISEÑO	Gustavo A. 30/AGO/17
	DIBUJO	Gustavo A. 30/AGO/17
	REVISO	MATEO S. 30/AGO/17
PLANO No.	HOJA	13 de 13



		PROYECTO	MAQUINA LAVAPLATOS COMEDOR ACEITES			ARCHIVO	VERSION	1.0	FECHAS	
PLANTA	ACEITES	DESCRIPCIÓN					DISEÑO	Gustavo A.	30/AGO/17	
AREA	COMEDOR						DIBUJO	Gustavo A.	30/AGO/17	
							REVISO	MATEO S.	30/AGO/17	
						PLANO No.			HOJA	1 de 13



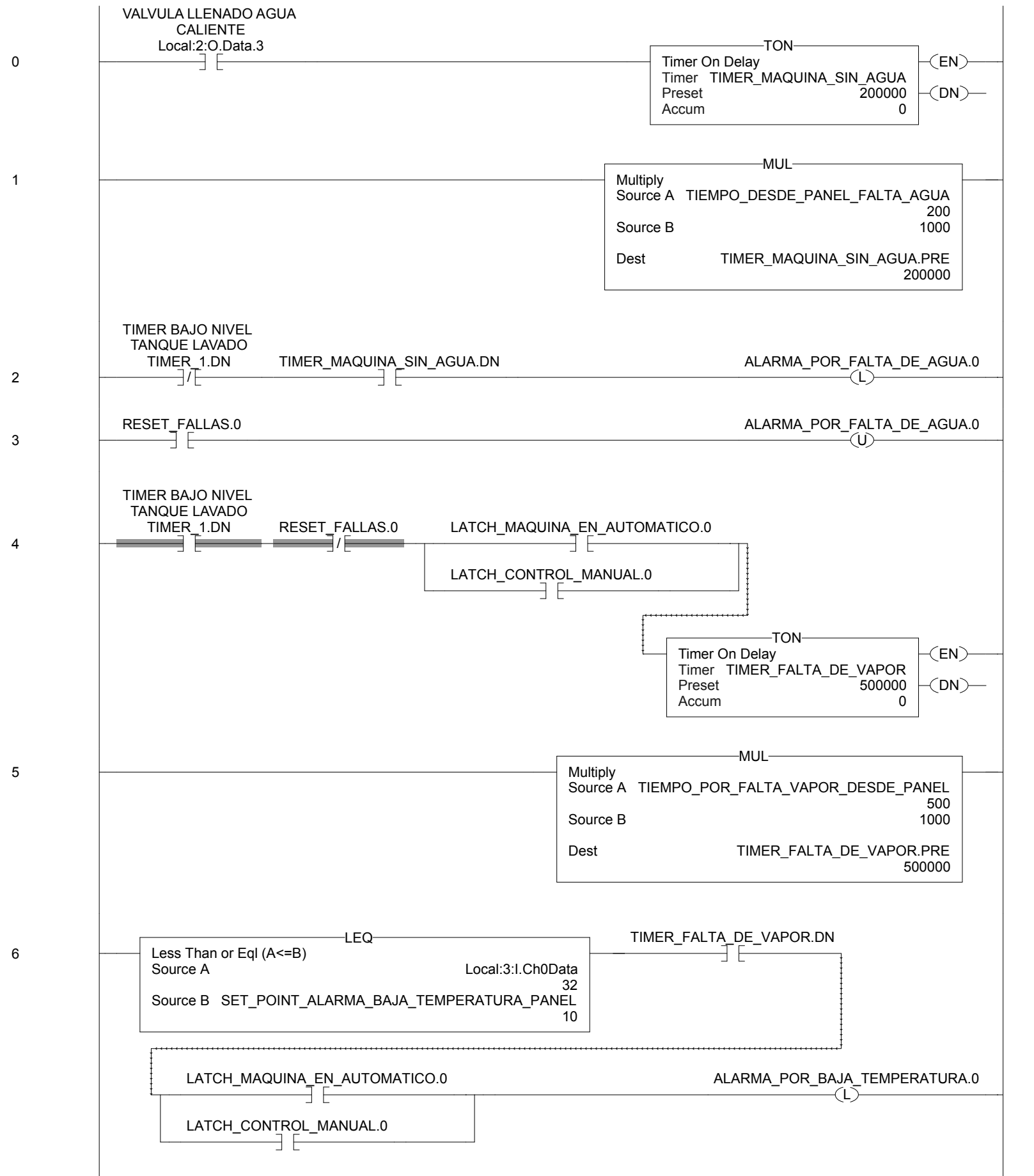
PLANTA ACEITES AREA COMEDOR		PROYECTO MAQUINA LAVAPLATOS COMEDOR ACEITES		ARCHIVO		VERSION 1.0	FECHAS
		DESCRIPCIÓN DIAGRAMA DE FLUJO		DISEÑO Gustavo A.		30/AGO/17	
				DIBUJO Gustavo A.		30/AGO/17	
				REVISO MATEO S.		30/AGO/17	
PLANO No.		HOJA 1 de 1					

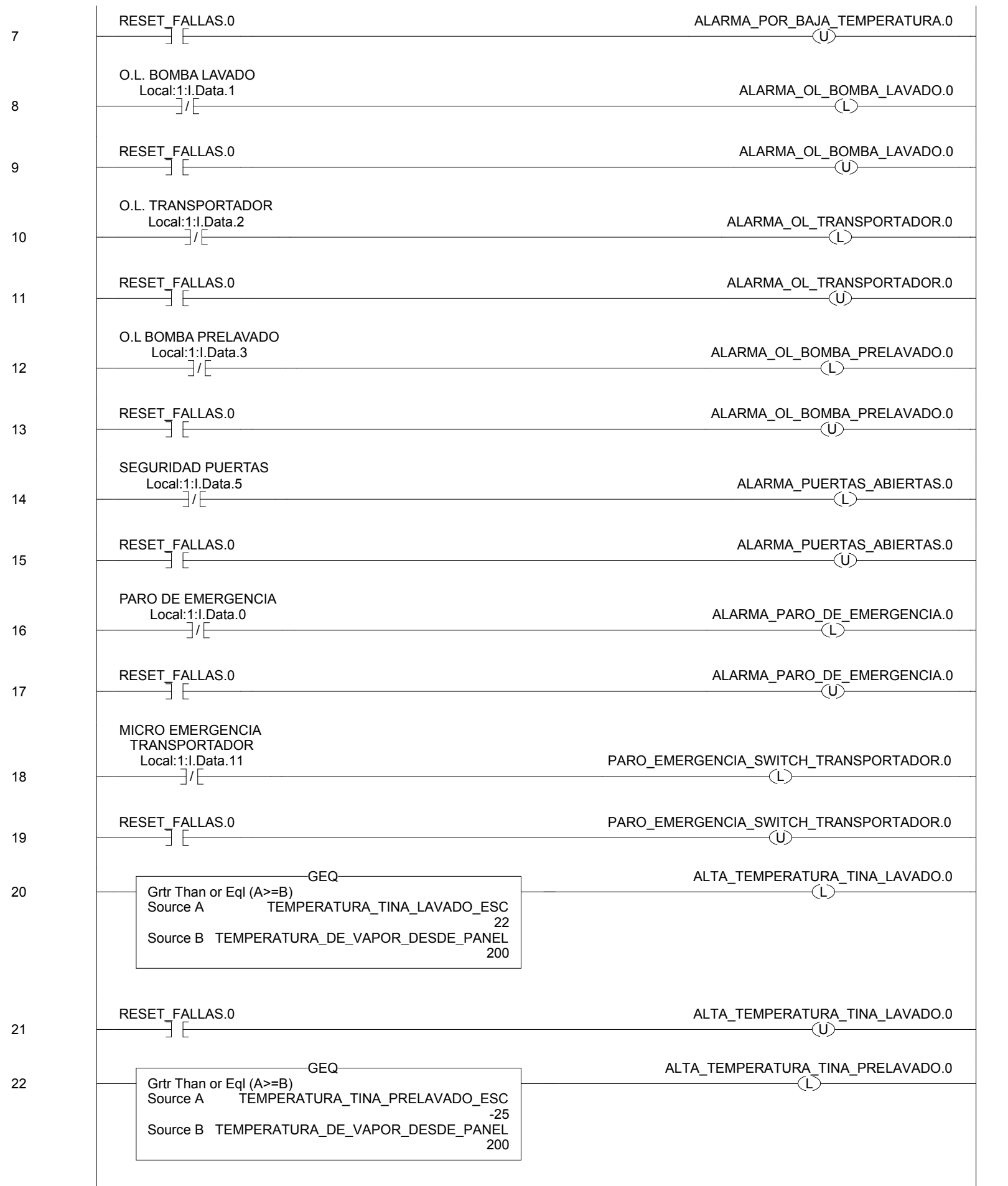


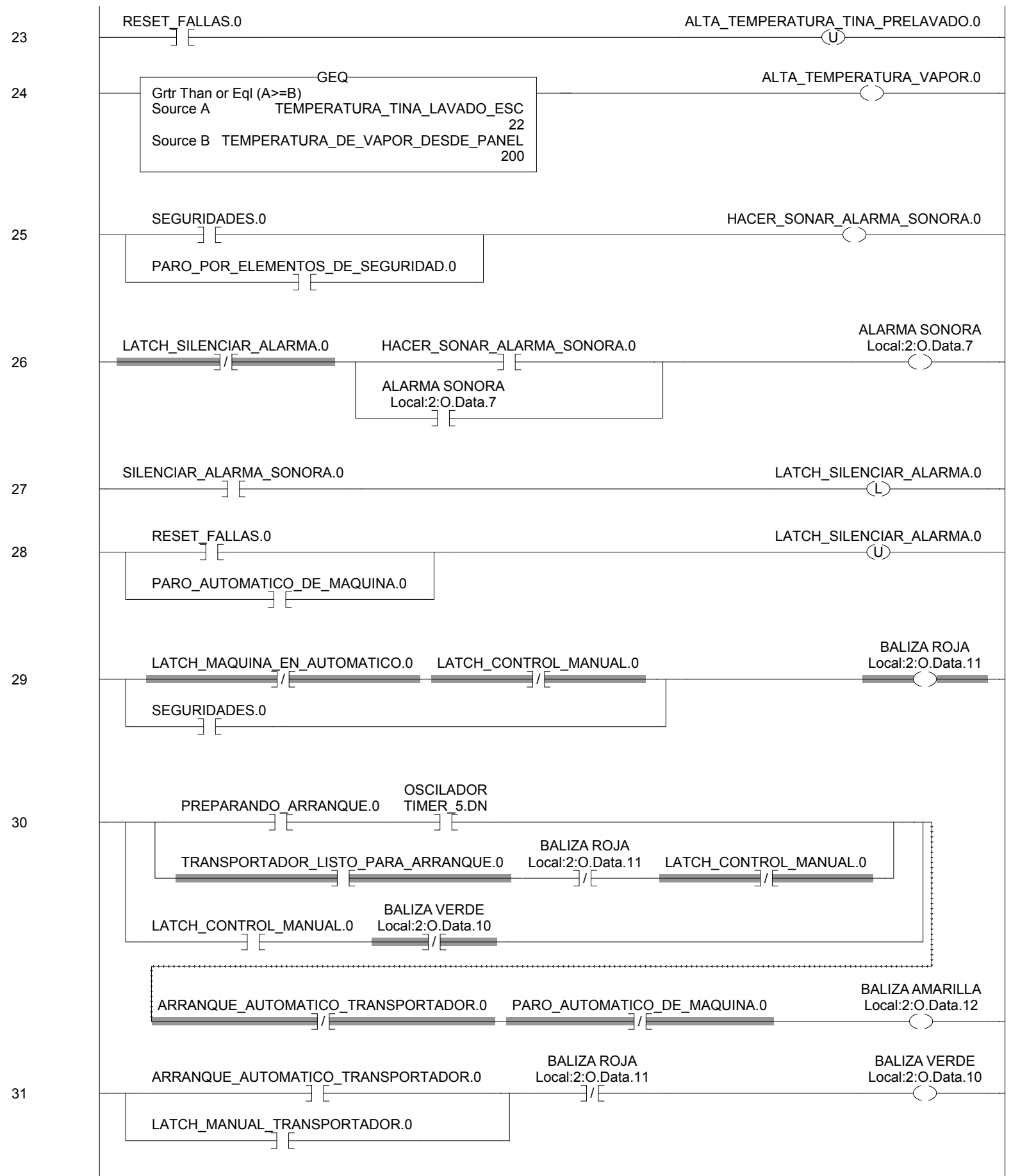
- Pb1, Pb2 Arranque y paro manual
- Pb3 Paro de emergencia
- Rs1, Rs2 Reed Switch, seguridad de puerta abierta
- Ls1 Switch enjuague
- Ls2 Switch paro por acumulación de transportador
- Ls3 Switch atascamiento de transportador
- Ls4 Switch bajo nivel agua
- Ls5 Switch Alto nivel de agua
- Pt100 1 Sensor de temperatura agua a la salida del booster
- Pt100 2 Sensor de temperatura tina de lavado
- Pt100 3 Sensor de temperatura tina de prelavado

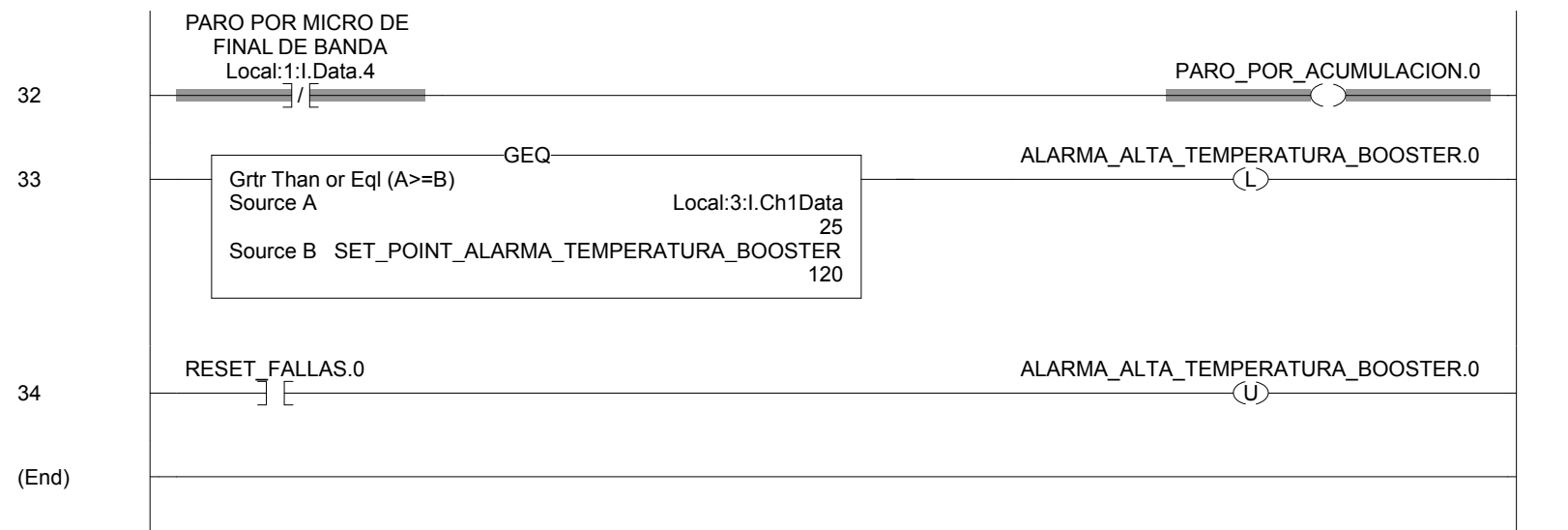
Anexo B

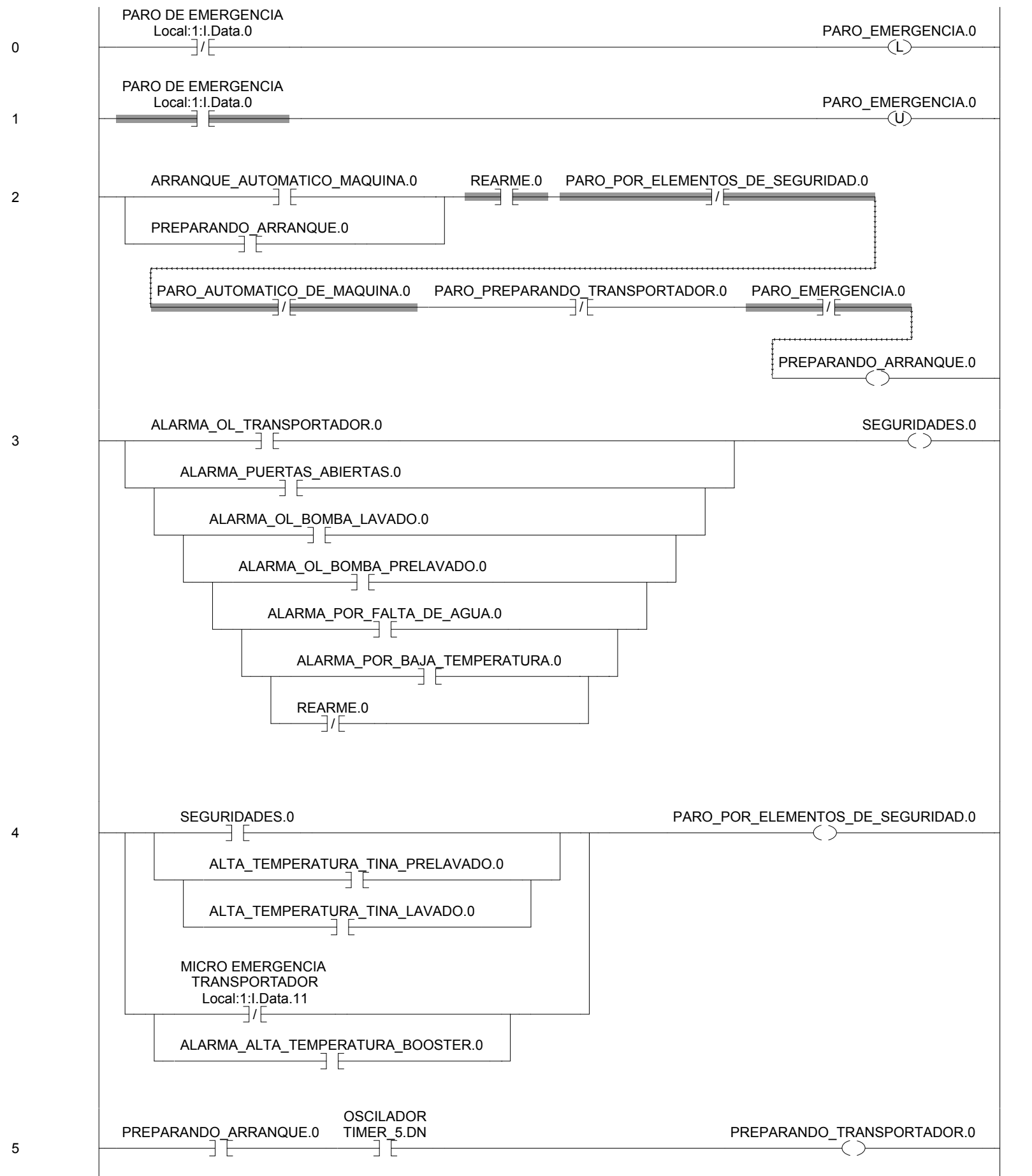
Programa del PLC

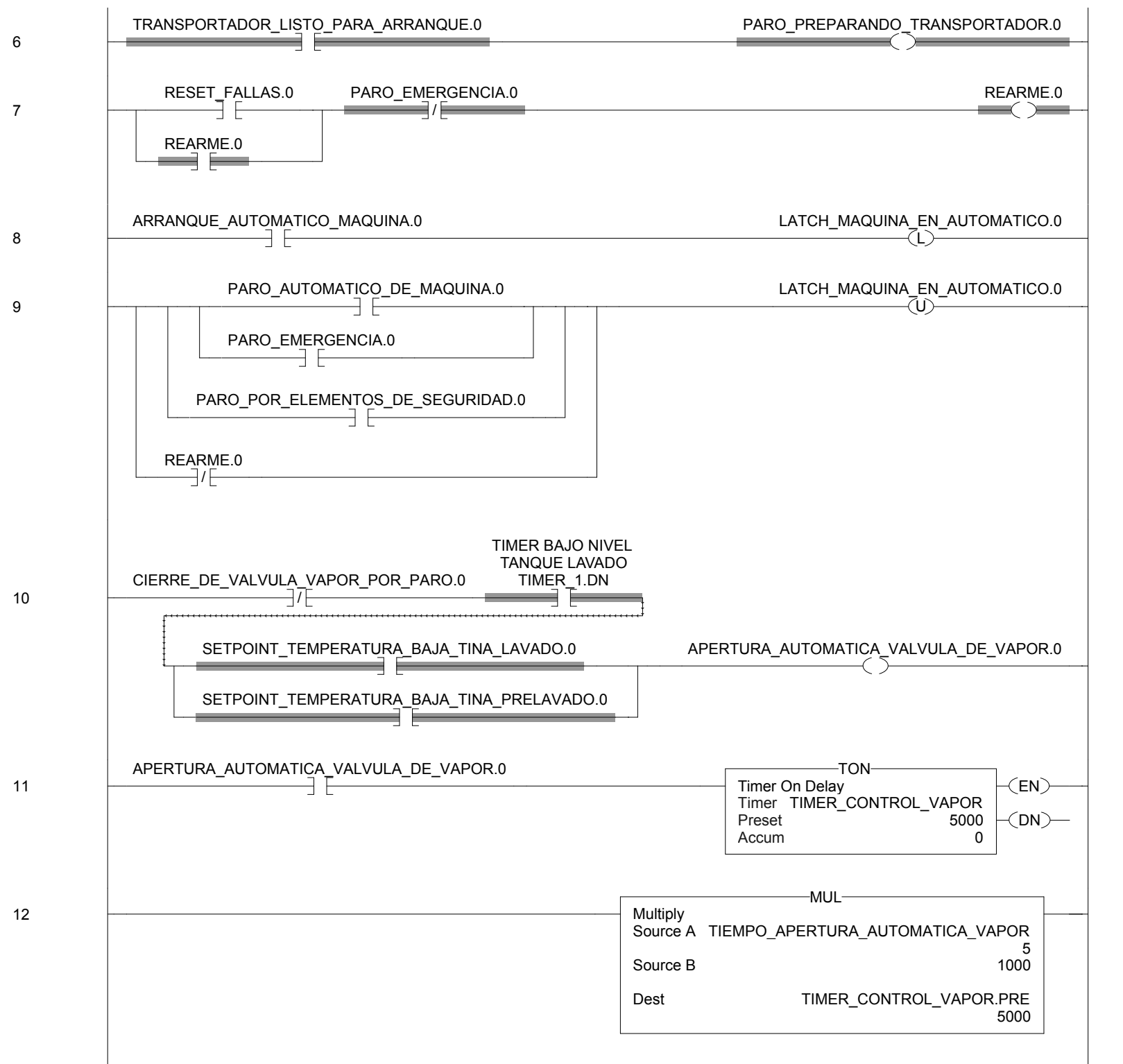


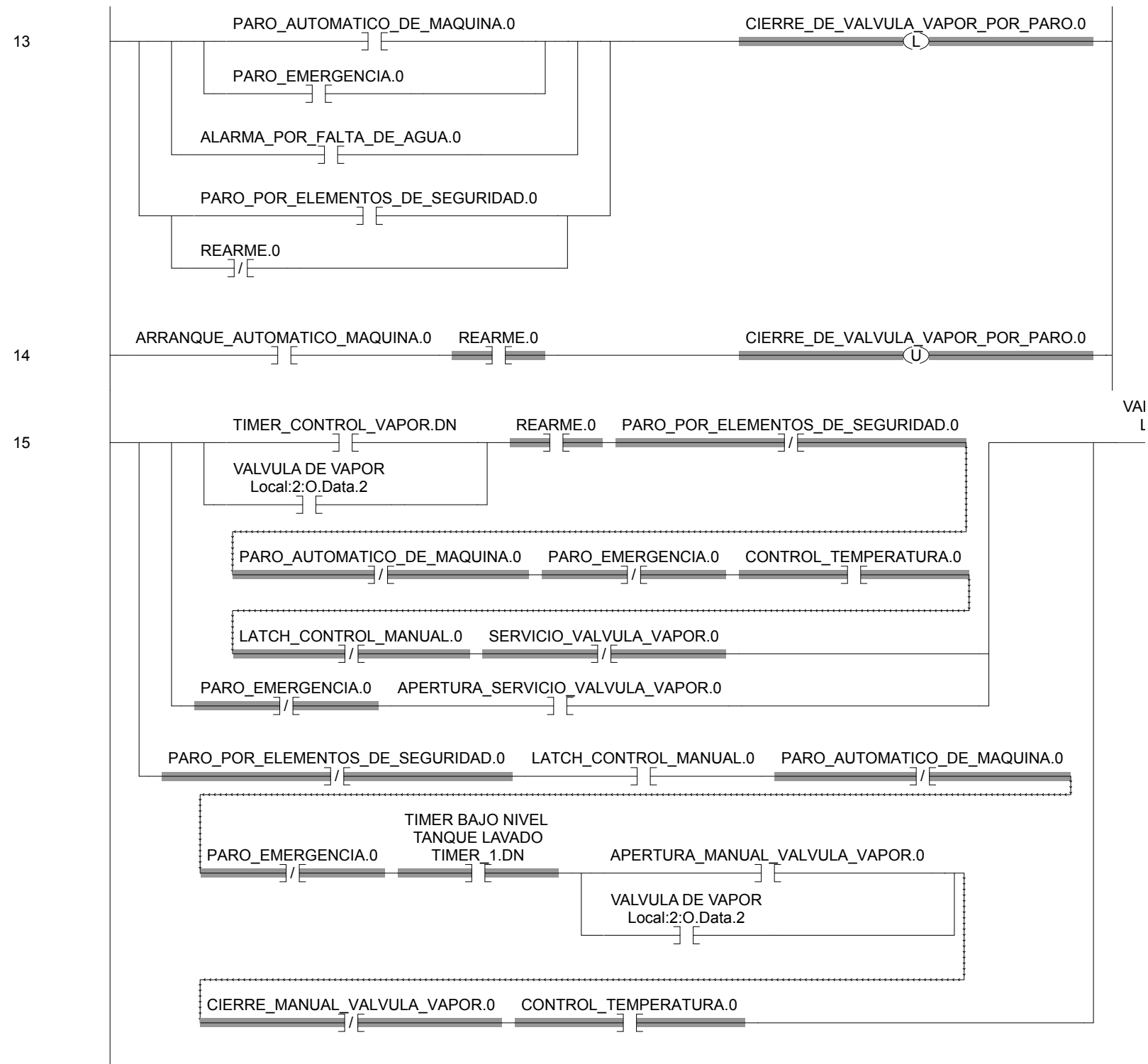


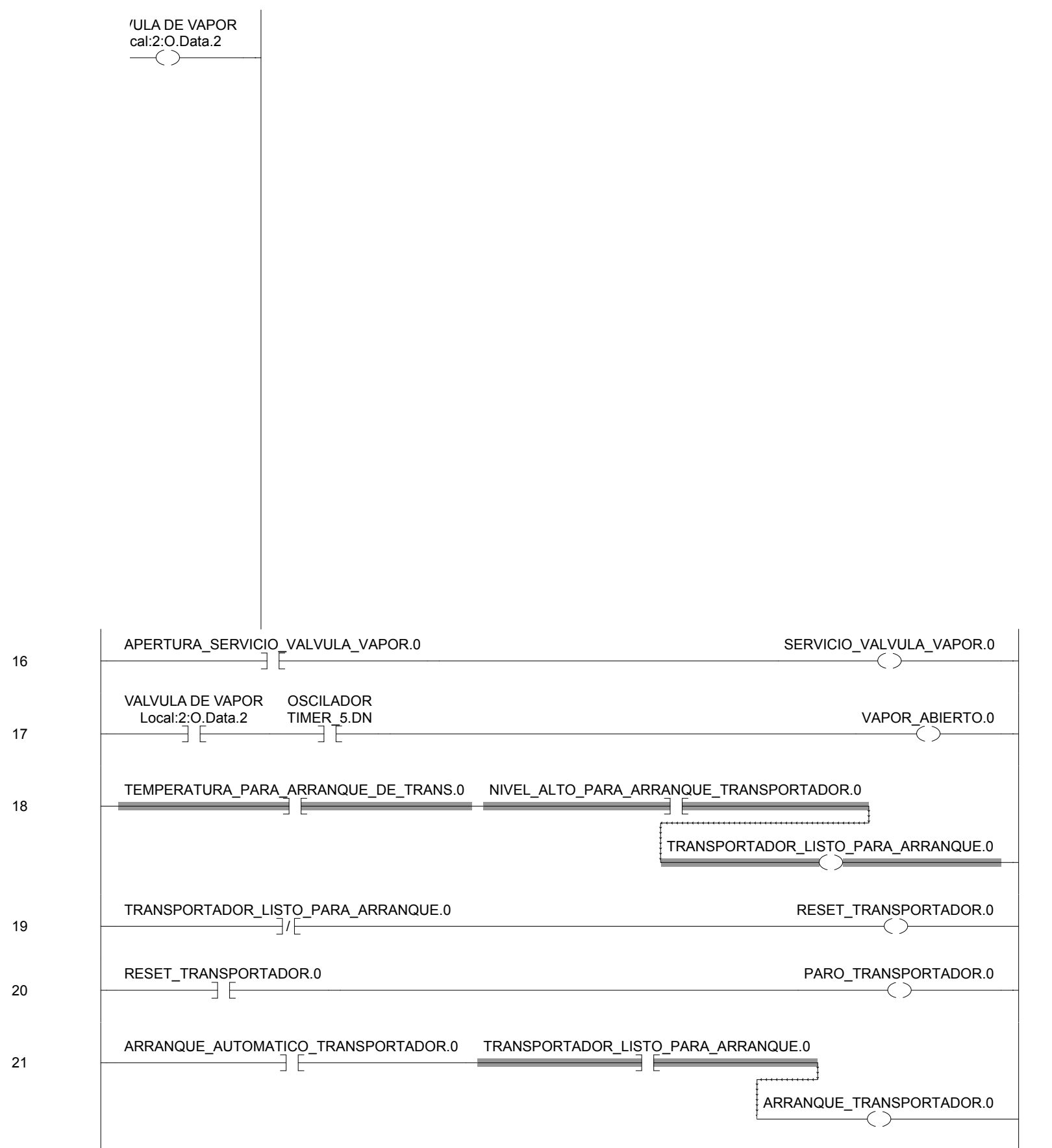


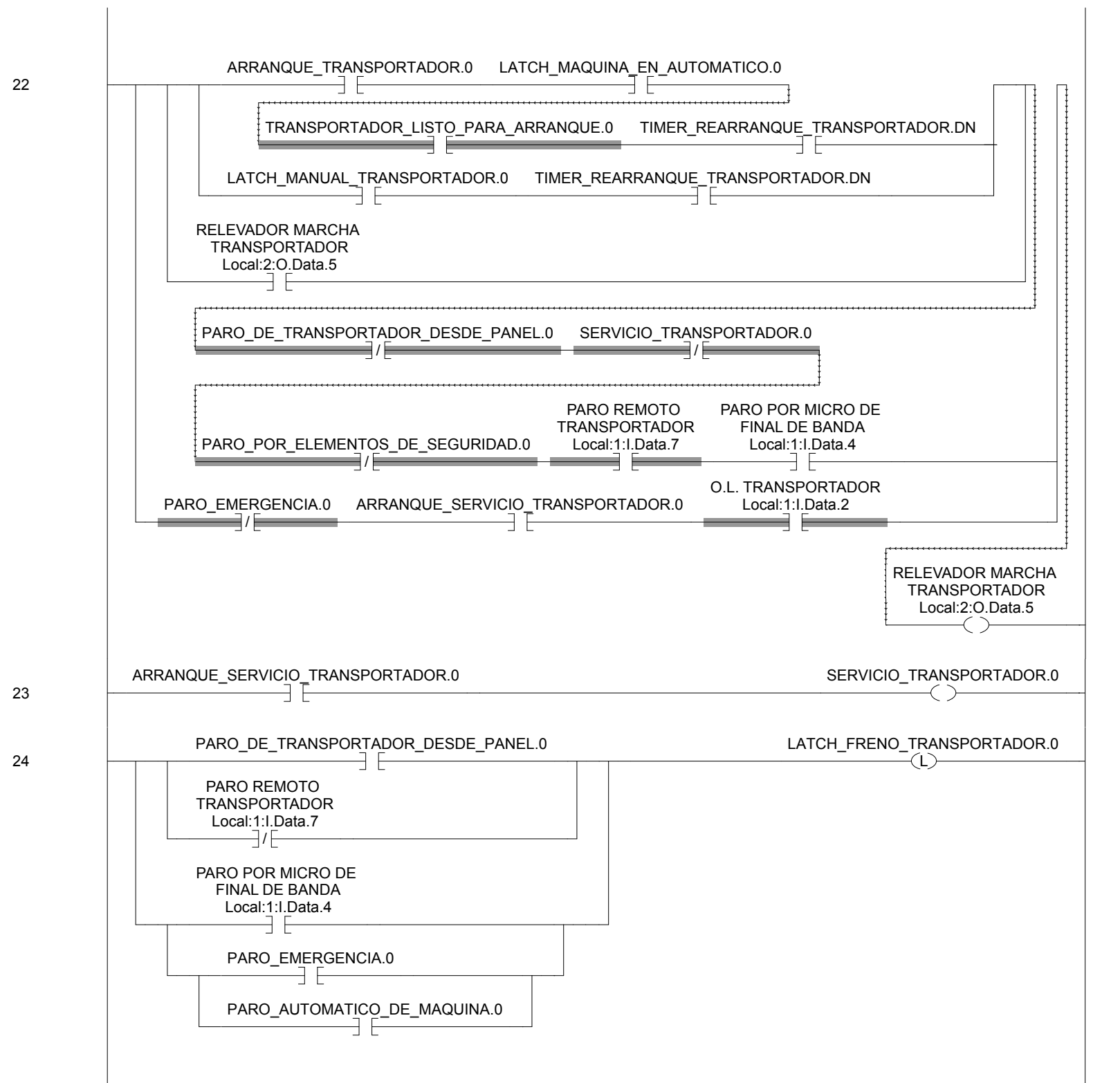


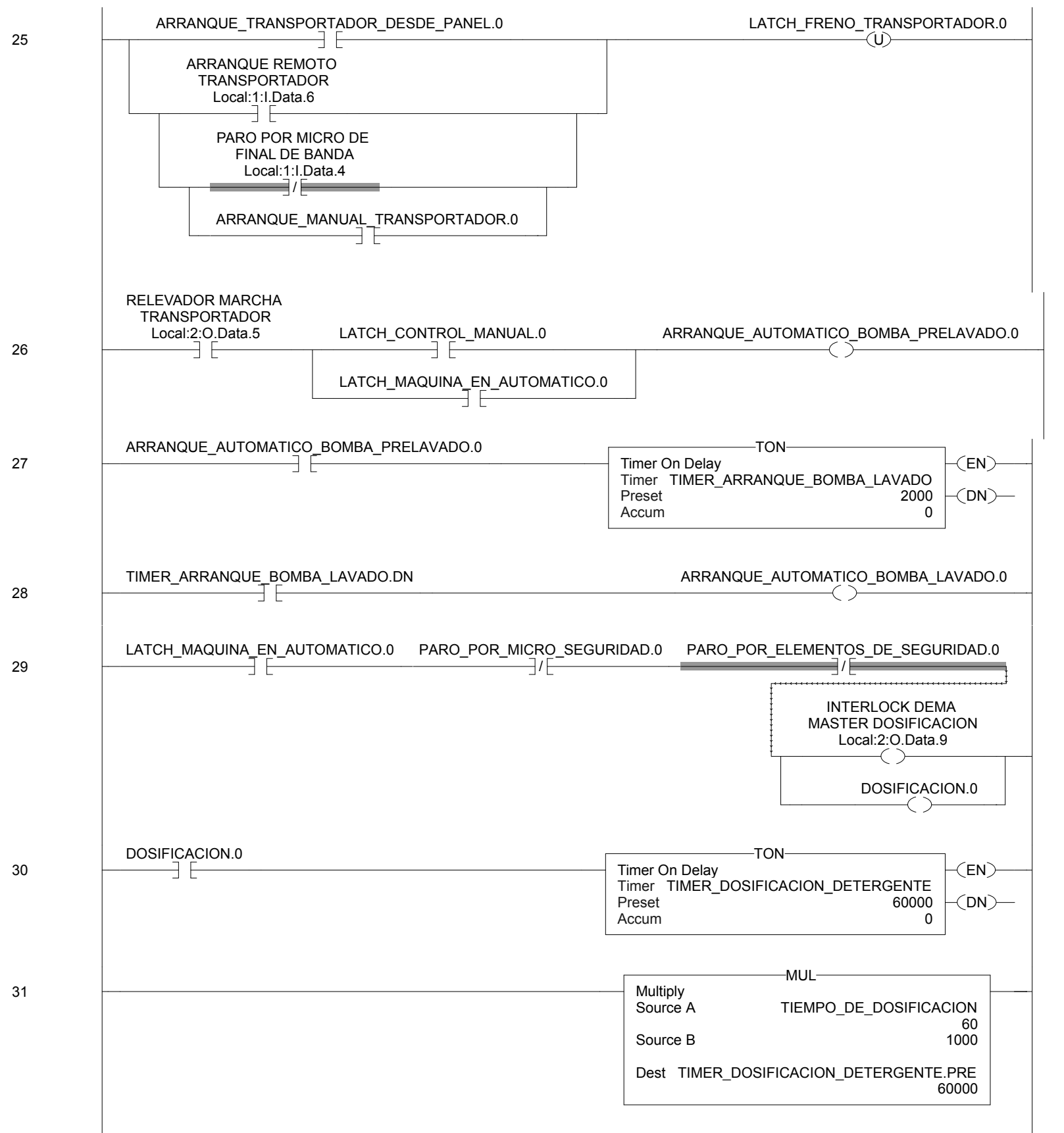


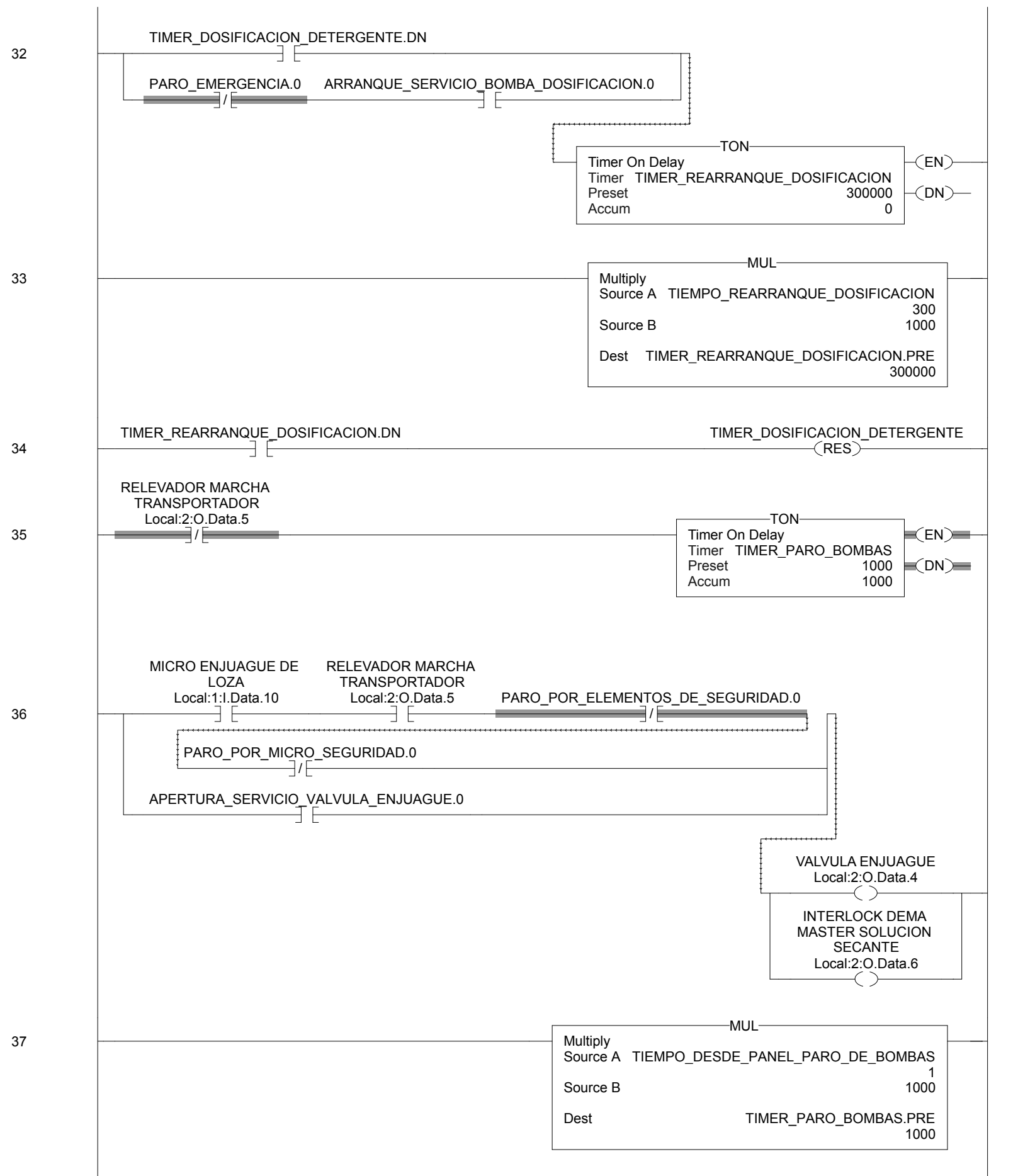


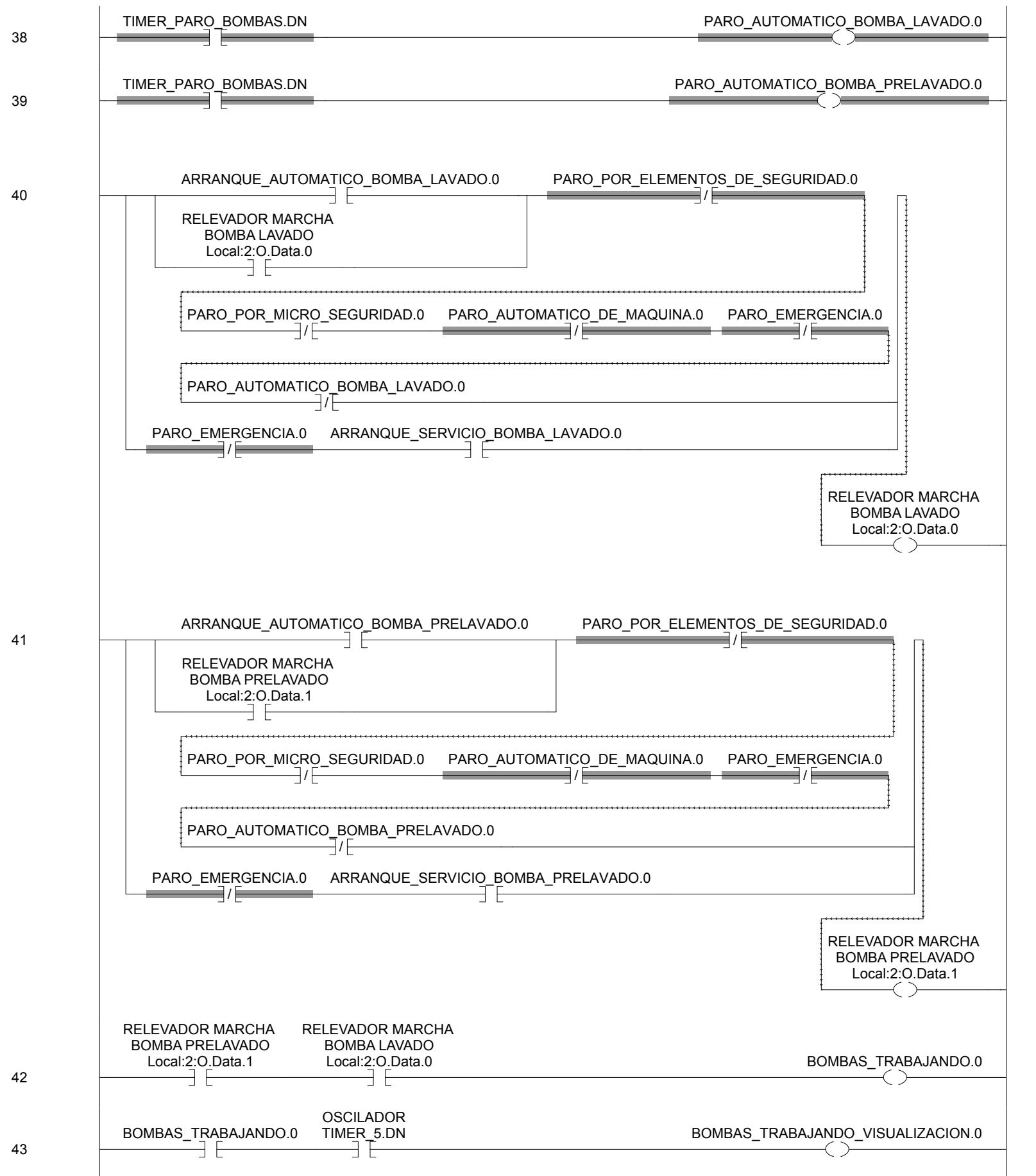


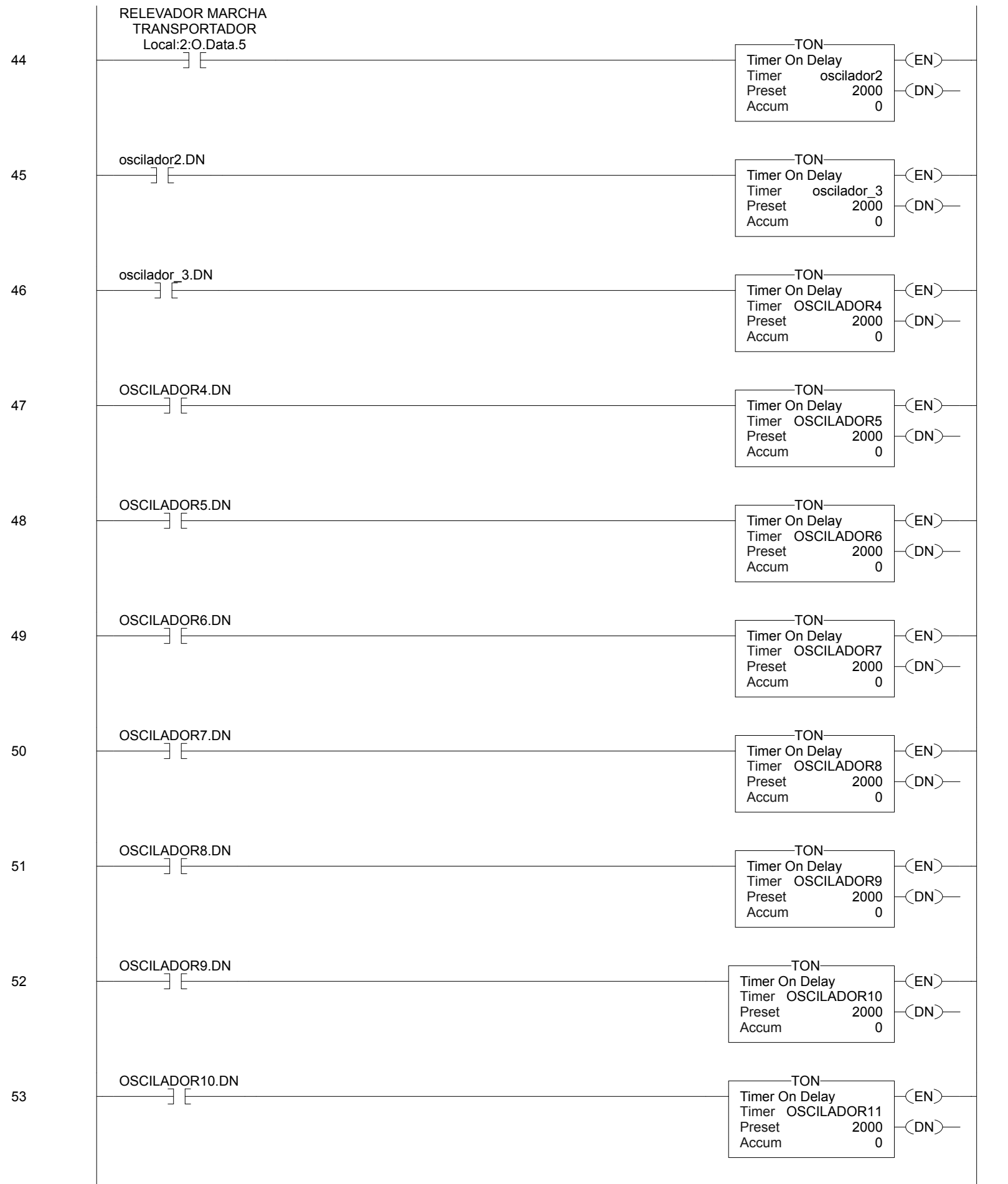


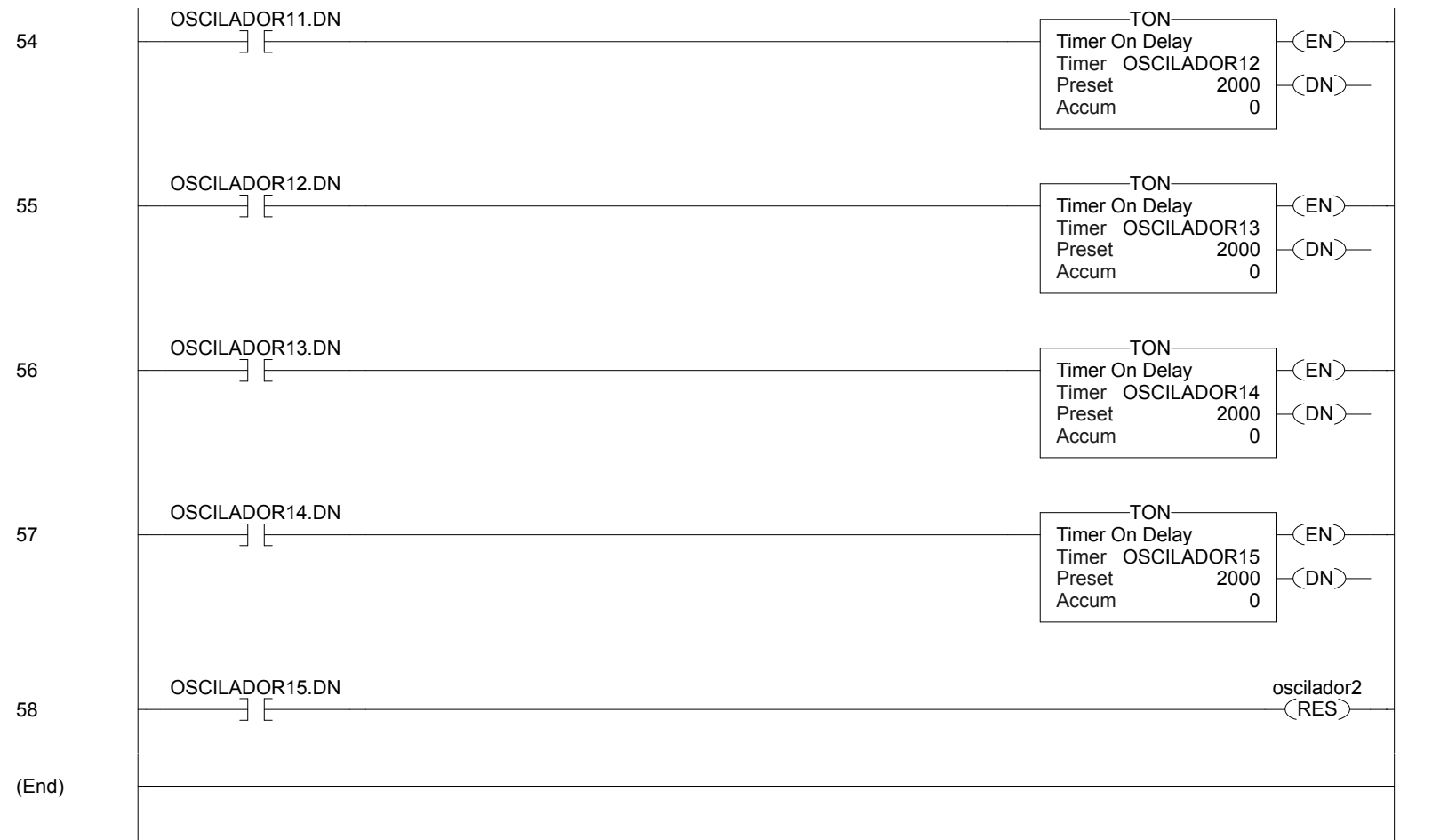


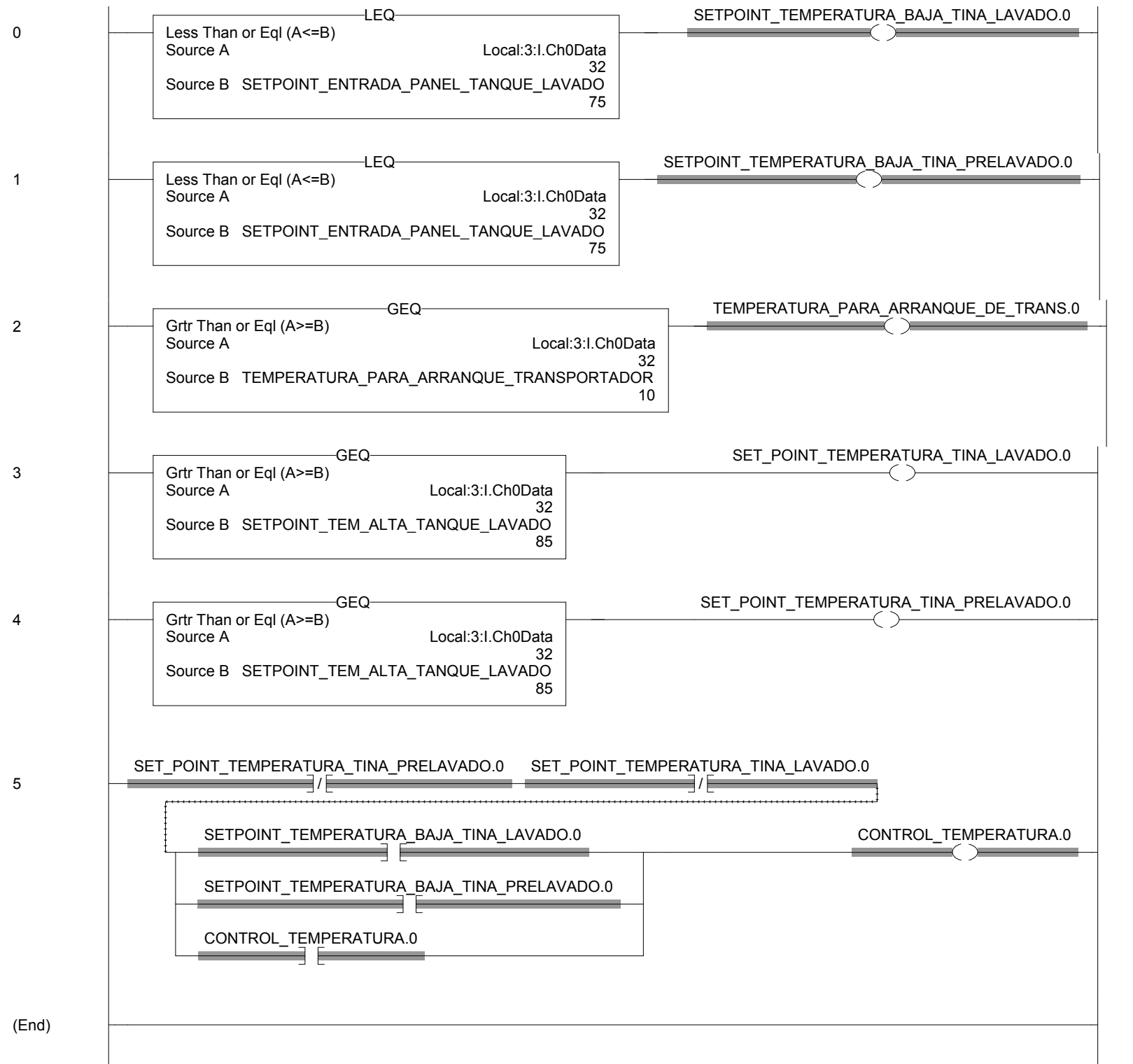


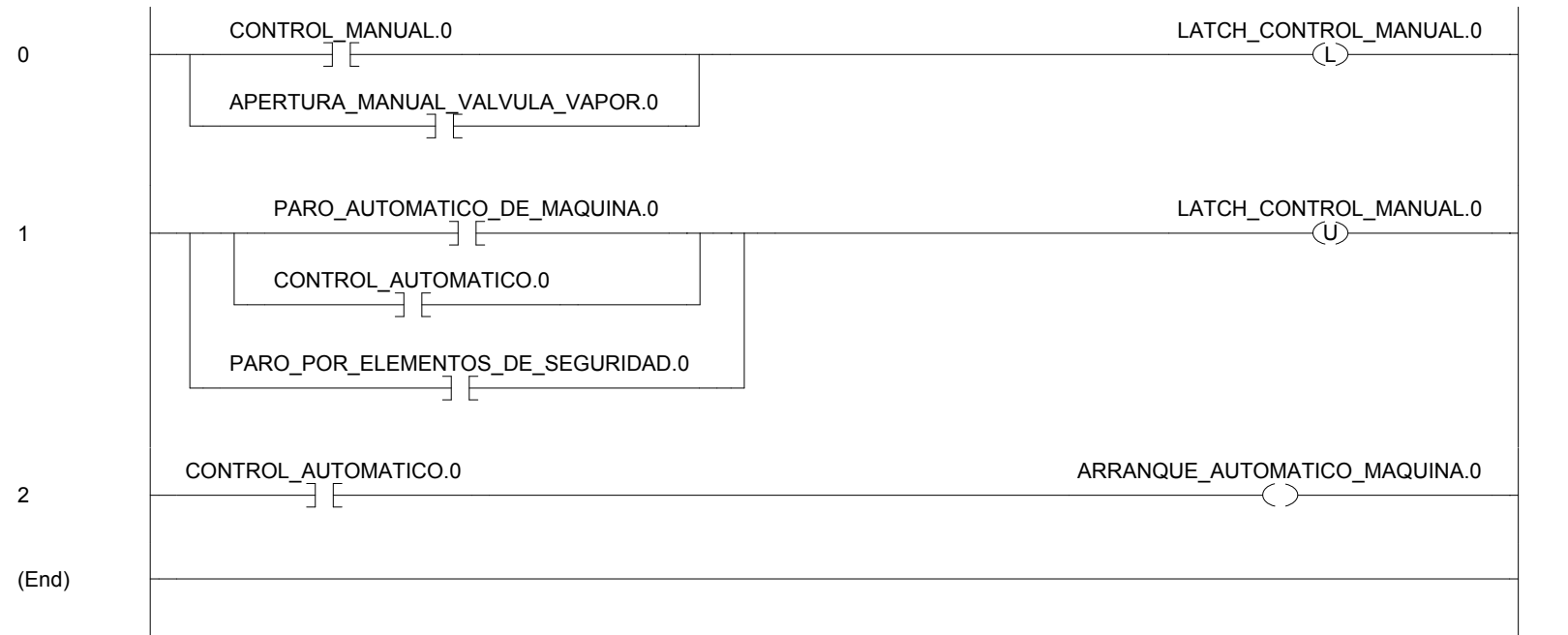


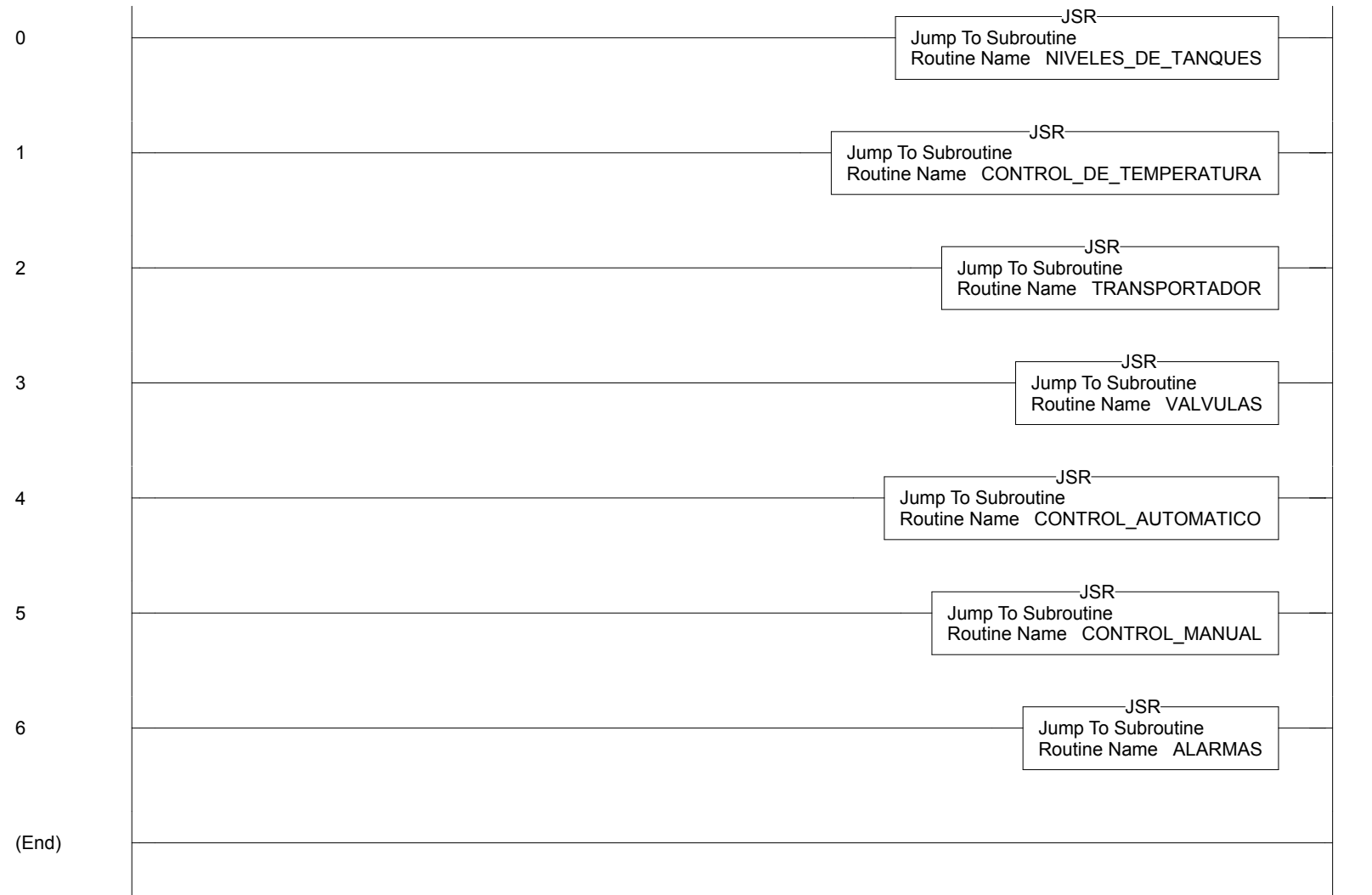


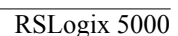


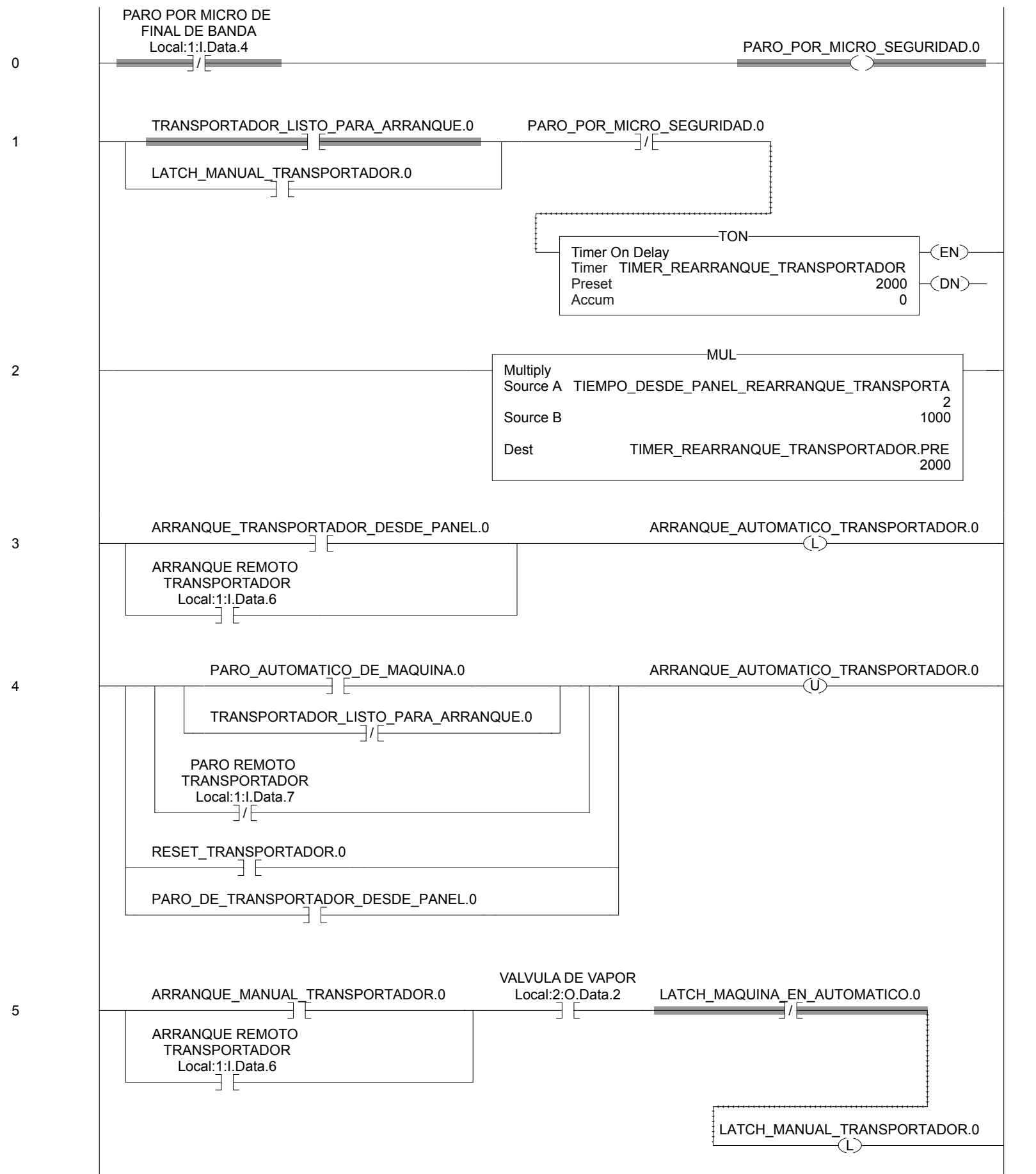


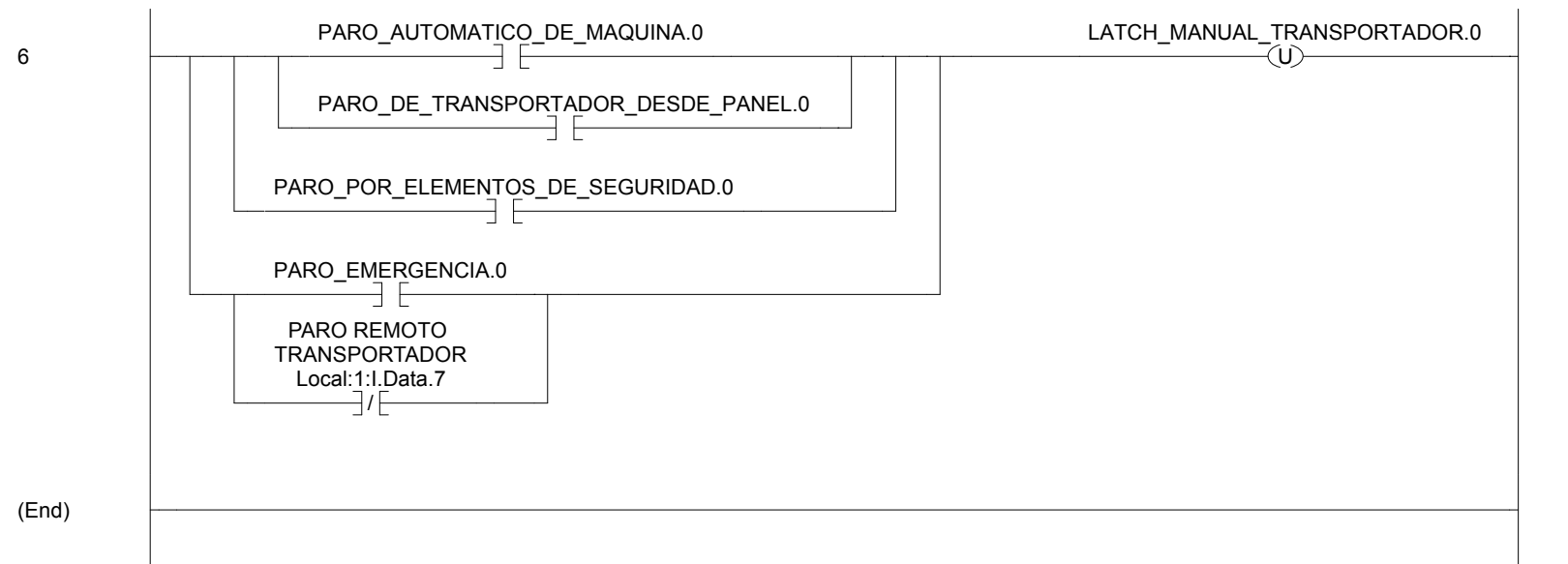


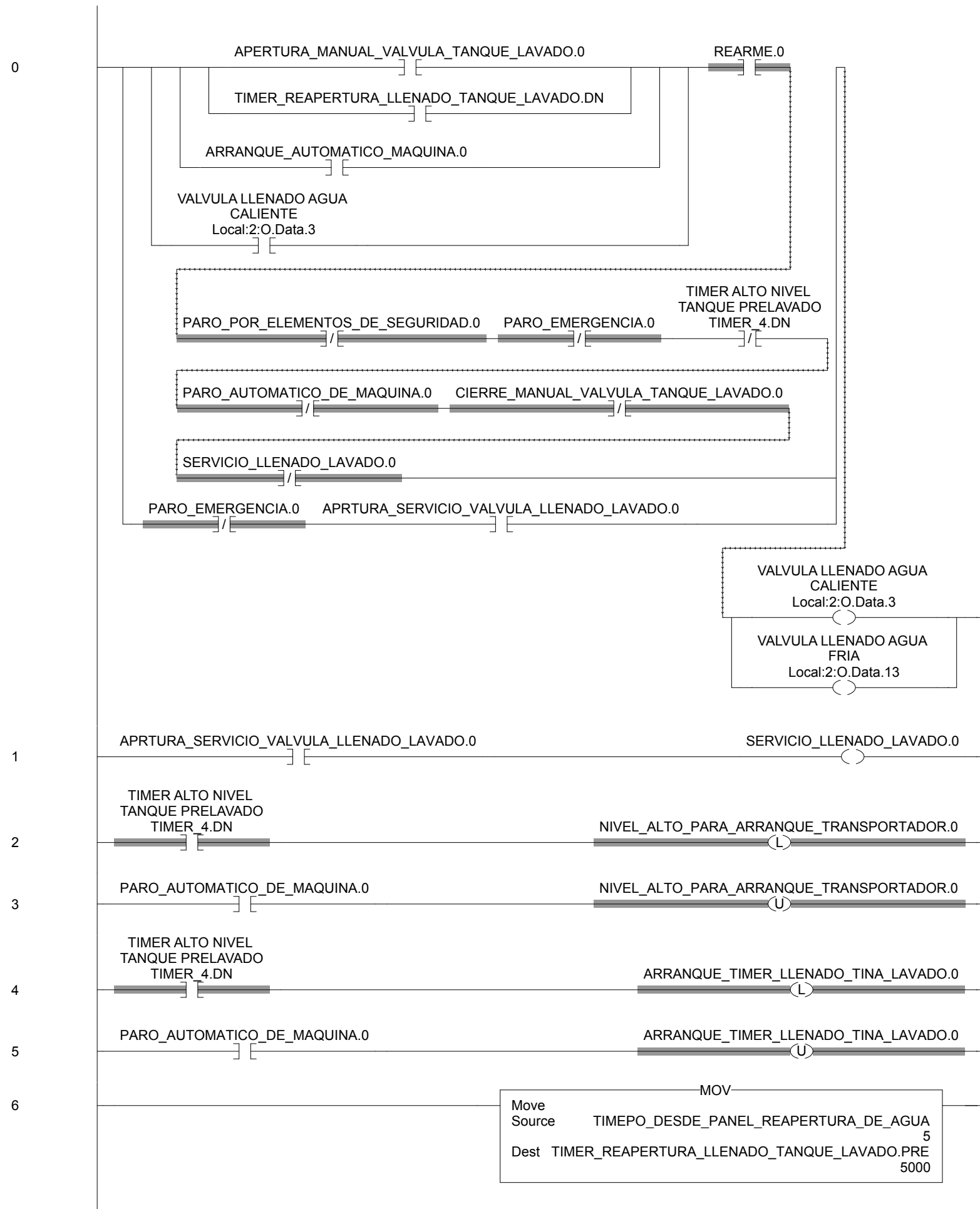


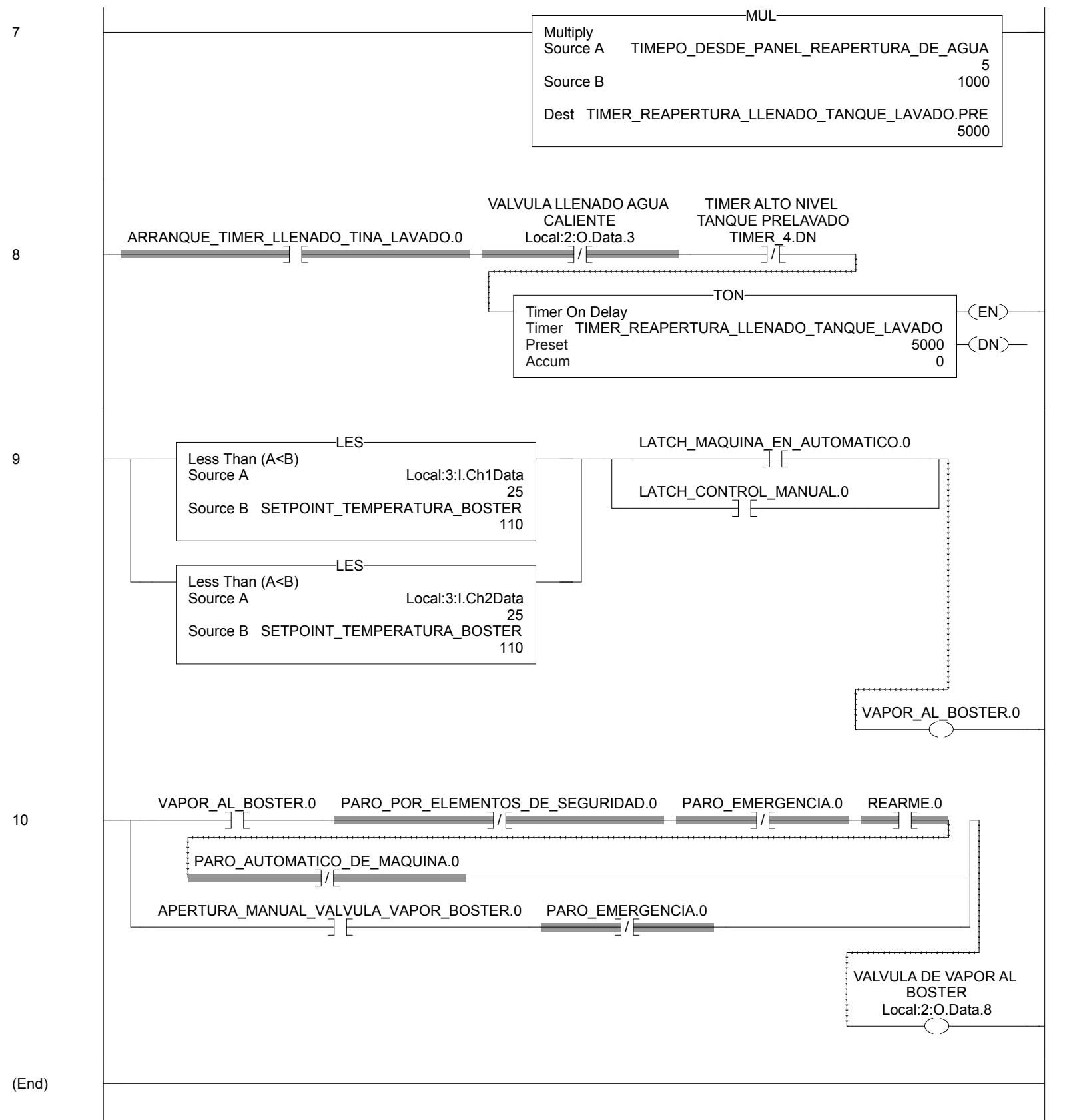












MAQ_LAVAPLATOS_ACEITES

MainTask

MainProgram

ALARMAS

Ladder Diagram	1
----------------------	---

CONTROL_AUTOMATICO

Ladder Diagram	5
----------------------	---

CONTROL_DE_TEMPERATURA

Ladder Diagram	15
----------------------	----

CONTROL_MANUAL

Ladder Diagram	16
----------------------	----

MainRoutine

Ladder Diagram	17
----------------------	----

NIVELES_DE_TANQUES

Ladder Diagram	18
----------------------	----

TRANSPORTADOR

Ladder Diagram	19
----------------------	----

VALVULAS

Ladder Diagram	21
----------------------	----

Índice de figuras

Fig. 3.1 Planta Química.....	4
Fig. 3.2 Planta eólica.....	4
Fig. 3.3 Características de un PLC.....	5
Fig. 3.4 Pirámide de CIM	9
Fig. 3.5 Arquitectura de redes industriales	12
Fig. 3.6 Tipos de sensores.....	13
Fig. 3.7 Reed Switch	13
Fig. 6.1 Rack PLC.....	18
Fig. 6.2 Switch Stratix 2000	19
Fig. 6.3 Disyuntor termo magnético.....	19
Fig. 6.4 Fuente de Alimentación.....	20
Fig. 6.5 Relevador de estado solido	20
Fig. 6.6 Relevador electromecánico	21
Fig. 6.7 Borneras de conexión	21
Fig. 6.8 HMI Panel view plus 700.....	22
Fig. 6.9 Disyuntor Termo magnético	22
Fig. 6.10 Contactor con relevador de sobrecarga	23
Fig. 6.11 Diseño en CorelDraw	24
Fig. 6.12 Extracto del diagrama en la etapa de potencia	25
Fig. 6.13 Diseño de tablero de control	26
Fig.6.14 Diseño del tablero de fuerza.....	26
Fig. 6.15 Marcaje y corte de placa de aluminio.....	27
Fig. 6.16 Presentación de equipos electrónicos en la placa.....	27
Fig. 6.17 Montaje en placa de equipos electrónicos.....	28
Fig. 6.18 Cableado de los dispositivos.....	28
Fig. 6.19 Tablero de Fuerza	29
Fig. 6.20 Software Boot DHCP	30
Fig. 6.21 Configuración IP del ordenador	31
Fig. 6.22 Software RSLogix5000	32
Fig. 6.23 Controller Organizer	33

Fig. 6.24 Ventana de módulos E/S.....	33
Fig. 6.25 Adición de módulos E/S.....	34
Fig. 6.26 Programa en lenguaje de escalera.....	34
Fig. 6.27 Descarga del programa al PLC	35
Fig. 6.28 Software Factory Talk View	36
Fig. 6.29 Descarga de programa al HMI	36
Fig. 6.30 Red Ethernet.....	37
Fig. 6.31 Montaje de HMI en tapa del gabinete.....	38
Fig. 6.32 Apertura de canaletas de conexión	39
<i>Fig. 6.33 Etiquetado de cables.....</i>	<i>39</i>
Fig. 6.34 Desmontaje de tableros.....	39
<i>Fig. 6.35 Desmontaje de cableado eléctrico.....</i>	<i>39</i>
Fig. 6.36 Instalación de tableros.....	40
<i>Fig. 6.37 Instalación de cableado eléctrico</i>	<i>40</i>
Fig. 6.38 Conexión de sensores y botones	40
<i>Fig. 6.39 Instalación terminada.....</i>	<i>40</i>
Fig. 6.40 Puesta en Servicio.....	41
Fig. 6.41 Pantalla HMI Entradas Digitales.....	42
Fig. 6.42 Pantalla HMI Mantenimiento	42
Fig. 6.43 Pantalla HMI Mantenimiento	43
Fig. 6.44 Pantalla HMI Llenado de Tanques	43
Fig. 6.45 Configuración de alarmas en Factory Talk.....	44
Fig. 6.46 Programación de alarmas en PLC	44
Fig. 6.47 Pantalla de temperaturas de tanques	45
Fig. 7.1 Costo de procesador L32E	46

Índice de Tablas

Tabla 6.1 Motor prelavado.....	15
Tabla 6.2 Banda transportadora	15
Tabla 6.3 Motor lavado	15
Tabla 6.4 Gabinete de alimentación	15
Tabla 6.5 Gabinete de control.....	15
Tabla 6.6 E/S Digitales y Analógicas	16