

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Control automático de la torre de absorción del
Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle
de Guatemala

Trabajo de graduación en modalidad de tesis presentado por
Nancy Patricia Girón Muñoz
para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Mecatrónica

Guatemala,

2017

Control automático de la torre de absorción del
Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle
de Guatemala

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Control automático de la torre de absorción del
Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle
de Guatemala

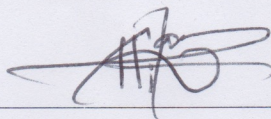
Trabajo de graduación en modalidad de tesis presentado por
Nancy Patricia Girón Muñoz
para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Mecatrónica

Guatemala,

2017

Vo. Bo. :

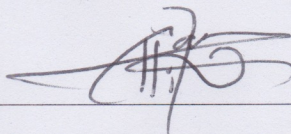
(f)



MSc. Carlos Alberto Esquit Hernández

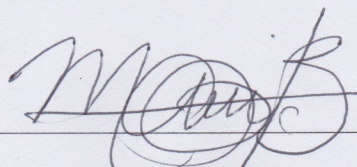
Tribunal examinador:

(f)



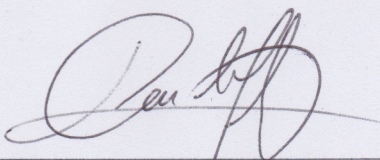
MSc. Carlos Alberto Esquit Hernández

(f)



Ing. Mario Andrés Burbano Castro

(f)



Ing. Luis Pedro Montenegro

Fecha de aprobación:

Guatemala 06 de diciembre de 2017

ÍNDICE

	Página
Lista de cuadros	viii
Lista de figuras	ix
Resumen.....	x
I. Introducción	1
II. Objetivos.....	2
A. Objetivo general.....	2
B. Objetivos específicos	2
III. Justificación	3
IV. Marco teórico.....	4
A. Absorción de gases	4
B. Automatización industrial.....	7
C. PLC (Controlador lógico programable).....	8
D. Micrologix 1100	9
E. Componentes electrónicos	11
F. Tipos de datos	16
G. Programación PLC.....	16
H. Ethernet industrial.....	19
V. Antecedentes.....	20
VI. Metodología.....	24
A. Familiarización con el proceso	24
B. Rediseño de la planta	24
C. Determinación de entradas y salidas del sistema.....	25
D. Diagrama de proceso p&id	25

E.	Diagramas eléctricos.....	26
F.	Programación de plc	26
G.	Diseño de interfaz gráfica	27
H.	Diseño de panel de control	27
VII.	Resultados.....	29
VIII.	Discusión	47
IX.	Conclusiones.....	50
X.	Recomendaciones	51
XI.	Bibliografía.....	52
XII.	Anexos	53

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Propuesta de componentes para rediseño del sistema de absorción.....	29
Cuadro 2. Listado de señales digitales.....	36
Cuadro 3. Listado de señales de la botonera.....	39
Cuadro 4. Listado de señales analógicas.....	41

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Solubilidad de los gases en agua	4
Figura 2. Torre empacada.	2
Figura 3. Empaques comunes en torres.	3
Figura 4. Solubilidad del CO2 en agua.	7
Figura 5. Interacción del usuario con un proceso controlado	8
Figura 6. Sistema de un PLC	9
Figura 7. Características del Hardware de un MicroLogix 1100.	10
Figura 8. Expansión de entradas y salidas del PLC MicroLogix 1100.	11
Figura 9. Gráfica representativa del sensor RTD.	12
Figura 10. Conexión de termorresistencias con 2 hilos	12
Figura 11. Conexión de termorresistencias con 3 hilos	13
Figura 12. Conexión de termorresistencias con 4 hilos	13
Figura 13. Válvula solenoide.	14
Figura 14. Bloque de etapas de un variador de frecuencia	15
Figura 15. Variador de frecuencia.	15
Figura 16. Tabla de tipo de datos.	16
Figura 17. Parte de un programa Ladder para PLC.	17
Figura 18. Imagen de ejemplo de interfaz de un proceso químico.	18
Figura 19. Circuito diseñado para la segunda fase de automatización de la torre de absorción.	20
Figura 20. Botonera y medidores de flujo de la segunda fase de automatización de la torre.	21
Figura 21. Válvula proporcional de la segunda fase de automatización.	21
Figura 22. Interfaz gráfica de segunda fase de automatización. Interfaz realizada en LabView.	22
Figura 23. Diagrama P&ID actual de la torre de absorción.	22
Figura 24. Estado actual de la torre de absorción.	22
Figura 25. Diagrama de flujo de la metodología.	28
Figura 26. Diagrama de propuesta P&ID para torre de absorción.	35
Figura 27. Interfaz gráfica.	46

RESUMEN

El trabajo de graduación tiene como objetivo realizar la restauración del control automático de la torre de absorción del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala. Dicha torre genera una mezcla gaseosa entre CO_2 como soluto, unido al aire como gas inerte y agua, formulando así H_2CO_3 lo cual comúnmente se denomina soda.

La torre de absorción ha pasado por diversas fases de automatización, pero ninguna de ellas ha perdurado en el sistema. Por motivos como el tiempo de producción y de la eficiencia de la formulación, se requería la realización del diseño de automatización de la torre.

El diseño de automatización se basó en realizar una lista de componentes electrónicos necesarios para optimizar el sistema la cual describe brevemente el instrumento utilizado (marca, no. serie, rangos de trabajo y hoja técnica). Junto con la lista de componentes se realizó una lista de señales de entradas y salidas analógicas como digitales. Se realizaron diagramas eléctricos unifilares con el fin de describir las conexiones eléctricas del sistema y un diagrama de proceso e instrumentación (P&ID).

Para completar el diseño de automatización, se realizó un programa en RSLogix. Dichas instrucciones serán las que el controlador lógico programable (PLC) se encargará de realizar con el equipo instalado. El programa se fundamentó en la generación de H_2CO_3 , tomando en cuenta aspectos como la temperatura de los fluidos y la presión a la que se encontraban los extremos de la torre. El análisis de control del programa se realizó en sistema abierto.

Por último y como parte indispensable del diseño de automatización, se llevó a cabo una interfaz gráfica amigable para el personal y estudiantes del departamento de Ingeniería Química con la idea de simplificar el uso del sistema de generación de H_2CO_3 del Laboratorio de Operaciones unitarias.

I. INTRODUCCIÓN

El diseño de automatización de procesos industriales ha adquirido un gran auge en los últimos años. Este es uno de los objetivos más grandes de las industrias o de los lugares donde se ejecutan procesos y se requiere que se realice en poco tiempo y de forma eficiente. La automatización es un proceso industrial, el cual consiste en incorporar un conjunto de elementos y dispositivos tecnológicos, los cuales aseguran el control del proceso a realizar. (García E. 1999)

La tecnología de automatización se centra en el conocimiento de la instrumentación electrónica capaz de implementarse en un proceso. Como pueden ser transductores, sensores, actuadores, dispositivos lógicos de control como los PLCs. Para automatizar un proceso se requiere del conocimiento de la tecnología de automatización, el cual nos ayuda a determinar qué clase de equipo utilizar en ciertos sistemas.

La torre de absorción del Laboratorio de Operaciones Unitarias ha pasado por diversas fases de automatización sin quedar precedentes de las mismas actualmente. Poco a poco el equipo se ha deteriorado y no se ha realizado el mantenimiento requerido en cada componente.

Con este propósito se realiza un diseño en el cual se rehabilite y automatice el proceso de absorción, teniendo en cuenta que la absorción de gases es un proceso en el cual un gas entra en contacto con un líquido con el fin de disolver ciertas partículas del gas en el líquido, la automatización busca originar el mismo proceso de forma computarizada.

Para la automatización se realizaron diagramas eléctricos unifilares, diagramas P&ID, listado de componentes electrónicos (nuevos y ya existentes). Además, para formular el mismo proceso se hizo la programación que controla el sistema junto con una interfaz gráfica con la cual el usuario tiene contacto y puede entender fácilmente el funcionamiento.

II. OBJETIVOS

A.OBJETIVO GENERAL

- Diseñar e implementar un sistema de automatización que controle el proceso de generación de H_2CO_3 en la torre de absorción del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad Del Valle de Guatemala.

B.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diseñar una interfaz gráfica amigable al usuario que permita controlar la torre de absorción y monitorear las variables críticas del proceso desde una computadora.
2. Programar el control automático de la torre de absorción utilizando un controlador lógico programable (PLC).
3. Controlar y monitorear el caudal, conductividad de fluidos, nivel de agua y temperatura de la solución en el proceso de absorción utilizando actuadores y sensores de grado industrial.
4. Instalar un botón de paro de emergencia para detener el proceso en dado caso se de una falla en el sistema.
5. Elaborar un diagrama de conexiones eléctricas y el diagrama de proceso e instrumentación del sistema con el software AutoCad.

III. JUSTIFICACIÓN

Debido al avance tecnológico actual es importante la comprensión de un sistema de control automático. Su uso es muy común en la mayoría de áreas en ingeniería y es de gran beneficio para los procesos industriales. El objetivo de este trabajo de graduación es restaurar e implementar un sistema de bajo costo que controle automáticamente el proceso de absorción en el laboratorio de operaciones unitarias. De esta forma, se simplificarán las tareas de operación y monitoreo del proceso para los usuarios del Laboratorio de Operaciones Unitarias.

Este trabajo de graduación tiene como objetivo principal la realización del diseño e implementación de un sistema de automatización que controle el proceso de generación de H_2CO_3 de la torre absorción del Laboratorio de Operaciones Unitaria. Dicho proceso se basa en la transferencia de masa de un gas con un líquido por medio de una torre empacada. Este proceso se realiza en diversas empresas dedicadas a la formulación de aguas gaseosas en el cual se genera la transferencia de masa entre el gas CO_2 y H_2O .

La torre de absorción situada en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala ha pasado por diversas etapas de automatización que han sido beneficio para la comunidad universitaria. Debido al apresurado avance tecnológico es necesario incorporar nuevas tecnologías para que los procesos sean más eficientes y el estudiante pueda obtener pruebas (de solución) en menor tiempo con el fin de realizar análisis de las soluciones deseadas.

A pesar del beneficio que han otorgado las automatizaciones, el manejo actual de la torre empacada (o el manejo del proceso) es manual, como se ha mencionado. Para mejorar la productividad de la torre de absorción se realizó un rediseño del sistema para que se trabaje de forma computarizada el proceso de producción de H_2CO_3 . Principalmente, se realizó un análisis de los componentes que se podían adaptar y que son necesarios para mejorar la eficiencia en la producción de agua carbonatada.

El sistema tendrá dos modos de funcionamiento: el modo manual y el modo automático. El modo automático será de beneficio para posibles demostraciones e investigaciones donde el tiempo es un factor determinante. Se busca innovar el equipo universitario para que las siguientes generaciones puedan trabajar de forma óptima en dicha torre y abrir la brecha para que se pueda continuar con la automatización de diversas áreas del Laboratorio de Operaciones Unitarias.

Por último, se busca optimizar el proceso y a la vez proteger el equipo de manera que el proceso labore en los estándares normales, deteniendo el proceso si llegara a existir una situación crítica.

IV. MARCO TEÓRICO

A. ABSORCIÓN DE GASES

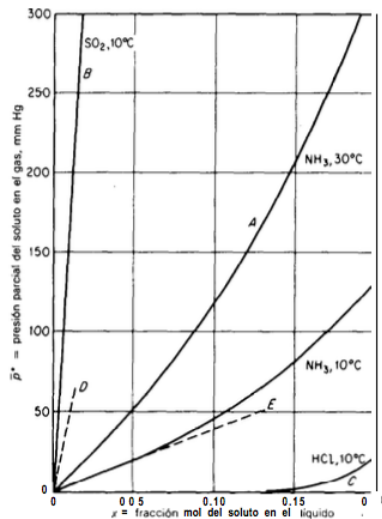
La absorción de gases es una operación en la cual un gas y un líquido entran en contacto con el fin de disolver algunos componentes del gas en el líquido y así obtener una solución. (Treybal, 1988) Dicha operación se basa en el principio de transferencia de masa de un gas a un líquido. La transferencia de masa requiere la presencia de dos regiones con composiciones químicas diferentes en la cual se da el movimiento de partículas de una región de mayor concentración a otra de menor concentración. (Cengel, 1997)

El proceso se lleva a cabo en una torre de absorción donde la corriente de gas circula en contracorriente con el líquido. Dicho contacto produce la transferencia del soluto de la fase gaseosa a la líquida. Se busca que el contacto entre ambos elementos sea el máximo posible para que el soluto pueda pasar en su mayor parte de una fase a otra.

1. Solubilidad de los gases en líquidos. La solubilidad es la capacidad que tiene un componente de disolverse en un líquido. La solubilidad de los gases depende de la temperatura. Según la ley de van 't Hoff, si se incrementa la temperatura de un sistema en equilibrio, se absorberá calor, por lo que al aumentar la temperatura disminuye la solubilidad de un gas con un líquido. Por otra parte, la desviación del equilibrio de un sistema modifica la rapidez con la cual se va a disolver dicho componente gaseoso con el líquido.

En otros casos, la solubilidad del agua en gases como el hidrogeno, oxígeno, nitrógeno, metano y otros aumenta cuando la temperatura aumenta, por lo que es aprovechado para otro tipo de operaciones (Treybal, 1988). A continuación, se presenta una gráfica que muestra solubilidades de los gases en agua.

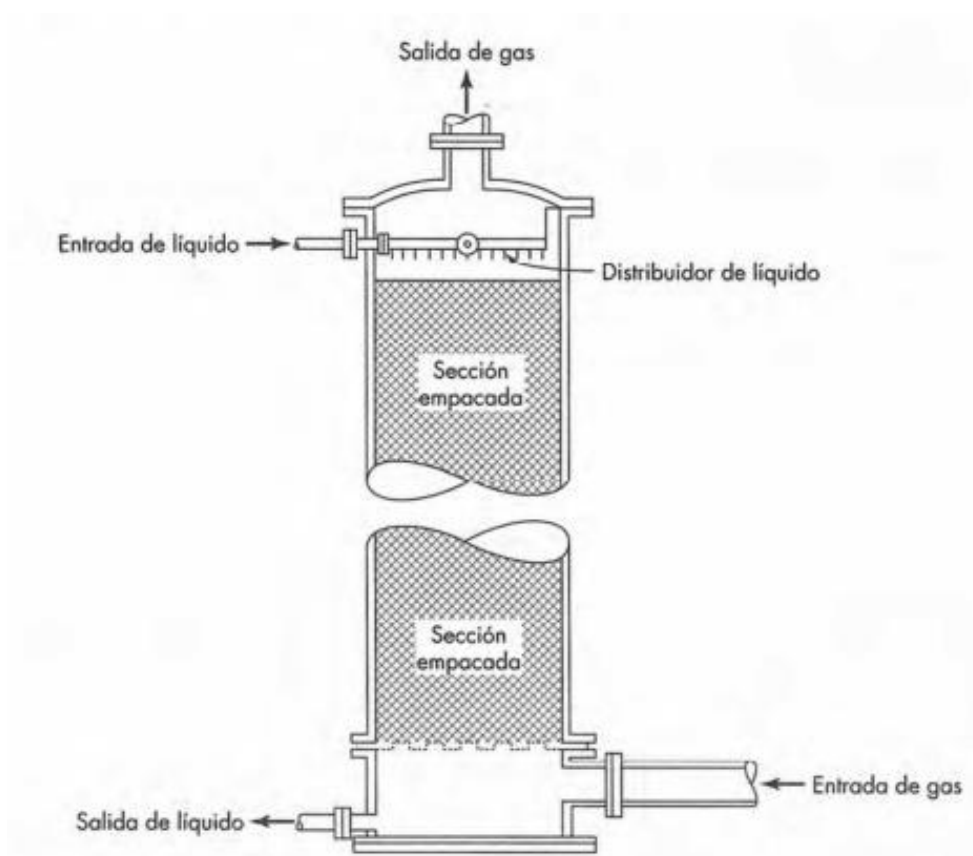
Figura 1. Solubilidad de los gases en agua.



(Treybal, 1988)

2. Torres empacadas. Entre los sistemas más comunes para la absorción de gases esta la torre empacada. Se encuentra un ejemplo de dicha torre en la Figura 2.

Figura 2. Torre Empacada.

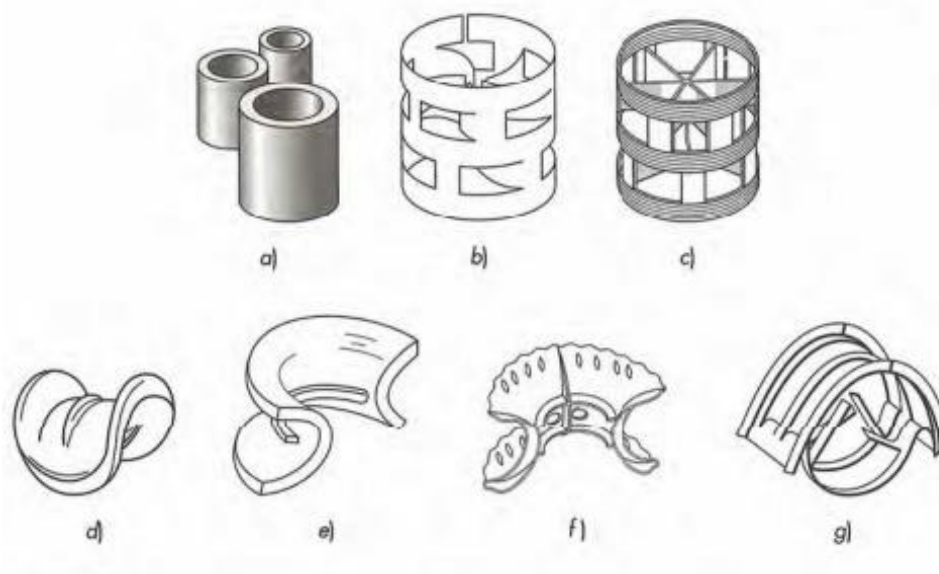


(McCabe, 2007)

La torre consiste en una columna cilíndrica o torre con adaptaciones de entrada de gas en la parte inferior, entrada de agua en la parte superior y salida para el gas y la sustancia obtenida en la parte inferior y superior respectivamente. El gas que contiene el soluto ingresa en la parte inferior (debajo de los empaques) y asciende a través de las hendiduras del empaque en contracorriente con el líquido utilizado.

El interior de la torre está contenido de empaques. Los empaques proporcionan área de contacto entre el líquido y el gas favoreciendo así el contacto entre las dos fases.

Figura 3. Empaques comunes en torres. a) anillos Rashing; b) anillo metálico Pall; c) anillo plástico pall; d) montura Berl; e) montura de cerámica Intalox; f) montura plástica Súper Intalox; g) montura metálica Intalox.



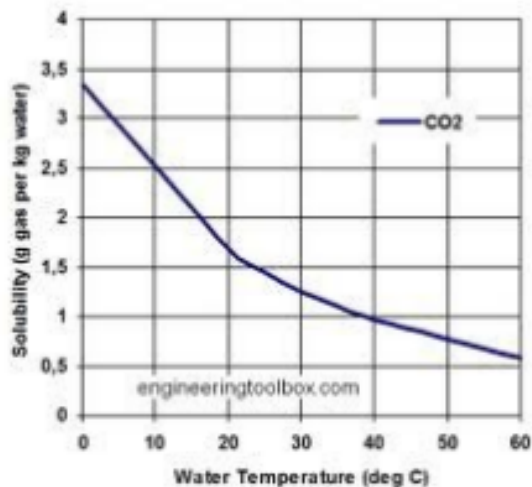
(Treybal, 1988)

El tamaño y material del empaque se selecciona dependiendo de las condiciones en las que se trabajará la torre, el costo, la caída de presión y los materiales inertes con los que se trabajarán. Aparte de esto se toman en cuenta las siguientes características:

- Proporcionar superficie inter facial grande entre el líquido y el gas.
- Químicamente inerte.
- Estructuralmente fuerte.
- Bajo costo.
- Permitir paso de volúmenes grandes del fluido a través de las secciones transversales de la torre sin que exista inundación con una variación de presión.

3. Agua carbonatada. Unos de los procesos más comunes realizados en el proceso de absorción de gases es el de carbonatar bebidas. Es un proceso que consiste en disolver dióxido de carbono en agua. Usualmente lo trabajan a baja presión para que el dióxido de carbono libere la disolución como pequeñas burbujas que son las causantes de la efervescencia.

El ejemplo más común es el de las aguas gaseosas o también llamadas sodas. El dióxido carbono en agua es difícil de disolver y por lo tanto se separa como gas. Para mejorar la solubilidad en el agua, se enfría el agua a 4°C.

Figura 4. Solubilidad del CO₂ en el agua.

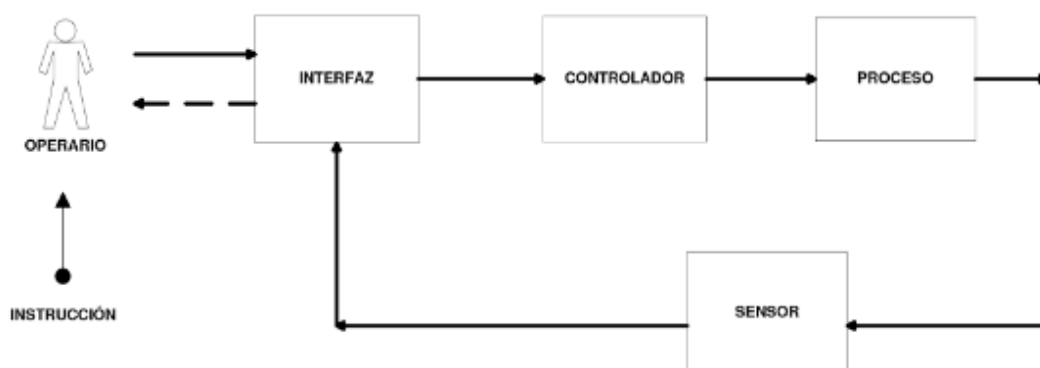
El CO₂ penetra en el agua y genera H₂CO₃ lo cual forma un ácido base.

B. AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Automatización se le define al conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución de un operario en un trabajo físico y mental. (Ponsa, 2007). Se caracteriza por la utilización de elementos o sistemas computarizados y electromecánicos que controlan máquinas o procesos industriales. La automatización abarca la instrumentación industrial que incluye sensores, transmisores de campo, sistemas de control y supervisión. Tiene como fin la recolección de datos y aplicaciones de software en tiempo real. Tiene como objetivo llevar a cabo las tareas de un proceso a partir de entradas que modifican valores o brindan información que caracterizaran a la salida, que es el producto.

Un sistema de control manipula valores de un sistema para obtener un funcionamiento deseado. Controla un sistema sin que un operador intervenga directamente sobre los elementos. El sistema permite al operador modificar los valores de referencia y de esta forma el sistema de control se encarga de transmitirlos y controlarlos por medio de actuadores.

Figura 5. Interacción del usuario con el proceso controlado.



(Ponsa, 2007)

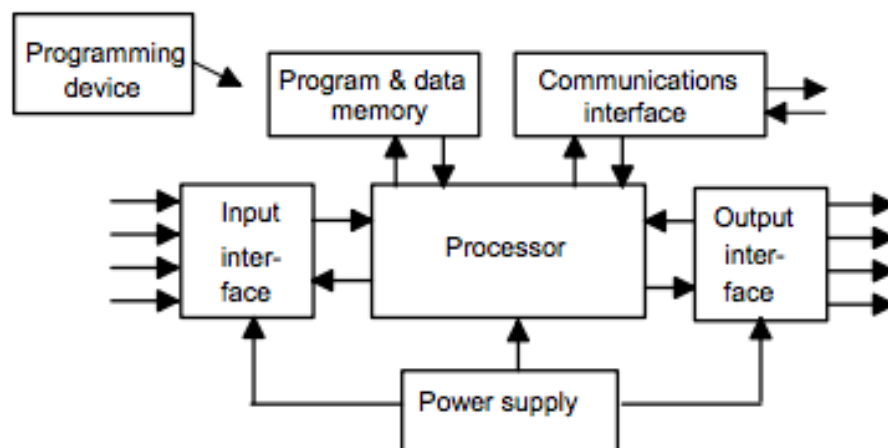
C. PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE)

Un controlador lógico programable(PLC) es un sistema electrónico programable diseñado para ser utilizado en un entorno industrial, que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario. Es capaz de implantar soluciones específicas tales como funciones lógicas, secuencia, temporización, recuento y funciones aritméticas, con el fin de controlar mediante entradas y salidas (digitales y/o analógicas) diversos tipos de máquinas y/o procesos (Torres y Jara, 2011).

Es el encargado del control de una máquina o de un proceso industrial. Contiene un procesador, memoria puertos de comunicación, etc. El PLC contiene múltiples canales (entradas y salidas) para realizar el control de un proceso. (Dahl-Skog, 2012)

Los canales de entrada miden distintas señales provenientes de sensores instalados en el proceso los cuales llevan el control de una variable de proceso. Los canales de salidas actúan sobre una máquina o sobre componentes electrónicos en un proceso industrial con el fin de controlarlos.

Figura 6. Sistema de un PLC.



(Bolton, 2006)

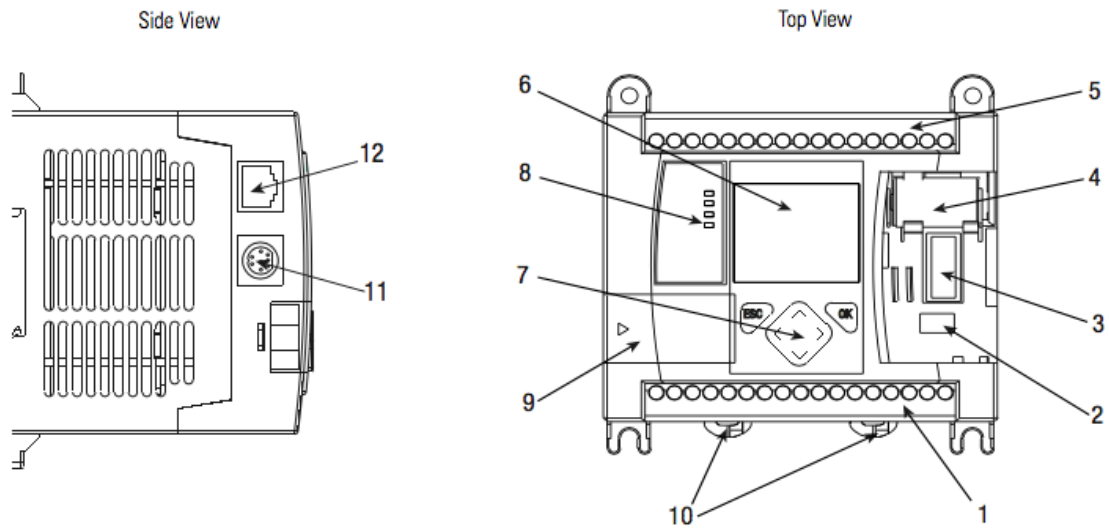
El PLC es un microprocesador utilizado para controlar usando una memoria donde almacena instrucciones e implementa funciones lógicas, secuenciales, de tiempo, contadores y operaciones aritméticas. La interfaz de comunicación de un PLC es la encargada de transmitir datos a otros PLCs o para recibir datos de una PC. El PLC toma decisiones a partir de criterios programados por un operador, dicho programa controlara dispositivos externos en el proceso.

D. MICROLOGIX 1100

El controlador lógico programable MicroLogix1100 1763-L16AWA posee un procesador de comunicaciones Ethernet/IP incorporado, edición en línea, panel LCD que muestra el estado del controlador. Contiene canales de entradas y salidas incorporadas, pero también se pueden incorporar módulos E/S para un mejor desempeño.

1. Hardware. El PLC Micrologix 1100 contiene una fuente de poder, circuitos de entradas y salidas, un procesador, combinación de puertos de comunicación RS232/485 y un puerto de Ethernet. Dicho controlador contiene 18 canales de entradas y salidas (10 entradas digitales, 2 entradas analógicas y 6 salidas digitales). Trabaja con voltajes de 120/240 VAC. A continuación se muestra el hardware del controlador (Obtenida de hoja técnica: MicroLogix 1100 Programmable Controller).

Figura 7. Características del Hardware



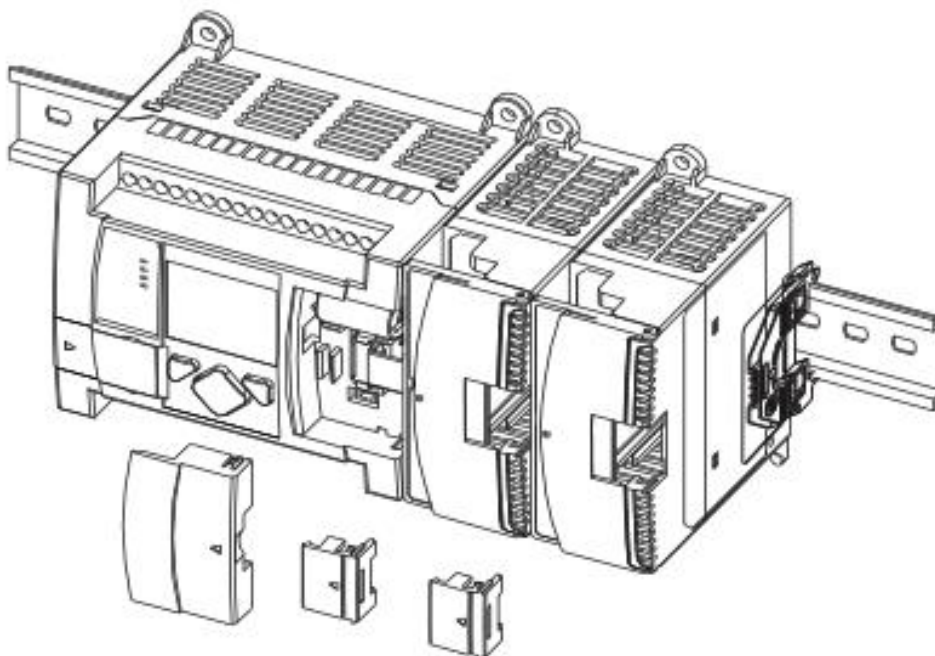
(Obtenida de hoja técnica: MicroLogix 1100 Programmable Controller.)

Donde:

1. Bloque de salidas.
2. Conector de batería.
3. Bus para expansión de I/O.
4. Batería
5. Bloque de entradas.
6. LCD.
7. LCD Keypad (ESC, OK, Up, Down, Left, Right).
8. LED indicador.
9. Módulo de memoria.
10. Asegurador de riel.
11. Puerto de comunicación RS-232/485 (Canal 0).
12. Puerto Ethernet (Canal 1).

2. Expansión de entradas y salidas. El controlador MicroLogix 1100 es capaz de expandirse por medio de módulos de entrada y salida. (Obtenida de hoja técnica: MicroLogix 1100 Programmable Controller.)

Figura 8. Expansión de entradas y salidas del PLC MicroLogix 1100.



(Obtenida de hoja técnica: MicroLogix 1100 Programmable Controller.)

E. COMPONENTES ELECTRÓNICOS

1. Sensor de conductividad. La conductividad eléctrica es la capacidad que tienen los electrolitos para conducir corriente eléctrica. El H₂O no es conductor de corriente, sin embargo, las sales disueltas y algunas sustancias conducen corriente eléctrica. (Hepler, 1968)

Los iones cargados positivamente y negativamente en una sustancia son los que conducen, la cantidad que se conducirá es la que indicara la cantidad de iones presentes.

Mientras mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será su conductividad. Este efecto permanece así en las sustancias hasta que se atesta de iones por lo que se restringe la movilidad por lo que la conductividad puede disminuir. (Hepler, 1968)

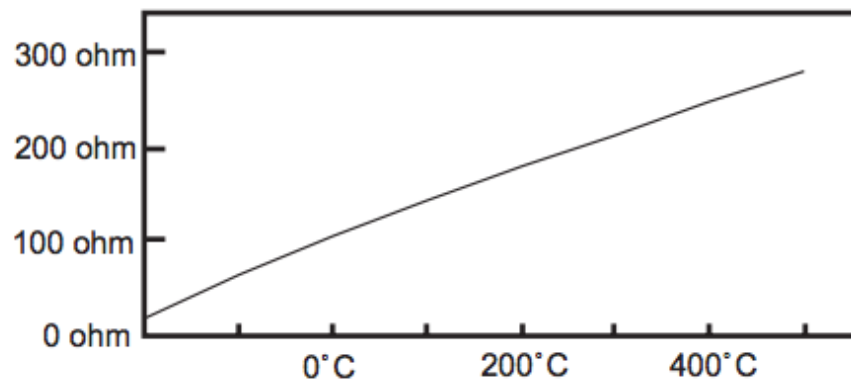
Los ácidos, las bases y las sales inorgánicas son buenos conductores de electricidad. Las moléculas de sustancias inorgánicas donde sus enlaces no son iónicos no tienen buena conductividad eléctrica. A mayores temperaturas los iones tienen mayor movilidad lo que genera mayor conducción. Si se conoce este factor, se puede tener una idea aproximada de la cantidad de sales disueltas. La conductividad eléctrica es lo opuesto de la resistencia eléctrica. Las unidades de medida son S/cm. (Hepler, 1968)

El sensor de conductividad mide la capacidad de una solución de conducir una corriente eléctrica entre dos electrodos. La corriente fluye por medio del transporte del ion. Por lo que una mayor concentración de iones significara los altos valores de conductividad. El sensor mide la conductancia del fluido.

2. Sensor de temperatura. Existen diversos tipos de sensores capaces de medir la temperatura de una sustancia. Entre los sensores de temperatura usados en la industria se encuentran las Termorresistencias o RTDs.

3. Termorresistencias. La resistencia de los metales se encuentra en función de la temperatura. La dependencia entre estos dos factores es aproximadamente lineal.

Figura 9. Gráfica representativa de un sensor RTD. Comportamiento aproximadamente lineal.

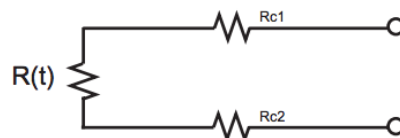


Los sensores para instrumentación más utilizados son los de platino ya que es un material más estable y exacto. Existen termo resistores de diversos materiales los cuales muestran una mayor linealidad entre la temperatura y la resistencia, pero muestran desventajas como el rango de medición bajo debido a la baja resistividad del material. (Sánchez, 2006)

Los termo resistores industriales son elementos encapsulados dentro de un tubo de acero y otro material, en una parte la parte eléctrica y en el otro extremo se encuentra el elemento sensible de platino. Existen tres formas de conexión de los termo resistores.

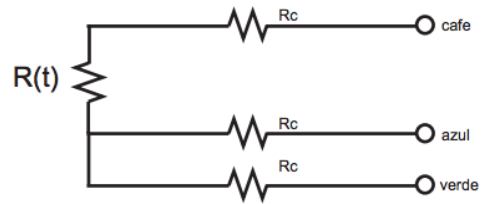
Con 2 hilos: Conexión más sencilla pero menos recomendable debido al error que se produce.

Figura 10. Conexión termorresistencias 2 hilos.



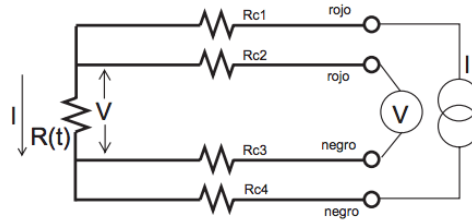
- Con 3 hilos: Conexión más común y mejor que el de dos hilos debido a que elimina el error generado en dos cables.

Figura 11. Conexión termorresistencias 3 hilos.



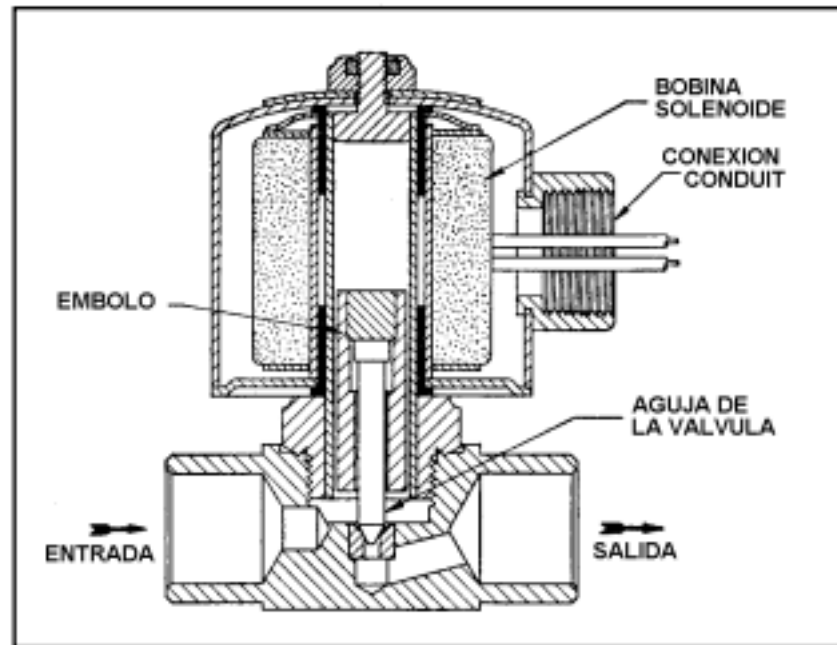
- Con 4 hilos: Es el más preciso de todos.

Figura 12. Conexión termorresistencias 4 hilos.



4. Válvulas solenoides. Una válvula solenoide es un dispositivo operado eléctricamente. Funciona como una válvula de paso manual, pero accionada de forma eléctrica, teniendo dos posiciones; completamente abierta o cerrada. Es utilizada para controlar flujo de fluidos líquidos o gases. Su funcionamiento se basa en energizar una bobina para abrir completamente la válvula y para cerrarla se desenergiza (Medina y Guadayol, 2010).

Figura 13. Válvula solenoide.

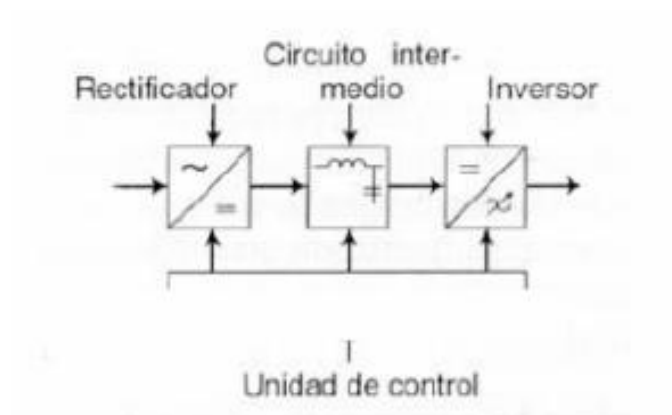


5. Convertidor I/P. Dispositivo que recibe una señal de corriente eléctrica de entrada y produce una salida neumática proporcional. Generalmente se da una conversión de 4-20mA a 3-16 PSI. La aplicación común de dicho instrumento es el posicionar operar una válvula de control de flujo de agua o de aire. (Manual de instrucciones ABB, 2012)

6. Variador de frecuencia. Un regulador electrónico de velocidad está formado por circuitos que incorporan transistores de potencia como el IGBT (transistor bipolar de puerta aislada) o tiristores, siendo el principio básico de funcionamiento transformar la energía eléctrica de frecuencia industrial en energía eléctrica de frecuencia variable. (UTN, 2012).

Esta variación de frecuencia se consigue mediante dos etapas en serie. Una etapa rectificadora que transforma la corriente alterna en continua, con toda la potencia en el llamado circuito intermedio y otra inversora que transforma la corriente continua en alterna, con una frecuencia y una tensión regulables, que dependerán de los valores de consigna. A esta segunda etapa también se le suele llamar ondulator. Todo el conjunto del convertidor de frecuencia recibe el nombre de inversor. (UTN, 2012).

Figura 14. Bloque de etapas de un variador de frecuencia.



(UTN, 2012)

El variador de frecuencia que se utilizara es el siguiente.

Figura 15. Variador de frecuencia



7. Medidor de flujo ultrasónico. El medidor de flujo ultrasónico es el encargado de medir el caudal de flujo circulante en una tubería o ducto. La instalación del medidor se realiza en una tubería o conducto ya sea interna o externa. Su salida es lineal con el flujo másico. Se basan en la propagación de ondas de sonido en

un fluido. Se dividen en dos tipos: tiempo de tránsito y efecto doppler. Estos componentes se pueden instalar por afuera de la tubería.

F. TIPOS DE DATOS

Un tipo de datos es la propiedad de un valor que determina su dominio, es decir, hasta que valores puede tomar, que operaciones puede realizar y como se representa en una computadora.

Figura 16. Tabla de tipo de datos.

Denominación	Bits	Ejemplo
BOOL	1	FALSE o TRUE
INT	16	-32768...32767
DINT	32	$-2^{31}...2^{31}-1$
REAL	32	0.4560
BYTE	8	0...255
WORD	16	0...65535
DWORD	32	$0...2^{32}-1$
TIME	32	T#5d4h2m38s.5ms
DATE	16	D#2015-09-11
TIME OF DAY	32	TOD#15:35:08.36
SSTIME	16	SST#2h2m38s
DATE AND TIME	64	DT#2015-09-11-15:35:08.36
CHAR	8	'A'
STRING		'AUTOMATA'

G. PROGRAMACIÓN PLC

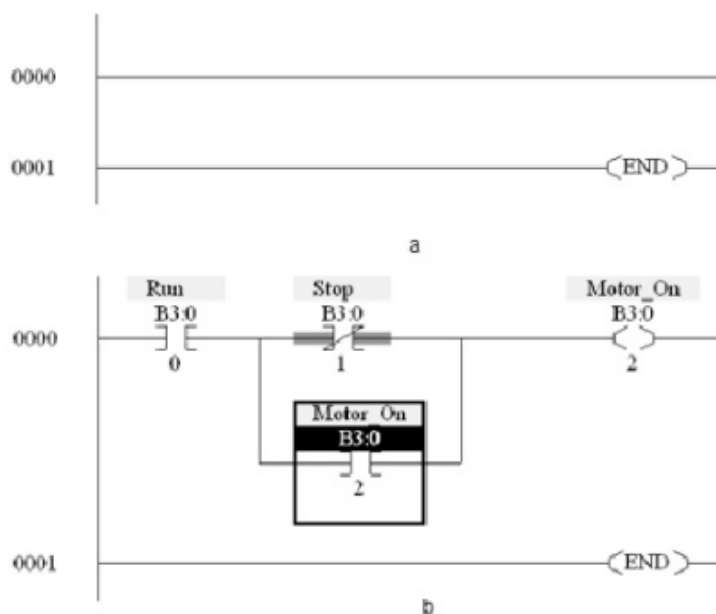
Un programa de un PLC es un conjunto de instrucciones que producirán la ejecución de una tarea. Un programa es una respuesta predeterminada a todas las posibles combinaciones de estados (Dahl-Skog, 2012). La programación de un PLC es, por consiguiente, un proceso donde se requiere:

1. Analizar el problema.
2. Definir la arquitectura del Hardware. (Entradas, salidas, etc.)
3. Programación del código dependiendo del PLC a utilizar.
4. Depuración y verificación del funcionamiento del programa.

Para la programación de un PLC se requiere de una computadora portátil o PC y el software indicado para la programación del PLC. Dicho programa llevara a cabo el proceso de forma automática por medio del PLC. Cuando el programa ha sido diseñado se transfiere a la unidad de memoria del PLC. Según el dispositivo programable que se tenga, se requiere de un software apropiado. En el caso de los controladores Allen Bradley MicroLogix 1100 se configuran y programan el software RSLogix.

1. RSLogix. RSLogix es una familia de paquetes de programación lógica de escalera, el cual ayuda en el rendimiento, ahorra tiempo de desarrollo del proyecto y mejora productividad. Fue diseñada con el fin de operar en sistemas operativos Microsoft Windows. Este programa permite crear programas de control en lenguaje Ladder del autómeta MicroLogix 1100.

Figura 17. Parte de programa Ladder de PLC.



2. RSLogix Emulador. RSLogix Emulator es un software que emula el comportamiento o programación realizada en RSLogix 500. Este programa permite que el usuario experimente y depure el programa realizado de forma segura sin necesidad de conectarlo con los módulos I/O del controlador y estos a los dispositivos físicos (sensores y actuadores). Este programa también permite que el usuario se comuniquen con la aplicación HMI sin necesidad de conectarlo con el controlador.

3. RSLinx. RSLinx es el software de comunicación ideal para explorar redes de automatización configurar y diagnosticar dispositivos de red. Este programa se encuentra incluido en el software de diseño Rockwell para poder administrar y mantener el sistema de control.

Es un simulador de software de la línea Allen Bradley de controladores. Su objetivo principal es el de imitar la función de un PLC sin el hardware real y así poder realizar una depuración avanzada.

4. FactoryTalk View. FactoryTalk View es un software para desarrollar y simular una interfaz que conecte la relación humano-maquina. Fue diseñado para monitorear y controlar un proceso automático de máquinas. Este software funciona en sistemas operativos como Microsoft Windows 7, 8, 8.1, 10, Windows Server 2008 y Windows Server 2012.

Figura 18. Imagen de ejemplo de interfaz de un proceso químico.



(Imagen obtenida en:

<http://www.proconics.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=539770591>)

1. Simatic. Step 7 o S7 es un software de programación del PLC (controlador lógico programable) de Siemens. Es sucesor de S5 que está extendido en Alemania. Domina el mercado de lenguaje de programación disponiendo de tres lenguajes de programación.

- FBS – Funktiondbausteinsprache o FUP. Diagrama de funciones.
- KOP – Kontaktplan english o LAD que es diagrama de contactos.
- AWL – Anweisungsliste english STL. Lista de instrucciones.

AWL o lista de instrucciones es similar al lenguaje ensamblador. Al igual que SCL se basa en programación de texto. Todas las operaciones están centralizadas y permite funcionar con cualquier tipo de datos.

2. WinCC flexible. Debido al aumento de las capas de los procesos y las mayores exigencias de las máquinas e instalaciones, se requiere de una máxima transparencia. La interfaz hombre-máquina (HMI) ofrece dicha transparencia. Un sistema HMI representa la interfaz entre el hombre (operador) y el proceso (máquina). El autómatas es el que contienen el verdadero control del proceso por lo que la interfaz se basa en:

- Representar el proceso. Se actualiza constante mente para que el operador pueda visualizar el proceso.
- Controla el proceso.
- Emitir avisos.
- Archivar valores del proceso.

- Documentar valores.
- Administrar parámetros de proceso.

WinCC es un software HMI para conceptos de automatización del ámbito industrial con una ingeniería sencilla y eficaz.

H. ETHERNET INDUSTRIAL

Un protocolo de comunicación a través de la red determina cuando una computadora requiere enviar datos o recibir información. Es el encargado de transmitir datos por cableado y la forma de operación con las aplicaciones. (Mejía, 2005)

Entre las más comunes se encuentra Ethernet para redes LAN con PCs. Ethernet opera con técnicas CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access Collision). Ethernet utiliza broadcast para enviar simultáneamente por red mismos mensajes a múltiples estaciones. Las redes ethernet tiene alto rendimiento de 10-100 Mbps. (Mejía, 2005)

El etherNet industrial es utilizado para transmitir señales entre un PLC y una computadora. La conexión Ethernet es un estándar de redes de computadoras de área local, es decir, de corta extensión. En el área industrial es muy utilizado este protocolo de comunicación debido a la velocidad de transmisión que es de 10 Mbps.

Las redes ethernet/IP son redes de comunicación que ofrecen una suite completa de mensajes y servicios para aplicaciones de automatización. Las aplicaciones de etherNet/IP son:

- Control en tiempo real
- Sincronización de hora
- Movimiento

Este estándar de red abierta brinda compatibilidad con las funciones de mensajería E/S en tiempo real, intercambio de información y mensajería general. La red EtherNet I/P son compatibles con CIP Safety que permite la transmisión simultánea de datos de seguridad y de control (información de diagnostico). En el siguiente diagrama se muestra como los módulos de comunicación EthernNet/IP de Rockwell Automation encajan en un sistema de control.

V. ANTECEDENTES

La primera fase de automatización de la Torre de Absorción del Laboratorio de Operaciones Unitarias se realizó el año 2003. Dicho proyecto tenía como objetivo controlar automáticamente la caída de presión de la torre al fijar el flujo de gas. Para realizar el control automático se diseñó un circuito utilizando un microcontrolador PIC 16F877. En dicha fase se instalaron válvulas proporcionales. Los fluidos se trasladaban hasta la torre empacada para formularse la solución de H_2CO_3 la cual era depositada en un único tanque. También se diseñó una interfaz gráfica de usuario a través del cual el operador podía monitorear el proceso.

En el año 2008 se realizó una segunda fase de automatización de la Torre de Absorción. En dicho trabajo se tenía como objetivo la automatización a bajo costo para mejorar la calidad de las herramientas educativas del Laboratorio de Operaciones Unitarias de La Universidad del Valle de Guatemala. Para poder cumplir con los objetivos se realizó un módulo de control semejante al de la primera fase de automatización. Para el sistema de control se utilizó un microcontrolador PIC 18F2525. Este microcontrolador está diseñado específicamente para procesar señales analógicas. Para esta fase se instalaron sensores de presión, de temperatura y de humedad. Al igual que en la primera fase, en esta fase se desarrolló un programa computarizado en el cual se controlan los flujos de entrada a la torre. Físicamente, el sistema de la torre de absorción era similar al de la primera fase, en el cual se utilizaba un tanque para recibir la solución de agua carbonatada. A continuación, se muestra la tarjeta electrónica utilizada para controlar el sistema de la torre de absorción de la segunda fase.

Figura 19. Circuito diseñado para la segunda fase de la automatización de la torre de absorción.

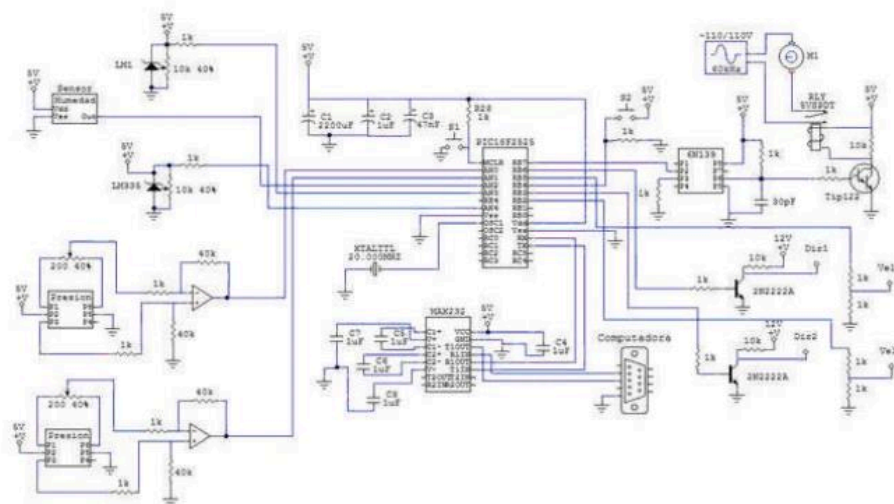


Figura 20. Botonera y medidores de flujo de la segunda fase de automatización.

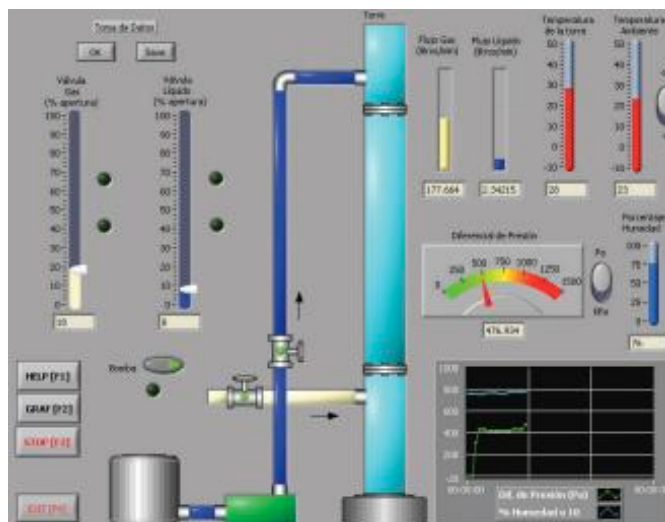


Figura 21. Válvulas proporcionales segunda fase de automatización.



Figura 22. Interfaz gráfica de la segunda fase de automatización.

Interfaz realizada en LabView.



Luego de la segunda fase de automatización de la torre de absorción, la universidad realizó un proyecto en el cual realizó mejoras de la primera y segunda fase de automatización. En el proyecto se utilizó un PLC se cambiaron las válvulas proporcionales y se añadió un enfriador para que el proceso fuera más eficiente. Debido a la ampliación de procesos químicos del Laboratorio de Operaciones Unitarias y a diversos proyectos de automatización en el laboratorio, el sistema instalado en la torre de absorción fue desmantelado y utilizado en otros procesos químicos dejando inoperable el sistema, por lo que actualmente el proceso se realiza de forma manual. A continuación, se muestra un diagrama P&ID del estado actual de la torre de absorción.

Figura 23. Diagrama P&ID actual de la torre de absorción.

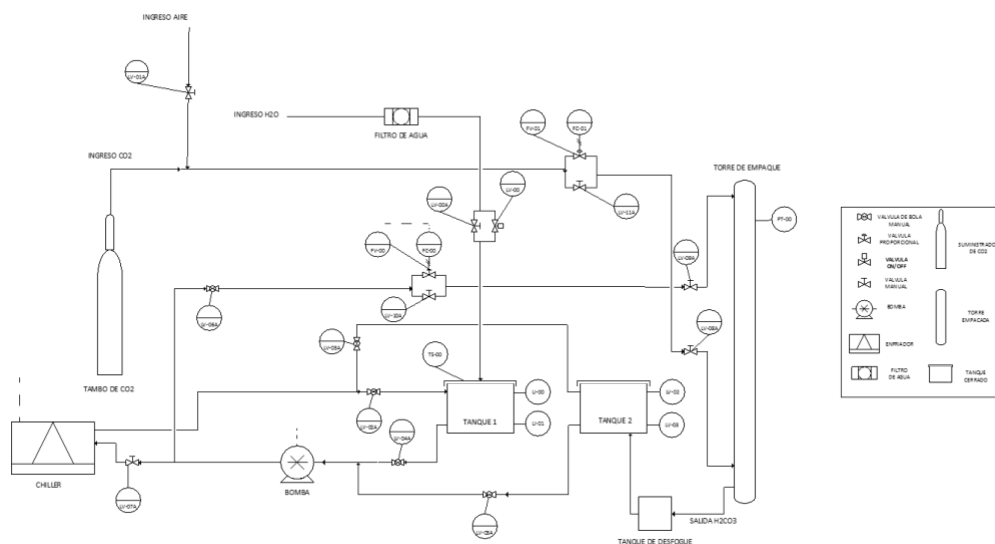


Figura 24. Estado actual de la torre de absorción.



Actualmente el control del proceso de absorción de la torre se continúa realizando de forma manual y es ineficiente debido al contacto que el humano tiene con el proceso. Actualmente el proceso se realiza de la siguiente forma:

1. Se llena el tanque #1. Abriendo la válvula manual que suministra agua a dicho sistema.
2. Se circula el agua en el enfriador para llegar a una temperatura de 4°C.
3. Se envía agua a la torre empacada en la parte superior y en la parte inferior CO₂ y aire.
4. Se llena el tanque #2. Se realizan muestras de la solución.

Debido a los antecedentes de la torre de absorción, se realizó un diseño de automatización que tiene el fin de optimizar y facilitar el proceso de producción de H₂CO₃ (Ácido carbónico).

VI. METODOLOGÍA

A. FAMILIARIZACIÓN CON EL PROCESO

En esta etapa se buscó familiarizarse con el proceso químico de absorción de gases. Principalmente, se realizó una investigación de los siguientes temas:

1. Absorción de gases
2. Solubilidad de gases en líquidos
3. Torre empacada
4. Empaque

Luego de dicha investigación, se realizó una práctica en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala. Dicho laboratorio consistió en la realización del proceso de absorción con el fin de realizar H_2CO_3 (agua carbonatada). En el proceso se realizaron curvas con flujo de agua constante y variaciones de flujo de CO_2 para poder determinar la concentración del gas en el agua. También se realizó un análisis del equipo presente en el proceso de absorción para luego realizar el diseño de automatización para la torre de absorción.

B. REDISEÑO DE LA PLANTA

Se analizó el sistema presente en la planta al realizar el laboratorio para formular agua carbonatada. Con dicho análisis se determinó la instrumentación necesaria para poder automatizar el proceso y mejorar la capacidad de producción y trabajo entre el usuario y el equipo. Entre los dispositivos determinados para el diseño de automatización están:

- Válvulas solenoides.
- Sensor de conductividad.
- Sensores de temperatura para los tanques 1 y 2.
- Sensores de presión para la parte superior e inferior de la torre empacada.
- Interruptores de nivel máximo y mínimo. Para tanque 1 y 2.

Luego de tener determinado el equipo necesario para la automatización se determinaron los componentes que mejor se adaptaban al proceso de diseño (marcas, modelo, material, etc.). Los componentes propuestos se pueden observar en el Cuadro #1. Algunos de los componentes propuestos no se poseían en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, por lo que se cotizaron.

Posterior a la elección de los componentes que se deberán adecuar al sistema y a la verificación de los componentes existentes, se realizó el diseño de automatización. El diseño de automatización tuvo como fin el análisis del sistema en conjunto con los elementos propuestos. Dicho diseño consiste en presentar de forma visual el resultado final de la automatización. El análisis de diseño requiere de las siguientes etapas de trabajo: realización de un listado de señales de las entradas y salidas analógicas del sistema, diagramas eléctricos unifilares de la interconexión de todos los componentes, realización de un diagrama de procesos P&ID, esquema del panel de control y por último un listado de componentes que presente la descripción completa, así como el fabricante, modelo, serie y hoja técnica (como la presentada en el Cuadro 1).

C. DETERMINACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL SISTEMA

Al tener claro la nueva instrumentación a utilizar en el proceso de absorción se realizó un razonamiento del equipo para determinar las entradas y salidas del proceso. Las entradas y salidas del sistema se hacen en referencia al controlador lógico programable, es decir, las señales de entrada (sensores) al controlador y las señales que el controlador envía a actuadores.

Para realizar dicho listado se utilizó como herramienta el software Excel 2017 el cual se se cuantifico y cualifico cada entrada y salida del sistema clasificándola entre digital y analógica. Por cada elemento se dio una breve explicación de su uso en el proceso.

D. DIAGRAMA DE PROCESO P&ID

El diagrama de proceso P&ID se realizó con el fin de demostrar de forma gráfica el sistema completo de la torre de absorción. Se realizaron dos diagramas de proceso:

1. En el primer diagrama se describe la forma en la que se encontraba el sistema.
2. El segundo diagrama muestra la propuesta de diseño de cómo será la automatización del sistema de absorción en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala.

Dichos diagramas se realizaron con la aplicación Visio de Microsoft la cual es una herramienta ideal para la creación de diagramas. El diagrama demuestra la posición exacta de cada componente, sensor y actuador.

También se nombraron dichos componentes de acuerdo a la Norma ISA-S5.1 para el diagrama de proceso e instrumentación.

E. DIAGRAMAS ELÉCTRICOS

Se realizó diagramas eléctricos unifilares en el proceso de diseño con el fin de representar de forma gráfica la conexión eléctrica de cada componente eléctrico. Los diagramas eléctricos fueron realizados para organizar el cableado eléctrico y tener en cuenta la alimentación eléctrica de cada componente (válvulas, sensores, controlador, módulos, bombas y enfriador).

Para los diagramas eléctricos fue necesario revisar la hoja técnica de todos los componentes propuestos para la automatización. En las hojas técnicas se determinó el voltaje de alimentación, las señales requeridas para trabajar con los instrumentos y las condiciones para el buen manejo de cada uno.

Los diagramas eléctricos se realizaron en la aplicación AutoCad Electrical. Dicho software fue de gran ayuda debido a la biblioteca de componentes eléctricos que posee. El software trabaja con diversas marcas de controladores por lo que brinda diagramas de módulos de entradas y salidas analógicas y digitales. El software trabaja con la marca Allen Bradley, por consiguiente, se encuentran los módulos que se adaptaran al sistema.

F. PROGRAMACIÓN DE PLC

Se subdividió el proceso en tareas y áreas con el fin de facilitar la comprensión del procedimiento de formulación de H₂CO₃. Cada división está relacionada entre sí. Esta división fue de beneficio para la formulación de un diagrama de flujo que demuestra el procedimiento de forma gráfica del algoritmo que se debe realizar para completar la tarea de absorción de gases. El diagrama de flujo se realizó con la herramienta Visio de Microsoft.

Luego de realizado el diagrama de flujo, se tradujo cada instrucción en el lenguaje Ladder. Fue utilizado este lenguaje de programación debido al fácil entendimiento. El software utilizado para dicha programación fue RSLogix 500 el cual es el utilizado para programar el controlador lógico programable MicroLogix 1100 1763-L16AWA de la casa Allen Bradley. El programa realiza la secuencia requerida en el proceso de formulación de H₂CO₃.

Es importante mencionar que el programa fue evaluado y simulado para estar seguros del funcionamiento correcto del mismo. Para la simulación del proceso se utilizó RSLogix Emulator que se encuentra incluido en el mismo software de RSLogix 500 de la familia IEC-1131 compliant. Para realizar la conexión entre los dos programas (RSLogix y RSLogix Emulator) se utilizó la herramienta RSLinx. El programa también fue realizado en el software Simatic Step 7 para un PLC siemens 300.

G. DISEÑO DE INTERFAZ GRÁFICA

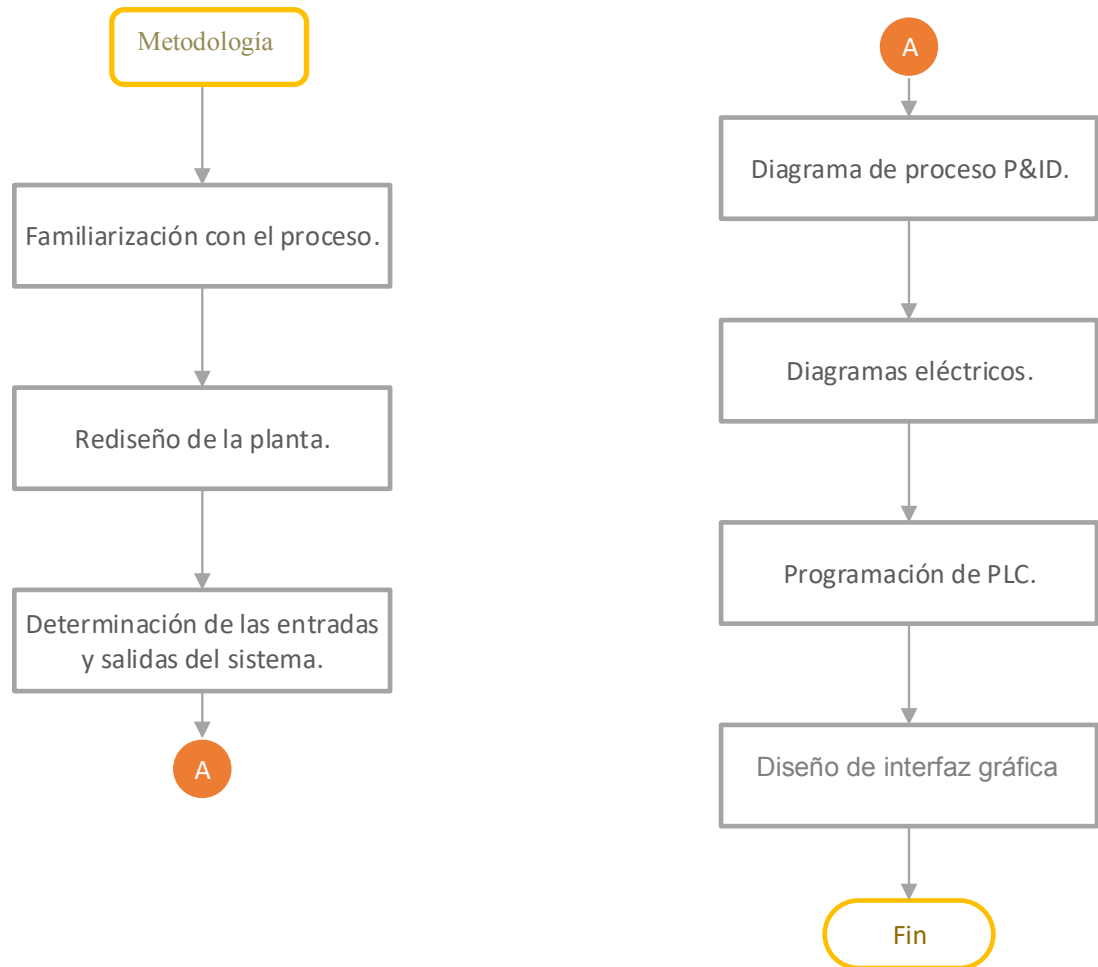
A partir de la programación del proceso es necesario que exista una conexión entre la máquina y la computadora, por esta razón se realizó una interfaz gráfica. El fin de la interfaz es proporcionar un entorno visual sencillo al usuario por medio de gráficos que representan la posición de cada instrumento y componente utilizado en el proceso de absorción. Con esta interfaz el usuario puede modificar los flujos de salida de H₂O y CO₂ + Aire. También puede determinar cuándo iniciar y detener el programa. La interfaz se realizó con el software WinCC Flexible.

H. DISEÑO DE PANEL DE CONTROL

El panel de control realizado muestra la posición de cada componente. En el diseño del panel se encuentra el PLC, la fuente de poder, los módulos I/O, las borneras y los disyuntores. Dicho diagrama también se realizó en AutoCad Electrical.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo (resumido) de la metodología.

Figura 25. Diagrama de flujo de la metodología.



VII. RESULTADOS

El Cuadro 1 contiene la descripción de todos los componentes necesarios para la automatización de la Torre de Absorción. En el Cuadro 1 se encuentra la marca, la hoja técnica y el modelo de cada componente para que pueda ser identificado con facilidad. Algunos de los componentes mencionados ya existen instalados en el sistema, pero no están funcionando. Entre los componentes propuestos (que aún no se encuentran instalados) están:

- Válvulas ON/OFF – AirTac.
- Interruptores de nivel - KOBOLD
- Sensores de temperatura RTD – InstruCon.
- Transmisor de presión – SSI Technologies Inc.
- PLC MicroLogix 1100.
- Módulos de I/O analógicos y digitales.
- Botones de encendido y apagado.
- Selector para proceso manual o automático.

Cada componente propuesto deberá ser cotizado en diversas empresas y no precisamente los propuestos son los que deberán instalarse. Los componentes mencionados son los que mejor se adecuan al sistema ya que se tomó en cuenta la medida, la alimentación, comunicación con el PLC, precio y accesibilidad de obtención.

Cuadro 1. Propuesta de componentes para el rediseño del sistema de absorción.

Identificador funcional	Descripción	Marca	Serie	Medida	Hoja técnica
LV-00	Válvula solenoide. NC. Presión de trabajo: 5 – 230 Psi. Trabaja con líquidos y gases a una temperatura de -9 a 0 grados C.	OMEGA	SV203	3/4"	http://www.omega.com/pressure/pdf/SV200_SERIES.pdf
LV-01	Válvula solenoide. Presión de trabajo de 10-150 PSI. Trabaja con agua, aire y aceite soportando temperaturas de -18 a 82 grados C. Acero inoxidable.	AIRTRAC	2L	3/4"	http://es.airtac.com/upload/201108291127441406.PDF

Continuación Cuadro 1.

Identificador Funcional	Descripción	Marca	Serie	Medida	Hoja técnica
LV-02	Válvula solenoide. Presión de trabajo de 10-150 PSI. Trabaja con agua, aire y aceite soportando temperaturas de -18 a 82 grados C. Acero inoxidable.	AIRTRAC	2L	3/4"	http://es.airtac.com/upload/201108291127441406.PDF
LV-03	Válvula solenoide. Presión de trabajo de 10-150 PSI. Trabaja con agua, aire y aceite soportando temperaturas de -18 a 82 grados C. Acero inoxidable.	AIRTRAC	2L	3/4"	http://es.airtac.com/upload/201108291127441406.PDF
LV-04	Válvula solenoide. Presión de trabajo de 10-150 PSI. Trabaja con agua, aire y aceite soportando temperaturas de -18 a 82 grados C. Acero inoxidable.	AIRTRAC	2L	3/4"	http://es.airtac.com/upload/201108291127441406.PDF
LV-05	Válvula solenoide. Presión de trabajo de 10-150 PSI. Trabaja con agua, aire y aceite soportando temperaturas de -18 a 82 grados C. Acero inoxidable.	AIRTRAC	2L	3/4"	http://es.airtac.com/upload/201108291127441406.PDF

Continuación Cuadro 1.

Identificador funcional	Descripción	Marca	Serie	Medida	Hoja técnica
LV-06	Válvula solenoide. Presión de trabajo de 10-150 PSI. Trabaja con agua, aire y aceite soportando temperaturas de -18 a 82 grados C. Acero inoxidable.	AIRTRAC	2L	3/4"	http://es.airtac.com/upload/201108291127441406.PDF
LV-07	Válvula solenoide. Presión de trabajo de 10-150 PSI. Trabaja con agua, aire y aceite soportando temperaturas de -18 a 82 grados C. Acero inoxidable.	AIRTRAC	2L	3/4"	http://es.airtac.com/upload/201108291127441406.PDF
LV-08	Válvula solenoide. Presión de trabajo de 10-150 PSI. Trabaja con agua, aire y aceite soportando temperaturas de -18 a 82 grados C. Acero inoxidable.	AIRTRAC	2L	3/4"	http://es.airtac.com/upload/201108291127441406.PDF
VP-00	Actuador de acción directa (ATC). El muelle del actuador se precarga con presión en el cuerpo de la válvula. precarga del muelle del actuador	Jordán Valve	I & M Mark 78	3/4"	http://www.jordanvalve.com/wp-content/uploads/2017/04/78im_sm.pdf
VP-01	Actuador de acción directa (ATC). El muelle del actuador se precarga con presión en el cuerpo de la válvula. precarga del muelle del actuador	Jordán Valve	I & M Mark 79	3/4"	http://www.jordanvalve.com/wp-content/uploads/2017/04/78im_sm.pdf

Continuación Cuadro 1.

Identificador funcional	Descripción	Marca	Serie	Medida	Hoja técnica
LC-00	Interruptor de nivel de polipropileno, permite compatibilidad con líquidos agresivos. Diseñado para instalar en paredes laterales. Cambia de NO a NC.	KOBOLD	NKP-2501	1/2"	http://koboldusa.com/sites/default/files/product_files/NKP-side-mounted-level-switch.pdf
LC-01	Interruptor de nivel de polipropileno, permite compatibilidad con líquidos agresivos. Diseñado para instalar en paredes laterales. Cambia de NO a NC.	KOBOLD	NKP-2502	1/2"	http://koboldusa.com/sites/default/files/product_files/NKP-side-mounted-level-switch.pdf
LC-02	Interruptor de nivel de polipropileno, permite compatibilidad con líquidos agresivos. Diseñado para instalar en paredes laterales. Cambia de NO a NC.	KOBOLD	NKP-2503	1/2"	http://koboldusa.com/sites/default/files/product_files/NKP-side-mounted-level-switch.pdf
LC-03	Interruptor de nivel de polipropileno, permite compatibilidad con líquidos agresivos. Diseñado para instalar en paredes laterales. Cambia de NO a NC.	KOBOLD	NKP-2504	1/2"	http://koboldusa.com/sites/default/files/product_files/NKP-side-mounted-level-switch.pdf
PT-00	Convertidor de presión y transmisor. Mide presiones de 3 - 100 Psi. Pueden trabajar a una temperatura de - 40 a 105 grados C.	SSI Technologies Inc.	P51-03-G-UB-136-5V-O-R	5/8"	https://www.digikey.com/catalog/en/partgroup/mediasensor-p51-series/11093

Continuación Cuadro 1.

Identificador funcional	Descripción	Marca	Serie	Medida	Hoja técnica
PT-01	Convertidor de presión y transmisor. Mide presiones de 3 - 100 Psi. Pueden trabajar a una temperatura de - 40 a 105 grados C.	SSI Technologies Inc.	P51-03-G-UB-136-5V-O-R	5/8"	https://www.digikey.com/catalog/en/partgroup/mediasensor-p51-series/11093
ST-00	Sensores de temperatura RTD cambian de resistencia al cambiar de temperatura.	InstruCon	1100006608	1/4"	http://www.gobigchief.com/wp-content/uploads/InstruCon_IndustrialRTD.pdf
ST-01	Sensores de temperatura RTD cambian de resistencia al cambiar de temperatura.	InstruCon	1100006608	1/4"	http://www.gobigchief.com/wp-content/uploads/InstruCon_IndustrialRTD.pdf
FC-00	Transductor electro-neumático que regula la presión de salida proporcional a una señal de entrada eléctrica. Trabaja a una presión de 3 - 15 Psi de salida.	Bellofram	961-116-000	1/2"	http://store.flw.com/content/100135/32780/bellofram-electro-pneumatic-transducer-type-1000.pdf
FC-01	Transductor electro-neumático que regula la presión de salida proporcional a una señal de entrada eléctrica. Trabaja a una presión de 3 - 15 Psi de salida.	Bellofram	961-116-000	1/2"	http://store.flw.com/content/100135/32780/bellofram-electro-pneumatic-transducer-type-1000.pdf
PLC-00	Controlador lógico programable MicroLogix 1100. Este componente será el encargado de controlar el proceso completo de absorción de la Torre de Absorción.	Allen Bradley	1763-L16AWA B	-	http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/1763-pp001_en-p.pdf

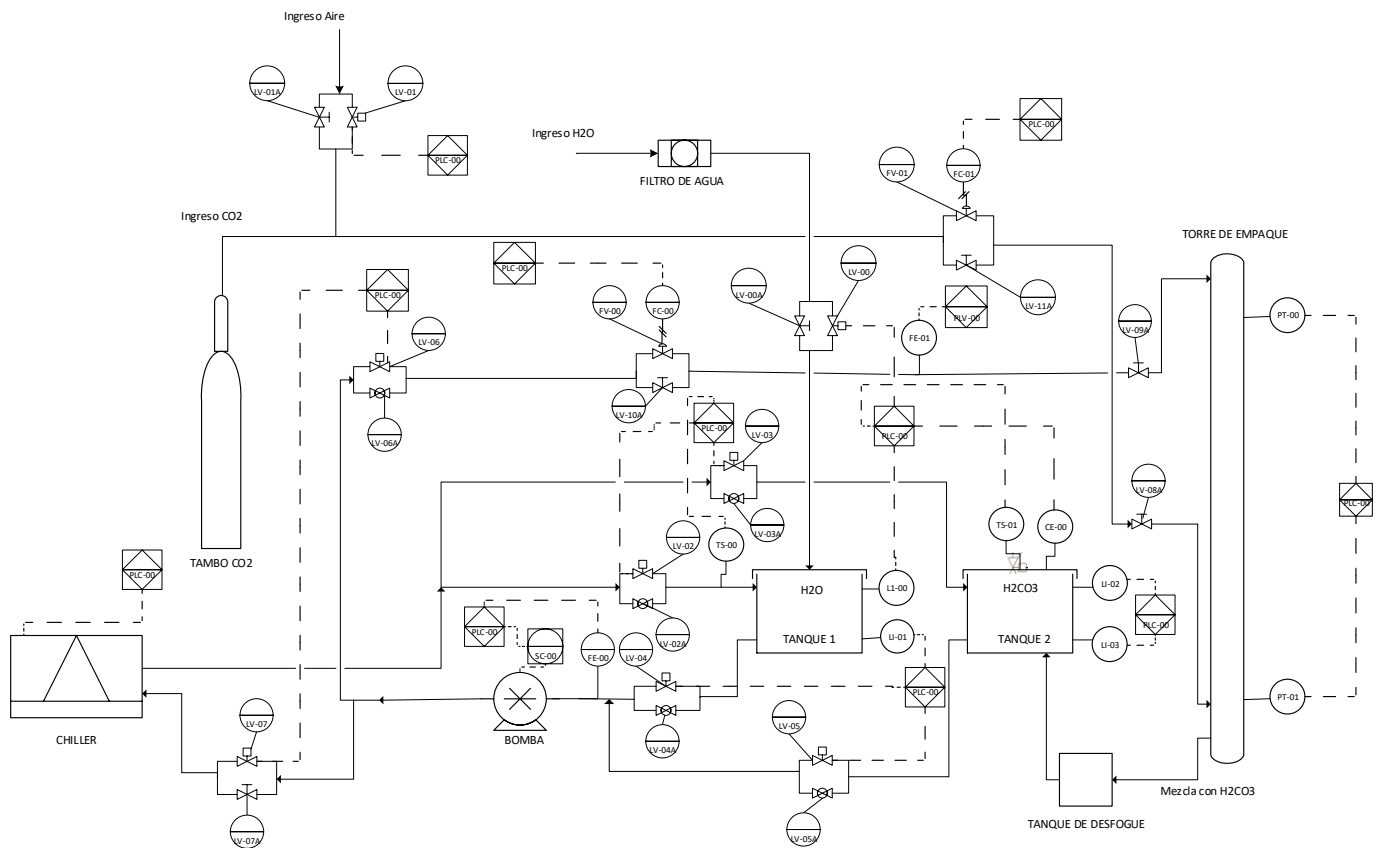
Continuación Cuadro 1.

Identificador funcional	Descripción	Marca	Serie	Medida	Hoja técnica
Módulo de salidas analógicas.	Módulo adaptado al controlador MicroLogix 1100.	Allen Bradley	1762-OF4	-	https://www.elit.ee/docs/Automation/Rockwell%20AC%20Drives/ALBR1762OF4_Ins.pdf
Módulo de salidas digitales.	Módulo de adaptado al controlador MicroLogix 1100.	Allen Bradley	1762-OW8	-	http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1762-in003_-en-p.pdf
Módulo de entradas digitales.	Módulo de entradas digitales adaptado al controlador MicroLogix 1100.	Allen Bradley	1762-IQ8OW6	-	http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1762-in018_-en-p.pdf
BM	Botón encargado de encender la bomba.	-	-	-	-
PM	Desactiva el funcionamiento del sistema por cualquier emergencia.	-	-	-	-
ONB	Botón de encendido de la bomba.	-	-	-	-
OFFB	Botón de apagado de la bomba.	-	-	-	-
ONE	Botón de encendido del enfriador.	-	-	-	-
OFFE	Botón de apagado del enfriador.	-	-	-	-
AUTO	Selector para colocar sistema en modo automático.	-	-	-	-
MANUAL	Selector para colocar sistema en modo manual.	-	-	-	-
SENSOR DE FLUJO	Medidor de flujo de agua.	KROHNE	3400	¾"	http://cdn.krohne.com/dlc/TD_OP_TISONIC3400_Districtheating_en_160714_4004547102_R02.pdf
VARIADOR DE FRECUENCIA	Encargado de variar la velocidad de la bomba.	Allen Bradley	4M	-	http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/22f-um001_-es-p.pdf

Aparte de tener en cuenta de los componentes requeridos para la automatización del sistema, es necesario tener en cuenta donde serán instalados dichos componentes. A continuación, se presenta el diagrama P&ID de la propuesta de diseño para la Torre de Absorción. Cada componente está identificado con un nombre funcional y se demuestra que componente se encuentra controlado por el controlador lógico programable.

Como se puede observar en la Figura 1. Se encuentran los componentes propuestos para la automatización. El diagrama muestra la ubicación exacta de los componentes y la conexión con el controlador lógico programable.

Figura 26. Diagrama de propuesta P&ID para torre de absorción.



Como se puede observar en el Cuadro 2 la mayoría de las señales digitales son salidas las cuales son válvulas ON/OFF que son controladas por el controlador lógico programable. Las únicas entradas digitales son los receptores de nivel mínimos y máximos que deberán ser instalados en el Tanque #1 y Tanque #2.

Cuadro 2. Listado de señales digitales.

Dispositivo	Identificador funcional	I/O	Tipo de dato	Descripción del valor de la señal.		Descripción del dispositivo
				0	1	
Válvula solenoide 1	LV-00	O	BOOLEAN	La válvula se encuentra cerrada.	La válvula se abre suministrando agua al sistema.	Válvula principal encargada de suministrar agua a las tuberías.
Válvula solenoide 2	LV-01	O	BOOLEAN	La válvula se encuentra cerrada.	La válvula se abre y suministra aire de entrada.	Válvula encargada de suministrar aire del compresor.
Válvula solenoide 3	LV-02	O	BOOLEAN	Válvula cerrada. Permanece cerrada después del proceso de enfriado para que no exista una mezcla entre el contenido del Tanque #1 y el contenido del Tanque #2.	Válvula abierta. Permanece abierta al inicio (mientras se lleva el agua a temperatura de 4 grados C).	Electroválvula que suministra agua al Tanque #1 (proviene del enfriador). Se encuentra en la parte superior del Tanque #1.
Válvula solenoide 4	LV-03	O	BOOLEAN	Válvula cerrada. Se encuentra cerrada mientras se enfría el agua a 4 grados C en el Tanque #1.	Válvula abierta. Permanecerá abierta al tener H ₂ CO ₃ en el tanque #2. Se recirculará el agua en el tanque #2 (no ingresará al Tanque #1).	Electroválvula encargada de vaciar agua del Tanque #2. Se encuentra en la parte superior de la entrada del Tanque #1, salida del Tanque #2.

Continuación Cuadro 2.

Dispositivo	Identificador funcional	I/O	Tipo de dato	Descripción del valor de la señal.		Descripción del dispositivo
				0	1	
Válvula solenoide 5	LV-04	O	BOOLEAN	Válvula cerrada. Permanecer á cerrada después del paso No. 2 (el proceso de mezcla entre agua y CO2).	Válvula abierta. Se encuentra abierta en el proceso de enfriamiento o del agua del Tanque #1. (No tiene contacto con el Tanque #2).	Electroválvula encargada de suministrar agua a la bomba. Se encuentra en la salida inferior del Tanque #1.
Válvula solenoide 6	LV-05	O	BOOLEAN	Válvula cerrada. Se encuentra cerrada en el proceso de enfriamiento o del agua del Tanque #1.	Válvula abierta. Abierta para circular H2CO3 hacia la torre o hacia el enfriador (después de proceso de enfriamiento o del agua). No deberá tener contacto con el agua del Tanque #1.	Electroválvula que suministra agua a la bomba. Se encuentra en la entrada inferior de Tanque #1 (proviene del Tanque #2).
Válvula solenoide 7	LV-06	O	BOOLEAN	Válvula cerrada. Estará cerrada en el proceso de enfriamiento o del agua.	Se abre cuando el agua este en 4 grados C.	Electroválvula encargada de suministrar agua a válvula proporcional que se dirige a la torre.
Válvula solenoide 8	LV-07	O	BOOLEAN	Válvula cerrada. Permanecer á cerrada al estar recirculando el fluido (ya sea en el Tanque #1 o en el Tanque #2).	Válvula abierta. Se abrirá solo cuando se requiera mezclar agua y CO2.	Electroválvula encargada de suministrar agua al enfriador para que permanezca en 4 grados C.

Continuación Cuadro 2.

Dispositivo	Identificador funcional	I/O	Tipo de dato	Descripción del valor de la señal.		Descripción del dispositivo
				0	1	
Válvula solenoide 9	LV-08	O	BOOLEAN	Válvula cerrada. Cuando se desea retener la solución de salida de la torre.	Válvula abierta. Se abrirá cuando se requiera pasar solución al Tanque 2.	Electroválvula que se encuentra en la salida de la torre.
Receptor de nivel 1	LC-00	I	BOOLEAN	No envía señal. Está por debajo del nivel máximo.	Envía señal cuando sobrepasa el nivel máximo del Tanque #1.	Relé de control de nivel máximo (de líquido). Recibe la señal del electrodo colocados en el Tanque #1, nivel máximo.
Receptor de nivel 2	LC-01	I	BOOLEAN	No envía señal. El nivel del agua se encuentra por debajo del nivel mínimo del Tanque #2.	Envía señal cuando se encuentra arriba del nivel mínimo. Siempre deberá de enviar señal.	Relé de control de nivel mínimo (de líquido). Recibe la señal del electrodo colocados en el Tanque #1, nivel mínimo.
Receptor de nivel 3	LC-02	I	BOOLEAN	No envía señal. Está por debajo del nivel máximo.	Envía señal cuando sobrepasa el nivel máximo del Tanque #2.	Relé de control de nivel máximo (de líquido). Recibe la señal del electrodo colocados en el Tanque #2, nivel máximo
Receptor de nivel 4	LC-03	I	BOOLEAN	No envía señal. El nivel del agua se encuentra por debajo del nivel mínimo del Tanque #1.	Envía señal cuando se encuentra arriba del nivel mínimo. Siempre deberá de enviar señal.	Relé de control de nivel mínimo (de líquido). Recibe la señal del electrodo colocados en el Tanque #2, nivel mínimo.

Dispositivo	Identificador funcional	I/O	Tipo de dato	Descripción del valor de la señal.		Descripción del dispositivo
				0	1	
Bomba	BOMBA	O	BOOLEAN	Se encuentra apagada la bomba.	Envía señal para encender la bomba. Esto lo hace cuando ya existe fluido en el Tanque #1.	Esta señal se encarga de encender la bomba al inicio del proceso.
Enfriador	CHILLER	O	BOOLEAN	Se encuentra apagado el enfriador.	Envía señal para encender el enfriador cuando ya existe fluido en el Tanque #1.	Señal encargada de encender el enfriador al inicio del proceso.

Como se puede observar en el Cuadro 2 la mayoría de las señales digitales son salidas las cuales son válvulas ON/OFF que son controladas por el controlador lógico programable. Las únicas entradas digitales son los receptores de nivel mínimos y máximos que deberán ser instalados en el Tanque #1 y Tanque #2.

Cuadro 3. Listado de señales de la botonera.

Nombre	Identificador Funcional	I/O	Tipo de dato	Descripción del valor de la señal		Descripción
				0	1	
Encendido manual	BM	I	BOOLEAN	Botón no presionado.	Botón presionado, se enciende el sistema.	Botón encargado de encender el sistema.
Paro de emergencia	PM	I	BOOLEAN	Botón no presionado.	Botón presionado, se apaga el sistema.	Botón encargado de apagar el sistema en cualquier momento.

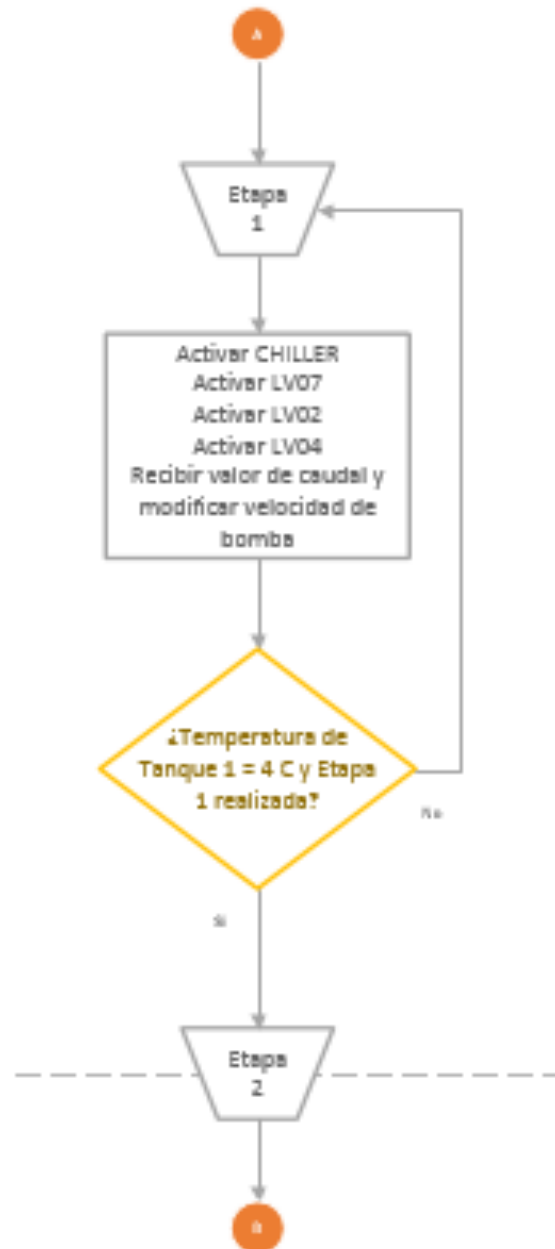
Nombre	Identificador Funcional	I/O	Tipo de dato	Descripción del valor de la señal		Descripción
				0	1	
Encendido bomba	ONB	I	BOOLEAN	Botón no presionado.	Botón presionado, se enciende bomba.	Botón encargado de encender bomba.
Apagado bomba	OFFB	I	BOOLEAN	Botón no presionado.	Botón presionado, se apaga bomba.	Botón encargado de apagar bomba.
Encendido chiller	ONE	I	BOOLEAN	Botón no presionado.	Botón presionado, enfriador encendido.	Botón encargado de encender enfriador.
Apagado chiller	OFFE	I	BOOLEAN	Botón no presionado.	Botón presionado, enfriador apagado.	Botón encargado de apagar enfriador.
Automático	AUTO	I	BOOLEAN	Selector no activado.	Selector activado, indica que esta en modo automático.	Selector encargado de escoger el modo automático para trabajar.
Manual	MANUAL	I	BOOLEAN	Selector no activado.	Selector activado, indica que se encuentra en modo manual.	Selector encargado de escoger el modo manual para trabajar.

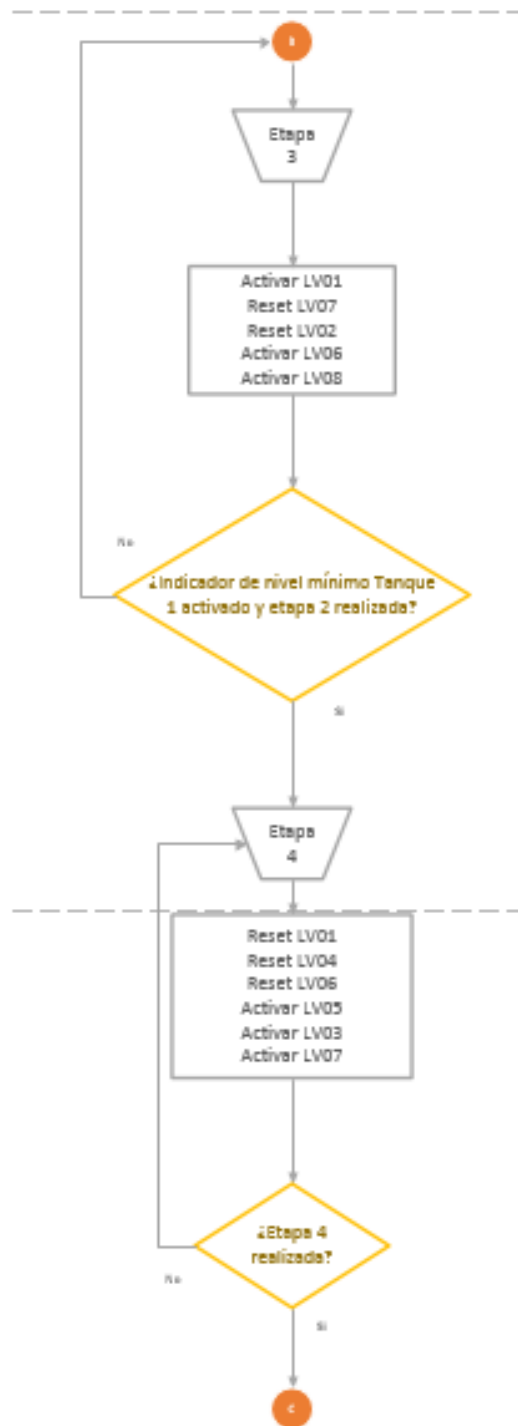
Como se puede observar en el Cuadro 2 la mayoría de las señales digitales son salidas las cuales son válvulas ON/OFF que son controladas por el controlador lógico programable. Las únicas entradas digitales son los receptores de nivel mínimos y máximos que deberán ser instalados en el Tanque #1 y Tanque #2.

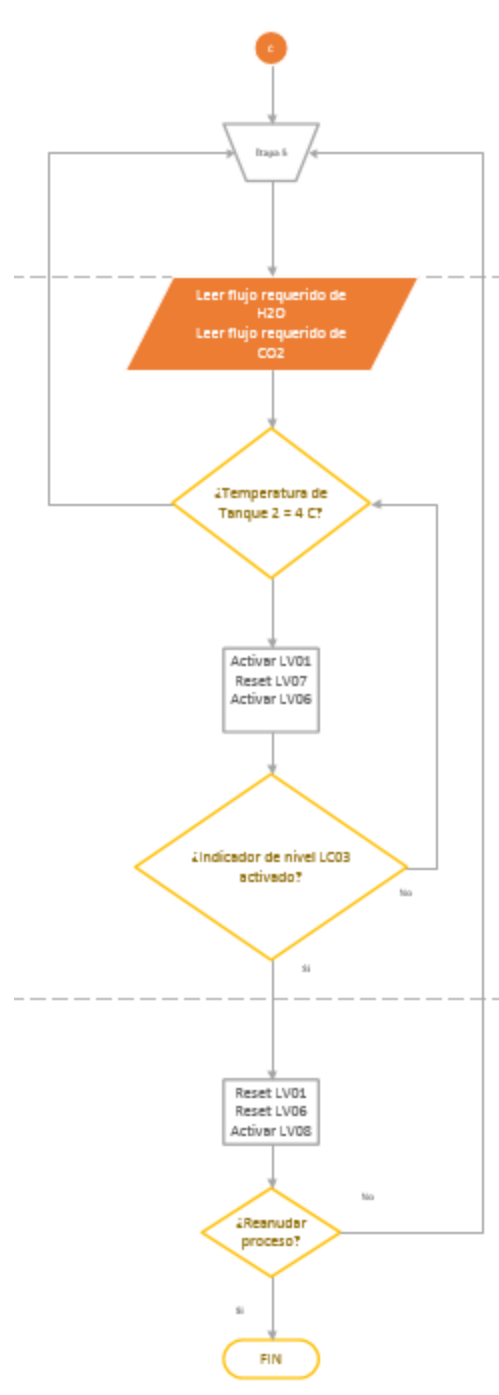
Dispositivo	Identificador funcional	I/O	Tipo de dato	Rango de operación	Descripción del dispositivo
Transductor I/P 1	FC 00	O	Int	input: 4 - 20 mA. Output: 1 - 17 Psi Supply: 20 - 100 Psi	Dispositivo encargado de enviar señal neumática a válvula proporcional de acuerdo a la corriente que se le suministre.
Transductor I/P 2	FC 01	O	Int	input: 4 - 20 mA. Output: 1 - 17 Psi Supply: 20 - 100 Psi	Dispositivo encargado de enviar señal neumática a válvula proporcional de acuerdo a la corriente que se le suministre.
Transmisor de presión 1	PT 00	I	Int	Input: 1 - 100 Psi Output: 0 - 5V Supply: 4 - 30V DC	Encargado de medir la presión de flujo del agua.
Transmisor de presión 2	PT 01	I	Int	Input: 1 - 100 Psi Output: 0 - 5V Supply: 4 - 30V DC	Encargado de medir la presión de flujo de aire y CO2.
Sensor de temperatura agua.	ST-00	I	Int	Output: 4-20mA Supply: 24 VDC	Mide temperatura del Tanque #1.
Sensor de temperatura mezcla.	ST-01	I	Int	Output: 4-20mA Supply: 24 VDC	Mide temperatura el Tanque #2.
Caudalimetro	SC-00	I	Int	Output: 4-20mA Supply: 24 VDC	Medidor de flujo.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo que describe el proceso de trabajo (paso a paso) para formular H_2CO_3 . Este flujo de trabajo fue utilizado para la realización del programa el cual se programó en RSLogix 500.



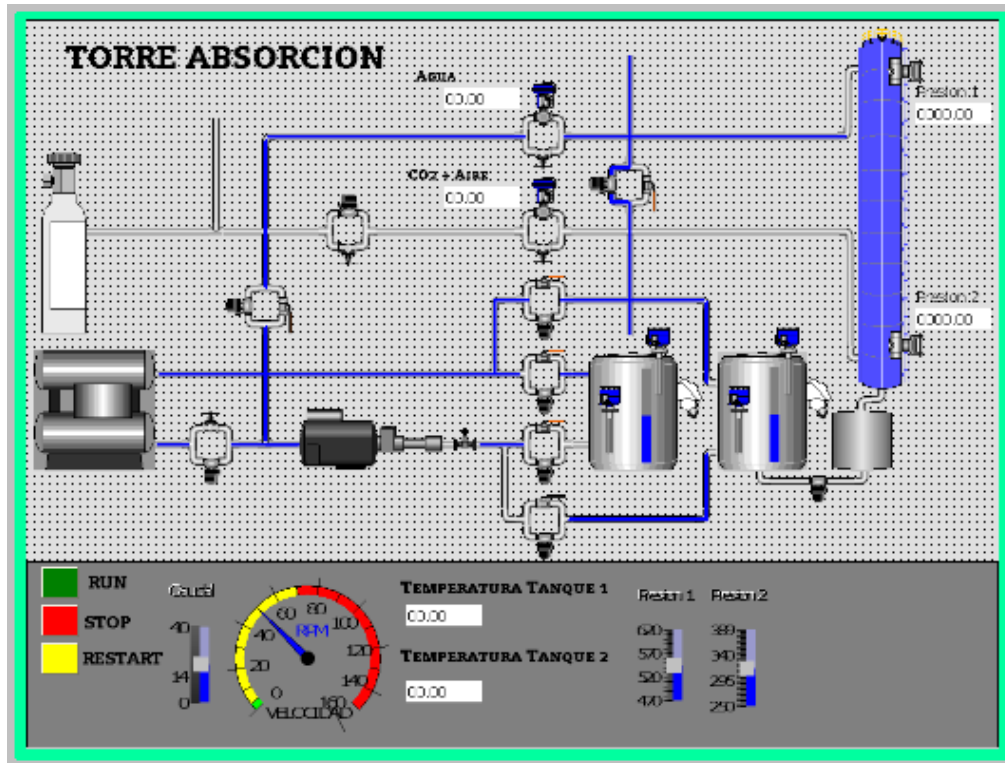






La interfaz realizada en WinCC muestra la posición de cada componente. El fin de la interfaz es controlar y monitorear el sistema desde la computadora. En la interfaz se puede ingresar los caudales de aire + CO_2 y de agua. Se podrá determinar si se trabaja en el modo automático y contiene un paro de emergencia.

Figura 27. Interfaz gráfica.



VIII. DISCUSIÓN

Principalmente, para el diseño se subdividió el sistema para poder visualizar las necesidades de cada parte. El sistema se dividió en cinco etapas; la primera etapa consiste en el llenado del Tanque #1; la segunda etapa es la de enfriamiento del agua; la tercera etapa consiste en dirigir los fluidos a la torre empacada; en la cuarta etapa se llena el Tanque #2 con la mezcla de ácido carbónico y la quinta etapa consiste en continuar enfriando la mezcla a 4°C. Para cada etapa se consideró los componentes necesarios para cubrir con las necesidades de dicha área con el fin de que el procedimiento se lleve a cabo de forma computarizada y no manual.

En la primera etapa no se incorporaron componentes debido a que existe instalada una válvula ON/OFF de bypass con una válvula de globo, pero se tomaron en cuenta sensores de nivel para el Tanque #1. Dicha válvula no se encontraba energizada por lo que se comprobó el funcionamiento de la misma. En la segunda etapa se utilizan válvulas manuales, por lo que se incorporó en el diseño las válvulas ON/OFF de bypass en cada válvula manual instalada.

En el área de la tercera etapa hay válvulas manuales que se encargan de permitir el paso a válvulas proporcionales y de cerrar paso al enfriador (también se añadieron válvulas ON/OFF de bypass a cada una). Luego de la válvula que envía a la torre de enfriamiento se encuentra una válvula proporcional que es activada por un transductor I/P. Para la cuarta etapa no se requerían válvulas, pero si se incluyeron sensores de nivel para el Tanque # 2. Por último, para la etapa de enfriado de mezcla se encontraban válvulas manuales por lo que se añadieron (en el diseño) válvulas ON/OFF de bypass.

En todas las etapas la bomba está en funcionamiento por lo que se añadió al diseño un medidor de flujo. El medidor de flujo será el encargado de indicar cuando el flujo sea insuficiente para que la bomba trabaje. Aunado a esto se incluyó un variador de frecuencia para la bomba. El variador de frecuencia se incluyó en el diseño para obtener un ahorro energético. La bomba utilizada demanda elevados rangos de potencia para su funcionamiento por lo que aumenta el consumo energético. El fin principal de añadir el variador de potencia es llegar a detener el giro por completo de la bomba cuando el flujo de solución sea mínimo.

La elección de válvulas ON/OFF partió de los siguientes factores: la medida de la rosca, el voltaje de alimentación (o de accionamiento), material que soporte ácidos débiles y que sea capaz de trabajar con diversos fluidos como aire, CO₂ y agua. En el Cuadro #1 se puede observar que la marca seleccionada fue AIRTAC por su capacidad de trabajo con gases, aceites, ácidos débiles y agua. Solo una de las válvulas propuestas en el Cuadro #1 es OMEGA debido a que se encontraba instalada en el sistema. La válvula (OMEGA) a diferencia de las otras (AIRTAC) se acciona con un voltaje diferente el cual es 120VAC.

Como se sugirió, en cada válvula manual se incorporó una válvula ON/OFF de bypass. Se decidió añadir una en paralelo para que el estudiante pueda trabajar de forma manual si no se desea trabajar de forma automática.

Se seleccionaron sensores de temperatura RTD para la medición de temperatura de los fluidos depositados en los tanques. La temperatura a la que debe permanecer el agua para tener una buena absorción del CO_2 es de $4^{\circ}C$, los sensores RTD tienen un amplio rango de trabajo ya sea para temperaturas altas o bajas y el costo de instalación es de las más sencillas a comparación de otros sensores de temperatura. Otro de los factores por los que se seleccionaron los sensores RTD es por la precisión y exactitud que tiene, por lo que la lectura es más estable.

En los tanques se encontraban indicadores de nivel en mal estado por lo cual se cotizaron otros. Estos indicadores de nivel se volvieron a cotizar con las mismas características que los indicadores anteriores. El material es plástico debido a que es capaz de soportar agua y ácido carbónico (el cual es un ácido débil). Estos indicadores de nivel fueron los más ideales para el diseño debido a que no se requería de un guarda nivel que convirtiera la señal de resistividad de salida del sensor de nivel a una señal que reconociera el PLC. Dichos indicadores pueden ser instalados directamente al PLC.

La cantidad de indicadores de nivel propuestos son cuatro; dos para el Tanque #1 y dos para el Tanque #2. En cada tanque se medirá el nivel mínimo y el máximo. En el diseño de la torre de absorción se utilizan dos Tanques con el fin de separar fluidos. En un tanque siempre habrá agua y en el otro siempre habrá ácido carbónico.

Para la elección de los sensores de presión principalmente se determinó las presiones a las cuales se encuentra la parte superior e inferior de la torre empacada, en base a esto se seleccionaron los sensores mencionados en el Cuadro #1. Posterior a la verificación de los componentes requeridos, se realizó una verificación de los componentes ya instalados en el sistema, entre ellos se encuentra la bomba, el enfriador, las válvulas proporcionales y la única válvula ON/OFF que se encontraba instalada.

Tomando en cuenta las fases de automatización anteriores y el actual avance tecnológico se decidió que el componente encargado de controlar el sistema sería un controlador lógico programable (PLC). Para seleccionar un controlador que se adecuara a las características del sistema se tomó en cuenta las señales del sistema (válvulas, sensores, actuadores, etc.). Se seleccionó el controlador MicroLogix 1100 debido su capacidad de almacenaje, la unidad central y la capacidad de entradas y salidas. Entre las ventajas del controlador esta su capacidad de ser semi-modular, lo cual es de ayuda para poder adecuar más módulos de entradas y salidas ya sea analógicas o digitales. Permite trabajar con 144 variables de entradas y salidas, lo

cual es ideal ya que el diseño trabajo con 34. Incluye un puerto EtherNet/IP de 10/100 MBps para mensajería con otros dispositivos, proporciona 8 KB de memoria (4KB para de usuario y 4KB para datos de usuario).

El listado de señales a utilizar se encuentra en el Cuadro 2, 3 y 4. Estos cuadros contienen las señales analógicas y digitales con las que se trabajaran. En cada tabla se encuentra el componente con su identificador funcional de acuerdo a la norma ISA-S5.1 de procesos. También se define el tipo de dato que es cada componente y los rangos de trabajo. Por cada rango de trabajo de da una breve descripción del estado del componente dependiendo del valor de trabajo. Por último, se denota la dirección en la que se encuentra en el PLC.

Los diagramas eléctricos presentan las conexiones eléctricas del sistema. Principalmente se realizó un diagrama de la alimentación principal de todo el sistema. El diagrama muestra que la alimentación del PLC y de varios componentes utilizados es de 120 VAC. También se incluye en el diagrama una fuente de poder que convierte 120VAC a 24VDC para alimentar las válvulas y los sensores. Luego de esto se encuentra un diagrama que contiene la distribución de voltaje para cada módulo I/O. Los siguientes diagramas muestra la conexión eléctrica de los módulos de entradas y salidas analógicas, así como la conexión de entradas y salidas del controlador.

Cada componente se encuentra con un identificador funcional según la norma ISA-S5.1. Contiene una numeración la cual indica que numero de componente es y este mismo indicador se puede relacionar con la tabla de componentes (Cuadro #1) y las tablas de entradas y salidas (Cuadro 2, 3 y 4). Cada componente está situado exactamente donde deberá ser implementado. Por último, el listado de componentes contiene todos los instrumentos que utiliza el sistema para cumplir con la automatización. Dichos componentes se encuentran en la Tabla # con una breve descripción, marca, serie, rangos de operación y hoja técnica.

Aparte del diseño descrito anteriormente, se realizó un diagrama de flujo que describe el procedimiento que realiza el sistema de generación de ácido carbónico. Como se mencionó anteriormente, el proceso se subdividió en etapas para poder traducirlo al lenguaje Ladder. Para pasar de una etapa a otra es necesario cumplir con las restricciones de cada etapa. Para la etapa 0 se deberá desactivar todo el sistema por seguridad; la etapa 1 se rige por el sensor de nivel máximo; la etapa 2 se rige de la temperatura del agua (la cual deberá estar en 4°C); la etapa 3 envía solución a la torre por lo que se requiere que el usuario ingrese un valor concreto de flujo de agua y de aire que desee; la etapa 4 se rige del indicador de nivel máximo y la etapa 5 dependerá de la temperatura de la solución.

Finalizando, se realizó una interfaz gráfica muy similar al diagrama de proceso P&ID para que al usuario se le facilite el funcionamiento y tenga claro los componentes del sistema. Dicha interfaz se realizó en el software WinCC.

IX. CONCLUSIONES

- Se diseñó una interfaz gráfica de control (HMI) para la torre de absorción utilizando el software Factory Talk View Studio que permite controlar y monitorear las variables críticas del proceso.
- Se identificó que las variables críticas del proceso son: el caudal de aire + CO_2 y agua, niveles máximo y mínimo de solución en los tanques 1 y 2 y el diferencial de presión que existe en la torre de absorción.
- Se implementó un sistema de control para la torre de absorción utilizando el PLC MicroLogix 1100 fabricado por Allen Bradley.
- Se elaboró un diagrama unifilar de conexiones eléctricas utilizando el software AutoCad Electrical para facilitar la implementación del sistema de control y proveer una herramienta de diagnóstico de fallas.
- Se elaboró un diagrama de proceso e instrumentación de la torre sistema con el software Visio de Microsoft para facilitar la comprensión del sistema y proveer una herramienta sencilla de diagnóstico de fallas.

X. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar la implementación de un sensor de conductividad para el Tanque #2.
2. Se recomienda implementar un medidor de flujo a la entrada de la bomba y un variador de frecuencia para variar la velocidad de la bomba y evitar que esta se dañe.
3. Se recomienda añadir a las opciones del proceso un sistema de control en lazo cerrado dependiendo del valor obtenido del sensor de conductividad.
4. Se recomienda realizar mantenimiento de los componentes instalados en el sistema de Absorción ya que si se dejan de utilizar es probable que los sensores se descalibren o que ciertos componentes dejen de funcionar como debieran.
5. Se recomienda colocar algún sistema de verificación del funcionamiento de la lámpara UV para el tratamiento de agua.

XI. BIBLIOGRAFÍA

Cengel, Yunus. (2007). *Transferencia de calor y masa. Un enfoque práctico*. McGRAW-HILL. 3era. Edición. México. 901 págs.

Ponsa, P. (2005). *Automatización de procesos mediante la guía GEMMA*. Universidad Politécnica de Catalunya, SL. 1era. Edición. Barcelona. 109 págs.

Hepler, Loren G. (1968). *Principios de Química*. Editorial Reverte. 1era. Edición. España. 527 págs.

Sánchez, José Acedo. (2006). *Instrumentación y control avanzado de procesos*. Ediciones Díaz de Santos. España. 632 págs.

Pallas Areny, Ramón. *Sensores y acondicionamientos de señal*. 2da Edición. Barcelona.

Rockwell Automation. (2008). *RSLinx Classic*. Obtenido en:

http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/gr/lrx-gr001_-es-e.pdf

Rockwell Automation. (2016). *FactoryTalk View Machine Edition*. Obtenido en:

http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/viewme-um004_-en-e.pdf

Mejía, A. (2005). *Guía practica para manejar y Reparar el Computador*. Onceava Edición. Colombia. Panamericana Formas e impresos. 326 págs.

McCabe, Smith & Harriot. *Operaciones unitarias en ingeniería química*. (2007). Séptima Edición. McGraw Hill. Universidad Iberoamericana, Ciudad de Mexico. 1189 págs.

Bolton, W. (2006). *Programmable Logic Controllers*. Cuarta Edición. Elsevier. Reino Unido. 303 págs.

UTN. (2012). *Universidad Tecnológica Nacional*. Obtenido de <http://www.fra.utn.edu.ar>

F. Torres. *Clase 3. Sensores*. Universidad de Alicante. Obtenido de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18434/1/Tema%203_Sensores%20II.pdf

Páez Rivera, Oscar. Norma ISA. Univerisdad de Satiago de Chile. Obtenido en: http://www.automaticausach.cl/asignaturas/controlautind/304_Norma_ISA_PID.pdf

ABB Automation Products. Convertidor de señales I/P. Obtenido en:

https://library.e.abb.com/public/54380e36fb2deecfc1257ab70036a4f7/42_18_46_ES_I.pdf

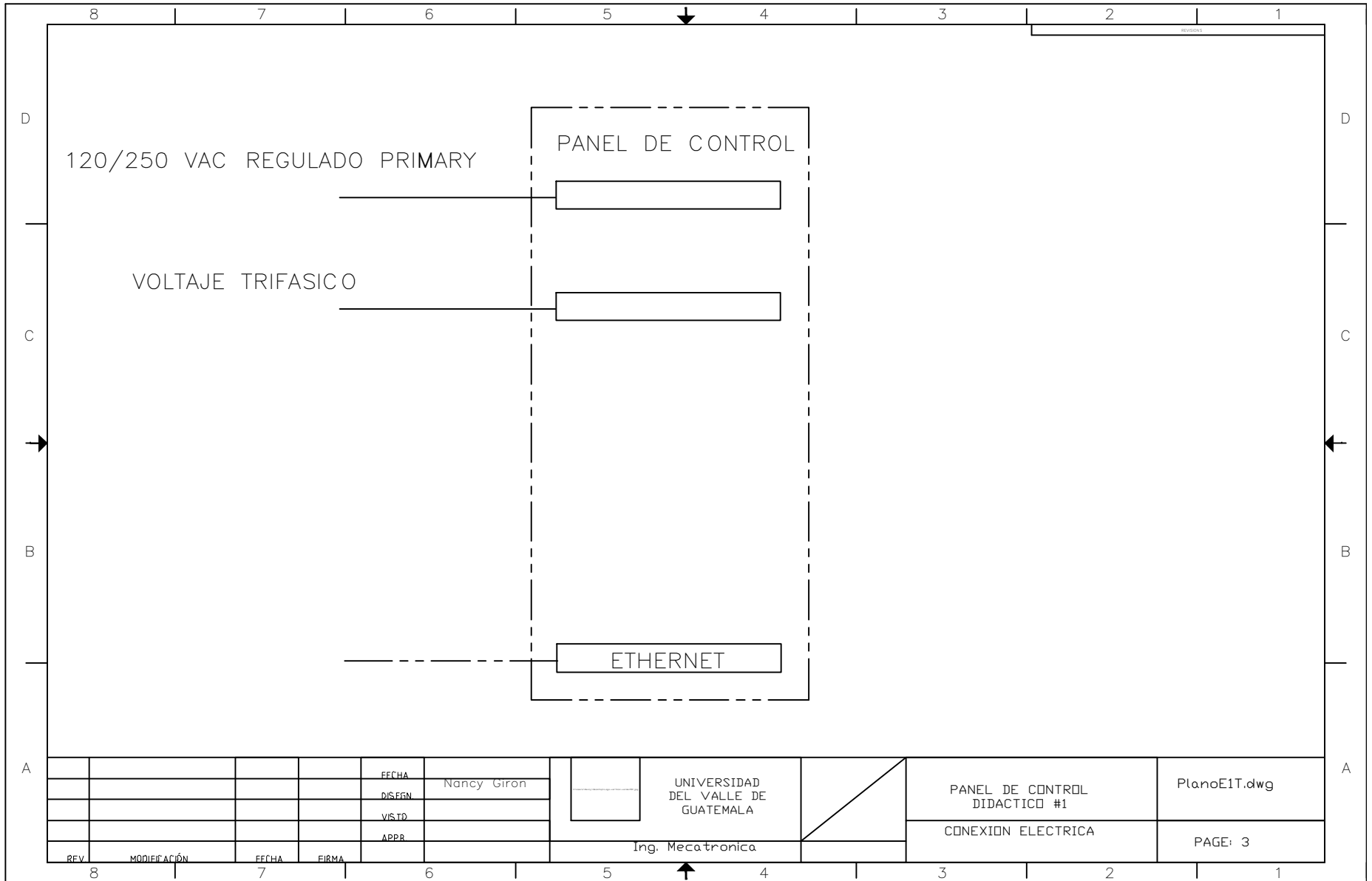
XII. ANEXOS

8 7 6 5 4 3 2 1

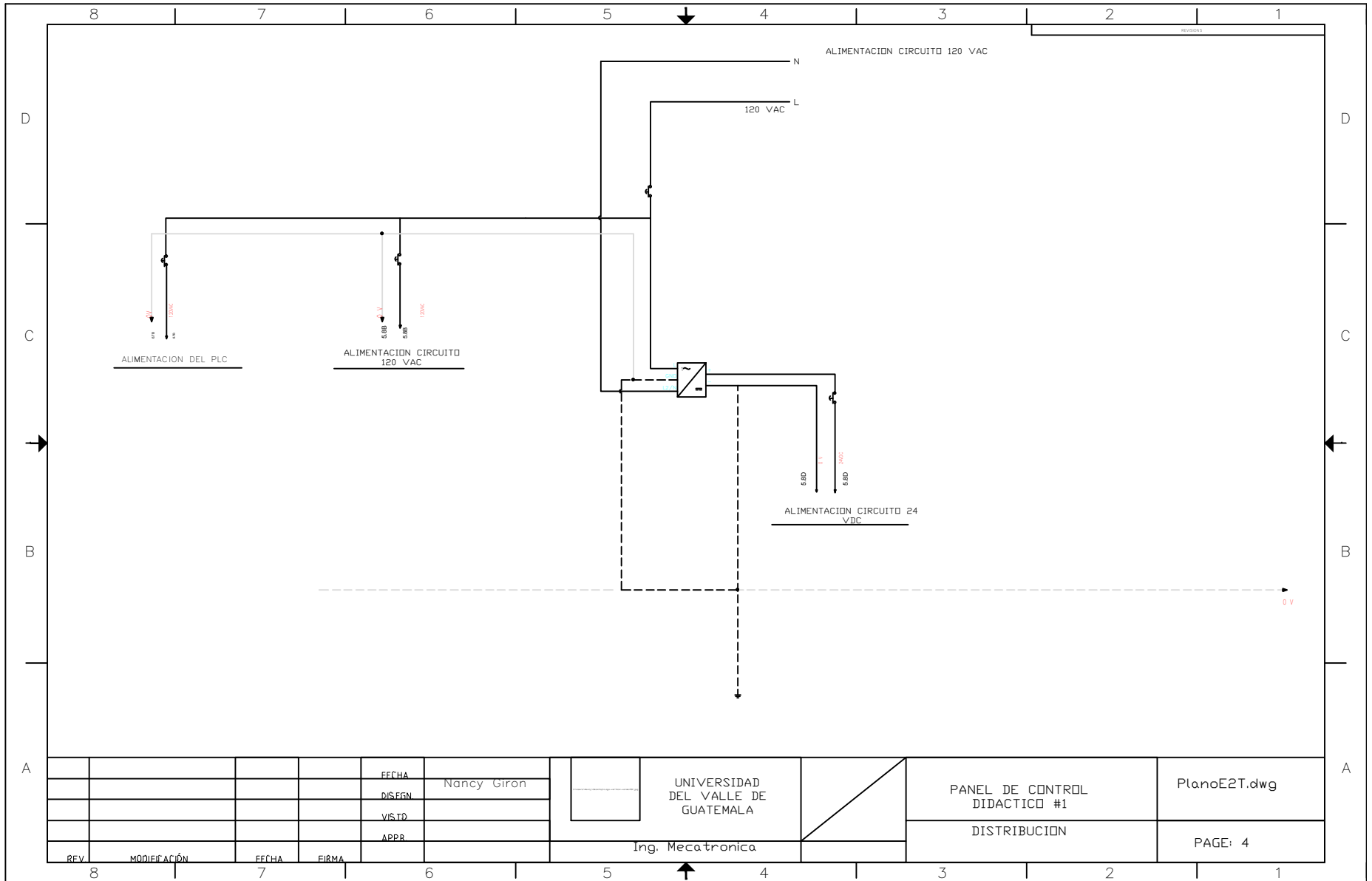
Documento	Hoja	Descripcion	No. Revision	Modificacion	Fecha	Firma
Panel de control 1	1	Descripcion	1		06/09/2017	
	2	Indice de hojas	1		06/09/2017	
	3	Conexion electrica	1		06/09/2017	
	4	Distribucion	1		06/09/2017	
	5	Distribucion 24VDC y 120VAC.	1		06/09/2017	
	6	Conexion PLC. Micrologix 1100.	1		06/09/2017	
	7	Arranque bomba y chiller.	1		06/09/2017	
	8	Entradas Digitales	1		06/09/2017	
	9	Salidas digitales Micrologix 1100	1		06/09/2017	
	10	Salidas digitales. Modulo 1762-DW16	1		06/09/2017	
	11	Entradas analogicas. Micrologix 1100 y modulo 1762-IF4. Salidas Analogicas de modulo 1762-DF4.	1		06/09/2017	
	12	Tablero	1		06/09/2017	

				FECHA	Nancy Giron	 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA		PANEL DE CONTROL DIDACTICO #1	PlanoE9T.dwg
			DESIGN					INDICE DE HOJAS	PAGE: 2
			VISTO						
			APPR						
REV	MODIFICACION	FECHA	FIRMA	Ing. Mecatronica					

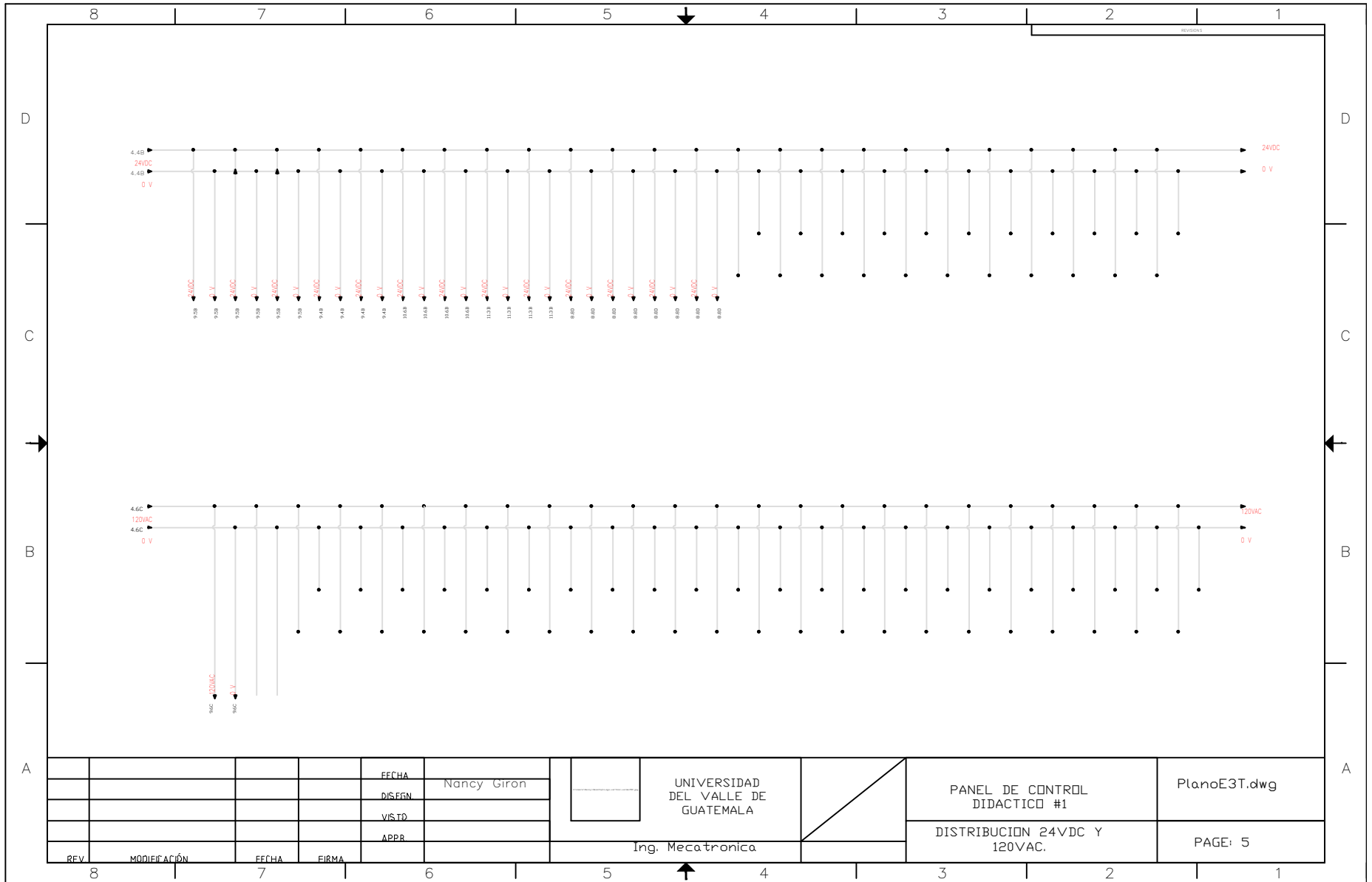
8 7 6 5 4 3 2 1

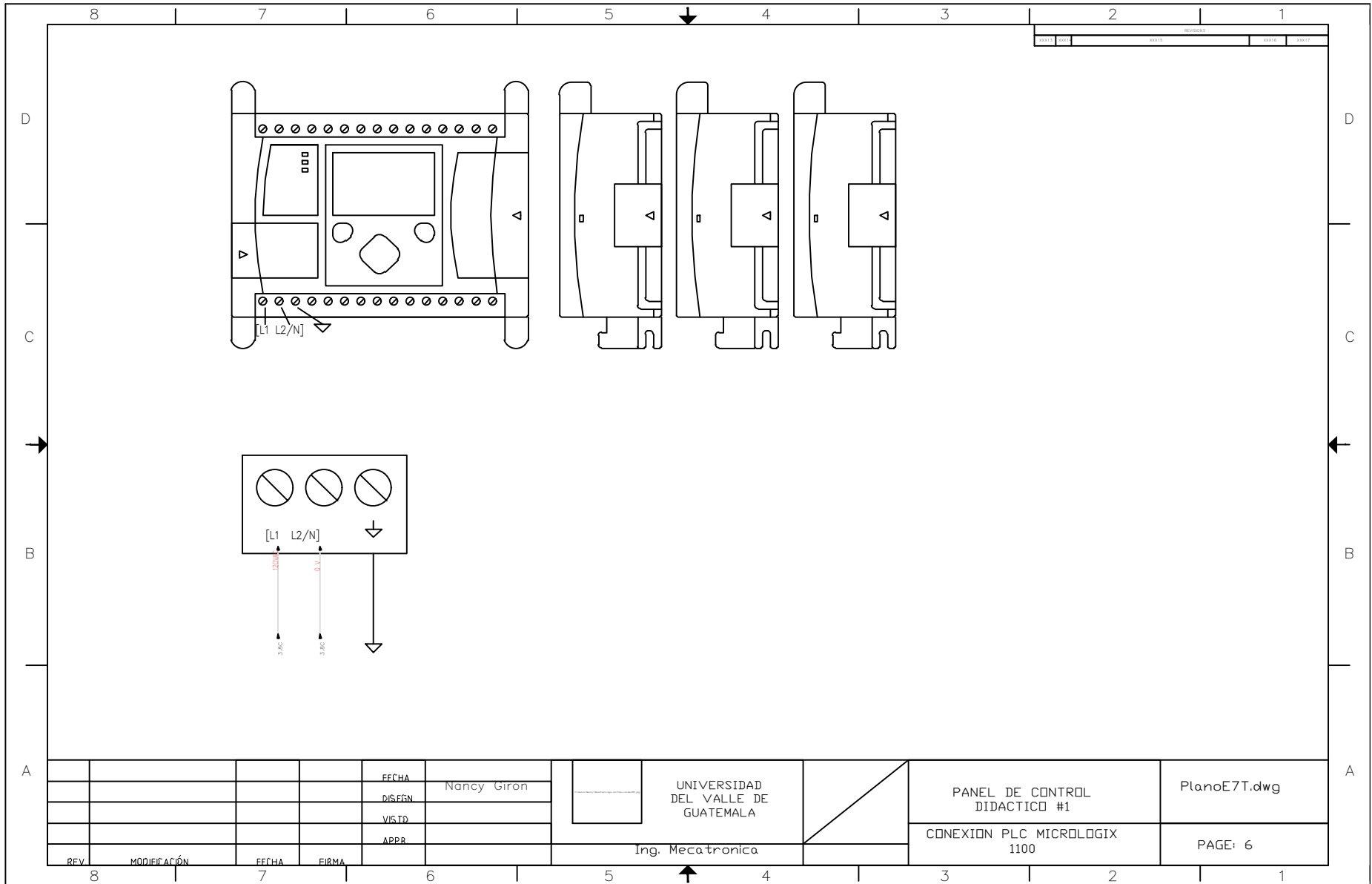


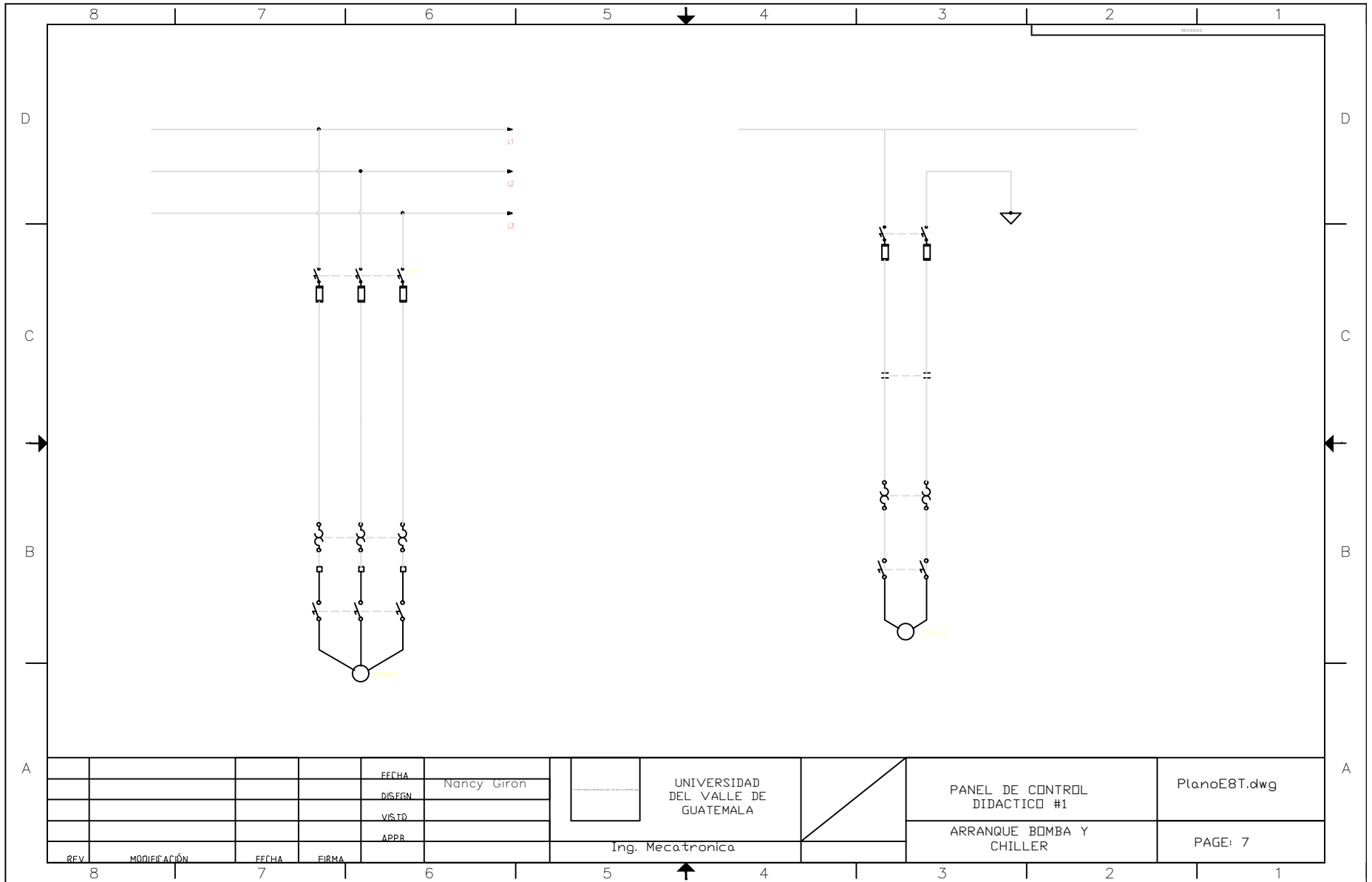
REV	MODIFICACION	FECHA	FIRMA	FECHA	FIRMA	FECHA	FIRMA	FECHA	FIRMA
				FECHA	Nancy Giron				
				DESIGN					
				VISTO					
				APPR					



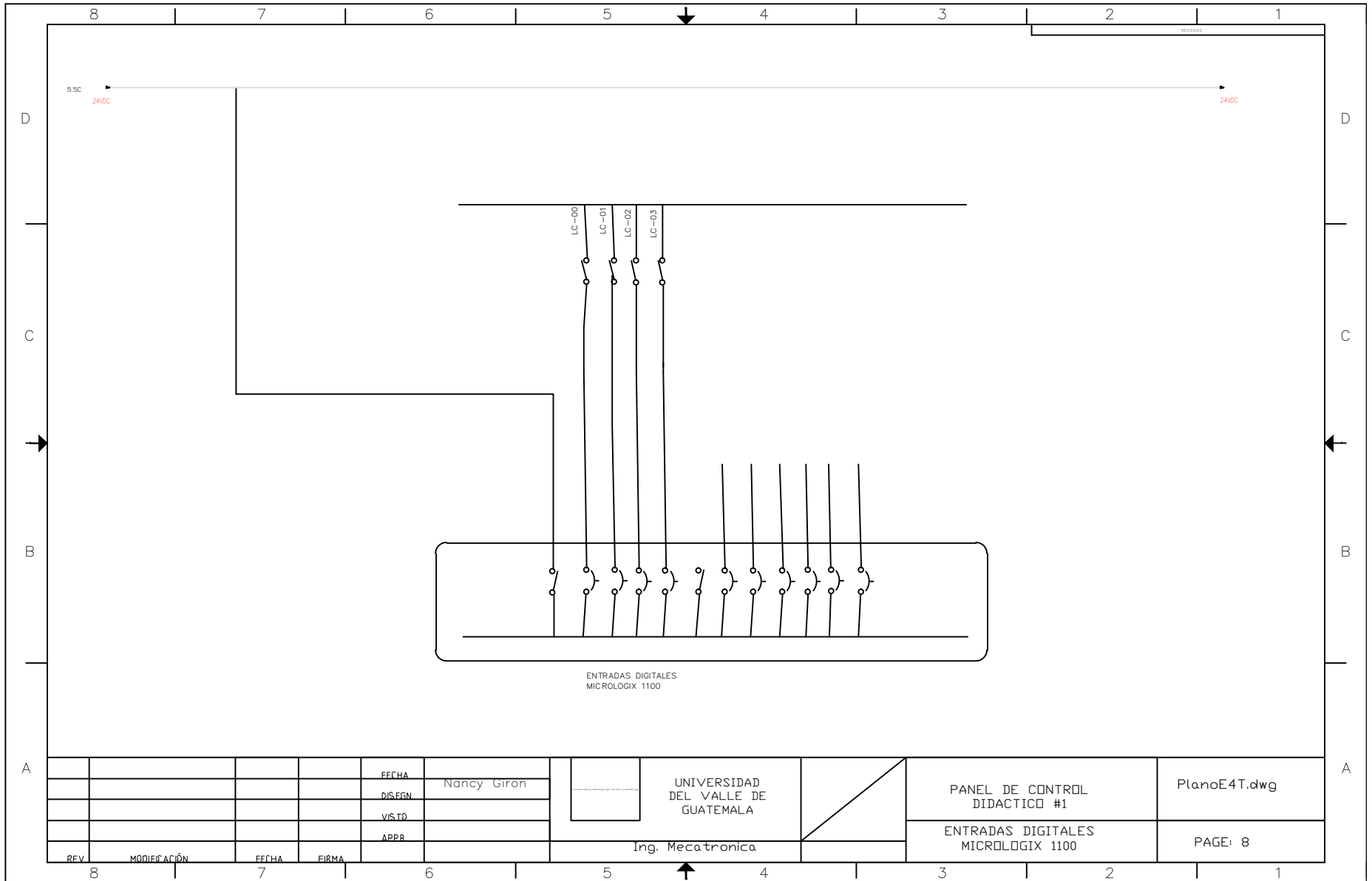
				FECHA	Nancy Giron	UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA	PANEL DE CONTROL DIDACTICO #1	PlanoE2T.dwg	
				DIS.FGN				DISTRIBUCION	PAGE: 4
				VIS.ID					
				APPR					
REV	MODIFICACION	FECHA	FIRMA			Ing. Mecatronica			



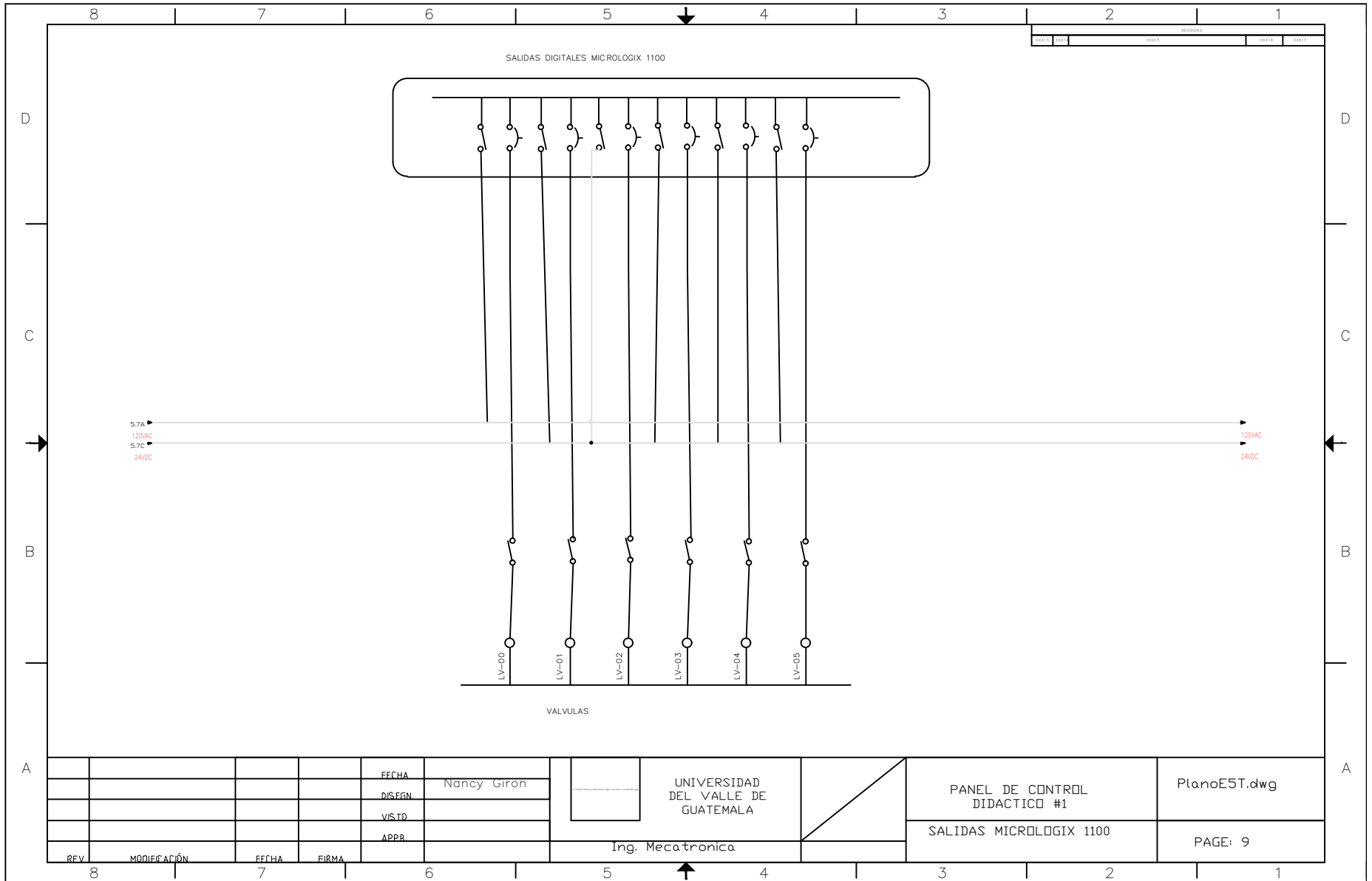


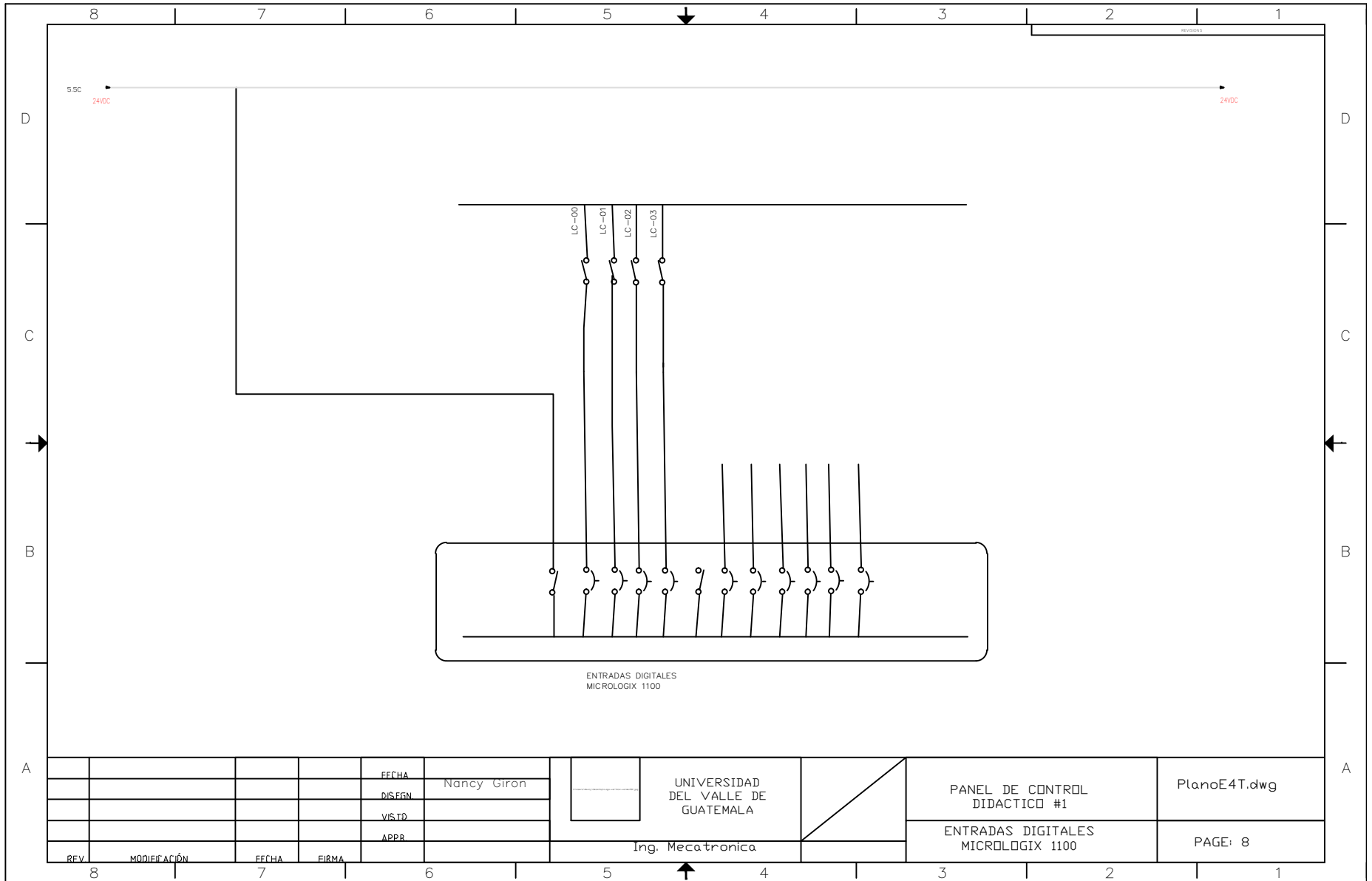


				FECHA	Nancy Giron	 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA		PANEL DE CONTROL DIDACTICO #1	PlanoE8T.dwg
			DIS.FEN					ARRANQUE BOMBA Y CHILLER	PAGE: 7
			VIS.ID				Ing. Mecatronica		
REV	MODIFICACION	FECHA	FIRMA	APPR					



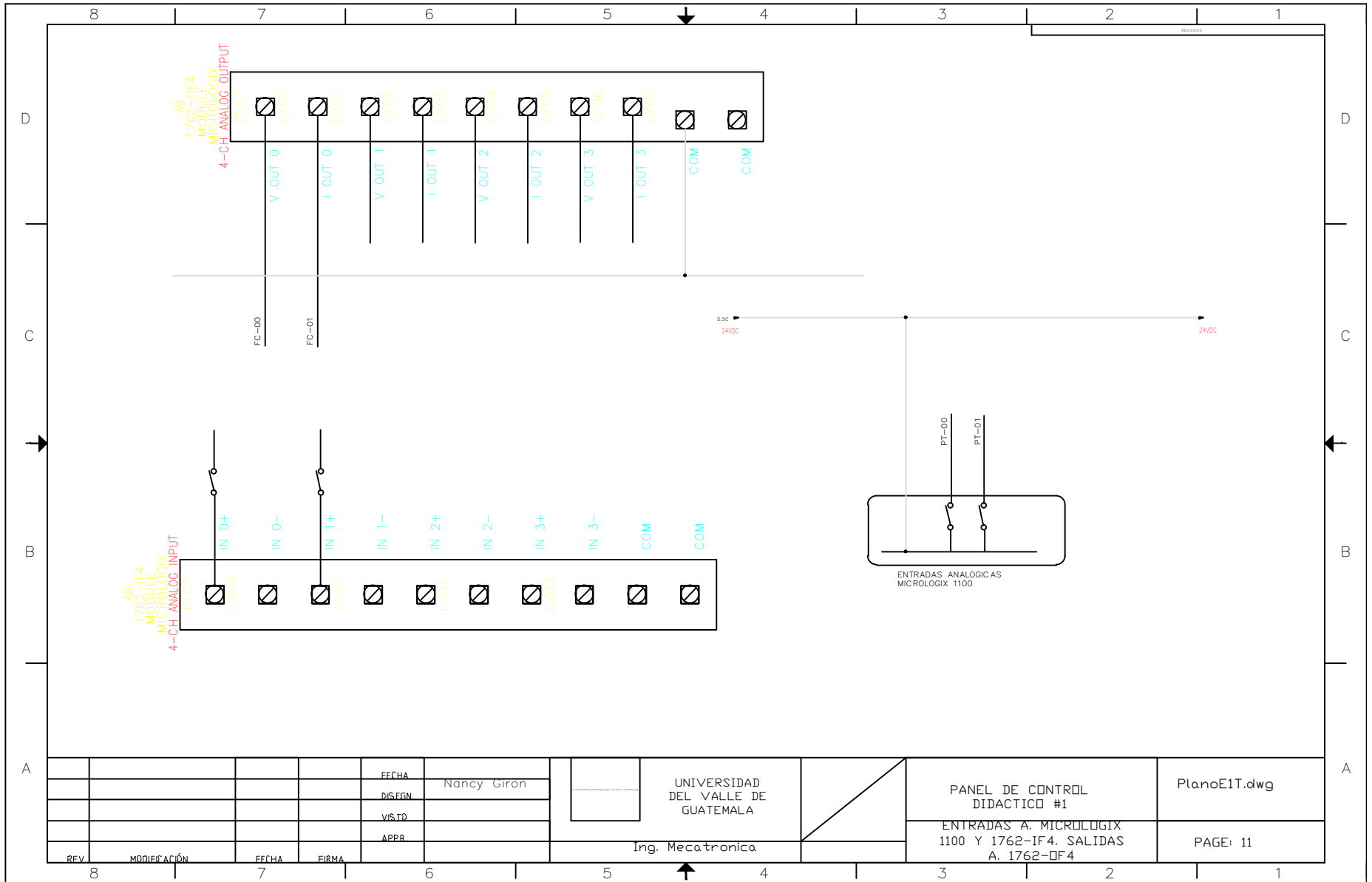
REV	MODIFICACIÓN	FECHA	FIRMA	FECHA	Nancy Giron	UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA	PANEL DE CONTROL DIDACTICO #1	PlanoE4T.dwg
								ENTRADAS DIGITALES MICROLOGIX 1100
							Ing. Mecatronica	





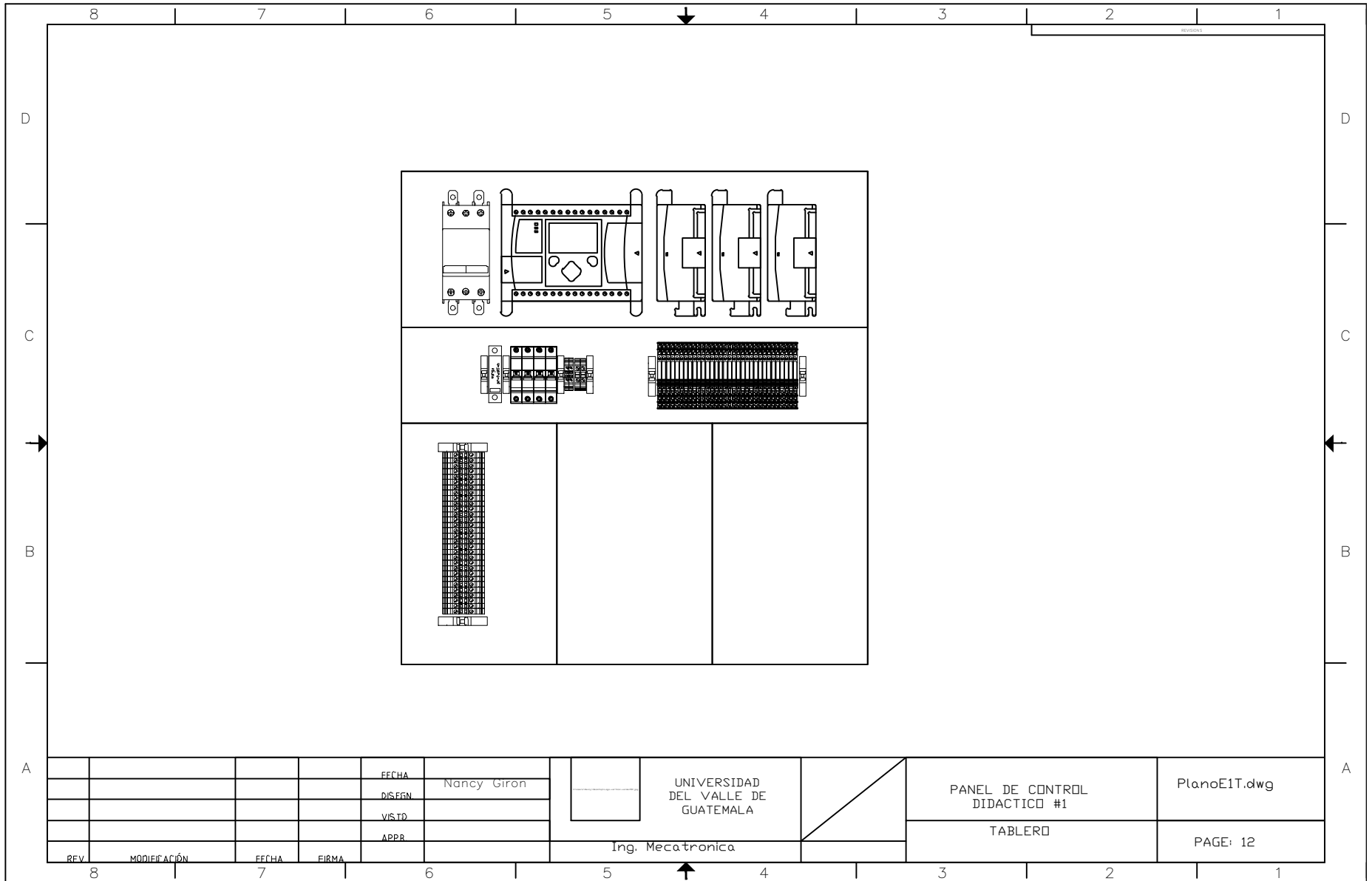
ENTRADAS DIGITALES
MICROLOGIX 1100

				FECHA	Nancy Giron	UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA	PANEL DE CONTROL DIDACTICO #1	PlanoE4T.dwg
				DISEN				ENTRADAS DIGITALES MICROLOGIX 1100
				VISTD				
				APPR			Ing. Mecatronica	
REV	MODIFICACION	FECHA	FIRMA					



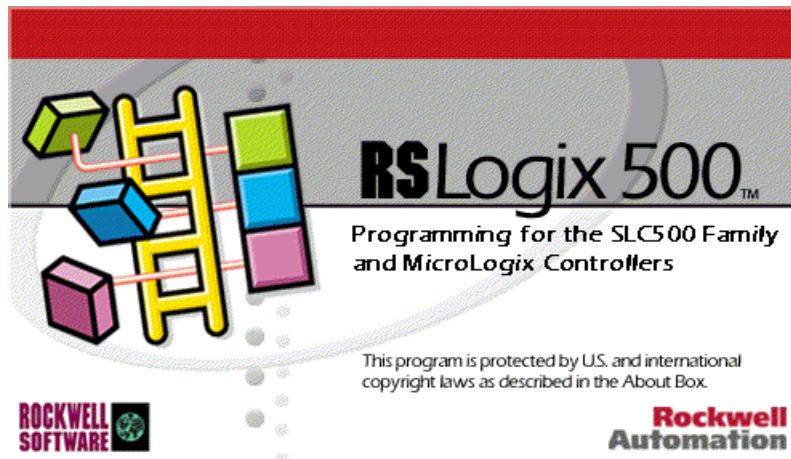
REV	MODIFICACION	FECHA	FIRMA	FECHA	Nancy Giron	UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA	PANEL DE CONTROL DIDACTICO #1	PlanoE1T.dwg	
				DESIGN				ENTRADAS A. MICROLOGIX 1100 Y 1762-IF4. SALIDAS A. 1762-OF4	PAGE: 11
				VISITD					
				APPR					

Ing. Mecatronica



				FECHA	Nancy Giron	UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA	PANEL DE CONTROL DIDACTICO #1	PlanoE1T.dwg
				DIS.FGN				TABLERO
				VIS.ID				
REV	MODIFICACIÓN	FECHA	FIRMA	APPR	Ing. Mecatronica			

RSLogix500 Project Report



Processor Information

Processor Type: Bul.1763 MicroLogix 1100 Series B

Processor Name: UNTITLED

Total Memory Used: 287 Instruction Words Used - 85 Data Table Words Used

Total Memory Left: 6369 Instruction Words Left

Program Files: 3

Data Files: 9

Program ID: 1273

I/O Configuration

0	Bul.1763	MicroLogix 1100 Series B
1	1762-OW16	16-Output (RLY) 240 VAC
2	1762-OF4	4-Channel Analog I/V Output Module
3	1762-IF4	Analog 4 Chan. Input
4		

Channel Configuration

CHANNEL 0 (SYSTEM) - Driver: Shutdown

CHANNEL 0 (SYSTEM) - Driver: Shutdown Edit Resource/Owner Timeout: 0
CHANNEL 0 (SYSTEM) - Driver: Shutdown Passthru Link ID: 0
CHANNEL 0 (SYSTEM) - Driver: Shutdown Write Protected: No
CHANNEL 0 (SYSTEM) - Driver: Shutdown Comms Servicing Selection: No
CHANNEL 0 (SYSTEM) - Driver: Shutdown Message Servicing Selection: No
CHANNEL 0 (SYSTEM) - Driver: Shutdown 1st AWA Append Character: \0
CHANNEL 0 (SYSTEM) - Driver: Shutdown 2nd AWA Append Character: \0

CHANNEL 1 (SYSTEM) - Driver: Shutdown

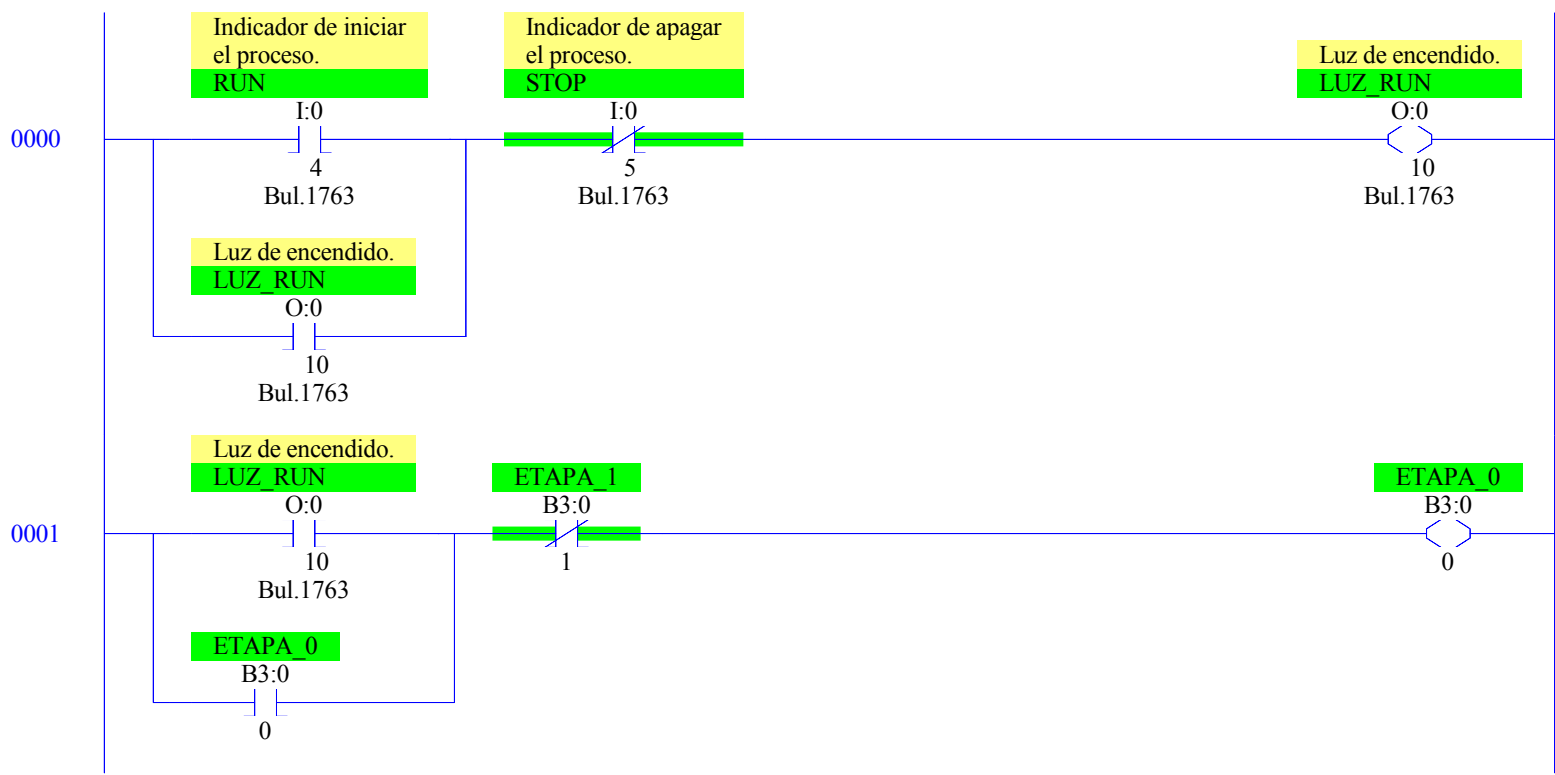
CHANNEL 1 (SYSTEM) - Driver: Shutdown Edit Resource/Owner Timeout: 0
CHANNEL 1 (SYSTEM) - Driver: Shutdown Passthru Link ID: 0
CHANNEL 1 (SYSTEM) - Driver: Shutdown Write Protected: No
CHANNEL 1 (SYSTEM) - Driver: Shutdown Comms Servicing Selection: No
CHANNEL 1 (SYSTEM) - Driver: Shutdown Message Servicing Selection: No
CHANNEL 1 (SYSTEM) - Driver: Shutdown 1st AWA Append Character: \0
CHANNEL 1 (SYSTEM) - Driver: Shutdown 2nd AWA Append Character: \0

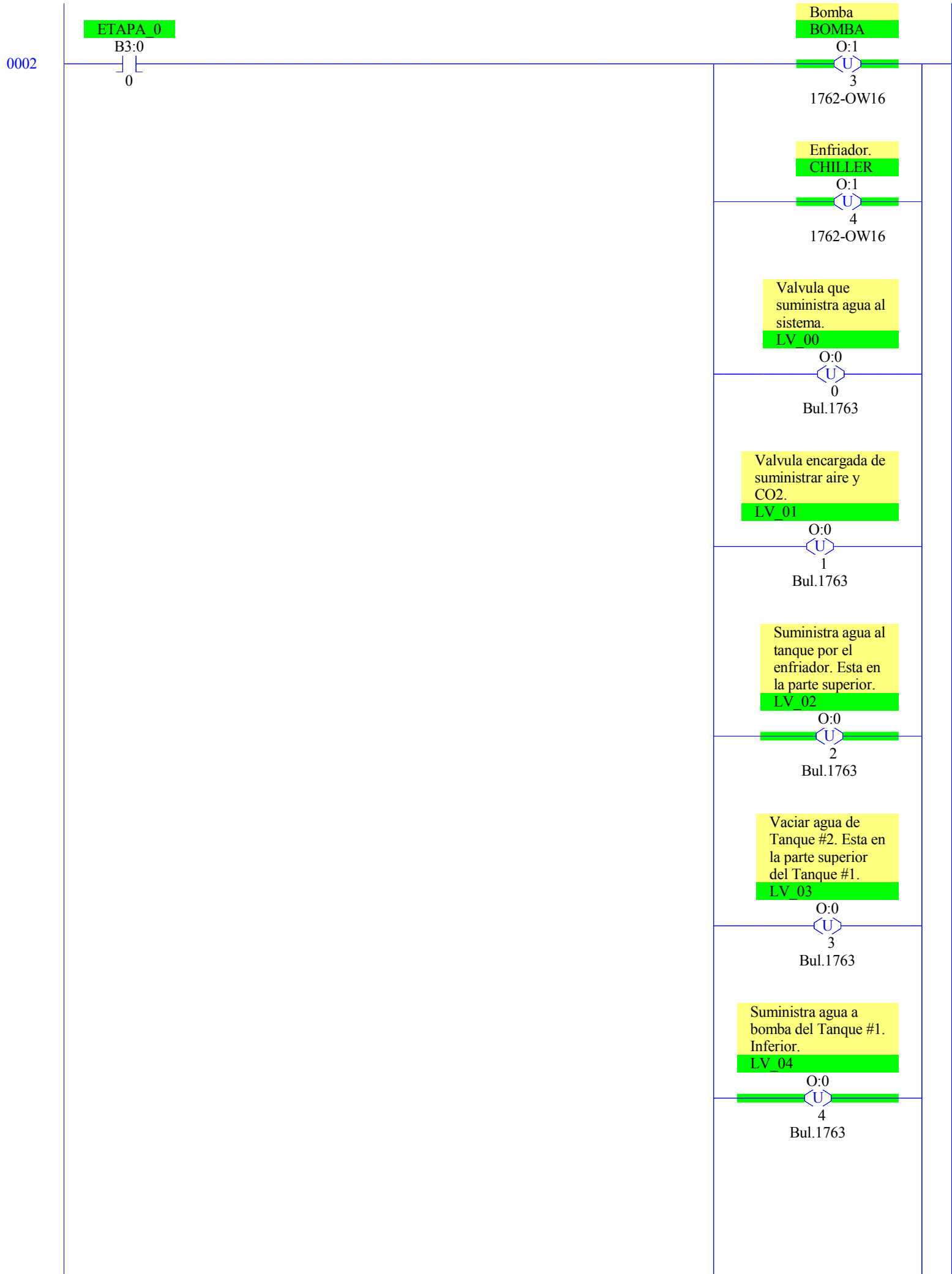
Program File List

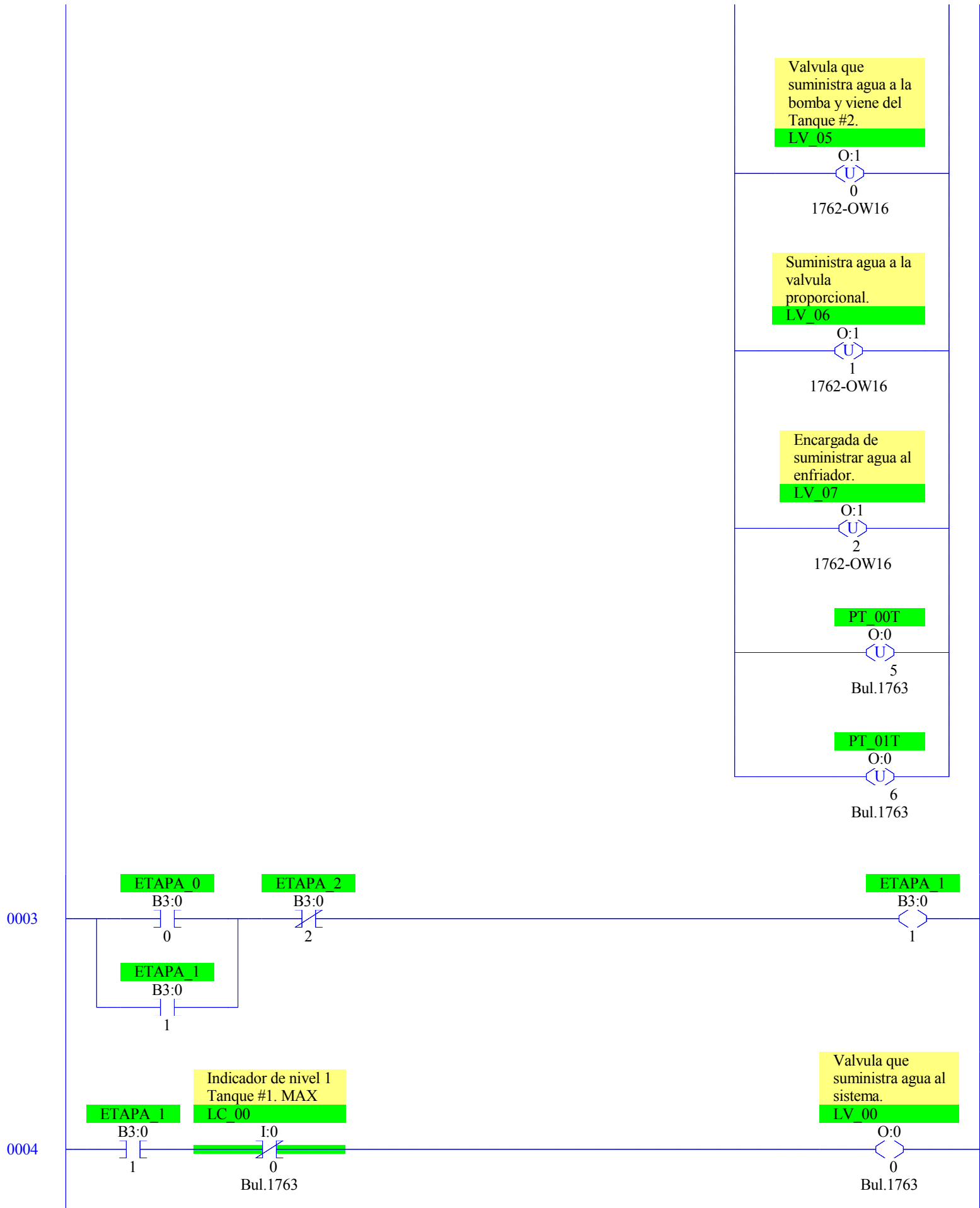
Name	Number	Type	Rungs	Debug	Bytes
[SYSTEM]	0	SYS	0	No	0
	1	SYS	0	No	0
	2	LADDER	16	No	960

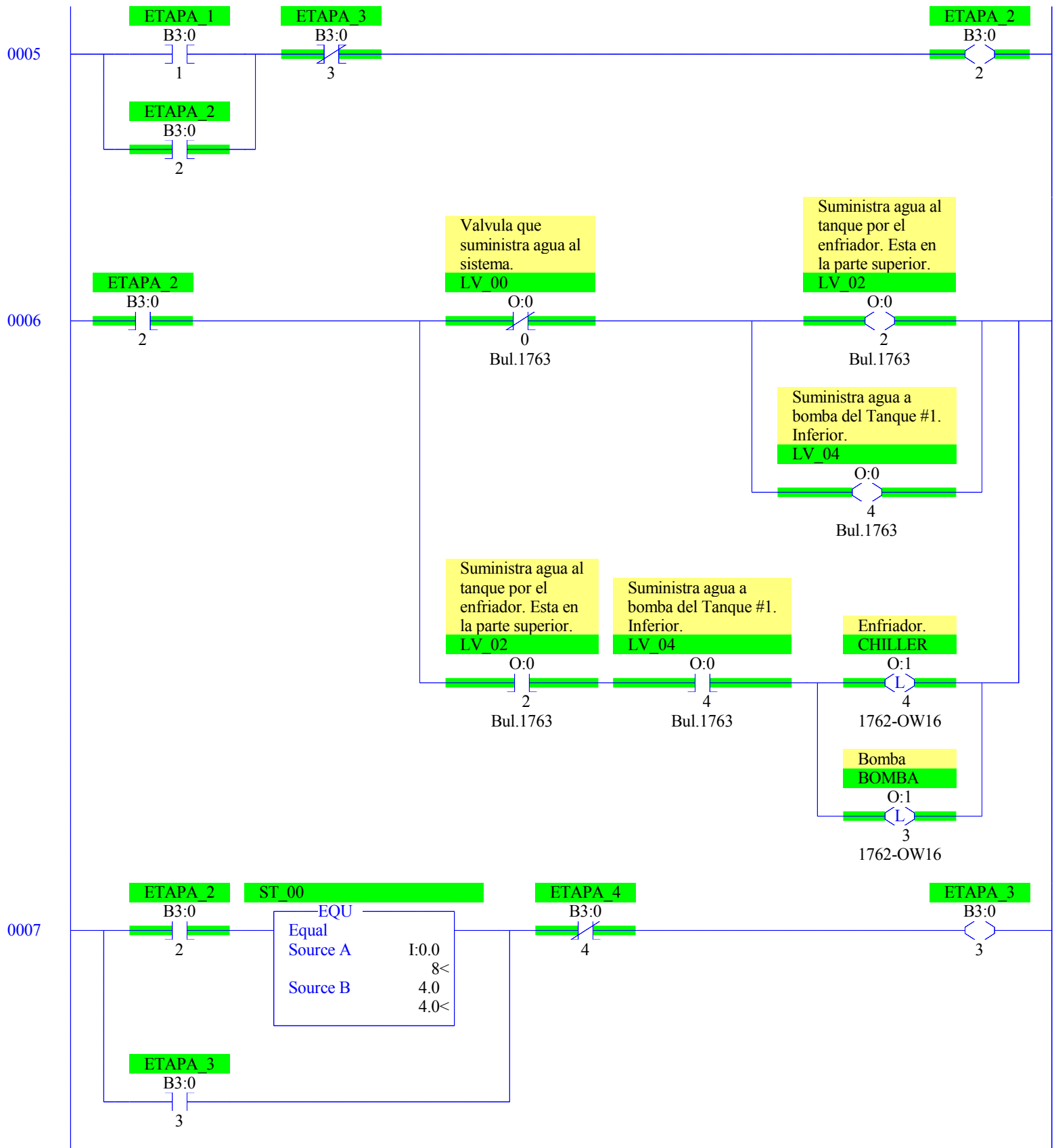
Data File List

Name	Number	Type	Scope	Debug	Words	Elements	Last
OUTPUT	0	O	Global	No	27	9	O:8
INPUT	1	I	Global	No	45	15	I:14
STATUS	2	S	Global	No	0	66	S:65
BINARY	3	B	Global	No	1	1	B3:0
TIMER	4	T	Global	No	3	1	T4:0
COUNTER	5	C	Global	No	3	1	C5:0
CONTROL	6	R	Global	No	3	1	R6:0
INTEGER	7	N	Global	No	1	1	N7:0
FLOAT	8	F	Global	No	2	1	F8:0









0008

ETAPA 3

B3:0
3

MOV
Move
Source I:3.0
0<
Dest N7:0
0<

Transductor
PT_00

MOV
Move
Source N7:0
0<
Dest O:0.0
20<

MOV
Move
Source I:3.1
0<
Dest N7:0
0<

Transductor
PT_00

MOV
Move
Source N7:0
0<
Dest O:0.0
20<

Valvula encargada de suministrar aire y CO2.
LV_01

O:0



1

Bul.1763

Encargada de suministrar agua al enfriador.
LV_07

O:1

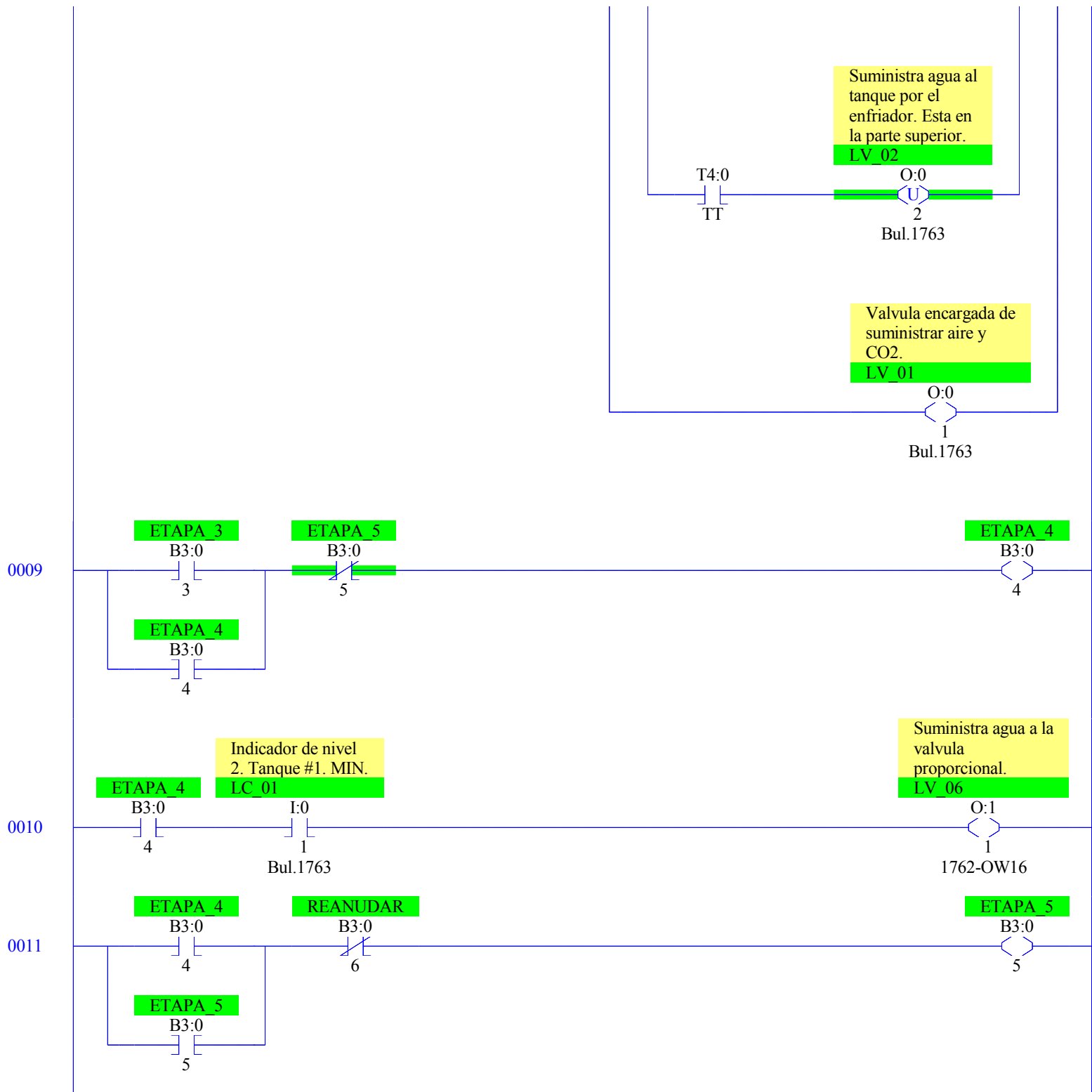


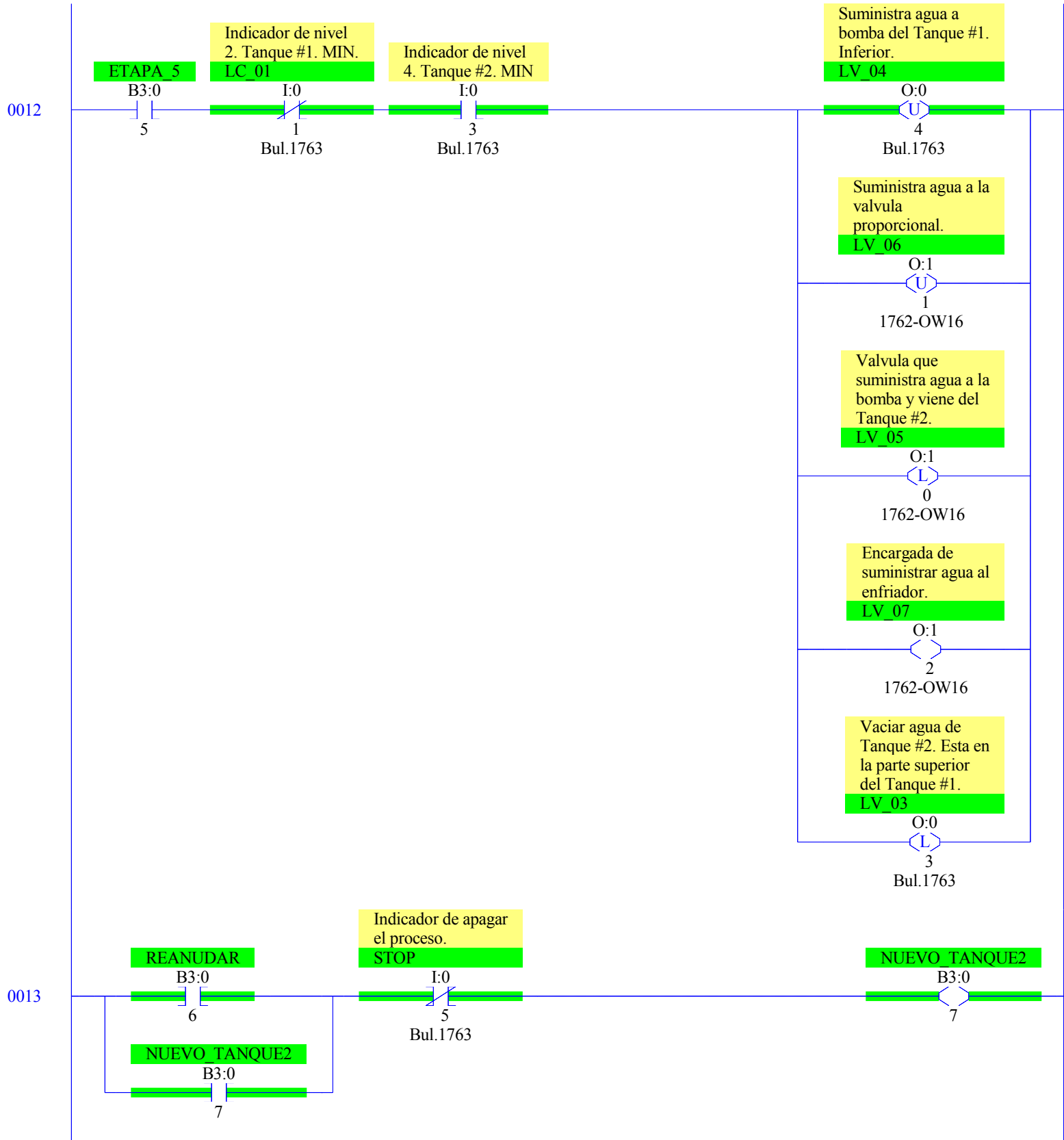
2

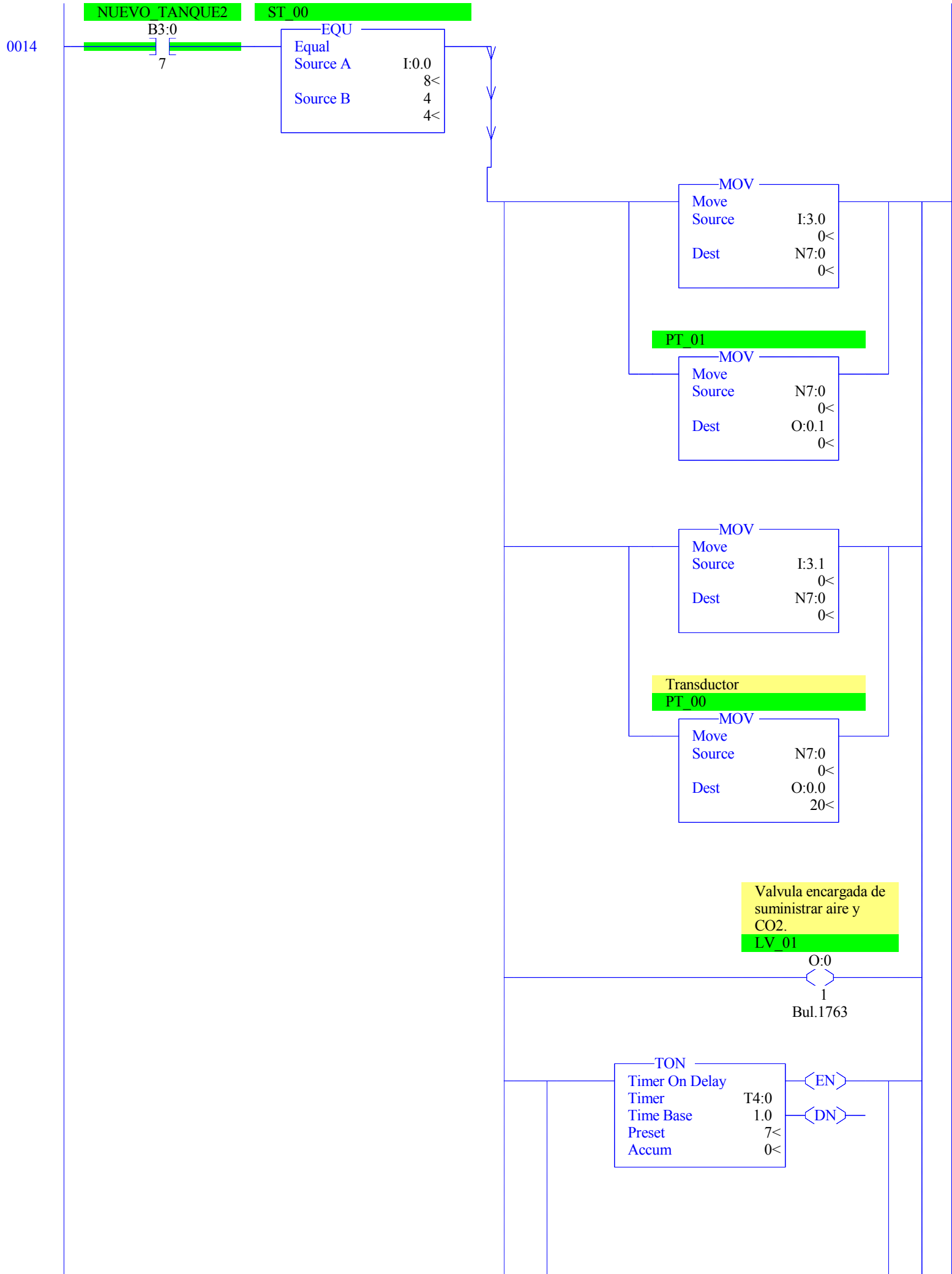
1762-OW16

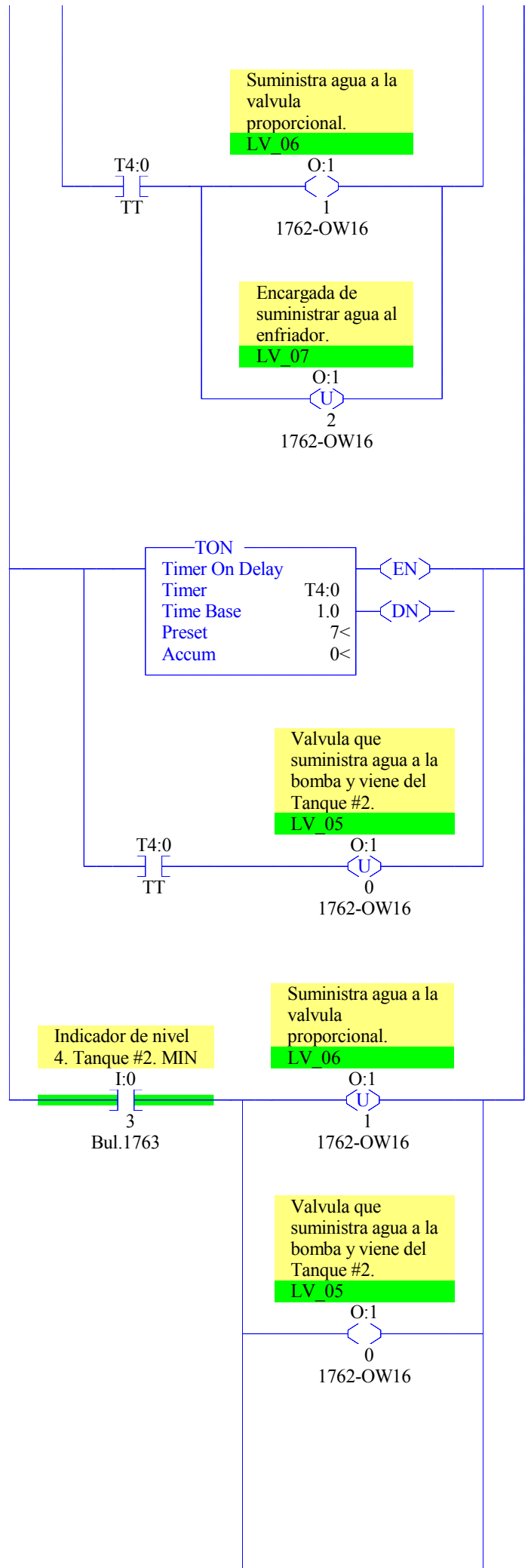
TON
Timer On Delay
Timer T4:0
Time Base 1.0
Preset 7<
Accum 0<











0015

Encargada de
suministrar agua al
enfriador.

LV_07

O:1

2

1762-OW16

⟨END⟩

Data File 00 (bin) -- OUTPUT -- Valvula principal que suministra agua al sistema.

Offset	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		
O:0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	Bul.1763	MicroLogix 1100 Series B
O:0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bul.1763	MicroLogix 1100 Series B
O:0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bul.1763	MicroLogix 1100 Series B
O:0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bul.1763	MicroLogix 1100 Series B
O:1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1762-OW16	- 16-Output (RLY) 240 VAC
O:2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1762-OF4	- 4-Channel Analog I/V Output Mod
O:2.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1762-OF4	- 4-Channel Analog I/V Output Mod
O:2.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1762-OF4	- 4-Channel Analog I/V Output Mod
O:2.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1762-OF4	- 4-Channel Analog I/V Output Mod

Offset	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		
I:0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Bul.1763	MicroLogix 1100 Series B
I:0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bul.1763	MicroLogix 1100 Series B
I:0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bul.1763	MicroLogix 1100 Series B
I:0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bul.1763	MicroLogix 1100 Series B
I:0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bul.1763	
I:0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bul.1763	
I:2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1762-OF4	- 4-Channel Analog I/V Output Mod
I:2.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1762-OF4	- 4-Channel Analog I/V Output Mod
I:3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1762-IF4	- Analog 4 Chan. Input
I:3.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1762-IF4	- Analog 4 Chan. Input
I:3.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1762-IF4	- Analog 4 Chan. Input
I:3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1762-IF4	- Analog 4 Chan. Input
I:3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1762-IF4	- Analog 4 Chan. Input
I:3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1762-IF4	- Analog 4 Chan. Input
I:3.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1762-IF4	- Analog 4 Chan. Input

Main

Processor Mode S:1/0 - S:1/4 = Remote Test Continuous Scan
 On Power up Go To Run (Mode Behavior) S:1/12 = 0
 First Pass S:1/15 = No
 Free Running Clock S:4 = 1011-0100-0110-1100

Proc

OS Catalog Number S:57 = 0 User Program Type S:63 = 8001h
 OS Series S:58 = B Compiler Revision Number S:64 =
 OS FRS S:59 =
 Processor Catalog Number S:60 =
 Processor Series S:61 = A
 Processor FRN S:62 =

Scan Times

Maximum (x10 ms) S:22 = 19
 Watchdog (x10 ms) S:3 (high byte) = 10
 Last 100 uSec Scan Time S:35 = 0
 Scan Toggle Bit S:33/9 = 0

Math

Math Overflow Selected S:2/14 = 0 Math Register (lo word) S:13 = 0
 Overflow Trap S:5/0 = 0 Math Register (high word) S:14-S:13 = 0
 Carry S:0/0 = 0 Math Register (32 Bit) S:14-S:13 = 0
 Overflow S:0/1 = 0
 Zero Bit S:0/2 = 0
 Sign Bit S:0/3 = 0

Chan 0

Processor Mode S:1/0- S:1/4 = Remote Test Continuous Scan
 Node Address S:15 (low byte) = 0 Outgoing Msg Cmd Pending S:33/2 = 0
 Baud Rate S:15 (high byte) = ?
 Channel Mode S:33/3 = 0
 Comms Active S:33/4 = 0
 Incoming Cmd Pending S:33/0 = 0
 Msg Reply Pending S:33/1 = 0

Debug

Suspend Code S:7 = 0
 Suspend File S:8 = 0

Errors

Fault Override At Power Up S:1/8 = 0 Fault Routine S:29 = 0
 Startup Protection Fault S:1/9 = 0 Major Error S:6 = 0h
 Major Error Halt S:1/13 = 0
 Overflow Trap S:5/0 = 0 Error Description:
 Control Register Error S:5/2 = 0
 Major Error Executing User
 Fault Rtn. S:5/3 = 0
 Battery Low S:5/11 = 0
 Input Filter Selection Modified S:5/13 = 0
 ASCII String Manipulation error S:5/15 = 0

Protection

Deny Future Access S:1/14 = No
 Data File Overwrite Protection Lost S:36/10 = False

Mem Module

Memory Module Loaded On Boot S:5/8 = 0
 Password Mismatch S:5/9 = 0
 Load Memory Module On Memory Error S:1/10 = 0
 Load Memory Module Always S:1/11 = 0
 On Power up Go To Run (Mode Behavior) S:1/12 = 0
 Program Compare S:2/9 = 0
 Data File Overwrite Protection Lost S:36/10 = 0

Forces

Forces Enabled S:1/5 = Yes
 Forces Installed S:1/6 = Yes

Offset	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	(Symbol)	Description
B3:0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0		

Offset	EN	TT	DN	BASE	PRE	ACC	(Symbol)	Description
T4:0	0	0	0	1.0 sec	7	0		

Offset	CU	CD	DN	OV	UN	UA	PRE	ACC	(Symbol)	Description
--------	----	----	----	----	----	----	-----	-----	----------	-------------

C5:0	0	0	0	0	0	0	0	0		
------	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--

Offset	EN	EU	DN	EM	ER	UL	IN	FD	LEN	POS	(Symbol)	Description
R6:0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Data File N7 (dec) -- INTEGER

Offset	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N7:0	0									

Offset	0	1	2	3	4
F8:0	0				

Address (Symbol) = Value [Description]

Address/Symbol Database

Address	Symbol	Scope	Description	Sym Group
B3:0/0	ETAPA_0	Global		
B3:0/1	ETAPA_1	Global		
B3:0/2	ETAPA_2	Global		
B3:0/3	ETAPA_3	Global		
B3:0/4	ETAPA_4	Global		
B3:0/5	ETAPA_5	Global		
B3:0/6	REANUDAR	Global		
B3:0/7	NUEVO_TANQUE2	Global		
I:0.0	ST_00	Global		
I:0/0	LC_00	Global	Indicador de nivel 1 Tanque #1. MAX	
I:0/1	LC_01	Global	Indicador de nivel 2. Tanque #1. MIN.	
I:0/2	LC_02	Global	Indicador de nivel 3. Tanque #2. MAX	
I:0/3			Indicador de nivel 4. Tanque #2. MIN	
I:0/4	RUN	Global	Indicador de iniciar el proceso.	
I:0/5	STOP	Global	Indicador de apagar el proceso.	
I:0/6				
I:0.1				
I:0.2				
I:0.3				
I:2.0				
I:2.1				
I:3				
I:3.0	FC_00	Global		
I:3.1	FC_01	Global		
O:0.0	PT_00	Global	Transductor	
O:0/0	LV_00	Global	Valvula que suministra agua al sistema.	
O:0/1	LV_01	Global	Valvula encargada de suministrar aire y CO2.	
O:0/2	LV_02	Global	Suministra agua al tanque por el enfriador. Esta en la parte superior.	
O:0/3	LV_03	Global	Vaciar agua de Tanque #2. Esta en la parte superior del Tanque #1.	
O:0/4	LV_04	Global	Suministra agua a bomba del Tanque #1. Inferior.	
O:0/5	PT_00T	Global		
O:0/6	PT_01T	Global		
O:0/7				
O:0/8				
O:0/9				
O:0/10	LUZ_RUN	Global	Luz de encendido.	
O:0/11				
O:0/12				
O:0.1	PT_01	Global		
O:0/16				
O:0/48				
O:1/0	LV_05	Global	Valvula que suministra agua a la bomba y viene del Tanque #2.	
O:1/1	LV_06	Global	Suministra agua a la valvula proporcional.	
O:1/2	LV_07	Global	Encargada de suministrar agua al enfriador.	
O:1/3	BOMBA	Global	Bomba	
O:1/4	CHILLER	Global	Enfriador.	
O:2.0	PT_001	Global	Transductor 1. H2O.	
O:2.1	PT_011	Global	Transductor 2. CO2.	
S:0			Arithmetic Flags	
S:0/0			Processor Arithmetic Carry Flag	
S:0/1			Processor Arithmetic Underflow/ Overflow Flag	
S:0/2			Processor Arithmetic Zero Flag	
S:0/3			Processor Arithmetic Sign Flag	
S:1			Processor Mode Status/ Control	
S:1/0			Processor Mode Bit 0	
S:1/1			Processor Mode Bit 1	
S:1/2			Processor Mode Bit 2	
S:1/3			Processor Mode Bit 3	
S:1/4			Processor Mode Bit 4	
S:1/5			Forces Enabled	
S:1/6			Forces Present	
S:1/7			Comms Active	
S:1/8			Fault Override at Powerup	
S:1/9			Startup Protection Fault	
S:1/10			Load Memory Module on Memory Error	
S:1/11			Load Memory Module Always	
S:1/12			Load Memory Module and RUN	
S:1/13			Major Error Halted	
S:1/14			Access Denied	
S:1/15			First Pass	
S:2/0			STI Pending	
S:2/1			STI Enabled	
S:2/2			STI Executing	
S:2/3			Index Addressing File Range	
S:2/4			Saved with Debug Single Step	
S:2/5			DH-485 Incoming Command Pending	
S:2/6			DH-485 Message Reply Pending	
S:2/7			DH-485 Outgoing Message Command Pending	
S:2/15			Comms Servicing Selection	
S:3			Current Scan Time/ Watchdog Scan Time	
S:4			Time Base	
S:5/0			Overflow Trap	
S:5/2			Control Register Error	
S:5/3			Major Err Detected Executing UserFault Routine	
S:5/4			M0-M1 Referenced on Disabled Slot	
S:5/8			Memory Module Boot	
S:5/9			Memory Module Password Mismatch	
S:5/10			STI Overflow	
S:5/11			Battery Low	
S:6			Major Error Fault Code	

Address/Symbol Database

Address	Symbol	Scope	Description	Sym Group
S:7			Suspend Code	
S:8			Suspend File	
S:9			Active Nodes	
S:10			Active Nodes	
S:11			I/O Slot Enables	
S:12			I/O Slot Enables	
S:13			Math Register	
S:14			Math Register	
S:15			Node Address/ Baud Rate	
S:16			Debug Single Step Rung	
S:17			Debug Single Step File	
S:18			Debug Single Step Breakpoint Rung	
S:19			Debug Single Step Breakpoint File	
S:20			Debug Fault/ Powerdown Rung	
S:21			Debug Fault/ Powerdown File	
S:22			Maximum Observed Scan Time	
S:23			Average Scan Time	
S:24			Index Register	
S:25			I/O Interrupt Pending	
S:26			I/O Interrupt Pending	
S:27			I/O Interrupt Enabled	
S:28			I/O Interrupt Enabled	
S:29			User Fault Routine File Number	
S:30			STI Setpoint	
S:31			STI File Number	
S:32			I/O Interrupt Executing	
S:33			Extended Proc Status Control Word	
S:33/0			Incoming Command Pending	
S:33/1			Message Reply Pending	
S:33/2			Outgoing Message Command Pending	
S:33/3			Selection Status User/DF1	
S:33/4			Communicat Active	
S:33/5			Communicat Servicing Selection	
S:33/6			Message Servicing Selection Channel 0	
S:33/7			Message Servicing Selection Channel 1	
S:33/8			Interrupt Latency Control Flag	
S:33/9			Scan Toggle Flag	
S:33/10			Discrete Input Interrupt Reconfigur Flag	
S:33/11			Online Edit Status	
S:33/12			Online Edit Status	
S:33/13			Scan Time Timebase Selection	
S:33/14			DTR Control Bit	
S:33/15			DTR Force Bit	
S:34			Pass-thru Disabled	
S:34/0			Pass-Thru Disabled Flag	
S:34/1			DH+ Active Node Table Enable Flag	
S:34/2			Floating Point Math Flag Disable,Fl	
S:35			Last 1 ms Scan Time	
S:36			Extended Minor Error Bits	
S:36/8			DII Lost	
S:36/9			STI Lost	
S:36/10			Memory Module Data File Overwrite Protection	
S:37			Clock Calendar Year	
S:38			Clock Calendar Month	
S:39			Clock Calendar Day	
S:40			Clock Calendar Hours	
S:41			Clock Calendar Minutes	
S:42			Clock Calendar Seconds	
S:43			STI Interrupt Time	
S:44			I/O Event Interrupt Time	
S:45			DII Interrupt Time	
S:46			Discrete Input Interrupt- File Number	
S:47			Discrete Input Interrupt- Slot Number	
S:48			Discrete Input Interrupt- Bit Mask	
S:49			Discrete Input Interrupt- Compare Value	
S:50			Processor Catalog Number	
S:51			Discrete Input Interrupt- Return Number	
S:52			Discrete Input Interrupt- Accumulat	
S:53			Reserved/ Clock Calendar Day of the Week	
S:55			Last DII Scan Time	
S:56			Maximum Observed DII Scan Time	
S:57			Operating System Catalog Number	
S:58			Operating System Series	
S:59			Operating System FRN	
S:61			Processor Series	
S:62			Processor Revision	
S:63			User Program Type	
S:64			User Program Functional Index	
S:65			User RAM Size	
S:66			Flash EEPROM Size	
S:67			Channel 0 Active Nodes	
S:68			Channel 0 Active Nodes	
S:69			Channel 0 Active Nodes	
S:70			Channel 0 Active Nodes	
S:71			Channel 0 Active Nodes	
S:72			Channel 0 Active Nodes	
S:73			Channel 0 Active Nodes	
S:74			Channel 0 Active Nodes	
S:75			Channel 0 Active Nodes	
S:76			Channel 0 Active Nodes	

Address/Symbol Database

Address	Symbol	Scope	Description	Sym Group
S:77			Channel 0 Active Nodes	
S:78			Channel 0 Active Nodes	
S:79			Channel 0 Active Nodes	
S:80			Channel 0 Active Nodes	
S:81			Channel 0 Active Nodes	
S:82			Channel 0 Active Nodes	
S:83			DH+ Active Nodes	
S:84			DH+ Active Nodes	
S:85			DH+ Active Nodes	
S:86			DH+ Active Nodes	

Address	Instruction	Description
---------	-------------	-------------

Group_Name	Description
------------	-------------