



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:
“REINGENIERÍA DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN CARTOPEL S.A.I.”

AUTORES:
MICHELLE DE LOS ÁNGELES CÁRDENAS IBÁÑEZ
MARLON JEFFERSON LARA VILLON

DIRECTOR:
ING. VICENTE PEÑARANDA IDROVO

GUAYAQUIL – ECUADOR

ABRIL 2015

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Los conceptos y conocimientos vertidos en el presente trabajo, las investigaciones, análisis, planificaciones, implementaciones, resultados y conclusiones son exclusivamente responsabilidad de los autores.

Guayaquil, Abril de 2015

(f) _____

Michelle Cárdenas Ibáñez

C.I. 0926417106

(f) _____

Marlon Lara Villon

C.I. 0930500442

DEDICATORIA

Dedico este éxito, este orgullo y esta nueva etapa de mi vida a mis amados padres como muestra de agradecimiento por todo el esfuerzo, apoyo, paciencia, tiempo y voz de aliento que siempre me brindaron, se los dedico a mis hermanos pequeños como ejemplo de superación porque como un día me dijeron el que persevera alcanza, y a su vez se lo dedico a mi compañero de vida ya que compartiremos juntos esta meta mutua superada y esta nueva etapa de vida como colegas profesionales.

Michelle

A mis padres les dedico este importante logro en mi vida porque les pertenece más a ustedes que a mí, gracias padres por la paciencia y el tiempo invertido, les dedico este éxito a mis hermanos que de una u otra manera han estado ahí ayudándome en mi formación, por ultimo le dedico este logro mutuo a mi compañera de vida con quien en los últimos momentos de nuestra formación compartimos esfuerzos y sacrificios.

Marlon

AGRADECIMIENTOS

Sinceramente no encuentro las palabras adecuadas para manifestar mi agradecimiento hacia Dios por siempre estar conmigo brindándome sabiduría y llenándome de bendiciones, por permitir que personas maravillosas estén en mi vida como son mis padres quienes son el pilar fundamental de mi formación, quienes siempre estuvieron, están y estarán conmigo ofreciéndome motivación, fortaleza, y su apoyo incondicional para que pueda superar todas las metas que me proponga. Así mismo le agradezco a mi compañero de tesis quien es mi mejor amigo, mi compañero de vida, mi compañero de profesión, etc. por estar conmigo dándome fuerzas y motivación para seguir adelante en esta etapa que me parecía imposible superar.

Michelle

Agradezco principalmente a mis padres quienes me han dado todo su apoyo incondicionalmente para mi formación académica, les agradezco por estar siempre ahí compartiendo mis triunfos y derrotas, por darme fuerza para salir adelante y por guiarme hacia el camino del conocimiento.

Le agradezco a mi compañera de vida y a mi compañera de profesión por compartir esta experiencia que nos ha llenado de conocimientos técnicos que ha fortalecido nuestra profesión.

Marlon

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Politécnica Salesiana de manera especial al personal docente de la carrera de ingeniería electrónica por habernos impartido los conocimientos que hemos adquirido. Al Ing. Vicente Peñaranda, nuestro director de tesis por su guía didáctica-técnica que nos otorgó durante la ejecución de este proyecto.

Nuestro agradecimiento y reconocimiento al grupo CARTOPEL S.A.I. Particularmente al Ing. Ángel Crespo por las facilidades, apoyo y confianza que nos brindó para llevar acabo el trabajo de esta tesis. También agradecemos a los Ing. Juan Santos, Ing. Raúl Yagual e Ing. Rodith Ascencio y a todos los que de una u otra manera nos ayudaron con sus conocimientos de los procesos técnicos de la planta donde se realizó el proyecto.

Michelle y Marlon

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE GENERAL.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XV
ABSTRACT	XVI
ABSTRACT.....	XVII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
EL PROBLEMA	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Delimitación del problema	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 Justificación del proyecto.....	5
1.5 Variables e indicadores	5
1.6 Metodología	6
1.6.1 Métodos.....	6
1.6.2 Técnica	7
1.6.3 Instrumento de investigación	7
1.7 Población y muestra	7
1.8 Descripción de la propuesta	8
1.8.1 Beneficiarios.....	8
1.8.2 Impacto.....	8
CAPÍTULO II	9
MARCO TEÓRICO	9
2.1 Antecedentes	9
2.2 PLC Allen Bradley micrologix 1400	10

2.3	Módulos 1762 micrologix de expansión e/s.....	11
2.4	Hmi panel view component c600.....	14
2.5	Transmisor.....	15
2.5.1	Transmisor electrónico.....	15
2.5.2	Transmisor liquiline cm444	16
2.6	Medición de ph (potencial de hidrogeno).....	18
2.6.1	Sensor de ph digital orbipac cpf81d.....	19
2.7	Medición de turbidez.....	20
2.7.1	Sensor de turbidez turbimax cus52d	21
2.8	Medición de oxígeno disuelto	22
2.8.1	Sensor de oxígeno digital oxymax cos51d.....	23
2.9	Medición de nivel.....	24
2.9.1	Sensor de Nivel tipo resistivo o conductivo Siemens 3UG06	25
CAPÍTULO III.....		26
ANÁLISIS DEL PROYECTO		26
3.1	Estudio del proceso de tratamiento de aguas residuales.....	26
3.1.1	Estaciones de cisterna de almidón y cisterna de tinta	28
3.1.2	Estación de homogenización.....	29
3.1.3	Estación de floculación	31
3.1.4	Estación de aireación.....	33
3.1.5	Estaciones de sedimentación.....	34
3.1.6	Estación final del agua tratada	35
3.1.7	Estación del filtro Prensa.....	36
3.2	Levantamiento de información del sistema.....	36
3.3	Determinación de la dosis óptima de productos químicos y biológicos.	38
CAPÍTULO IV		42
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO		42
4.1	Rediseño de planos eléctricos.....	42
4.2	Rediseño del tablero eléctrico	43
4.3	Programación de plc micrologix 1400	45
4.4	Programación de hmi panel view component c600.....	47
4.5	Programación de transmisor liquiline cm444.....	49
4.6	Montaje eléctrico.....	50

4.7	Calibracion de sensor de ph	53
4.8	Calibración de sensor de turbidez	55
4.9	Calibración de sensor de oxígeno.....	56
CAPÍTULO V.....		57
PRUEBA Y ENSAYOS		57
5.1	Prueba del plc allen bradley 1766 l32 bwa	57
5.2	Prueba de módulo de entradas analógicas.....	59
5.3	Pruebas de módulos de entradas digitales	59
5.4	Prueba del módulo de salidas digitales	60
5.5	Prueba de pantalla hmi panel view compact c600 graphic terminal	61
5.6	Prueba de transmisor liquiline de endress hauser.....	61
5.7	Pruebas de funcionamiento de sensores	62
5.8	Prueba en operación manual	67
5.9	Prueba en operación automática.....	68
CONCLUSIONES		76
RECOMENDACIONES		77
CRONOGRAMA.....		78
PRESUPUESTO		79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		81

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1	
Informe del análisis físico-químico del agua cruda	39
Tabla 2	
Informe de análisis determinación de la dosis óptima	40
Tabla 3	
Señales del sensor de pH - PLC	65
Tabla 4	
Señales del sensor de Turbidez - PLC.....	65
Tabla 5	
Señales del sensor de oxígeno - PLC	66
Tabla 6	
Dosificación automática de los químicos.....	68
Tabla 7	
Prueba 1 del funcionamiento automático de los sensores.....	68
Tabla 8	
Prueba 2 del funcionamiento automático de los sensores.....	69
Tabla 9	
Prueba 3 del funcionamiento automático de los sensores.....	69
Tabla 10	
Prueba del funcionamiento automático del sensor de Oxígeno	69

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1	
Parámetros de las propiedades del agua.....	9
Figura 2.2	
PLC Allen Bradley Micrologix 1400 1766 L32 BWA	11
Figura 2.3	
Módulo 1762 OW16.	13
Figura 2.4	
Módulos 1762 IQ8 e IQ16.	13
Figura 2.5	
Módulo 1762 IF4.	14
Figura 2.6	
Panel View Component C600.....	15
Figura 2.7	
Transmisores electrónicos.....	16
Figura 2.8	
Liquiline CM444.....	17
Figura 2.9	
Liquiline CM444.....	18
Figura 2.10	
Electrodos y potenciales.....	19
Figura 2.11	
Sensor de pH Orbipac CPF81D	20
Figura 2.12	
Sensores de Turbidez de transmisión, dispersión y relación.....	20
Figura 2.13	
Sensor de turbidez Turbimax CUS52D.....	21
Figura 2.14	
Sensor de oxígeno por electrodo de membrana, equilibrio de oxígeno y luminiscente.	22
Figura 2.15	
Sensor de oxígeno Oxymax COS51D.....	23

Figura 2.16	
Medidor de nivel resistivo o conductivol.....	24
Figura 2.17	
Relé de nivel.....	25
Figura 3.1	
Diagrama esquemático del proceso de tratamiento de aguas residuales.....	27
Figura 3.2	
Sistema del lavado de goma.....	28
Figura 3.3	
Cisterna de almidón.....	28
Figura 3.4	
Lavado del sistema de Impresión.....	29
Figura 3.5	
Cisterna de tinta.....	29
Figura 3.6	
Tanque de homogenización.....	30
Figura 3.7	
Tanque de homogenización.....	31
Figura 3.8	
Tanque de floculación	32
Figura 3.9	
Tanque de floculación	32
Figura 3.10	
Tanque de aireación	33
Figura 3.11	
Tanque de aireación	33
Figura 3.12	
Tanque de sedimentación 1	34
Figura 3.13	
Tanque de sedimentación 2	34
Figura 3.14	
Deposito final del agua tratada.....	35

Figura 3.15	
Deposito final del agua tratada.....	35
Figura 3.16	
Estación del filtro prensa.....	36
Figura3.17	
Antiguos planos de distribución del tablero.....	37
Figura 3.18	
Rediseño de la distribucion del tablero.	38
Figura 3.19	
Pruebas en campo para determinar la dosis óptima.	40
Figura 3.20	
Reporte de operador planta de tratamiento de aguas residuales	41
Figura 4.1	
Software RSLinx.....	46
Figura 4.2	
Software RSLogix500.....	47
Figura 4.3	
Inicio de la pantalla HMI	48
Figura 4.4	
Programación del HMI.....	48
Figura 4.5	
Transmisor de señales	49
Figura 4.6	
Configuración del transmisor.....	49
Figura 4.7	
Montaje eléctrico del tablero.....	50
Figura 4.8	
Diseño estructural de la planta en 3D.	51
Figura 4.9	
Montaje exterior.	52
Figura 4.10	
Montaje Final del tablero.	53

Figura 4.11	
Buffers de pH.	54
Figura 4.12	
Elementos de calibración	54
Figura 4.13	
Calibración de sensor de turbidez.	55
Figura 4.14	
Calibración del sensor de oxígeno.	56
Figura 5.1	
Prueba inicial del PLC.	57
Figura 5.2	
Configuración de PLC.....	58
Figura 5.3	
Prueba del PLC	58
Figura 5.4	
Prueba final módulo de entradas analógicas.	59
Figura 5.5	
Prueba final de módulos de entradas digitales.	60
Figura 5.6	
Prueba final de módulos de salidas digitales.....	60
Figura 5.7	
Prueba de funcionamiento.....	61
Figura 5.8	
Pruebas del transmisor	62
Figura 5.9	
Conexión del sensor sin fuente adicional.....	62
Figura 5.10	
Conexión del sensor con fuente adicional.....	63
Figura 5.11	
Transmisor en funcionamiento.....	64
Figura 5.12	
Pruebas de comunicación sensor-PLC.	64

Figura 5.13	
Respuesta de la medición del sensor de pH.	65
Figura 5.14	
Respuesta de la medición del sensor de turbidez.	66
Figura 5.15	
Respuesta de la medición del sensor de oxígeno	66
Figura 5.16	
Pruebas generales en operación manual.....	67
Figura 5.17	
Tablero del transmisor de señales analógicas.	69
Figura 5.18	
Tablero planta aguas residuales.	70
Figura 5.19	
Pantalla HMI Panel View C600.....	70
Figura 5.20	
Vista interior del tablero de la planta de tratamiento de aguas residuales.	71
Figura 5.21	
Alimentación de fluidos en los tanques del proceso.	72
Figura 5.22	
Agitación del agua de tinta en tanque de floculación.	73
Figura 5.23	
Dosificación de los químicos utilizados en el proceso.....	74
Figura 5.24	
Proceso de sedimentación de sólidos.	75
Figura 5.25	
Agua tratada.	75

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1	
Planos eléctricos de la planta de tratamiento de aguas residuales de CARTOPEL S.A.I.	84
Anexo 2	
Programación del PLC Allen Bradley MicroLogix 1400	104
Anexo 3	
Informe del sistema de tratamiento de CARTOPEL	145
Anexo 4	
Informes mensuales del laboratorio Grupo Químico Marcos	158
Anexo 5	
Informes diarios del operador de la planta.....	170
Anexo 6	
Manual de usuario del sistema de tratamiento de aguas residuales	180

ABSTRACT

AÑO	ALUMNO	DIRECTOR	TEMA
2015	Cárdenas Ibáñez, Michelle de los Ángeles Lara Villon, Marlon Jefferson	Ing. Vicente Peñaranda	Reingeniería del sistema de control de la planta de tratamiento de aguas residuales en CARTOPEL S.A.I.

El proyecto de reingeniería del sistema de control de la planta de tratamiento de aguas residuales en CARTOPEL S.A.I. se desarrolló con la finalidad de realizar la operación automática de la planta por medio del controlador Allen Bradley MicroLogix 1400.

El proceso cuenta con sensores de pH, turbidez y oxígeno disuelto los cuales son conectados al transmisor Liquiline CM444 para enviar las señales analógicas al PLC y de esta manera se pueda realizar el control que garantice un adecuado tratamiento químico y biológico del agua con el objetivo de cumplir con las propiedades físico-químicas del agua tratada, es decir que el agua que es enviada al canal de aguas lluvias se encuentre dentro de las normas y reglamentos vigentes. Así mismo con el propósito de mejorar la homogenización de los químicos se controla la velocidad del motor agitador situado en el tanque en el que se realiza el tratamiento químico por medio de un variador de frecuencia.

El trabajo de investigación cuenta también con una pantalla HMI la cual sirve para monitorear las variables del sistema, además la pantalla ofrece la interacción directa con cada motor del proceso y se puede observar las alarmas de falla del sistema y llevar un registro por cada batch (procesamiento por lotes) realizado.

Palabras claves: Aguas residuales, Automatización, PLC Micrologix 1400, HMI Panel View c600, pH, Turbidez, Oxígeno disuelto.

ABSTRACT

YEAR	STUDENT	DIRECTOR	TOPIC
2015	Cárdenas Ibáñez, Michelle de los Ángeles Lara Villon, Marlon Jefferson	Ing. Vicente Peñaranda	Reengineering the control system of the waste water treatment plant at CARTOPEL S.A.I.

The project of reengineering the control system of the waste water treatment plant at CARTOPEL S.A.I., is developed with the finality of making an automatic working of the plant by using the controller Allen Bradley MicroLogix1400.

This work includes pH sensors, turbidity and dissolved oxygen, which are connected to the transmitter Liquiline CM444 to send the analog signals to the PLC and thus it can perform control to certify an adequate chemicals and biologic treatments of the water that is sent into the rain water channels in order to meet the physical and chemical properties of treated water, is to say the water which is sent into the rain water channels is within the norms and reglaments in course. Also for the purpose of improving the chemicals homogeneity of the engine speed agitator located in the tank in which the chemical treatment is performed through a frequency variator.

This research also presents an HMI screen which serves to monitor the system variables, the display also provides the direct interaction with each processing engine and can observe the system failure alarms and keep a record for each batch performed.

Keywords: Wastewater, Automation, Micrologix 1400 PLC, HMI Panel View, pH, Turbidity, Dissolved Oxygen.

INTRODUCCIÓN

El proyecto de reingeniería del sistema de control de la planta de tratamiento de aguas residuales aplicado en la empresa Grupo CARTOPEL S.A.I. consiste en operar la planta automática o manualmente con una apropiada instrumentación industrial que permita garantizar el proceso de tratamiento químico y biológico del agua residual con la finalidad de lograr que las propiedades fisicoquímicas del agua que es descargada al alcantarillado público se encuentren dentro de los límites establecidos por el TULSMA (Texto unificado de legislación secundario del ministerio ambiental).

El aplicar un sistema automático el cual incluya sensores, transmisores, etc. se considera como mejor opción para que un proceso se vuelva más óptimo y eficiente, de esta manera se podrán evitar gastos de operación y se facilitará el mantenimiento del proceso.

El capítulo 1 estudia los motivos de cómo surgió la problemática del proyecto, la delimitación y objetivos que se proyectaron a realizar, las variables e indicadores del sistema, la metodología usada para la ejecución del proyecto, la población y muestra y beneficiarios del proyecto.

El capítulo 2 puntualiza el estado del arte de los elementos más importantes del proyecto y se sustenta los conceptos utilizados para la implementación del mismo.

El capítulo 3 desarrolla el análisis previo a la realización del proyecto, aquí se conocerán las etapas del proceso y las pruebas previas en las cuales se buscan las dosificaciones químicas adecuadas en lo que respecta a la operación manual.

El capítulo 4 detalla la reingeniería del sistema, es decir el rediseño de planos eléctricos, el rediseño de las instalaciones eléctricas de fuerza y de control, la programación del PLC y de la pantalla HMI, y el montaje del tablero, instrumentos de medición y sensores.

El capítulo 5 describe todas las pruebas de comunicación entre PLC, HMI, PC, Transmisor y Sensores, pruebas de calibración de sensores y pruebas de funcionamiento general del sistema.

Finalmente se señalan las conclusiones, recomendaciones, cronograma, presupuesto, referencias bibliográficas y anexos utilizados por los autores.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa CARTOPEL S.A.I cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales desde el año 2005, inicialmente el funcionamiento del sistema se lo realizaba de manera automática pero con el transcurso del tiempo se empezaron a observar fallas en el sistema que eran producidas por el mal funcionamiento de los sensores de nivel, el poco mantenimiento a las bombas y la mala operación del tablero de control, todas estas fallas ocasionaron que el sistema automático de la planta el cual se encontraba controlado por el PLC LG K7M-DR30S quedara totalmente desconfigurado.

Por carencia del software de programación y sus respectivas licencias se complicó la configuración del controlador, evento por el cual se procedió a que la planta de tratamiento de aguas residuales opere de forma “Manual”, llevando consigo la intervención directa de un operador el cual era el encargado de controlar los niveles de los tanques tanto de alimentación como de descarga de las bombas y realizar las dosificaciones de los químicos sin ninguna medición instrumental generando una operación lenta y poco eficiente.

Así mismo con el afán de garantizar que se cumplan las normas y reglamentos del TULSMA (Texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente) para evitar posibles sanciones por afectar al medio ambiente CARTOPEL S.A.I. se vio en la necesidad de mejorar su sistema de tratamiento de aguas residuales razón por la cual se procedió a efectuar el proyecto de Reingeniería del sistema.

1.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

La Reingeniería en el sistema de control de la planta de tratamiento de aguas residuales se efectuó en las instalaciones de la empresa CARTOPEL S.A. I. ubicada

en el KM 6 1/2 vía Daule, entrada a la prosperina, en la ciudad de Guayaquil, en el transcurso del ciclo lectivo del año 2014 – 2015.

Se instalaron sensores e instrumentos de medición de pH, turbidez, nivel y oxígeno disuelto para que por medio de un sistema de control se obtenga una correcta dosificación de componentes químicos con la finalidad de conseguir que las propiedades fisicoquímicas del agua tratada en la estación de Floculación se encuentren dentro de los límites establecidos según las normas y reglamentos de las ordenanzas actuales del TULSMA, libro VI, Anexo 1, Tabla 9. El tratamiento del lodo seguirá siendo en operación manual.

Este sistema de control se encuentra interactuando con una pantalla HMI la cual es usada para el registro y monitoreo de los parámetros de medición, también se controla por medio de un variador de frecuencia la velocidad del motor “Agitador Floculador” ubicado en la estación de floculación con el objetivo de mejorar la homogenización de los químicos.

Se implementó un sistema de alarmas en caso de que ocurra un rebose de líquidos, fallas térmicas o fallas en el tratamiento químico en la estación de floculación y a su vez se renovaron las instalaciones eléctricas tanto de control como de fuerza.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Rediseñar el sistema de automatización de la planta de tratamiento de aguas residuales en CARTOPEL S.A.I.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento de información sobre el estado actual de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Diseñar y repotenciar el sistema de automatización de la planta.

- Instalar sensores de nivel, pH, turbidez y oxígeno para llevar acabo el control del sistema de manera automática.
- Mejorar la homogenización de los químicos en tanque de floculación mediante la operación automática del variador de frecuencia.
- Implementar el HMI para el registro y monitoreo de las variables del sistema.
- Readecuar las instalaciones eléctricas para el sistema de control.
- Realizar levantamiento de planos y manual de usuario de la planta.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Uno de los principales objetivos del proyecto es operar la planta de tratamiento de aguas residuales con un sistema de control automático que contenga una adecuada medición instrumental la cual garantice que los niveles de pH, turbidez y oxígeno del agua tratada en la estación de floculación y aireación se encuentren dentro del rango permisible ordenado por el TULSMA, evitando de esta manera afectar al medio ambiente.

Otro de los objetivos muy importantes fue obtener experiencia práctica aplicando los conocimientos adquiridos en control, automatización industrial, sensores y transductores, programación de controladores lógicos e instrumentación industrial, con la finalidad de que la planta de tratamiento de aguas residuales posea un sistema óptimo con el cual se pueda evitar pérdidas tanto de tipo material como humano y disminuya a si mismo los gastos de operación facilitando el mantenimiento del proceso.

1.5 VARIABLES E INDICADORES

En la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa CARTOPEL S.A.I. se han identificado 4 variables que interactúan directamente con el proceso estas son pH, turbidez, oxígeno disuelto y nivel.

Realizando pruebas del proceso en operación manual se determinaron las dosificaciones óptimas de los productos químicos y biológicos para el tratamiento

físico-químico del agua, estos son cal, sulfato de aluminio, polielectrolito, bacterias (Q. Biotreatment) y nutrientes específicos (NPK).

El nivel de pH del agua cambia en el momento de que el agua se mezcla con cal o con sulfato de aluminio, con esto el agua se vuelve alcalina o acida respectivamente.

Para la medición de turbidez es necesario que el agua se mezcle con sulfato de aluminio y polielectrolito, ya que se encargan de separar el agua transparente de los flóculos de tinta. Así mismo la variación del nivel de oxígeno disuelto en el agua depende de la cantidad de oxígeno necesario para mantener con vida las bacterias.

La medición del nivel del agua es un factor muy importante para llevar a cabo el proceso de las dosificaciones de los productos químicos y biológicos, ya que estos deben mantener una relación equitativa para que no afecten al proceso.

Los índices de las dosificaciones para el proceso en operación manual son los siguientes:

- 0,3 gramos de cal por litro de agua
- 15 gramos de sulfato de aluminio por litro de agua.
- 0.01 gramos de polielectrolito por litro de agua
- 75 gramos de bacterias por día
- 150 gramos de nutriente (NPK) por día

1.6 METODOLOGÍA

1.6.1 Métodos

- **Método de observación**

El levantamiento de información previo al desarrollo del proyecto se realizó con la observación minuciosa del comportamiento del proceso en diferentes pruebas e información brindada por parte de los operadores de la planta.

- **Método inductivo**

Luego de varias pruebas realizadas se llega a la conclusión que el proyecto podrá ser aplicado en otras plantas de tratamiento de aguas residuales que cuenten con similares características del tratamiento del agua.

1.6.2 Técnica

- **Técnica de campo**

Se utilizó esta técnica durante el proceso de investigación e implementación del proyecto, debido a que la mayoría de las pruebas y análisis previos se realizaron en campo, con muestras y datos reales.

1.6.3 Instrumento de investigación

Como instrumento de recolección de datos se utilizaron fichas de reportes diarios donde se registraron los datos que intervienen directamente con las variables tratadas.

1.7 POBLACIÓN Y MUESTRA

En la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa CARTOPEL S.A.I. se realiza 1 batch (procesamiento por lotes) diario de lunes a viernes, razón por la cual se escogió como población 130 batch que corresponden a 6 meses de investigación donde se realizaron pruebas del antes, durante y después del proyecto.

Como muestra del proyecto se seleccionaron 10 batch correspondiente a las semanas en las cual se efectuaron las pruebas del sistema automático de dosificación de los productos químicos y biológicos.

1.8 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

1.8.1 Beneficiarios

El principal beneficiario del proyecto es la empresa CARTOPEL, ya que con esto podrá obtener un sistema de tratamiento de aguas residuales renovado, es decir un sistema automatizado que cuente con su adecuada medición instrumental y permita cumplir las normas y reglamentos vigentes.

1.8.2 Impacto

El proyecto creó impacto esencialmente al medio ambiente y a la comunidad que se encuentra en las cercanías de la empresa, ya que ahora la planta de tratamiento de aguas residuales cuenta con un sistema mejorado en donde su producto final es decir el agua tratada se encuentra dentro de las normas emitidas por el TULSMA.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describe la fundamentación teórica de los elementos utilizados para el análisis, diseño, implementación y pruebas del proyecto.

2.1 ANTECEDENTES

En investigaciones realizadas sobre el tratamiento de aguas residuales se comprobó el importante uso de ciertos componentes químicos para purificar o aclarar el agua, debido a las características físicas, químicas y biológicas que el agua posee.

FÍSICAS	Turbiedad, color, olor, sabor, temperatura, sólidos y conductividad.
QUÍMICAS	pH, dureza, acidez, alcalinidad, fosfatos, sulfatos, Fe, Mn, cloruros, oxígeno disuelto, grasas y aceites. Amoníaco, Hg, Ag, Pb, Zn, Cr, Cu, B, Cd, Ba, As, Ni, Si, nitratos, pesticidas, DBO, DQO, etc.
BIOLÓGICAS Y MICROBIOLÓGICAS	Protozoarios (patógenos), helmintos (patógenos), coliformes fecales y coliformes totales.

Figura 2.1: Parámetros de las propiedades del agua. Por CEA Jalisco, (2013).

Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales con el proceso de lodos activados.

Los compuestos químicos más utilizados son el polielectrolito, la cal (óxido de calcio) y el sulfato de aluminio los cuales actualmente se usan en la planta de aguas residuales de CARTOPEL S.A.I.

La utilización de instrumentos de medición en los tratamientos de aguas residuales son indispensable para toda planta, estos instrumentos ayudan a llevar un control de las características que presenta el agua.

Se investigó que las variables más importantes en todo proceso de aguas residuales son: la turbidez, la temperatura, potencial de hidrógeno (pH), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y el oxígeno disuelto.

Es por estos estudios realizados que se optó por implementar instrumentos que midan el pH, la turbidez y el oxígeno disuelto en campo de la planta de CARTOPEL S.A.I.

La automatización hoy en día forma parte de todo proceso industrial con el fin de disminuir gastos en mano de obra; por los estudios universitarios obtenidos se planteó la importancia del control automático de la planta por lo que se investigó la mejor manera de optimizar el proceso para ello se utilizó un controlador lógico programable que interactúe con una HMI para visualizar y controlar las variables del proceso.

2.2 PLC ALLEN BRADLEY MICROLOGIX 1400

Rockwell Automation, (2015) manifiesta que “Los controladores MicroLogix 1400 Boletín 1766 se basan en características fundamentales de MicroLogix 1100: Ethernet/IP, edición en línea y una LCD incorporada. Estos controladores ofrecen mayor conteo de E/S (Entradas y Salidas), contador de alta velocidad más rápido, salida de tren de impulsos, capacidades de red con características mejoradas y luz de retroiluminación en la LCD. Los controladores sin puntos de E/S analógicas incorporados proporcionan 32 puntos de E/S digitales, mientras que las versiones analógicas ofrecen 32 puntos de E/S digitales y 6 puntos de E/S analógicas. Puede ampliar todas las versiones con hasta siete módulos de expansión de E/S 1762.”

Las características del controlador MicroLogix 1400 expuestas por Rockwell Automation, (2015) son las siguientes:

- El puerto Ethernet proporciona capacidad de servidor web y de correo electrónico, así como soporte del protocolo DNP3.

- La LCD incorporada con luz de retroiluminación permite ver el estado del controlador y de las E/S.
- La LCD incorporada proporciona una interface simple para mensajes, monitoreo de bits/números enteros y manejo.
- Amplía las capacidades de la aplicación con el soporte para un máximo de siete módulos de E/S de expansión MicroLogix 1762 con 256 E/S discretas.
- Hasta seis contadores de alta velocidad de 100 kHz incorporados (solo en controladores con entradas de CC).
- Dos puertos serie con soporte de los protocolos DF1, DH-485, Modbus RTU, DNP3 y ASCII.
- 10 KB de palabras en la memoria de programas del usuario con 10 KB de palabras en la memoria de datos del usuario.
- Hasta 128 KB para registro de datos y 64 KB para recetas



Figura 2.2: PLC Allen Bradley Micrologix 1400 1766 L32 BWA. Dispositivo controlador del proceso de aguas residuales CARTOPEL S.A.I. Por Allen Bradley, (2015)

2.3 MÓDULOS 1762 MICROLOGIX DE EXPANSIÓN E/S

Rockwell Automation, (2015) expone que “Los módulos de expansión de E/S MicroLogix Boletín 1762 amplían las capacidades de los controladores MicroLogix

1100, 1200 y 1400 al maximizar la flexibilidad del conteo y del tipo de E/S. Puede utilizar los módulos de E / S digitales y analógicas en muchas combinaciones, hasta el máximo soportado por el controlador. La capacidad de carga actual de una función de fuente de alimentación del controlador puede limitar el número real de los módulos de E / S que se pueden conectar al controlador. El diseño modular sin rack mejora el ahorro de costos y reduce el inventario de piezas de repuesto. Los módulos se pueden montar en riel DIN o panel.”

Los módulos de expansión MicroLogix 1762 basados en chasis tienen las siguientes características descritas por Rockwell Automation:

- La enriquecida funcionalidad aborda un amplio rango de aplicaciones
- El soporte de red incluye Ethernet/IP™, DeviceNet™ y DH-485 (solo local)
- La codificación de software previene el posicionamiento incorrecto dentro del sistema
- Bloques de terminales con protección contra contacto accidental para cableado de E/S
- Las medidas pequeñas reducen el espacio en el panel
- Bus de E/S de alto rendimiento incorporado
- Etiqueta para registrar las designaciones de terminal de E/S
- Módulos de E/S especiales, analógicos y digitales disponibles
- Módulos de expansión de E/S digitales MicroLogix™ 1762
- 8, 16 o 32 entradas o salidas
- Voltajes de CA y CC
- Módulo combinado con ocho entradas y seis salidas de contacto
- Módulos de salida de relé de CA/CC
- Módulos de expansión de E/S analógicas MicroLogix 1762
- Módulo de entrada con cuatro entradas diferenciales
- Módulo de salida con cuatro salidas unipolares
- Módulo combinado con dos entradas diferenciales y dos salidas unipolares
- Módulos de expansión de E/S especiales MicroLogix 1762
- Módulo RTD con cuatro canales de entrada
- Módulo de termopar con cuatro canales de entrada además de un sensor CJC



Figura 2.3: Módulo 1762 OW16. Dispositivo de expansión de 16 salidas digitales tipo relé. Por Allen Bradley, (2015)

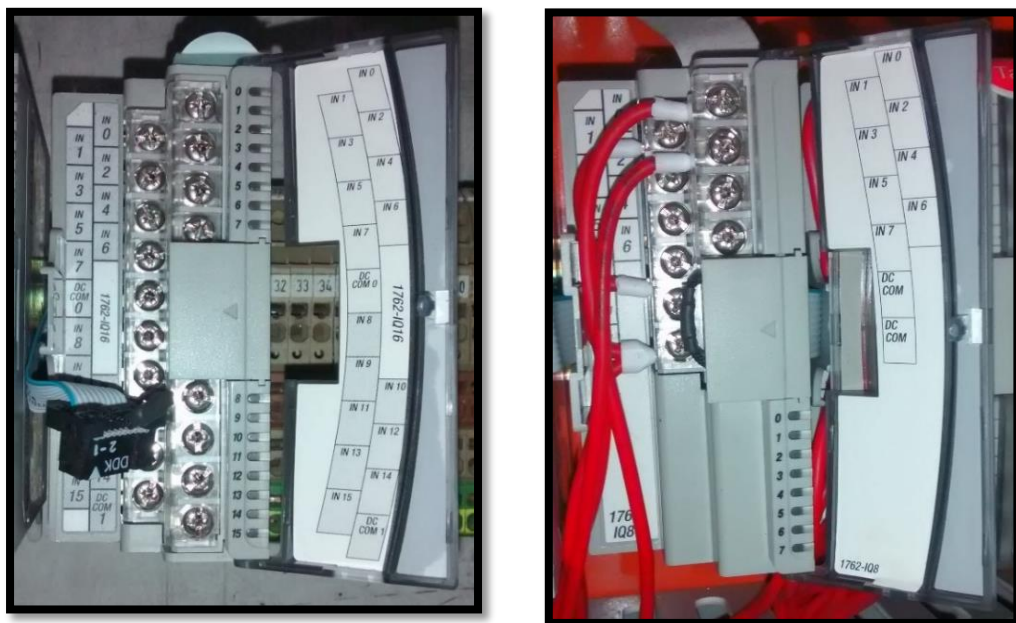


Figura 2.4: Módulos 1762 IQ8 e IQ16. Dispositivos de expansión de 16 y 8 entradas digitales. Por Allen Bradley, (2015)



Figura 2.5: Módulo 1762 IF4. Dispositivo de expansión de 4 entradas analógicas.

Por Allen Bradley, (2015)

2.4 HMI PANEL VIEW COMPONENT C600

Rockwell Automation, (2015) expresa que “Los terminales gráficos Panel View Component C600 Boletín 2711C tienen una pantalla plana de 5.7 pulg. Disponible en color TFT, CSTN o monocroma. Estos terminales admiten la entrada para el operador a través de una pantalla táctil. Cuenta con las siguientes características:”

- Las abrazaderas de montaje incorporadas simplifican la instalación
- Permite el diseño y la configuración con el software incorporado o mediante el ambiente de software Connected Components Workbench
- Optimizado para compatibilidad con controladores MicroLogix™
- Admite la comunicación a través de RS-232 (DH-485), RS-232 (DF1) y RS-485
- Dos puertos USB para transferir archivos o actualizar el firmware
- Admite tarjetas de memoria flash USB
- Presentación en varias opciones de idioma, incluidos ruso, griego, chino, japonés y coreano

- Alerta a los operadores con mensajes de alarma que incluyen variables incorporadas.
- Carga y descarga grupos de datos o selección de parámetros con capacidad para recetas básicas
- El diseño y la configuración de seguridad protegen las aplicaciones de accesos o modificaciones no autorizadas



Figura 2.6: Panel View Component C600. Dispositivo HMI para monitoreo de las variable del proceso. Por Allen Bradley, (2015)

2.5 TRANSMISOR

2.5.1 Transmisor electrónico

Creus Antonio, (2011) enuncia que “Los transmisores electrónicos basados en detectores de inductancia, o utilizando transformadores diferenciales o circuitos de puente de Wheatstone, o empleando una barra de equilibrio de fuerzas, convierten la señal de la variable a una señal electrónica de 4 -20 mA c.c. Su exactitud es del orden del $\pm 0,5\%$.”

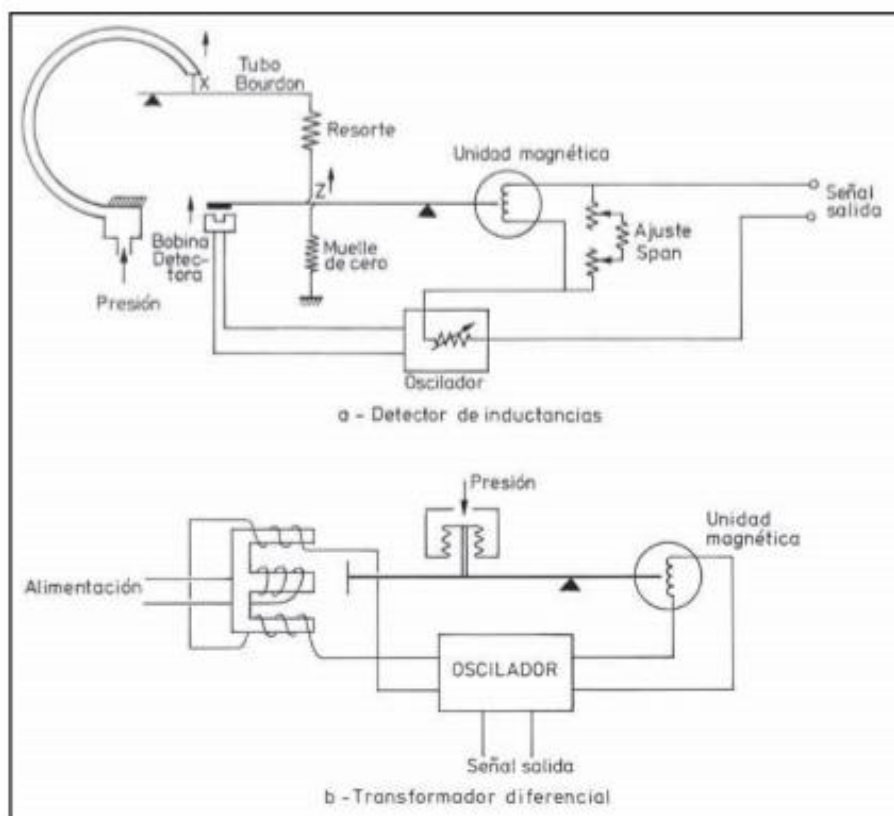


Figura 2.7: Transmisores electrónicos. Diseño de circuito electrónico de transmisores de detector de inductancia y de transformador diferencial.

Por Antonio Creus, (2011). Instrumentación Industrial

2.5.2 Transmisor Liquiline CM444

Endress Hauser, (2015) expone que “Liquiline CM444 es un transmisor multiparamétrico digital para el monitoreo de procesos y el control en cualquier aplicación. Los módulos se pueden añadir en cualquier momento para adaptarse a su proceso. El controlador de 4 canales le ahorra tiempo y dinero ofreciendo integración de sistemas sin fisuras, de fácil operación y una menor necesidad de recambio de valores. Liquiline CM444 le proporciona todas las ventajas de una plataforma transmisor mejor en su clase de simplicidad inteligente al máximo del proceso seguridad.”

A si mismo Endress Hauser asegura que el transmisor multiparamétrico Liquiline CM444 es adecuado para todas las aplicaciones en áreas no peligrosas, por ejemplo, en las siguientes industrias y sus utilidades:

- Alimentos y bebidas
- Ciencias de la vida
- Las plantas de energía
- Industria de agua y aguas residuales
- Industria química

Liquiline CM444 habla todos los protocolos de comunicación comunes expuesto por Endress Hauser a continuación:

- 0/4 ... 20 mA
- HART
- PROFIBUS DP
- Modbus TCP / Modbus RS485
- Ethernet / IP
- Web Server



Figura 2.8: Liquiline CM444. Vista frontal exterior del transmisor digital de señales analógicas. Por Endress Hauser, (2015)



Figura 2.9: Liquiline CM444. Vista interior del transmisor de señales. Por Endress Hauser, (2015)

2.6 MEDICIÓN DE pH (POTENCIAL DE HIDROGENO)

Creus Antonio, (2011) afirma que “El pH es una medida de la acidez o alcalinidad del agua con compuestos químicos disueltos. Una disolución ácida tiene mayor concentración de ion hidrógeno que el agua pura y, por lo tanto, su pH será menor a 7. Una disolución básica le ocurre a la inversa y su pH será mayor de 7. Las medidas prácticas de pH se encuentran entre los valores de 0 a 14.

En la medida de pH pueden utilizarse varios métodos, de entre los cuales los más exactos y versátiles de aplicación industrial son: el sistema de electrodo de vidrio y el de transistor (ISFET = Ion Sensitive Field Effect Transistor). El electrodo de vidrio consiste en un tubo de vidrio cerrado en su parte inferior con una membrana de vidrio especialmente sensible a los iones hidrógeno. En la parte interna de esta membrana se encuentra una solución de cloruro tampón, de pH constante, dentro de la cual está inmerso un hilo de plata recubierto de cloruro de plata.

El electrodo de transistor ISFET (Ion Sensitive Field Effect Transistor) es prácticamente irrompible, de estado sólido y proporciona una respuesta muy rápida. El sensor posee una señal de pH de baja impedancia, lo que le da una gran fiabilidad, y tiene una larga duración, funcionando en los líquidos más sucios y con más impurezas.”

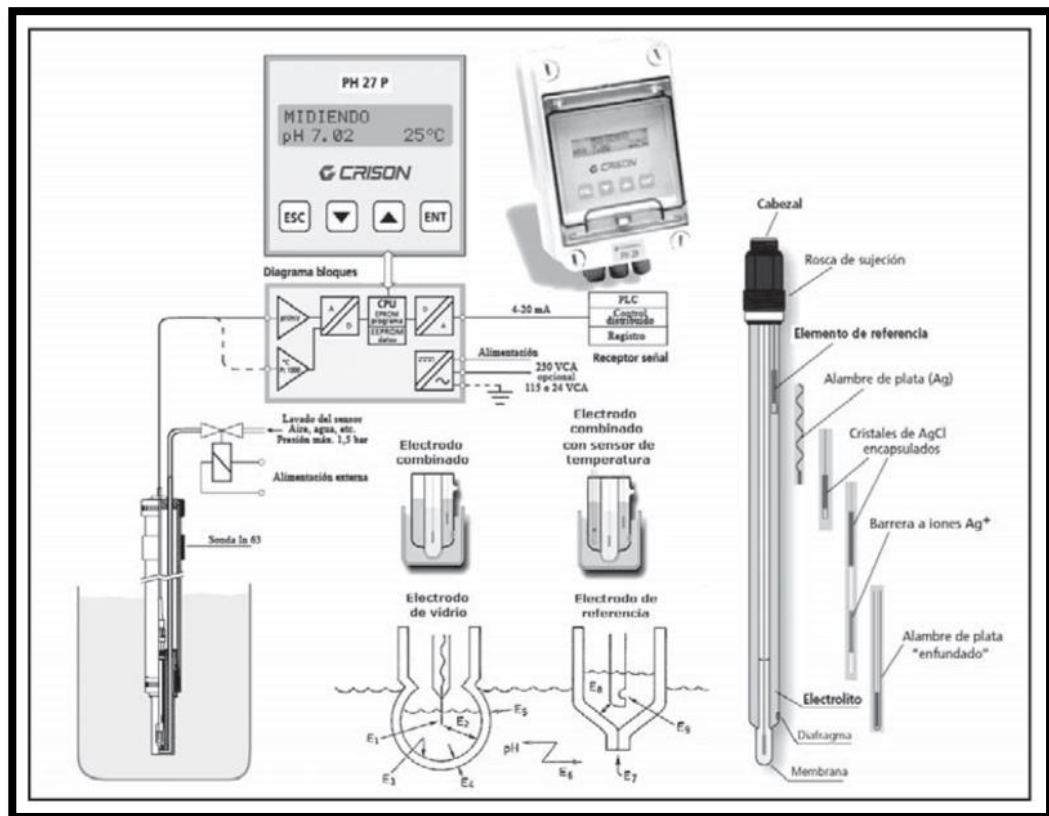


Figura 2.10: Electrodos y potenciales. Estructura física de electrodos diferenciales.

Por Antonio Creus, (2011). Instrumentación Industrial.

2.6.1 Sensor de pH digital Orbipac CPF81D

Endress Hauser, (2015) manifiesta que “Orbipac CPF81D es la solución digital, simple para entornos difíciles. Se mide de forma fiable y precisa incluso en medios fibrosos y a altas velocidades de flujo. Con su montaje integrado, el electrodo se ahorra espacio y tiempo durante la instalación de flujo o inmersión. Gracias a la tecnología digital Memosens, CPF81D combina máxima del proceso y la integridad de datos con una operación simple. Es resistente a la corrosión y la humedad, permite la calibración de laboratorio y facilita el mantenimiento predictivo. El campo de aplicación es el siguiente:”

- Tratamiento de aguas residuales industriales y municipales
- Acondicionamiento del agua
- Limpieza de condensado



Figura 2.11: Sensor de pH Orbipac CPF81D. Dispositivo de medición de PH del tratamiento de aguas residuales CARTOPEL S.A.I. Por Endress Hauser, (2015)

2.7 MEDICIÓN DE TURBIDEZ

Creus Antonio, (2011) expresa que “La turbidez es una medida de la falta de transparencia de una muestra de agua debida a la presencia de partículas extrañas. La medida de la turbidez se efectúa para determinar el grado de penetración de la luz en el agua o a su través y permite interpretar, conjuntamente con la luz solar recibida y la cantidad de oxígeno disuelto, el aumento o disminución del material suspendido en el agua. La turbidez está expresada en unidades arbitrarias llamadas unidades nefelométricas de turbidez (NTU). Por ejemplo, el agua de uso doméstico, industrial y residual tiene de 0,05 a 40 NTU.”

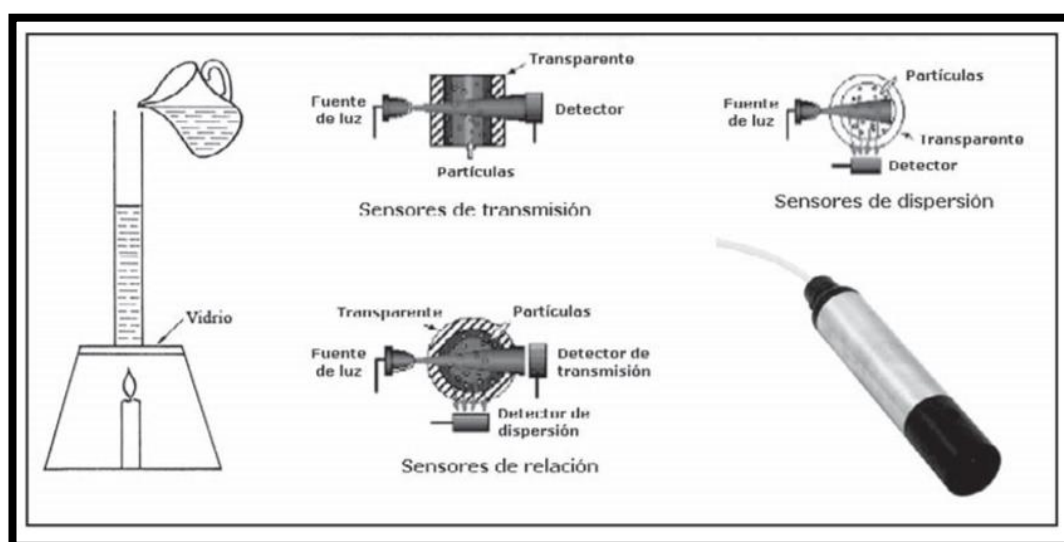


Figura 2.12: Sensores de Turbidez de transmisión, dispersión y relación.

Por Antonio Creus, (2011). Instrumentación Industrial.

2.7.1 Sensor de Turbidez Turbimax CUS52D

Endress Hauser, (2015) enuncia que “Turbimax CUS52D es un sensor inteligente con una precisión de laboratorio que permite la operación sin vigilancia en todos los puntos de medición de la producción de agua. Gracias a su diseño higiénico, de auto-limpieza, se puede montar directamente en su tubería. De esta manera usted ahorrará en extensas instalaciones de derivación y evitar la pérdida de producto. Con la tecnología digital Memosens, Turbimax CUS52D combina el proceso máximo y la integridad de datos con una operación simple. Se permite la calibración de laboratorio y simplifica el mantenimiento predictivo. Turbimax CUS52D mide la turbidez en los siguientes campos de aplicación:”

- Beber y proceso de agua:
 - Todos los puntos de medición de la entrada a la salida de las plantas de agua
 - La abstracción y el control del agua cruda
 - Todos los puntos de medición en redes de distribución
 - Todos los puntos de control de calidad en la producción de agua
- Plantas de tratamiento de aguas residuales:
 - Reutilización del agua de salida (por ejemplo, el paso de limpieza cuarto)
- Utilidades de todas las industrias:
 - Todos los puntos de medición de la entrada a la salida de la producción de agua
 - Todos los puntos de medición en redes de distribución



Figura 2.13: Sensor de turbidez Turbimax CUS52D. Dispositivo de medición de turbidez del tratamiento de aguas residuales CARTOPEL S.A.I. Por Endress Hauser, (2015)

2.8 MEDICIÓN DE OXÍGENO DISUELTO

Creus Antonio, (2011) afirma que “El oxígeno disuelto es la cantidad de oxígeno libre en el agua que no se encuentra combinado ni con el hidrógeno (formando agua) ni con los sólidos existentes en el agua. La cantidad de oxígeno disuelto es vital para la vida marina. Sin oxígeno esta vida muere. La determinación del oxígeno disuelto es importante en el control de aireación y el tratamiento de aguas, y en el análisis de agua en calderas y en otras aplicaciones.

El oxígeno disuelto viene incluido por la temperatura, de aquí que es necesario incorporar al circuito termo compensadores que refieran automáticamente la medida a una temperatura estándar. La exactitud en la medida es del $\pm 1\%$, 0,2 ppm o 2 ppb (5% de la lectura)."

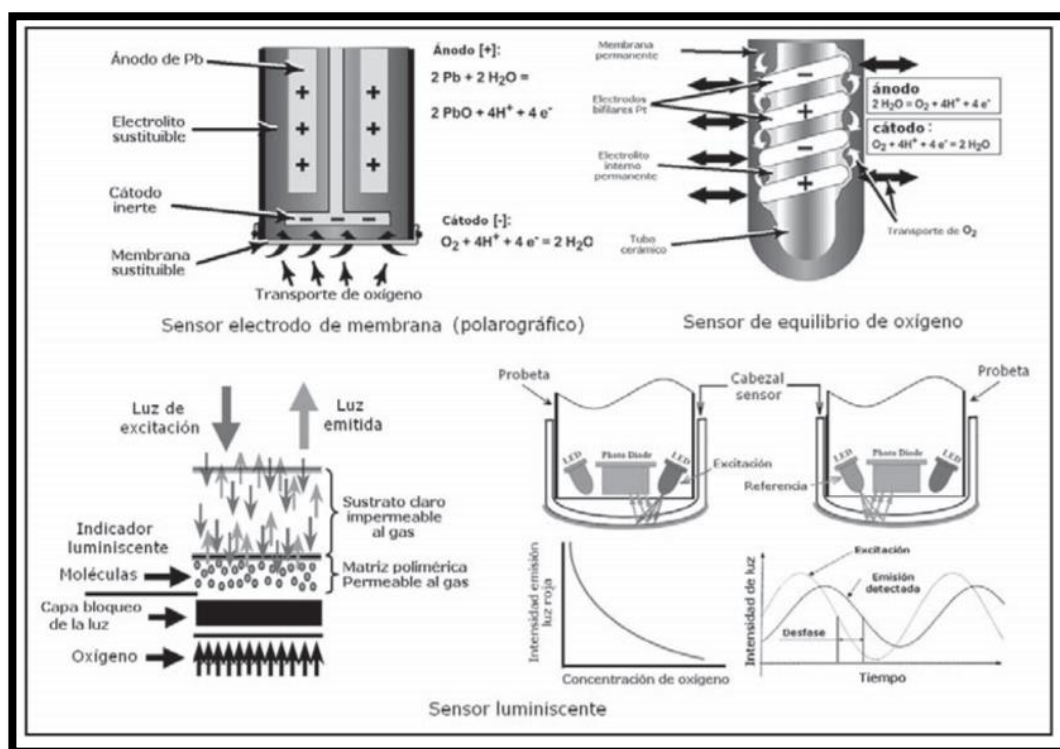


Figura 2.14: Sensor de oxígeno por electrodo de membrana, equilibrio de oxígeno y luminiscente. Estructura física de la implementación interna de los sensores.

Por Antonio Creus, (2011). Instrumentación industrial.

2.8.1 Sensor de oxígeno digital Oxymax COS51D

Endress Hauser considera que “Oxymax COS51D es un sensor fiable y de alta precisión de oxígeno para todo tipo de aplicaciones de agua y aguas residuales (incluyendo áreas peligrosas). Diseñado para ser de bajo mantenimiento con una larga vida de funcionamiento, el sensor ofrece un valor excepcional para el dinero. Gracias a la tecnología digital Memosens, la OxymaxCOS51D combina máxima del proceso y la integridad de datos con una operación simple. Es resistente a la corrosión y la humedad, permite la calibración de laboratorio y facilita el mantenimiento predictivo. Entre su campo de aplicación se encuentran los siguientes:”

- Plantas de tratamiento de aguas residuales:
Medición de oxígeno y la regulación de la cuenca de lodos activados por un proceso de limpieza biológica altamente eficiente
- Control del agua:
Medición de oxígeno en los ríos, lagos o mares como un indicador de la calidad del agua
- Tratamiento del agua:
La medición de oxígeno para la supervisión del estado del agua potable (enriquecimiento de oxígeno, protección contra la corrosión, etc.)



Figura 2.15: Sensor de oxígeno Oxymax COS51D. Dispositivo de medición del oxígeno disuelto de la planta de tratamiento de aguas residuales CARTOPEL S.A.I.
Por Endress Hauser, (2015)

2.9 MEDICIÓN DE NIVEL

Creus Antonio, (2011) afirma que “Los medidores de líquidos trabajan midiendo, bien directamente la altura de líquido sobre una línea de referencia, bien la presión hidrostática, bien el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque del proceso, bien aprovechando características eléctricas del líquido o bien utilizando otros fenómenos.

Los primeros instrumentos de medida directa se dividen en: sonda, cinta y plomada, nivel de cristal, nivel de flotador, magnético, palpador servooperado y magnetoestrictivo”

Para el proyecto de reingeniería se utilizaron medidores de nivel resistivo o conductivo que según Creus Antonio, (2011) “El medidor de nivel conductivo o resistivo (figura 2.8.1) consiste en uno o varios electrodos y un circuito electrónico que excita un relé eléctrico o electrónico al ser los electrodos mojados por el líquido. El relé electrónico dispone de un temporizador de retardo que impide su enclavamiento ante una ola del nivel del líquido o ante cualquier perturbación momentánea, o bien en su lugar se disponen dos electrodos poco separados enclavados eléctricamente en el circuito.”

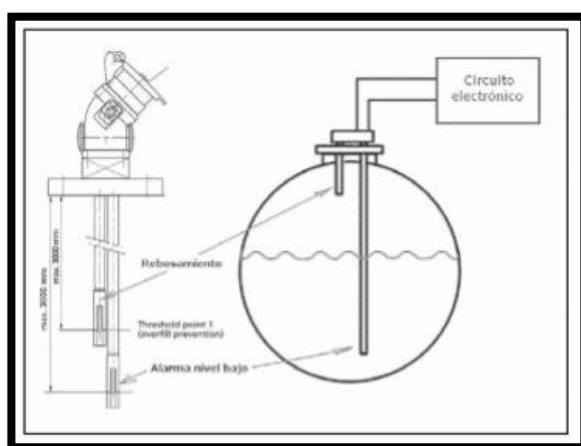


Figura 2.16: Medidor de nivel resistivo o conductivo. Características y circuito electrónico de electrodos de nivel.

Por Antonio Creus, (2011). Instrumentación Industrial

2.9.1 Sensor de Nivel tipo resistivo o conductivo Siemens 3UG06

Según Siemens “Los 3UG06 relés de vigilancia están disponibles para realizar varias funciones: supervisión o control de tensión, corriente, fase y nivel. Su pequeño tamaño, con los ajustes simplificados, de alta precisión y funciones de seguridad optimizadas hacen el equipo muy cómodo para el uso. Los relés de tensión permiten, por ejemplo, ajustando el valor de sobretensión / subtensión a través de potenciómetros en el frontal del dispositivo. Hay dispositivos con funciones adicionales, que permiten una supervisión más permisiva.

Las aplicaciones claves dependen del tipo de relé, los dispositivos se pueden utilizar para supervisar valores actuales, voltaje, fase y nivel. Cambian de modo que la magnitud supervisada alcanza el valor establecido, volviendo a su estado inicial después de abandonar la magnitud el rango de histéresis. Estos relés se pueden utilizar para la señalización, protección de motores contra sobrecargas, o depósitos de control. Sus ventajas son las siguientes:”

- Producto con alta fiabilidad y repetibilidad
- Tamaño (disponible en cajas normalizadas DIN 22,5 mm para la inserción en carril de 35 mm) reducción



Figura 2.17: Relé de nivel. Dispositivos de medición de nivel con electrodos tipos resistivo o conductivo. Siemens, (2015)

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DEL PROYECTO

Este capítulo detalla las investigaciones previas a la realización del proyecto, los estudios del proceso, el levantamiento de información del sistema de control y de fuerza, y los análisis sobre la determinación de la dosis óptima para el tratamiento químico y biológico

3.1 ESTUDIO DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Como podemos observar en la figura 3.1 el proceso de tratamiento de aguas residuales industriales cuenta con las siguientes estaciones:

- Estación de la cisterna de almidón
- Estación de la cisterna de tinta
- Estación de homogenización
- Estación de floculación
- Estación de aireación
- Estación de sedimentación 1
- Estación de sedimentación 2
- Estación final del agua tratada
- Estación del filtro prensa

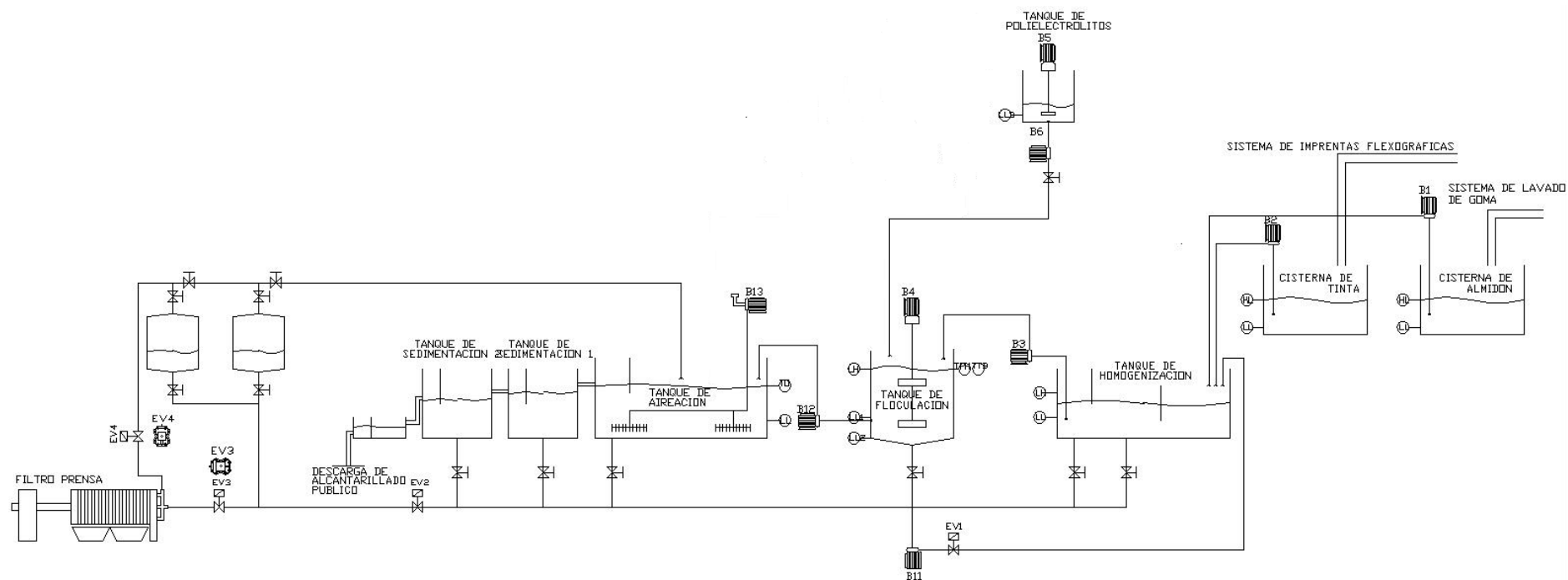


Figura 3.1 Diagrama esquemático del proceso de tratamiento de aguas residuales. Distribución tanques, motores y bombas de la planta de tratamiento de aguas residuales antes de efectuarse las mejoras del sistema

3.1.1 Estaciones de cisterna de almidón y cisterna de tinta

La cisterna de almidón sirve como depósito del agua que proviene del lavado del sistema de preparación de goma del proceso de corrugación, así mismo la cisterna de tinta sirve como depósito del agua que proviene del lavado del sistema de impresión de las imprentas flexográficas; luego estas aguas fluyen hacia el tanque de homogenización por medio de la bomba de la cisterna de tinta y la bomba de la cisterna de almidón para continuar con el proceso.



Figura 3.2 Sistema del lavado de goma. Sistema de dosificado y preparación de goma por medio de almidón. CARTOPEL S.A.I., (2015)



Figura 3.3 Cisterna de almidón. Cisterna de los desperdicios de almidón de la empresa. CARTOPEL S.A.I., (2015)



Figura 3.4 Lavado del sistema de Impresión. Lavado de los Cuerpos de impresoras de imprentas flexográficas de la empresa. CARTOPEL S.A.I., (2015)



Figura 3.5 Cisterna de tinta. Cisterna de desperdicios de las aguas provenientes del lavado de las imprentas. CARTOPEL S.A.I., (2015)

3.1.2 Estación de homogenización

El tanque de homogenización es utilizado como depósito de las aguas que proviene de las cisternas de almidón y tinta aquí estos fluidos se mezclan y

homogenizan, también es utilizado para filtrar impurezas y materiales sólidos no utilizables para el proceso; finalmente esta agua fluye hacia el tanque de floculación por medio de la bomba del tanque de homogenización para proceder a efectuar el tratamiento químico.

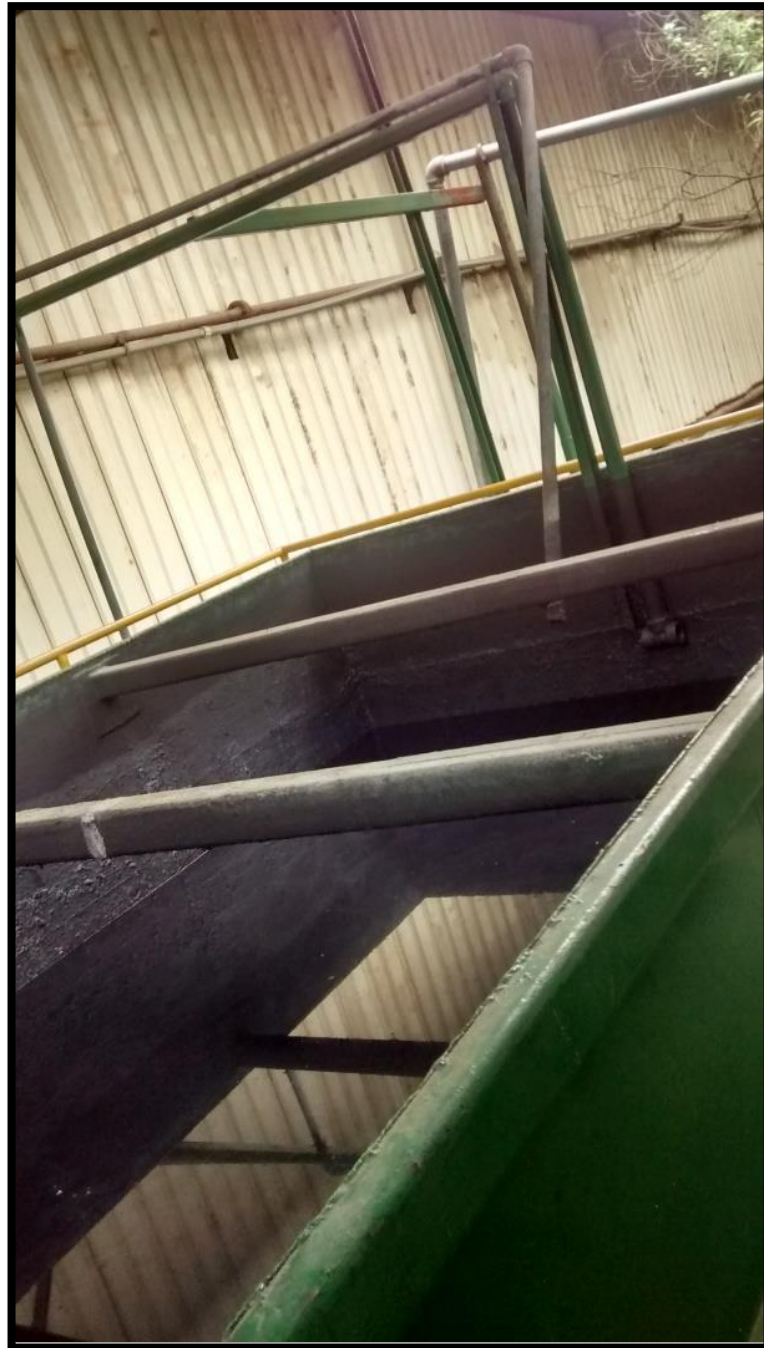


Figura 3.6 Tanque de homogenización. Entrada de fluidos de la cisterna de tinta y cisterna de almidón. CARTOPEL S.A.I., (2015)



Figura 3.7 Tanque de homogenización. Vista superior de pantallas filtrantes y bomba del tanque de homogenización. CARTOPEL S.A.I., (2015)

3.1.3 Estación de floculación

El tanque de floculación sirve para realizar el tratamiento químico del agua que proviene del tanque de homogenización, este tanque cuenta con un motor agitador el cual es usado para obtener una correcta homogenización entre los químicos vertidos y el agua con tinta, una vez que los productos químicos separan los flóculos de tinta del agua estos se sedimentan quedando en la parte inferior del tanque y el agua transparente en la parte superior lista para ser fluida hacia el tanque de aireación por medio de la bomba de floculación donde se realizara el tratamiento biológico del agua.



Figura 3.8 Tanque de floculación. Vista lateral del tanque de tratamiento del agua residual. CARTOPEL S.A.I., (2015)



Figura 3.9 Tanque de floculación. Vista superior del agitador de floculación para la mezcla de los químicos. CARTOPEL S.A.I., (2015)

3.1.4 Estación de aireación

El tanque de aireación es usado para realizar el tratamiento biológico del agua que ya ha sido previamente tratada por los productos químicos en el tanque de floculación, este tanque cuenta con un soplador el cual es el encargado de oxigenar el agua para mantener con vida las bacterias, finalmente después de que el agua transparente es tratada biológicamente esta es fluida hacia el tanque de sedimentación por diferencia de nivel.



Figura 3.10 Tanque de aireación. Vista lateral del tanque donde se vierten las bacterias que disuelven los sólidos suspendidos. CARTOPEL S.A.I., (2015)



Figura 3.11 Tanque de aireación. Vista superior de la aireación del agua para la activación de las bacterias. CARTOPEL S.A.I., (2015)

3.1.5 Estaciones de sedimentación

Los tanques de sedimentación sirven para depositar el agua transparente y tratada que proviene del tanque de aireación y a su vez sirven para filtrar sólidos flotantes.



Figura 3.12 Tanque de sedimentación 1. Tanque con lamina filtrante de solidos del agua final tratada y lista para ser desalojada al tanque de sedimentación 2.

CARTOPEL S.A.I., (2015)



Figura 3.13 Tanque de sedimentación 2. Tanque con lámina filtrante de sólidos del agua final tratada y lista para ser desalojada al medidor de caudal. CARTOPEL

S.A.I., (2015)

3.1.6 Estación final del agua tratada

La estación final es un depósito de inspección y muestreo que tiene implementado un vertedero triangular para la medición del caudal, a este depósito le llega el agua tratada después de haber pasado por el proceso de sedimentación para ser enviada al sistema de alcantarillado público.



Figura 3.14 Depósito final del agua tratada. Depósito medidor de caudal del agua final hacia el sistema de alcantarillado público. CARTOPEL S.A.I., (2015)



Figura 3.15 Depósito final del agua tratada. Vista superior de medidor de caudal del agua final. CARTOPEL S.A.I., (2015)

3.1.7 Estación del filtro Prensa

El filtro prensa como su nombre lo indica sirve para filtrar el agua con lodo que es retirado del tanque de floculación, está formado por 52 placas distribuidas verticalmente en las cuales existen lonas filtrantes que forman recámaras de filtración donde el lodo queda impregnado y secado por medio de inyecciones de aire el cual es producido por un compresor situado en el sitio, el agua filtrada es desalojada al sistema de alcantarillado público y los moldes de lodos son retirados para proceder con la limpieza del filtro.



Figura 3.16 Estación del filtro prensa. Filtro del lodo del tratamiento del agua.
CARTOPEL S.A.I., (2015)

3.2 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DEL SISTEMA

Para proceder a efectuar el rediseño del sistema de control, del sistema de fuerza y del sistema estructural de la planta de tratamiento de aguas residuales se llevó a cabo una exhaustiva investigación acerca de cómo era el funcionamiento del sistema, de cómo se realizaba el tratamiento químico y biológico del agua, del tipo de mantenimiento eléctrico de las bombas y motores, de los equipos obsoletos existentes y de la infraestructura en general.

Parte de esta investigación se efectuó mediante el intercambio de información con antiguos operadores de la planta los cuales formaron parte del montaje inicial de la misma, los operadores daban a conocer sus técnicas de trabajo para realizar el tratamiento químico y biológico del agua tanto en los primeros años de funcionamiento de la planta es decir cuando el sistema funcionaba automáticamente, como cuando poco a poco debido a fallas el sistema quedo funcionando en operación manual.

Así mismo mediante el suministro de planos eléctricos del tablero, planos del diagrama del proceso y manual de operación y mantenimiento del sistema por parte de CARTOPEL se procedió a efectuar el levantamiento de información del tablero de control y fuerza, de las bombas y motores, de las boyas de nivel de los tanques y de la infraestructura de la planta con la finalidad de luego poder realizar el rediseño del tablero y el rediseño del diagrama esquemático y estructural.

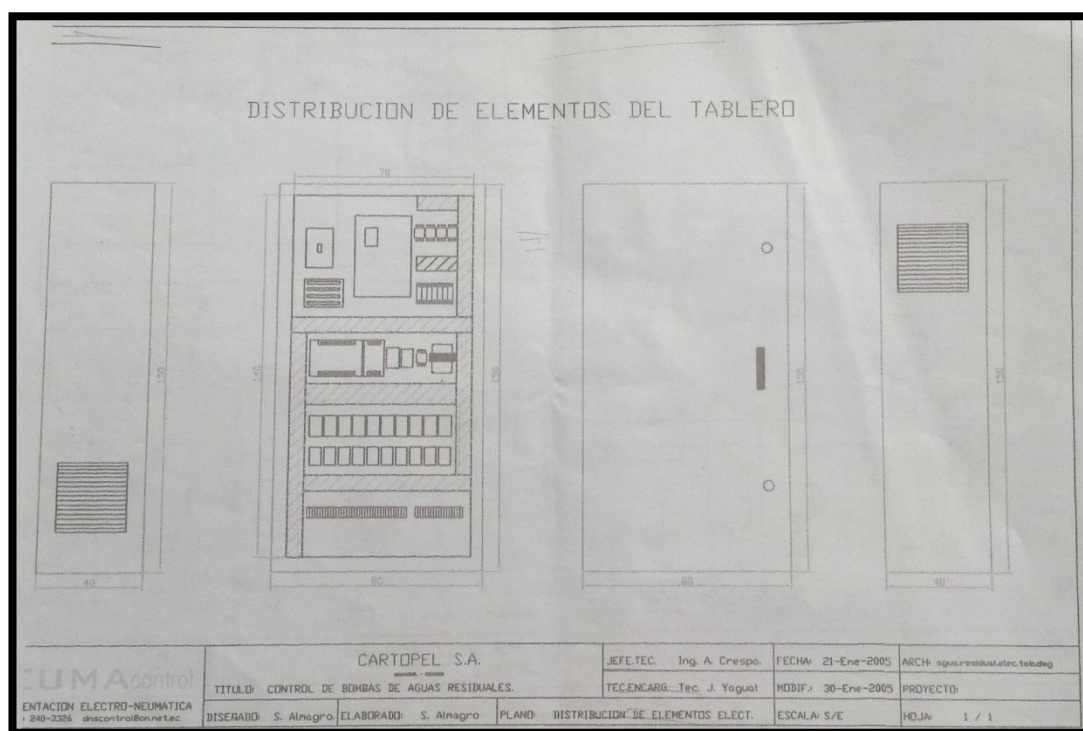


Figura3.17 Antiguos planos de distribución del tablero. Diseño de vista interior y exterior del tablero anterior de la planta de aguas residuales.

Por Neuma Control, (2005)

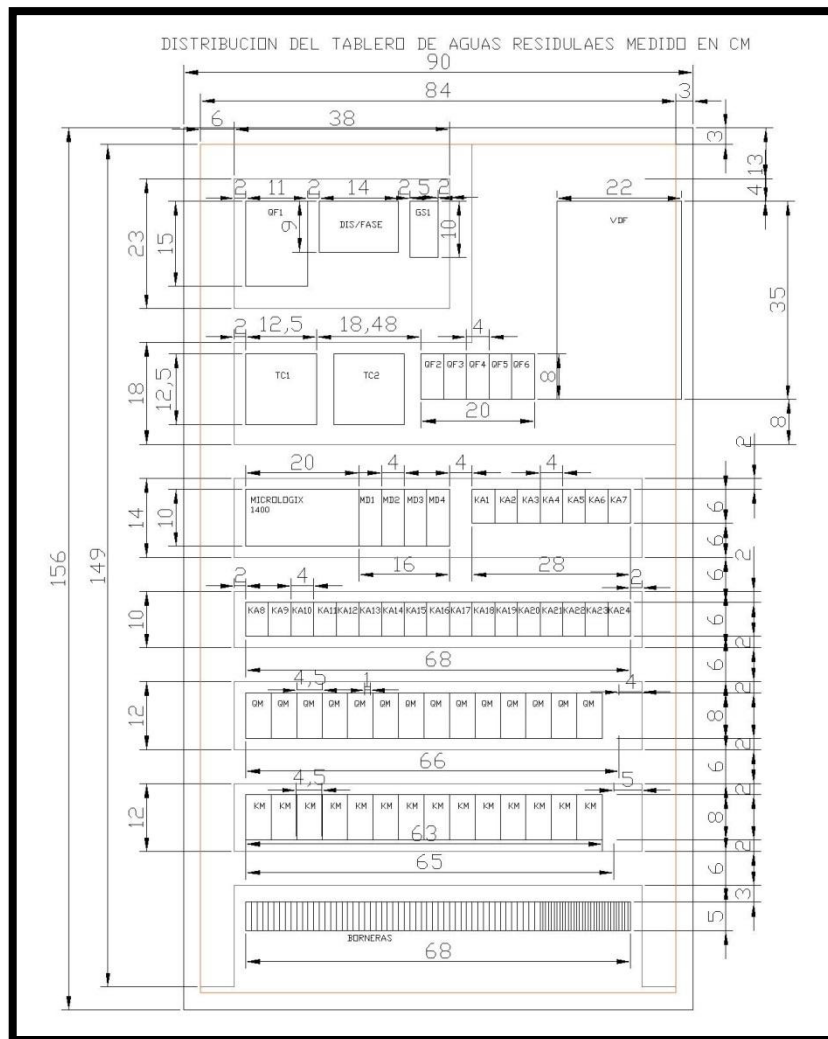


Figura 3.18 Rediseño de la distribución del tablero. Distribucion del los componentes que conforman el tablero eléctrico de la planta de tratamiento de aguas residuales actualmente.

3.3 DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE PRODUCTOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS.

Para el tratamiento químico y biológico de aguas residuales se usan los siguientes productos:

- Cal
- Sulfato de aluminio tipo A o B
- Polielectrolito
- Bacterias (Q. Biotreatment) y nutrientes específicos (NPK)

La función de la cal en este proceso de tratamiento químico es alcalinizar el agua con tinta que ingresa al tanque de floculación es decir elevar el nivel de pH en el agua, esta acción es realizada debido a que una de las funciones del sulfato de aluminio es descender el nivel de pH en el agua pero su función principal es formar pequeños flóculos de tinta, motivo por el cual es usado el polielectrolito para que estos pequeños flóculos se unan entre si y formen flóculos lo suficientemente grandes como para que descendan por la gravedad debido a su peso separando de esta manera la tinta del agua transparente.

Con la finalidad de determinar la dosificación óptima de estos químicos se realizaron varias pruebas en campo con equipos de laboratorio y pequeñas muestras de agua, los resultados de estas pruebas se presentan en la tabla 1.

Tabla 1

Informe del análisis físico-químico del agua cruda

Parámetros	Unidad	Agua residual industrial cruda CARTOPEL	Método
Fecha	-	noviembre - 2014	-
pH	-	8,38	4500 H
Sólidos totales	mg/l	760,0	2540 B
Sólidos totales disueltos	mg/l	372,0	2540 C
Sólidos totales suspendidos	mg/l	388,0	2540 D
Sólidos sedimentables	ml/l	ND	2540 E
Color	Pt - Co	28500,0	2120 C
Turbidez	NTU	26400,0	2130 B
DQO	mg O ₂ /l	20900,0	5220 C

Nota: Se muestran los datos experimentales de las pruebas realizadas en campo, Por Guerrero, L. (2014). Puesta en marcha del sistema de tratamiento físico-químico de aguas residuales industriales.

Guerrero, (2014) en el anexo 2 manifiesta que “con estas muestras como referencia se procede a realizar varias pruebas en el laboratorio y en campo, con el objeto de determinar la dosis adecuada para el tratamiento físico químico del agua residual generada en la planta CARTOPEL.”

En la tabla 2 se muestran los resultados de estas últimas pruebas realizadas.

Tabla 2

Informe de análisis determinación de la dosis óptima

Parámetro	Nº de jarra	J1	J2	J3	J4	J5
Volumen de muestra (ml)		1000	1000	1000	1000	1000
Peso de floculante – Sulfato de aluminio – Tipo A (g)		1	1,5	2,0	2,5	3,0
Peso de alcalinizante – Cal (g)		0,3	0,3	0,5	0,5	0,5
Volumen de poli electrolito (ml)		10	10	10	10	10
Tiempo de formación del flor (segundos)		15	15	15	15	15
pH inicial		8,38	8,38	8,38	8,38	8,38
pH final		-	-	6,3	6,9	6,9
Turbidez inicial (NTU)		26400	26400	26400	26400	26400
Turbidez final NTU)		-	-	5,5	6,0	12
Color inicial (Pt-Co)		28500	28500	28500	28500	28500
Color final (Pt-Co)		28500	20000	15	7,0	10
Tiempo de sedimentación (minutos)		30	30	30	30	30
Volumen de sedimento (ml)		950	600	550	600	650

Nota: Se detallan los diferentes parámetros medidos en las muestras tomadas, Por Guerrero, L. (2014). Puesta en marcha del sistema de tratamiento Físico Químico de aguas residuales industriales.



Figura 3.19 Pruebas en campo para determinar la dosis óptima. Muestras de mediciones de la sedimentación del agua tratada con la aplicación de diferentes cantidades de los químicos que interactúan en el proceso.

Por Guerrero, L. (2014).

Finalmente después de varias pruebas realizadas se encontró la dosis óptima de la dosificación de los productos químicos, los cuales en relación a las pruebas que nos presenta la tabla 2 es la muestra J2, estos resultados pueden ser corroborados en los reportes diarios por parte del operador que se presentan a continuación en la figura 3.20.

LECTURA DE MEDIDORES			ANTERIOR	ACTUAL
MEDIDORES PRINCIPAL NEGRO	171859	171919		
MEDIDORES PRINCIPAL AZUL	187838	187892		
MEDIDOR DE CARTOSURSA	05247	05747		
MEDIDOR EDIFICIO ADMINISTRATIVO				
MEDIDOR DEL CORRUGADOR				
MEDIDOR CUARTO DE GOMA	28475	28488		
MEDIDOR IMPRENTA 1	28892	28902		
MEDIDOR IMPRENTA 2	08588	08595		
MEDIDOR IMPRENTA 3	03825	03828		
MEDIDOR COMEDOR	31049	31063		
MEDIDOR CALDERA CLEAVER				
MEDIDOR OTRAS CALDERAS				

BATCHE PREPARADO TRATAMIENTO DE AGUAS	
NIVEL DE TANQUE FLOCULACION	10 m3
PH INICIAL AGUA TINTA	8.3 GRADO
DOSIFICACION DE CAL	3. KG
DOSIFICACION DE SULFATO DE ALUMINIO	15. KG
DOSIFICACION DE POLIELECTROLITO	13 cm ³ KG
PH FINAL AGUA TINTA	9 GRADO
DOSIFICACION DE BACTERIA	75 Gramos
DOSIFICACION DE NUTRIENTES	150 Gramos
TIEMPO DE REPOSO DEL BATCH	160 MINUTOS
TIEMPO DE TRASPASO DE AGUA CLARIFICADA	60 MINUTOS
NIVEL DE LODO EN TANQUE FLOCULACION	67. CM
TIEMPO DE FILTRADO DE LODO	180 MINUTOS
TIEMPO DE SECADO DEL LODO	120 MINUTOS
CANTIDAD DE LODO RETENIDO EN LONAS FILTRO	360. KG

INVENTARIO DE QUIMICOS		KG
CAL		500.
SULFATO DE ALUMINIO		250.
POLIELECTROLITO		150
BACTERIA		8.500 - 100 batche
NUTRIENTES		8.700 - 58 batche

NIVELES DE CISTERNA-TANQUES AL FINAL DEL TURNO	
CISTERNA A DE AGUA TINTA	Normal
TANQUE SEDIMENTADOR	Normal
TANQUE FLOCULACION	Normal

TRABAJOS ADICIONALES QUE SE REALIZAN DIARIAMENTE	OBSERVACIONES
ORDEN Y LIMPIEZA DEL AREA EN GENERAL DE LA PLANTA	S-N
LIMPIEZA DE MAYA EN ENTRADA DE AGUA A CISTERNA DE AGUA TINTA	S-N
LIMPIEZA DE LONAS DE FILTRO PRENSA	S-N
EVACUACION DE LODO DEL AREA DE FILTRO PRENSA	S-N
LIMPIEZA DE CANAL Y TAPAS DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS	S-N
TRABAJOS DE PINTURA EN GENERAL DEL AREA	S-N.

SUPERVISADO POR: Ing. Juan Santos

Figura 3.20 Reporte de operador planta de tratamiento de aguas residuales. Por CARTOPEL S.A.I. (2015)

CAPÍTULO IV

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

En este capítulo se detalla el rediseño de los planos eléctrico de la planta, el diseño de la programación del PLC MicroLogix 1400, de la programación de la pantalla HMI Panel View Component C600 Graphic terminal y de la programación del transmisor de señales, y la implementación del montaje eléctrico del tablero y los componentes que lo forman.

4.1 REDISEÑO DE PLANOS ELÉCTRICOS

El rediseño de los planos eléctricos se realizó mediante un previo estudio de los elementos que iban a ser utilizados en el tablero de acuerdo a cada equipo a emplearse en el proceso, para esto se escogieron algunos elementos del tablero anterior como son transformadores de 110V y 220V, variador de frecuencia, distribuidor de fase y disyuntor principal.

La alimentación del tablero está distribuida de la siguiente manera: alimentación general de 460V sirve para alimentar el circuito de fuerza de motores y bombas centrífugas, alimentación de 220V generada por el transformador de 460V a 220V para la alimentación de electrodos de nivel, alimentación de 110V generada por el transformador de 460V a 110V para la alimentación del PLC y alimentación de 24 VDC generada por una fuente para alimentar el circuito de control de la planta.

De acuerdo al rediseño estructural de la planta, esta cuenta con 7 bombas centrífugas actualmente en funcionamiento junto con 4 motores agitadores los cuales son alimentados con 460V con sus respectivas protecciones.

Los planos fueron diseñados bajo varias normas internacionales IEC, todas las representaciones de pulsadores, disyuntores, transformadores, contactos, etc. se encuentran nombradas con su numeración respectiva de cada plano. Para efectuar el rediseño de los planos eléctricos se utilizó la herramienta grafica AutoCAD Electrical.

En la página 1/17 del rotulado de los planos eléctricos, ubicado en el anexo 1 se puede observar la distribución de los disyuntores de protección para la alimentación de los circuitos de fuerza y circuitos de control. La página 2/17 muestra las conexiones de alimentación del HMI, del transmisor y de los electrodos de nivel, también muestra las conexiones de comunicación entre el HMI y el PLC, los sensores y el PLC a través del transmisor y las sondas de nivel y el PLC. La página 3/17 presenta la distribución del PLC con sus módulos de expansión.

En las páginas 4/17 y 5/17 se visualizan las conexiones entre las entradas del PLC y los selectores, encargados de accionar la operación manual o automática del sistema y las conexiones con los pulsadores, encargados de encender y apagar motores y bombas. La página 6/17 indica las conexiones entre el módulo de expansión de entradas analógicas y el transmisor, quien envía las señales de los sensores. Las páginas 7/17, 8/17 y 9/17 muestran las conexiones de los módulos de entradas digitales con los contactos de las boyas de nivel, los contactos de los guarda motores y pulsadores de paro de emergencia.

En las páginas 10/17, 11/17, 12/17 y 13/17 se observan las conexiones de las salidas del PLC y del módulo de expansión de salidas digitales con relés quienes activan a los motores y bombas. Las páginas 14/17 y 15/17 permiten visualizar las conexiones del sistema de control a 24VDC de los contactores activados por cada uno de los relés que les corresponde, así mismo se puede observar las entradas del variador POWERFLEX70 utilizado para realizar el control de velocidad. Finalmente en las páginas 16/17 y 17/17 se muestra el plano de fuerza, las conexiones directas de cada una de las bombas del proceso con sus respectivas protecciones.

4.2 REDISEÑO DEL TABLERO ELÉCTRICO

El rediseño del tablero se realizó con la herramienta gráfica AutoCAD Electrical, con esta se llevó a cabo el dibujo de las distribuciones de cada uno de los elementos que lo conforman y que continuación serán detallados con sus respectivas mediciones. El rediseño del tablero puede ser visualizado en el anexo 1.

Disyuntor principal	15x11 cm
Distribuidor de fase	14x9cm
Fuente de 24VDC	5x10cm
Variador de frecuencia Powerflex	35x22cm
Transformador de voltaje	12,5x12, 5 cm
Disyuntor de distribución	4x8cm
PLC MicroLogix	1400 20x10cm
Módulos de expansión del PLC	4x10cm
Relé de accionamiento manual	4x6cm
Guarda motores	8x4, 5 cm
Contactores	8x4, 5 cm
Borneras	0,5x4 cm

La medición de tablero es de 156x90cm, el plafón donde se colocan los elementos es de 145x84cm y las canaletas son de 60x60mm, por lo cual el diseño debe ajustarse a las medidas especificadas.

Se realizó el diseño separando los componentes 2cm de las canaletas con excepción del variador que tiene 8cm de separación con la finalidad de que tenga buena ventilación.

En la parte superior del tablero se colocaron los componentes de fuerza como son el disyuntor principal, transformador y el variador de frecuencia, en la siguiente fila se tienen los componentes de control como son el PLC Allen Bradley junto con sus respectivos módulos, debajo de estos fueron colocados los relés de accionamiento manual, seguidos y separados del control fueron colocados los guarda motores, en la siguiente fila se tienen los contactores los cuales se encuentran alineados y finalmente encontramos las borneras de conexión donde llegan todos los cables de conexiones exteriores.

La parte superior del diseño de la puerta del tablero la conforman principalmente la pantalla HMI Panel View c600, una botonera de paro de emergencia,

un indicador de rebose, un indicador de falla del tratamiento del agua, tres indicadores de fallas terminas por cada zona de trabajo, tres selectores de activación manual/automático de cada zona de trabajo. En la parte inferior del tablero se encuentran las botoneras de marcha y paro de cada bomba junto con sus respectivos indicadores, así mismo se cuenta con un tablero de mando para controlar la activación de las bombas desde otra área.

Se diseñaron tres zonas de trabajo en la primera zona se encuentra las bombas de la cisterna almidón, cisterna de tinta y tanque de homogenización. En la zona 2 se encuentran las bombas del tanque de polielectrolito, tanque de sulfato de aluminio, tanque de cal, agitador del tanque de floculación, agitador del tanque de polielectrolito, agitador del tanque de sulfato de aluminio, agitador del tanque cal y bomba de desalojo. En la zona 3 se encuentran las bombas de floculación, aireación y bacterias.

4.3 PROGRAMACIÓN DE PLC MICROLOGIX 1400

Para efectuar la programación del PLC MicroLogix 1400 primero se debe realizar la comunicación entre el PLC y la computadora, para esto se utiliza un cable Ethernet directo con el cual se conectan estos dos equipos, una dirección IP la cual debe ser ingresada por teclado al PLC y una dirección IP para la PC, estas direcciones IPs deben estar en Red.

El software RSLinx es el encargado de verificar si estos dos equipos se encuentran comunicados, para esto deben ser previamente configurados con los adecuados drivers de comunicación, finalmente aparecerá una imagen del PLC con su respectiva dirección IP para indicar que si existe la comunicación.

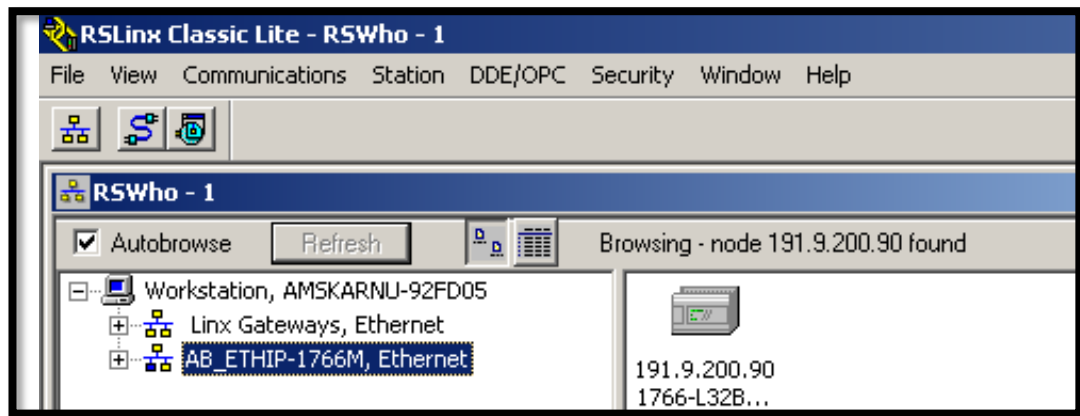


Figura 4.1 Software RSLinx. Comunicación entre PC y PLC.

Una vez realizada la comunicación entre el PLC y la PC se puede proceder a efectuar el diseño de la programación en el software RSLOGIX500, la cual se llevó a cabo por medio de subrutinas para dividir cada parte del proceso. La programación puede ser visualizada en el anexo 2.

En el LAD 2 llamado MAIN_PROG se pueden observar los diferentes saltos hacia las subrutinas, las bobinas que son activadas por contactos “Automático o Manual” hacia las salidas del PLC para encender o apagar las bombas y motores y las bobinas que activan las fallas térmicas, fallas de rebose y fallas de tratamiento.

En el LAD 3, 4 y 5 llamados MAN_Z1, MAN_Z2 Y MAN_Z3 se realizan la programación manual de las tres zonas de trabajo, según el diseño del tablero se cuenta con 1 pulsador para cada bomba con el cual se encenderá y apagará respectivamente, para esto se utilizó en la programación una conmutación conocida como “Toggle” en donde se muestra con sus respectivas protecciones.

En el LAD 6, 7 y 8 llamados AUT_Z1, AUT_Z2 Y AUT_Z3 se lleva a cabo la programación automática de las tres zonas de trabajo existentes estas son accionadas por los selectores, aquí se muestra las restricciones y permisos de los contactos de las boyas de nivel y de las señales de los sensores.

Finalmente en el LAD 9 llamado Fallas se muestran la programación realizada para cada tipo de fallas, que en este trabajo son: paros de emergencia, fallas térmicas,

fallas de rebose y fallas de tratamiento. En el LAD 10 llamado analógicas se realiza la programación referente a las señales analógicas entrantes. En el LAD 11 llamado HMI se efectúa la programación la cual será mostrada en el Panel View C600.

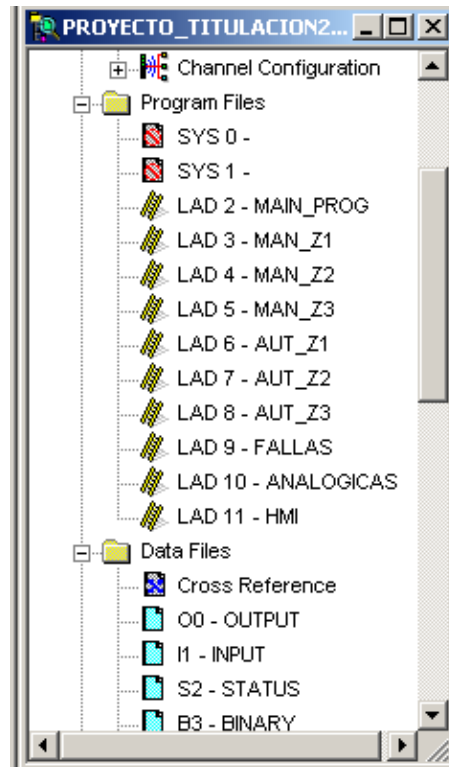


Figura 4.2 Software RSLogix500. Programación en subrutinas del sistema de tratamiento de aguas residuales

4.4 PROGRAMACIÓN DE HMI PANEL VIEW COMPONENT C600

Inicialmente para poder programar el panel view se debe establecer comunicación con el dispositivo, al momento de encenderlo se debe configurar la pantalla con una dirección IP que se encuentre en red con la dirección IP de la PC.

Por medio de Ethernet se accede al dispositivo, el HMI Panel View c600 Graphic terminal puede ser programado directamente desde un navegador de internet, colocando la dirección IP del dispositivo.

Como se muestra en figura 4.3 se selecciona el proyecto a ejecutar, en este caso el proyecto aguas residuales, y se realizan algunas configuraciones básicas como son el tipo de letra, el tamaño, y alineación de las pantallas,

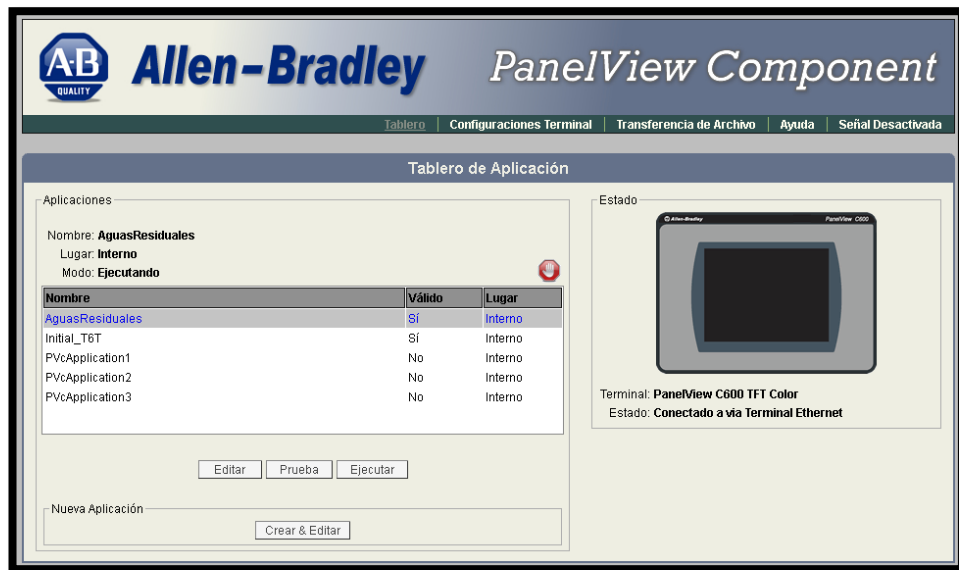


Figura 4.3 Inicio de la pantalla HMI. Configuraciones basicas de la pantalla

Luego se accede al comando pantallas donde se procede a realizar los diseños de las pantallas del proyecto.

Para este proyecto se han dividido las pantallas por zonas de trabajo, una pantalla principal de portada, seguido de una pantalla de menú donde se selecciona la activacion de alguna bomba de forma manual, una pantalla de visualizacion de las variables del proceso y una pantalla donde se observa el registro diario de cada batch.

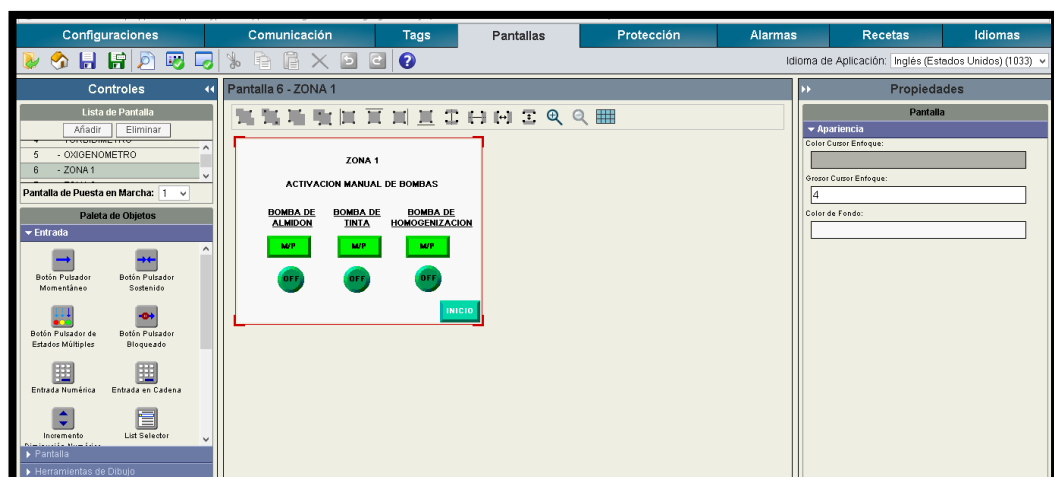


Figura 4.4 Programación del HMI. Pantallas creadas para la operación del proceso

4.5 PROGRAMACIÓN DE TRANSMISOR LIQUILINE CM444

En la configuración del transmisor se debe seleccionar las variables que interactúan en el proceso, el pH, la turbidez y el oxígeno disuelto, estas variables se pueden visualizar en el transmisor, también se puede observar la corriente de salida por cada variable de entrada, las cuales van a las entradas del módulo analógico del PLC.



Figura 4.5 Transmisor de señales. Inicialización del sistema del trasmisor. Por Endress Hauser. (2015)

En cada canal de entrada se debe conectar los sensores y determinar la variable que se va a leer.

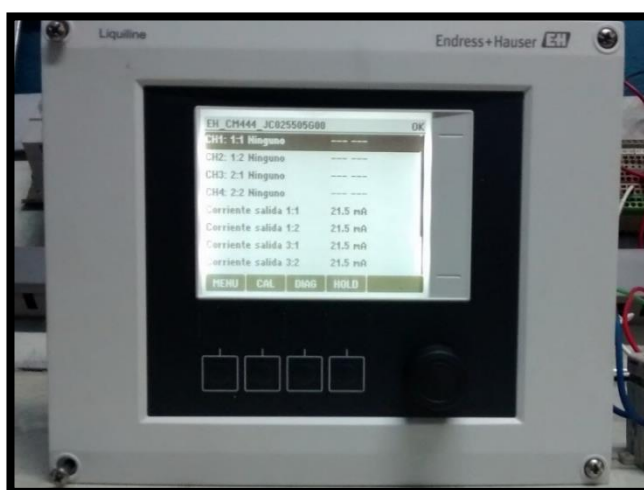


Figura 4.6 Configuración del transmisor. Parámetros básicos de configuración.

4.6 MONTAJE ELÉCTRICO

La primera parte del montaje se dio en la implementación del tablero eléctrico siguiendo el diseño establecido. Se efectuó la colocación de los elementos como son: canaletas, riel din, relés, guarda motores, contactores, fuente de 24VDC etc. Seguido se procedió a realizar el cableado de los elementos, los cuales para el circuito de control se utilizó el cable # 18 AWG y para el circuito de fuerza el cable # 12 AWG.



Figura 4.7 Montaje eléctrico del tablero. Colocación de elementos y cableado de los mismos.

Para el montaje en planta, se realizó un diseño en 3D de la zona donde se centra el proyecto, se puede observar la ubicación del tablero eléctrico, de los tanques de químicos y de las bombas. Se utilizó un diseño de canaletas tipo malla elevada para el cableado de las bombas, boyas y sensores.

En la figura 4.8 se puede observar el tanque de floculación donde se mezclan los químicos para procesar el agua, los tres tanque que contienen los químicos, el tanque de polielectrolito, el de sulfato de aluminio y el de cal.

El tablero eléctrico va ubicado en el pilar principal de la estructura, en la parte superior del pilar se tiene la bomba de aireación el cual oxigena el agua del tanque de aireación.

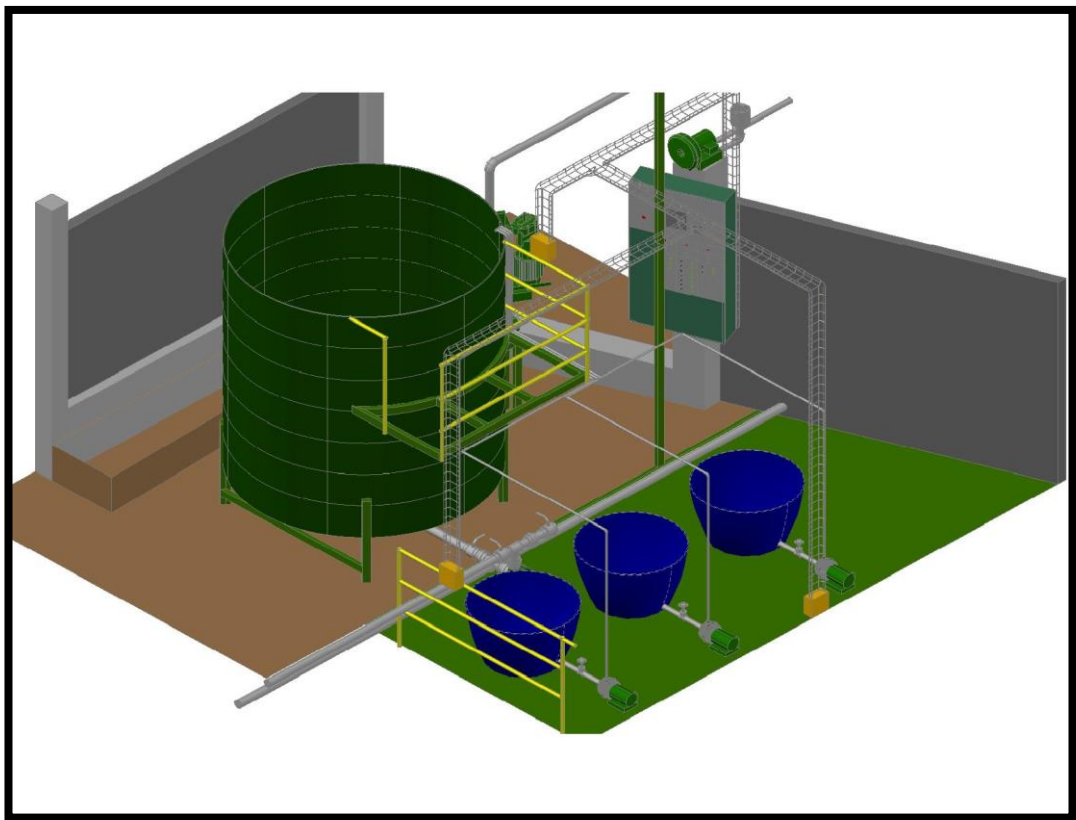


Figura 4.8 Diseño estructural de la planta en 3D. Parte del sistema donde se centra el proceso del tratamiento del agua.

El montaje en planta se realizó a través de la implementación de estructuras metálicas para colocar las electro canaletas tipo malla tal como se diseñó. También se colocaron tres cajas de paso donde llega el cableado de las bombas y motores, de los paros de emergencias, de sensores y de boyas de nivel. También parte del montaje estructural diseñado es para la dosificación de los químicos, para esto se tiene las bombas con sus respectivas bases y los tanques con sus respectivas bases para los motores agitadores.



Figura 4.9 Montaje exterior. Diseño de la estructura actual de la planta de tratamiento de aguas residuales.

El montaje del tablero fue realizado en algunos días debido a que la planta no puede parar el proceso durante mucho tiempo.

Primero se colocó el contorno del tablero y luego se realizaron las perforaciones de los botones e indicadores y de la panel view c600, una vez ubicado el contorno se procedió a colocar el plafón del tablero eléctrico con algunos componentes adicionales como el Variador de Frecuencia el cual fue colocado en campo al momento del montaje, debido a que fue reutilizado del tablero anterior.



Figura 4.10 Montaje Final del tablero. Colocación de últimos elementos del tablero.

Finalmente fue colocado en planta el transmisor de señales, se realizaron las calibraciones de los instrumentos de medición y luego estos fueron implementados en su respectivo lugar de medición.

4.7 CALIBRACION DE SENSOR DE PH

La calibracion del instrumento de medicion de PH se realizo en planta con dos muestras buffer de pH7 y pH4.



Figura 4.11 Buffers de pH. Muestras para calibrar el sensor de pH. Fisher Scientific. (2015).

El instrumento una vez conectado al transmisor por medio de la tecnología Memosens, podrá dar lectura de la variable a medir.

El transmisor debe programarse en el comando calibrar, el dispositivo automáticamente pedirá que se sumerja el sensor en la primera muestra de pH 4, una vez obtenido el dato pedirá una segunda lectura con lo cual debe sumergirse el sensor en la muestra de pH 7, una vez calibrado el sensor este podrá ser montado en planta.



Figura 4.12 Elementos de calibración. Sensor de pH, Cable Memosens, Buffers.

4.8 CALIBRACIÓN DE SENSOR DE TURBIDEZ

Para la calibración del sensor fue necesario tener como mínimo una muestra de standard de turbidez la cual para este trabajo fue de 4000 NTU debido a las características del instrumento, si no es suficiente puede utilizarse una segunda muestra de standard de turbidez.

El transmisor debe encontrarse en la opción de calibración para pedir que se sumerja el agua en la muestra, con lo cual el transmisor guarda los datos leídos, luego se debe limpiar el sensor y sumergirlo en una segunda muestra, con las pruebas realizadas el transmisor calibrará automáticamente el sensor, el cual puede quedar listo para el montaje en planta.



Figura 4.13 Calibración de sensor de turbidez. Pruebas con diferentes medidas de turbidez.

4.9 CALIBRACIÓN DE SENSOR DE OXÍGENO

El sensor de oxígeno disuelto se comunica con el transmisor Liquiline CM444 por medio de la comunicación Memosens, para calibrar el instrumento se necesita saber el nivel de oxígeno que contiene aire o tener una muestra de oxígeno de agua como referencia.



Figura 4.14 Calibración del sensor de oxígeno. Pruebas realizadas en ambiente.

CAPÍTULO V

PRUEBA Y ENSAYOS

En este capítulo se detalla los procedimientos que se realizaron para probar el funcionamiento de algunos dispositivos que interactúan en el proceso.

5.1 PRUEBA DEL PLC ALLEN BRADLEY 1766 L32 BWA

Para la realización de las pruebas de los dispositivos, se preparó una meza de laboratorio en el cual se tiene suministro de energía 24VDC y 110VAC, con disyuntores de protección de 2 polos 2AMP y 1AMP.

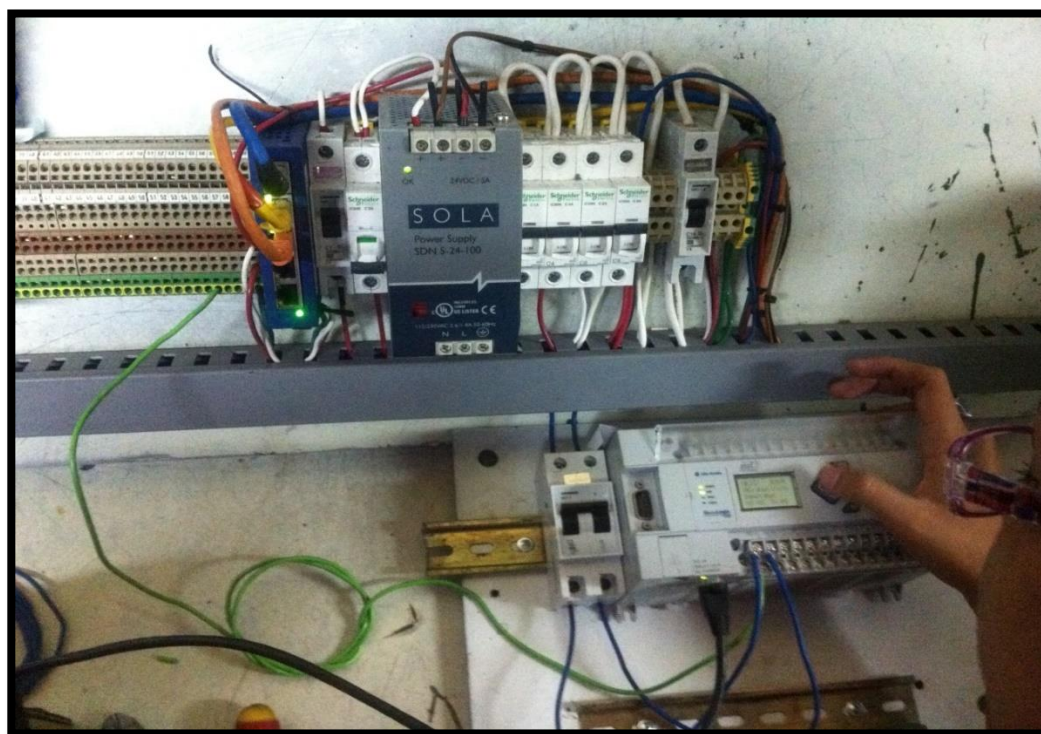


Figura 5.1 Prueba inicial del PLC. Pruebas básicas de laboratorio.

Al encender el dispositivo a 110VAC lo primero que se verifica es que no tenga fallas de fábrica, posteriormente se ingresa la dirección IP estática para poder enlazarse con la computadora.



Figura 5.2 Configuración de PLC. Direccionamiento IP para comunicación.

Se realizó un programa de prueba que consistía en habilitar manualmente cada entrada y salida del PLC las cuales pueden ser visualizada en la pantalla led del mismo o en el software RSLOGIX500 como se muestra en la figura 5.3

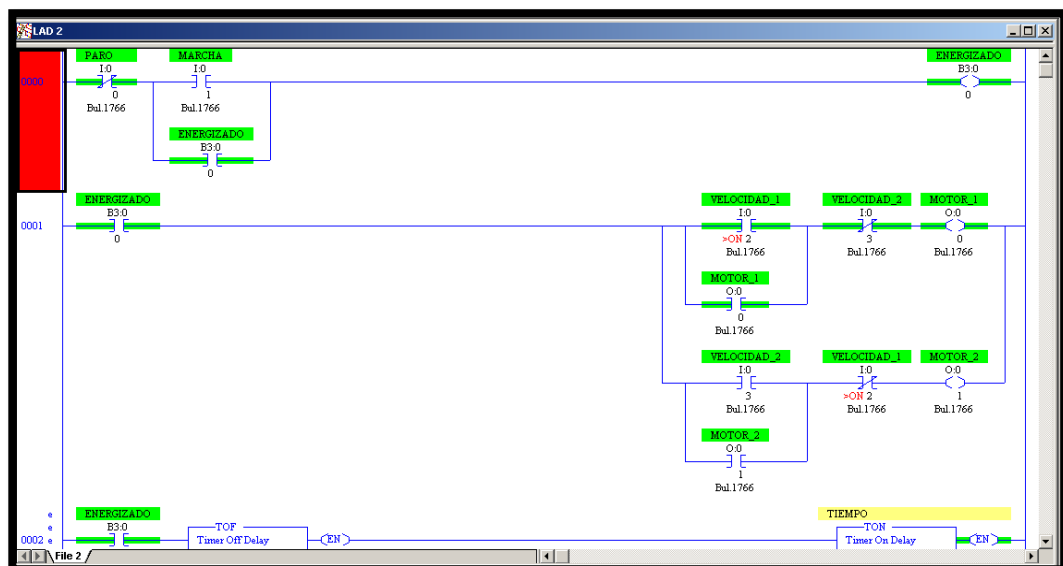


Figura 5.3 Prueba del PLC. Programa básico para probar funcionamiento del dispositivo

5.2 PRUEBA DE MÓDULO DE ENTRADAS ANALÓGICAS

Para realizar la comunicación del PLC con el módulo deben estar previamente conectados entre sí, se debe ejecutar el software RSLOGIX500 en donde se creara la configuración de estos.

Primero se debe acceder a la opción I/O CONFIGURATION, para agregar el dispositivo a conectar, en este caso el módulo de 4 entradas analógicas el cual tiene como nomenclatura 1762 IF4, se selecciona el modulo aparece en la parte izquierda de la pantalla como agregado.

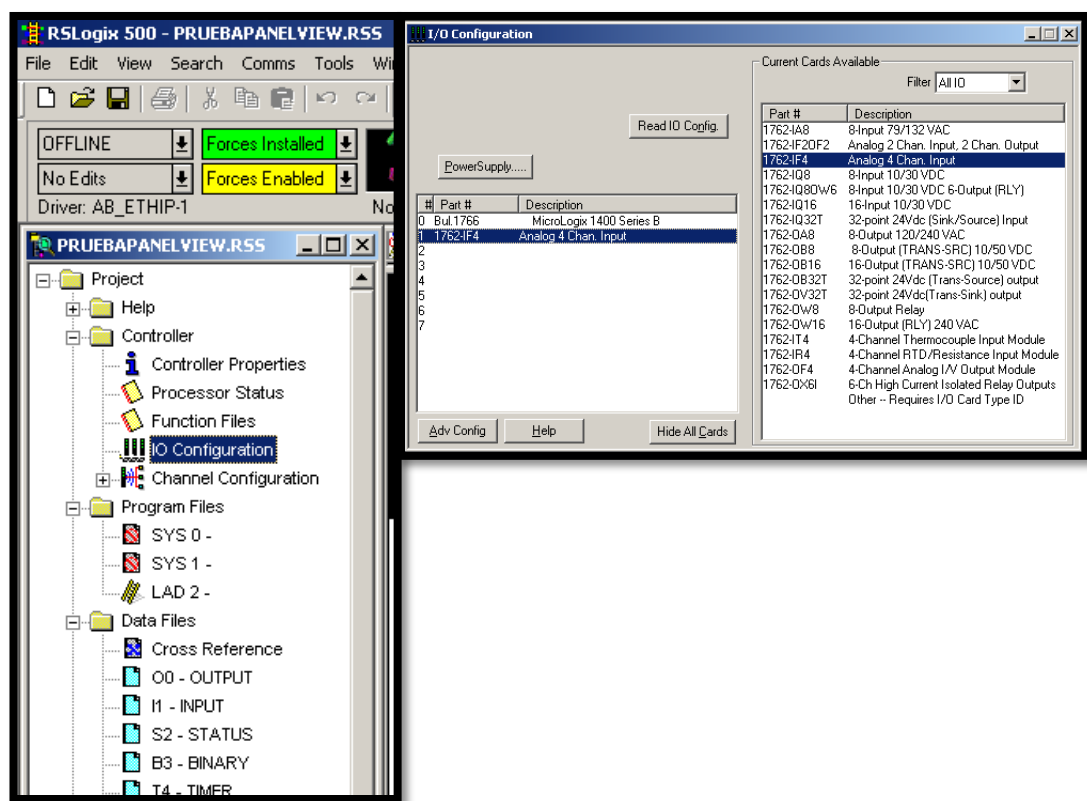


Figura 5.4 Prueba final módulo de entradas analógicas.

Configuración entre el PLC y el módulo 1762 IF4

5.3 PRUEBAS DE MÓDULOS DE ENTRADAS DIGITALES

Para realizar pruebas con los módulos de entradas digitales, estos deben ser agregados al proyecto que se está ejecutando, para esto se ejecuta el software

RSLOGIX500, se selecciona la opción I/O CONFIGURATION y se procede a realizar la configuración en la que los módulos de entradas digitales con nomenclatura 1762 IQ8 y el 1762 IQ16 son agregados al proyecto.

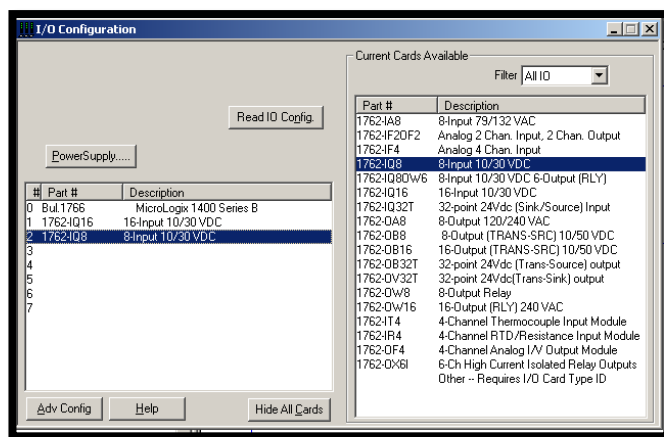


Figura 5.5 Prueba final de módulos de entradas digitales.
Configuración entre el PLC y los módulos 1762 IQ8 y 1762IQ16.

5.4 PRUEBA DEL MÓDULO DE SALIDAS DIGITALES

Igualmente para la configuración del módulo de salidas se debe ejecutar el software RSLOGIX 500 en la opción I/O CONFIGURATION donde debe ser agregado el módulo de salida digitales Relay con nomenclatura 1762 OW16.

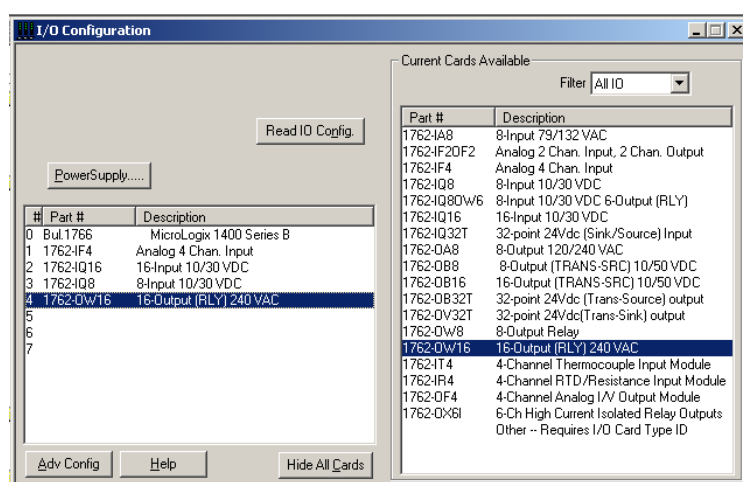


Figura 5.6 Prueba final de módulos de salidas digitales.
Configuración entre el PLC y los módulos 1762 OW16.

Una vez terminadas las configuraciones de comunicación entre los módulos y el PLC se procede a realizar una prueba de funcionamiento múltiple como se observa en la figura 5.7, en donde se ha creado un programa básico el cual deba activar y desactivar las entradas siendo forzadas desde el computador, los módulos cuentan con leds indicadores para observar la prueba realizada.



Figura 5.7 Prueba de funcionamiento. Prueba general entre el PLC y sus módulos

5.5 PRUEBA DE PANTALLA HMI PANEL VIEW COMPACT C600 GRAPHIC TERMINAL

Para probar la pantalla HMI se realizó un dibujo básico para ver si interactuaban el PLC con la pantalla, para que no haya problema se deben direccionar marcas en los botones e indicadores de la pantalla HMI.

5.6 PRUEBA DE TRANSMISOR LIQUILINE DE ENDRESS HAUSER

Las primeras pruebas fueron realizadas en el laboratorio donde se suministró 24VDC, se ejecutaron pruebas de funcionamiento, configuración básica y comunicación con los sensores.

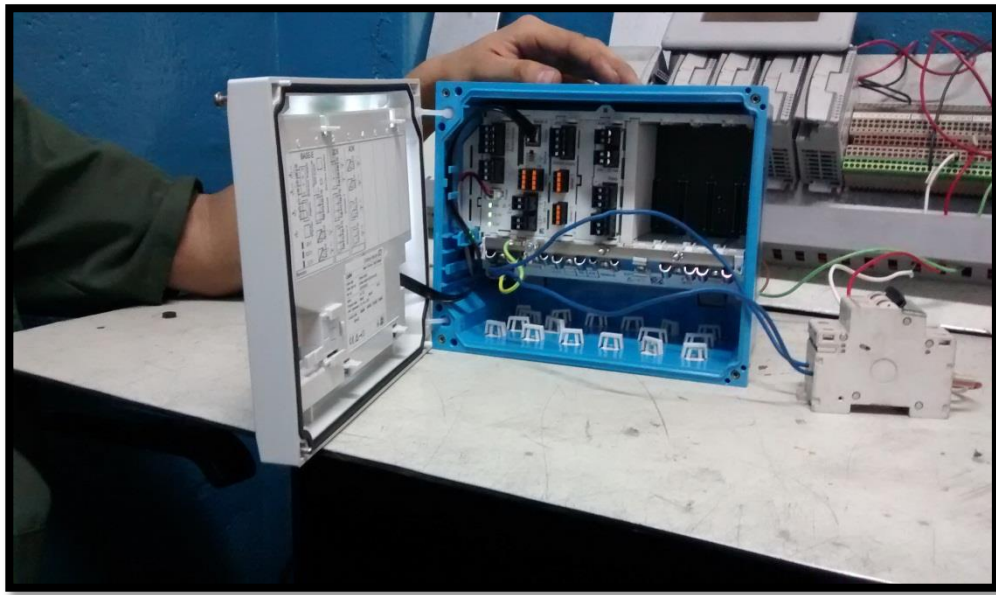


Figura 5.8 Pruebas del transmisor. Pruebas de funcionamiento en general

5.7 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE SENSORES

El sensor de pH se conectó en el canal 1:1 del puerto de conexión del transmisor por medio de la tecnología Memosens. El sensor de pH es un dispositivo sin fuente de alimentación adicional por lo fue conectado como indica la Figura 5.9.

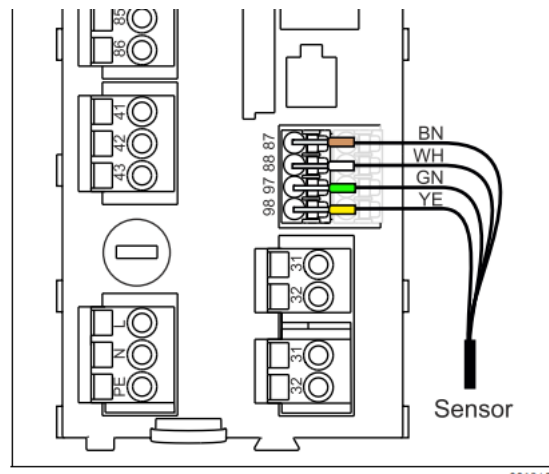


Figura 5.9 Conexión del sensor sin fuente adicional. Sensores que son conectados al transmisor por el cable Memosens. Por Endress Hauser, (2015). Manual de operación

Liquiline CM444

El sensor de turbidez se conectó en el canal2 1:2 del puerto del transmisor de señales por medio de la tecnología Memosens, el sensor de turbidez es un dispositivo con fuente de alimentación adicional por lo tanto fue conectado de la siguiente manera.

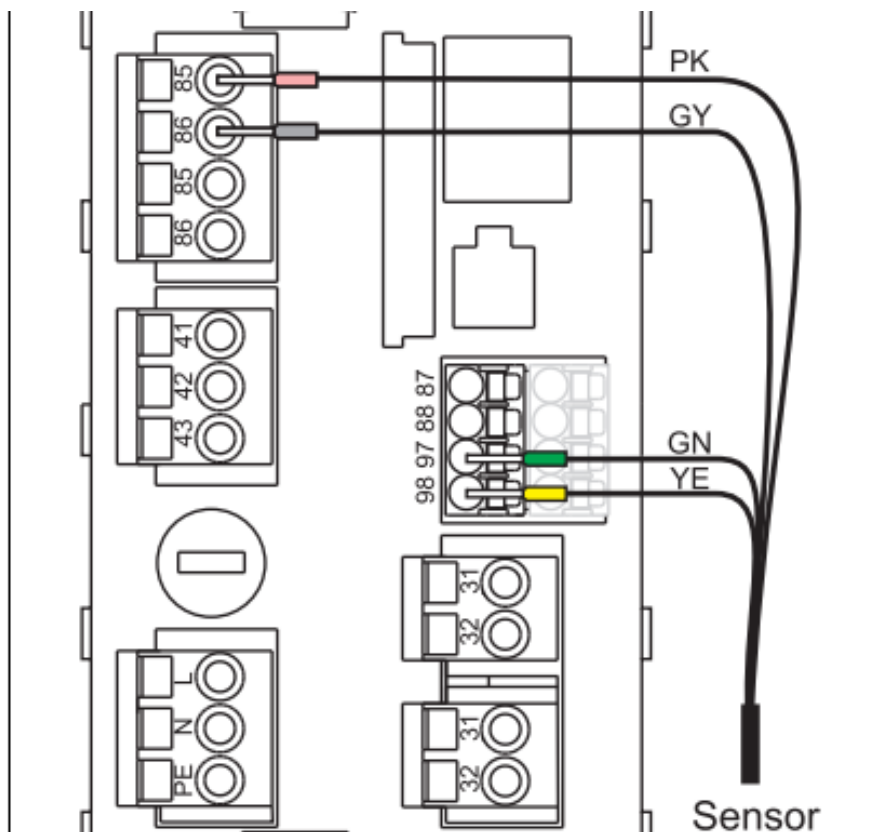


Figura 5.10 Conexión del sensor con fuente adicional. Sensores conectados directamente al transmisor. Por Endress Hauser, (2015). Manual de operación Liquiline CM444

El sensor de oxígeno disuelto se conectó en el canal3 2:1, igual que el sensor de PH este instrumento es un dispositivo sin fuente de alimentación adicional por lo cual se conectó como muestra la Figura 5.9

El transmisor Liquiline CM444 permite visualizar las variable medidas en el proceso junto con la temperatura a la cual están sometidos, también se puede observar la salidas de corriente que genera cada dispositivo.

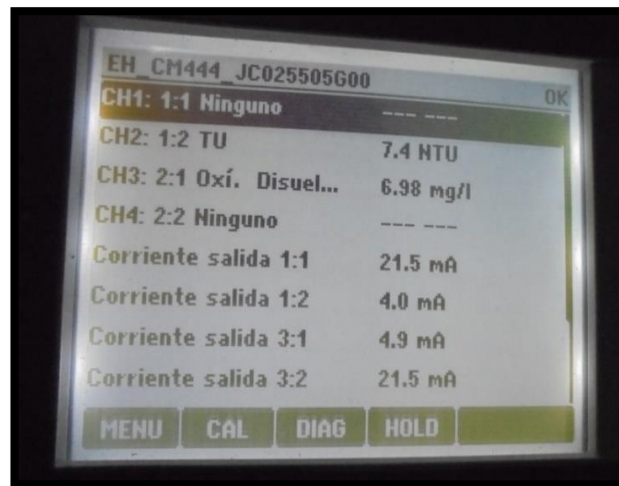


Figura 5.11 Transmisor en funcionamiento. Prueba de comunicación entre sensores y transmisor.

El transmisor de señales Liquiline cM444 consta con la opción de realizar simulación de salidas de corriente las cuales conectadas al PLC permitió visualizar los datos que en el controlador se generan

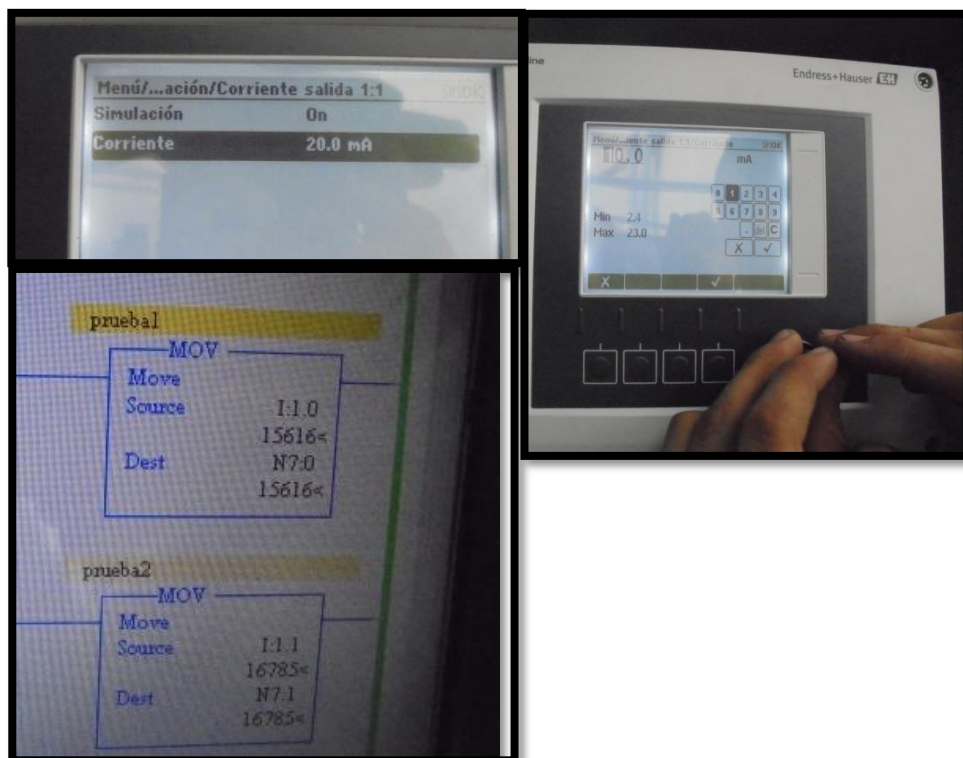


Figura 5.12 Pruebas de comunicación sensor-PLC. Envío de señales de corriente desde el sensor hacia el PLC.

Tabla 3

Señales del sensor de pH - PLC

Salida De Corriente	Dato Entero Del PLC
4 mA	3127
8 mA	6250
12 mA	9372
16 mA	12495
20 mA	15616

Nota: Muestra los datos de las señales relacionadas

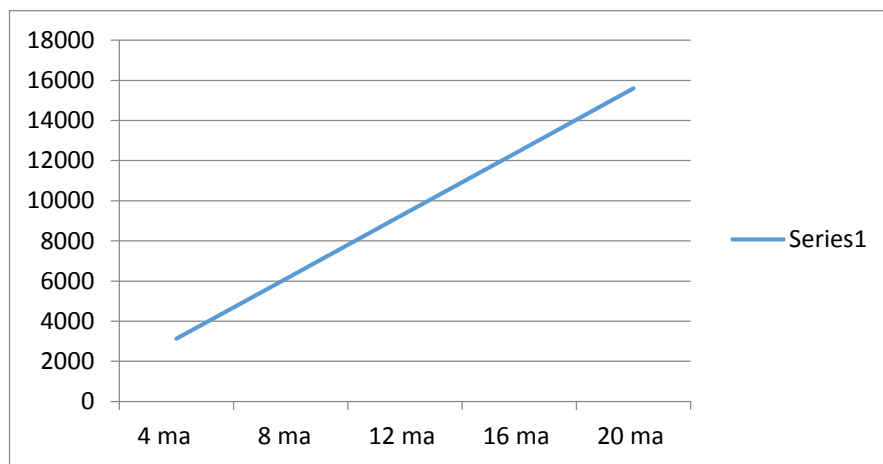


Figura 5.13 Respuesta de la medición del sensor de pH. En relación a la tabla 3 la medición del sensor es lineal.

Tabla 4

Señales del sensor de Turbidez - PLC

Salida De Corriente	Dato Entero Del PLC
4 mA	3126
8 mA	6249
12 mA	9371
16 mA	12493
20 mA	15614

Nota: Muestra los datos de las señales enviadas del sensor

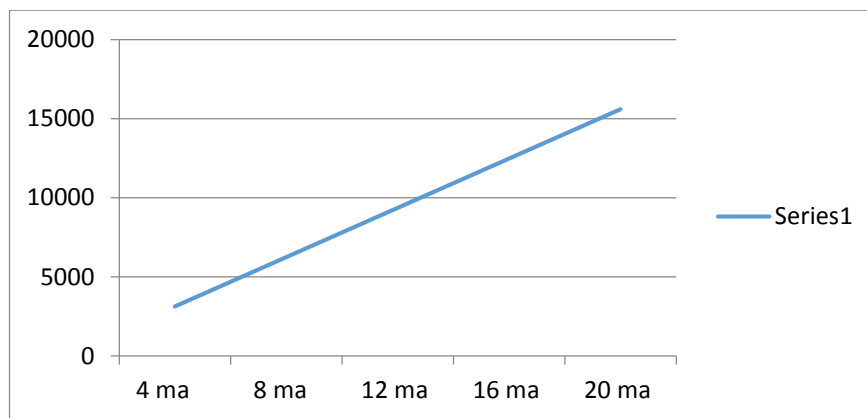


Figura 5.14 Respuesta de la medición del sensor de turbidez. En relación a la tabla 4 la medición del sensor es lineal.

Tabla 5

Señales del sensor de oxígeno - PLC

Salida De Corriente	Dato Entero Del PLC
4 mA	3125
8 mA	6245
12 mA	9365
16 mA	12485
20 mA	15605

Nota: Muestra los datos de las señales que envía el sensor

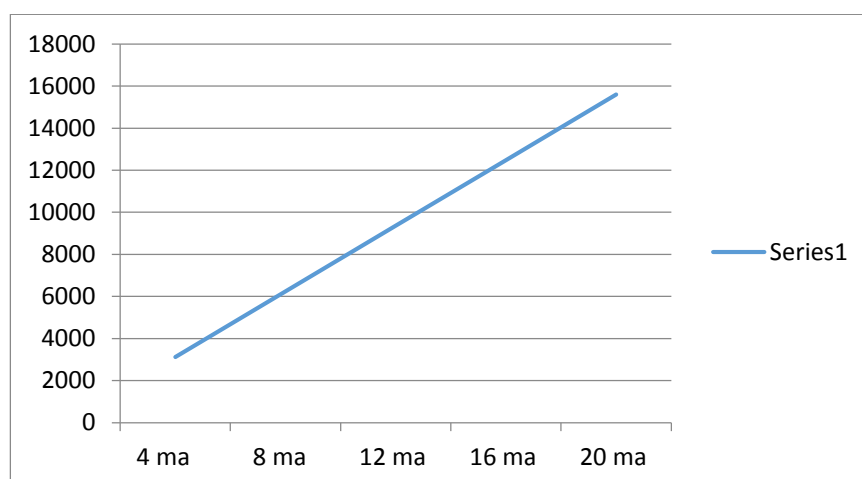


Figura 5.15 Respuesta de la medición del sensor de oxígeno. En relación a la tabla 5 la medición del sensor es lineal.

5.8 PRUEBA EN OPERACIÓN MANUAL

Se realizaron pruebas de funcionamiento en operación manual, se llevó a cabo el encendido y apagado de las bombas directamente desde los pulsadores ubicados en el tablero principal y el pequeño tablero de control ubicado en el tanque de floculación.

Se probaron las señales provenientes de los interruptores de nivel, de las boyas de nivel y de las boyas de rebose ubicadas en cada tanque y cisterna. El envío de señales de los sensores de pH, turbidez y oxígeno Disuelto.

Se probaron las restricciones y permisos enviados por sensores y boyas, fallas térmicas, fallas de rebose, fallas de tratamiento y paros de emergencia para el funcionamiento en general.



Figura 5.16 Pruebas generales en operación manual. Funcionamiento del encendido y apagado de las bombas y permisos y restricciones del proceso

5.9 PRUEBA EN OPERACIÓN AUTOMÁTICA

Se realizaron pruebas en operación automática del proceso en general, del encendido y apagado de las bombas que fluyen el agua de un tanque a otro con sus respectivos permisos y restricciones producidos por las boyas de nivel y boyas de reboses.

Se realizaron pruebas de la dosificación automática de los químicos, y de la preparación de los mismos con la ayuda de sus respectivos agitadores. Para esto se tiene los siguientes resultados:

Tabla 6

Dosificación automática de los químicos

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Cal	15s	20s	15s
Sulfato de Aluminio	25s	45s	30s
Polielectrolito	45s	48s	50s

Nota: Muestra el tiempo de dosificación automática de cada químico.

Así mismo se realizaron pruebas del funcionamiento automático de los sensores los cuales son los permisivos para el dosificado de los químicos, para fluir el agua hacia la siguiente estación, y encender y apagar el soplador, las pruebas realizadas se muestran a continuación:

Tabla7

Prueba 1 del funcionamiento automático de los sensores

	Cal	Sulfato de Aluminio	Polielectrolito
Sensor de pH (pH)	9.1	7.4	7.4
Sensor de Turbidez (NTU)	26400	26400	25

Nota: Relación de los sensores con los químicos

Tabla 8

Prueba 2 del funcionamiento automático de los sensores

	Cal	Sulfato de Aluminio	Polielectrolito
Sensor de pH (pH)	9.5	6.5	6.5
Sensor de Turbidez (NTU)	27000	27000	10.8

Nota: Relación de los sensores con lo químicos.

Tabla 9

Prueba 3 del funcionamiento automático de los sensores

	Cal	Sulfato de Aluminio	Polielectrolito
Sensor de pH (pH)	9.02	6.5	6.5
Sensor de Turbidez (NTU)	26600	26600	8.7

Nota: Relación de los sensores con lo químicos.

Tabla 10

Prueba del funcionamiento automático del sensor de Oxígeno

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Sensor de Oxígeno disuelto (mg/l)	6.9	6.8	6.4

Nota: Muestra los niveles de oxígeno disuelto en el agua.



Figura 5.17 Tablero del transmisor de señales analógicas. Muestra las mediciones enviadas desde los sensores.

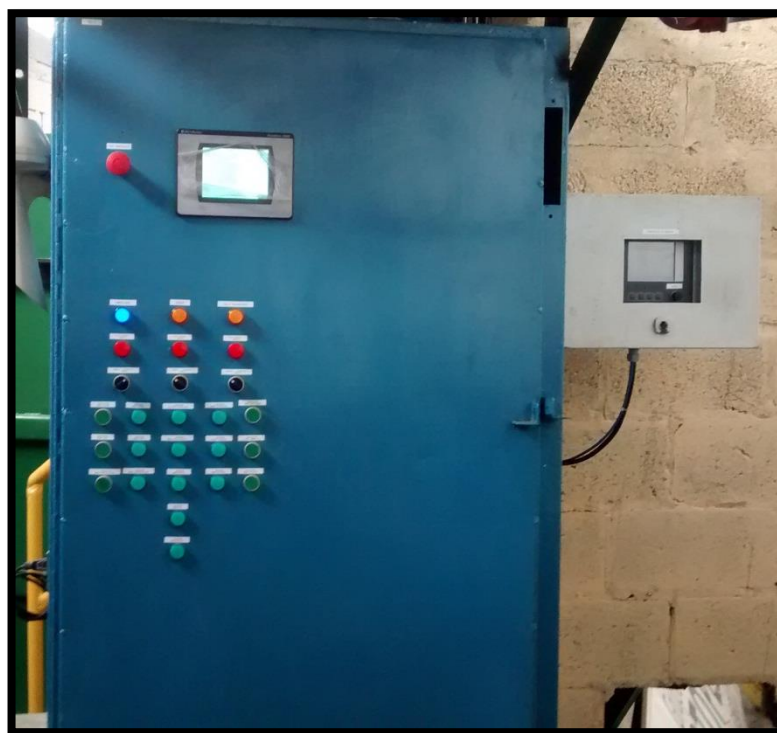


Figura 5.18 Tablero planta aguas residuales. Tablero de control y transmisor de señales analógicas.

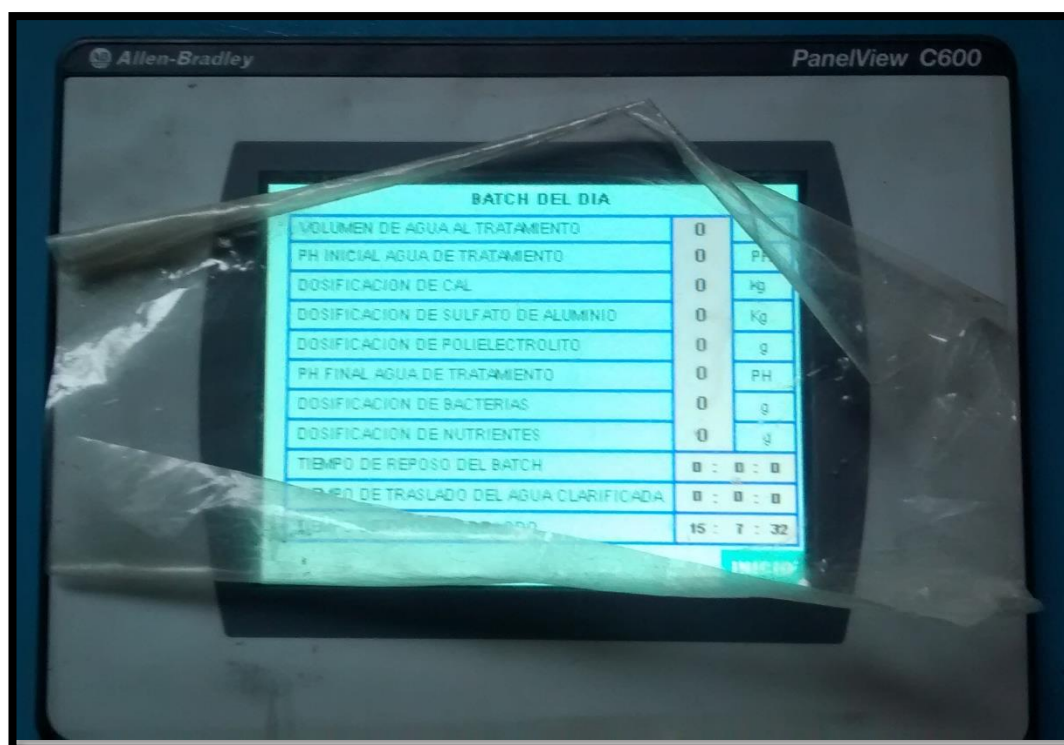


Figura 5.19 Pantalla HMI Panel View C600. Proceso de registro de batch.

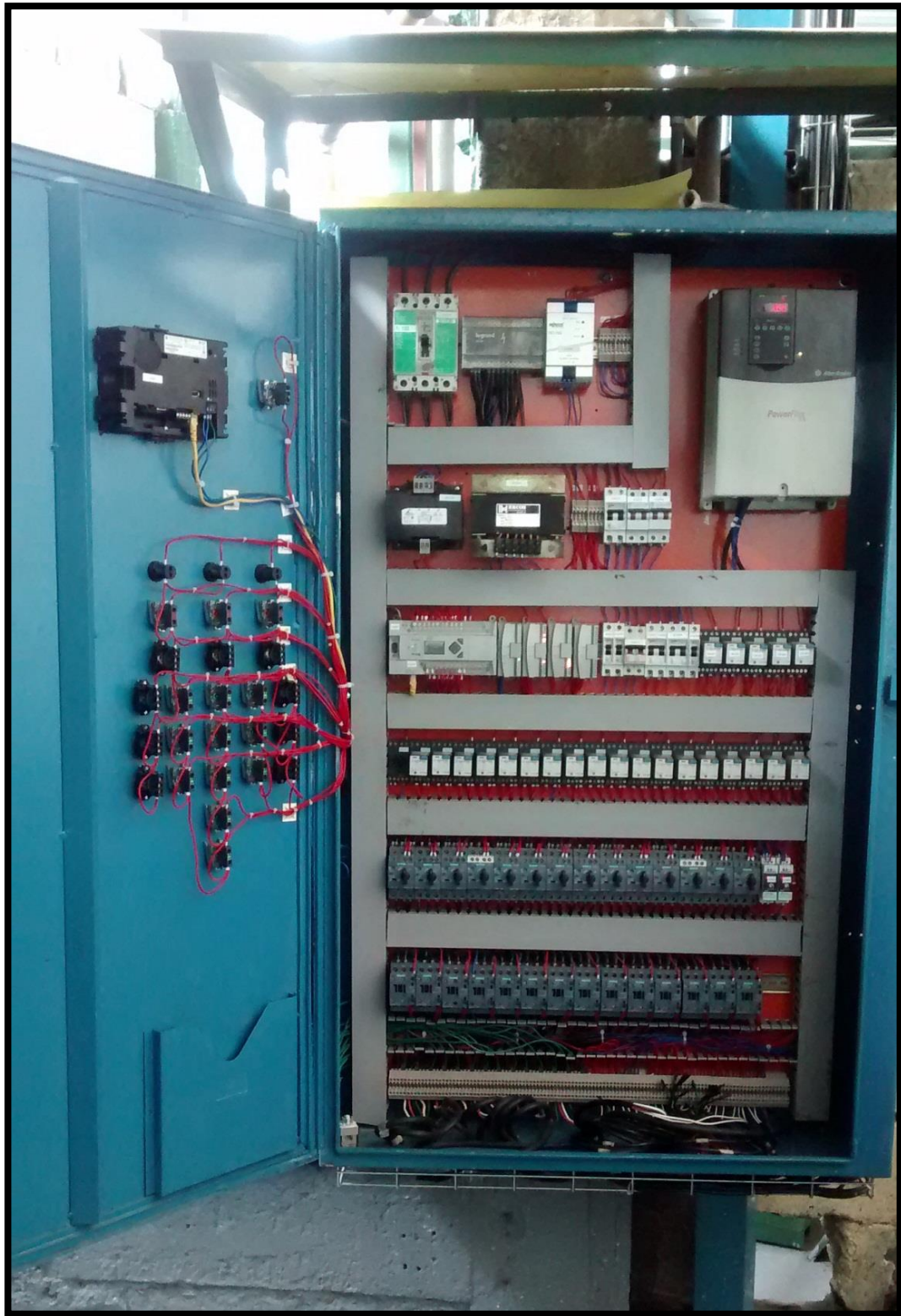


Figura 5.20 Vista interior del tablero de la planta de tratamiento de aguas residuales.



Figura 5.21 Alimentación de fluidos en los tanques del proceso. Llenado automático.



Figura 5.22 Agitación del agua de tinta en tanque de floculación. Agitación Automática.

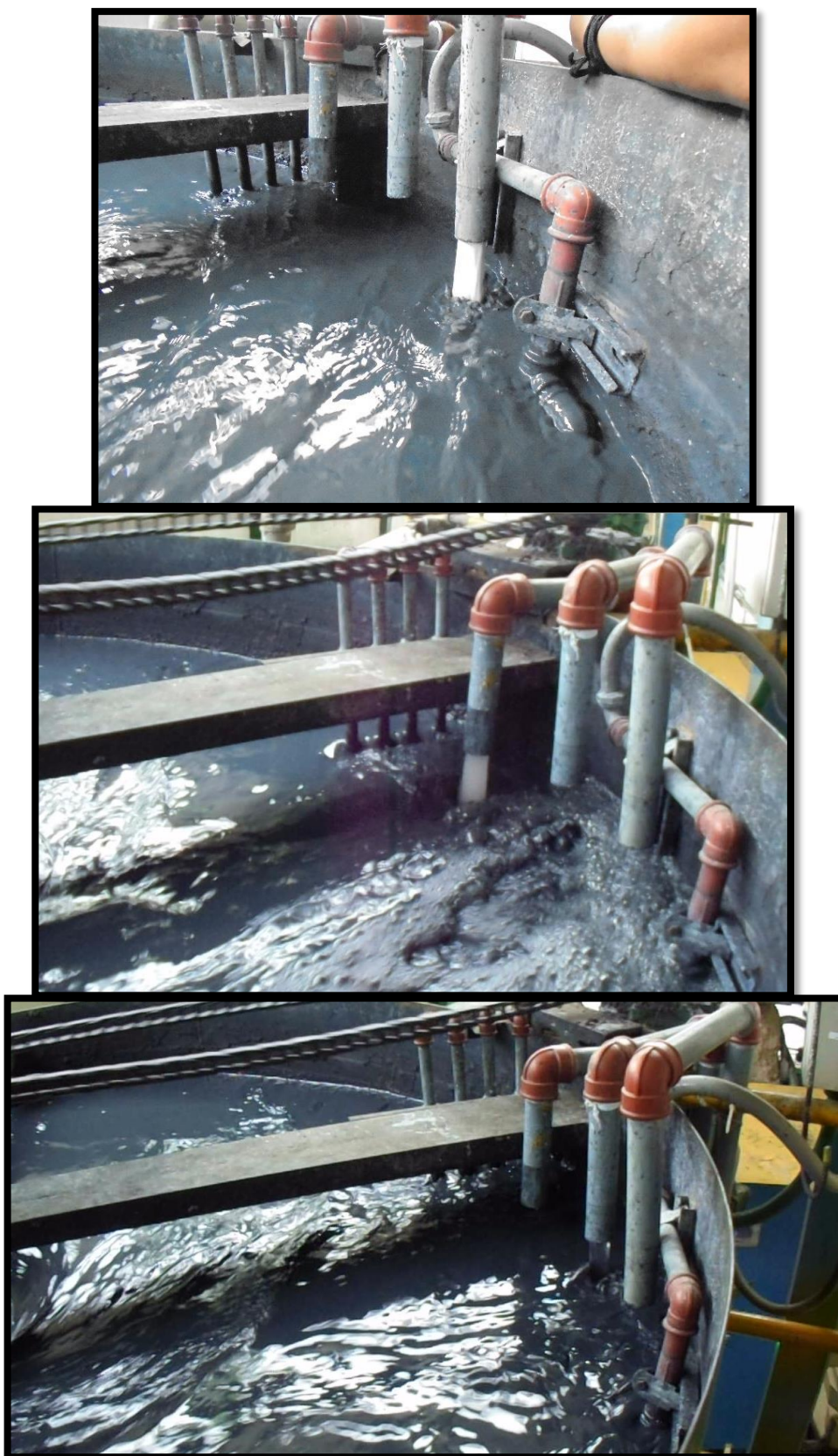


Figura 5.23 Dosificación de los químicos utilizados en el proceso. Dosificación Automática



Figura 5.24 Proceso de sedimentación de sólidos. Efecto de los químicos en el agua con tinta.



Figura 5.25 Agua tratada. Después de 2 horas de reposo se obtiene el agua transparente.

CONCLUSIONES

Hoy en día muchas plantas de tratamiento de aguas residuales están compuestos por sistemas sofisticados de medición y de automatización para cumplir con rigurosas normas que exige el medio ambiente, por consiguiente concluimos que la reingeniería aplicada en la planta de aguas residuales en CARTOPEL S.A.I en base a los conocimientos universitarios adquiridos en automatización, control e instrumentación dio como resultado un proceso automático y moderno que cumple con las normas establecidas, así mismo se logró disminuir el desperdicio de químicos que se realizaba anteriormente por cada Bach.

Cabe destacar que la utilización de la instrumentación permitió llevar un control de las variables que interactúan en el proceso, con los cuales se logra visualizar los parámetros y monitorear el sistema, también se readecuo todo el sistema eléctrico de fuerza y de control de la planta con nueva infraestructura eléctrica.

Finalmente se logró evitar el contacto directo entre el proceso y el operador, ya que ahora su función será de supervisar el proceso desde la pantalla HMI revisando que no existan fallas en el sistema.

RECOMENDACIONES

- Antes de operar la planta el operador deberá estudiarse y entender el procedimiento del sistema por lo que tendrá que prepararse con el manual de usuario
- Realizar mantenimiento eléctrico mecánico al menos una vez cada seis meses.
- Realizar limpieza a los instrumentos de medición una vez a la semana, siguiendo las instrucciones de cada equipo y con el cuidado pertinente.
- Se recomienda tener un buen sistema de puesta a tierra para evitar corrientes parasitas que afectes a los dispositivos de control
- Verificar los sistemas de protección y alarmas al menos una vez al mes, con el fin de comprobar su funcionamiento y evitar daños mayores.
- Revisar las mediciones del transmisor constantemente y reportar en caso de presentar mediciones erróneas muy poco comunes.
- Realizar mantenimiento y calibración de los instrumentos de medición al menos una vez cada 6 meses, con respectivos buffer de PH y turbidez validados en laboratorios.
- Realizar limpieza de las cisternas y tanques del proceso una vez cada seis meses.
- Realizar mantenimiento en la infraestructura de la planta.

CRONOGRAMA

Actividades	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Análisis	x x	x x	x	x	x	x
Diseño	x x x	x x x	x x	x	x x	x
Implementación				x x x	x x x	x x x
Pruebas				x	x x x	x x x
Documento	X	x	x	x x	x x x	x x x

x = RENDIMIENTO BAJO

xx = RENDIMIENTO MEDIO

xxx = RENDIMIENTO ALTO

PRESUPUESTO

MATERIALES DEL PROYECTO AGUAS RESIDUALES			
CANTID AD	UNID AD	DESCRIPCION	COSTO
1	U	1766-L32 BWA MICROLOGIX 1400 DC IN RELAY OUT	\$ 953,13
1	U	1762-IQ8 MICROLOGIX 8-POINT SINK/SOURCE 24VDC INPUT MODULE	\$ 181,25
1	U	1762-IQ16 MICROLOGIX 16-POINT SINK/SOURCE 24VDC INPUT MODULE	\$ 226,04
1	U	1762-OW16 MICROLOGIX 16-POINT AC/DC RELAY OUTPUT MODULE	\$ 275,00
1	U	1762-IF4 MICROLOGIX 4-CHANNEL VOLTAGE/CURRENT ANALOG INPUT MODULE	\$ 379,17
1	U	2711C-T6M PANEL VIEW COMPONET C600 TOUCH COLOR	\$ 720,81
1	U	TRANSMISOR DE MULTIPARAMETROS LIQUILINE CM444	\$ 4.810,01
1	U	SENSOR DE PH ORBIPAC CPF81D MEMOSENS	\$ 699,54
1	U	SENSOR DE TURBIDEZ TURBIMAX CUS52D	\$ 3.818,10
1	U	SENSOR DE OXIGENO DISUELTO OXYMAX W COS51D	\$ 1.481,85
2	U	CABLE CYK10 MEMOSENS	\$ 672,84
7	U	INTERRUPTOR DE BOYA OSCILANTE	\$ 90,00
2	U	INTERRUPTOR DE NIVEL TIPO ELECTRODOS	\$ 186,74
4	U	INTERRUPTOR DE NIVEL HORIZONTAL	\$ 300,00
150	MTS	CABLE CONCENTRICO 4X12	\$ 378,00
250	MTS	CABLE CONCENTRICO 3X18	\$ 162,75
12	U	BANDEJAS FLEX 15X10	\$ 1.051,82
50	U	SUJETADORES RAPIDOS	\$ 963,06
6	MTS	CHANNEL	\$ 40,00
24	MTS	TUBERIA ROSCABLE PVC 1 1/4"	\$ 114,00
4	U	UNIONES ROSCABLE PVC 1 1/4"	\$ 8,40
3	U	NUDOS PVC ROSCABLE 1 1/4"	\$ 16,80
6	U	NEPLO PLV ROSCABLE 1 1/4"X6"	\$ 11,40
6	U	CONECTORES ROSCABLE PVC 1 1/4" PARA TANQUE	\$ 21,00
20	U	CODOS ROSCABLE PVC 90° DE 1 1/4"	\$ 56,00
3	U	VALVULA MANUALES PARA TUBERIA ROSCABLE PVC 1 1/4"	\$ 16,50
2	U	TANQUE DE 500LT PASTIGAMA AZUL REDONDO	\$ 210,40
2	U	BOMBA CENTIFUGA 2000LT/H 220/440V 1 HP	\$ 1.515,50
2	U	AGITADOR VERTICAL DESMONTABLE CON BRIDA	\$ 670,72
11	U	TUBERIA EMT DE 1" 3M DE LARGO	\$ 40,00
15	U	UNIONES EMT 1"	\$ 7,50
3	U	CODO EMT 90° 1"	\$ 2,00

1	U	CONDULET TIPO LR 1"	\$ 3,00
6	U	UNIONES EMT 1"	\$ 4,00
1	U	CAJA DE PASO EMT 20X20	\$ 15,00
1	U	TABLERO 156X90X25 IP54	\$ 500,00
3	U	TABLERO 30X20X15	\$ 70,00
24	U	RELE CON ACCIONAMIENTO MANUAL BOBINA DE 24 VDC (2NO)	\$ 370,08
24	U	BASE SOCKET DE 8 PINES	\$ 95,27
14	U	GUARDA MOTOR 16-25 AMP 3 POLOS	\$ 696,01
14	U	CONTACTO AUXILIAR PARA GUARDA MOTOR (1NC Y 1NO)	\$ 84,80
14	U	CONTACTOR 3 POLOS 25 AMP BOBINA 24VDC	\$ 1.086,72
13	U	PULSADOR VERDES 24VDC (NO)	\$ 78,98
7	U	PULSADOR SETA ROJO 24VDC (NC)	\$ 128,24
3	U	SELECTOR 2 POSICIONES 24VDC	\$ 25,07
13	U	INDICADOR LUZ PILOTO VERDE 24VDC	\$ 112,40
3	U	INDICADOR LUZ PILOTO ROJO 24VDC	\$ 25,94
1	U	INDICADOR LUZ PILOTO AMARILLA 24VDC	\$ 8,65
1	U	FUENTE DE ALIMENTACION 24 VDC 5 AMP	\$ 157,62
1	U	BREAKER 2P 10 AMP	\$ 12,77
2	U	BREAKER 2P 6 AMP	\$ 29,63
4	U	BREAKER 2P 2 AMP	\$ 64,72
1	U	BREAKER 2P 1 AMP	\$ 19,03
300	METR OS	CABLE FLEXIBLE AWG #18 AMARILLO	\$ 37,84
200	METR OS	CABLE FLEXIBLE AWG #12 BLANCO	\$ 92,30
4		FUNDA DE TERMINAL TIPO PIN CRIMPAR PARA CABLE # 12	\$ 20,00
5		FUNDA DE TERMINAL TIPO PIN CRIMPAR PARA CABLE # 18	\$ 18,00
4		FUNDA DE TERMINAL TIPO PIN CRIMPAR DOBLE PARA CABLE # 18	\$ 12,00
6	METR OS	RIEL DIN OMEGA	\$ 7,44
7	METR OS	CANAleta RANURADA 60MMX60MM	\$ 26,82
200	U	BORNERAS DE PASO PARA CABLE # 12	\$ 148,00
50	U	BORNERAS DE PASO PARA CABLE # 18	\$ 37,00
15	U	BORNERAS DOBLES DE PASO PARA CABLE # 18	\$ 26,40
TOTAL			\$ 24.094,06

Nota: Los Costos del proyecto fueron asumidos por la empresa CARTOPEL S.A.I.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

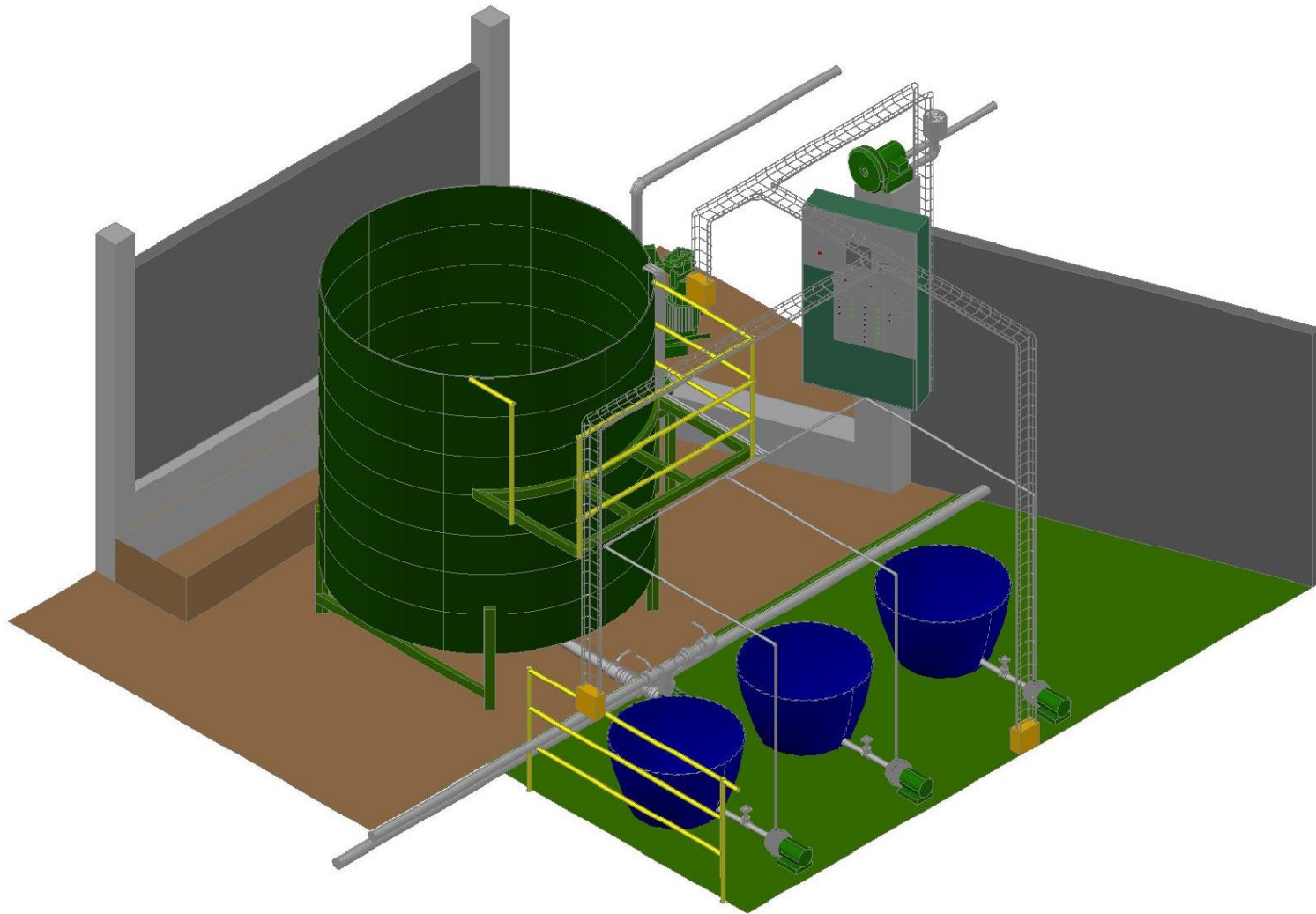
- TULSMA (2013). Anexo 1 del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Recuperado de <http://www.cip.org.ec/es/topicos-de-interes/2012-11-07-17-16-48/ambiente-y-seguridad-industrial/336-circulares-agosto-2013/1579-propuesta-norma-de-calidad-ambiental-y-de-descarga-de-efluentes-recurso-agua.html>
Fecha de búsqueda 01/02/2015
- Creus, A.(8va. Ed.). (2011). Instrumentacion Industrial. Barcelona, España.
- CEA Jalisco, (2013). Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales con el proceso de lodos activados.
- Guerrero, L. (2014). Puesta en Marcha del sistema de tratamiento fisico quimico de aguas residuales industriales (sistema de floculacion-sedimentacion). Guayaquil, Ecuador.
- Vera, J. (2014). Manual de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales de CARTOPEL S.A.I.
- Rockwell Automation, (2015). Sistema de controlador lógico programable MicroLogix 1400. Recuperado de <http://ab.rockwellautomation.com/es/Programmable-Controllers/MicroLogix-1400#overview>.
Fecha de búsqueda 21/01/2015.
- Rockwell Automation, (2015). Specifications Micrologix 1400 Controllers. Recuperado de <http://www.ab.com/en/epub/catalogs/12762/2181376/2416247/9071972/9072580/Specifications.html>.
Fecha de busqueda 28/01/2015.

- Rockwell Automation, (2015). Modulos Micrologix de Expansion I/O. Recuperado de <http://ab.rockwellautomation.com/es/IO/Chassis-Based/1762-MicroLogix-Expansion-IO#overview>.
Fecha de busqueda 29/01/2015.
- Rockwell Automation, (2015). Terminales Graficos Panel View Component C600. Recuperado de <http://ab.rockwellautomation.com/es/Graphic-Terminals/2711C-PanelView-Component-C600-Terminals#overview>.
Fecha de busqueda 01/02/2015.
- Endress Hauser, (2015). 4-Channel Transmitter Liquiline CM444. Recuperado de <http://www.endress.com/en/Tailor-made-field-instrumentation/liquid-analysis-product-overview/digital-field-transmitter-cm444?highlight=liquiline%20cm444>
Fecha de búsqueda 01/02/2015.
- Endress Hauser, (2015). Digital pH sensor Orbipac CPF81D. Recuperado de <http://www.endress.com/en/Tailor-made-field-instrumentation/liquid-analysis-product-overview/pH-digital-sensor-CPF81D>
Fecha de búsqueda 01/02/2015.
- Endress Hauser, (2015). Digital Oxygen sensor Oxymax COS51D. Recuperado de <http://www.endress.com/en/Tailor-made-field-instrumentation/liquid-analysis-product-overview/oxygen-amperometric-sensor-cos51d?highlight=Oxymax%20W%20COS51D>
Fecha de búsqueda 01/02/2015.
- Endress Hauser, (2015). Suspended solids sensor Turbimax CUS51D. Recuperado de <http://www.endress.com/en/Tailor-made-field-instrumentation/liquid-analysis-product-overview/suspended-solids-turbidity-digital-sensor-cus51d?highlight=turbimax%20cus51>
Fecha de búsqueda 01/02/2015.

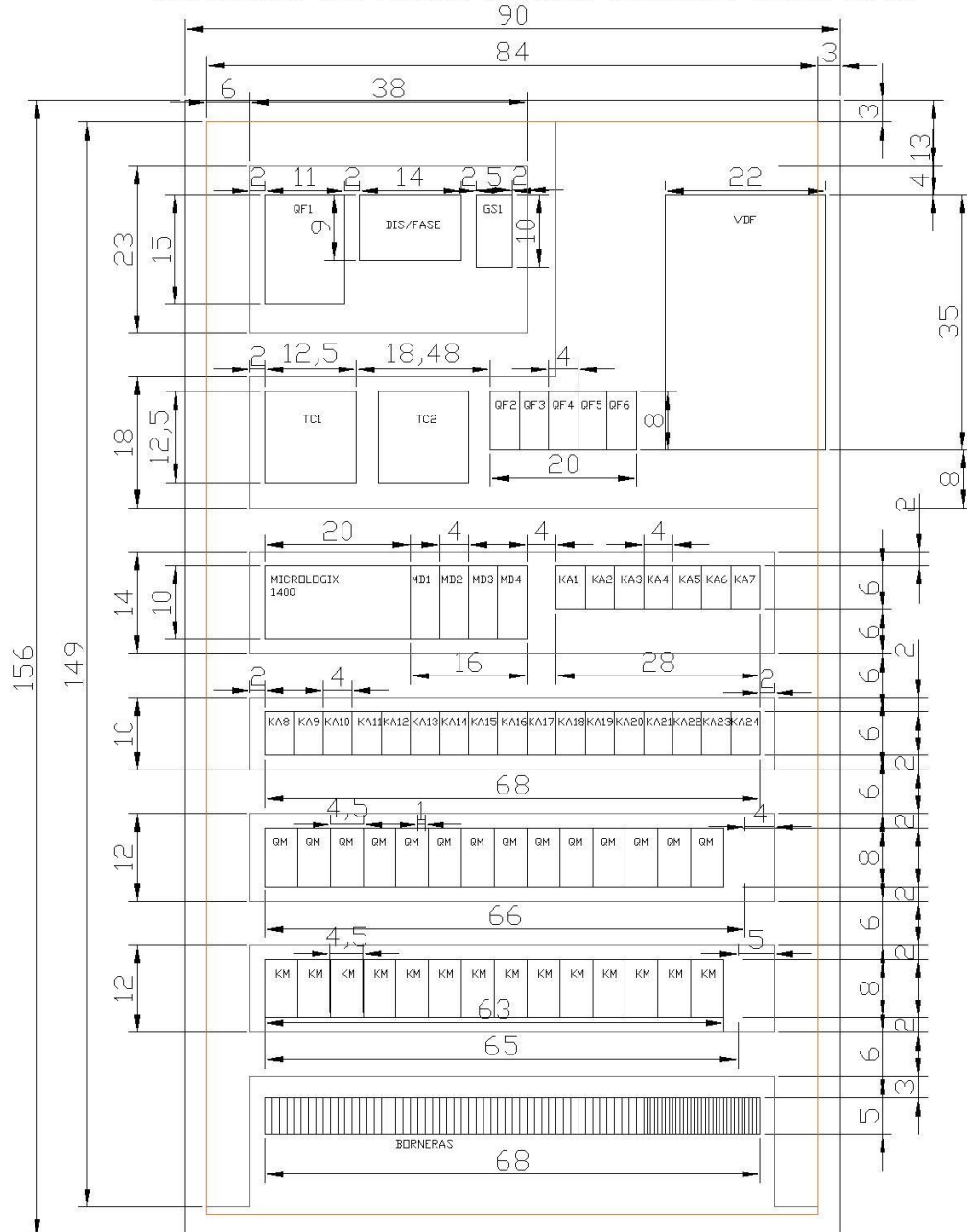
- Siemens, (2015). Reles de Tempo 3UG06. Recuperado de <http://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/dispositivos-baixa-tensao/reles/reles-de-supervisao/3ug06/pages/3ug06.aspx>
Fecha de búsqueda 01/02/2015.

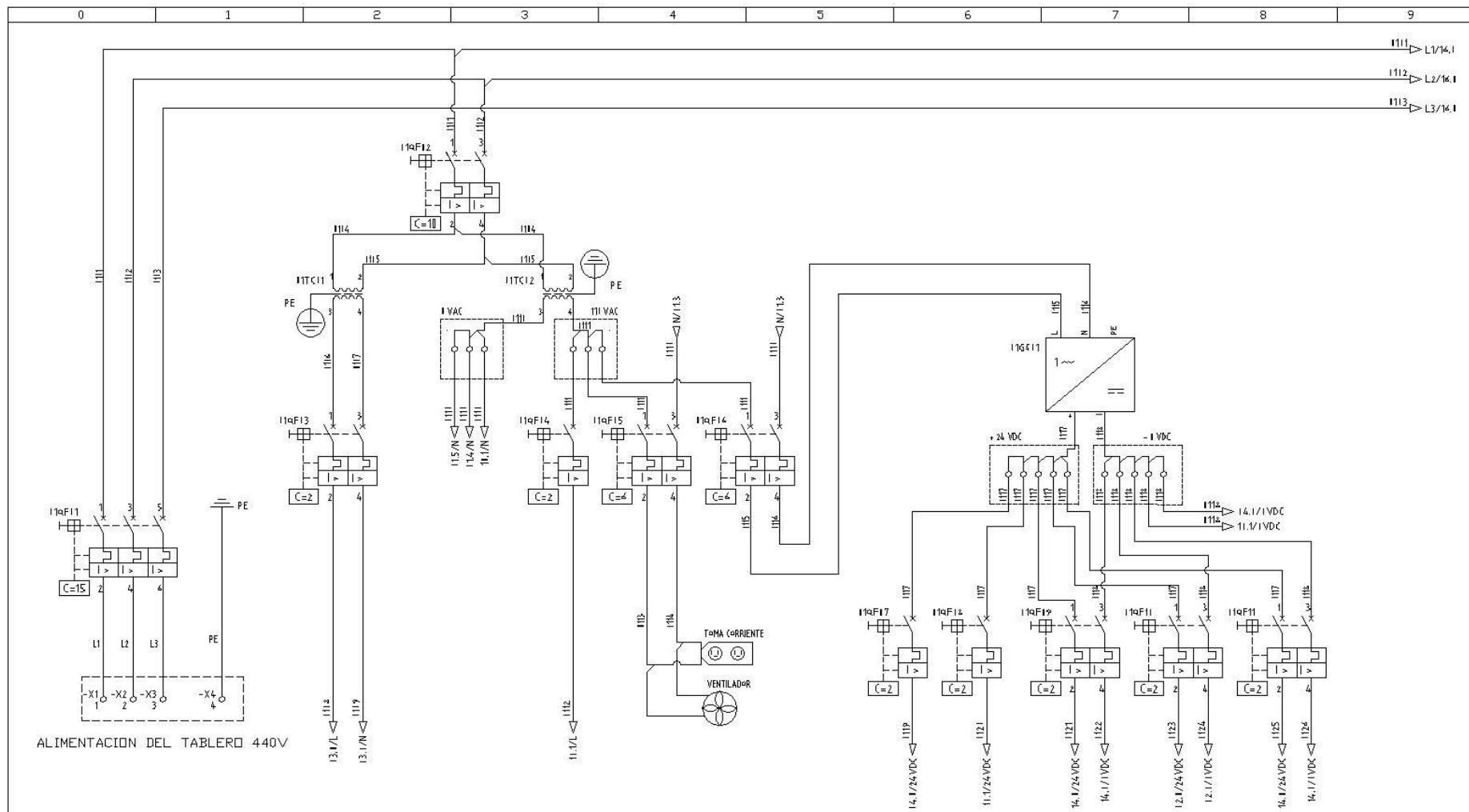
ANEXO 1

Planos eléctricos de la planta de tratamiento de aguas residuales de CARTOPEL S.A.I.

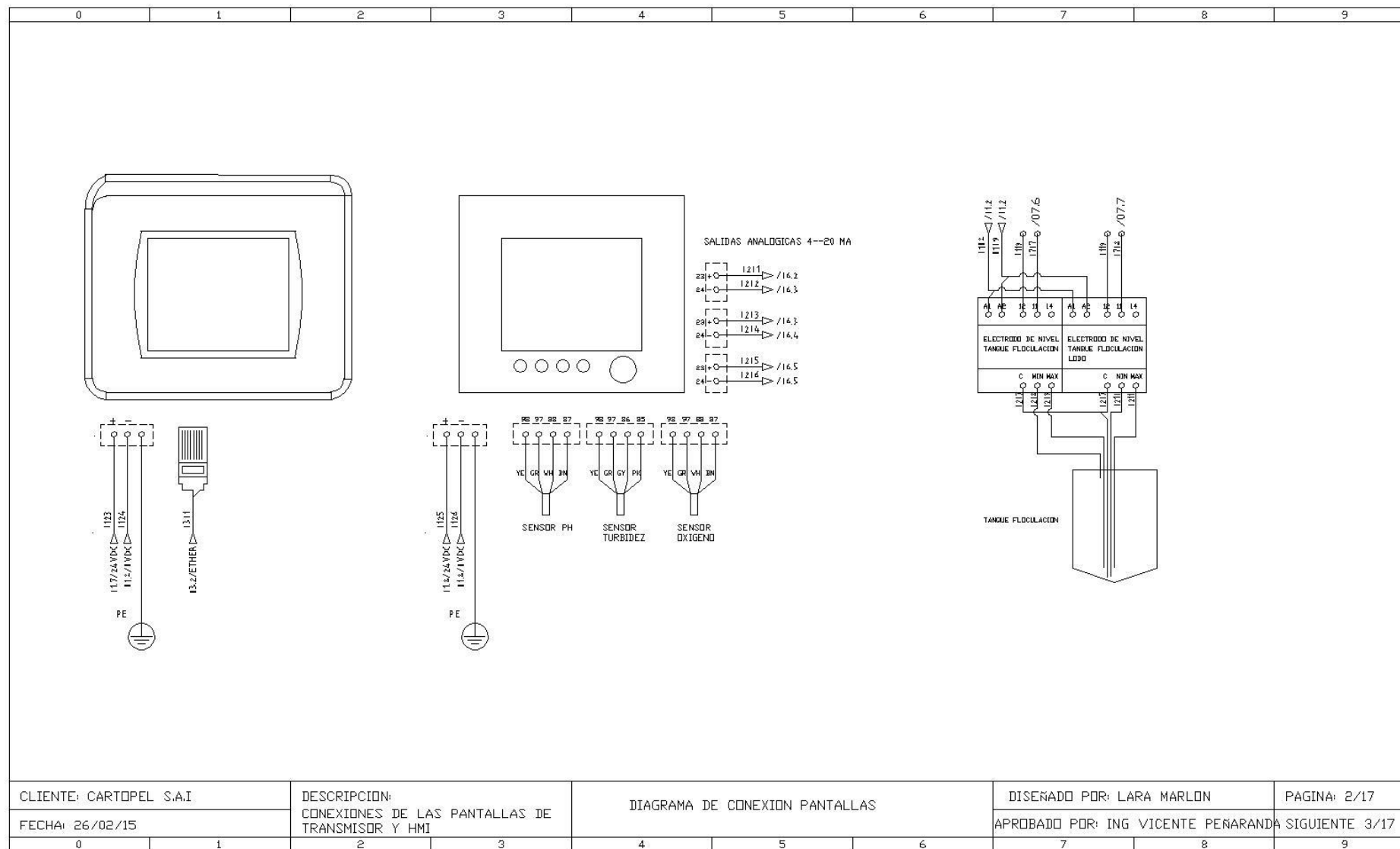


90





CLIENTE: CARTOPEL S.A.I		DESCRIPCION: DISTRIBUCION DE DISYUNTORES DE PROTECCION			DIAGRAMA DE DISTRIBUCION			DISEÑADO POR: LARA MARLON		PAGINA: 1/17	
FECHA: 26/02/15								APROBADO POR: ING VICENTE PEÑARANDA		SIGUIENTE 2/17	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		



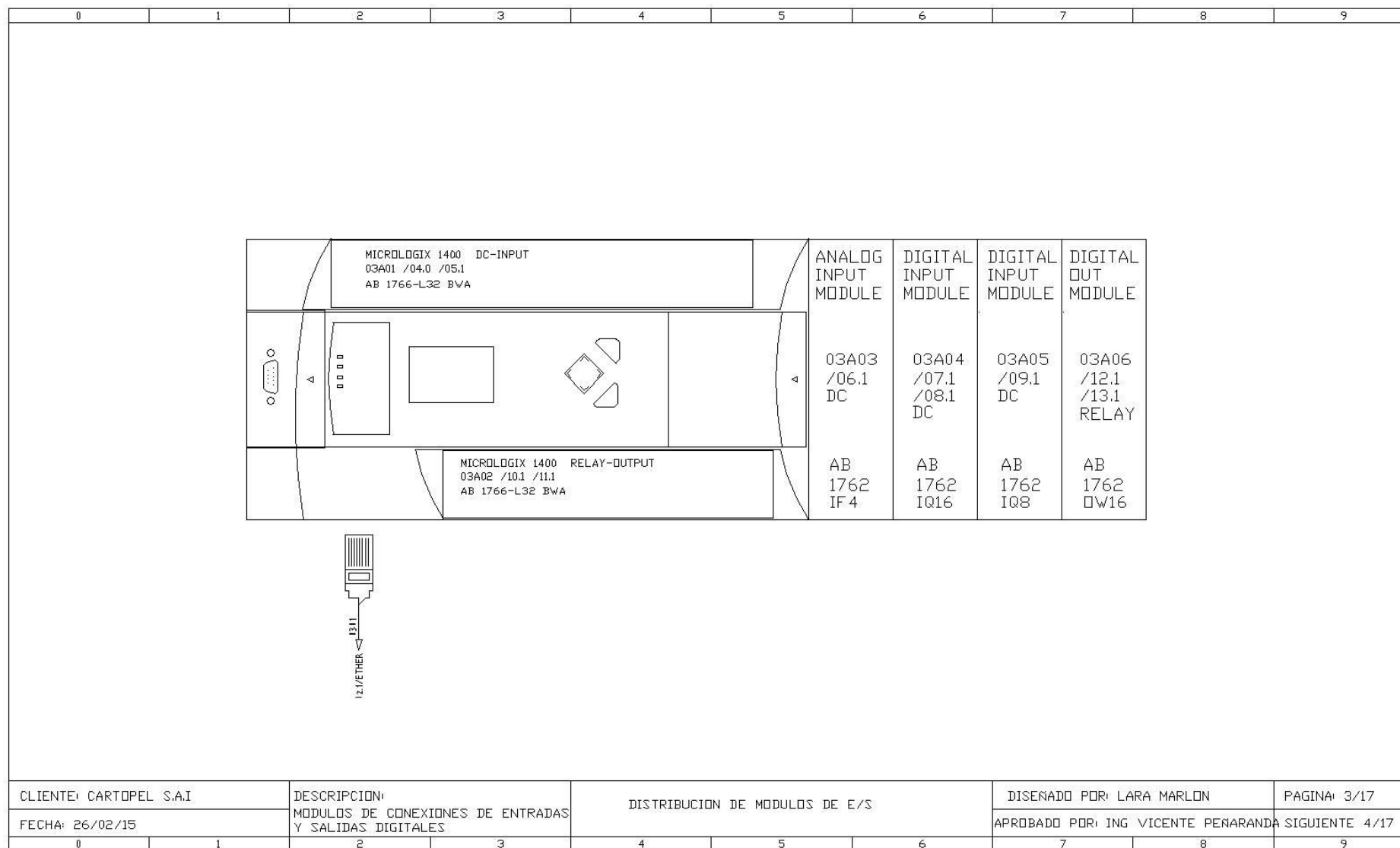
CLIENTE: CAROPEL S.A.I
FECHA: 26/02/15

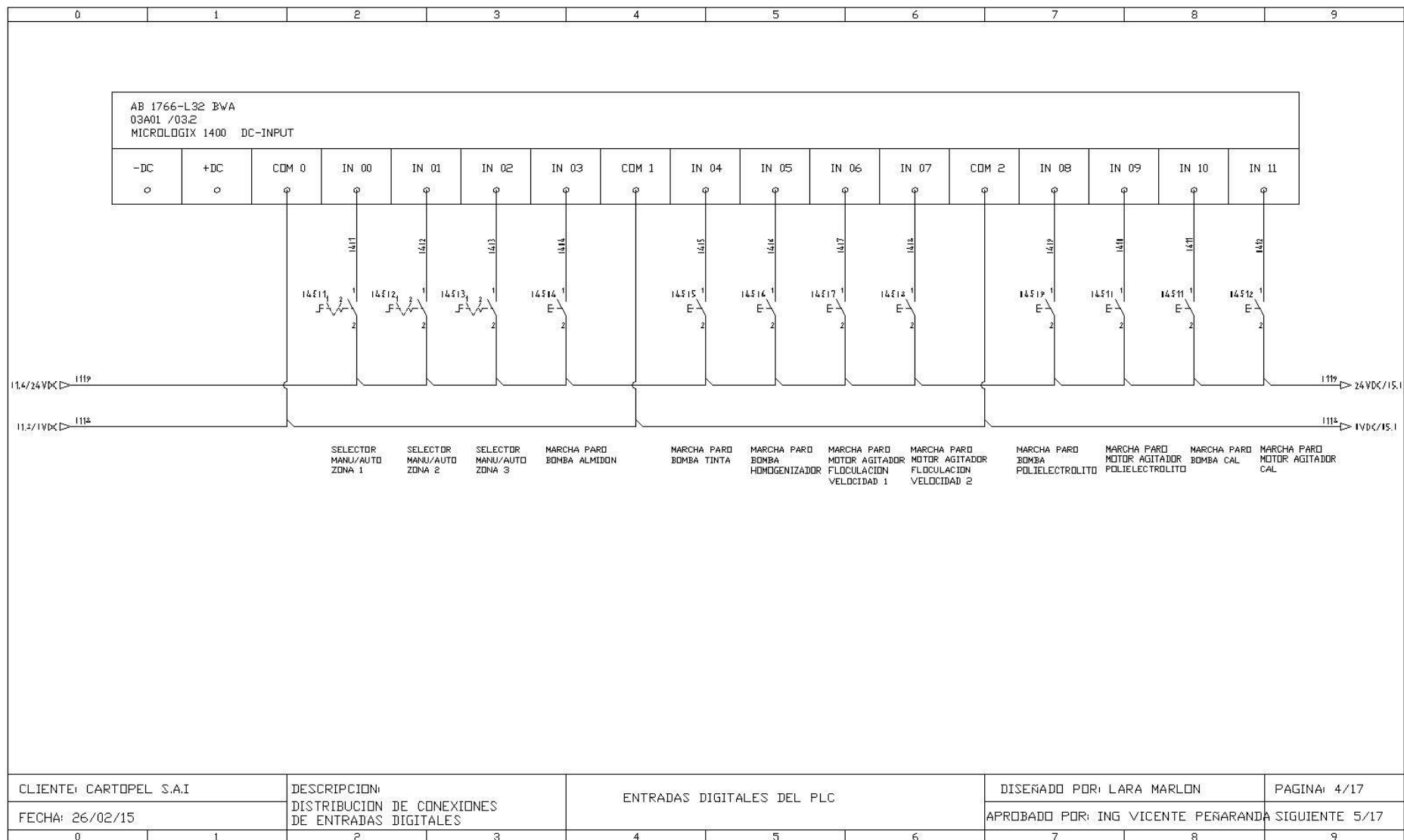
DESCRIPCION: CONEXIONES DE LAS PANTALLAS DE TRANSMISOR Y HMI

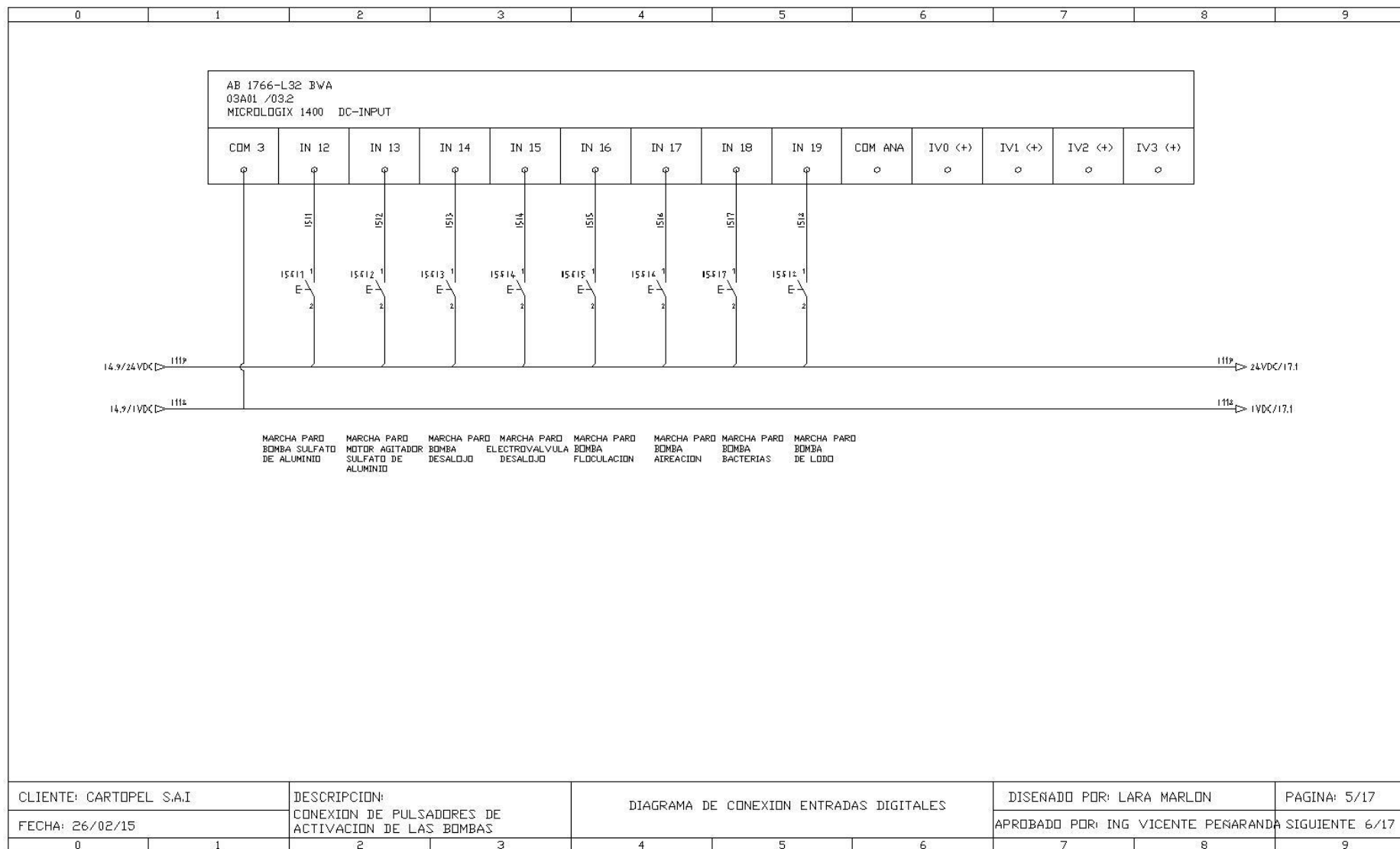
DIAGRAMA DE CONEXION PANTALLAS

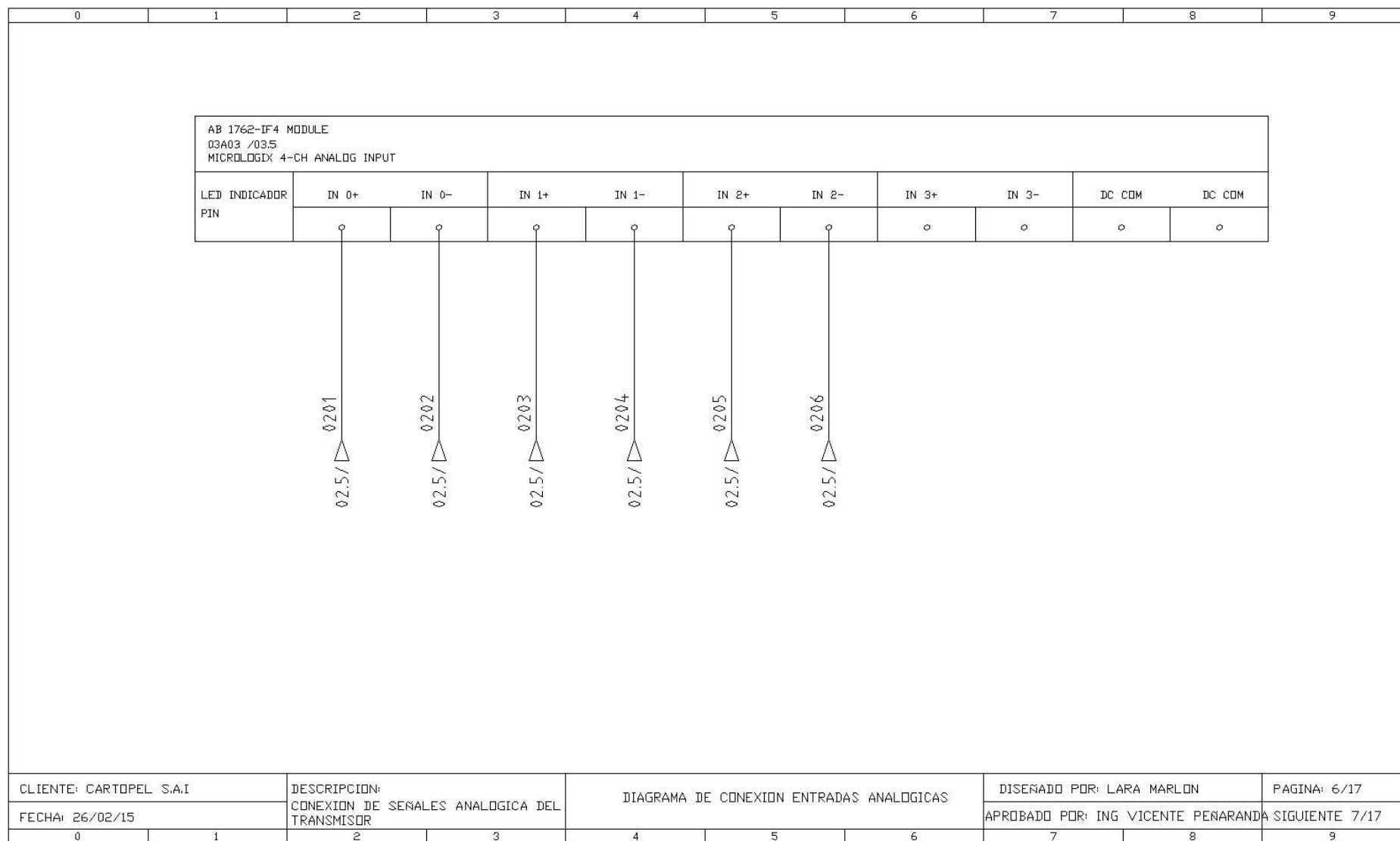
DISEÑADO POR: LARA MARLON
APROBADO POR: ING VICENTE PENARANDA

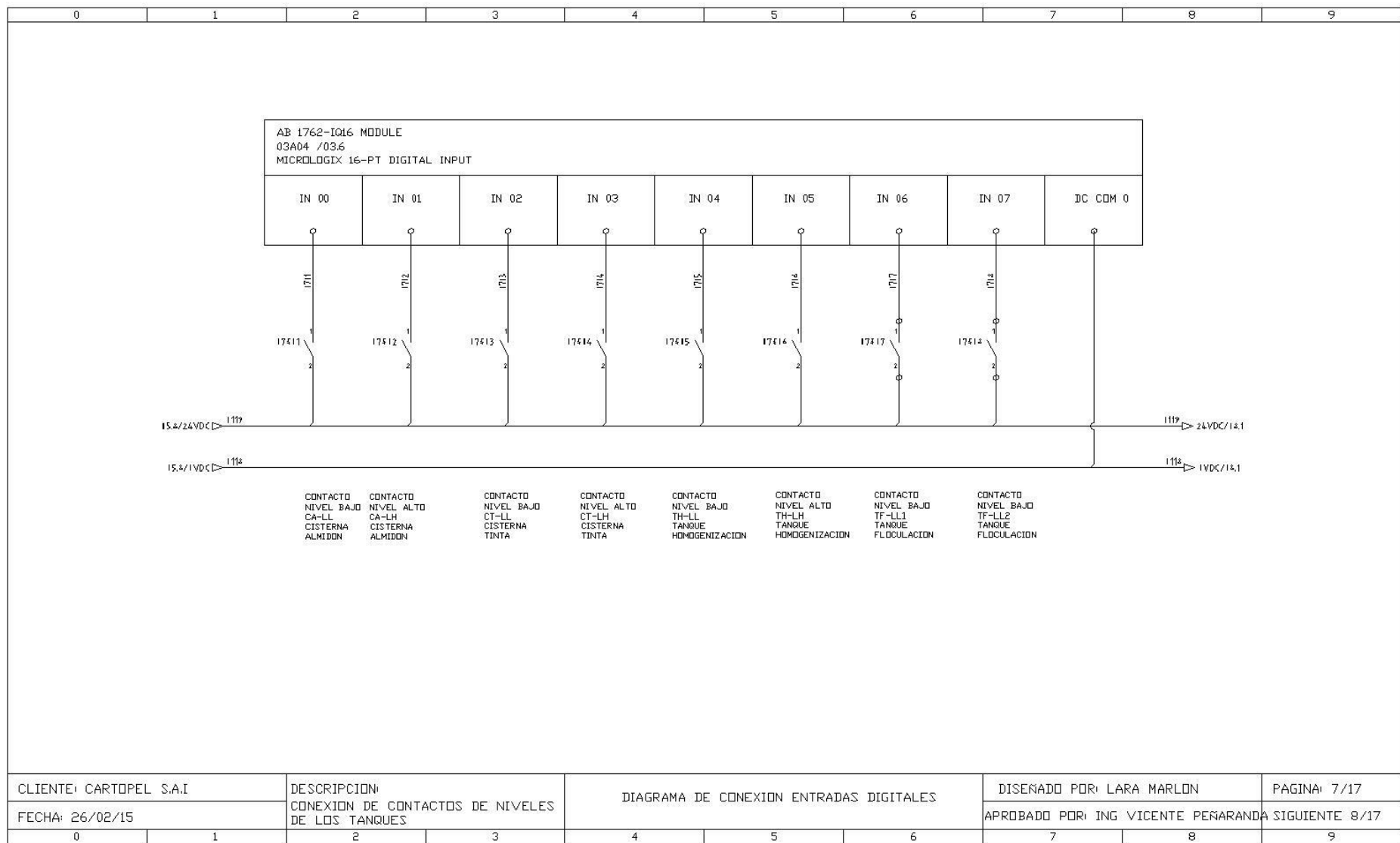
PAGINA: 2/17
SIGUIENTE 3/17

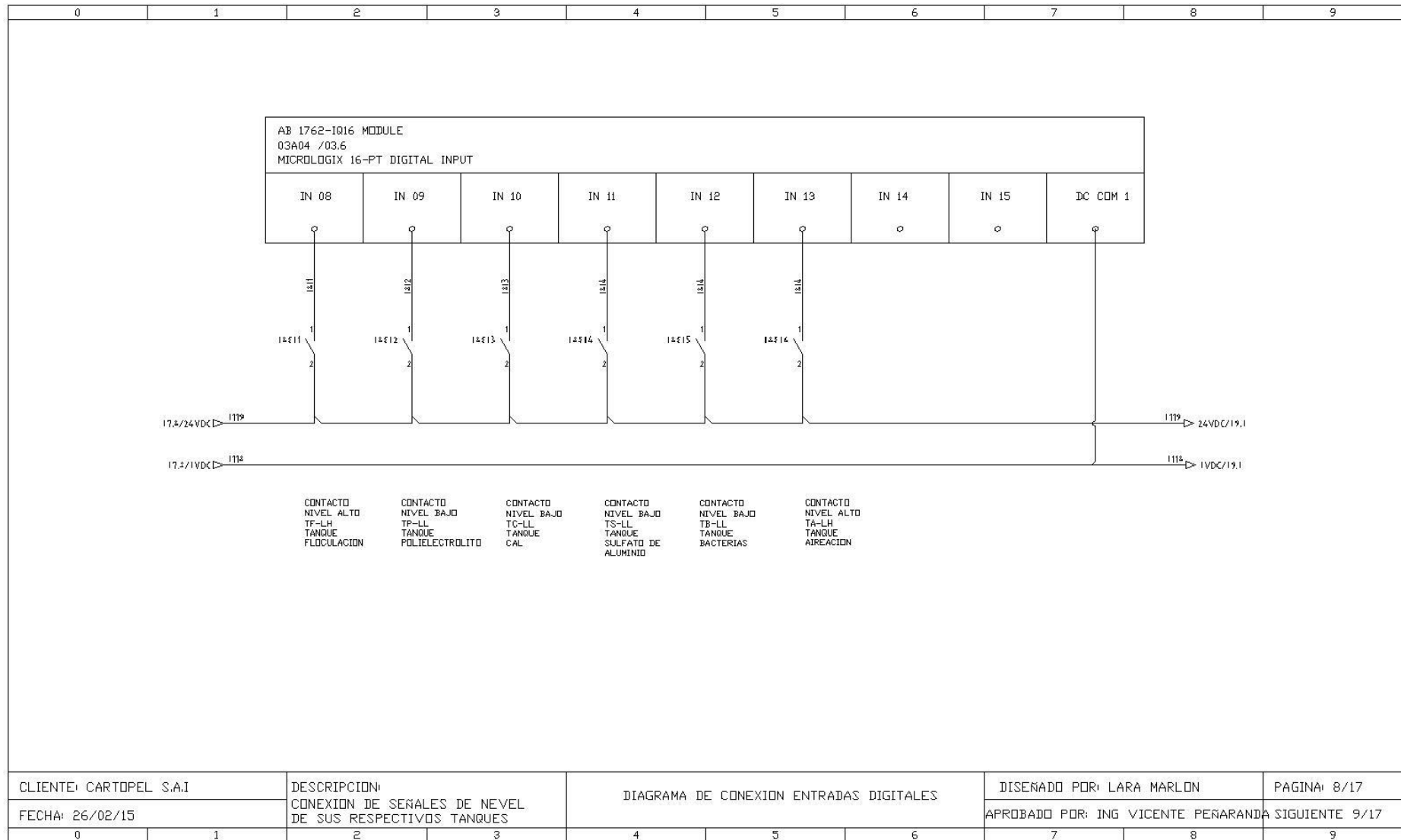


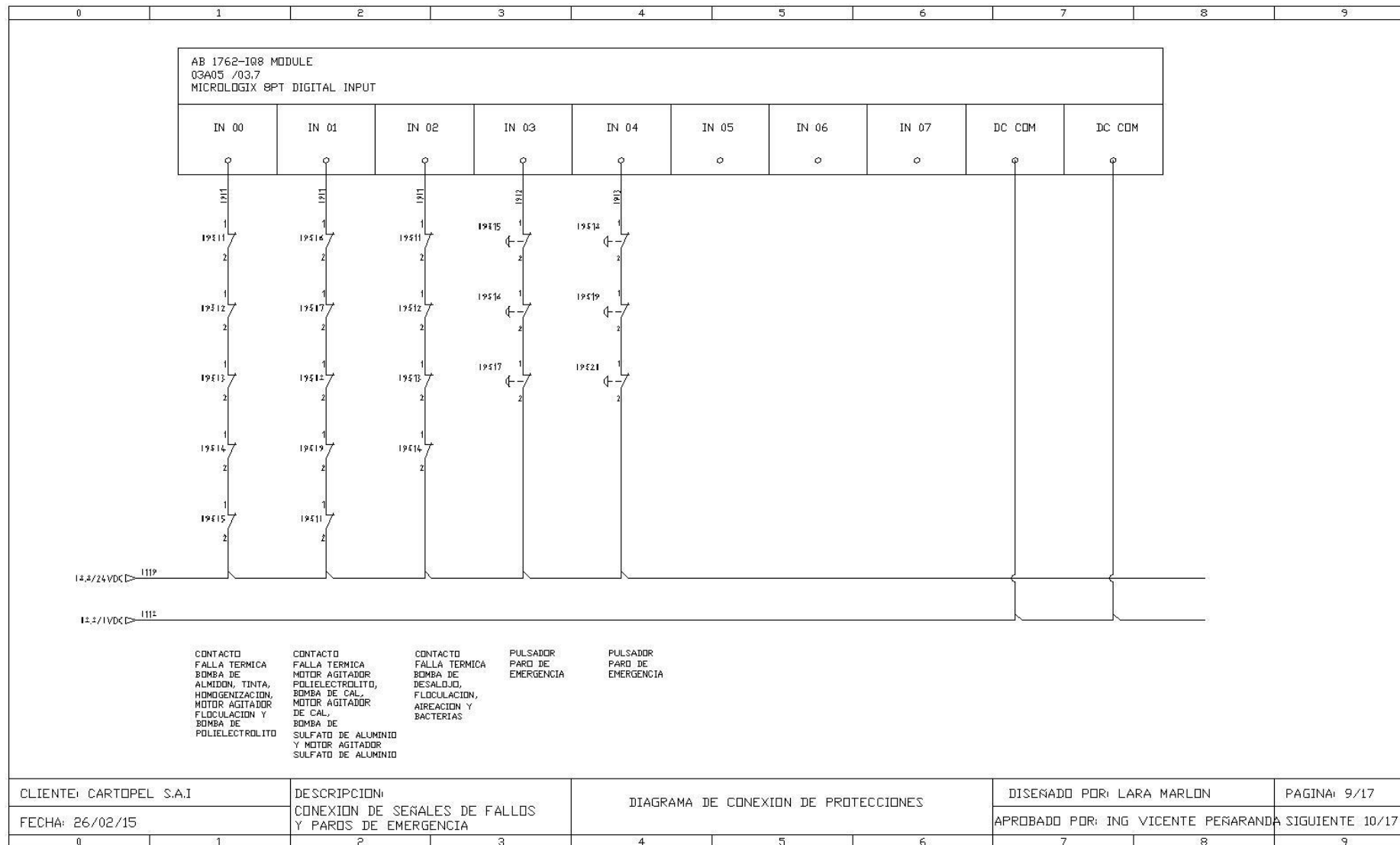


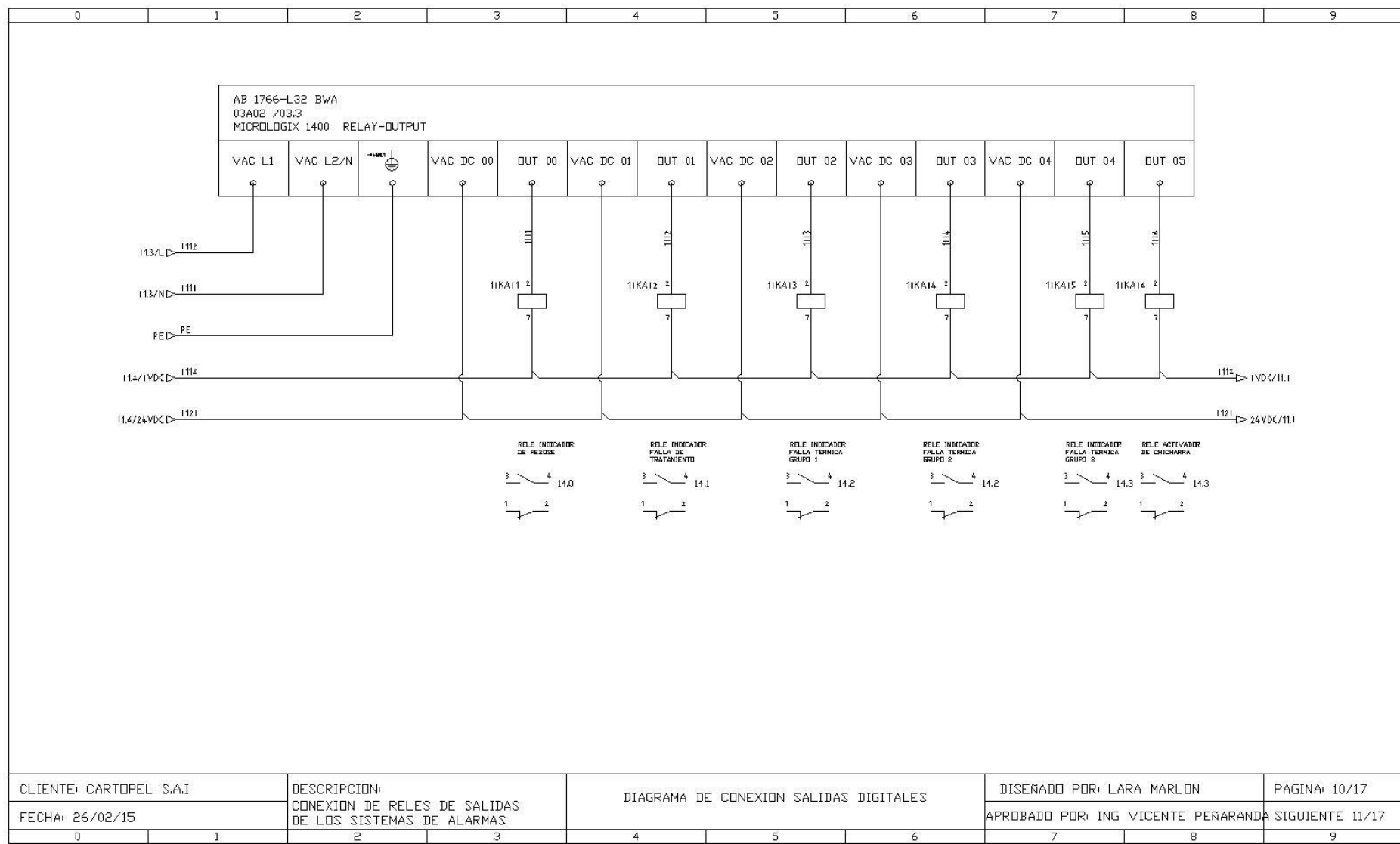


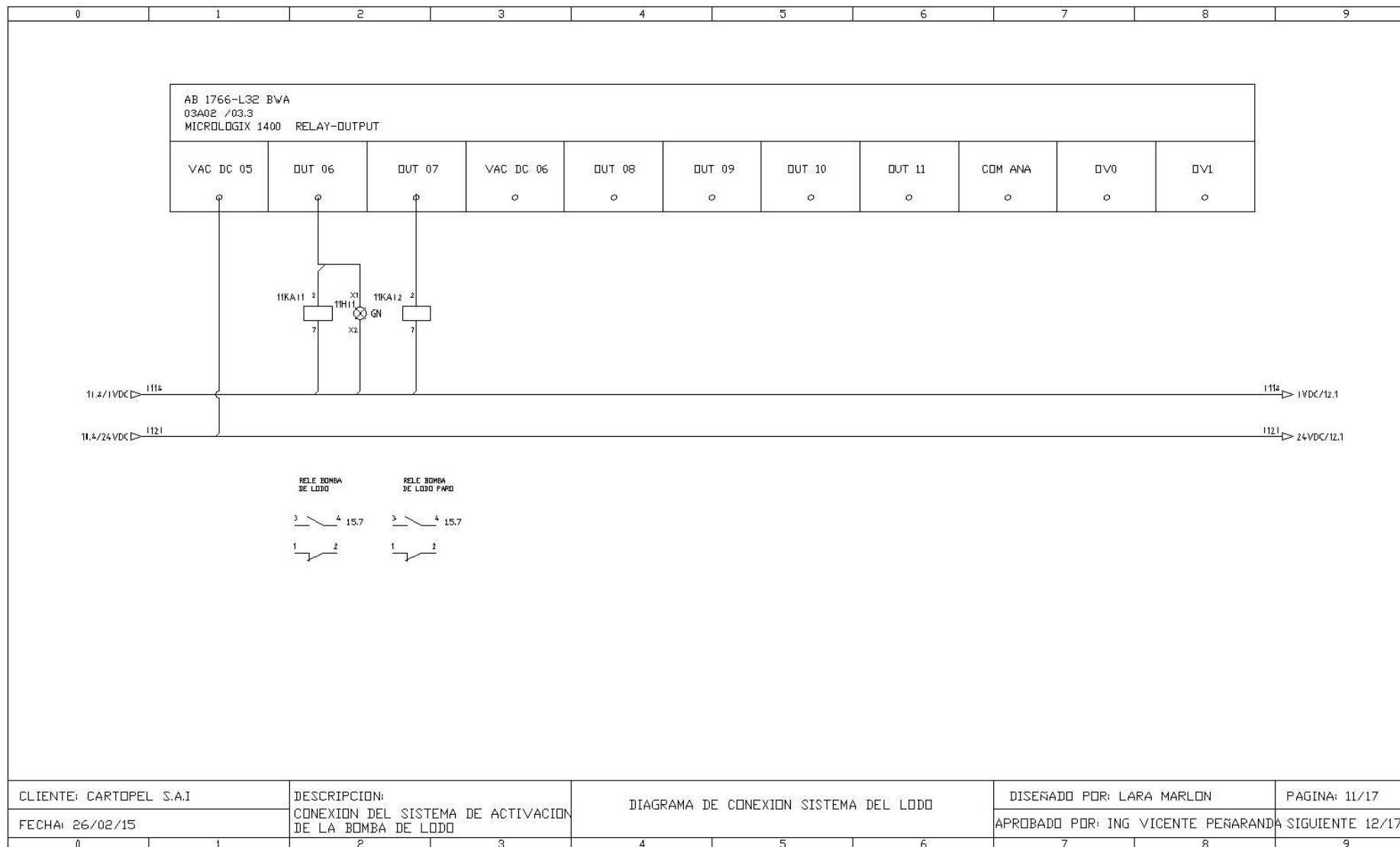


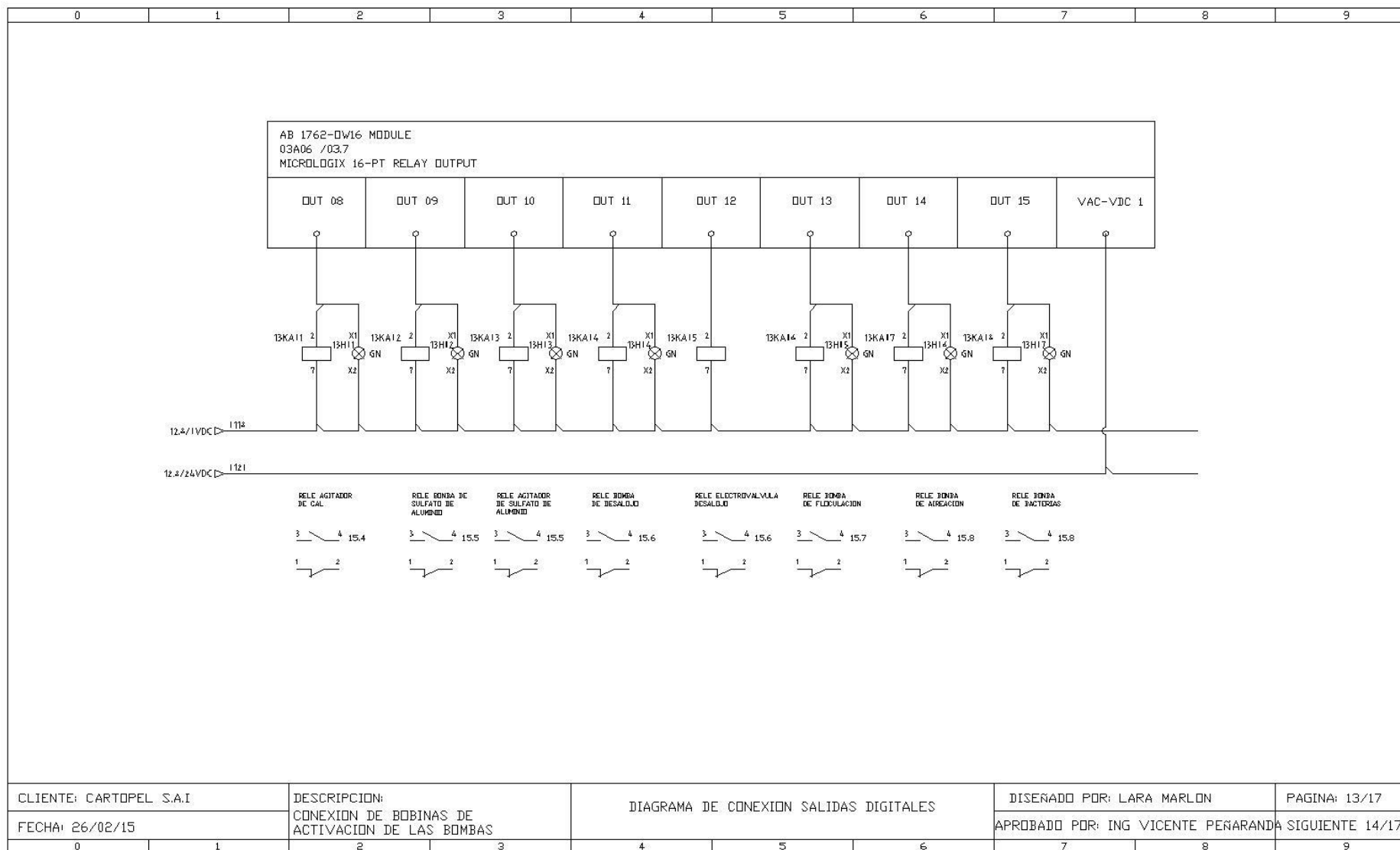












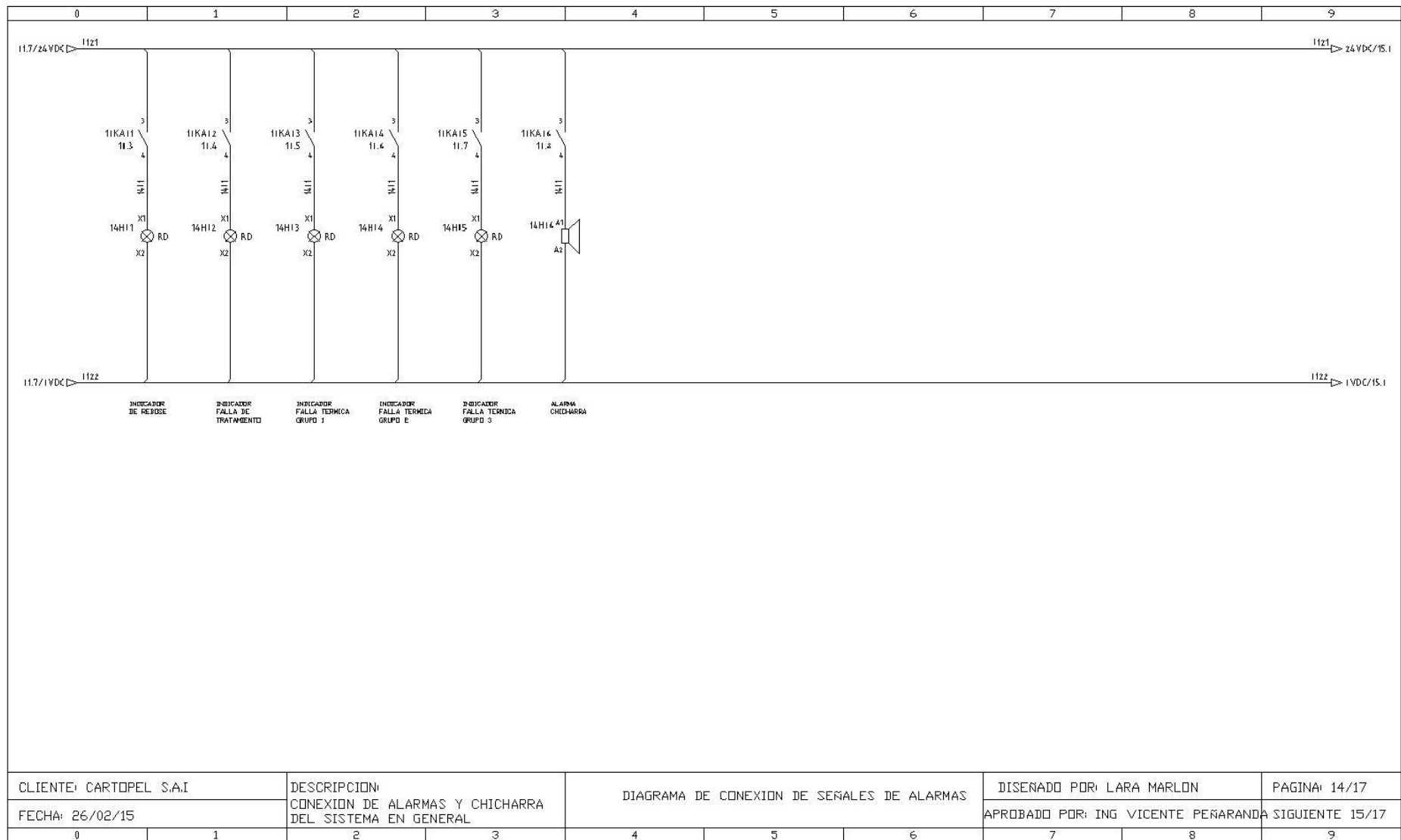
CLIENTE: CARTOPEL S.A.I
 FECHA: 26/02/15

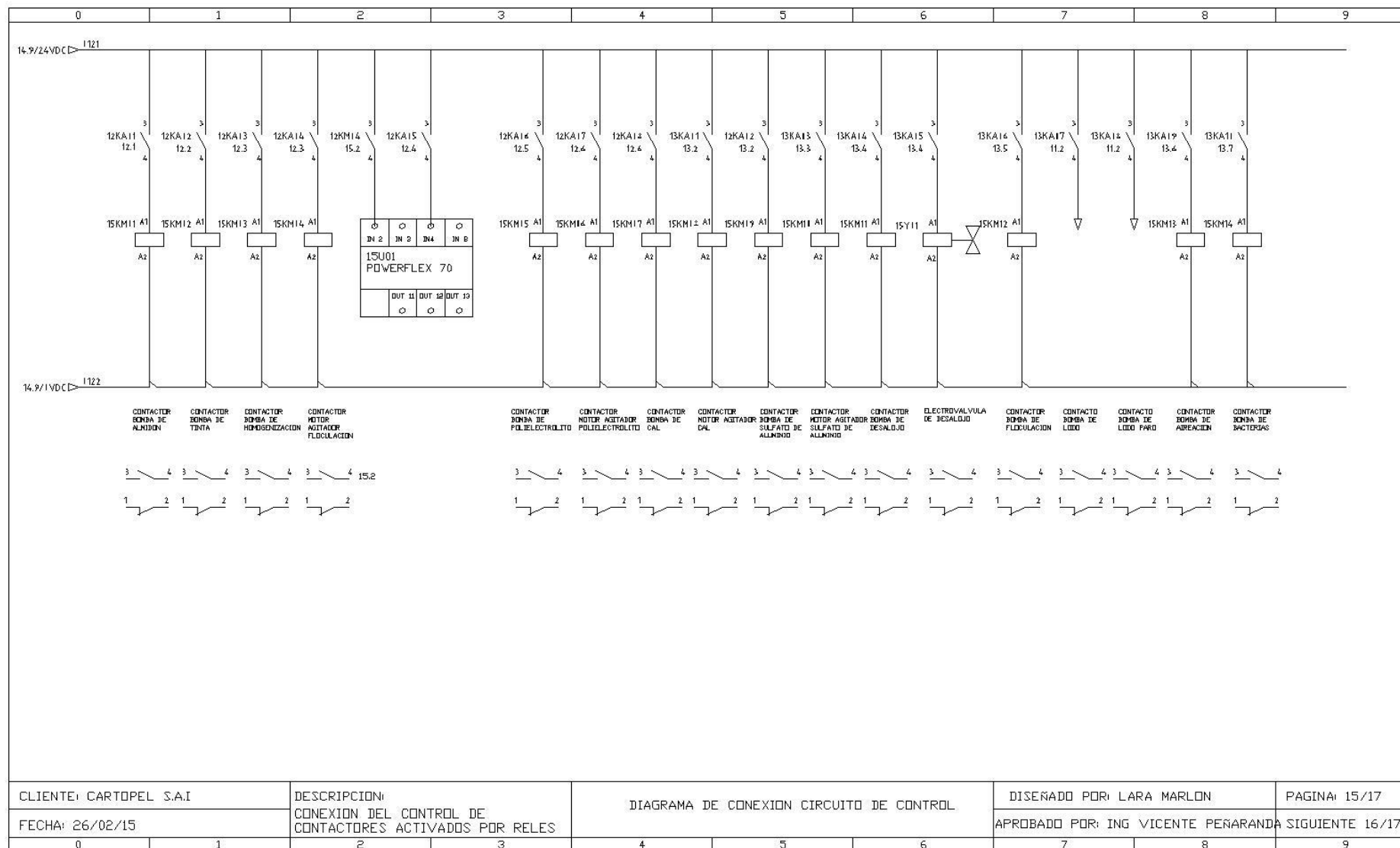
DESCRIPCION:
 CONEXION DE BOBINAS DE
 ACTIVACION DE LAS BOMBAS

DIAGRAMA DE CONEXION SALIDAS DIGITALES

DISEÑADO POR: LARA MARLON
 APROBADO POR: ING VICENTE PEGARANDA

PAGINA: 13/17
 SIGUIENTE 14/17





CONTACTOR BOMBA DE ALIMENTO

CONTACTOR BOMBA DE TRITA

CONTACTOR BOMBA DE HOMOGENEIZACION

CONTACTOR MOTOR AGITADOR FLOCULACION

CONTACTOR BOMBA DE POLIELECTROLITO

CONTACTOR MOTOR AGITADOR POLIELECTROLITO

CONTACTOR BOMBA DE CAL

CONTACTOR MOTOR AGITADOR CAL

CONTACTOR BOMBA DE SULFATO DE ALUMINIO

CONTACTOR MOTOR AGITADOR SULFATO DE ALUMINIO

CONTACTOR BOMBA DE DESALDIO

ELECTROVALVULA DE DESALDIO

CONTACTOR BOMBA DE FLOCULACION

CONTACTO BOMBA DE LODO

CONTACTO BOMBA DE LODO FRIO

CONTACTOR BOMBA DE AIREACION

CONTACTOR BOMBA DE BACTERIAS

3 4 1 2

3 4 1 2

3 4 1 2

3 4 1 2

3 4 15.2 1 2

3 4 1 2

3 4 1 2

3 4 1 2

3 4 1 2

3 4 1 2

3 4 1 2

3 4 1 2

3 4 1 2

3 4 1 2

3 4 1 2

3 4 1 2

3 4 1 2

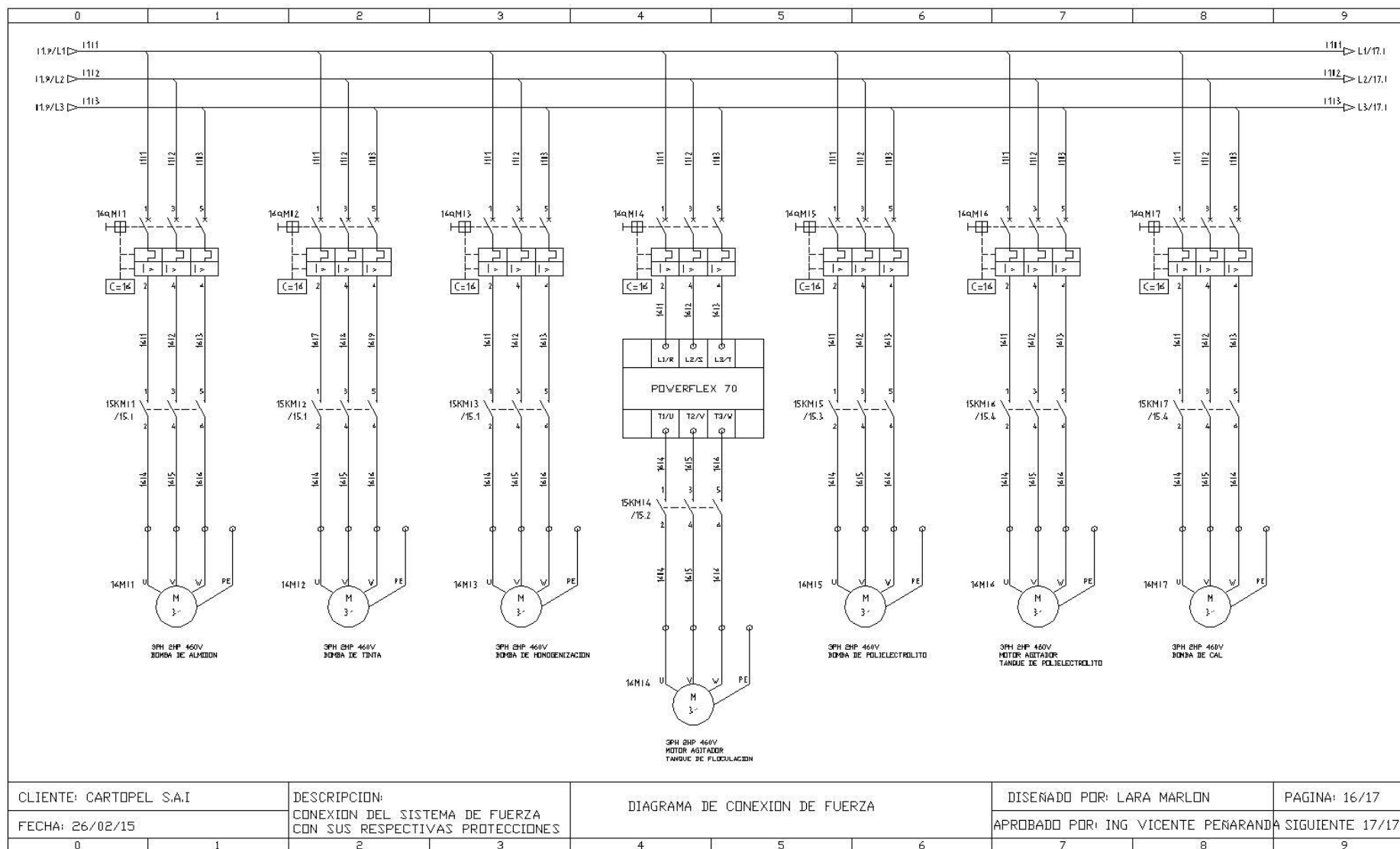
3 4 1 2

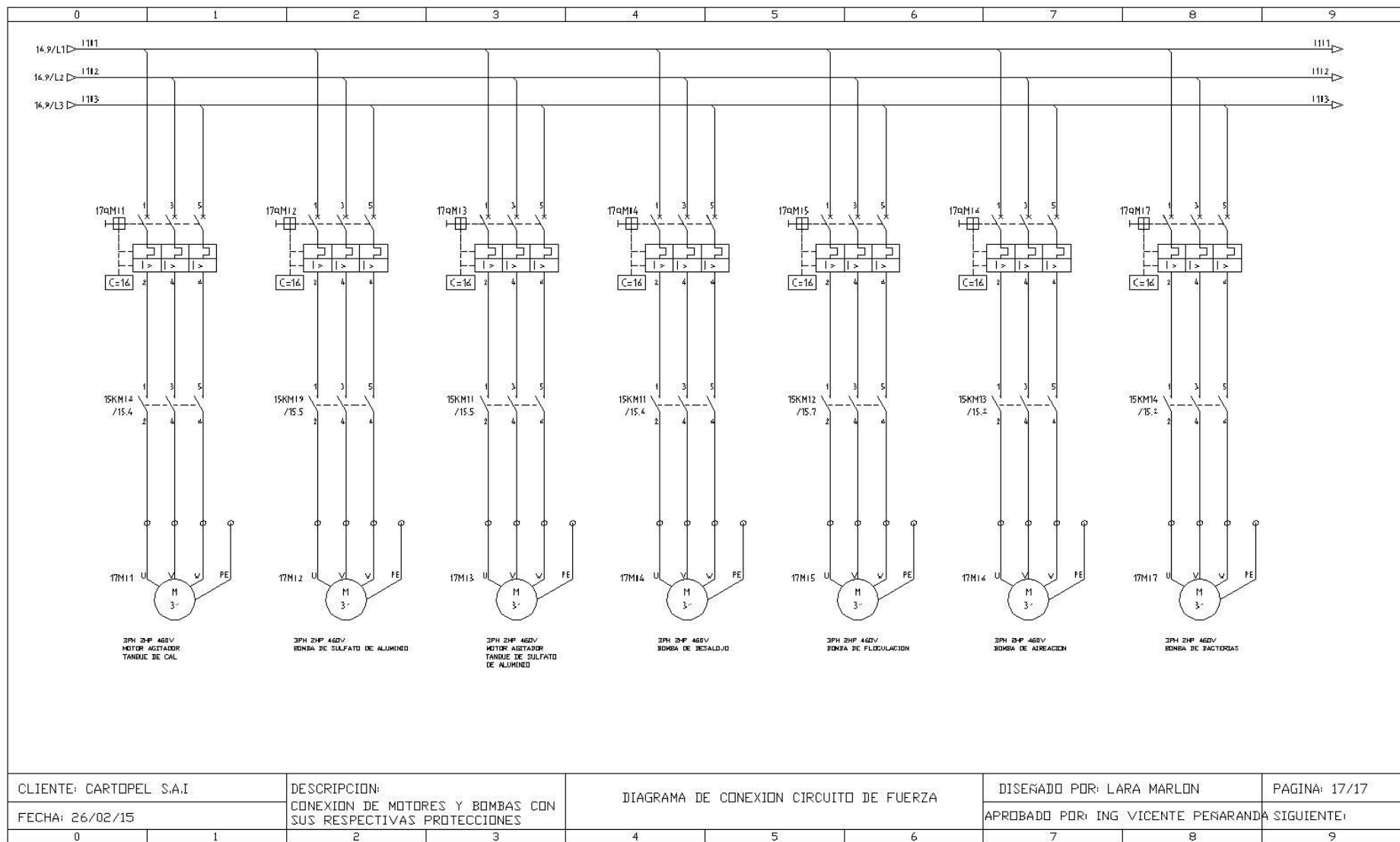
3 4 1 2

3 4 1 2

3 4 1 2

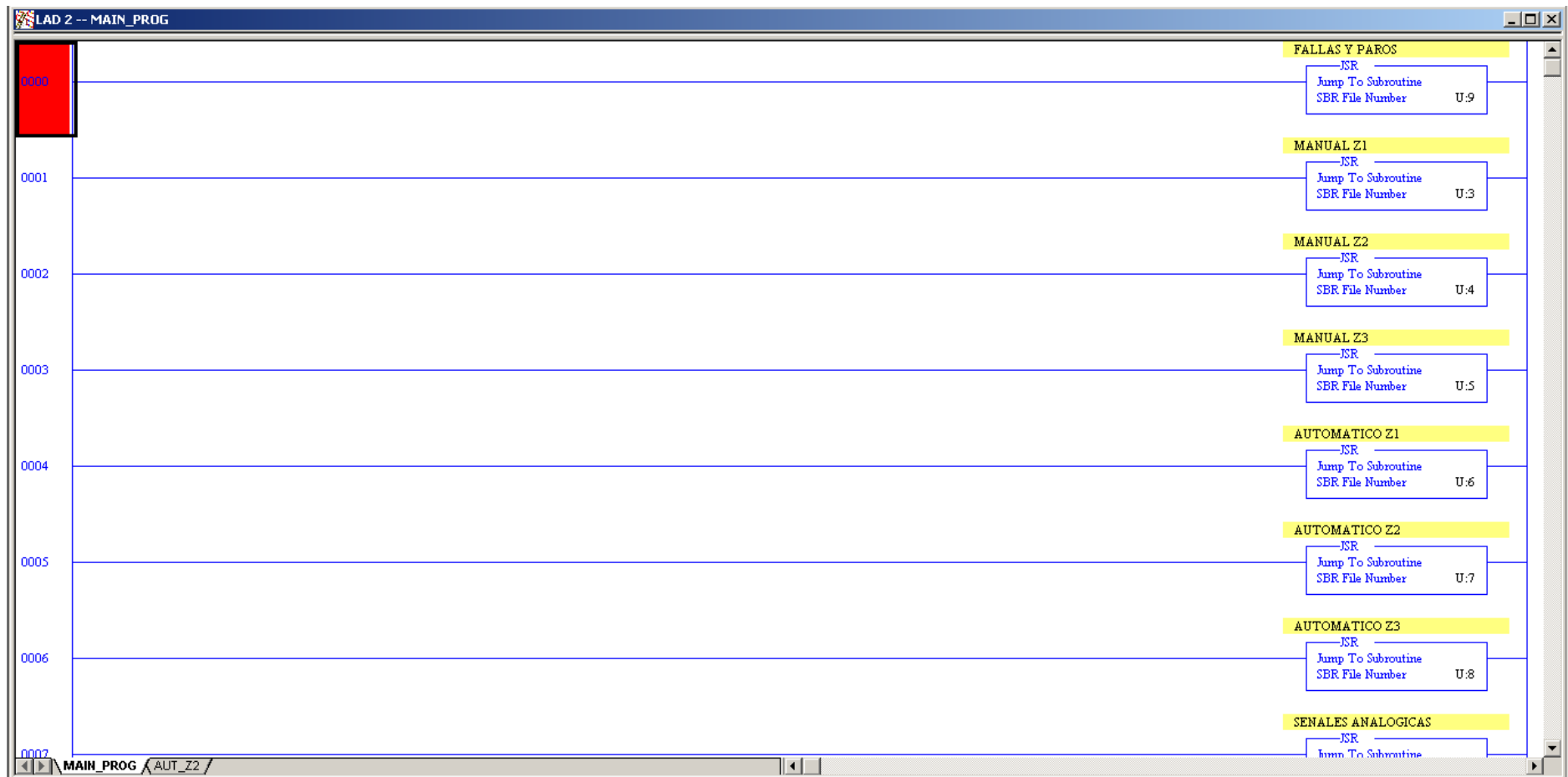
3 4 1 2

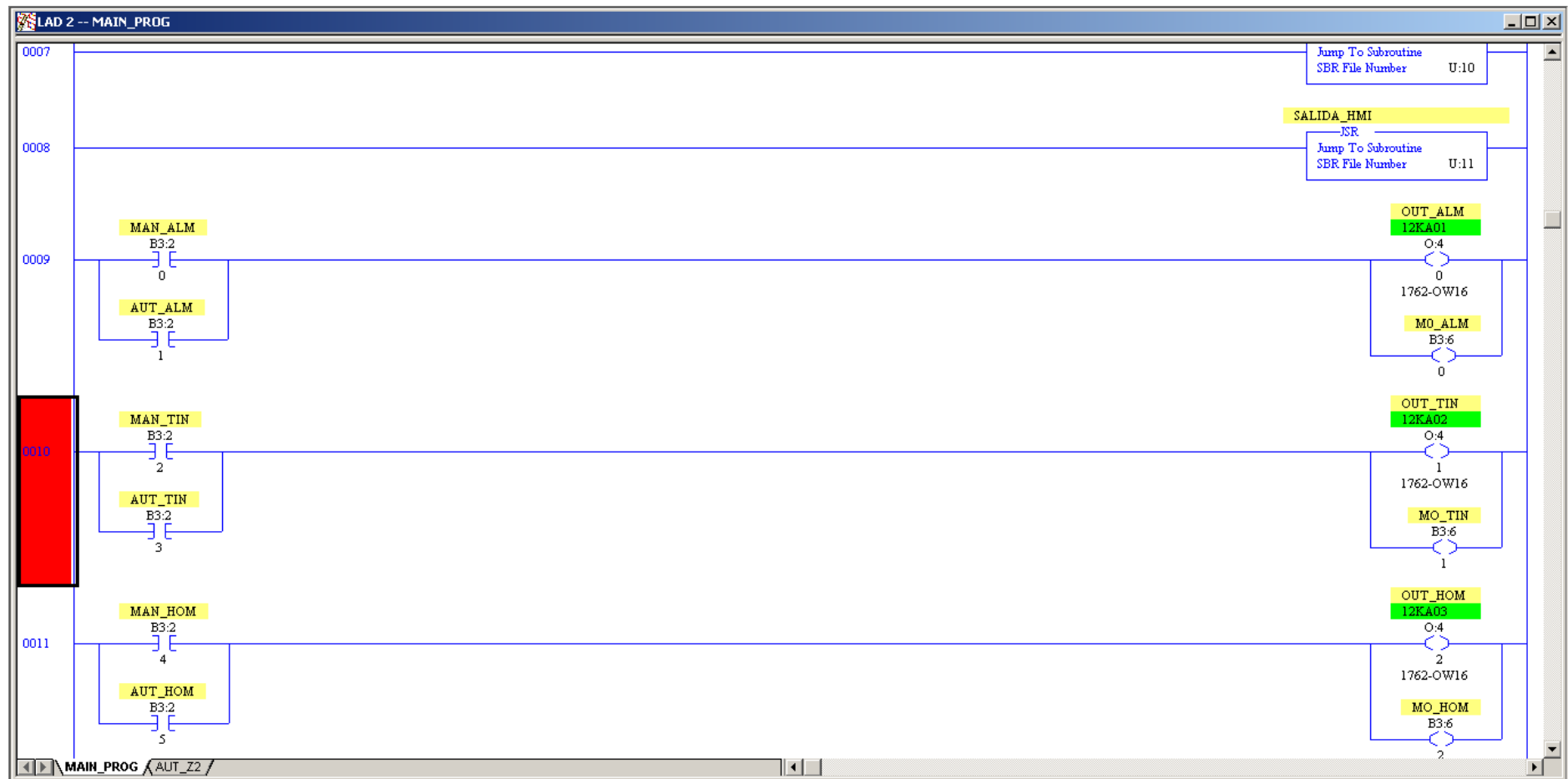


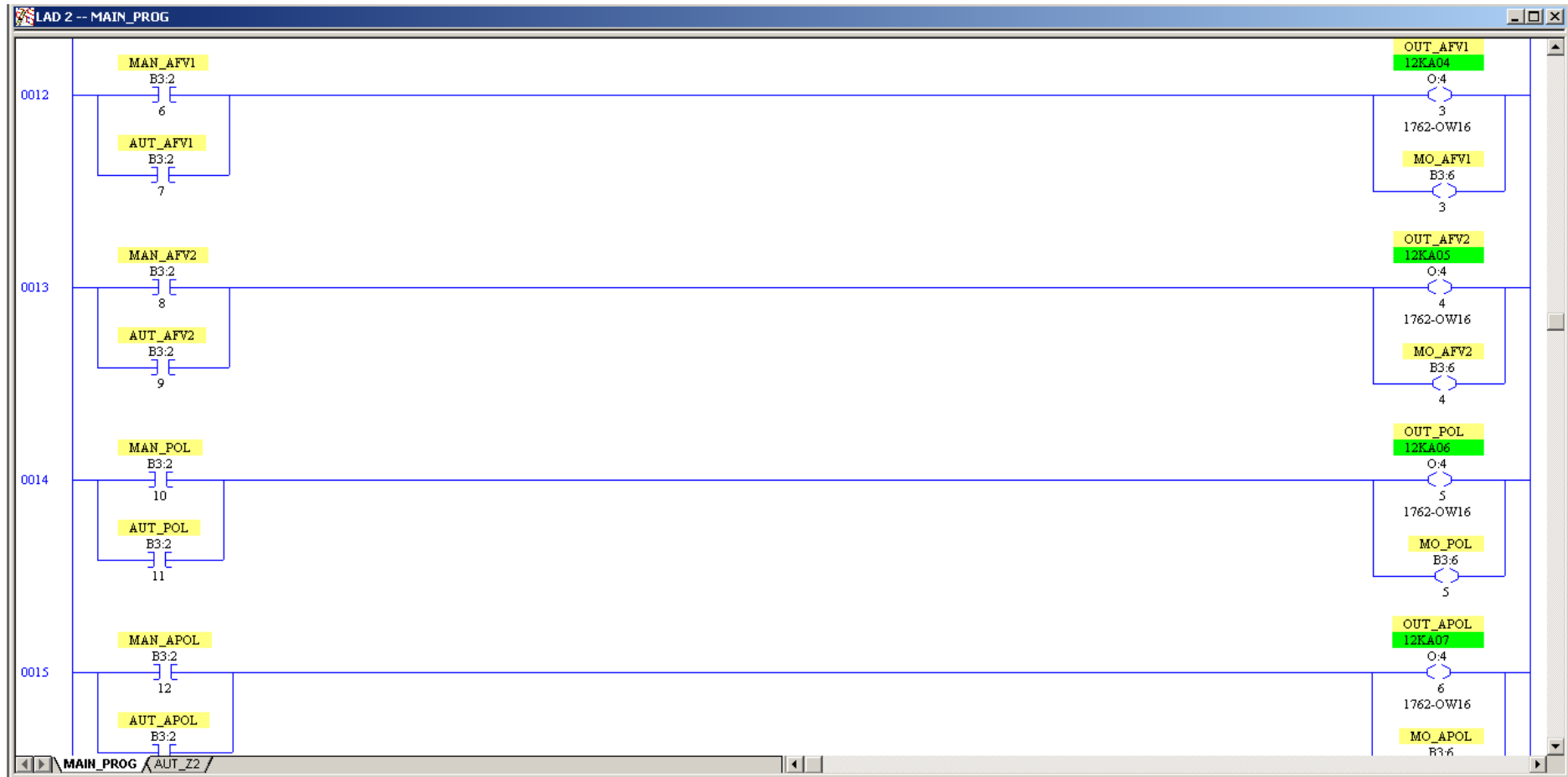


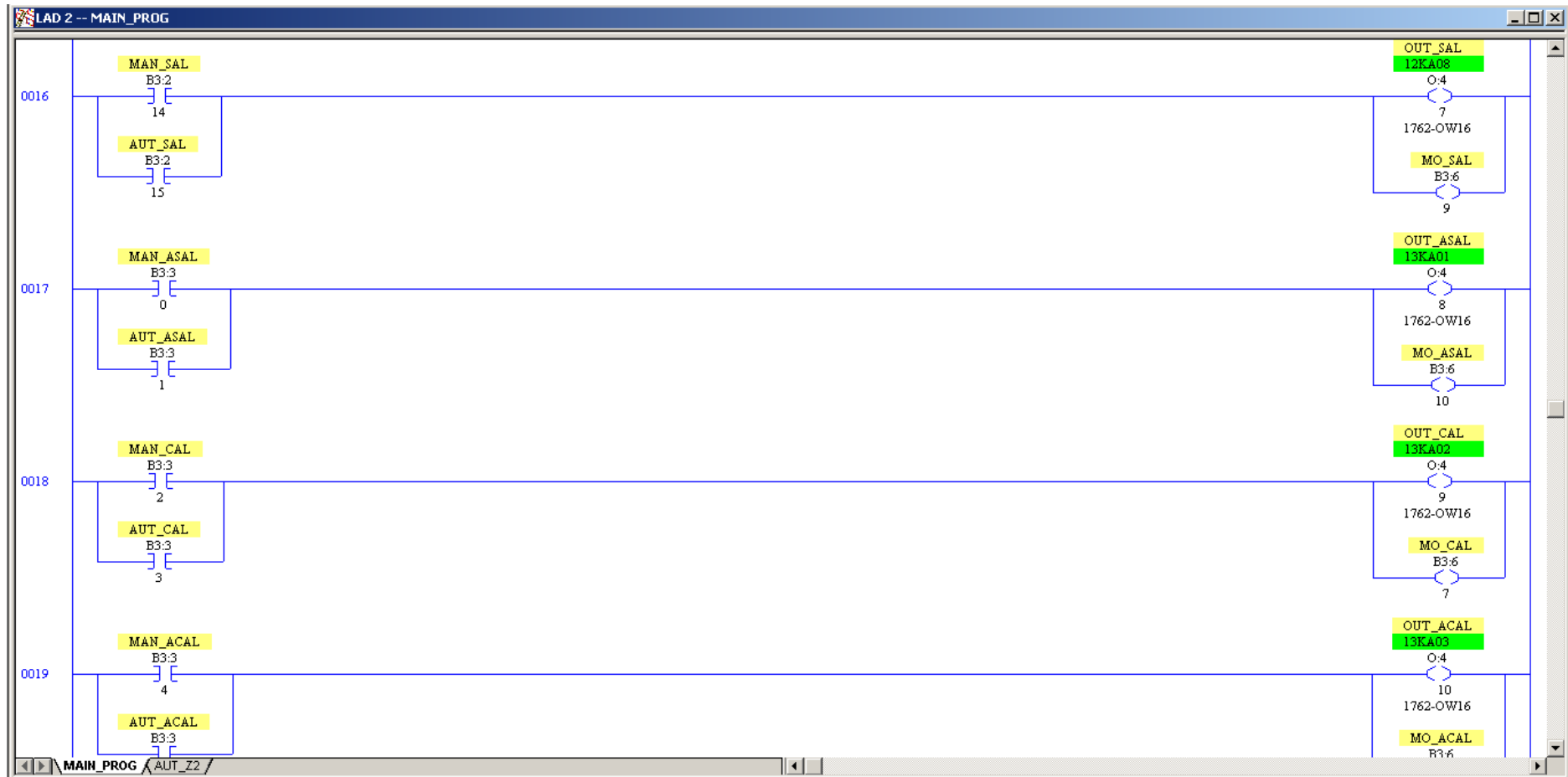
ANEXO 2

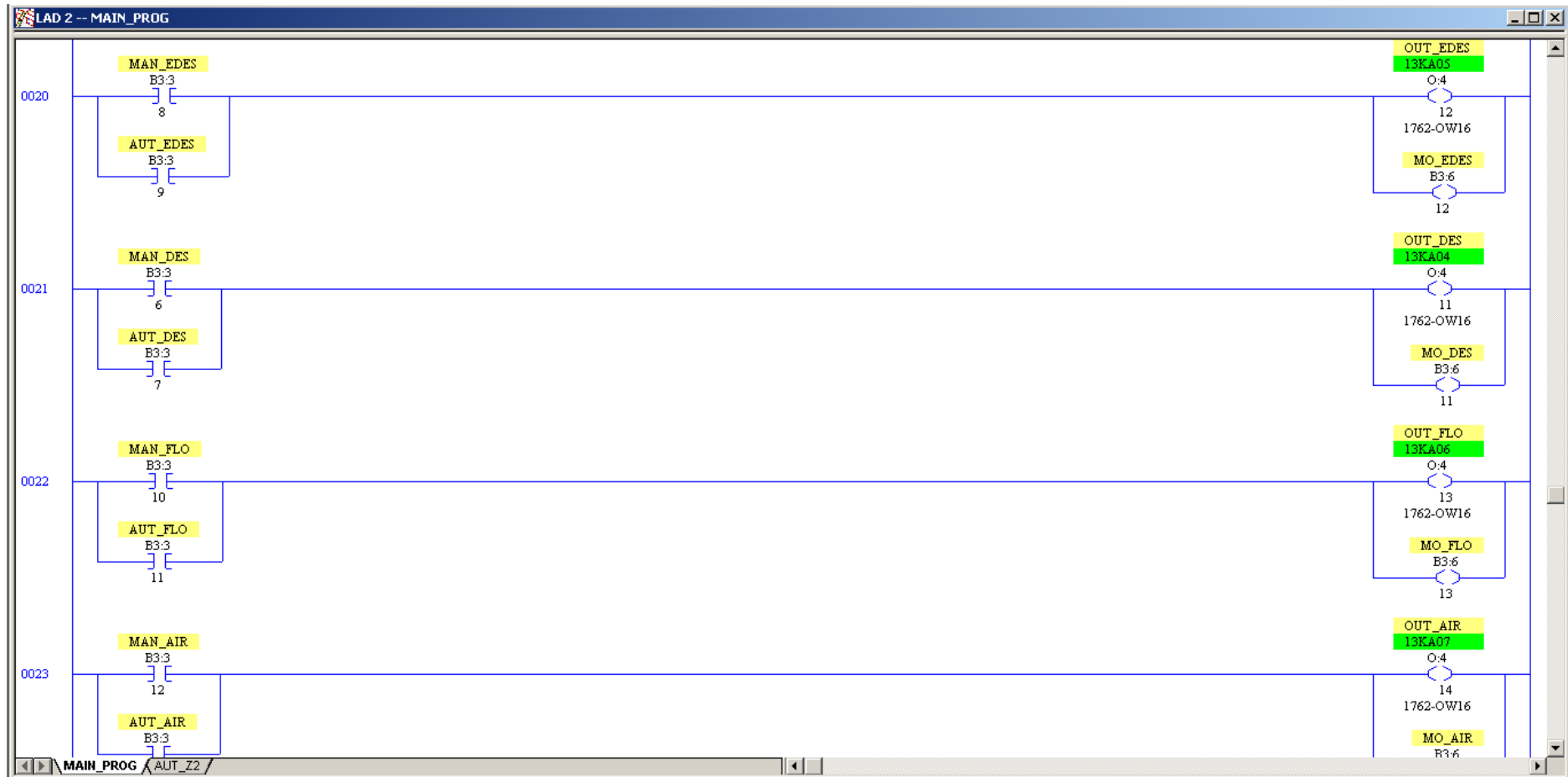
Programación del PLC Allen Bradley MicroLogix 1400

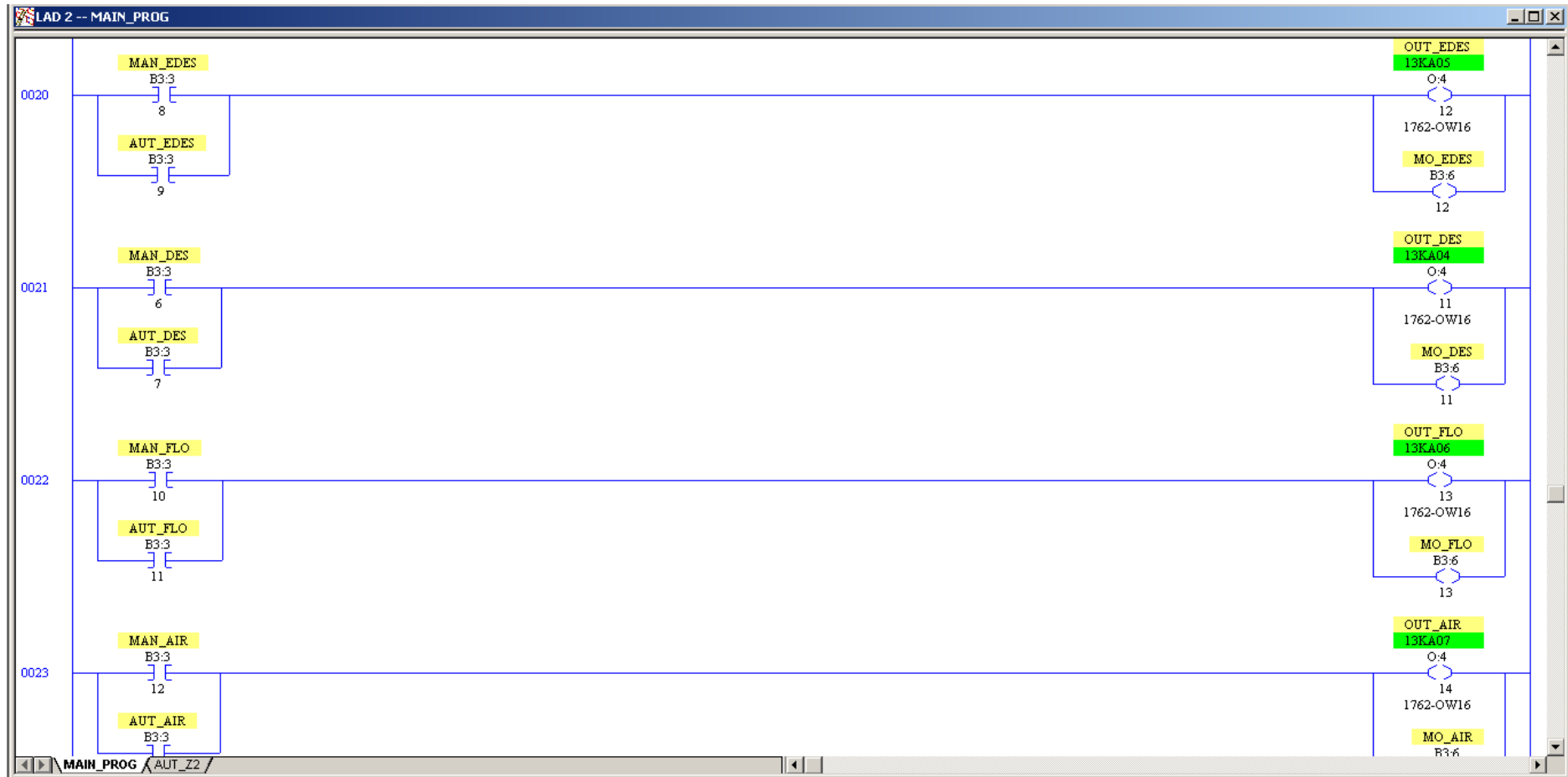


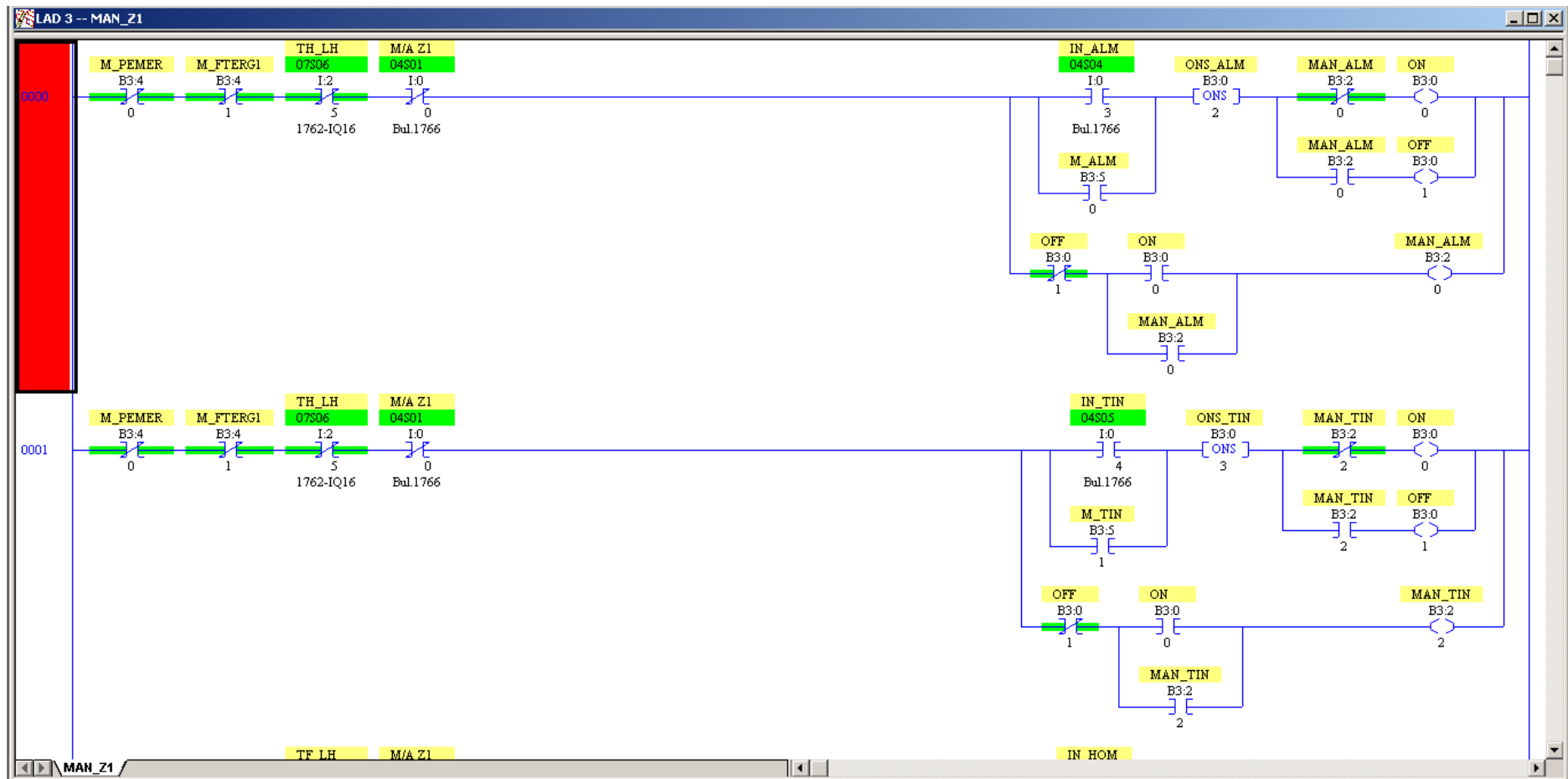


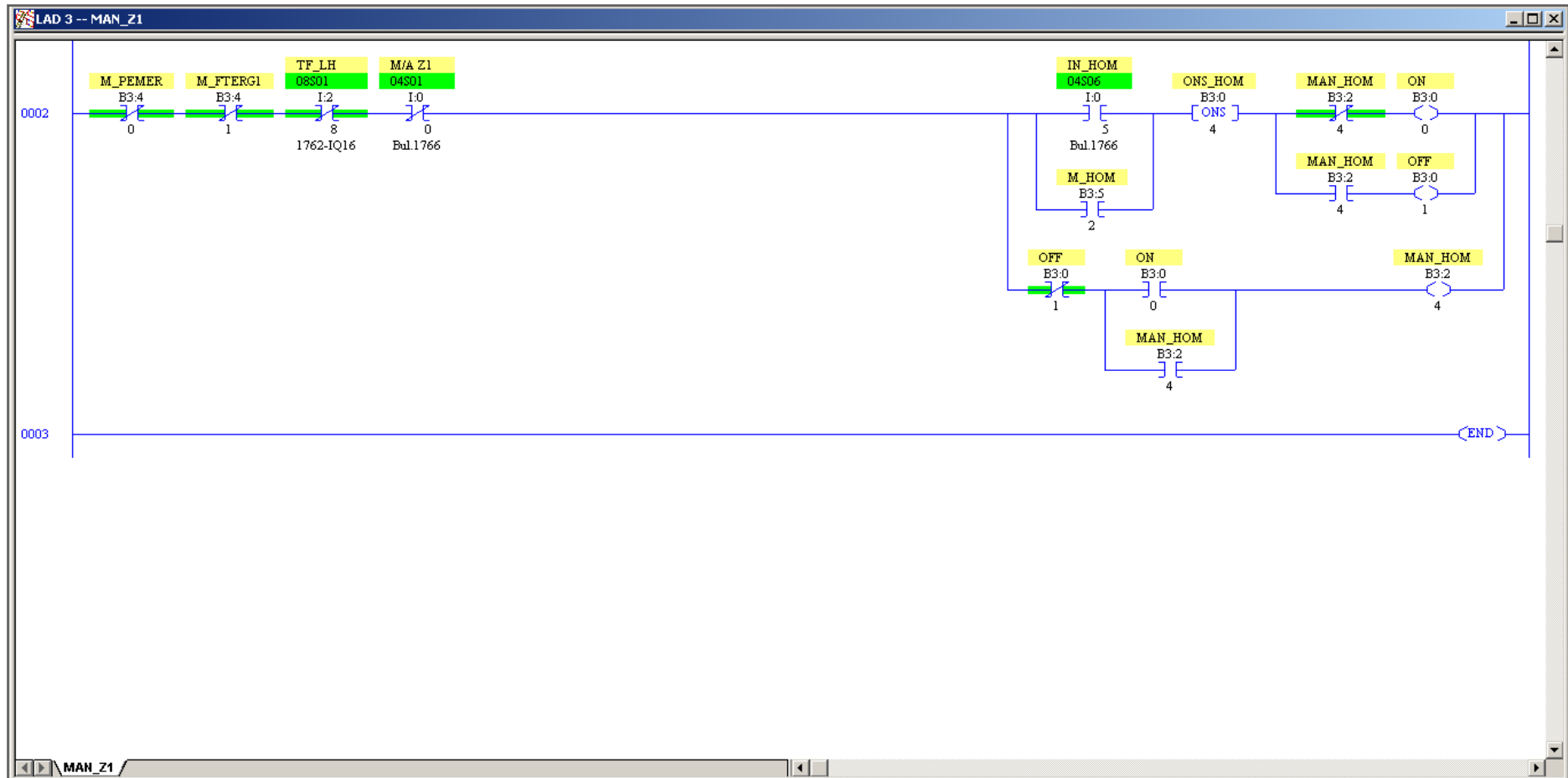


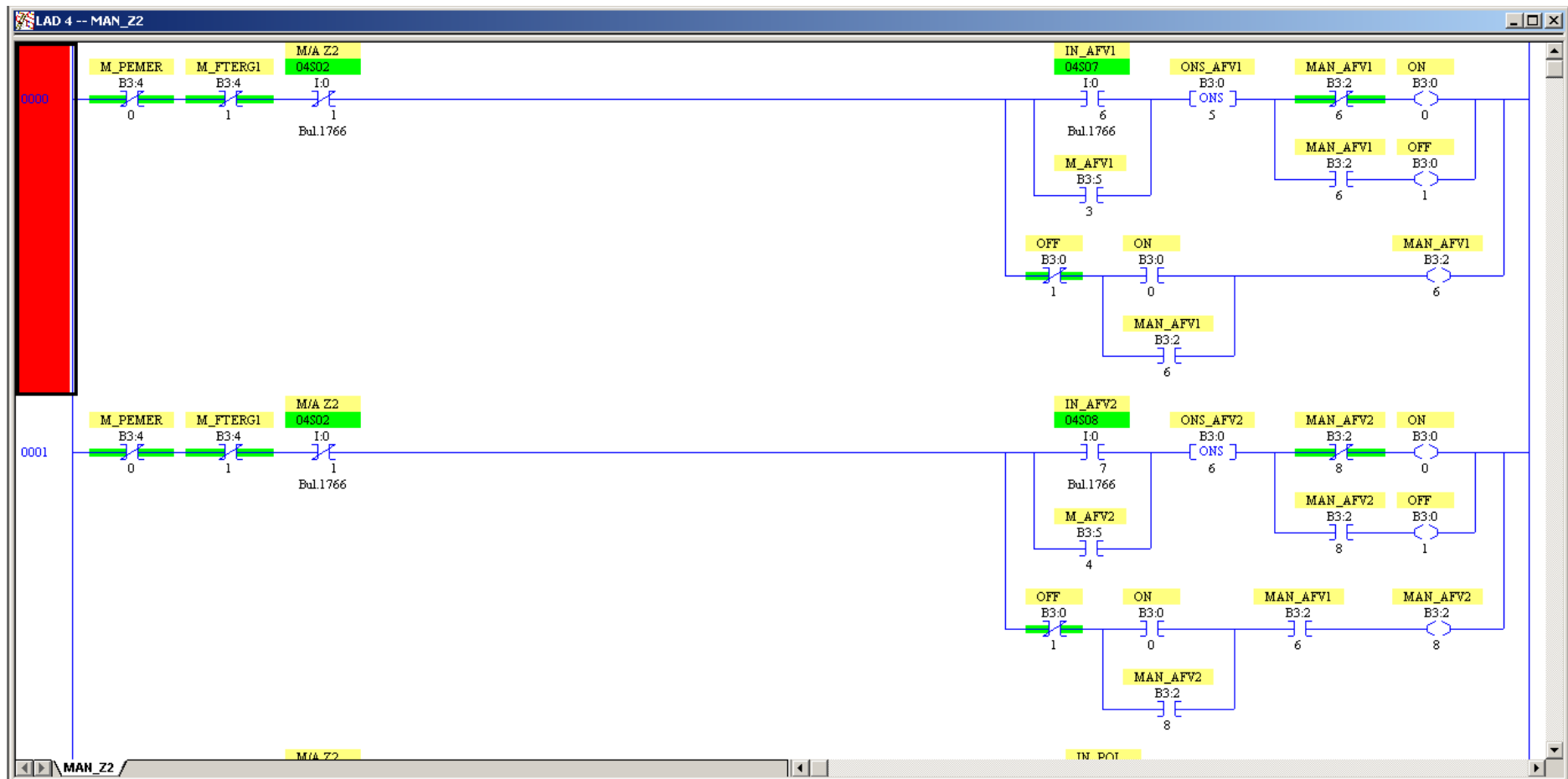


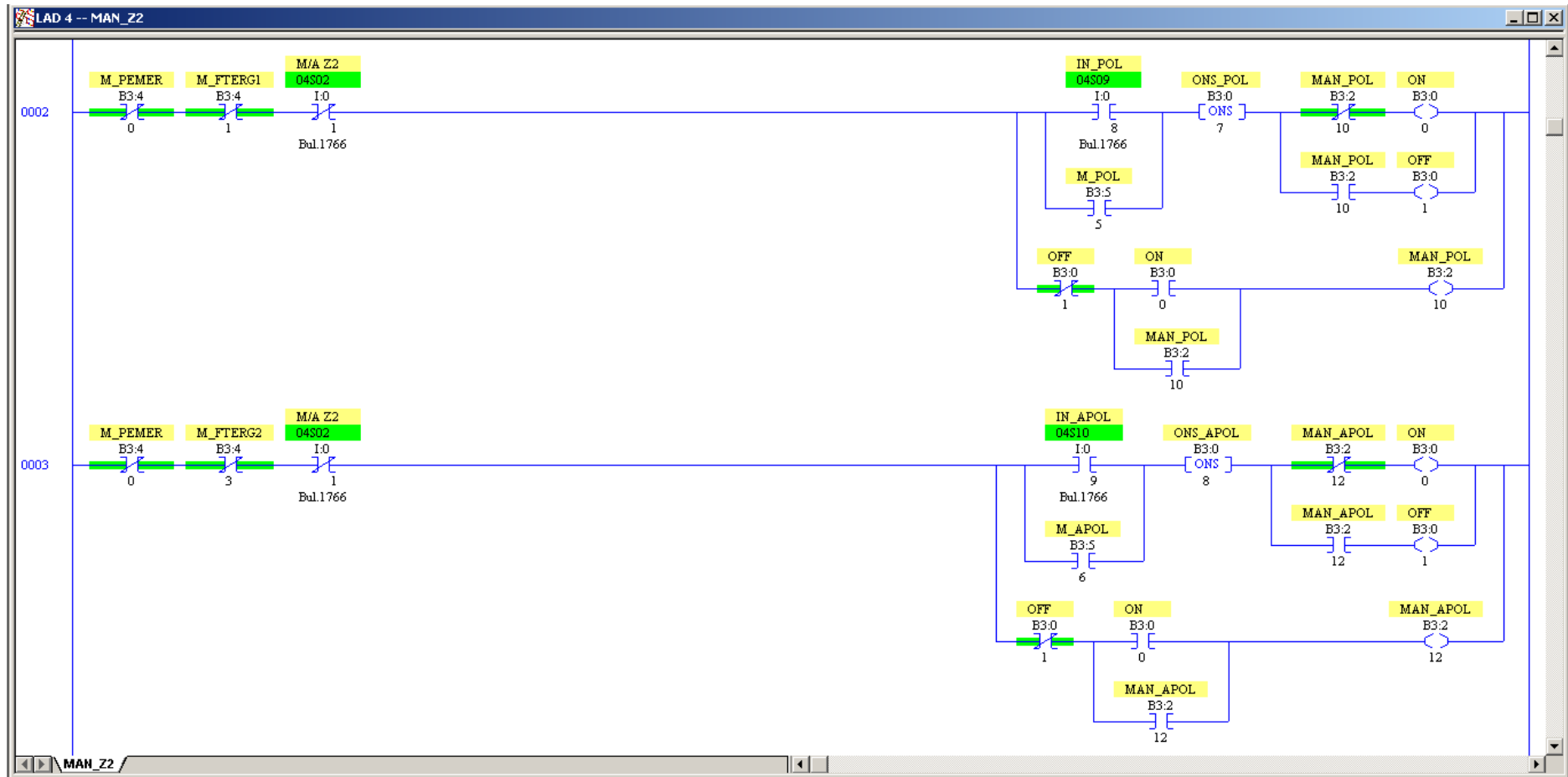


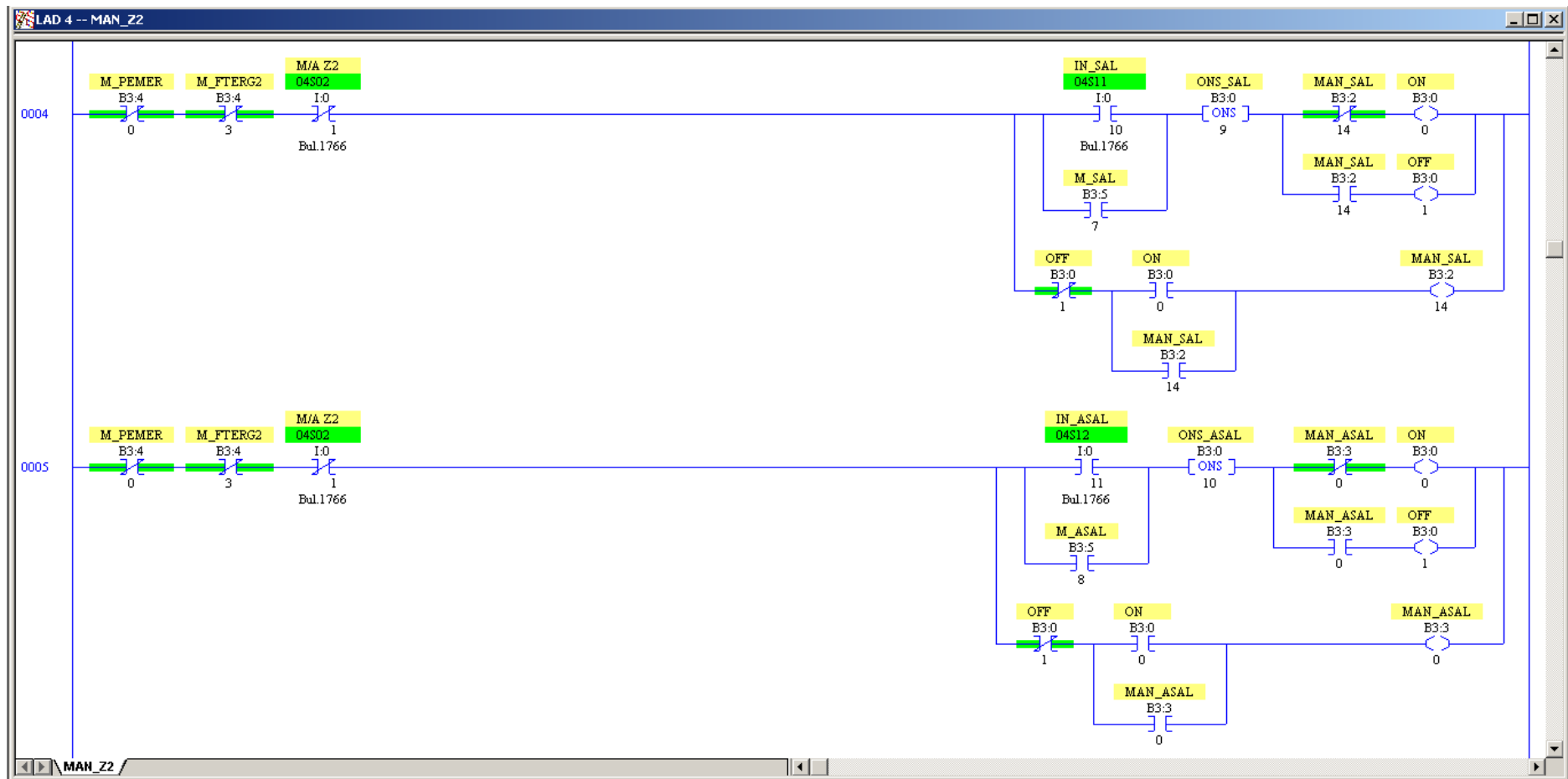


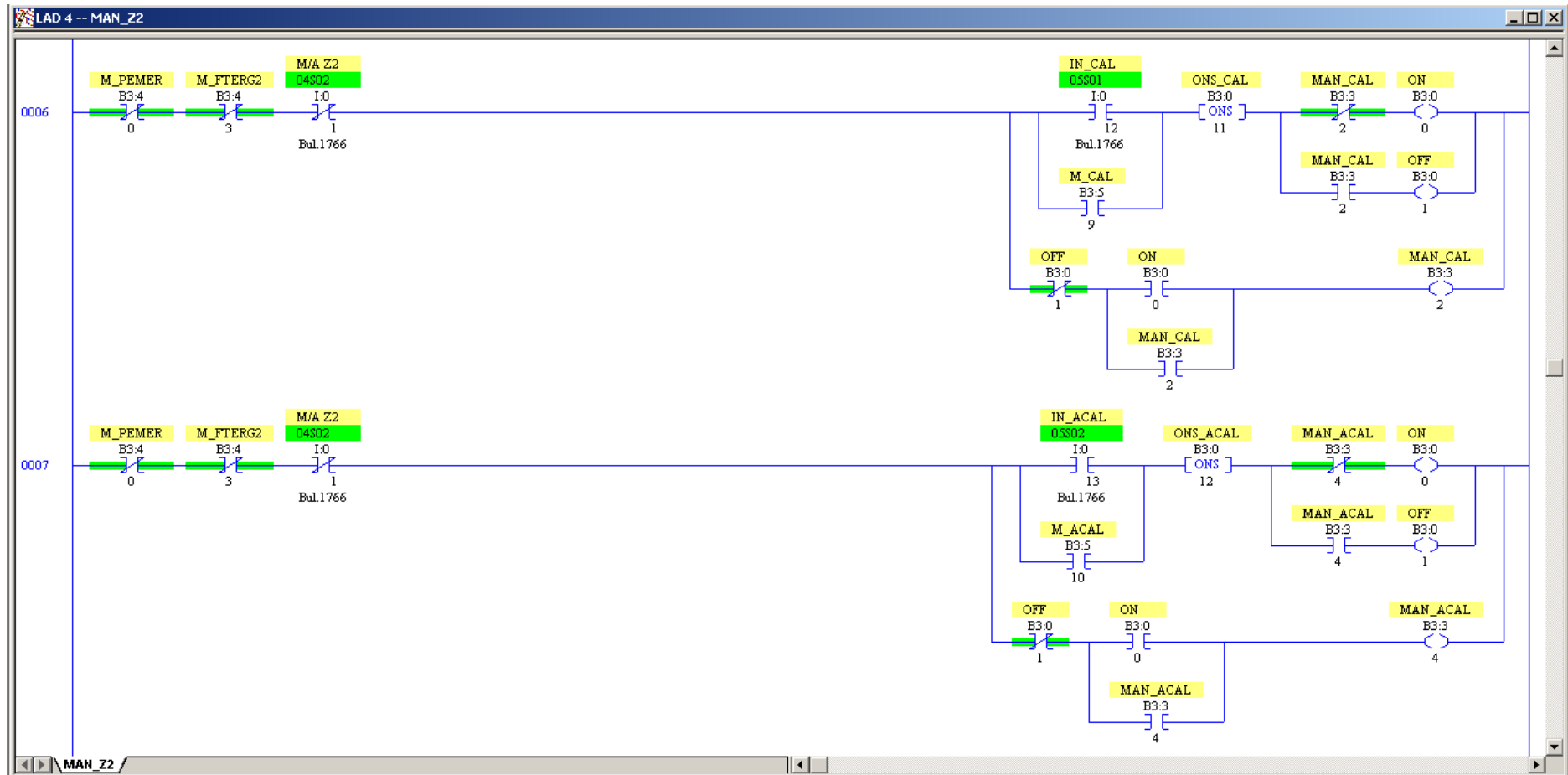


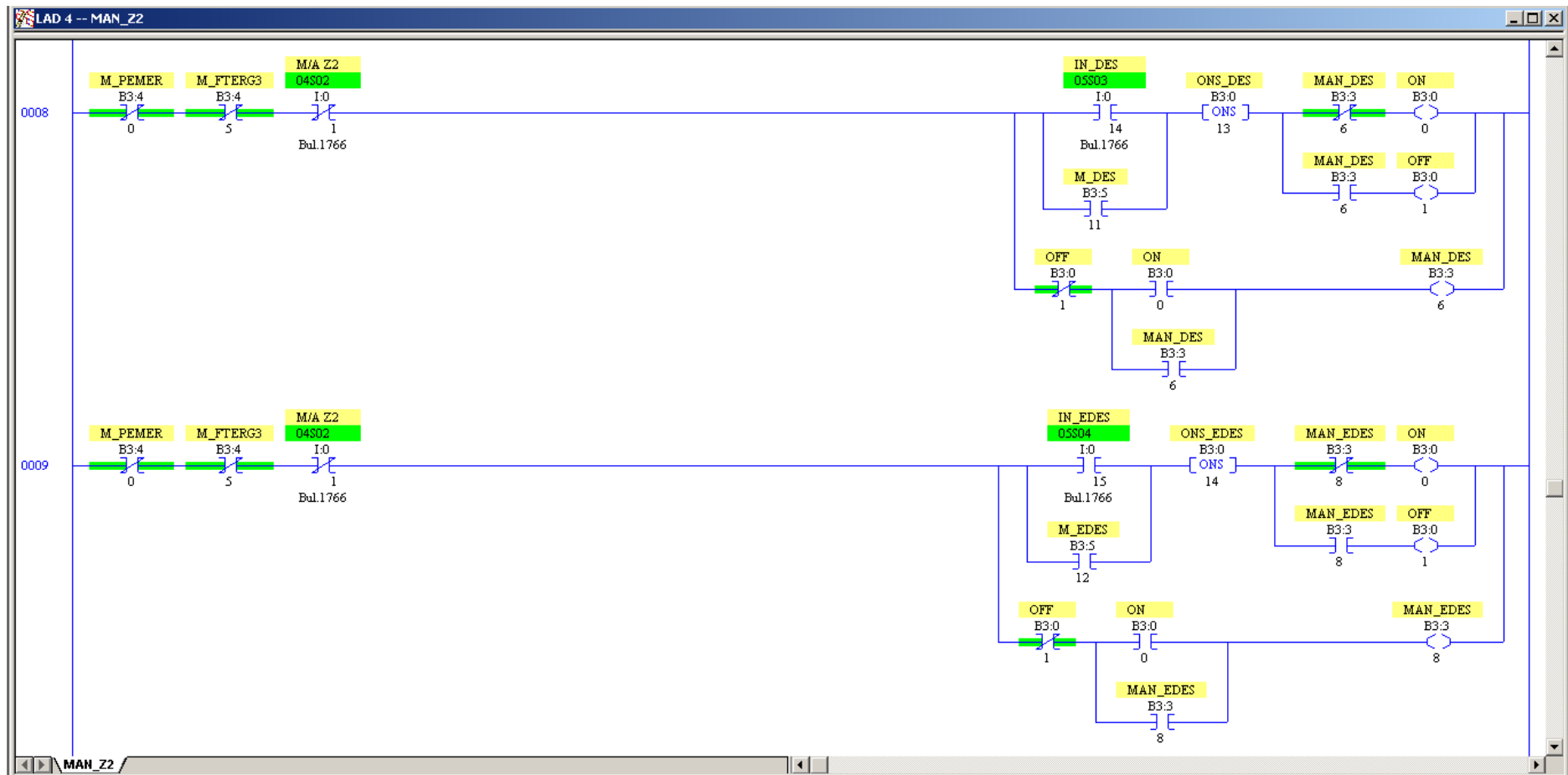


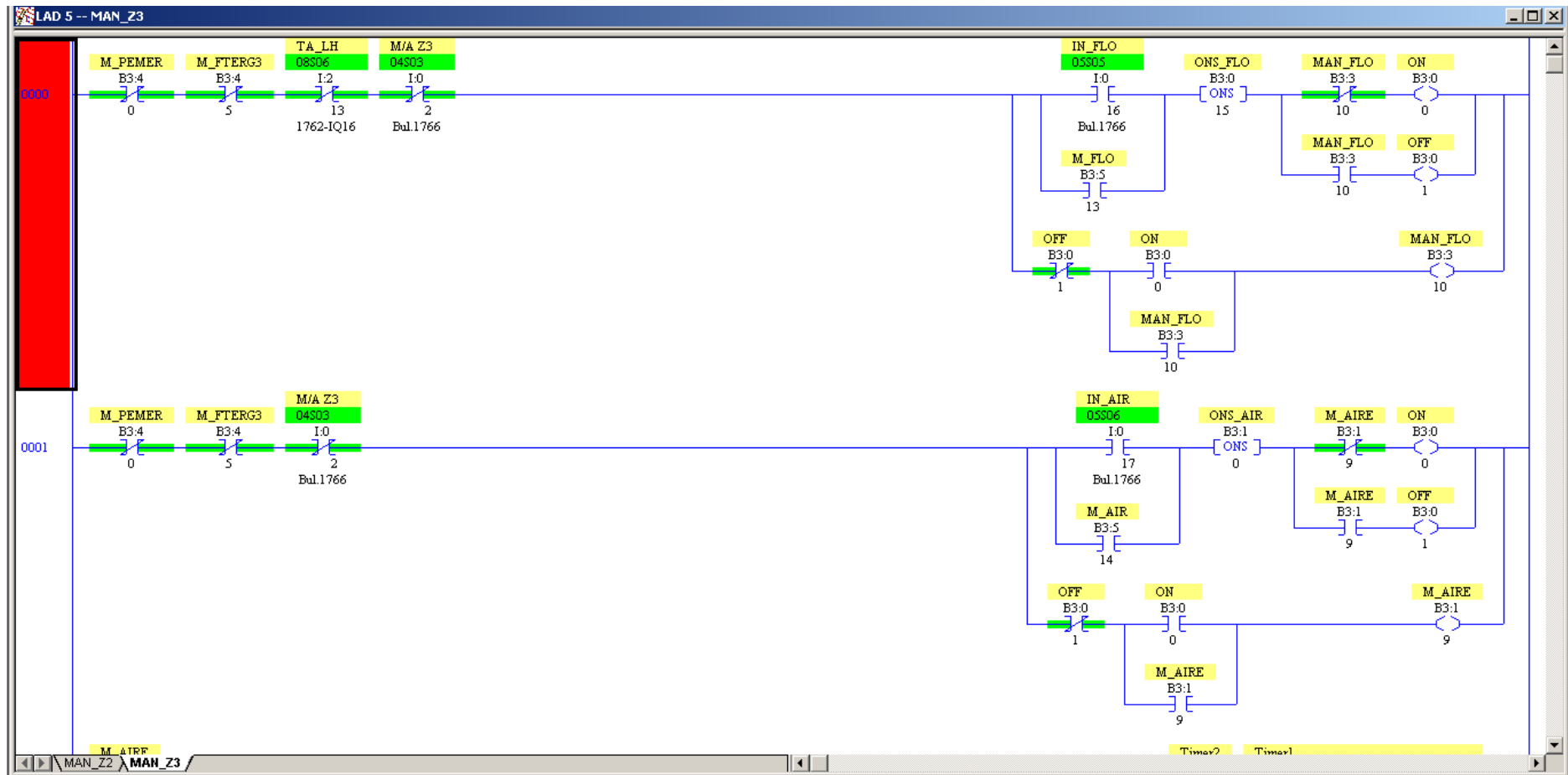


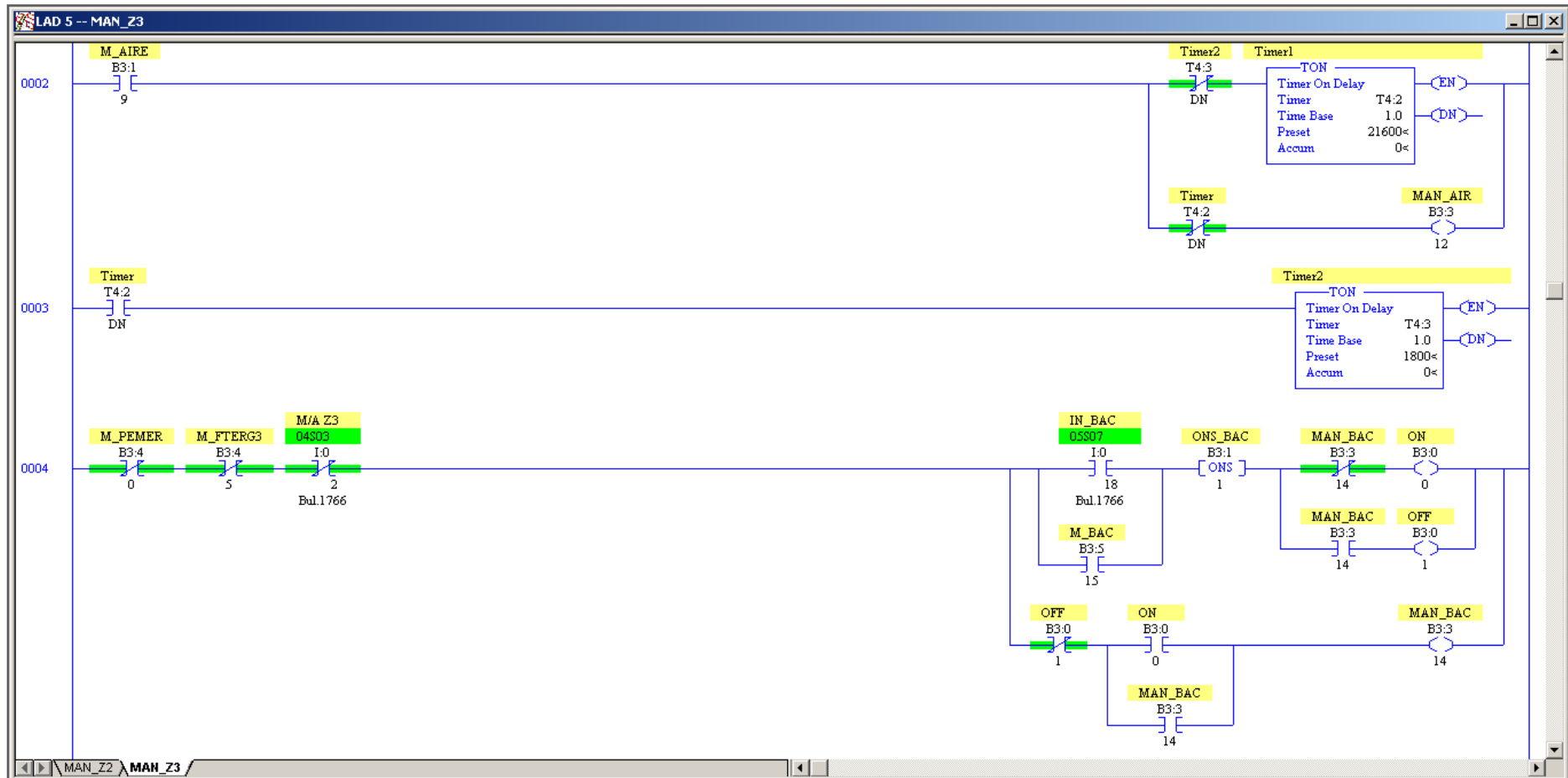


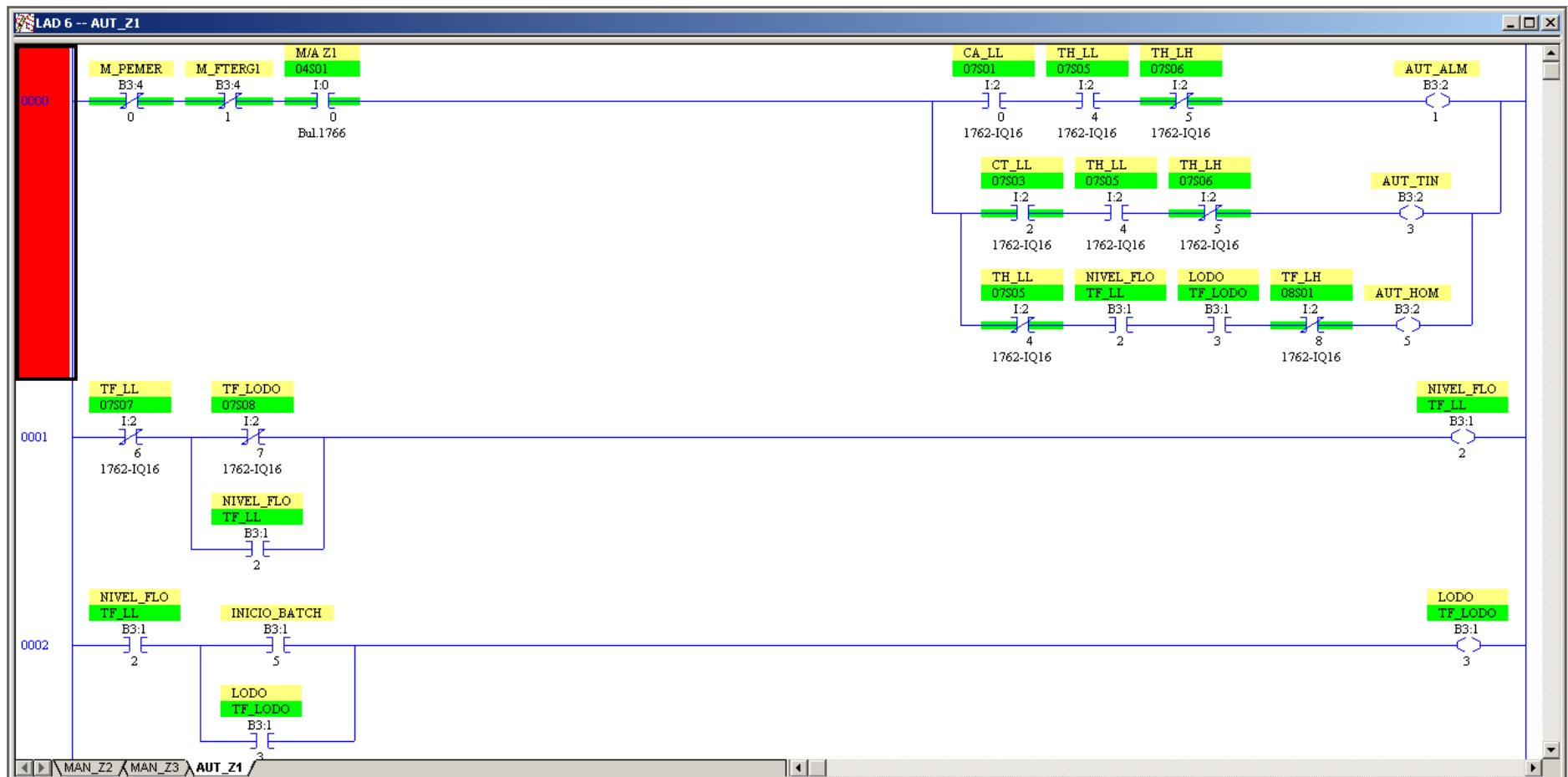


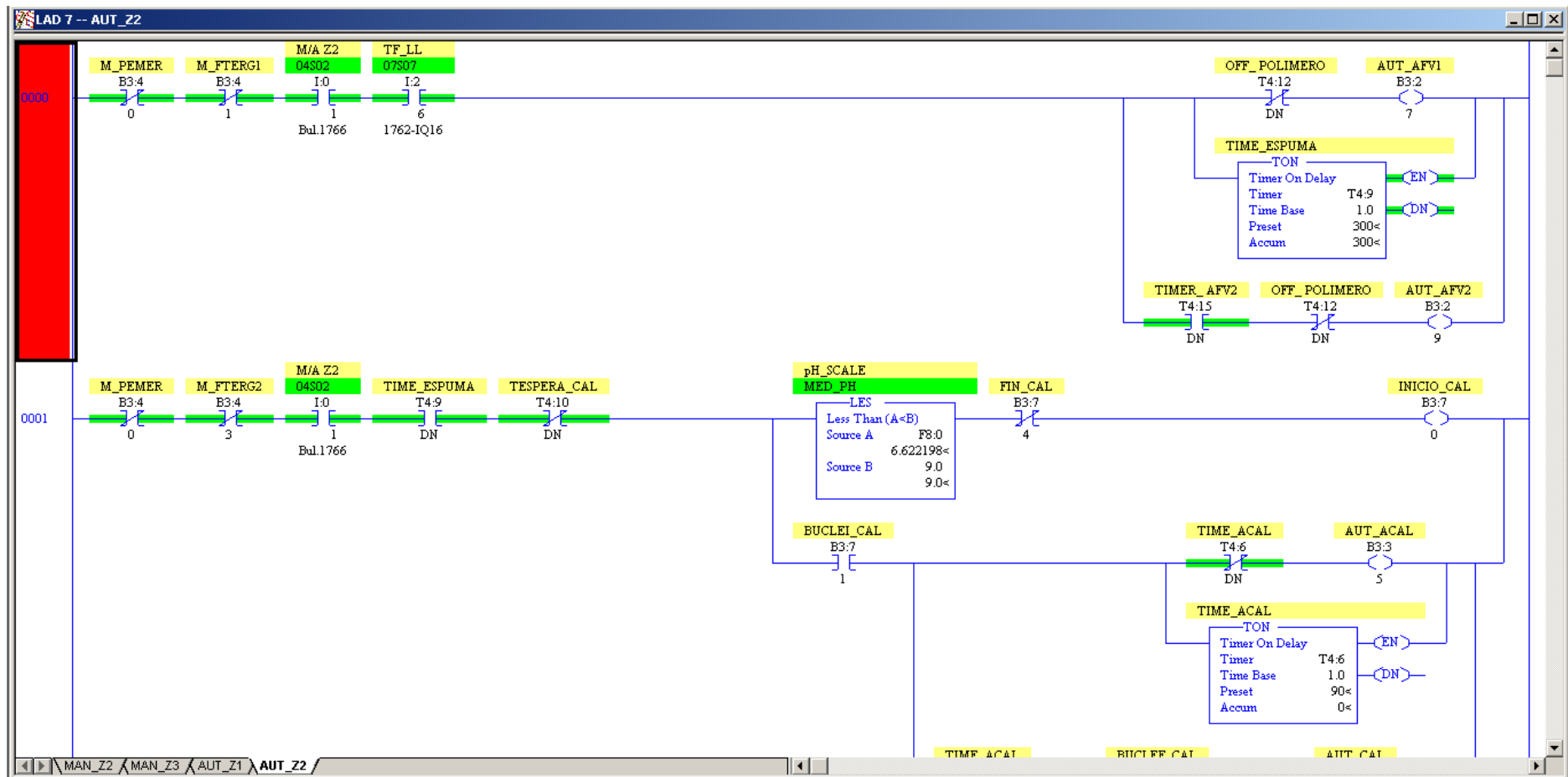


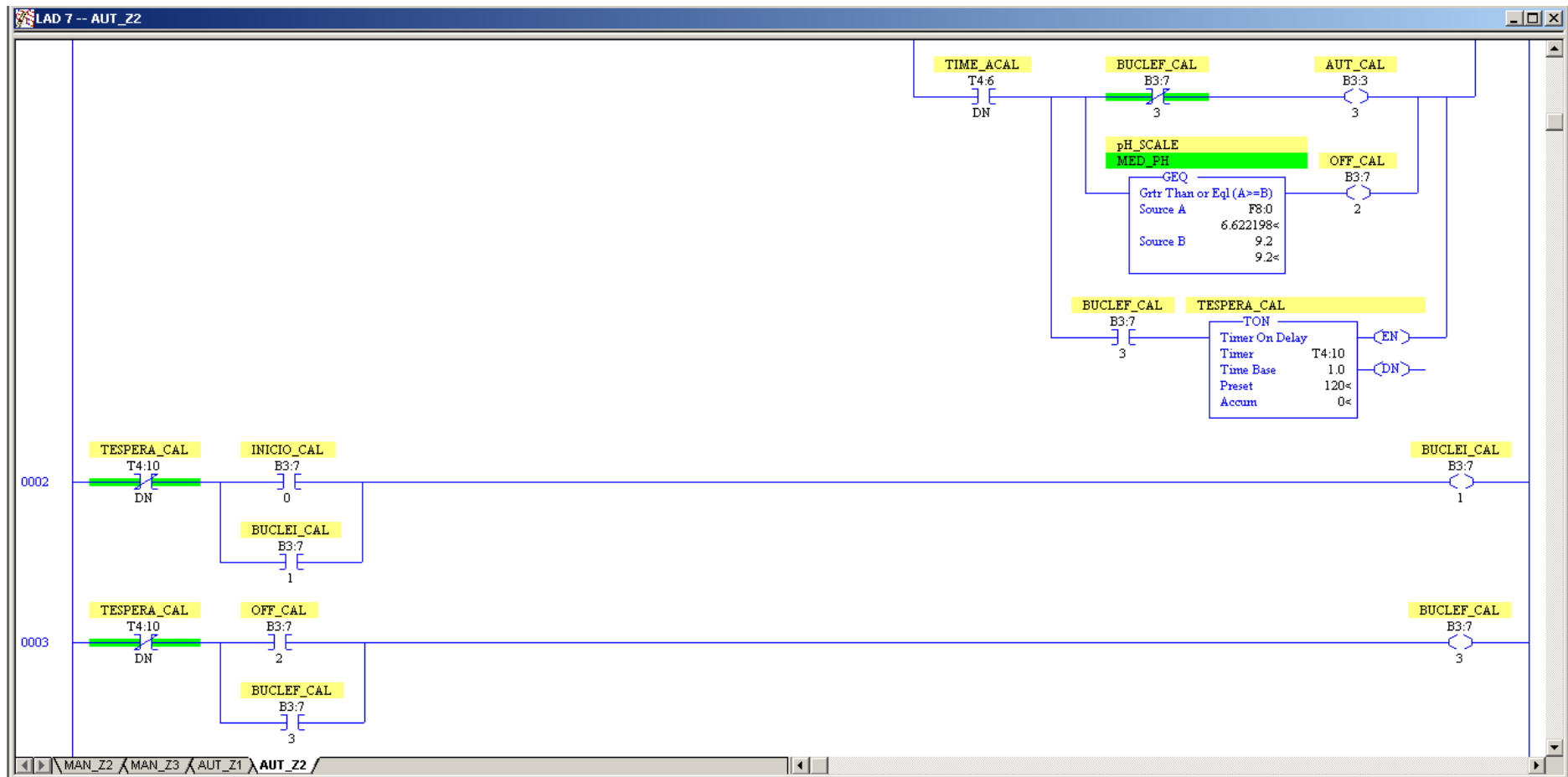


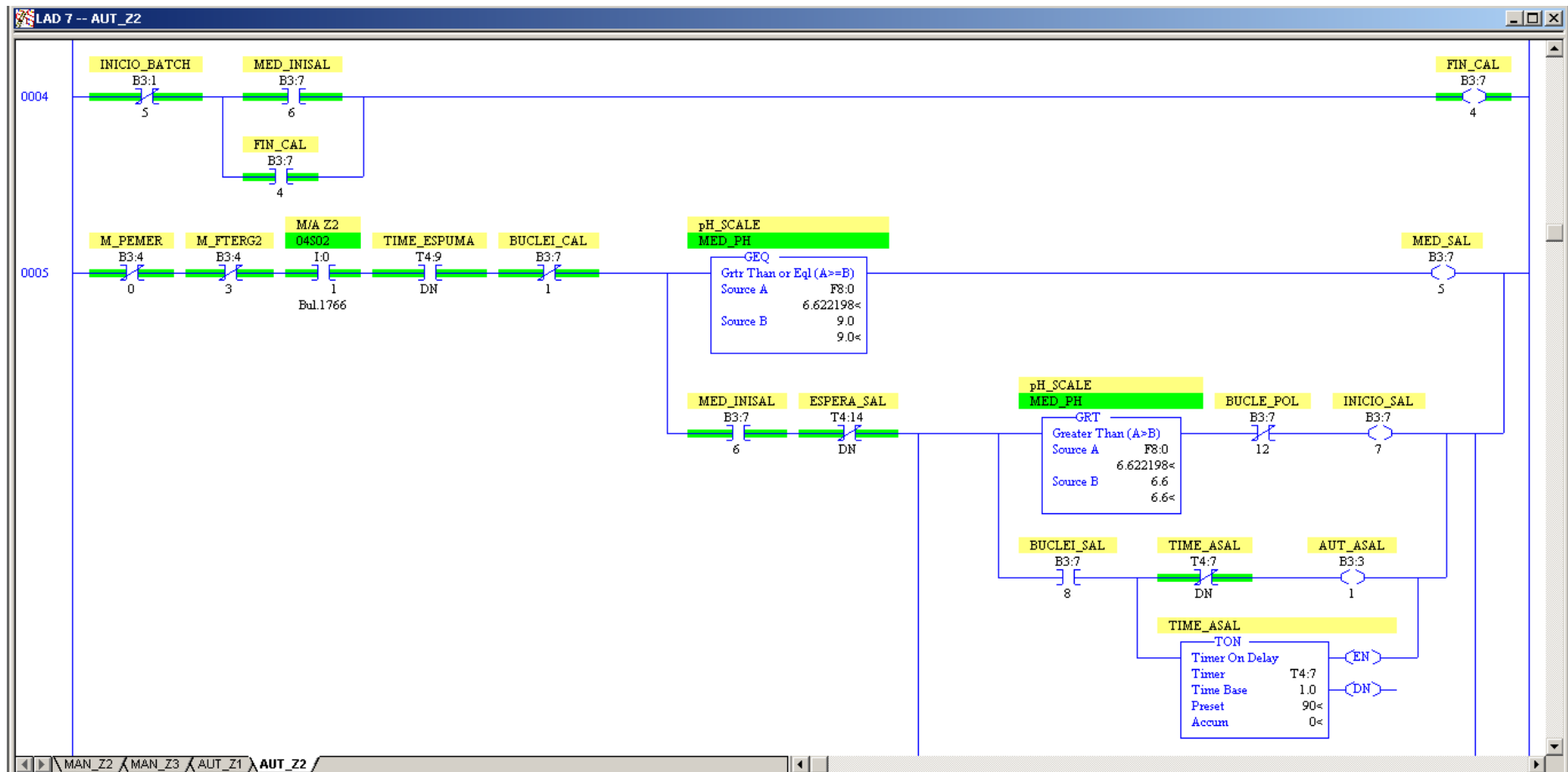


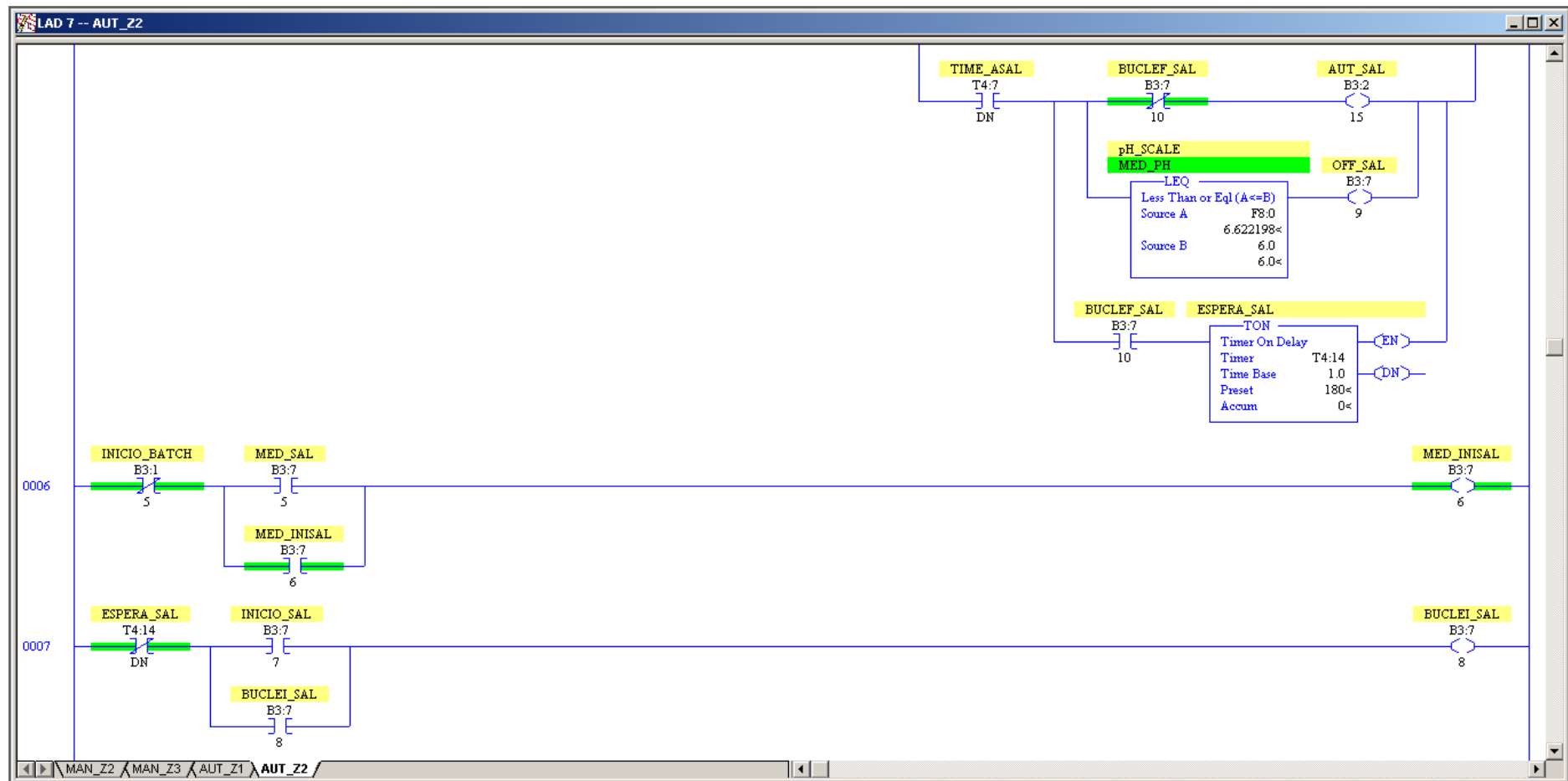


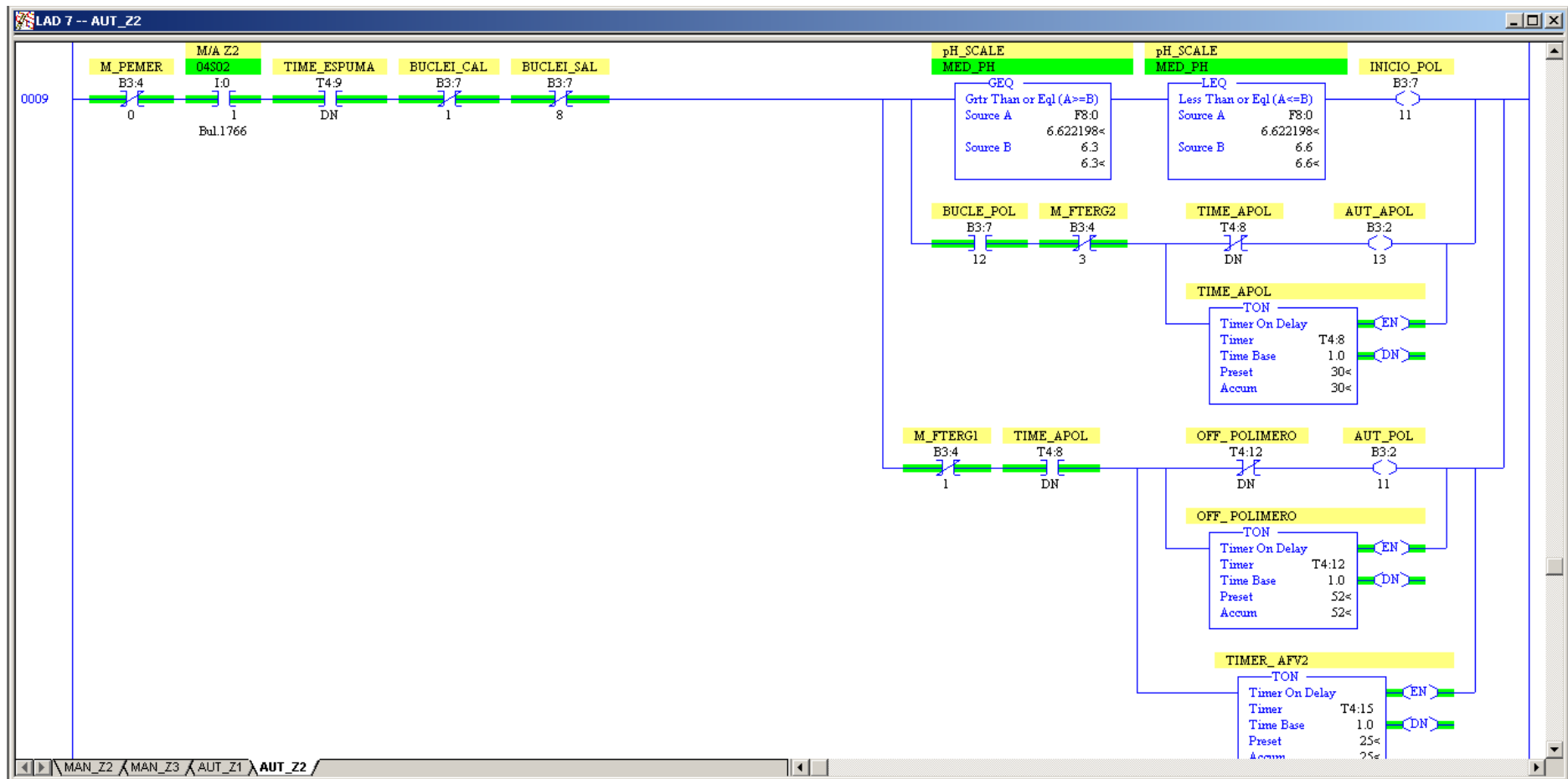


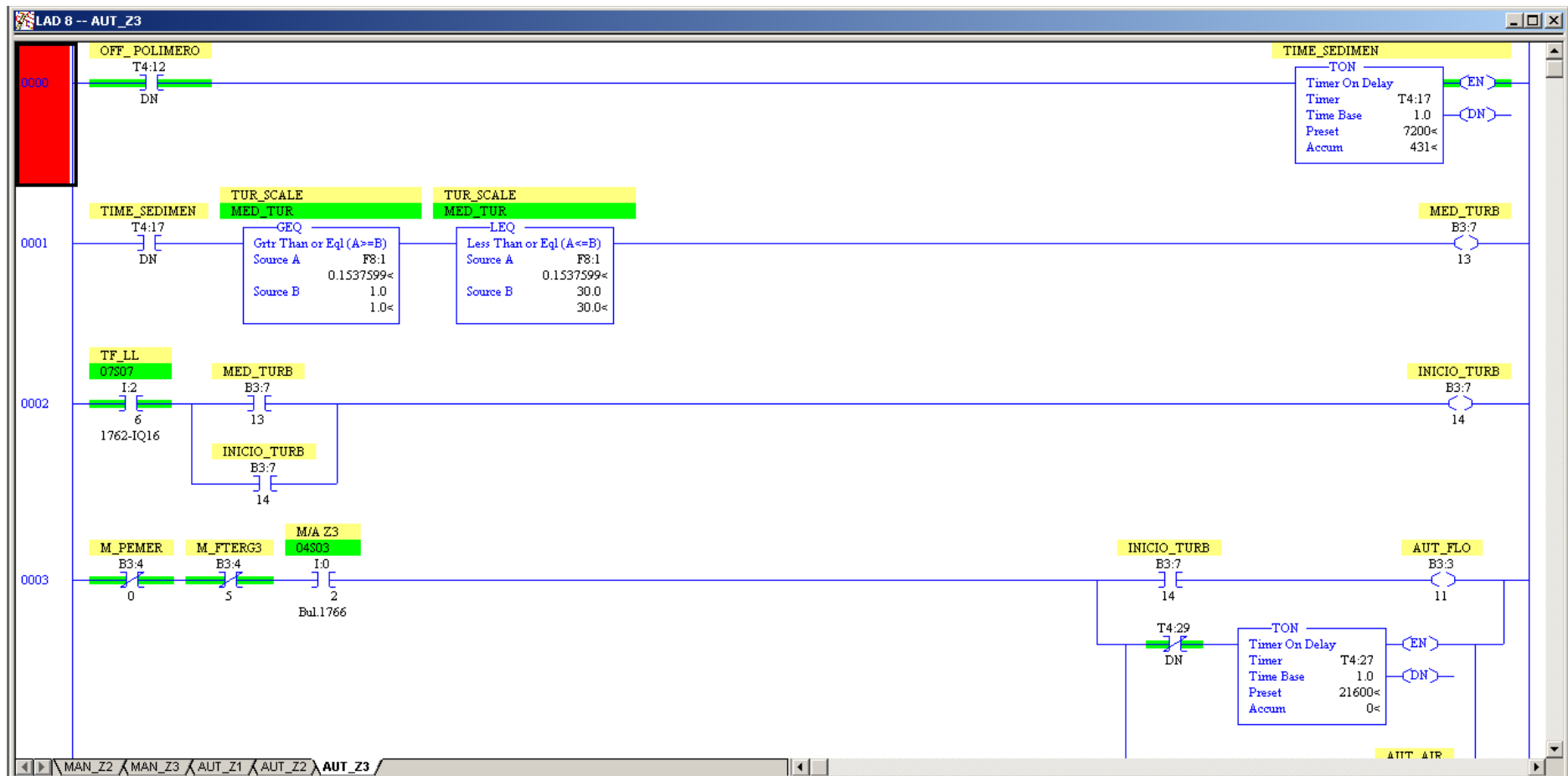


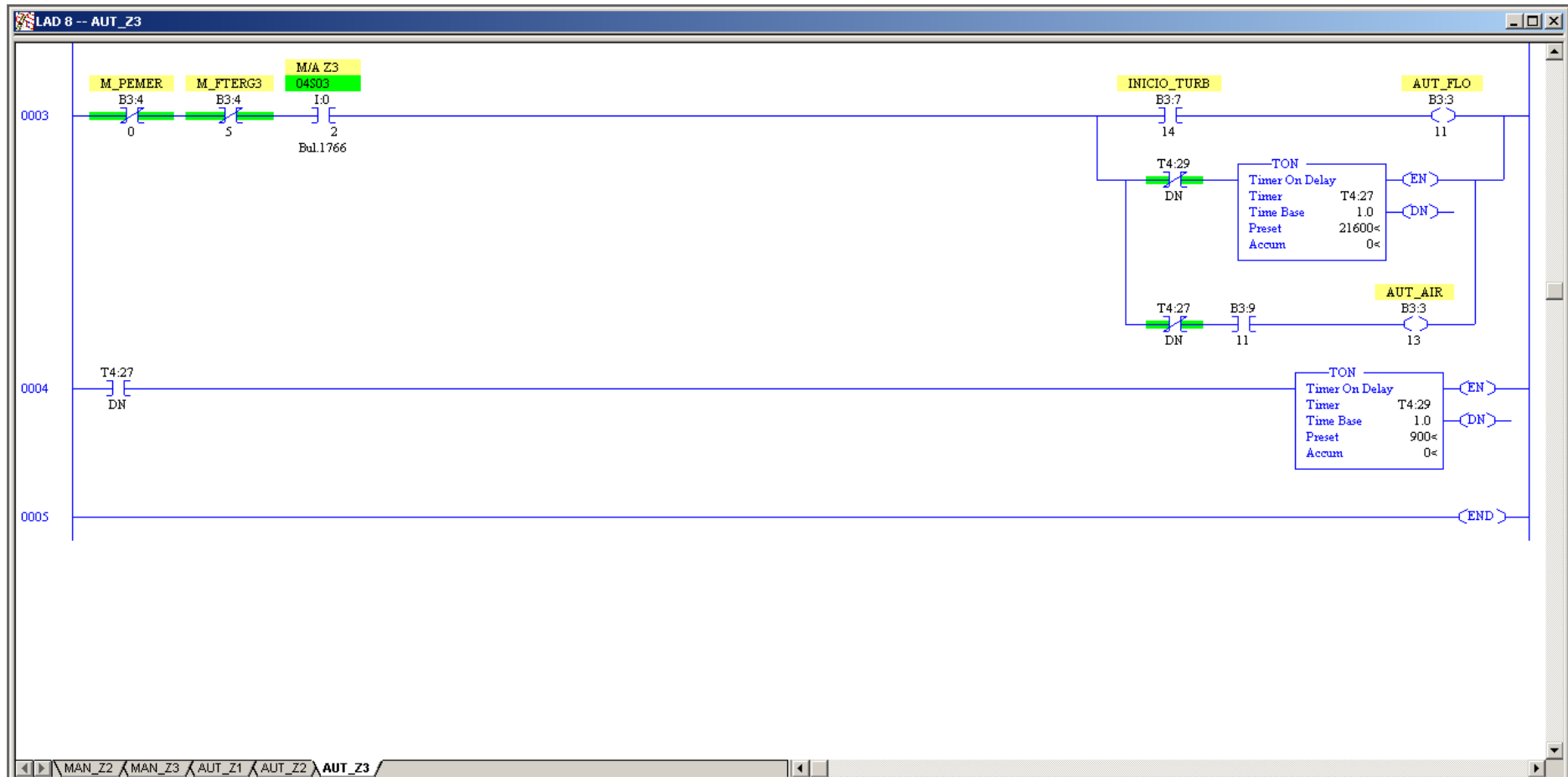


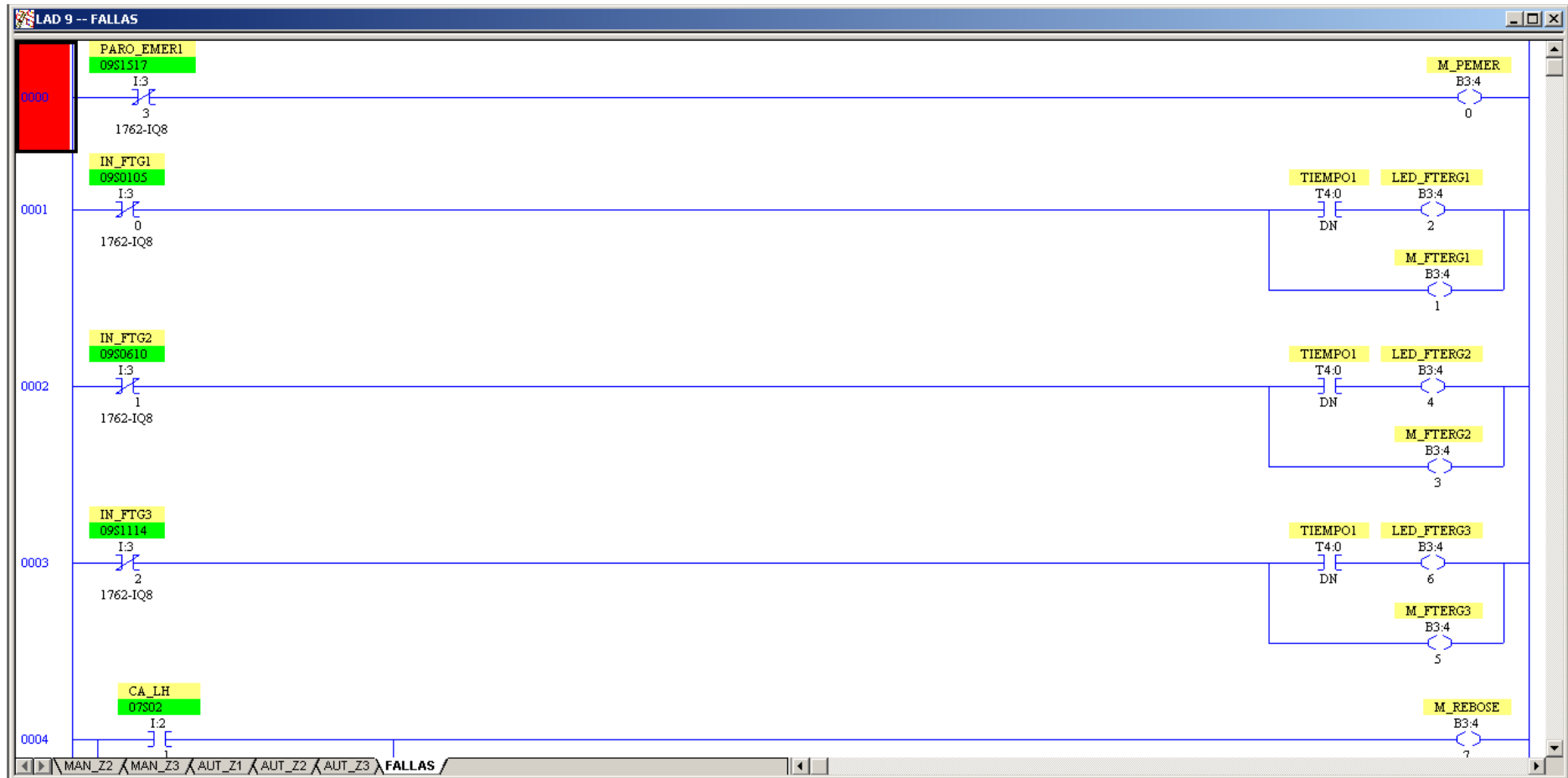


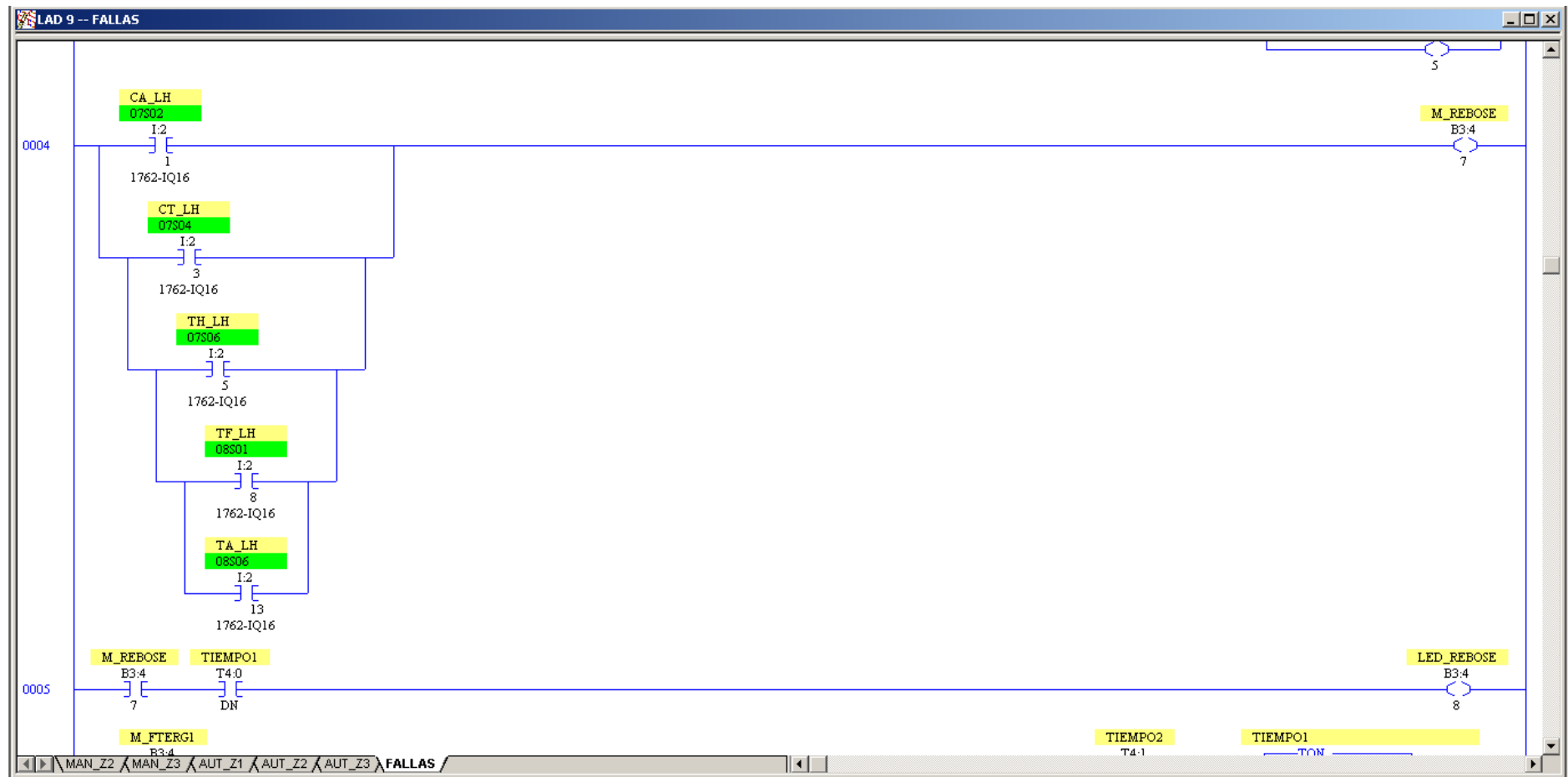


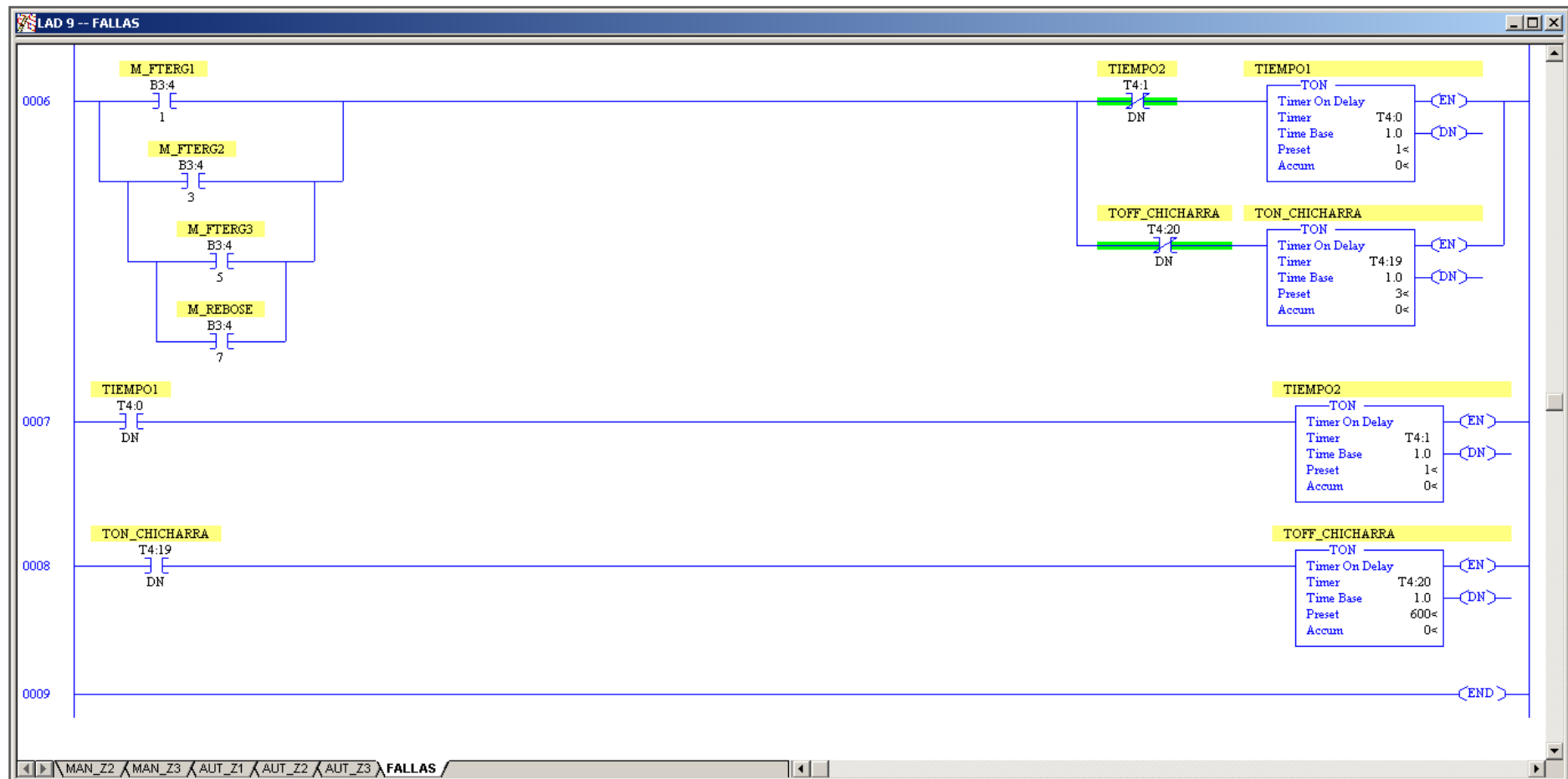


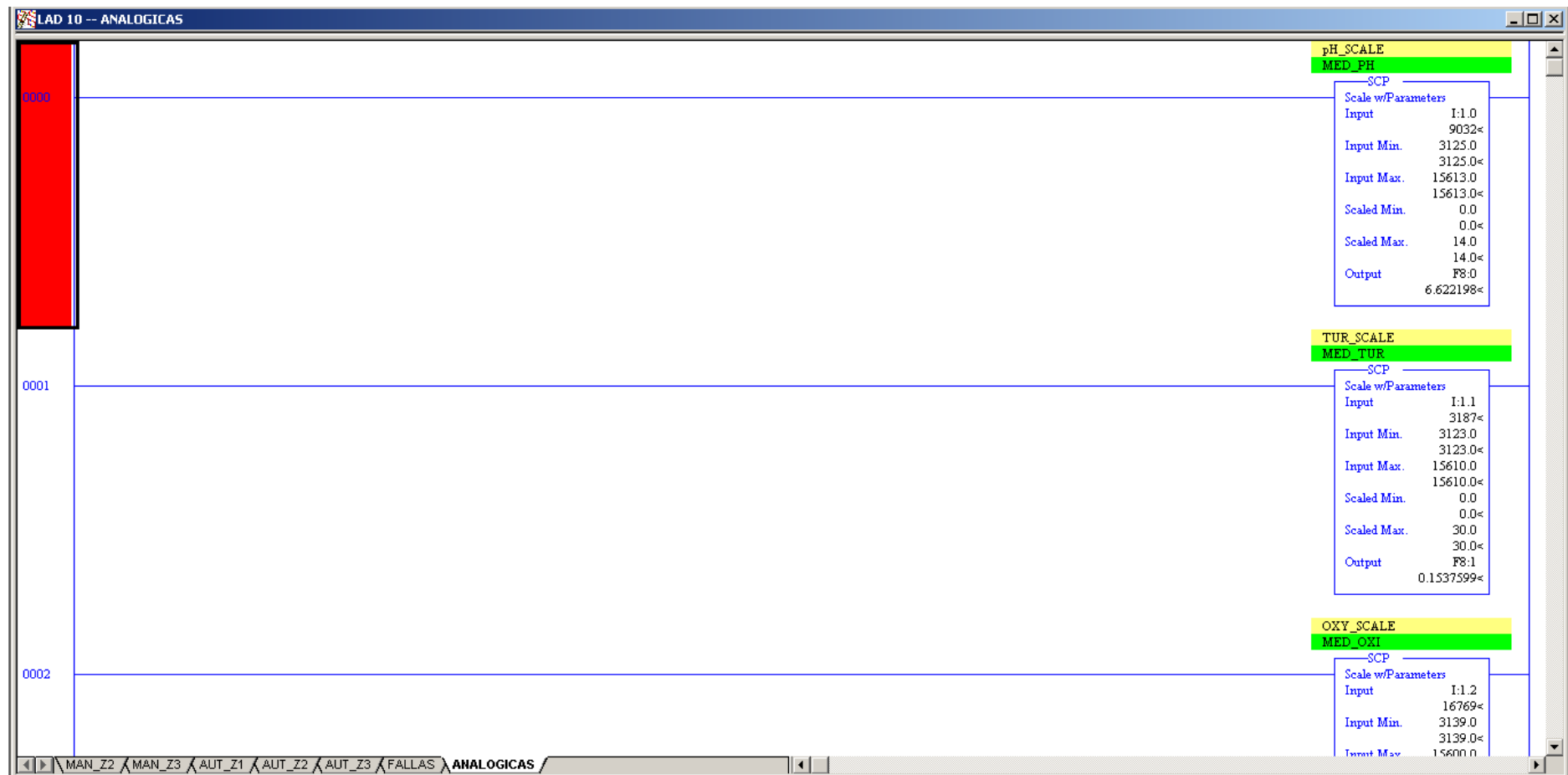


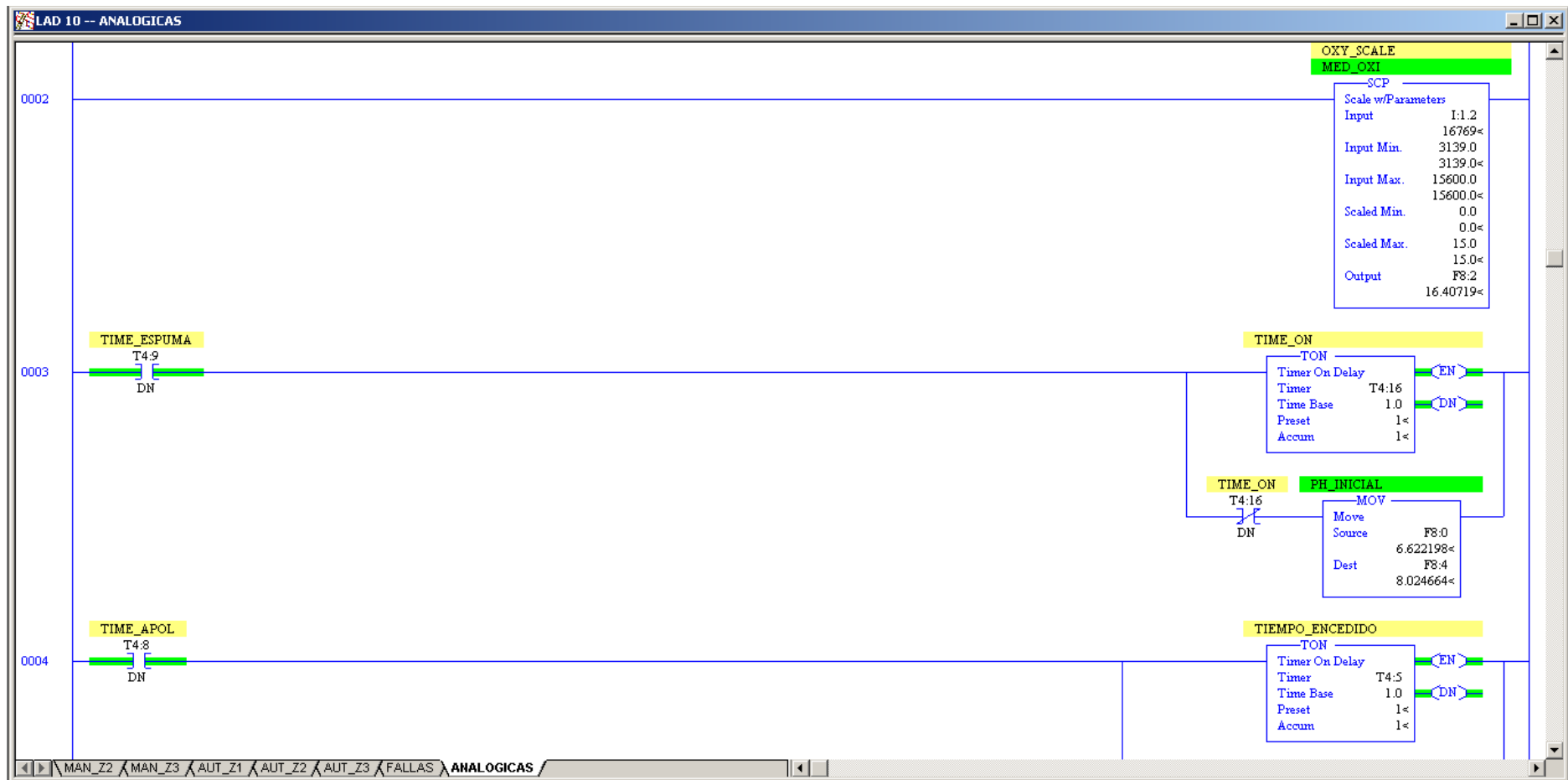


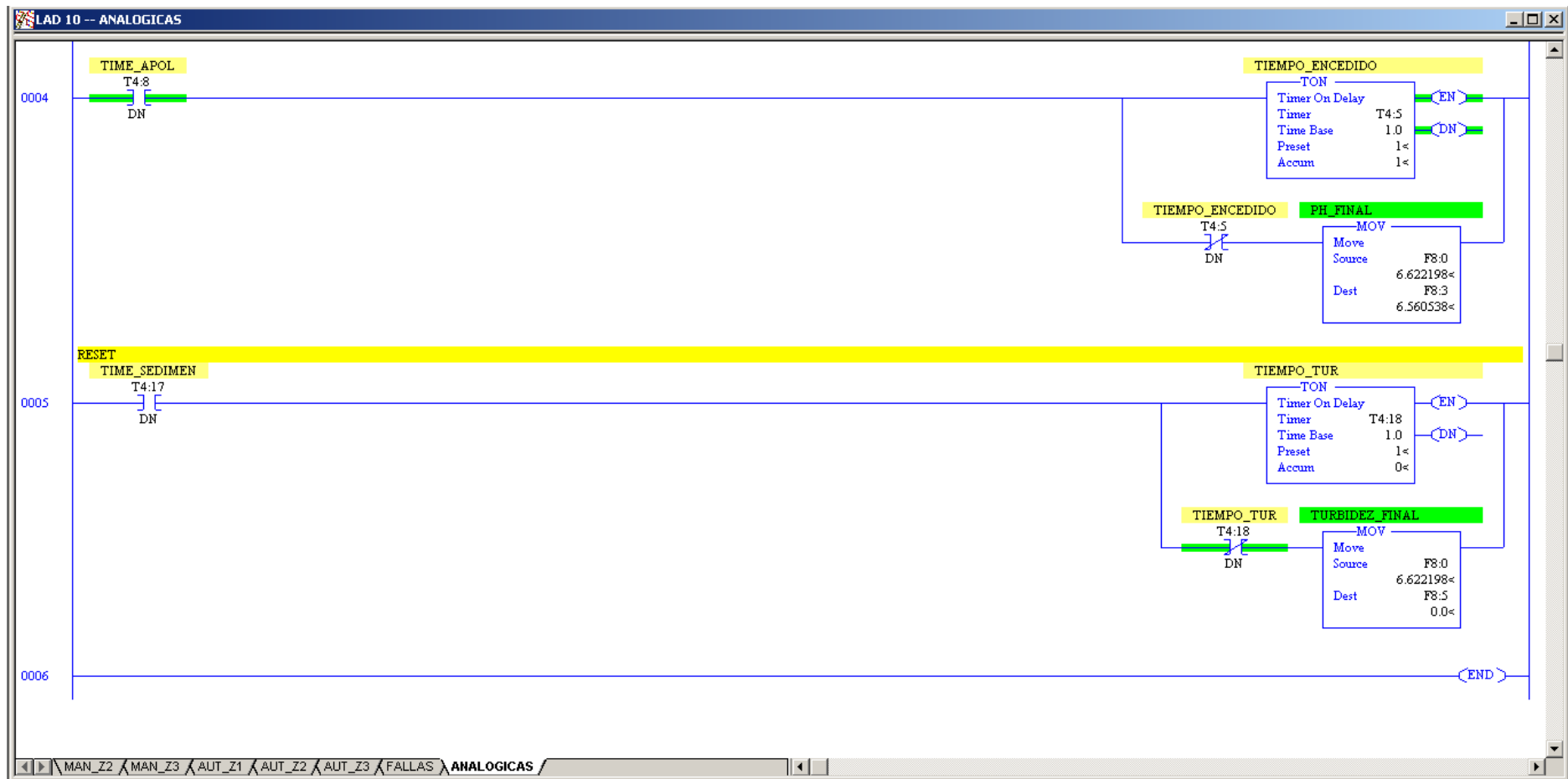


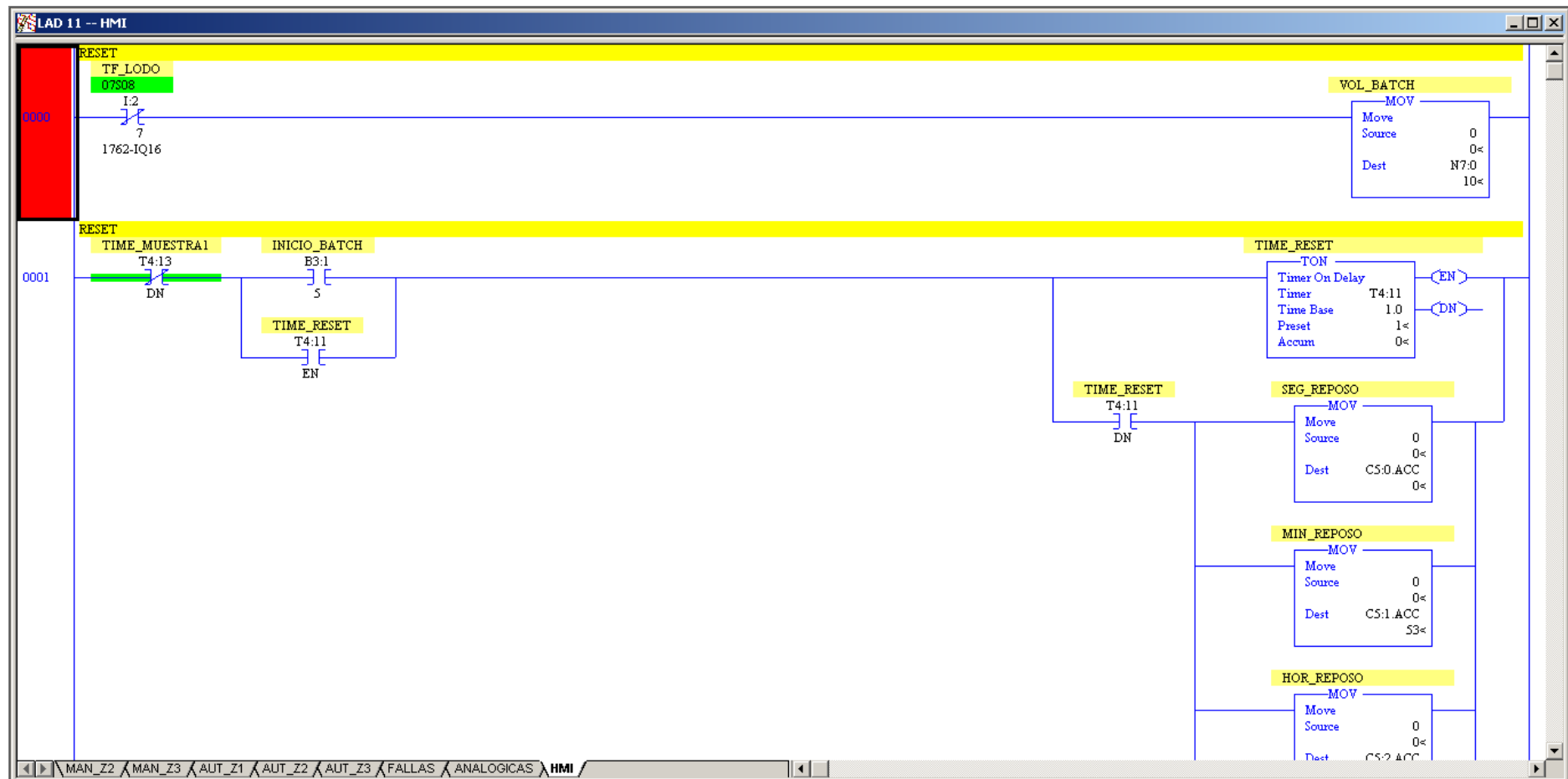


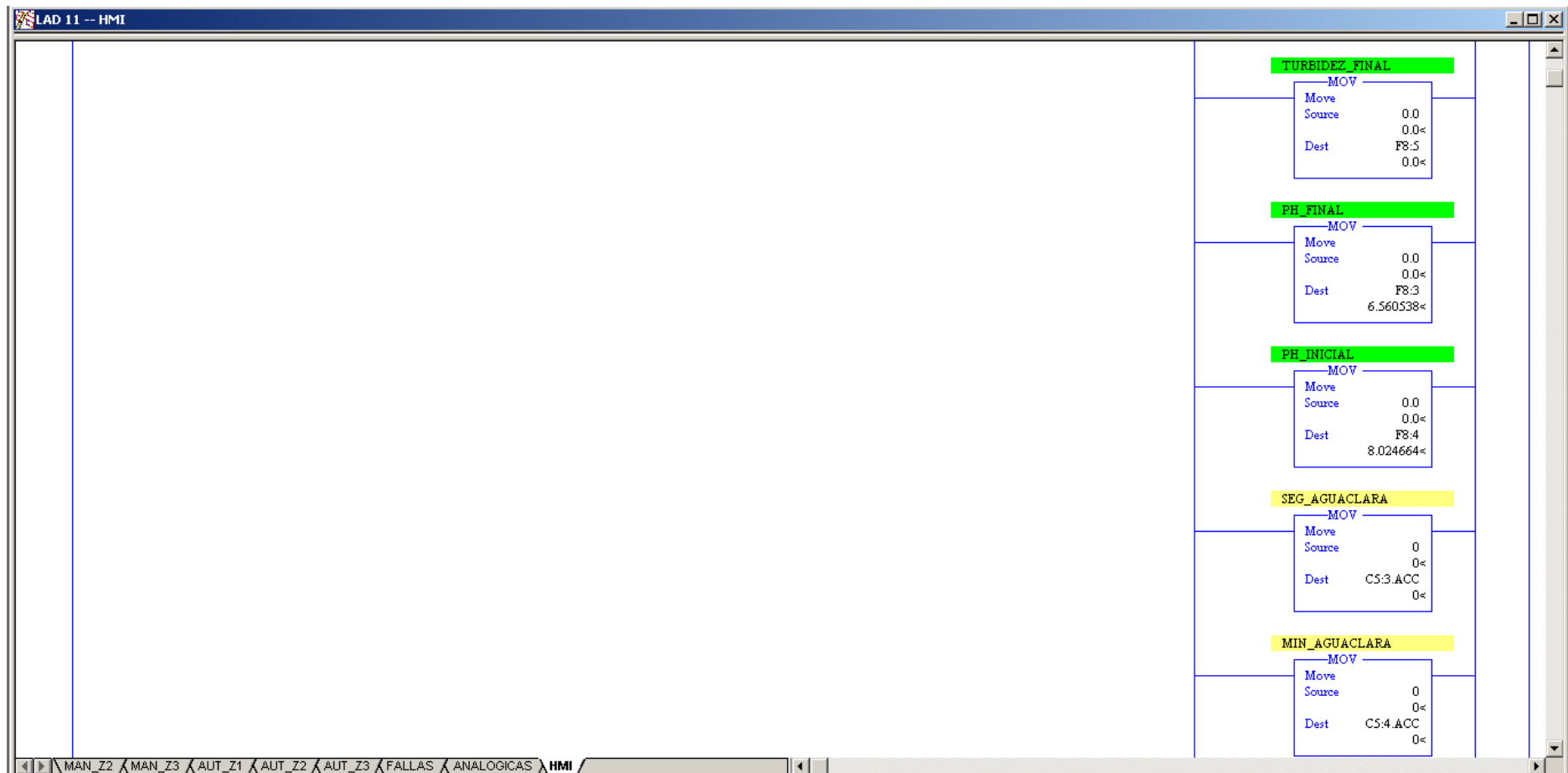


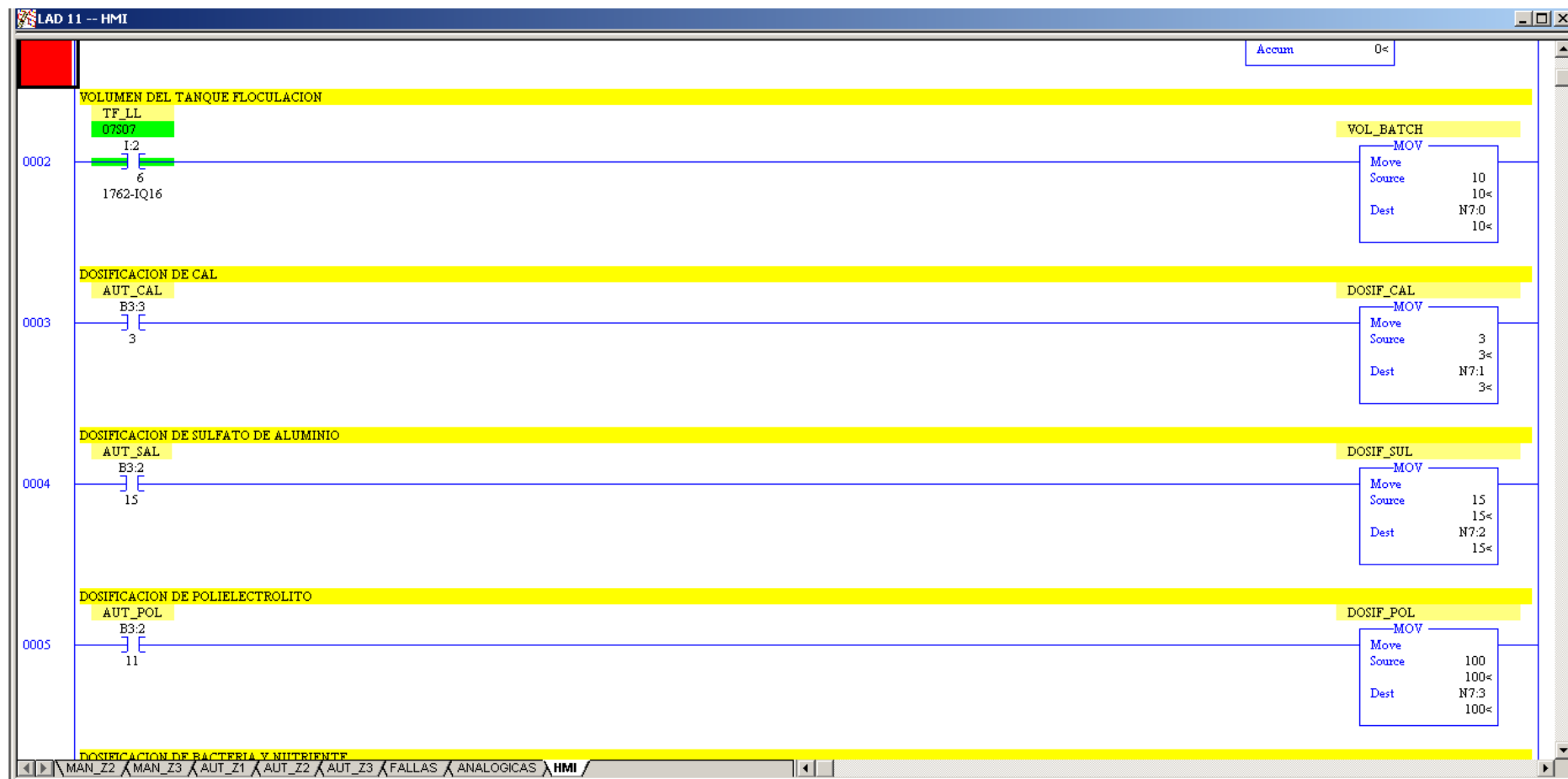


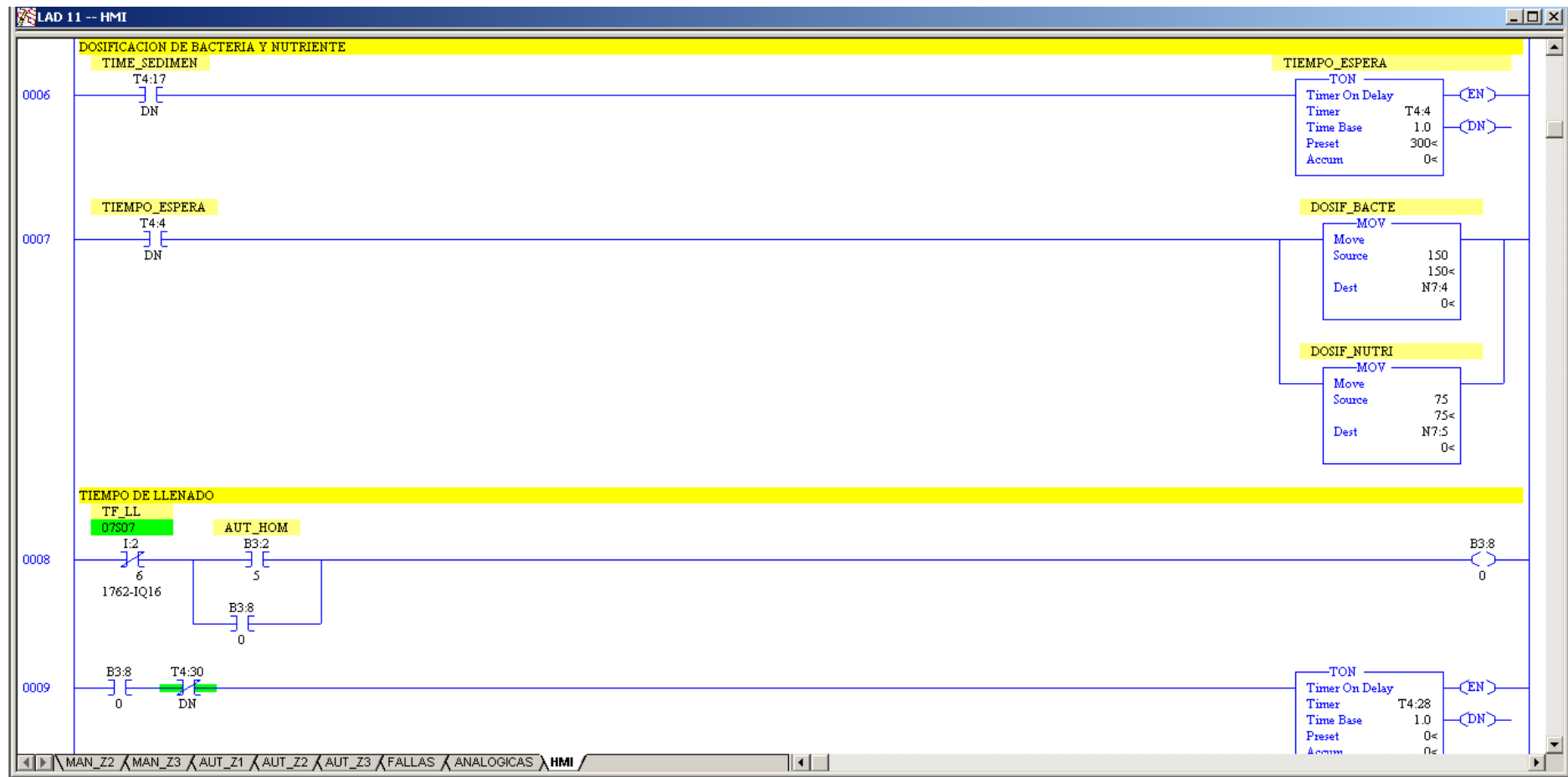


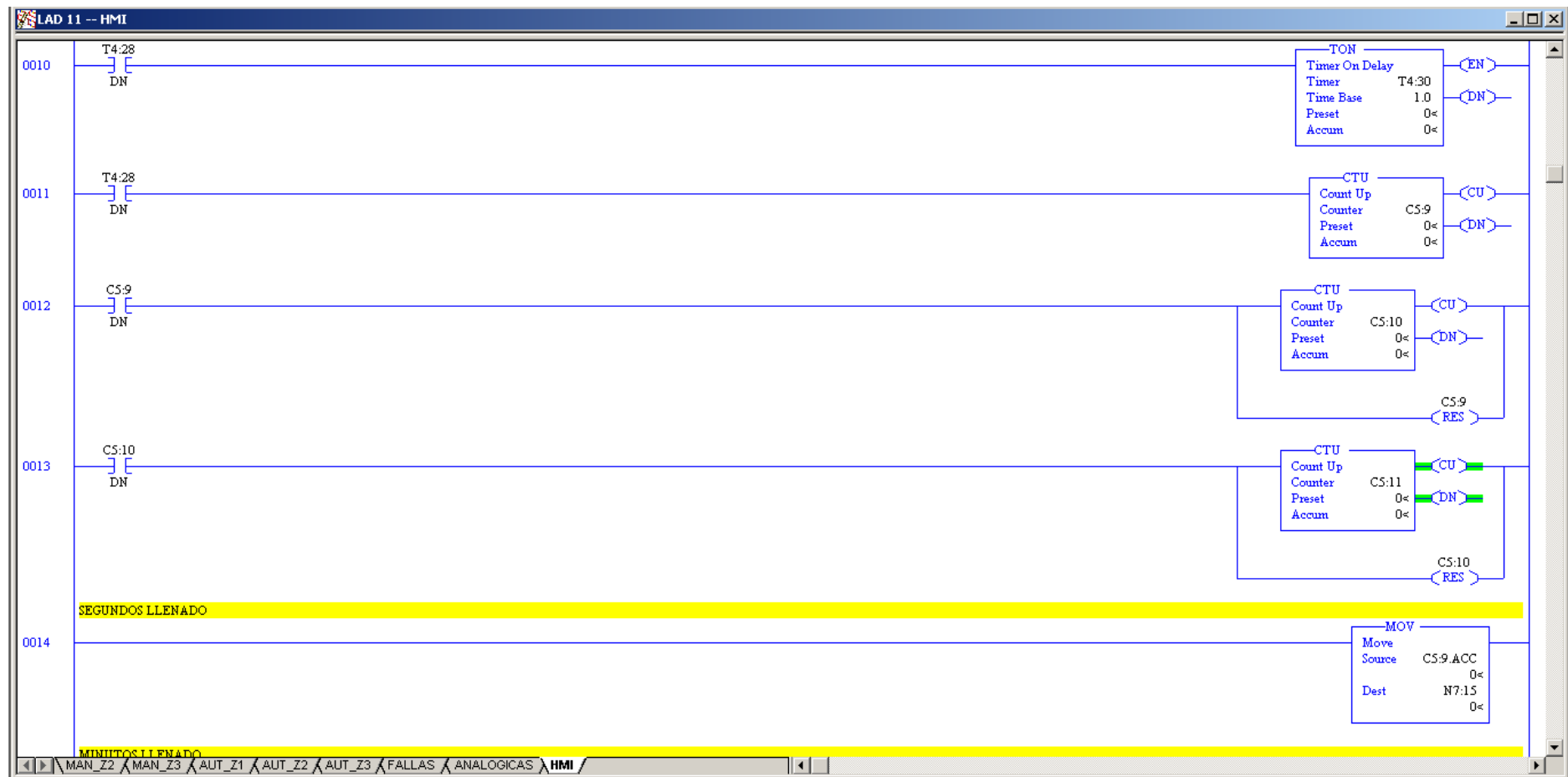




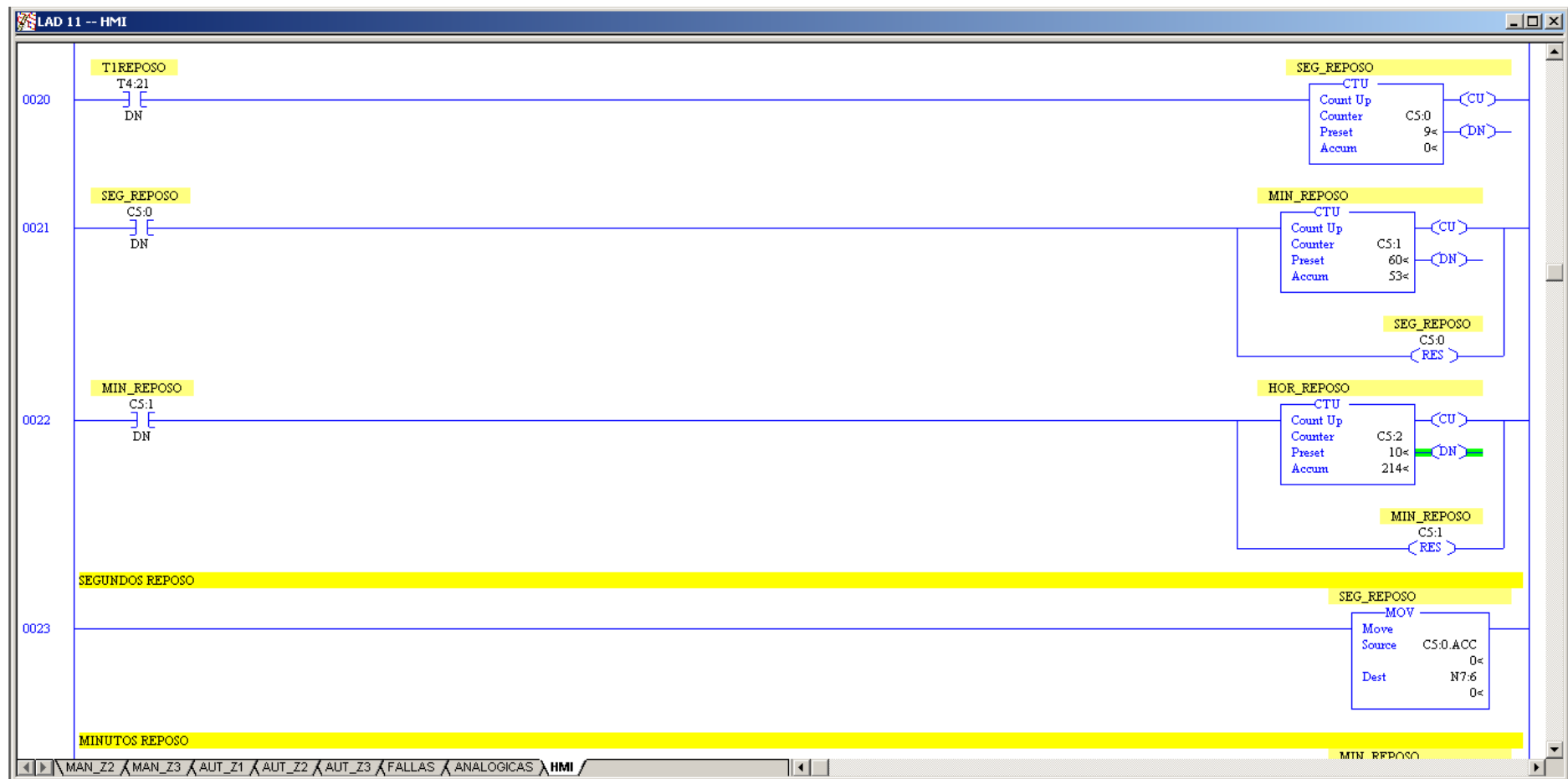


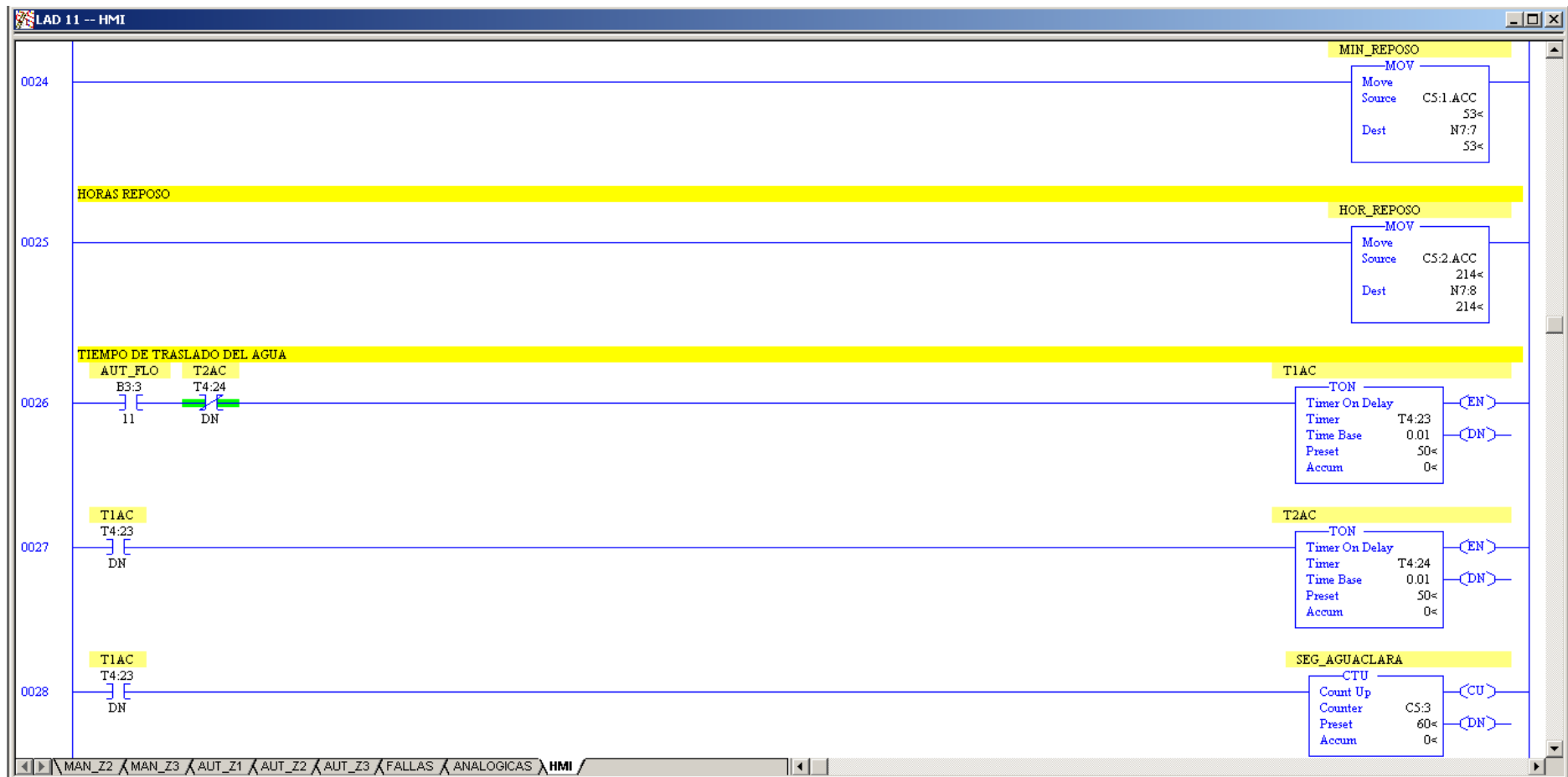


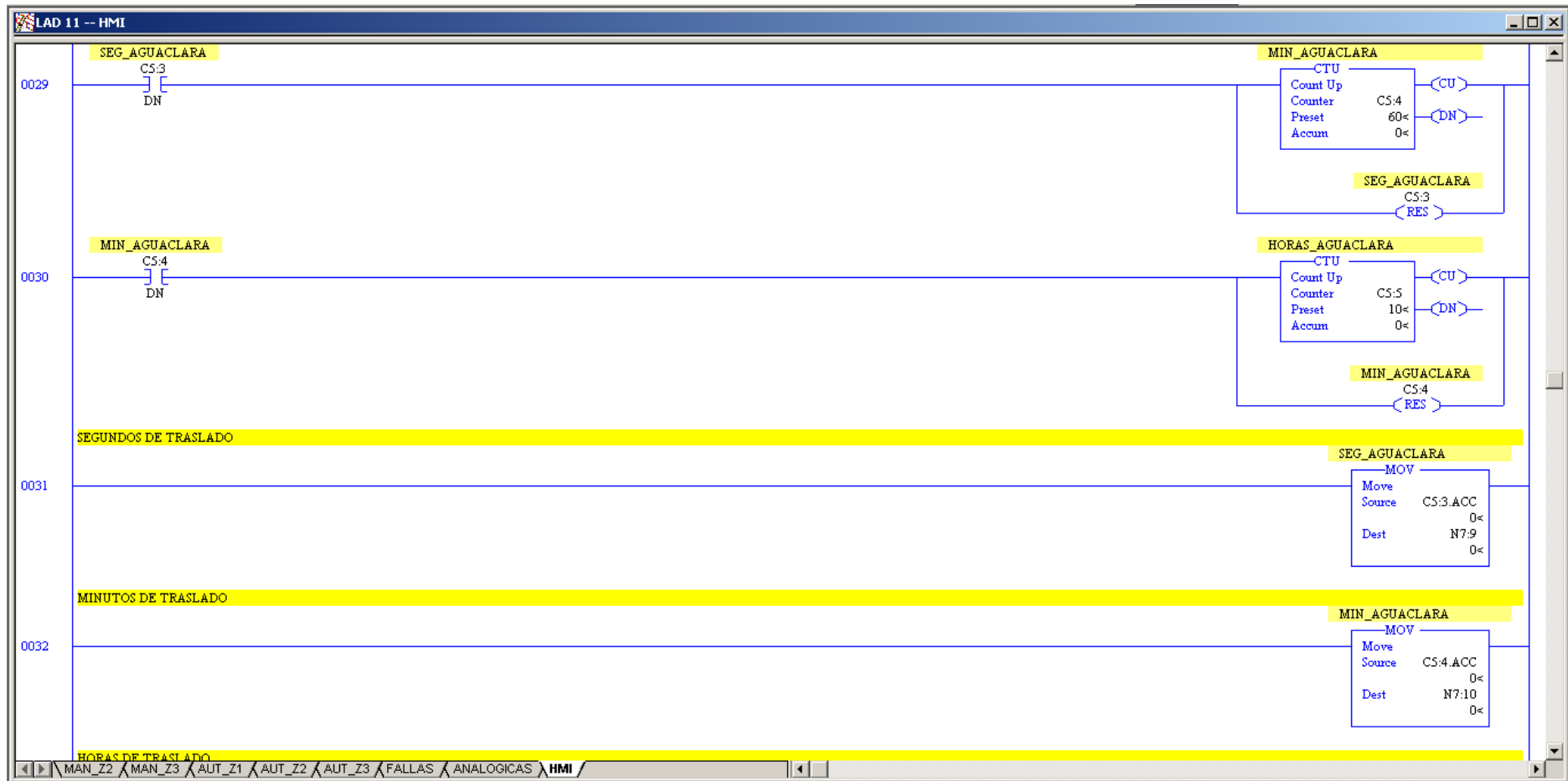


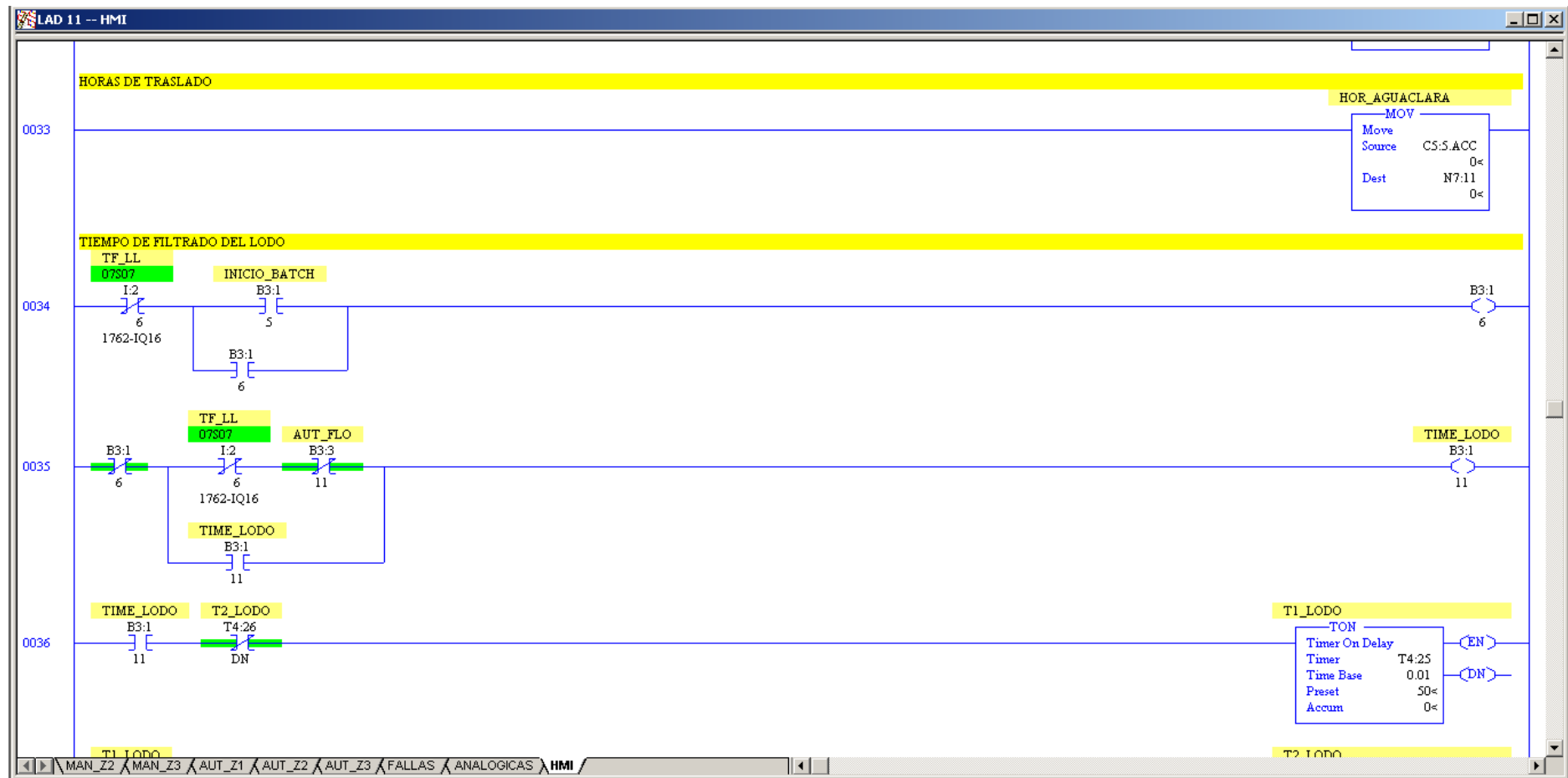


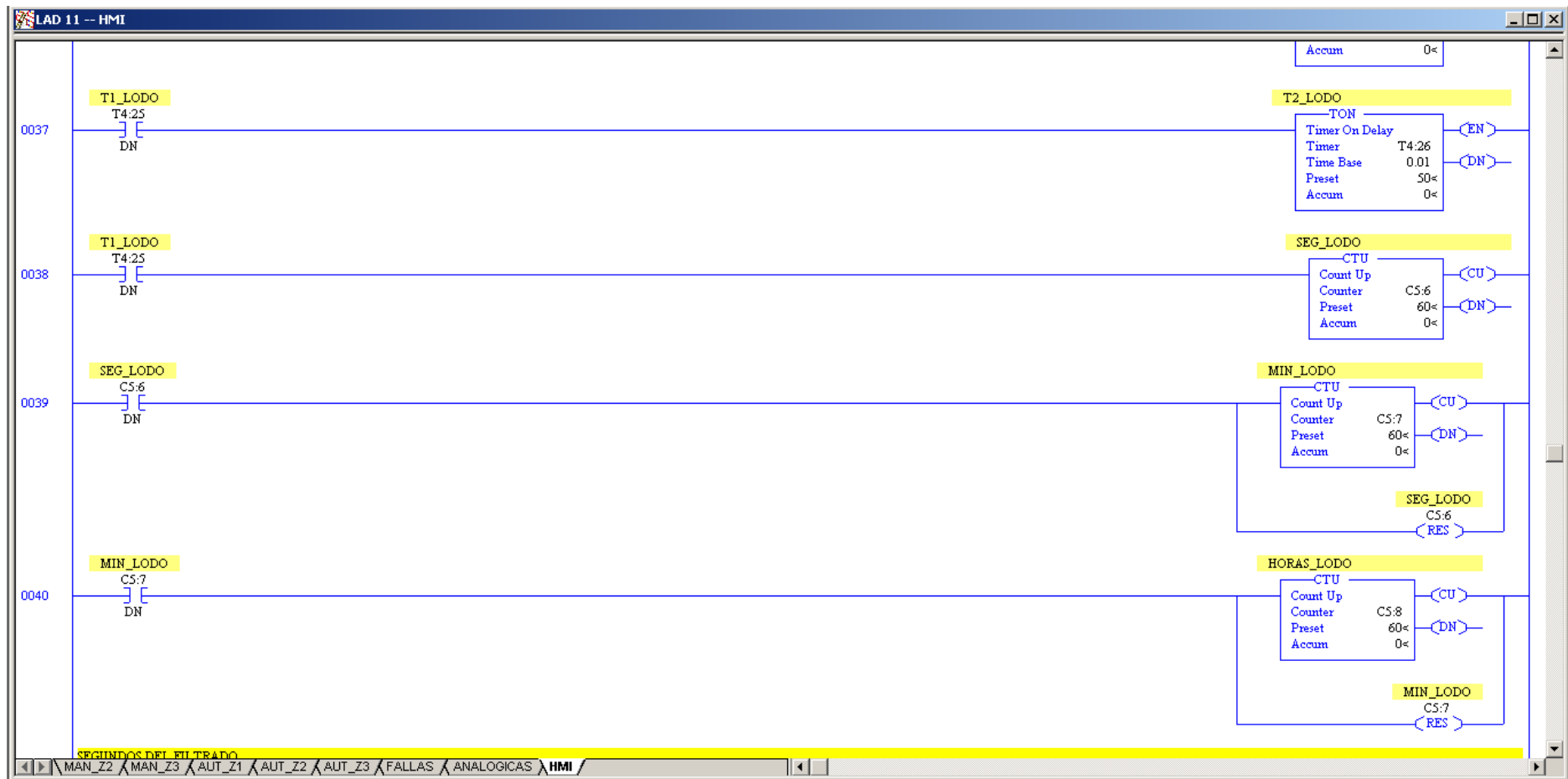












ANEXO 3

Informe del sistema de tratamiento de CARTOPEL

CARTOPEL S.A.I.
ELABORACION DE CARTON CORRUGADO

***PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO FÍSICO
QUÍMICO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES
(SISTEMA DE FLOCULACIÓN – SEDIMENTACIÓN)***

ELABORADO POR:

ING. QCO. LEOPOLDO L. GUERRERO C.

Consultor Ambiental

Registro MAE-445-CI

E- mail: leopoldoguerrero25@hotmail.com

GUAYAQUIL – ECUADOR

NOVIEMBRE 2014

Tabla de contenido

1. Antecedentes
2. Objetivos
3. Descripción de estado inicial del sistema de tratamiento
4. Determinación y actualización de la dosis optima de productos químicos en el tratamiento Físico Químico
5. Operación manual del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales de CARTOPEL S. A. I.
6. Conclusiones y recomendaciones

1.- Antecedentes

La empresa CARTOPEL S.A.I ubicada en la ciudad de Guayaquil (La Prosperina, Av. Primera y Calle Cuarta) consiente que el medio ambiente es un recurso no renovable, se ha visto en la necesidad de evaluar y mejorar su sistema de tratamiento de aguas residuales industriales y así cumplir con lo establecido en las normas y reglamentos vigentes. Dentro de ese contexto a continuación se detalla las actividades desarrolladas para lograrlo.

2.- Objetivo

Actualizar y mejorar el procedimiento de operación y mantenimiento de su sistema de tratamiento de aguas residuales industriales, de acuerdo a las nuevas condiciones de la planta y de la calidad de las aguas residuales industriales generadas diariamente; hasta lograr que las propiedades fisicoquímicas del agua ya tratada se enmarquen dentro de los límites máximos permisibles establecidos en las ordenanzas vigentes y el TULSMA.

3.- Estado inicial del sistema de tratamiento

El sistema de tratamiento antes de dar inicio al trabajo propuesto, tuvo que ser sometido a su mantenimiento preventivo; el cual consistió en pintar cada uno de los elementos que lo conforman (Cárcamo de bombeo, tanque homogeneizador y pre sedimentador, reactor mezclador para floculación y sedimentación, reactor biológico de aireación extendida y sus accesorios, cambio total de los surtidores de aire tipo hongo, el sedimentador secundario y caja de inspección y muestreo que tiene implementado un vertedero triangular para la medición del caudal en la descarga final. Importante mencionar que para mejorar la calidad del agua tratada se implementó un filtro prensa de 52 placas, el mismo que ya está siendo utilizado luego del proceso físico químico.

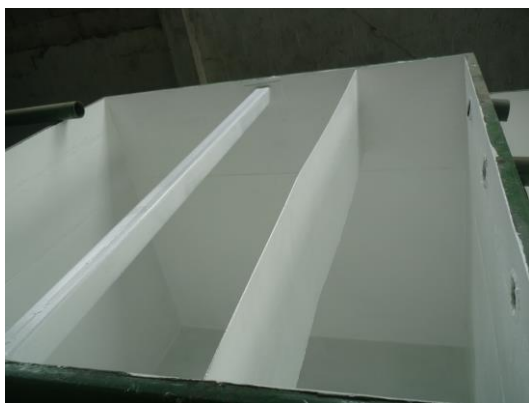
A continuación se grafica mediante fotografías algunas de las mejoras observadas.



Fotografía 1.- Reactor biológico de aireación extendida (antes)



Fotografía 2.- Reactor biológico de aireación extendida (después) en operación



Fotografía 3.- Pre sedimentador secundario



Fotografía 4.- Pre sedimentador secundario-En operación



Fotografía 5.- Pre sedimentador antes del reactor mezclador



Fotografía 6.- Cáncamo de bombeo antes del pre sedimentador

	
Fotografía 7.- Reactor mezclador vista externa	Fotografía 8.- Reactor mezclador vista interna
	
Fotografía 9.- Filtro prensa (52 placas, 20 operativas)	Fotografía 10.- Torta después del filtrado

4.- Determinación y actualización de la dosis óptima de productos químicos en el tratamiento Físico Químico

Para determinar la dosis óptima a utilizarse en el tratamiento físico químico, se realizaron varias pruebas in situ hasta determinar la dosis óptima para el tratamiento físico químico, para ello se utilizaron los tres productos químicos que siempre se han utilizado; estos son la cal, el sulfato de aluminio tipo A o B y un poli electrolito.

En las pruebas se utilizó un agitador magnético y material de laboratorio adecuados. Con los resultados obtenidos durante las pruebas piloto, se llevó a la práctica general dentro del sistema de tratamiento. En estos ensayos se determinaron parámetros como el pH (antes y después), la velocidad de sedimentación y el volumen de sedimento alcanzado. Como referencia tomamos un análisis físico químico inicial realizado por ésta consultoría al agua cruda, el cual se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 1.- Informe de análisis físico químico del agua cruda

Parámetros	Unidad	Agua residual industrial cruda CARTOPEL	Método
Fecha	-	noviembre - 2014	-
pH	-	8,38	4500 H
Sólidos totales	mg/l	760,0	2540 B
Sólidos totales disueltos	mg/l	372,0	2540 C
Sólidos totales suspendidos	mg/l	388,0	2540 D
Sólidos sedimentables	ml/l	ND	2540 E
Color	Pt - Co	28500,0	2120 C
Turbidez	NTU	26400,0	2130 B
DQO	mg O ₂ /l	20900,0	5220 C

Nota: Los diferentes parámetros se realizaron de acuerdo a los Métodos Estándar para análisis de aguas y aguas residuales de la AWWA - APHA 22^a Edición. ND = No determinado por el elevado color de la muestra cruda

Con esta referencia se procedió a realizar varias pruebas en el laboratorio y en campo, con el objeto de determinar la dosis adecuada para el tratamiento físico químico del agua residual generada en la planta CARTOPEL. Los resultados de las pruebas más representativas se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 2.- Informe de análisis determinación de la dosis óptima

Nº de jarra	J1	J2	J3	J4	J5
Parámetro					
Volumen de muestra (ml)	1000	1000	1000	1000	1000
Peso de floculante – Sulfato de aluminio – Tipo A (g)	1	1,5	2,0	2,5	3,0
Peso de alcalinizante – Cal (g)	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5
Volumen de poli electrolito (ml)	10	10	10	10	10
Tiempo de formación del flor (segundos)	15	15	15	15	15
pH inicial	8,38	8,38	8,38	8,38	8,38
pH final	-	-	6,3	6,9	6,9
Turbidez inicial (NTU)	26400	26400	26400	26400	26400
Turbidez final NTU)	-	-	5,5	6,0	12
Color inicial (Pt-Co)	28500	28500	28500	28500	28500
Color final (Pt-Co)	28500	20000	15	7,0	10
Tiempo de sedimentación (minutos)	30	30	30	30	30
Volumen de sedimento (ml)	950	600	550	600	650

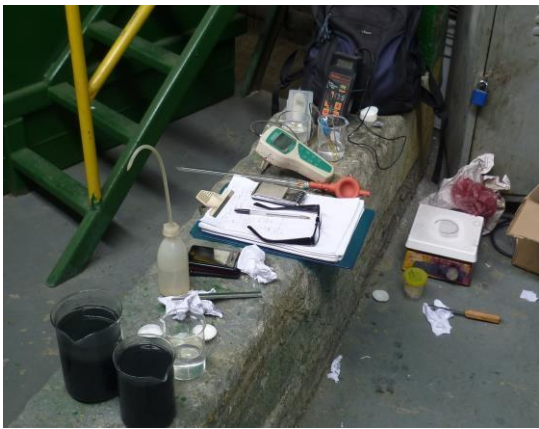
Nota: Sulfato de aluminio tipo A, Cal P-24 y Poli electrolito (Provisto por SERCHEM S.A) – lote 731014 Los valores iniciales que se toman como referencia corresponden a los detallados en la Tabla 1.

Las pruebas de velocidad de sedimentación de las jarras más representativas se detallan a continuación

Tabla 3.- Informe prueba de sedimentación jarras aceptables

Jarra 3						
Volumen	1000	650	550	450	450	400
Tiempo	12H07	12H17	12H30	13H07	13H50	14H30

Jarra 4				
Volumen	1000	600	500	450
Tiempo	12H23	13H07	13H50	14H30



Fotografía 11.- Pruebas piloto para determinar la dosis optima



Fotografía 12.- Pruebas piloto para determinar la dosis optima



Fotografía 13.- Pruebas en el reactor con la dosis optima establecida (3,5 Kg de cal, 17 Kg de sulfato de aluminio, 100 litros de poli electrolito aprox.)



Fotografía 12.- Resultados de las pruebas piloto para determinar la dosis optima (noviembre 2014)

5.- Operación manual del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales de CARTOPEL S. A. I.

El sistema de tratamiento de aguas residuales industriales de CARTOPEL S.A.I., utiliza cal, sulfato de aluminio y poli electrolito, para realizar la operación de floculación - sedimentación de las aguas de tinta; y bacterias y nutrientes específicos para el tratamiento biológico por aireación extendida.

Importante mencionar que los productos químicos utilizados en las pruebas piloto y en el tratamiento mismo, se encuentran en estado sólido; por ello, antes de ser agregados al sistema de tratamiento fueron disueltos con agua potable para mejorar su reacción y eficacia.

Inicio de la operación del sistema de tratamiento

Antes de iniciar un batch, el operador verificará lo siguiente:

1. Comprobar que el tanque de homogeneización se encuentre con suficiente cantidad de agua para poder ser transferida al reactor mezclador.
2. Llenar el reactor mezclador (tanque de floculación) hasta nivel alto (sobre las paletas de mezclador).
3. Encender el agitador del reactor mezclador a velocidad alta, por lo menos unos 10 minutos antes de agregar los productos químicos.
4. Determinar el pH del agua a tratar (dato imprescindible para la dosificación de la cal y el sulfato de aluminio)

Preparación y dosificación de cada uno de los productos químicos

Las cantidades de producto químico que a continuación se detallan son las que se determinaron durante las pruebas piloto (volumen 1 litro) y que luego fuera necesario prorratearlas para el volumen total del reactor (Aprox. 10 m³). Ver prueba de tratabilidad (jarras 3 o 4)

Importante tomar en cuenta que como los productos químicos que se utilizan en el tratamiento, se encuentran en estado sólido, éstos deberán ser disueltos con agua potable antes de ser agregados introducidos en el mezclador.

Como alcalinizante se utiliza la **Cal P-24**; para ello:

1. Pesar 3 kg de cal P-24. Con esta cantidad se elevará el pH del agua hasta 8,5 o 9,0. Importante mencionar que la cantidad de cal está determinada por el pH inicial del agua cruda a tratar.
2. Colocar la cal dentro de un balde plástico y lentamente agregar una cantidad adecuada de agua para iniciar la disolución. Cuando ya se observe una mezcla consistente agregar más agua, para luego verterla dentro del reactor que se encuentra en operación.
3. Mantener una agitación constante durante unos 5 minutos o hasta que se encuentre listo el sulfato de aluminio.

Como coagulante se utiliza **Sulfato de aluminio tipo A o B** sólido

1. Pesar 20 kg de sulfato de aluminio tipo A o B.
2. Disolverlo con agua potable en un balde plástico y luego agregarlo al mezclador. Importante mencionar que el sulfato de aluminio deberá ser disuelto lo más pronto posible ya que de no hacerlo se sedimenta en el balde y se vuelve una masa sólida difícil de disolver.
3. Agregarlo al mezclador manteniendo la misma velocidad de mezcla utilizada para la cal.

Como agente coadyuvante de la floculación se utiliza un **Poli electrolito (polímero aniónico)** de alto peso molecular y carga media (Proveedor SERCHEM S.A.).



1. Pesar 500 gramos de poli electrolito y disolverlos previamente en el tanque de 500 litros de capacidad, de acuerdo al siguiente procedimiento:
2. Dentro del tanque de PVC de 500 litros colocar 250 litros de agua potable y luego encender el mezclador eléctrico. Los 500 g de poli electrolito pesados anteriormente, adicionarlos lentamente dentro del tanque; a la vez que, se va completando el volumen final de 500 litros. Continuar agitando hasta su disolución completa, luego de lo cual se deja reposar entre 30 minutos a una hora para activar y madurar el polímero. En el momento de preparar el polímero, no se debe agregar demasiada cantidad del mismo ya que se pueden formar grumos de difícil disolución.
3. Esta operación se la deberá realizar con 24 horas de anticipación debido a las características propias del poli electrolito.

Importante mencionar que luego de agregarse los tres productos químicos dentro del mezclador, se deberá mantener un tiempo de agitación mínimo de 3 minutos y máximo de 5 minutos en cada batch.

Como complemento al tratamiento físico químico, el sistema cuenta además con un reactor biológico de aireación extendida cuya fuente principal es un blower (aireador) de 4,5 Hp. Dentro de este reactor se agrega una masa de **Bacterias (Q. Biotreament)** y **nutrientes específicos (NPK)** como alimento para el desarrollo de la masa bacteriana que ayudara al consumo de la materia orgánica disuelta que aun contiene el agua que sale del mezclador (tratamiento físico químico).

Su preparación consiste en pesar 75 g de bacterias y 150 g de NPK por cada batch producido. Cada uno de los productos mencionados anteriormente se diluye por separado en un galón de agua. Esta operación se realiza para que los productos mencionados anteriormente se acondicionen o activen en un periodo de dos horas, luego de lo cual son agregados al tanque de aireación.

6.- Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Para llevar a efecto la automatización del sistema de tratamiento, este deberá contar con ciertos elementos electrónicos imprescindibles; uno de ellos es un lector de pH en línea, el cual determinará el pH inicial y final del agua a tratarse. La suspensión de cal mantiene una relación directa con el pH final antes de que se agregue el sulfato de aluminio y el poli electrolito; por ello el lector del pH en el proceso es imprescindible. El pH inicial ($< 8,5$ a $9,0$ - antes del proceso de tratamiento) determinará si es necesario o no la adición de cal y en qué proporción. El pH final en cambio será el obtenido luego de la adición de cal, el cual será de $8,5$ a $9,0$.

Luego de lograr esta condición se procederá a la adición del sulfato de aluminio y el poli electrolito en la dosis establecida en las pruebas piloto Tabla 3 (Jarra 3 o Jarra 4). Durante la ejecución de las diferentes pruebas realizadas in situ a nivel piloto; y directamente, dentro del sistema de tratamiento, se lograron resultados satisfactorios; tanto en la remoción del color, la turbidez, sólidos en suspensión y de materia orgánica(DQO).

Si algunas pruebas no resultaron adecuadas o satisfactorias dentro del mezclador sedimentador se debieron probablemente a condiciones tales como falta de tiempo de mezcla, mala disolución del sulfato de aluminio o la falta de poli electrolito, lo cual se ha ido corrigiendo satisfactoriamente en cada uno de las pruebas realizadas posteriormente. Inclusive con la puesta en marcha y operación del filtro prensa se ha logrado mejorar las condiciones del efluente final (DQO 450 mg/l , color 12 Pt-Co , turbidez 5 NTU).

Recomendaciones

Cada uno de los productos químicos utilizados dentro del proceso de tratamiento, deberán ser manejados de acuerdo a lo sugerido por el fabricante o proveedor en su ficha técnica. Esto implica la dotación de los elementos de protección personal con los cuales el operador deberá contar (guantes de polietileno, mascarilla para polvos, gafas, etc.).

Para lograr un control adecuado del pH y temperatura antes y después del tratamiento físico químico, se deberá contar mínimo con un medidor de pH; además de una balanza adecuada para el peso de la masa de las bacterias y los nutrientes.

De acuerdo a las pruebas de laboratorio, las características fisicoquímicas del agua tratada (salida del filtro prensa), cumplen con lo establecido en el TULSMA, en tal virtud se sugiere que dichas aguas puedan ser descargadas al sistema de alcantarillado sanitario del sector.

Se sugiere además que la descarga del filtro prensa puede ser direccionada al sistema de alcantarillado sanitario del sector a través de una caja de recolección que será construida cerca del mismo.

Durante las visitas de campo al sistema de tratamiento, se pudo observar una mancha de aceite dentro del cárcamo de recepción de las aguas que salen del proceso. Esto deberá ser investigado y corregido de manera inmediata ya que esto alterara el proceso de floculación y sedimentación dentro del sistema.

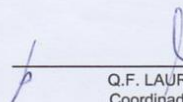
Ing. Leopoldo Guerrero Carrión
Consultor Ambiental

ANEXO 4

Informes mensuales del laboratorio Grupo Químico Marcos

Guayaquil, 1 DE ABRIL DEL 2015

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 19/03/2015 10:30 Guayaquil
Fecha y Hora de Recepción: 19/03/2015 13:07
Punto e Identificación de la Muestra: Efluente de la planta de tratamiento de AARR.
Norma Técnica de muestreo: PG-QQM-09 AGUAS
Matriz de la muestra: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Muestreado por: GRUPO QUIMICO MARCOS C. LTDA
Muestreador: AV
Tipo de Muestreo: Compuesto
10:30 A 11:30
Coordenadas Geográficas: 17M0618128 - 9763010

MEMORIA FOTOGRAFICAQ. F. FERNANDO MARCOS V.
Director TécnicoQ.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

MC2201-07

CARTONES NACIONALES CARTOPEL

Representante Legal: SIMON GAVINO RAFAEL JONY
Km 6 ½ Vía Daule Av. Primera S/N y Calle Cuarta
Guayaquil, Tel. 2-265505
Atención: Ing. Juan Santos.
Tipo de Industria 2102

Guayaquil, 1 DE ABRIL DEL 2015

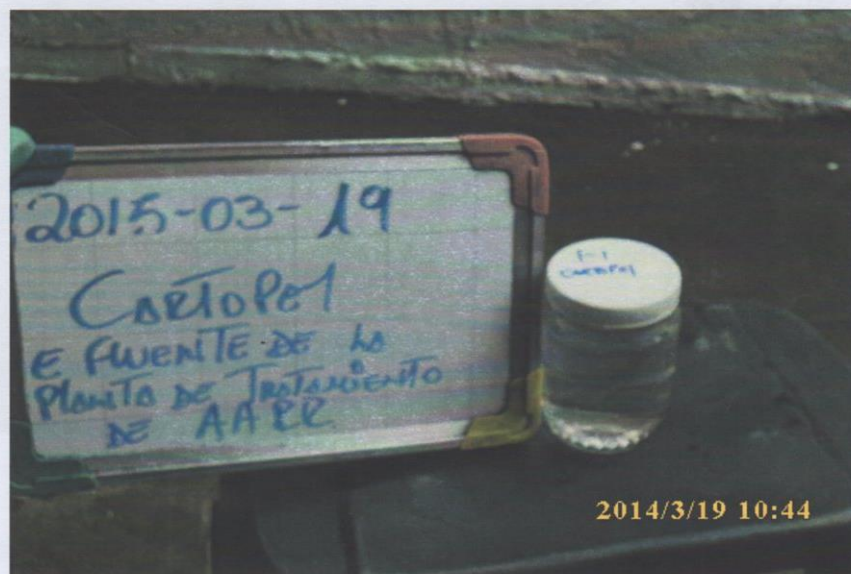
Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 19/03/2015 10:30 Guayaquil
Fecha y Hora de Recepción: 19/03/2015 13:07
Punto e Identificación de la Muestra: Efluente de la planta de tratamiento de AARR.
Norma Técnica de muestreo: PG-GQM-09 AGUAS
Matriz de la muestra: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Muestreado por: GRUPO QUIMICO MARCOS C. LTDA
Muestreador: AV
Tipo de Muestreo: Compuesto
10:30 A 11:30
Coordenadas Geográficas: 17M0618128 - 9763010

GRUPO QUIMICO MARCOS C. LTDA

LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS

MC2201-07

MEMORIA FOTOGRAFICA



Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

MC2201-07

CARTONES NACIONALES CARTOPEL

Representante Legal: SIMON GAVINO RAFAEL JONY
Km 6 ½ Vía Daule Av. Primera S/N y Calle Cuarta
Guayaquil, Tel. 2-265505
Atención: Ing. Juan Santos.
Tipo de Industria 2102

Guayaquil, 2 DE ABRIL DEL 2015

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 19/03/2015 10:30 Guayaquil
Fecha y Hora de Recepción: 19/03/2015 13:07
Punto e Identificación de la Muestra: Efluente de la planta de tratamiento de AARR.
Norma Técnica de muestreo: PG-GQM-09 AGUAS
Matriz de la muestra: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Muestreado por: GRUPO QUIMICO MARCOS C. LTDA
Muestreador: AV
Tipo de Muestreo: Compuesto
10:30 A 11:30
Coordenadas Geográficas: 17M0618128 - 9763010

GRUPO QUIMICO MARCOS C. LTDA
LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
OR GEN DEL INFORME DE RESULTADOS
MC2201-07

LMP de acuerdo a la Norma: TULSMA TOMO V LIBRO VI TABLA 9 LMP DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PUBLICO

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
AGREGADOS/COMPONENTES FISICOS:						
Solidos Totales	270	54	mg/l	< 1600	PEE-GQM-FQ-22	20/03/2015 ER
Solidos Suspendidos Totales (3)	4	1	mg/l	< 220	PEE-GQM-FQ-06	20/03/2015 ER
INORGANICOS NO METALES:						
Potencial de Hidrogeno	7,18	0,08	-	6,00 - 9,00	PEE-GQM-FQ-01	19/03/2015 AL
Cloruros	12,19	1,22	mg/l	-----	PEE-GQM-FQ-08	24/03/2015 KV
Sulfatos	101,6	8,64	mg/l	< 400,0	PEE-GQM-FQ-28	27/03/2015 JV
Sulfuros (3)	< 0,014	---	mg/l	< 1,0	PEE-GQM-FQ-36	20/03/2015 JV

---	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permisible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano
- 2: Parámetros subcontratados no acreditados
- 3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
- 4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista; ver alcance en www.oae.gob.ec

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

MC2201-07

Pág. 1 de 3

Guayaquil, 2 DE ABRIL DEL 2015

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 19/03/2015 10:30 Guayaquil
Fecha y Hora de Recepción: 19/03/2015 13:07
Punto e Identificación de la Muestra: Efluente de la planta de tratamiento de AARR.
Norma Técnica de muestreo: PG-GQM-09 AGUAS
Matriz de la muestra: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Muestreado por: GRUPO QUIMICO MARCOS C. LTDA
Muestreador: AV
Tipo de Muestreo: Compuesto
10:30 A 11:30
Coordenadas Geográficas: 17M0618128 - 9763010

LMP de acuerdo a la Norma: TULSMA TOMO V LIBRO VI TABLA 9 LMP DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PUBLICO

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
METALES:						
Bario (4)	< 0,100	---	mg/l	-----	PEE/ANNCY/74	23/03/2015 LS3
Cadmio (4)	< 0,010	---	mg/l	< 0,02	PEE/ANNCY/74	23/03/2015 LS3
Mercurio (4)	< 0,005	---	mg/l	< 0,010	PEE/ANNCY/80	23/03/2015 LS3
Niquel (4)	< 0,020	---	mg/l	< 2,00	PEE/ANNCY/74	23/03/2015 LS3
Cobre (3)	< 0,03	---	mg/l	< 1,0	PEE-GQM-FQ-19	23/03/2015 JV
Cromo Hexavalente (3)	0,01	0,00	mg/l	< 0,50	PEE-GQM-FQ-09	20/03/2015 JV
Zinc (3)	< 0,059	---	mg/l	< 10,0	PEE-GQM-FQ-24	23/03/2015 JV

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
AGREGADOS ORGANICOS:						
Aceites y Grasas (3)	< 0,44	---	mg/l	< 70,00	PEE-GQM-FQ-03	23/03/2015 ER
Demanda Bioquímica de Oxígeno	15	1,05	mgO ₂ /l	< 250	PEE-GQM-FQ-05	19/03/2015 AL
Demanda Química de Oxígeno	36	4	mgO ₂ /l	< 500	PEE-GQM-FQ-16	19/03/2015 AL

---	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Limite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permissible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano
- 2: Parámetros subcontratados no acreditados
- 3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
- 4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista; ver alcance en www.oae.gob.ec

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

MC2201-07

Pág. 2 de 3

Guayaquil, 2 DE ABRIL DEL 2015

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 19/03/2015 10:30 Guayaquil
Fecha y Hora de Recepción: 19/03/2015 13:07
Punto e Identificación de la Muestra: Efluente de la planta de tratamiento de AARR.
Norma Técnica de muestreo: PG-GQM-09 AGUAS
Matriz de la muestra: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Muestreado por: GRUPO QUIMICO MARCOS C. LTDA
Muestreador: AV
Tipo de Muestreo: Compuesto
10:30 A 11:30
Coordenadas Geográficas: 17M0618128 - 9763010

GRUPO QUIMICO MARCOS C.A. LTDA

LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS

MC2201-07

LMP de acuerdo a la Norma: TULSMA TOMO V LIBRO VI TABLA 9 LMP DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PUBLICO

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Método Analítico	Analizado
DATOS DE MUESTREO:						
Temperatura insitu	26,2	0,9	oC	< 40,0	PEE-GQM-FQ-02	19/03/2015 AV

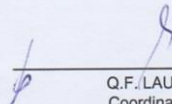
LS3 = Resultado proporcionado por ANNCY Código OAE LE 2C 05-002

---	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permisible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano
- 2: Parámetros subcontratados no acreditados
- 3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
- 4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista; ver alcance en www.oae.gob.ec



Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico



Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

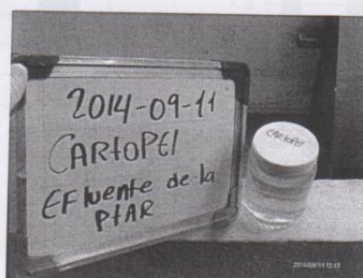
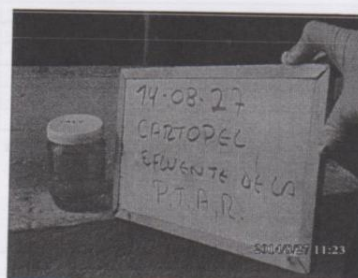
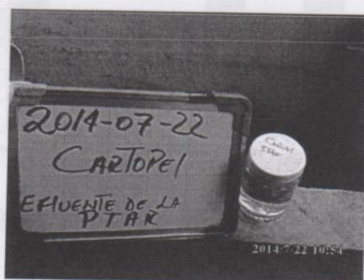
MC2201-07

Pág. 3 de 3

EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
CORRESPONDIENTE AL 3ER TRIMESTRE DEL 2014

FECHA	Guayaquil, 22 DE SEPTIEMBRE DEL 2014
CLIENTE	CARTONES NACIONALES CARTOPEL
ATENCION	Ing. Carlos Rendon
DESCRIPCION	Efluente de la planta de tratamiento de AARR
COORDENADAS GEOGRAFICAS	17M0618128 - 9763010

ANEXO 1



GRUPO QUÍMICO MARCOS, Cía. Ltda.

LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
ORIGEN DEL INFORME CONSOLIDADO

[Signature]

Q.F. FERNANDO MARCOS
Director Técnico
Reg. 1173

[Signature]

Q.F. LAURA YANQUI
Coordinadora de Calidad
Reg. 1549

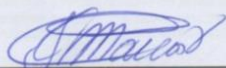
Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía Daule
Teléfonos: 2103390(2) - 2103825(35); Celular: 0998-286653 - 0991724934
www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil-Ecuador

Pág. 1 de 1

Guayaquil, 6 DE MARZO DEL 2015

Fecha, Hora y lugar de Muestreo:	26/02/15 10:40 Guayaquil
Fecha y Hora de Recepción:	26/02/15 14:21
Punto e Identificación de la Muestra:	Efluente de la planta de tratamiento de AARR
Norma Técnica de muestreo:	PG/GQM/09-Agua
Matriz de la muestra:	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Muestreado por:	GRUPO QUIMICO MARCOS C. LTDA
Muestreador:	LB
Tipo de Muestreo:	Compuesto
	10:40 A 11:40
Coordenadas Geográficas:	17M0618128 - 9763010

MEMORIA FOTOGRAFICA



Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico



Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

MC2201-07

CARTONES NACIONALES CARTOPEL

Representante Legal: SIMON GAVINO RAFAEL JONY
Km 6 ½ Vía Daule Av. Primera S/N y Calle Cuarta
Guayaquil, Tel. 2-265505
Atención: Ing. Juan Santos.
Tipo de Industria 3412

Guayaquil, 6 DE MARZO DEL 2015

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 26/02/15 10:40 Guayaquil
Fecha y Hora de Recepción: 26/02/15 14:21
Punto e Identificación de la Muestra: Efluente de la planta de tratamiento de AARR
Norma Técnica de muestreo: PG/GQM/09-Agua
Matriz de la muestra: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Muestreado por: GRUPO QUIMICO MARCOS C. LTDA
Muestreador: LB
Tipo de Muestreo: Compuesto
10:40 A 11:40
Coordenadas Geográficas: 17M0618128 - 9763010

GRUPO QUIMICO MARCOS C.A. LTDA.

LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVÁLIDA EL
ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS

MC2201-07

MEMORIA FOTOGRAFICA



Los resultados de este Informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

MC2201-07

CARTONES NACIONALES CARTOPEL

Representante Legal: SIMON GAVINO RAFAEL JONY

Km 6 ½ Vía Daule Av. Primera S/N y Calle Cuarta

Guayaquil, Tel. 2-265505

Atención: Ing. Juan Santos.

Tipo de Industria 3412

Guayaquil, 6 DE MARZO DEL 2015

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 26/02/15 10:40 Guayaquil
Fecha y Hora de Recepción: 26/02/15 14:21
Punto e Identificación de la Muestra: Efluente de la planta de tratamiento de AARR
Norma Técnica de muestreo: PG/GQM/09-Agua
Matriz de la muestra: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Muestreado por: GRUPO QUIMICO MARCOS C. LTDA
Muestreador: LB
Tipo de Muestreo: Compuesto
10:40 A 11:40

Coordenadas Geográficas: 17M0618128 - 9763010

GRUPO QUIMICO MARCOS C.A. LTDA.
LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVÁLIDA EL
ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
MC2201-07

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	Método Analítico	Analizado
AGREGADOS/COMPONENTES FISICOS:					
Solidos Totales	1330	266	mg/l	PEE-GQM-FQ-22	02/03/15 ER
Solidos Suspendidos Totales	19	3	mg/l	PEE-GQM-FQ-06	27/02/15 ER

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	Método Analítico	Analizado
INORGANICOS NO METALES:					
Potencial de Hidrogeno	7,74	0,08	-	PEE-GQM-FQ-01	26/02/15 CT
Cloruros	9,50	0,95	mg/l	PEE-GQM-FQ-08	27/02/15 KV
Sulfatos (3)	697,9	59,32	mg/l	PEE-GQM-FQ-28	02/03/15 JV
Sulfuros (3)	0,030	0,005	mg/l	PEE-GQM-FQ-36	27/02/15 JV

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	Método Analítico	Analizado
METALES:					
Bario	0,1080	0,0216	mg/l	PEE-GQM-FQ-33	03/03/15 ER
Cadmio (3)	< 0,0004	---	mg/l	PEE-GQM-FQ-33	03/03/15 ER
Cobre	0,1115	0,0312	mg/l	PEE-GQM-FQ-33	03/03/15 ER
Mercurio	0,02125	0,0036	mg/l	PEE-GQM-FQ-33	03/03/15 ER

-----	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permissible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano
- 2: Parámetros subcontratados no acreditados
- 3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
- 4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista; ver alcance en www.oae.gob.ec

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

MC2201-07

Pág. 1 de 2

Guayaquil, 6 DE MARZO DE 2015

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 26/02/15 10:40 Guayaquil
Fecha y Hora de Recepción: 26/02/15 14:21
Punto e Identificación de la Muestra: Efluente de la planta de tratamiento de AARR
Norma Técnica de muestreo: PG/GQM/09-Agua
Matriz de la muestra: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Muestreado por: GRUPO QUIMICO MARCOS C. LTDA
Muestreador: LB
Tipo de Muestreo: Compuesto
10:40 A 11:40
Coordenadas Geográficas: 17M0618128 - 9763010

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	Método Analítico	Analizado
AGREGADOS ORGANICOS:					
Aceites y Grasas (3)	1,00	0,08	mg/l	PEE-GQM-FQ-03	04/03/15 ER
Demanda Bioquímica de Oxígeno	91	6,37	mgO2/l	PEE-GQM-FQ-05	26/02/15 CT
Demanda Química de Oxígeno	197	22	mgO2/l	PEE-GQM-FQ-16	26/02/15 CT
DATOS DE MUESTREO:					
Temperatura insitu	26,4	0,9	oC	PEE-GQM-FQ-02	26/02/15 LB

-----	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permisible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano
2: Parámetros subcontratados no acreditados
3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista; ver alcance en www.oae.gob.ec

Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico

Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

MC2201-07

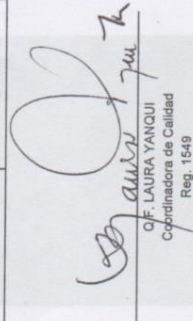
Pág. 2 de 2

RESULTADOS CONSOLIDADOS 3ER TRIMESTRE DEL 2014

FECHA	Guayaquil, 22 DE SEPTIEMBRE DEL 2014
CLIENTE	CARTONES NACIONALES CARTOPEL
ATENCION	Ing. Carlos Rendón
NORMA AMBIENTAL	TULSWA TOMO V TABLA 11 LIMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PUBLICO

No. de Laboratorio	38383-1	39611-1	40053-1	Limites Máximos Permisibles
Identificación	Efluente de la planta de tratamiento de AARR	Efluente de la planta de tratamiento de AARR	Efluente de la planta de tratamiento de AARR	
Fecha de Muestreo	2014-07-22	2014-08-27	2014-09-11	
Hora de Muestreo	10:30	11:00	12:10	
Parámetro (Unidades)	Método	Resultado	Resultado	
Carga Contaminante Kg DQO/día	Calculo	1,2840	0,6720	1,1880
Caudal, proporcionado por cliente m³/día	proporcionado cliente	12,00	12,00	12,00
Color Real 120 UCI/Pl	PEE-GQM-FQ-34	Inapreciable	Inapreciable	Inapreciable
Potencial de Hidrogeno - Aceites y Grasas mg/l	PEE-GQM-FQ-01	7,79	7,56	7,47
Demanda Bioquímica de Oxígeno mgO₂/l	PEE-GQM-FQ-03	0,67	< 0,44	< 0,44
Demanda Química de Oxígeno mgO₂/l	PEE-GQM-FQ-05	65	34	55
Fenoles mg/l	PEE-GQM-FQ-16	107	56	99
Sólidos Suspendedos Totales mg/l	PEE-GQM-FQ-20	< 0,023	< 0,023	< 0,023
Sólidos Disueltos Totales mg/l	PEE-GQM-FQ-06	2	8	19
Plomo mg/l	PEE-GQM-FQ-23	1140	330	477
Temperatura in situ °C	PEE-GQM-FQ-33	0,0051	0,0009	< 0,0008
Zinc mg/l	PEE-GQM-FQ-02	24,3	25,7	25,3
	PEE-GQM-FQ-33	0,0186	0,0587	0,0586

GRUPO QUIMICO MARCOS, Cía. Ltda.
LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL ORIGEN DEL INFORME CONSOLIDADO


Q.F. LAURA YANQUI
Coordinadora de Calidad
Reg. 1649


Q.F. FERNANDO MARCOS
Director Técnico
Reg. 1173

NOTA.- ESTE REPORTE NO CONSTITUYE UN INFORME DE ENSAYOS

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía Daule
Teléfono: 210390(2) - 2103925(35); Celular: 0998-286653 - 0991724934
www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil-Ecuador

ANEXO 5

Informes diarios del operador de la planta

REPORTE DE OPERADOR PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

NOMBRE DEL OPERADOR:

D. Ortega

FECHA:

30-01-2015

LECTURA DE MEDIDORES	ANTERIOR	ACTUAL
MEDIDORES PRINCIPAL NEGRO	171919	171976
MEDIDORES PRINCIPAL AZUL	182892	182912
MEDIDOR DE CARTOSURSA	05749	05754
MEDIDOR EDIFICIO ADMINISTRATIVO		
MEDIDOR DEL CORRUGADOR		
MEDIDOR CUARTO DE GOMA	28488	28500
MEDIDOR IMPRENTA 1	28902	28914
MEDIDOR IMPRENTA 2	08595	08605
MEDIDOR IMPRENTA 3	03828	03831
MEDIDOR COMEDOR	31063	31077
MEDIDOR CALDERA CLEAVER		
MEDIDOR OTRAS CALDERAS		

NIVEL DE CISTERNA DE AGUA

ALTO	✓
MEDIO	
BAJO	

NIVEL DE TANQUE ALMACENAMIENTO

DE AGUA

ALTO	✓
MEDIO	
BAJO	

DESCARGA DE AGUA TINTAS

IMPRENTA HOOPER 1

NORMAL	✓
OBSTRUIDO	

DESCARGA DE AGUA TINTAS

IMPRENTA HOOPER 2

NORMAL	✓
OBSTRUIDO	

DESCARGA DE AGUA TINTAS

IMPRENTA TCY

NORMAL	✓
OBSTRUIDO	

BATCHE PREPARADO TRATAMIENTO DE AGUAS

NIVEL DE TANQUE FLOCULACION	10	m3
PH INICIAL AGUA TINTA	8.4	GRADO
DOSIFICACION DE CAL	3.	KG
DOSIFICACION DE SULFATO DE ALUMINIO	15	KG
DOSIFICACION DE POLIELECTROLITO	13cm ³ .	KG
PH FINAL AGUA TINTA	9.	GRADO
DOSIFICACION DE BACTERIA	75	Gramos
DOSIFICACION DE NUTRIENTES	150	Gramos
TIEMPO DE REPOSO DEL BATCHE	120	MINUTOS
TIEMPO DE TRASPASO DE AGUA CLARIFICADA	60	MINUTOS
NIVEL DE LODO EN TANQUE FLOCULACION	70.	CM
TIEMPO DE FILTRADO DE LODO	120	MINUTOS
TIEMPO DE SECADO DEL LODO	120	MINUTOS
CANTIDAD DE LODO RETENIDO EN LONAS FILTRO	360.	KG

INVENTARIO DE QUIMICOS	KG
CAL	500
SULFATO DE ALUMINIO	225
POLIELECTROLITO	150
BACTERIA	8.225
NUTRIENTES	8.550.

NIVELES DE CISTERNA-TANQUES AL FINAL DEL TURNO	
CISTERNA A DE AGUA TINTA	Normal
TANQUE SEDIMENTADOR	Normal
TANQUE FLOCULACION	Normal

TRABAJOS ADICIONALES QUE SE REALIZAN DIARIAMENTE	OBSERVACIONES
ORDEN Y LIMPIEZA DEL AREA EN GENERAL DE LA PLANTA	S-N
LIMPIEZA DE MAYA EN ENTRADA DE AGUA A CISTERNA DE AGUA TINTA	S-N
LIMPIEZA DE LONAS DE FILTRO PRENSA	S-N
EVACUACION DE LODO DEL AREA DE FILTRO PRENSA	S-N
LIMPIEZA DE CANAL Y TAPAS DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS	S-N
TRABAJOS DE PINTURA EN GENERAL DEL AREA	S-N.

SUPERVISADO POR: Ing. Juan Santos



REGISTRO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE CARTOPEL S.A.I.

FECHA	BATCH	VOLUMEN TRATADO m³	CAL P-24 Kg.	SULFATO DE ALUMINIO Kg.	POULIELECTROLITO Kg.	BACTERIA Gr.	NUTRIENTES Gr.	LODO FILTRO PRENSA Kg.	RESPONSABLE TÉCNICO
1	1	12	0	17	100 G.	75	150	595	J. Astudillo
2	1	11	0	15	150 G.	75	150	640	J. Astudillo
3	1	11	0	15	150 G.	75	150	640	J. Astudillo
4	1	12	0	15	150 G.	75	150	640	J. Astudillo
5	1	12	0	15	150 G.	75	150	640	J. Astudillo
6	1	10	0	15	150 G.	75	150	640	J. Astudillo
7	1	12	0	15	150 G.	75	150	640	J. Astudillo
8	1	10	2	16	100 G.	75	150	640	J. Astudillo
9	1	12	3	17	100 G.	75	150	640	J. Astudillo
10	1	11	3	15	100 G.	75	150	640	J. Astudillo
11	1	10	0	10	100 G.	75	150	640	J. Astudillo
12	1	10	3	15	100 G.	75	150	640	J. Astudillo
13	1	10	3	15	100 G.	75	150	640	J. Astudillo
14	1	10	3	15	100 G.	75	150	640	J. Astudillo
15	1	10	3	15	100 G.	75	150	640	J. Astudillo
16	1	10	3	15	100 G.	75	150	640	J. Astudillo
17	1	10	3	15	100 G.	75	150	640	J. Astudillo
18	1	10	3	15	100 G.	75	150	640	J. Astudillo
19	1	10	3	15	100 G.	75	150	640	J. Astudillo
20	1	10	3	15	100 G.	75	150	640	J. Astudillo
21	1	10	3	15	100 G.	75	150	640	J. Astudillo
22	1	10	3	15	100 G.	75	150	640	J. Astudillo
23	1	10	3	15	100 G.	75	150	640	J. Astudillo
24	1	10	3	15	100 G.	75	150	640	J. Astudillo
25	1	10	3	15	100 G.	75	150	640	J. Astudillo
26	1	10	3	15	100 G.	75	150	640	J. Astudillo
27	1	10	3	15	100 G.	75	150	640	J. Astudillo
28	1	10	3	15	100 G.	75	150	640	J. Astudillo
29	1	10	3	15	100 G.	75	150	640	J. Astudillo
30	1	10	3	15	100 G.	75	150	640	J. Astudillo
31	1	10	3	15	100 G.	75	150	640	J. Astudillo

REPORTE DE OPERADOR PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

NOMBRE DEL OPERADOR:

D. Ortega

FECHA:

2-02-2015

LECTURA DE MEDIDORES	ANTERIOR	ACTUAL
MEDIDORES PRINCIPAL NEGRO	471976	472081
MEDIDORES PRINCIPAL AZUL	182942	183034
MEDIDOR DE CARTOSURSA	05754	05761
MEDIDOR EDIFICIO ADMINISTRATIVO		
MEDIDOR DEL CORRUGADOR		
MEDIDOR CUARTO DE GOMA	28500	28513
MEDIDOR IMPRENTA 1	28914	28921
MEDIDOR IMPRENTA 2	08605	08613
MEDIDOR IMPRENTA 3	03831	03857
MEDIDOR COMEDOR	31077	31098
MEDIDOR CALDERA CLEAVER		
MEDIDOR OTRAS CALDERAS		

NIVEL DE CISTERNA DE AGUA

ALTO	✓
MEDIO	
BAJO	

NIVEL DE TANQUE ALMACENAMIENTO

DE AGUA

ALTO	✓
MEDIO	
BAJO	

DESCARGA DE AGUA TINTAS

IMPRENTA HOOPER 1

NORMAL	✓
OBSTRUIDO	

DESCARGA DE AGUA TINTAS

IMPRENTA HOOPER 2

NORMAL	✓
OBSTRUIDO	

DESCARGA DE AGUA TINTAS

IMPRENTA TCY

NORMAL	✓
OBSTRUIDO	

BATCHE PREPARADO TRATAMIENTO DE AGUAS

NIVEL DE TANQUE FLOCULACION	10.	m3
PH INICIAL AGUA TINTA	8.2	GRADO
DOSIFICACION DE CAL	3.5	KG
DOSIFICACION DE SULFATO DE ALUMINIO	17.	KG
DOSIFICACION DE POLIELECTROLITO	13 cm ³ .	KG
PH FINAL AGUA TINTA	9.	GRADO
DOSIFICACION DE BACTERIA	75	Gramos
DOSIFICACION DE NUTRIENTES	150.	Gramos
TIEMPO DE REPOSO DEL BATCHE	180.	MINUTOS
TIEMPO DE TRASPASO DE AGUA CLARIFICADA	60.	MINUTOS
NIVEL DE LODO EN TANQUE FLOCULACION	54	CM
TIEMPO DE FILTRADO DE LODO	120	MINUTOS
TIEMPO DE SECADO DEL LODO	120	MINUTOS
CANTIDAD DE LODO RETENIDO EN LONAS FILTRO	360.	KG

INVENTARIO DE QUIMICOS	KG
CAL	500
SULFATO DE ALUMINIO	225
POLIELECTROLITO	150.
BACTERIA	8.150
NUTRIENTES	8400

NIVELES DE CISTERNA-TANQUES AL FINAL DEL TURNO	
CISTERNA A DE AGUA TINTA	Normal
TANQUE SEDIMENTADOR	Normal
TANQUE FLOCULACION	Normal

TRABAJOS ADICIONALES QUE SE REALIZAN DIARIAMENTE	OBSERVACIONES
ORDEN Y LIMPIEZA DEL AREA EN GENERAL DE LA PLANTA	S-N
LIMPIEZA DE MAYA EN ENTRADA DE AGUA A CISTERNA DE AGUA TINTA	S-N
LIMPIEZA DE LONAS DE FILTRO PRENSA	S-N
EVACUACION DE LODO DEL AREA DE FILTRO PRENSA	S-N
LIMPIEZA DE CANAL Y TAPAS DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS	— 0 —
TRABAJOS DE PINTURA EN GENERAL DEL AREA	— 0 —

SUPERVISADO POR: Ing. Juan Santos

(Signature)

REPORTE DE OPERADOR PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

NOMBRE DEL OPERADOR:

FECHA:

3-02-2015

LECTURA DE MEDIDORES	ANTERIOR	ACTUAL
MEDIDORES PRINCIPAL NEGRO	172081	172150
MEDIDORES PRINCIPAL AZUL	183034	183092
MEDIDOR DE CARTOSURSA	05761	05763
MEDIDOR EDIFICIO ADMINISTRATIVO		
MEDIDOR DEL CORRUGADOR		
MEDIDOR CUARTO DE GOMA	28513	28526
MEDIDOR IMPRENTA 1	28921	28940
MEDIDOR IMPRENTA 2	08613	08623
MEDIDOR IMPRENTA 3	03857	03860
MEDIDOR COMEDOR	31078	31118
MEDIDOR CALDERA CLEAVER		
MEDIDOR OTRAS CALDERAS		

NIVEL DE CISTERNA DE AGUA

ALTO	✓
MEDIO	
BAJO	

NIVEL DE TANQUE ALMACENAMIENTO

DE AGUA

ALTO	✓
MEDIO	
BAJO	

DESCARGA DE AGUA TINTAS

IMPRENTA HOOPER 1

NORMAL	✓
OBSTRUIDO	

DESCARGA DE AGUA TINTAS

IMPRENTA HOOPER 2

NORMAL	✓
OBSTRUIDO	

DESCARGA DE AGUA TINTAS

IMPRENTA TCY

NORMAL	✓
OBSTRUIDO	

BATCHE PREPARADO TRATAMIENTO DE AGUAS

NIVEL DE TANQUE FLOCULACION	10.	m3
PH INICIAL AGUA TINTA	8.4	GRADO
DOSIFICACION DE CAL	3.	KG
DOSIFICACION DE SULFATO DE ALUMINIO	15	KG
DOSIFICACION DE POLIELECTROLITO	13cm ²	KG
PH FINAL AGUA TINTA	9	GRADO
DOSIFICACION DE BACTERIA	75	Gramos
DOSIFICACION DE NUTRIENTES	150	Gramos
TIEMPO DE REPOSO DEL BATCHE	180	MINUTOS
TIEMPO DE TRASPASO DE AGUA CLARIFICADA	60	MINUTOS
NIVEL DE LODO EN TANQUE FLOCULACION	70	CM
TIEMPO DE FILTRADO DE LODO	120	MINUTOS
TIEMPO DE SECADO DEL LODO	160	MINUTOS
CANTIDAD DE LODO RETENIDO EN LONAS FILTRO	400	KG

INVENTARIO DE QUIMICOS	KG
CAL	500
SULFATO DE ALUMINIO	200
POLIELECTROLITO	150
BACTERIA	8.075 Gramos
NUTRIENTES	8.250 Gramos

NIVELES DE CISTERNA-TANQUES AL FINAL DEL TURNO	
CISTERNA A DE AGUA TINTA	Normal
TANQUE SEDIMENTADOR	Normal
TANQUE FLOCULACION	Lleno

TRABAJOS ADICIONALES QUE SE REALIZAN DIARIAMENTE	OBSERVACIONES
ORDEN Y LIMPIEZA DEL AREA EN GENERAL DE LA PLANTA	S-N
LIMPIEZA DE MAYA EN ENTRADA DE AGUA A CISTERNA DE AGUA TINTA	S-N
LIMPIEZA DE LONAS DE FILTRO PRENSA	S-N
EVACUACION DE LODO DEL AREA DE FILTRO PRENSA	S-N
LIMPIEZA DE CANAL Y TAPAS DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS	— o —
TRABAJOS DE PINTURA EN GENERAL DEL AREA	S-N

SUPERVISADO POR: Ing. Juan Santos

[Signature]

REPORTE DE OPERADOR PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

NOMBRE DEL OPERADOR:

D. Ortiz

FECHA:

2015-02-28

LECTURA DE MEDIDORES	ANTERIOR	ACTUAL
MEDIDORES PRINCIPAL NEGRO	<i>173489</i>	<i>173503</i>
MEDIDORES PRINCIPAL AZUL	<i>184437</i>	<i>184465</i>
MEDIDOR DE CARTOSURSA	<i>05884</i>	<i>05888</i>
MEDIDOR EDIFICIO ADMINISTRATIVO		
MEDIDOR DEL CORRUGADOR		
MEDIDOR CUARTO DE GOMA	<i>28807</i>	<i>28824</i>
MEDIDOR IMPRENTA 1	<i>29145</i>	<i>29162</i>
MEDIDOR IMPRENTA 2	<i>08793</i>	<i>08805</i>
MEDIDOR IMPRENTA 3	<i>03928</i>	<i>03937</i>
MEDIDOR COMEDOR	<i>31440</i>	<i>31452</i>
MEDIDOR CALDERA CLEAVER		
MEDIDOR OTRAS CALDERAS		

NIVEL DE CISTERNA DE AGUA

ALTO	☒
MEDIO	☐
BAJO	☐

NIVEL DE TANQUE ALMACENAMIENTO

DE AGUA

ALTO	☒
MEDIO	☐
BAJO	☐

DESCARGA DE AGUA TINTAS

IMPRENTA HOOPER 1

NORMAL	☒
OBSTRUIDO	☐

DESCARGA DE AGUA TINTAS

IMPRENTA HOOPER 2

NORMAL	☒
OBSTRUIDO	☐

DESCARGA DE AGUA TINTAS

IMPRENTA TCY

NORMAL	☒
OBSTRUIDO	☐

BATCHE PREPARADO TRATAMIENTO DE AGUAS

NIVEL DE TANQUE FLOCULACION	<i>10</i>	m3
PH INICIAL AGUA TINTA	<i>8.1</i>	GRADO
DOSIFICACION DE CAL	<i>3</i>	KG
DOSIFICACION DE SULFATO DE ALUMINIO	<i>15</i>	KG
DOSIFICACION DE POLIELECTROLITO	<i>400lt</i>	KG
PH FINAL AGUA TINTA	<i>6.5</i>	GRADO
DOSIFICACION DE BACTERIA	<i>75.</i>	Gramos
DOSIFICACION DE NUTRIENTES	<i>150</i>	Gramos
TIEMPO DE REPOSO DEL BATCHE	<i>160</i>	MINUTOS
TIEMPO DE TRASPASO DE AGUA CLARIFICADA	<i>120</i>	MINUTOS
NIVEL DE LODO EN TANQUE FLOCULACION	<i>70</i>	CM
TIEMPO DE FILTRADO DE LODO	<i>120</i>	MINUTOS
TIEMPO DE SECADO DEL LODO	<i>160</i>	MINUTOS
CANTIDAD DE LODO RETENIDO EN LONAS FILTRO	<i>360.</i>	KG

INVENTARIO DE QUIMICOS	KG
CAL	<i>416</i>
SULFATO DE ALUMINIO	<i>5</i>
POLIELECTROLITO	<i>125</i>
BACTERIA	<i>7.175</i>
NUTRIENTES	<i>6.550</i>

NIVELES DE CISTERNA-TANQUES AL FINAL DEL TURNO	
CISTERNA A DE AGUA TINTA	<i>Normal</i>
TANQUE SEDIMENTADOR	<i>Normal</i>
TANQUE FLOCULACION	<i>Normal</i>

TRABAJOS ADICIONALES QUE SE REALIZAN DIARIAMENTE	OBSERVACIONES
ORDEN Y LIMPIEZA DEL AREA EN GENERAL DE LA PLANTA	<i>OK.</i>
LIMPIEZA DE MAYA EN ENTRADA DE AGUA A CISTERNA DE AGUA TINTA	<i>OK.</i>
LIMPIEZA DE LONAS DE FILTRO PRENSA	<i>OK.</i>
EVACUACION DE LODO DEL AREA DE FILTRO PRENSA	<i>OK.</i>
LIMPIEZA DE CANAL Y TAPAS DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS	<i>OK.</i>
TRABAJOS DE PINTURA EN GENERAL DEL AREA	<i>—</i>

SUPERVISADO POR: Ing. Juan Santos

[Signature]

REPORTE DE OPERADOR PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

NOMBRE DEL OPERADOR:

J. Ortiz

FECHA:

Lunes - 02-03-2015

LECTURA DE MEDIDORES	ANTERIOR	ACTUAL
MEDIDORES PRINCIPAL NEGRO	<i>173503</i>	<i>173577</i>
MEDIDORES PRINCIPAL AZUL	<i>184465</i>	<i>184717</i>
MEDIDOR DE CARTOSURSA	<i>05888</i>	<i>05944</i>
MEDIDOR EDIFICIO ADMINISTRATIVO		
MEDIDOR DEL CORRUGADOR		
MEDIDOR CUARTO DE GOMA	<i>28822</i>	<i>28850</i>
MEDIDOR IMPRENTA 1	<i>29162</i>	<i>29169</i>
MEDIDOR IMPRENTA 2	<i>08805</i>	<i>08822</i>
MEDIDOR IMPRENTA 3	<i>03937</i>	<i>03934</i>
MEDIDOR COMEDOR	<i>31452</i>	<i>31484</i>
MEDIDOR CALDERA CLEAVER		
MEDIDOR OTRAS CALDERAS		

NIVEL DE CISTERNA DE AGUA

ALTO	☒
MEDIO	☐
BAJO	☐

NIVEL DE TANQUE ALMACENAMIENTO

ALTO	☒
MEDIO	☐
BAJO	☐

DESCARGA DE AGUA TINTAS

NORMAL	☒
OBSTRUIDO	☐

IMPRENTA HOOPER 1

DESCARGA DE AGUA TINTAS

NORMAL	☒
OBSTRUIDO	☐

IMPRENTA HOOPER 2

DESCARGA DE AGUA TINTAS

NORMAL	☒
OBSTRUIDO	☐

IMPRENTA TCY

BATCHE PREPARADO TRATAMIENTO DE AGUAS

NIVEL DE TANQUE FLOCULACION	<i>40</i>	m3
PH INICIAL AGUA TINTA	<i>8.2</i>	GRADO
DOSIFICACION DE CAL	<i>3.</i>	KG
DOSIFICACION DE SULFATO DE ALUMINIO	<i>15</i>	KG
DOSIFICACION DE POLIELECTROLITO	<i>1000g</i>	KG
PH FINAL AGUA TINTA	<i>9.</i>	GRADO
DOSIFICACION DE BACTERIA	<i>75.</i>	Gramos
DOSIFICACION DE NUTRIENTES	<i>150</i>	Gramos
TIEMPO DE REPOSO DEL BATCHE	<i>120</i>	MINUTOS
TIEMPO DE TRASPASO DE AGUA CLARIFICADA	<i>60</i>	MINUTOS
NIVEL DE LODO EN TANQUE FLOCULACION	<i>56</i>	CM
TIEMPO DE FILTRADO DE LODO	<i>120</i>	MINUTOS
TIEMPO DE SECADO DEL LODO	<i>160</i>	MINUTOS
CANTIDAD DE LODO RETENIDO EN LONAS FILTRO	<i>360</i>	KG

INVENTARIO DE QUIMICOS	KG
CAL	<i>418.</i>
SULFATO DE ALUMINIO	<i>355.</i>
POLIELECTROLITO	<i>125.</i>
BACTERIA	<i>7.100</i>
NUTRIENTES	<i>6.400</i>

NIVELES DE CISTERNA-TANQUES AL FINAL DEL TURNO	
CISTERNA A DE AGUA TINTA	<i>Normal</i>
TANQUE SEDIMENTADOR	<i>Normal</i>
TANQUE FLOCULACION	<i>Normal</i>

TRABAJOS ADICIONALES QUE SE REALIZAN DIARIAMENTE	OBSERVACIONES
ORDEN Y LIMPIEZA DEL AREA EN GENERAL DE LA PLANTA	<i>OK.</i>
LIMPIEZA DE MAYA EN ENTRADA DE AGUA A CISTERNA DE AGUA TINTA	<i>OK.</i>
LIMPIEZA DE LONAS DE FILTRO PRENSA	<i>OK.</i>
EVACUACION DE LODO DEL AREA DE FILTRO PRENSA	<i>OK.</i>
LIMPIEZA DE CANAL Y TAPAS DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS	<i>OK.</i>
TRABAJOS DE PINTURA EN GENERAL DEL AREA	<i>— 0 —</i>

SUPERVISADO POR: Ing. Juan Santos

[Firma]

REPORTE DE OPERADOR PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

NOMBRE DEL OPERADOR: D. Ortega

FECHA: 30-03-2015 Lunes

LECTURA DE MEDIDORES	ANTERIOR	ACTUAL
MEDIDORES PRINCIPAL NEGRO	174782	174853
MEDIDORES PRINCIPAL AZUL	186725	186843
MEDIDOR DE CARTOSURSA	05979	05982
MEDIDOR EDIFICIO ADMINISTRATIVO		
MEDIDOR DEL CORRUGADOR		
MEDIDOR CUARTO DE GOMA	29179	29185
MEDIDOR IMPRENTA 1	29593	29633
MEDIDOR IMPRENTA 2	09024	09027
MEDIDOR IMPRENTA 3	04005	04007
MEDIDOR COMEDOR	31897	31909
MEDIDOR CALDERA CLEAVER		
MEDIDOR OTRAS CALDERAS		

NIVEL DE CISTERNA DE AGUA	ALTO	☒
	MEDIO	
	BAJO	

NIVEL DE TANQUE ALMACENAMIENTO DE AGUA	ALTO	☒
	MEDIO	
	BAJO	

DESCARGA DE AGUA TINTAS	NORMAL	☒
IMPRENTA HOOPER 1	OBSTRUIDO	

DESCARGA DE AGUA TINTAS	NORMAL	☒
IMPRENTA HOOPER 2	OBSTRUIDO	

DESCARGA DE AGUA TINTAS	NORMAL	☒
IMPRENTA TCY	OBSTRUIDO	

BATCHE PREPARADO TRATAMIENTO DE AGUAS

NIVEL DE TANQUE FLOCULACION	10.	m3
PH INICIAL AGUA TINTA	8.2	GRADO
DOSIFICACION DE CAL	3	KG
DOSIFICACION DE SULFATO DE ALUMINIO	15	KG
DOSIFICACION DE POLIELECTROLITO	100lt.	KG
PH FINAL AGUA TINTA	9.	GRADO
DOSIFICACION DE BACTERIA	75	Gramos
DOSIFICACION DE NUTRIENTES	150	Gramos
TIEMPO DE REPOSO DEL BATCHE	150	MINUTOS
TIEMPO DE TRASPASO DE AGUA CLARIFICADA	75	MINUTOS
NIVEL DE LODO EN TANQUE FLOCULACION	65	CM
TIEMPO DE FILTRADO DE LODO	120	MINUTOS
TIEMPO DE SECADO DEL LODO	120	MINUTOS
CANTIDAD DE LODO RETENIDO EN LONAS FILTRO	390.	KG

INVENTARIO DE QUIMICOS	KG
CAL	344
SULFATO DE ALUMINIO	40
POLIELECTROLITO	125
BACTERIA	5.650
NUTRIENTES	3.075

NIVELES DE CISTERNA-TANQUES AL FINAL DEL TURNO	
CISTERNA A DE AGUA TINTA	Normal
TANQUE SEDIMENTADOR	Normal
TANQUE FLOCULACION	Normal

TRABAJOS ADICIONALES QUE SE REALIZAN DIARIAMENTE	OBSERVACIONES
ORDEN Y LIMPIEZA DEL AREA EN GENERAL DE LA PLANTA	OK.
LIMPIEZA DE MAYA EN ENTRADA DE AGUA A CISTERNA DE AGUA TINTA	OK.
LIMPIEZA DE LONAS DE FILTRO PRENSA	OK.
EVACUACION DE LODO DEL AREA DE FILTRO PRENSA	OK.
LIMPIEZA DE CANAL Y TAPAS DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS	OK.
TRABAJOS DE PINTURA EN GENERAL DEL AREA	

SUPERVISADO POR: Ing. Juan Santos



REPORTE DE OPERADOR PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

NOMBRE DEL OPERADOR: D. Ortega

FECHA: Montes - 31-03-2015

LECTURA DE MEDIDORES	ANTERIOR	ACTUAL
MEDIDORES PRINCIPAL NEGRO	174853	174869
MEDIDORES PRINCIPAL AZUL	186843	186887
MEDIDOR DE CARTOSURSA	05982	05986
MEDIDOR EDIFICIO ADMINISTRATIVO		
MEDIDOR DEL CORRUGADOR		
MEDIDOR CUARTO DE GOMA	29185	29204
MEDIDOR IMPRENTA 1	29633	29646
MEDIDOR IMPRENTA 2	09027	09036
MEDIDOR IMPRENTA 3	04007	04008
MEDIDOR COMEDOR	31909	31925
MEDIDOR CALDERA CLEAVER		
MEDIDOR OTRAS CALDERAS		

NIVEL DE CISTERNA DE AGUA	ALTO	☒
	MEDIO	☐
	BAJO	☐

NIVEL DE TANQUE ALMACENAMIENTO DE AGUA	ALTO	☒
	MEDIO	☐
	BAJO	☐

DESCARGA DE AGUA TINTAS	NORMAL	☒
IMPRESA HOOPER 1	OBSTRUIDO	☐

DESCARGA DE AGUA TINTAS	NORMAL	☒
IMPRESA HOOPER 2	OBSTRUIDO	☐

DESCARGA DE AGUA TINTAS	NORMAL	☒
IMPRESA TCY	OBSTRUIDO	☐

BATCHE PREPARADO TRATAMIENTO DE AGUAS

NIVEL DE TANQUE FLOCULACION	10.	m3
PH INICIAL AGUA TINTA	8.1	GRADO
DOSIFICACION DE CAL	3.	KG
DOSIFICACION DE SULFATO DE ALUMINIO	15	KG
DOSIFICACION DE POLIELECTROLITO	100H.	KG
PH FINAL AGUA TINTA	9	GRADO
DOSIFICACION DE BACTERIA	75	Gramos
DOSIFICACION DE NUTRIENTES	150	Gramos
TIEMPO DE REPOSO DEL BATCHE	150	MINUTOS
TIEMPO DE TRASPASO DE AGUA CLARIFICADA	60	MINUTOS
NIVEL DE LODO EN TANQUE FLOCULACION	57	CM
TIEMPO DE FILTRADO DE LODO	120	MINUTOS
TIEMPO DE SECADO DEL LODO	120.	MINUTOS
CANTIDAD DE LODO RETENIDO EN LONAS FILTRO	390.	KG

INVENTARIO DE QUIMICOS	KG
CAL	338
SULFATO DE ALUMINIO	10.
POLIELECTROLITO	125
BACTERIA	5.500
NUTRIENTES	2.775

NIVELES DE CISTERNA-TANQUES AL FINAL DEL TURNO	
CISTERNA A DE AGUA TINTA	Normal
TANQUE SEDIMENTADOR	Normal
TANQUE FLOCULACION	Normal

TRABAJOS ADICIONALES QUE SE REALIZAN DIARIAMENTE	OBSERVACIONES
ORDEN Y LIMPIEZA DEL AREA EN GENERAL DE LA PLANTA	OK.
LIMPIEZA DE MAYA EN ENTRADA DE AGUA A CISTERNA DE AGUA TINTA	OK.
LIMPIEZA DE LONAS DE FILTRO PRENSA	OK.
EVACUACION DE LODO DEL AREA DE FILTRO PRENSA	OK.
LIMPIEZA DE CANAL Y TAPAS DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS	OK.
TRABAJOS DE PINTURA EN GENERAL DEL AREA	

SUPERVISADO POR: Ing. Juan Santos

[Signature]

REPORTE DE OPERADOR PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

NOMBRE DEL OPERADOR: D. Ontego,

FECHA: Viernes - 01-04-2015

LECTURA DE MEDIDORES	ANTERIOR	ACTUAL
MEDIDORES PRINCIPAL NEGRO	174869	174963
MEDIDORES PRINCIPAL AZUL	186889	187012
MEDIDOR DE CARTOSURSA	5986	05988
MEDIDOR EDIFICIO ADMINISTRATIVO		
MEDIDOR DEL CORRUGADOR		
MEDIDOR CUARTO DE GOMA	29204	29215
MEDIDOR IMPRENTA 1	29646	29663
MEDIDOR IMPRENTA 2	09036	09044
MEDIDOR IMPRENTA 3	04008	04009
MEDIDOR COMEDOR	31925	31943
MEDIDOR CALDERA CLEAVER		
MEDIDOR OTRAS CALDERAS		

NIVEL DE CISTERNA DE AGUA	ALTO	☒
	MEDIO	☐
	BAJO	☐

NIVEL DE TANQUE ALMACENAMIENTO DE AGUA	ALTO	☒
	MEDIO	☐
	BAJO	☐

DESCARGA DE AGUA TINTAS	NORMAL	☒
IMPRENTA HOOPER 1	OBSTRUIDO	☐

DESCARGA DE AGUA TINTAS	NORMAL	☒
IMPRENTA HOOPER 2	OBSTRUIDO	☐

DESCARGA DE AGUA TINTAS	NORMAL	☒
IMPRENTA TCY	OBSTRUIDO	☐

BATCHE PREPARADO TRATAMIENTO DE AGUAS

NIVEL DE TANQUE FLOCULACION	10.	m3
PH INICIAL AGUA TINTA	8.2	GRADO
DOSIFICACION DE CAL	3	KG
DOSIFICACION DE SULFATO DE ALUMINIO	15	KG
DOSIFICACION DE POLIELECTROLITO	1004.	KG
PH FINAL AGUA TINTA	9	GRADO
DOSIFICACION DE BACTERIA	75	Gramos
DOSIFICACION DE NUTRIENTES	150.	Gramos
TIEMPO DE REPOSO DEL BATCHE	120	MINUTOS
TIEMPO DE TRASPASO DE AGUA CLARIFICADA	75	MINUTOS
NIVEL DE LODO EN TANQUE FLOCULACION	87	CM
TIEMPO DE FILTRADO DE LODO	120	MINUTOS
TIEMPO DE SECADO DEL LODO	120	MINUTOS
CANTIDAD DE LODO RETENIDO EN LONAS FILTRO	340	KG

INVENTARIO DE QUIMICOS	KG
CAL	335
SULFATO DE ALUMINIO	385
POLIELECTROLITO	125
BACTERIA	5.425
NUTRIENTES	2.625

Nuevo Pedido

NIVELES DE CISTERNA-TANQUES AL FINAL DEL TURNO	
CISTERNA A DE AGUA TINTA	Normal
TANQUE SEDIMENTADOR	Normal
TANQUE FLOCULACION	Normal

TRABAJOS ADICIONALES QUE SE REALIZAN DIARIAMENTE	OBSERVACIONES
ORDEN Y LIMPIEZA DEL AREA EN GENERAL DE LA PLANTA	OK.
LIMPIEZA DE MAYA EN ENTRADA DE AGUA A CISTERNA DE AGUA TINTA	OK.
LIMPIEZA DE LONAS DE FILTRO PRENSA	OK.
EVACUACION DE LODO DEL AREA DE FILTRO PRENSA	OK.
LIMPIEZA DE CANAL Y TAPAS DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS	OK.
TRABAJOS DE PINTURA EN GENERAL DEL AREA	— 0 —

SUPERVISADO POR: Ing. Juan Santos



ANEXO 6

Manual de usuario del sistema de tratamiento de aguas residuales



Manual de Operación del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales de CARTOPEL S.A.I.



PROYECTO DE TITULACIÓN

“Reingeniería del sistema de control de la planta de
tratamiento de aguas residuales en CARTOPEL S.A.I.

Michelle Cárdenas Ibáñez
Marlon Lara Villon

Abril 2015

Índice general

	<u>Página</u>
Introducción	183
Precauciones antes de la puesta en marcha	183
Recomendaciones de seguridad	183
Características básicas de la planta de tratamiento de aguas residuales	184
Zonas de operación del proceso	186
Preparación de químicos	187
Operación automática del sistema de tratamiento de aguas residuales	188
Operación manual del sistema de tratamiento de aguas residuales	189
Alarmas del sistema	190
Manejo del HMI	191

1. Introducció

- El manual técnico contiene las instrucciones necesarias para realizar la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales de CARTOPEL S.A.I.
- Deber ser utilizado por personal capacitado y encargado de estas tareas.
- Es necesario realizar todas las verificaciones detalladas en el apartado inicial “Precauciones antes de la puesta en marcha”
- De surgir algún problema técnico en la ejecución del proceso, se recomienda consultar con el personal especializado y no manipular en el área afectada

2. Precauciones antes de la puesta en marcha

Antes de poner en marcha el proceso realizar las siguientes revisiones:

- 2.1. Que el tablero TD-1 se encuentre energizado (Revisar el punto 4 “Características básicas de la planta de tratamiento de aguas residuales)
- 2.2. Que las protecciones térmicas sean adecuadas para el correcto funcionamiento de cada motor.
- 2.3. Que exista comunicación entre PLC y HMI (Puede ser observado en el HMI)
- 2.4. Que no existan fallas en la comunicación de los sensores con el transmisor (Revisar el punto 9 “Alarmas del sistema”)
- 2.5. Que se encuentre la preparación adecuada de los químicos.

3. Recomendaciones de seguridad

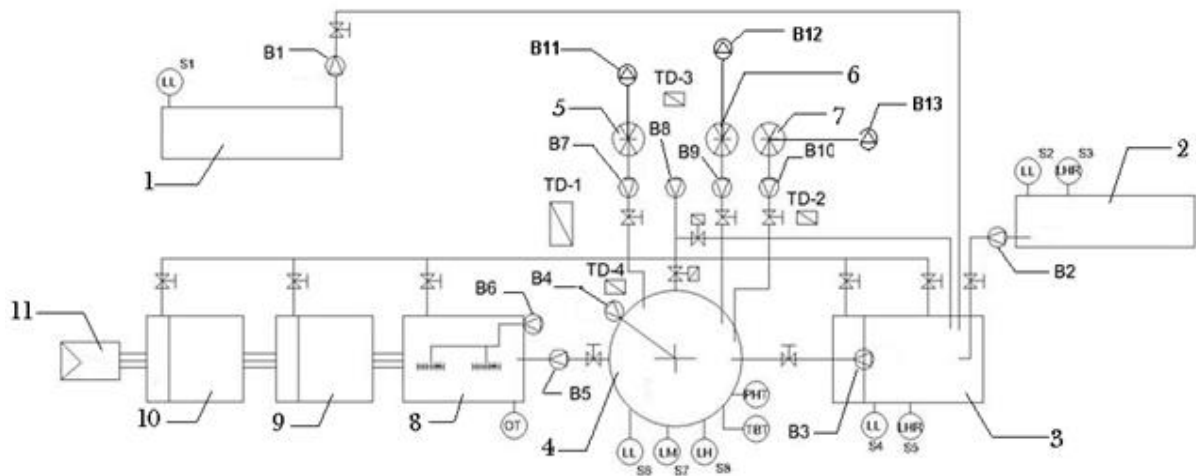
- 3.1. En el momento de preparación de los químicos se recomienda el uso de guantes, mascarillas con filtro y gafas protectoras
- 3.2. Evitar el contacto con los componentes eléctricos

4. Características básicas de la planta de tratamiento de aguas residuales

El proceso de tratamiento de aguas residuales consiste en tratar química y biológicamente el agua residual industrial para cumplir con lo establecido en las normas y reglamentos vigentes.

La planta de tratamiento está conformado por los siguientes elementos:

Diagrama esquemático del sistema de tratamiento de aguas residuales



1. **Cisterna de almidón:** Almacena el agua que proviene del lavado del sistema de preparación de goma.
2. **Cisterna de tinta:** Almacena el agua residual del sistema de lavado de las imprentas flexográficas.
3. **Tanque de homogenización:** Tanque con pantallas filtrantes, almacena el agua proveniente de la cisterna de tinta y almidón.
4. **Tanque de floculación:** Reactor mezclador para floculación y sedimentación
5. **Tanque de cal:** Almacena el dosificado químico de la cal
6. **Tanque de sulfato de aluminio:** Almacena el dosificado químico del sulfato de aluminio
7. **Tanque de Polielectrolito:** Almacena el dosificado químico del Polielectrolito
8. **Tanque de aireación:** Reactor biológico de aireación, donde intervienen las bacterias y nutrientes.
9. **Tanque sedimentador 1:** Tanque con pantallas filtrantes almacena el agua tratada

- 10. Tanque sedimentador 2:** Tanque con pantallas filtrantes almacena el agua tratada
- 11. Estación final del agua tratada:** Deposito de inspección y muestreo del agua enviada al sistema de alcantarillado público.
- B1. Bomba de almidón:** Descarga los fluidos de la cisterna de almidón.
- B2. Bomba de tinta:** Descarga los fluidos de la cisterna de tinta.
- B3. Bomba de homogenización:** Descarga los fluidos del tanque de homogenización
- B4. Motor agitador de floculación:** Homogeniza el agua residual con los químicos.
- B5. Bomba de floculación:** Descarga los fluidos del tanque de floculación.
- B6. Motor soplador:** Oxigena el agua del tanque de aireación.
- B7. Bomba de cal:** Descarga los fluidos del tanque de cal.
- B8. Bomba de desalojo:** Descarga los fluidos del tanque de floculación en caso de emergencia.
- B9. Bomba de sulfato:** Descarga los fluidos del tanque de sulfato de aluminio.
- B10. Bomba de polielectrolito:** Descarga los fluidos del tanque de polielectrolito.
- B11. Motor agitador de cal:** Homogeniza agua potable con cal.
- B12. Motor agitador de sulfato:** Homogeniza agua potable con sulfato de aluminio.
- B13. Motor agitador de polielectrolito:** Homogeniza agua potable con polielectrolito.
- S1. Boya de nivel de cisterna de almidón**
- S2. Boya de nivel de cisterna de tinta**
- S3. Boya de nivel de rebose de cisterna de tinta**
- S4. Boya de nivel de tanque de homogenización**
- S5. Boya de nivel de rebose de tanque de homogenización**
- S6. Electrodo de nivel bajo de lodo en tanque de floculación**

S7. Electrodo de nivel alto de lodo y nivel bajo del tanque de floculación

S8. Electrodo de nivel alto del tanque de floculación

S9. PHT: Sensor de pH

S10. TBT: Sensor de turbidez

S11. OT: Sensor de oxígeno disuelto

TD1. Tablero de distribución 1

TD2. Tablero de paso 1

TD3. Tablero de paso 2

TD4. Tablero de paso 3

5. Zonas de operación del proceso

El sistema de control de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa CARTOPEL S.A.I. consta de tres zonas de activación (zona 1, zona 2 y zona 3) las cuales pueden ser operadas manual o automáticamente.



En la zona 1 intervienen las siguientes bombas:

- Bomba de almidón.
- Bomba de tinta
- Bomba de homogenización.

En la zona 2 intervienen las siguientes bombas:

- Bomba de cal
- Agitador de cal
- Bomba de sulfato de aluminio
- Agitador de sulfato de aluminio

- Bomba de polielectrolito,
- Agitador de polielectrolito
- Agitador de floculación
- Bomba de desalojo

En la zona 3 intervienen las siguientes bombas:

- Bomba de floculación
- Soplador de aireación

6. **Preparación de Químicos**

Cal (Oxido de calcio)

1. Pesar 48 kg de cal.
2. Llenar el tanque de cal con agua potable hasta los 256 lts.
3. Encender agitador del tanque de cal. (Activación desde el botón en pantalla HMI o desde el botón ubicado en TD4)
4. Agregar los 48 kg de cal en el tanque de cal poco a poco.
5. Dejar en agitación durante 10 minutos.

Sulfato de aluminio

1. Pesar 120 kg de sulfato de aluminio tipo A
2. Llenar el tanque de sulfato con agua potable hasta los 256 lts.
3. Encender agitador del tanque de sulfato. (Activación desde el botón en pantalla HMI o desde el botón ubicado en TD4)
4. Agregar los 120 kg de sulfato de aluminio tipo A en el tanque de sulfato poco a poco.
5. Dejar en agitación durante 10 minutos

Polielectrolito

1. Pesar 500 gr de polielectrolito
2. Llenar el tanque de polielectrolito con agua potable hasta los 500 lts
3. Encender agitador del tanque de polielectrolito. (Activación desde el botón en pantalla HMI o desde el botón ubicado en TD4)

4. Agregar los 500 g de polielectrolito en el tanque de polielectrolito poco a poco.
5. Dejar en agitación durante 10 minutos.

7. **Operación automática del sistema de tratamiento de aguas residuales.**



1. Ubicar selector de la zona 1 en operación automática:
 - Se encenderá la bomba de tinta hasta que el agua en la cisterna de tinta llegue al nivel bajo o hasta que el agua en el tanque de homogenización llegue al nivel alto.
 - Se encenderá la bomba de almidón hasta que el agua en la cisterna de almidón llegue al nivel bajo o hasta que el agua en el tanque de homogenización llegue al nivel alto.
 - Se encenderá la bomba de homogenización hasta que el agua en el tanque de homogenización llegue al nivel bajo o hasta que el agua en el tanque de floculación llegue al nivel alto.



2. Ubicar selector de la zona 2 en operación automática:
 - Estando el agua en nivel alto del tanque de floculación se encenderá el agitador floculador durante todo el proceso del tratamiento químico. Inicialmente a velocidad alta (15 Hz).
 - Se tomara una medición inicial con el pHmetro, para establecer el químico que será dosificado inicialmente.
 - Si el pH inicial es superior a 8.7 se dosificara sulfato de aluminio hasta llegar a un rango de 6 a 6.5 de pH
 - En caso contrario que el pH inicial sea inferior a 8.7 se dosificara cal hasta llegar a un nivel de pH mayor igual a 8.7 para poder dosificar el sulfato de aluminio y llegar al rango establecido.
 - Luego de ser dosificado el sulfato de aluminio y/o cal se dosificara durante 47 segundos el polielectrolito.
 - A los 25 segundos de dosificación de polielectrolito se activara la velocidad baja (10Hz) del agitador floculador y al culminar este tiempo el agitador se apagara e iniciara el tiempo de reposo (2 horas).



3. Ubicar selector de la zona 3 en operación automática:

- Terminado el tiempo de reposo del agua tratada químicamente se verificara si la medición de turbidez se encuentra entre 0 y 30 NTU, lo cual encenderá la bomba de floculación hasta que llegue al nivel bajo del tanque de floculación.

- El motor soplador se encenderá durante 6 horas siempre y cuando el nivel de oxígeno disuelto no supere a los 12 mg/l, luego se apagará 30 minutos y reiniciará el proceso de aireación.

4. Cuando el lodo sea retirado manualmente se deberá presionar el botón de inicio de batch para reiniciar el proceso de tratamiento.

8. Operación Manual Del Sistema De Tratamiento De Aguas Residuales

1. Ubicar selectores de zonas de trabajo en operación manual.
2. Esperar que llene la cisterna de aguas residual de tinta, encender bomba de tinta hasta que el nivel se reduzca por encima de la válvula cheque, la bomba de tinta alimenta el tanque de homogenización.
3. Llenar el tanque de homogenización hasta nivel alto.
4. Una vez lleno el tanque de homogenización, encender bomba de homogenización y descargar toda el agua hasta el nivel mínimo de succión, la bomba de homogenización alimenta al tanque de floculación.
5. Llenar el tanque de floculación hasta nivel alto.
6. Encender agitador de tanque de floculación a velocidad alta (15Hz).
7. Encender agitador de cal durante 1 minuto, luego encender bomba de cal hasta llegar a un nivel de pH mayor o igual a 8.7. Esperar 2 minutos para el siguiente paso.
8. Encender agitador de sulfato de aluminio durante 1 minuto, luego encender bomba de sulfato de aluminio hasta llegar a un nivel de pH entre 6 a 6.5. Esperar 2 minutos para el siguiente paso.

9. Encender agitador de polielectrolito durante 1 minuto, luego encender bomba de polielectrolito durante 47 segundos. A los 25 segundos disminuir a velocidad baja (10Hz) el agitador. Terminado el tiempo del polielectrolito apagar el agitador
10. Dejar en reposo el agua del tanque de floculación durante 2 horas.
11. Encender bomba de tanque de floculación hasta nivel bajo, por encima del tubo de succión, esta descarga el agua desde el tanque de floculación al tanque de aireación.
12. Encender soplador del tanque de aireación
13. Encender bomba de lodo hasta evacuar todo el contenido remanente del tanque de floculación.
14. El sistema de circulación de agua residual desde el tanque de aireación a los dos tanques de sedimentación es por diferencia de nivel.

Nota: En operación manual dejar encendido el soplador de aireación

9. Alarmas del sistema

1. **Alarmas de rebose:** Advertencia de posible rebose, podrán ser activados por cisterna de tinta y tanque de homogenización también se visualizaran en la pantalla HMI



2. **Fallas térmicas:** Advertencia de recalentamiento en los motores o fallas eléctricas también podrán ser visualizadas en la pantalla HMI

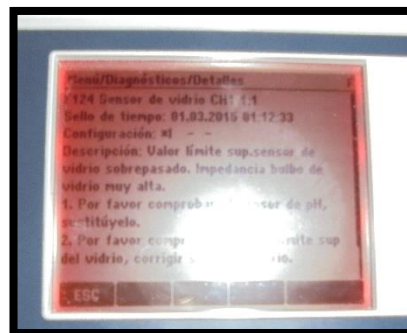


3. **Falla de tratamiento:** Es activada en el tanque de floculación cuando los rangos de pH y turbidez no se encuentran en los límites establecidos, por lo cual el agua deberá ser desalojada hacia el tanque de homogenización.



Nota: El sistema de alarma cuenta también con una alarma audible de 105 dB la cual podrá ser activada o desactivada desde la pantalla HMI.

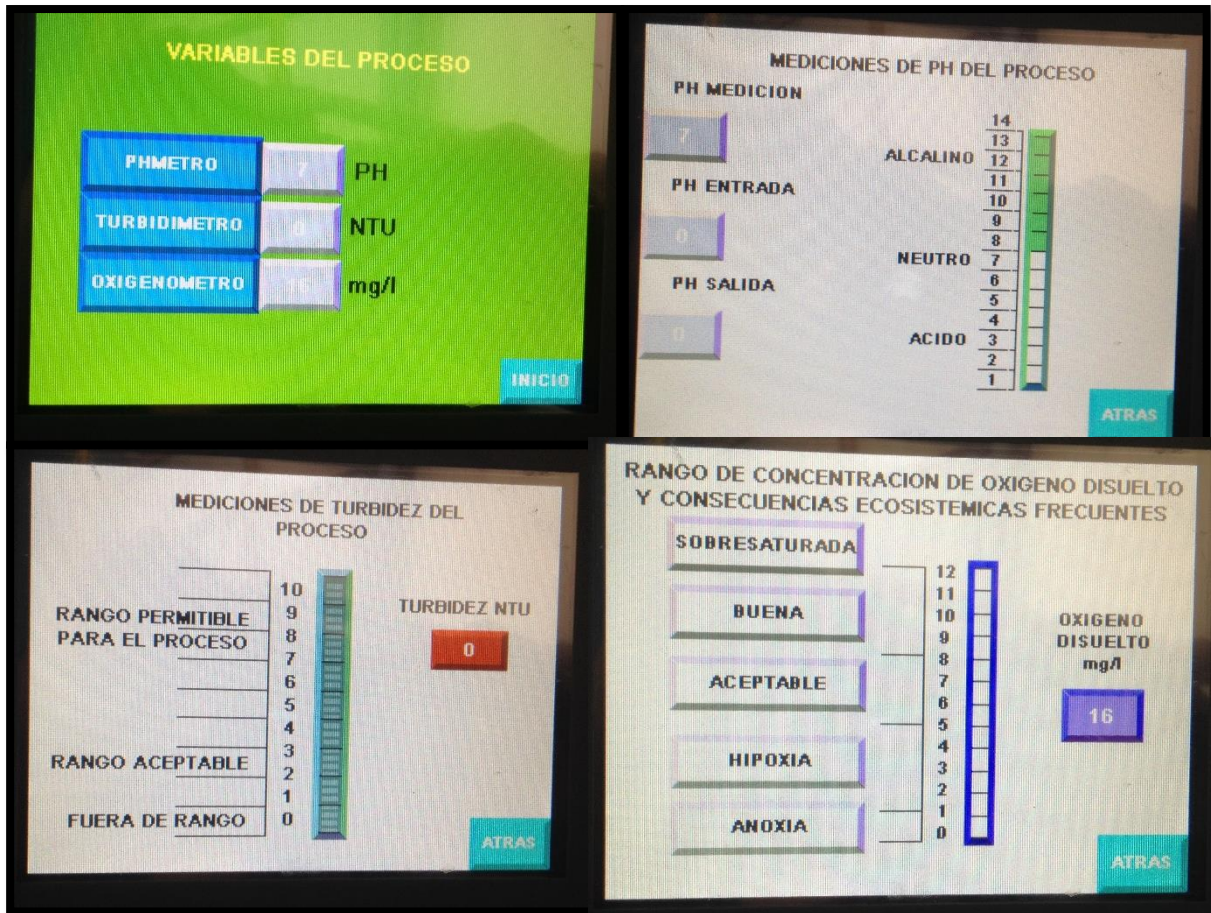
4. **Comunicación de Sensores:** Esta alarma es visualizada como una pantalla roja en el trasmisor de señales cuando se pierde la comunicación entre los sensores y el transmisor.



10. Manejo del HMI



1. **Variables del proceso:** Se visualiza la medición actual de las 3 variables (pH, turbidez y oxígeno disuelto) en la que se encuentra el proceso.



2. **Activación/ Desactivación de alarmas:** Activa o desactiva la alarma audible junto con los mensajes de advertencia de alarma que son mostrados en el HMI.
3. **Registro y monitoreo:** Se visualiza y registra todos los parámetros que intervienen en el proceso por cada batch

The figure displays two screenshots of the HMI interface for batch data recording and monitoring:

- BATCH DEL DIA:** A table showing batch data for the current day (DD/MM/AAAA: 9/5/15). It includes fields for Fecha, Volumen de Agua al Tratamiento (0 m3), PH Inicial Agua de Tratamiento (0 PH), Dosificación de Cal (0 Kg), Dosificación de Sulfato de Aluminio (0 Kg), Dosificación de Polielectrolito (0 g), PH Final Agua de Tratamiento (0 PH), Turbidez del Agua (0 NTU), and Oxígeno Disuelto Tanque Aireación (16 mg/l). It includes 'INICIO' and 'SIGUIENTE' buttons.
- BATCH DEL DIA:** A table showing batch data for the current day (DD/MM/AAAA: 9/5/15). It includes fields for Dosificación de Bacterias (0 g), Dosificación de Nutrientes (0 g), Tiempo Llenado Tanque Floculación (24 : 57 : 25), Tiempo de Reposo del Batch (0 : 0 : 0), Tiempo de Traslado del Agua Clarificada (0 : 0 : 0), Tiempo de Filtrado de Lodo (0 : 0 : 0), and Tiempo del Batch (24 : 58 : 60). It includes 'BATCH ANTERIORES' and 'ATRAS' buttons.



4. **Inicio de batch:** Activa el inicio de un nuevo batch.
5. **Activación manual de bombas:** Activa o desactiva en operación manual cada una de las bombas y agitadores que intervienen en el proceso.

