



*“Responsabilidad con pensamiento positivo”*

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:  
INGENIERO EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y  
TELECOMUNICACIONES**

**TEMA:**

SISTEMA AUTOMATIZADO CON CONTROL SCADA PARA LA  
VISUALIZACIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA EN  
LA PLANTA ETERNIT ECUATORIANA S.A.

**AUTOR:**

BORJA HIDALGO EDGAR EFRAIN

**TUTOR:**

ING. RENÉ ERNESTO CORTIJO LEYVA, Mg.

**QUITO - ECUADOR**

**2020**

## DECLARACIÓN

Yo, EDGAR EFRAIN BORJA HIDALGO con C.I. N° 1719383489; declaro que le presente proyecto de tesis de grado, denominado **“SISTEMA AUTOMATIZADO CON CONTROL SCADA PARA LA VISUALIZACIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA EN LA PLANTA ETERNIT ECUATORIANA S.A.”**, es de mi autoría el cual se lo ha realizado de manera íntegra y respetando los derechos intelectuales de las personas y a la vez adjuntando conceptos mediante citas en las cuales indican la autoría cuales datos se detallan de manera más completa en la bibliografía. Debido a lo expuesto en esta declaración, me responsabilizo del contenido, la autenticidad y el alcance del proyecto por lo tanto cedo los derechos a la Universidad Tecnológica Israel para que de uso del mismo como materia de consulta o lectura.

Quito, 7 de Agosto de 2020

AUTOR

---

Edgar Efrain Borja Hidalgo

# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación certifico:

Que el trabajo de titulación “**SISTEMA AUTOMATIZADO CON CONTROL SCADA PARA LA VISUALIZACIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA EN LA PLANTA ETERNIT ECUATORIANA S.A.**” presentado por el señor **Edgar Efrain Borja Hidalgo**. Estudiante de la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito, 07 de Agosto de 2020

TUTOR

.....

Ing. René Ernesto Cortijo Leyva, Mg.

## **AGRADECIMIENTO**

En nuestro camino se encuentran una cantidad de personas algunas de paso y otras que dejan huellas en nuestra vida por lo que se merecen una mención y un agradecimiento especial:

A mi hermano Juan Carlos Borja por toda la ayuda prestada durante la culminación de mis estudios.

A mis maestros y profesores de la Universidad Tecnológica Israel por confiar en mí y los años compartidos de conocimientos y paciencia por su carisma en la enseñanza de sus clases, y apoyarme en los momentos difíciles como un ejemplo de profesionalismo con suficiente humildad a lo largo de mi vida.

A la Universidad Tecnológica Israel en especial a la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones por darme la oportunidad de continuar con mis estudios y convertirme en un profesional.

A la empresa ETERNIT ECUATORIANA S.A. por darme la oportunidad de desarrollar el proyecto de tesis con la cual se adquirió una gran experiencia profesional.

A mis amigos que me incondicionalmente todo está reflejado en este proyecto: Pamela Pazmiño, Carlos Sánchez, Javier Chancusig.

Edgar Efrain Borja Hidalgo

## **DEDICATORIA**

A mi madre, quien con su apoyo, cariño, confianza, y dedicación absoluta hizo de mí una persona responsable, aportando cada día amor, respeto, esfuerzo y sacrificio, para que pueda alcanzar el sueño de graduarme.

A mi esposa a ella especialmente, por su paciencia, comprensión, y su amor. Es la persona que más ha sufrido directamente las consecuencias del trabajo realizado.

A mis hijos, lo mejor que me ha pasado en la vida, esperando de darles un punto de referencia para su vida personal y profesional.

Edgar Efrain Borja Hidalgo

## TABLA DE CONTENIDO

<b>DECLARACIÓN</b> .....	<b>ii</b>
<b>APROBACIÓN DEL TUTOR</b> .....	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>v</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO</b> .....	<b>vi</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>x</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiv</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>Antecedentes de la situación objeto de estudio.</b> .....	<b>2</b>
<b>Presentación y justificación del problema.</b> .....	<b>3</b>
<b>Objetivo General</b> .....	<b>4</b>
<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>4</b>
<b>Hipótesis</b> .....	<b>5</b>
<b>Alcance</b> .....	<b>5</b>
<b>Descripción de capítulos</b> .....	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>8</b>
<b>FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	<b>8</b>
1.1 Automatización industrial .....	8
1.1.1 Niveles de automatización .....	9
1.2 Sistemas SCADA .....	10
1.3 Sistema de control y adquisición de datos .....	11
1.4 Diagrama de instrumentos y tuberías P&ID .....	13
1.4.1 Controlador Lógico Programable (PLC).....	15
1.4.2 Lenguaje ladder .....	16
1.4.3 Human Machine Interface (HMI) .....	17
1.4.4 Paneles Schneider Electric .....	18
1.4.5 Instrumentación industrial.....	19

1.4.6 Sistemas automáticos y manuales .....	19
1.4.7 Sistemas automáticos .....	20
1.4.7 Sistemas manuales.....	21
1.5 Descomposición de la cadena de mando.....	22
1.6 Sistema de lazo abierto.....	23
1.7 Sistemas de lazo cerrado .....	23
1.8 Señales analógicas.....	24
1.8.1 Sensor analógico .....	24
1.8.2 El transmisor .....	25
1.8.3 El transmisor análogo.....	25
1.9 Señales digitales .....	26
1.9.1 Señales digitales .....	26
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>27</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>27</b>
2.1 Tipo de investigación utilizada .....	27
2.2 Técnicas para recolección de datos .....	28
2.3 Fases del desarrollo .....	28
Fase I. Estado del sistema de tuberías e instrumentación .....	29
Fase II. Diseño de tableros y diagramas de fuerza-control .....	29
Fase III. Dimensionamiento de dispositivos .....	29
Fase IV. Instalación del software .....	29
Fase V. Programación de los distintos equipos.....	29
Fase VI. Pruebas de funcionamiento.....	30
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>31</b>
<b>PROPUESTA .....</b>	<b>31</b>
3.1 Automatización y control planta de tratamiento agua.....	31
3.2 Justificación de la propuesta .....	32
3.3 Diseño de la automatización .....	32
3.3.1 Sistema de control planta de tratamiento agua (HMI) .....	33
3.3.1 Elementos de hardware .....	34
3.3.2 Programación del dispositivo lógico programable (PLC).....	35
3.4 Software para simulación .....	36

3.4.1 Software Unity Pro XL .....	36
3.4.1 Software Vijeo Citect.....	37
3.5 Selección de equipos .....	38
3.6 Tablero de control planta tratamiento de agua .....	38
3.7 PLC Modicon 340 .....	39
3.8 HMI HMISTU855W .....	40
3.9 Módulos de expansión.....	41
3.10 Fuente de voltaje 110 AC-24VDC .....	42
3.11 Breaker trifásico Siemens 3vt1710-2dc36-0aa0 .....	43
3.12 Breaker monofásico Schneider Electric .....	44
3.12.1 Breaker bifásico Schneider Electric .....	45
3.14 Relé miniatura de 11 pines RXM4AB1BD.....	46
3.14.1 Relé circular Schneider Electric RUMC31BD.....	47
3.15 Guardamotor.....	47
3.15.1 Contactos del guardamotor .....	48
3.16 Contactor .....	49
3.16.1 Contactos del contactor .....	49
3.17 Sensor de flujo IFM.....	50
3.18 Sensor tipo boya .....	51
3.19 Sensor tipo radar.....	51
3.20 Válvulas neumáticas.....	52
3.21 Compresor .....	52
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>55</b>
<b>IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>55</b>
4.1 Desarrollo .....	55
4.1.1 Diseño de tuberías e instrumentación.....	55
4.1.2 Diseño de los tableros .....	56
4.1.3 Diseño de los circuitos de control .....	59
4.1.3 Diseño de los circuitos de fuerza.....	59
4.2 Diseño del programa .....	60
4.2.1 Pasos para crear un proyecto .....	60
4.2.2 Configurar controlador.....	61



4.2.3 Designación de variables entradas y salidas .....	62
4.2.4 Designación de variables con marcas.....	63
4.2.5 Programación del Modicon M340.....	63
4.3 Diseño de la pantalla HMI .....	64
4.3.1 Pantalla de alarmas.....	69
4.4 Configuración de SCADA .....	70
4.5 Diseño y configuración de SCADA .....	72
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>79</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>80</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>81</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Desarrollo de la automatización.....	8
Figura 1.2 Niveles de automatización .....	9
Figura 1.3 Sistema SCADA.....	11
Figura 1.4 Sistema de control y adquisición de datos .....	12
Figura 1.5 Arquitectura de un sistema SCADA .....	13
Figura 1.6 Diagrama de tuberías e instrumentación (PID).....	14
Figura 1.7 PLC Modicon 340.....	16
Figura 1.8 Esquema de la programación ladder .....	17
Figura 1.9 Pantalla HMI .....	18
Figura 1.10 Tipos de instrumentación industrial .....	19
Figura 1.11 Evolución de la industria.....	20
Figura 1.12 Sistema automático .....	21
Figura 1.13 Operación manual .....	22
Figura 1.14 Descomposición de la cadena de mando.....	22
Figura 1.15 Sistema de lazo abierto.....	23
Figura 1.16 Sistema de lazo cerrado.....	24
Figura 1.17 Señal analógica .....	24
Figura 1.18 Sensores analógicos .....	25
Figura 1.19 Señal digital.....	26
Figura 1.20 Sensor de distancia.....	26
Figura 3.1 Comunicación y visualización del sistema .....	31
Figura 3.2 Diagrama de bloques del sistema.....	33
Figura 3.3 Diagrama de bloques.....	34
Figura 3.4 Esquema de la red Ethernet con PLC.....	36
Figura 3.5 Pantalla principal Unity Pro XL.....	37
Figura 3.6 Pantalla principal de Vijeo Citect .....	38
Figura 3.7 Tablero planta de tratamiento.....	39
Figura 3.8 PLC Modicon 340.....	39
Figura 3.9 Pantalla HMI .....	40
Figura 3.10 Módulos de expansión para PLC .....	41
Figura 3.11 Fuente de alimentación .....	42
Figura 3.12 Breaker de 100 A .....	43
Figura 3.13 Breaker monofásico .....	44
Figura 3.14 Breaker bifásico .....	45
Figura 3.15 Repartidor tipo bornera legrand .....	46
Figura 3.16 Relé miniatura Zelio 6A.....	46
Figura 3.17 Relé Zelio 10A .....	47
Figura 3.18 Guardamotor .....	48
Figura 3.19 Contactos del guardamotor .....	48
Figura 3.20 Contactor .....	49
Figura 3.21 Contactos contactor.....	49

Figura 3. 22 Sensor de flujo .....	50
Figura 3. 23 Sensor tipo boya.....	51
Figura 3. 24 Sensor tipo radar .....	51
Figura 3. 25 Válvula neumática tipo bola.....	52
Figura 3. 26 Compresor de 1.5 Hp .....	52
Figura 4. 1 Diagrama de tuberías e instrumentación .....	56
Figura 4. 2 Tablero planta de tratamiento de agua .....	57
Figura 4. 3 Tablero del compresor de cemento .....	58
Figura 4. 4 Control del tablero compresor de cemento .....	59
Figura 4. 5 Circuito de fuerza planta de tratamiento agua .....	60
Figura 4. 6 Ubicar PLC .....	61
Figura 4. 7 PLC con módulos externos .....	62
Figura 4. 8 Asignación de las variables entradas y salidas.....	62
Figura 4. 9 Asignación de marcas a entradas y salidas .....	63
Figura 4. 10 Programación del sistema manual automático.....	64
Figura 4. 11 Pantalla principal para diseñar el HMI.....	64
Figura 4. 12 Pantalla principal.....	65
Figura 4. 13 Pantalla inicio de proceso.....	66
Figura 4. 14 Pantalla proceso tratamiento .....	66
Figura 4. 15 Pasos para simulación .....	67
Figura 4. 16 Pantalla en automático .....	68
Figura 4. 17 Pantalla manual .....	69
Figura 4. 18 Pantalla con alarmas.....	70
Figura 4. 19 Pantalla crear proyecto.....	71
Figura 4. 20 Pantalla configuración grupo y usuario .....	71
Figura 4. 21 Configuración de la página .....	72
Figura 4. 22 Creación de gráficos.....	73
Figura 4. 23 Asignación de las marcas .....	74
Figura 4. 24 Diseño de pantalla inicio de proceso.....	74
Figura 4. 25 Diseño pantalla proceso tratamiento de agua.....	75
Figura 4. 26 Simulación PLC .....	75
Figura 4. 27 Compilación del proyecto .....	76
Figura 4. 28 Ejecutar Vijeo Citect.....	77
Figura 4. 29 Simulación PLC y SCADA pantalla inicio proceso .....	77
Figura 4. 30 Simulación PLC y SCADA proceso planta tratamiento .....	78

## LISTA DE TABLAS

Tabla 3. 1 Especificaciones de los módulos de expansión .....	40
Tabla 3. 2 Especificaciones HMI .....	41
Tabla 3. 3 Especificaciones fuente .....	42
Tabla 3. 4 Especificaciones breaker .....	43
Tabla 3. 5 Especificaciones breaker monofásico.....	44
Tabla 3. 6 Características técnicas breaker bifásico .....	45
Tabla 3. 7 Presupuesto diseño .....	53
Tabla 4. 1 Medidas de tableros eléctricos .....	55

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación, muestra paso a paso el proceso de tratamiento de agua, tomando en consideración que la planta de tratamiento es una parte fundamental para el funcionamiento de la máquina y líneas de producción, debido a que los sellos de las bombas y humedad de las placas necesitan de agua ya tratada.

Desde que nació la automatización industrial hasta la actualidad se puede identificar que avanza a pasos agigantados en el presente la industria 4.0, poco a poco se apodera en la automatización de las industrias.

En base a estas características la Empresa Eternit Ecuatoriana S.A. ha visto el interés de automatizar la planta de tratamiento con el propósito de tener una planta más eficiente, y lograr que las diferentes áreas, se desarrollen y realicen mejoras continuas en sus puestos de trabajo y con esto evitar el esfuerzo físico.

En el presente trabajo se muestra claramente el funcionamiento de la planta de tratamiento de agua, análisis del diseño, equipos que la conforman, pruebas de funcionamiento y análisis de resultados que tuvieron consecuencia durante el desarrollo de la planta de tratamiento.

## **ABSTRACT**

This research work shows step by step the water treatment process, taking into consideration that the treatment plant is a fundamental part for the operation of the machine and production lines, due to the fact that the seals of the pumps and humidity of the plates need already treated water.

Since industrial automation was born to the present, it can be identified that Industry 4.0 is advancing by leaps and bounds in the present, little by little it takes over the automation of industries.

Based on these characteristics, the Eternit Ecuatoriana S.A. has seen the interest of automating the treatment plant with the purpose of having a more automated plant for the improvement of the different areas in this way it motivates employees to seek to make continuous improvements in their jobs and thus avoid physical effort.

This work clearly shows the operation of the water treatment plant, analysis of the design, the equipment that makes it up, performance tests and analysis of the results that resulted during the development of the treatment plant.

## **INTRODUCCIÓN**

La empresa Eternit Ecuatoriana S.A., con el fin de mejorar su maquinaria e interactuar con sus operadores de Mantenimiento, se ha planteado en diseñar un control con el fin de automatizar las instalaciones, las cuales van ayudar al monitoreo de las mismas, mediante comunicación Ethernet se va a enlazar y transmitir en tiempo real el estado de la maquinaria llenado de los tanques y cisterna, la programación se la realizará en conjunto con el departamento técnico, con el fin de facilitar el aprendizaje la operación eficiente del personal de mantenimiento.

El proyecto solucionará que el personal se desplace al sitio varias veces al día con esto se evitará que se produzcan tiempos muertos, ya que se va a enviar los fallos a la pantalla del SCADA de esta manera alertar al operador para que llame al personal de mantenimiento y así lograr resultados eficientes para el control de la maquinaria.

La empresa Eternit Ecuatoriana S.A. con este proyecto estará a nivel de seguir con la mejora continua en lo que se refiere a procesos automatizados, al ser implementada este sea producto de los procesos de aprendizaje de los trabajadores de mantenimiento y mantenerse actualizados de cada puesto de trabajo en sus distintas líneas de producción.

## **Antecedentes de la situación objeto de estudio**

En la empresa Eternit Ecuatoriana S.A. se presenta la necesidad de realizar un control de la planta de tratamiento de agua para que no se desperdicie el agua tratada ya que este recurso es fundamental, y esto produce pérdidas en la empresa en materia prima y energía eléctrica.

Para el presente proyecto se han encontrado diferentes repositorios digitales y bibliotecas, los señores Luis Enrique Chico Analuisa, Vásconez Endara Gustavo Patricio y Zurita Armendáriz Daniel Mauricio, que en diferentes fechas los trabajos de titulación presentados y defendidos respectivamente, el diseño de un SCADA en sus proyectos para diferentes procesos de tratamiento de agua.

El trabajo presentado por el señor Luis Enrique Chico Analuisa, titulado en el año 2015 presenta el siguiente trabajo investigativo “SISTEMA INALÁMBRICO PARA CONTROL Y MONITOREO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN BAÑOS”. (Chico Analuisa, 2015). Este trabajo se realizó con el propósito de controlar y monitorear la planta de tratamiento de agua del cantón Baños de la provincia de Tungurahua, y consta de tres etapas la instrumentación, creación de la red inalámbrica, la construcción de los circuitos de acondicionamiento de señal, posteriormente se desarrolló el radioenlace y finalmente el diseño del SCADA para la visualización de la planta.

El trabajo presentado por los señores VÁSCONEZ ENDARA GUSTAVO PATRICIO y ZURITA ARMENDÁRIZ DANIEL MAURICIO, titulados en el año 2016 presentan el siguiente trabajo investigativo “AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUA Y MEJORA DEL SCADA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO PUENGASÍ – EPMAPS”. (Vásconez Endara & Zurita Armendáriz, 2016)

Estos documentos son importantes ya que se puede tener algunas ideas para realizar el proyecto y lograr el objetivo planteado, ya que los dos proyectos son basados en sistemas SCADAS.



## **Presentación y justificación del problema**

El sistema de generación de agua tratada del pozo en Eternit Ecuatoriana S.A. Es el eje fundamental para el funcionamiento normal de la maquinaria ya que las bombas, sistema preparación floculante, antiespumante, humectación de la placa fresca, y moldaje, dependen de la misma para iniciar el proceso de las diferentes líneas de producción, pero hay un inconveniente ya que la planta de tratamiento se encuentra alejada de la línea de producción y no se puede visualizar, es decir el operador de esta área es la persona que se encarga de monitorear constantemente en el día pero en la noche no hay registro en la cual se encuentre en funcionamiento, además hay un desperdicio de agua tratada ya que en la noche disminuyen líneas de producción.

Esta forma de trabajo hace que el sistema sea ineficiente, porque si existe algún problema en la maquinaria no se puede identificar de manera rápida y resolver lo más pronto posible, así que genera un consumo de agua esto provoca que la cisterna se quede vacía, y a la vez que las líneas de producción realicen paros no programados.

Adicionalmente al no tener un control automático del sistema de operación tampoco se posee un registro de cuánta agua en el proceso se trata o una data de los históricos de las variables del sistema, consumos energéticos, temperaturas de los equipos, fallas, etc. esto hace que no se puede caracterizar el sistema para tener un análisis y posteriores mejoras. Para ello surge la necesidad, de diseñar un sistema automatizado de control y supervisión mediante SCADA. El presente proyecto se considera importante, ya que se realiza un diseño de control automatizado de la operación de los motores, sensores, en tiempo real mediante un sistema SCADA, el desarrollo de este sistema automático garantiza el perfecto funcionamiento de la maquinaria.

Para ello surge la necesidad, de implementar un sistema automatizado de control y supervisión mediante SCADA.

El presente proyecto se considera importante, ya que realiza un control automatizado de la operación de los motores, sensores, en tiempo real mediante un sistema SCADA, el desarrollo de este sistema automático garantiza el perfecto funcionamiento de la maquinaria.

Con el desarrollo y la implementación del sistema SCADA, el cual obtendrá y analizará las variables necesarias para el diseño respectivo, se pretende ampliar el SCADA para alertar sobre fallos correspondientes a motores y señales de sensores para que este sistema sea más eficiente.

### **Objetivo General**

- Desarrollar un sistema automatizado de control y supervisión de los equipos del proceso de tratamiento de agua del pozo, mediante la elaboración de un SCADA para verificar en tiempo real el correcto funcionamiento de la maquinaria.

### **Objetivos Específicos**

- Definir las variables (entradas y salidas) para el desarrollo de la programación mediante el lenguaje LADDER con el software Unity Pro XL.
- Elaborar el diseño del tablero de fuerza y control automático basado en el PLC (Modicon 340).
- Diseñar un sistema de control SCADA con el programa Vijeo Citect de Schneider Electric para la supervisión del funcionamiento de los equipos y establecer la comunicación.
- Realizar pruebas de configuración, funcionamiento y conectividad para comprobar el correcto funcionamiento del sistema.

## **Hipótesis**

La implementación del control automático mediante el HMI, y monitoreo con el sistema SCADA, en la planta de tratamiento de agua se obtendrán grandes resultados, por lo que se espera que los paros en esta área se reduzcan, y el desperdicio de agua desaparezca, además el operario no tendrá que ir varias veces al sitio para asegurarse que el sistema funcione correctamente.

## **Alcance**

Mediante el proyecto de investigación se obtendrá el diseño del control industrial, a través del PLC (Controlador Lógico Programable), además del circuito de fuerza para lo que se van a tomar las señales de los guarda motores, contactores, sensores, ya existentes para definir las variables (entradas y salidas), para simular el sistema automático mediante el SCADA, con lo cual se pretende visualizar en tiempo real el funcionamiento de los equipos, además el sistema va alertar si existe algún fallo y lanzarlo a la pantalla mediante un mensaje para que el operador visualice llame al personal capacitado y resolver lo más rápido posible, se va a simular con los mismos equipos eléctricos que existen en la planta ya mencionados anteriormente.

Para simular el sistema de control y fuerza de la planta de tratamiento de agua se va a tomar señales desde el tablero de control de los motores de profundidad (motor norte, motor sur), motor cisterna de almacenamiento de agua (no tratada), sensores de nivel cisterna, es donde inicia el proceso, en la planta de tratamiento se va a obtener las señales de cada uno de los motores que intervienen en el proceso, además de los sensores de nivel de la cisterna y tanques, las electroválvulas que controlaran las purgas, el control del agua ya tratada para evitar que se desborde de la cisterna el agua.

En la planta de tratamiento se va a utilizar los mismos dispositivos que se encuentran implementados, después de realizar el diseño del nuevo tablero, se procede a diseñar los

circuitos de control y fuerza, las señales de los guardamotores, contactores, sensores de nivel, sensor del presostato, electroválvulas para la apertura y cierre del agua mientras detecte que la cisterna esté llena y purgas automáticas de los tanques de tratamiento de agua, mediante sensores de nivel se va a tomar los datos de los niveles de las dos cisternas para identificar el nivel crítico, a futuro se puede agregar la tercera cisterna al sistema SCADA, purgas de los filtros, y sistema para tratar el agua (floculante, cloro).

Una vez con el tablero listo, las señales de las cisternas, tanques de tratamiento de agua (en proceso). Y tanques de almacenamiento de agua ya tratada, se va a elaborar la programación en el lenguaje (ladder) mediante el software Unity Pro XL, con el programa ya definido el diseño del sistema Scada y las señales desde el PLC (Controlador Lógico Programable) se configura para establecer la simulación entre el PLC y el SCADA, para finalizar con las pruebas correspondientes y encontrar posibles fallos para elaborar correcciones.

Se realizará un manual de procedimientos para los operarios de la planta para que tenga un panorama claro sobre el proceso y problemas que pueden ocurrir.

### **Descripción de capítulos**

La presente implementación está estructurada en cuatro capítulos. El primero muestra la fundamentación teórica del proyecto, mediante el argumento desde el punto de vista científico y tecnológico, se abordarán temas como el origen de la programación mediante el PLC, servicios y sus elementos indispensables para lograr su funcionamiento.

En el segundo capítulo, se presenta lo concerniente al marco metodológico de la investigación, en donde se aplicó todo lo definido en el Plan del Proyecto Integrador de Carrera, métodos utilizados para el desarrollo del proyecto.

En el tercer capítulo se establece el análisis geográfico para la ubicación correcta de los tableros de control industrial, instrumentación, así como los diagramas de cada uno. Se realiza el cálculo para el dimensionamiento del cableado la potencia total que se va a utilizar, además

del cálculo de amperaje, se profundiza la descripción de los equipos, además del software en el SCADA (Vijeo Citect) y PLC.

Finalmente, el último capítulo se refiere al proceso de implementación del sistema, presentado de forma coherente la puesta en marcha con sus resultados y pruebas de funcionamiento.

## CAPÍTULO I

### FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 1.1 Automatización industrial

La automatización a través de los años ha dado lugar a un avance a pasos gigantes en la industria, todo esto se ha hecho posible a diferentes factores entre los que se destacan las nuevas tecnologías sobre todo el control de la regulación de sistemas y procesos.

El control automático ha jugado un papel vital en el avance de la ciencia y de la ingeniería, constituyéndose parte integral e importante de los procesos industriales y de la manufactura moderna, resulta esencial en operaciones industriales como el control de presión, temperatura, humedad y viscosidad, y flujo en las industrias de transformación. En la Figura 1.1 se puede apreciar el desarrollo de la automatización. (MONCADA ALBITRES , 2015).



**Figura 1.1** Desarrollo de la automatización.

**Fuente:** (ECONOMICA, 2018)

### 1.1.1 Niveles de automatización

Los diferentes niveles se reconoce que dentro del proceso industrial y la exigencia e interrelación entre los diferentes niveles es posible gracias a las redes de información y los grandes avances computacionales, a continuación se describen los niveles a los que están sujetos la automatización:

- **Nivel 1:** Está conformado por la instrumentación y accionamientos de terreno como sensores, variadores, etc.
- **Nivel 2:** Es conocido como control de célula en dicho nivel se encuentra los PLC (controlador lógico programable) encargados de la regulación del control.
- **Nivel 3:** Este nivel es de supervisión y adquisición de datos donde se recogen en tiempo real toda la información generada en el nivel de control los estados de procesos y enclavamientos de variables todas estas asociadas a los subniveles.
- **Nivel 4:** En este nivel tiene la capacidad de administrar la producción y permite la planificación de la producción facilita la ingeniería de proceso al dar a los responsables información global.
- **Nivel 5:** Es el manejo corporativo y permite la planificación corporativa de los recursos y optimización de las finanzas.

En la Figura 1.2 se pueden visualizar todos los niveles a los cuales se rige la automatización industrial.



**Figura 1. 2** Niveles de automatización

**Fuente:** (SEGU.INFO, 2017)

## 1.2 Sistemas SCADA

Los sistemas SCADA están diseñados para cubrir necesidades en un sistema de control automatizado y centralizado, en procesos industriales distribuidos en áreas geográficas muy extensas, es así que el sistema SCADA tiene una definición clásica y se hace referencia a esta característica. Se trata de una aplicación de software que proporciona comunicación en los dispositivos de campo (controladores lógicos programables) entre otros, y el control del proceso de forma automática en la pantalla del computador, también se genera toda la información en el proceso productivo en diversos usuarios, ya sea en el mismo nivel u otros centros de supervisión en la empresa. Los programas que sean necesarios para el funcionamiento en el caso del hardware ingresan en general al sistema SCADA.

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), es un sistema industrial que controla, realiza mediciones y que consiste en una computadora principal o master (generalmente conocidas como estaciones remotas), además de una colección de software usado para monitorear y controlar remotamente dispositivos de campo. Los sistemas SCADA contemporáneos tienen características de control de lazo abierto y utilizan comunicaciones interurbanas, en la Figura 1.2 se puede apreciar el modelo de un SCADA.

El SCADA se utiliza generalmente para vigilar y controlar una planta industrial o los equipamientos, una de las funciones principales se describe a continuación.

- Los sistemas de arquitectura abierta capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto.
- Ser programas sencillos de instalar sin excesivas exigencias de hardware y fáciles de utilizar con interfaces amigables con el usuario.



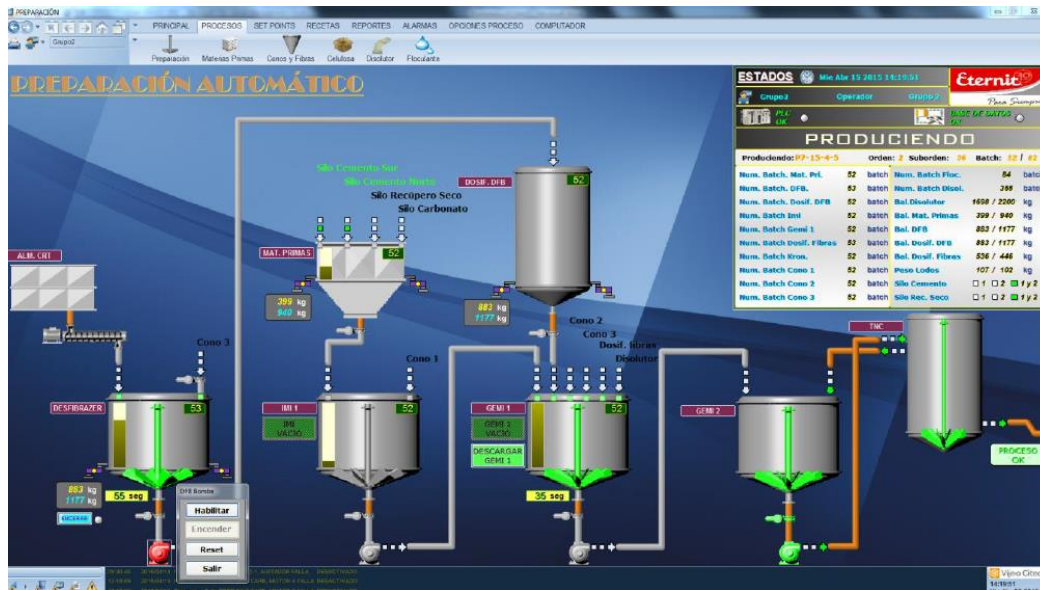


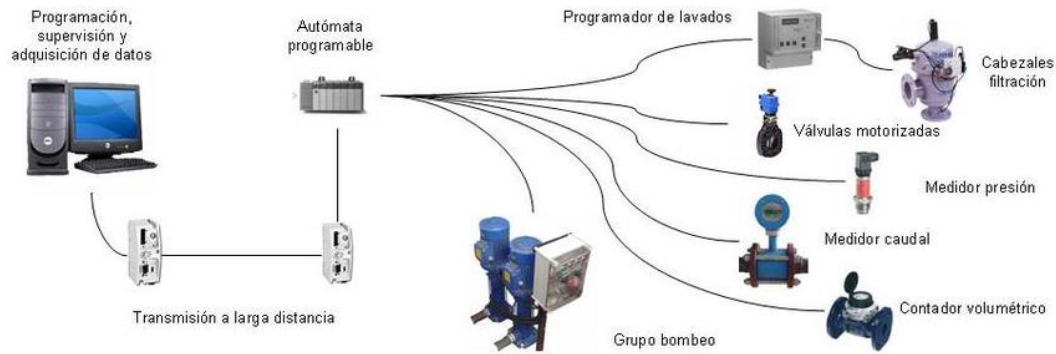
Figura 1. 3 Sistema SCADA

Fuente: (LASSO, 2015)

### 1.3 Sistema de control y adquisición de datos

Los sistemas de control y adquisición de datos son software en especial diseñados para funcionar en los computadores en el control de producción que proporcionan comunicación en los dispositivos de campo ya que controla de forma automática desde la pantalla de un computador, a la vez también provee de información que se genera en los procesos productivos a diversos usuarios, ya sea en el mismo nivel.

Generalmente esto se vincula a un software mediante el uso de la computadora o de un PLC. La acción de control es realizada por el controlador de campo, la comunicación en el sistema es obligatorio mediante la computadora pero el operador puede gobernar el proceso en un momento si es necesario como se puede observar en la Figura 1.4.



**Figura 1. 4** Sistema de control y adquisición de datos

**Fuente:** (ResearchGate, 2015)

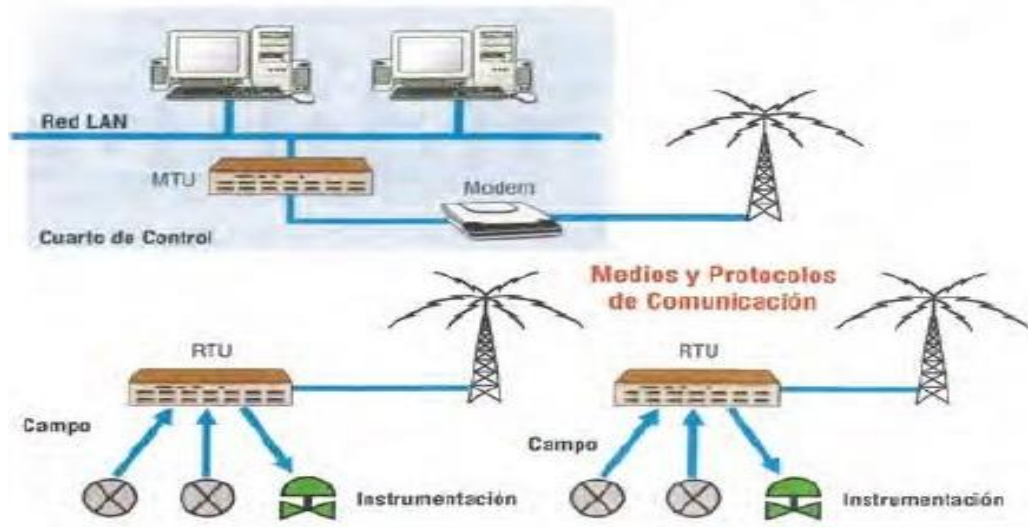
La adquisición de datos consiste en obtener señales adecuadas que representen los fenómenos físicos, que sucede en cada instante del proceso. Para la adquisición de estas señales es necesario que se tengan en cuenta los fenómenos físicos que se desean medir, se debe tomar en cuenta que no todos los transductores o sensores son útiles para la misma medición. (Solano, 2011).

La adquisición de datos es lograda en primer lugar por los RTU que exploran las entradas de información de campo conectadas con ellos, esto ocurre en intervalos de tiempos muy cortos la MTU entonces explora la RTU generalmente con una frecuencia menor y si una alarma estuviera presente, sería catalogada y visualizada en listas especiales de alarmas.

La RTU es el encargado de conectarse al equipo físicamente y tiene la función de leer los datos de estado abierto o cerrado desde cualquier tipo de actuador, lee las mediciones tales como flujo, presión esto es interpretada por corriente o voltaje así la RTU puede descifrar y enviar señales, para controlar los dispositivos.

La MTU (Master Terminal Unit) es la parte más visible en el sistema SCADA considerada la estación central, además es el centro neurálgico en el sistema, a veces se llama HMI (Human Machine Interface), es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina, esta terminal se encarga de ejecutar las acciones de mando ya existentes

en el programa en base a los valores actuales de las variables medidas, el programa se realiza por medio de bloques de programa este lenguaje es de alto nivel, en la Figura 1.5 se aprecia la arquitectura de un sistema SCADA las funciones principales de una MTU de SCADA se describen a continuación:



**Figura 1. 5** Arquitectura de un sistema SCADA

**Fuente:** (Moya, 2019)

#### 1.4 Diagrama de instrumentos y tuberías P&ID

El diagrama de tuberías e instrumentación o también conocido por sus siglas en inglés (Piping and Instrumentation Diagram/Drawin P&ID) es un diagrama que muestra el flujo del proceso en las tuberías como el sistema de instrumentación y equipos que lo conforman.

Mediante símbolos permite identificar todos los instrumentos que intervienen en todo el proceso conformadas por tuberías número de líneas, tuberías además de conocer sus dimensiones, en el sistema de instrumentación se encuentran bombas, sensores de flujo, válvulas, presostatos, purgas, sensores de nivel etc. El estándar utilizado para este tipo de diagrama se basa generalmente en la Norma ISA a continuación se muestra la Figura 1.6 con todos los equipos y tuberías con su respectiva señalización.

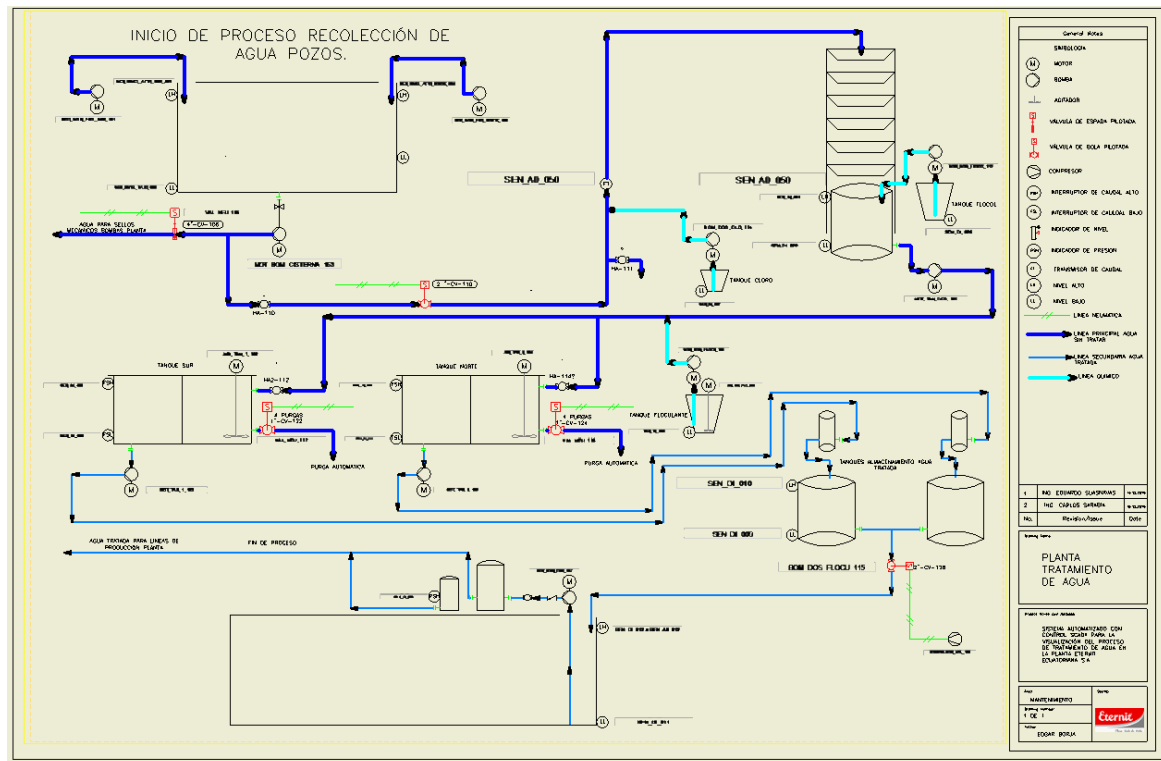


Figura 1. 6 Diagrama de tuberías e instrumentación (PID)

Fuente: Elaborado por el autor

Una de las características fundamentales en el proyecto es tener la información técnica necesaria, mediante el análisis de detalle para establecer la ubicación de los equipos mecánicos, eléctricos y electrónicos mediante las normas establecidas, el diseño esquemático del diagrama de tuberías es donde se va a empezar para automatizar un proceso o maquinaria industrial, y así tomar en cuenta las normas del lugar y requerimientos del área para tener un diseño mejor planteado.

El software es un estándar de símbolos normalizados utilizados generalmente en los procesos industriales, en el diseño se visualiza de manera clara como están distribuidas las tuberías, equipos, y las conexiones para que al momento de la instalación sea más fácil, ya que se encuentran identificados todos los elementos, también se puede establecer las funciones de cada elemento ya diseñados.

### 1.4.1 Controlador Lógico Programable (PLC)

Un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller), se trata de una computadora, utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas. Sin embargo, la definición más precisa de estos dispositivos es la dada por la NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) que dice que un PLC es:

“Instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de E/S analógicos o digitales sobre diferentes tipos y de procesos”. (PAC, 2019)

El autómata programable está en la capacidad de realizar varias funciones y algunas de ellas al mismo tiempo, las funciones que se destacan se describen a continuación:

- **Detección:** lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.
- **Mando:** elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los preaccionadores y accionadores.
- **Diálogo humano máquina:** mantener un diálogo con los operarios para obedecer sus consignas e informar sobre el estado del proceso.
- **Programación:** elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómata debe permitir modificar el programa incluso con el autómata en funcionamiento con la máquina.

La constante evolución de hardware y software perfecciona cada día más a estos dispositivos y amplía este campo para satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro

de las posibilidades reales, a continuación en la Figura 1.7 se indica un PLC de la marca Schneider.



**Figura 1. 7** PLC Modicon 340

**Fuente:** (Electric, Schneider Electric, 2020)

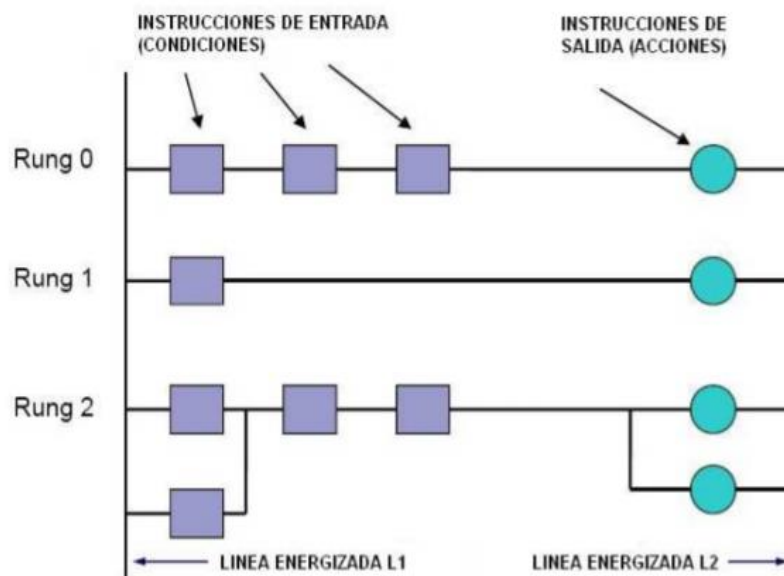
Modicon está diseñado para satisfacer las necesidades de la industria de procesos y una amplia gama de aplicaciones de automatización exigentes. Modicon M340 se puede usar individualmente, pero también es el compañero perfecto de Modicon Premium y Modicon Quantum, ya que aumentan el rendimiento, la calidad y la rentabilidad de su proceso industrial, instalaciones o de sus máquinas. (Electric, Schneider Electric, 2020)

### 1.4.2 Lenguaje ladder

La programación tipo escalera o más conocido como ladder es el más común para representar la lógica de control de todos los sistemas industriales, se llaman diagrama “escalera” porque tienen parecido a una escalera con dos rieles verticales que se representan como alimentación y escalones (líneas horizontales), en las cuales hay circuitos de control que definen la lógica a través de funciones. En la Figura 1.8 se muestra la estructura de una programación ladder o escalera.

De esta manera a continuación se describen las siguientes características:

- Instrucciones de entrada se introducen a la izquierda.
- Instrucciones de salida se colocan en el lado derecho.
- Los carriles de alimentación son las líneas de suministro de energía representadas como L1 y L2 para los circuitos.
- La mayoría de los PLC permiten más de una salida por cada región (Rung).
- El procesador (o “controlador”) explora cada línea de la escalera de arriba abajo y de derecha a izquierda.



**Figura 1. 8** Esquema de la programación ladder

**Fuente:** (Rocatek, 2019)

Las conexiones de las señales y estándares de programación varían un poco entre los diferentes modelos de PLC, pero se aplican los mismos conceptos así que tanto el cableado como las conexiones son las mismas.

### 1.4.3 Human Machine Interface (HMI)

Un HMI significa “Human Machine Interface” es un dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina. La función principal de los HMI es mostrar

información en tiempo real y proporciona gráficos visuales y digeribles que aporten el significado y contexto sobre algún dispositivo que este programado, además parámetros de un determinado proceso, suministran información operativa al proceso y permiten controlar, optimizar los objetivos de productos.

Los sistemas interfaz hombre máquina permiten operaciones confiables de tecnología en cada aplicación. Las pantallas HMI se utilizan para optimizar un proceso industrial ya que digitaliza y centraliza los datos. En la Figura 1.9 se puede apreciar la imagen de un HMI.



**Figura 1.9** Pantalla HMI

**Fuente:** (Electric, Schneider Electric, 2020)

#### 1.4.4 Paneles Schneider Electric

Fáciles de instalar, configurar y operar, los HMI Magelis proporcionan un medio simple y eficaz para conectar sistemas, recopilar datos y presentar información en un formato entendible. Desde el terminal gráfico más pequeño hasta pc industrial más sofisticado, la oferta HMI de Schneider Electric ofrece una ventana clara a sus operaciones. No solo permite saber cuándo todos los sistemas funcionan correctamente, sino que es más importante, te ayuda a mantenerlos así. (Electric, Schneider Electric, 2020)



### 1.4.5 Instrumentación industrial

La instrumentación industrial es una técnica empleada por el control y la medición automatizada en la industria, para los procesos de líneas de producción se ha requerido el desarrollo de instrumentos de precisión capaces de medir sólidos en puntos fijos y móviles y estos sean confiables, en este proyecto en la medición del flujo de agua.

En todos los procesos siempre es necesario mantener y controlar algunas magnitudes constantes en las que se destacan la presión, caudal, la humedad etc. La instrumentación se encarga del funcionamiento del proceso de manera óptima a través de elementos que sirven para medir, transmitir, controlar, convertir o registrar las variables que registren los sensores y diferentes dispositivos que existen para este tipo de instrumentación. En la Figura 1.10 se observa los diferentes tipos de instrumentación que se pueden utilizar.



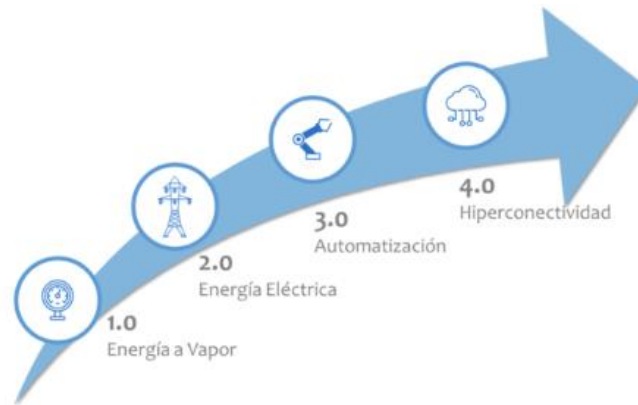
**Figura 1. 10** Tipos de instrumentación industrial

Fuente: (Pinterest, 2020)

### 1.4.6 Sistemas automáticos y manuales

Las posibilidades de utilizar computadores digitales mediante el control de procesos aparecen a mitad de los años cincuenta, pero fue que a finales de esa década cuando se desarrolló

la alternativa de control industrial, es donde entonces los computadores para el control de procesos, ha evolucionado a través de las diferentes etapas de desarrollo y que en la época actual ingresen al mercado con la industria 4.0. En la Figura 1.11 se puede observar como la industria con el paso del tiempo ha evolucionado.



**Figura 1. 11** Evolución de la industria

**Fuente:** (Delgado, 2019)

#### 1.4.7 Sistemas automáticos

Un sistema de control se vuelve automático mediante el uso de un dispositivo llamado controlador que realice en reemplazo las operaciones del operador humano, mediante el controlador a partir de ciertos parámetros decide que acción de control tomar que será necesaria y realizarla.

A continuación, se describen los dispositivos necesarios en un sistema de control:

- **Controladores:** Son dispositivos que están diseñados para almacenar y ejecutar una serie de instrucciones que activa o desactiva válvulas de acuerdo con los datos que recibe.
- **Sensores:** Son dispositivos diseñados para tomar datos de la realidad donde se pretende intervenir, además reemplazan los sentidos (vista, olfato, oído, tacto, y gusto) del operador.

- **Actuadores:** Son dispositivos diseñados para generar los efectos buscados en la industria a través de un sistema de control, convierten en acciones las órdenes que reciben de los controladores. Los actuadores más conocidos son válvulas, motores eléctricos y cilindros neumáticos.

También los sistemas automáticos consisten en el estudio y manejo de que cierta aplicación sea de manera automática al control de los procesos industriales que se derivan en la incorporación de un determinado proceso dentro de una industria, esto da paso a un conjunto de componentes, dispositivos eléctricos, electromecánicos, y electrónicos interconectados entre sí. En la Figura 1.12 se puede apreciar un control automático utilizado por las industrias en general para sus diferentes procesos.

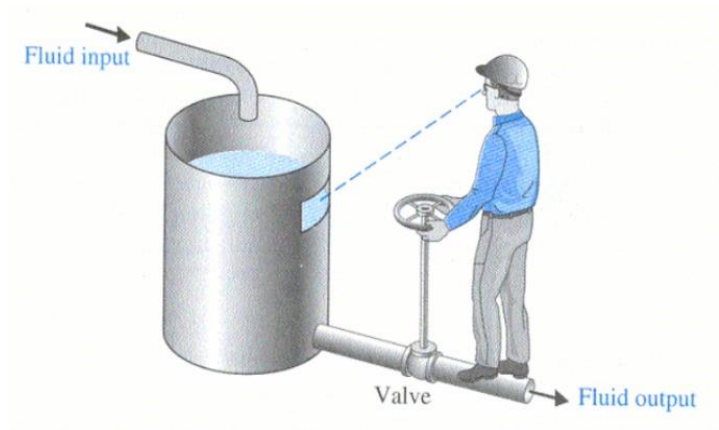


**Figura 1. 12** Sistema automático

**Fuente:** (Delgado, 2019)

#### 1.4.7 Sistemas manuales

A inicio de los tiempos la industria en los diferentes tipos de plantas los medios por los cuales la supervisión y control era controlada en manual basándose en indicadores de herramientas instaladas en el campo, la supervisión requería de un operario que permanezca en el sitio de la planta para manejar el control manual directo de los distintos procesos. En la Figura 1.13 se puede observar como un operario permanecía en el lugar para controlar un actuador.

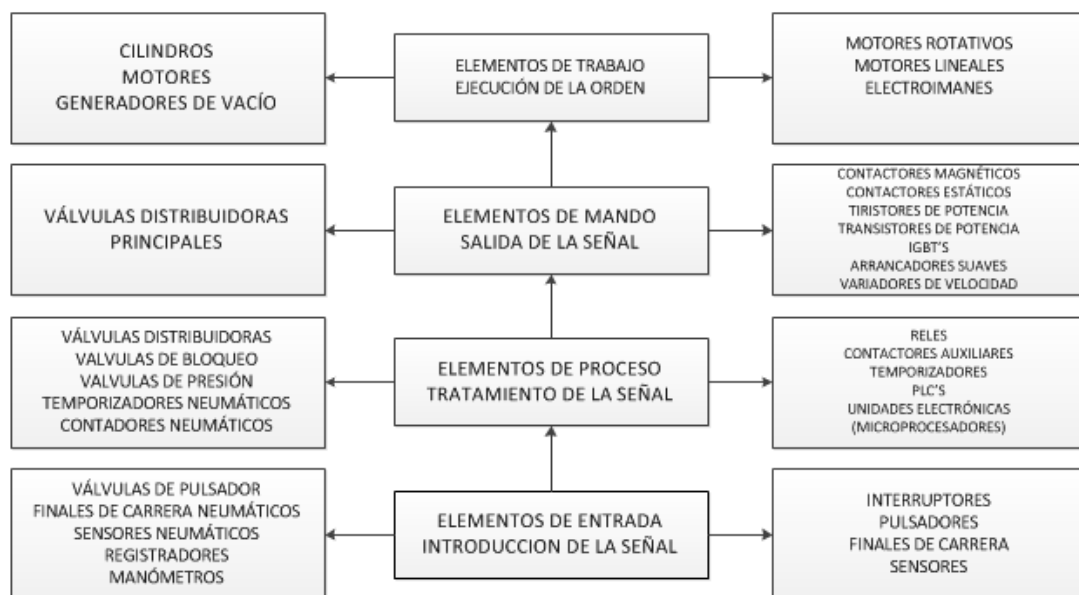


**Figura 1. 13** Operación manual

**Fuente:** (Guevara, 2013)

### 1.5 Descomposición de la cadena de mando

En la técnica de mando resulta importante establecer el flujo de señales, es decir, esquematizar el recorrido de una señal desde su introducción, para pasar por un tratamiento hasta la señal de salida. En la Figura 1.14 se muestra como es la descomposición de la cadena de mando.

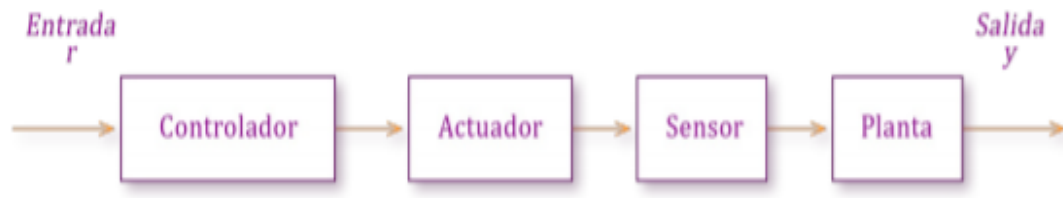


**Figura 1. 14** Descomposición de la cadena de mando

**Fuente:** (Velasco, 2015)

## 1.6 Sistema de lazo abierto

Una herramienta muy aceptada para el análisis de sistemas es la representación por diagrama de bloques de los elementos del sistema. Esta representación describe la lógica del funcionamiento de una manera secuencial, lo cual permite modelar el sistema y encontrar errores de diseño en el mismo. Se considera el siguiente diagrama de bloques de la Figura 1.14. Este diagrama, al cual se denomina como lazo de control, muestra una lógica de interconexión de bloques que incluyen los elementos de control anteriormente vistos. El lazo de control de la Figura 1.15 es lo que se conoce como un lazo abierto de control. En este tipo de lazos de control la entrada del sistema actúa directamente sobre el controlador, para producir mediante el actuador el efecto deseado en la salida y. (MORALES MENÉNDEZ & RAMÍREZ MENDOZA, 2013)

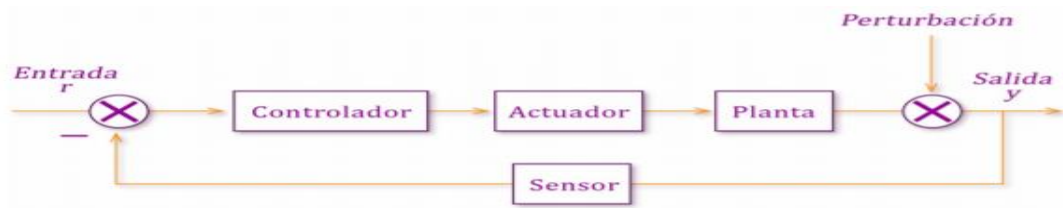


**Figura 1. 15** Sistema de lazo abierto

**Fuente:** (Guevara, 2013)

## 1.7 Sistemas de lazo cerrado

Se considera la dinámica de otro lazo de control, en la Figura 1.16. Este lazo de control se denomina como lazo cerrado de control. El lazo de control cerrado es intuitivo: Se necesita tomar decisiones de posición (control), basados en nuestra ubicación sensada para que el actuador mueva a la planta. El uso de la retroalimentación negativa permite garantizar estabilidad en lazo cerrado.

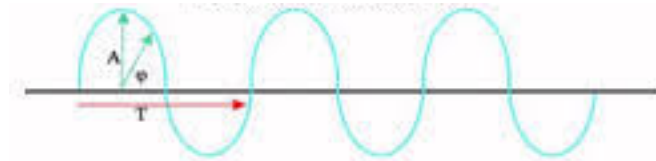


**Figura 1. 16** Sistema de lazo cerrado

**Fuente:** (Guevara, 2013)

## 1.8 Señales analógicas

Estas variables eléctricas que evolucionan conforme va pasando el tiempo, pueden presentarse en la forma de una corriente, una tensión, o carga eléctrica. Varían en forma continua entre un límite inferior y un límite superior cuando estos límites coinciden con los límites establecidos del dispositivo se establece que la señal está normalizada, una de las ventajas de trabajar con señales normalizadas es que se aprovecha mejor la relación señal-ruido de los diferentes dispositivos existentes para la industria. Ver Figura 1.17.



**Figura 1. 17** Señal analógica

**Fuente:** (DIGITAL, 2015)

### 1.8.1 Sensor analógico

Un sensor analógico tiene la capacidad que la salida emita una señal comprendida por un campo de valores instantáneos que varían con el tiempo y que son proporcionales a los efectos en que se encuentra la medición. A continuación en la Figura 1.18 se puede observar un tipo de sensor analógico de la variedad que existe.



**Figura 1. 18** Sensores analógicos

**Fuente:** (Sutecon, 2019)

### 1.8.2 El transmisor

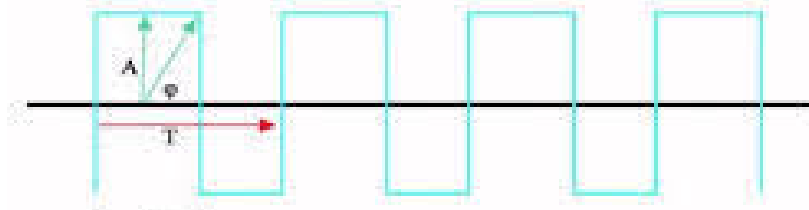
Este instrumento tiene la capacidad de convertir la salida del sensor en una señal muy fuerte para transmitirla hacia el controlador o a otro aparato receptor. Son los circuitos que transforman la señal que sale del sensor, se llama transductor o captador y la convierte en una señal normalizada, las señales de salida puede ser neumáticas, eléctricas o digitales.

### 1.8.3 El transmisor análogo

Es un equipo electrónico que tiene la capacidad de una alta precisión, que procesa y convierte una señal generada por una o por un conjunto de celdas de carga o un formato estándar de corriente 0-4 a 20 mA. También puede ser con voltaje de 0-2V a 10V VDC, se establecen estos formatos típicos usados en el control de procesos industriales utilizados en la actualidad en las distintas líneas de producción.

## 1.9 Señales digitales

Estas variables eléctricas comprenden dos niveles diferenciados que se alternan según el tiempo mediante la transmisión de información según un código ya establecido, cada nivel eléctrico representa uno de los símbolos: 0V o 5V, V o F. ver Figura 1.19.



**Figura 1. 19** Señal digital

**Fuente:** (DIGITAL, 2015)

### 1.9.1 Señales digitales

Un sensor digital es un dispositivo que capta señales en su entorno y traduce la información con esto procede a convertir en un impulso eléctrico que es procesado por una serie de circuitos que genera una acción 0 o 1 en el sistema. En la Figura 1.20 se observa un sensor de distancia digital.



**Figura 1. 20** Sensor de distancia

**Fuente:** (BANNER, 2020)



## CAPÍTULO II

### MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo plantea aspectos metodológicos que se utilizaron para realizar el presente proyecto tratándose de un Sistema automatizado con control SCADA para la visualización del proceso de tratamiento de agua en la planta Eternit Ecuatoriana S.A., dicho proyecto permite a los operarios de la planta industrial a interactuar con sistema que permite alertar de los posibles fallas que se establecen en el proceso. Además, se describe el tipo de investigación realizado, las herramientas y fases de la simulación efectuado durante el diseño del proyecto.

#### **2.1 Tipo de investigación utilizada**

El modelo de investigación se basa en seguir una serie consecutiva de pasos para el desarrollo factible de un proyecto mediante parámetros establecidos.

Lo expuesto anteriormente se define que la investigación es de tipo proyectiva debido a que, desde el inicio de estudios en implementaciones anteriores sobre sistemas SCADA se estable un nuevo análisis para las características que debe cumplir el proyecto para Eternit, para brindar un aporte importante a la vanguardia tecnológica. Para establecer mejoras a la empresa industrial Eternit Ecuatoriana S.A. en cuestión de infraestructura, comunicación, economía, prestación del servicio permanente y eficiente.

## **2.2 Técnicas para recolección de datos**

Este punto se refiere a las diversas técnicas que se ha utilizado para la recolección de datos que servirán para buscar soluciones al problema, esto es muy importante ya que debido a la información recolectada se puede respaldar la propuesta planteada.

Pues basándose en lo expuesto anteriormente y centrándose al proyecto de diseño del sistema Scada se realizó la recolección de datos y revisión del software indispensable para expandir la propuesta del proyecto.

## **2.3 Fases del desarrollo**

Las fases detalladas a continuación, se basan en el procedimiento a realizar según las etapas que se va a ejecutar y servirá para solventar el problema planteado.

En la primera fase se diseñan los planos en el software AutoCAD (Plant 3D), diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) para la planta tratamiento de agua donde inicia el proceso hasta que termina de tratar el agua, la segunda fase se va a realizar los planos de control, fuerza y distribución del tablero en el software AutoCAD, se debe tomar en cuenta las medidas de todos los dispositivos que va a estar en el tablero eléctrico; mientras que en la tercera fase, se establece el dimensionamiento de los dispositivos que van a ir en el tablero, además las características técnicas de motores, agitadores, válvulas, y dispositivos eléctricos; durante la cuarta fase, se va a realizar la programación en lenguaje ladder y diseñar el sistema SCADA y HMI, en la quinta fase, se va a realizar las variables para saber cuántas entradas y salidas existen en todo el proceso, la sexta y última fase se realizó pruebas de funcionamiento simulado en el SCADA, PLC y HMI. Cada una de las fases se expone a continuación.

### Fase I. Estado del sistema de tuberías e instrumentación

Se identificó cada una de las tuberías, sensores, motores y se procedió a aumentar los dispositivos que se necesitan para la automatización de la planta de tratamiento tales como válvulas, compresor, y sensor de flujo, para así diseñar en el software AutoCAD y explicar cómo va a estar compuesto el sistema de tuberías e instrumentación.

### Fase II. Diseño de tableros y diagramas de fuerza-control

Luego de haber verificado el lugar se procedió al diseño de los diagramas de control, fuerza, equipos, y tableros eléctricos, además se tomó en cuenta todos los dispositivos que va a ingresar en el tablero.

### Fase III. Dimensionamiento de dispositivos

Se verificó la potencia y amperaje de cada motor para el dimensionamiento del breaker principal, guardamotor y contactor esto va a ayudar en el caso que exista una sobrecarga proteger a los equipos, además de los diferentes sensores que van a ir en cada uno de los tanques para saber cuándo está lleno y vacío también va a tener una alerta.

### Fase IV. Instalación del software

En esta fase se procede con la instalación de los software necesarios para la programación y el diseño del HMI se va a instalar el programa Unity pro xl, mientras que para el diseño del SCADA se va a utilizar el Vijeo Citect la simulación

### Fase V. Programación de los distintos equipos

En esta fase se va a realizar las variables para saber cuántas entradas y salidas existen en todo el proceso, ya definidas las variables se procede a programar en lenguaje ladder, ya con el

programa, se va configurar el programa Vijeo Citect para empezar con el diseño del Scada posterior a esto se diseña el HMI.

#### Fase VI. Pruebas de funcionamiento

En la fase sexta y última se procedió a realizar las pruebas de funcionamiento respectivas, mediante los software antes ya mencionados, para esto se va a enlazar la simulación del programa Unity Pro XL al Vijeo Citect con esto se procede a forzar las variables para visualizar en la pantalla del Scada.

## CAPÍTULO III

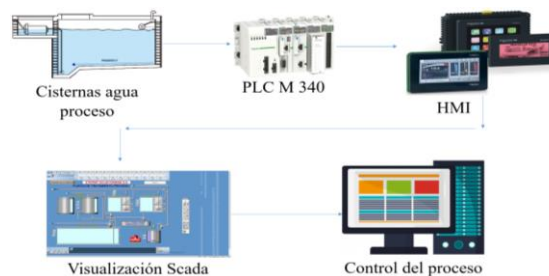
### PROPUESTA

#### 3.1 Automatización y control planta de tratamiento agua

El capítulo actual como se muestra en la Figura 3.1 con base a las características técnicas requeridas y en base a las propuestas teóricas presenta el siguiente proyecto.

La parte fundamental para partir con el desarrollo del sistema que va a controlar el proceso de tratamiento de agua fuera del área de producción, se basa en las tecnologías de conectividad y control que está inmersa en el área de la Electrónica Industrial y las Telecomunicaciones.

El dispositivo inteligente de control lógico programable interactúa con el panel HMI para automatizar y controlar los dispositivos, esto va a solucionar que el desperdicio de horas y paros de producción mejoren, por tal motivo es necesario implementar un mecanismo de automatización mediante un conjunto de variables programadas en un diseño, además de la simulación para observar el comportamiento de las ordenes y muestre gráficamente el proceso y así alerte de algún fallo que ocurre en la planta de tratamiento.



**Figura 3. 1** Comunicación y visualización del sistema

**Fuente:** Elaborado por el autor

Con la aplicación de dispositivos analizados de manera correcta se va a obtener resultados favorables al momento de la aplicación en los conceptos adecuados, ya que esto va a ocasionar que la teoría con la práctica se fusione, mediante las llamadas pruebas técnicas y de usuario, ya que va a servir para demostrar la capacidad del sistema al actuar en el proceso de tratamiento de agua, este proceso seguirá lineamientos que serán planteados mediante objetivos lo que hará cumplir la meta específica planteada y con el tiempo se ampliara hasta cumplir con la visión de desarrollo y mejora continua del proyecto, consiguiendo un sistema adecuado para el fin propuesto.

### **3.2 Justificación de la propuesta**

El sistema de automatización y control de la planta de tratamiento de agua mediante el HMI, tiene como finalidad monitorear y controlar el proceso, mediante la simulación de los diferentes dispositivos se podrá observar el funcionamiento correcto de la maquinaria, el agua tratada es usada para todas las líneas en producción de tal manera que el control sistematizado va a lograr a parte del paso ya mencionado es cuidar la seguridad del operario debido a que no tendrá que desplazarse hasta la planta de tratamiento para verificar el correcto funcionamiento de la misma.

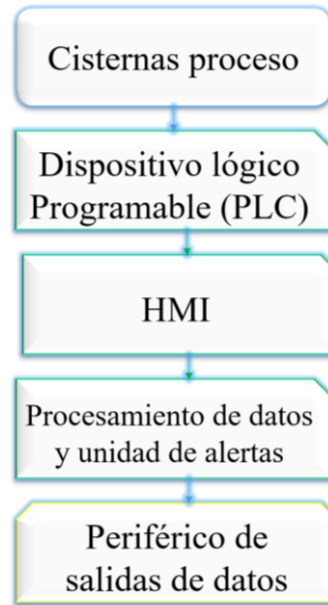
En pocas palabras una vez automatizada la planta de tratamiento de agua se pretende minimizar el tiempo de traslado, evitar el desperdicio de agua tratada en las noches, y posibles fallos que producen paros productivos y al estar conectados al monitor cada turno estará pendiente si ocurre alguna anomalía esto va a servir para mejorar considerablemente el proceso de la planta.

### **3.3 Diseño de la automatización**

Para la programación y simulación se va a utilizar el software llamado Unity Pro XL de Schneider Electric, se va a tomar el PLC Modicon 340 y su control se lo va a realizar en el HMI del software donde se podrá manejar y manipular el proceso de acuerdo a los requerimientos.

El proyecto de manera general está conformado por la integración de dos sistemas como se puede apreciar en la Figura 3.2

- Sistema de control automático de los niveles de las cisternas, tanques, motores, válvulas, además del control HMI.
- Sistema de monitoreo de la planta de tratamiento de agua a través del SCADA.



**Figura 3. 2** Diagrama de bloques del sistema

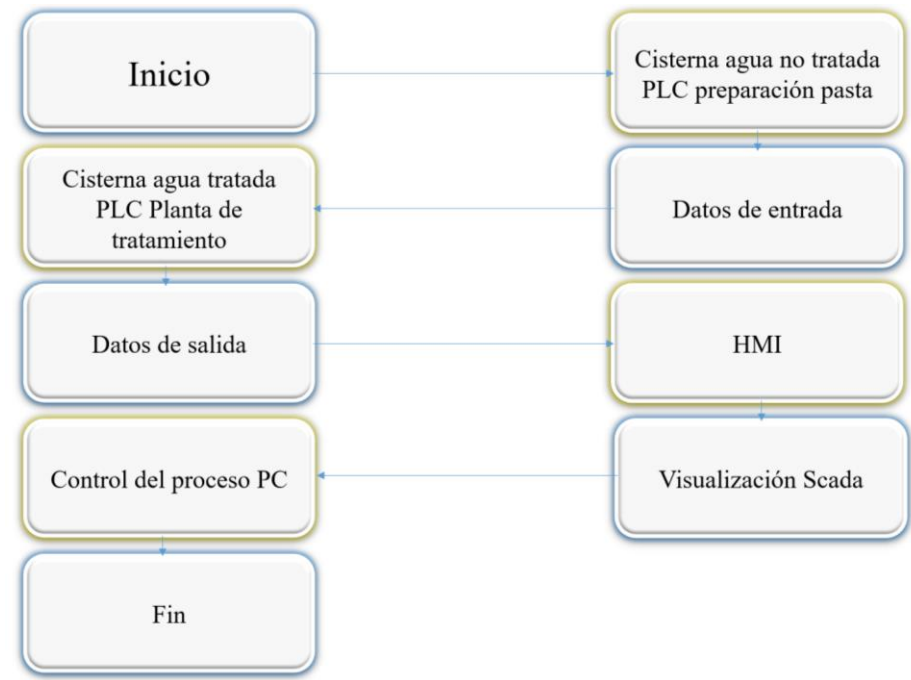
**Fuente:** Elaborado por el autor

### 3.3.1 Sistema de control planta de tratamiento agua (HMI)

El sistema de control está conformado por dos controladores lógicos programables (PLC), un HMI, fuente de alimentación, y todos los componentes que comprenden para el control y fuerza de los equipos a utilizar.

En el PLC del tablero de la planta de tratamiento de agua va a interactuar con el HMI ubicado en la parte frontal, mediante una red Ethernet estos dispositivos se van a enlazar para que trabajen en conjunto, para controlar todas las variables de la planta de tratamiento de agua y tablero del compresor de cemento.

Para el desarrollo de la programación de los dispositivo de monitoreo se efectuaron pruebas escalonadas del funcionamiento de cada elemento que se enlaza a dicho dispositivo, de esta manera se va a integrar funciones para su correcta operación además de alertar los fallos que puede ocurrir durante la operación. En la Figura 3.3 se puede apreciar el diagrama de bloques.



**Figura 3. 3** Diagrama de bloques

**Fuente:** Elaborado por el autor

### 3.3.1 Elementos de hardware

El diseño del sistema de control automático de la planta de tratamiento de agua está compuesto por los siguientes elementos electrónicos y eléctricos que se comercializan en el mercado local, los elementos son:

- PLC
- HMI
- Selector dos posiciones
- Breaker
- Guardamotor

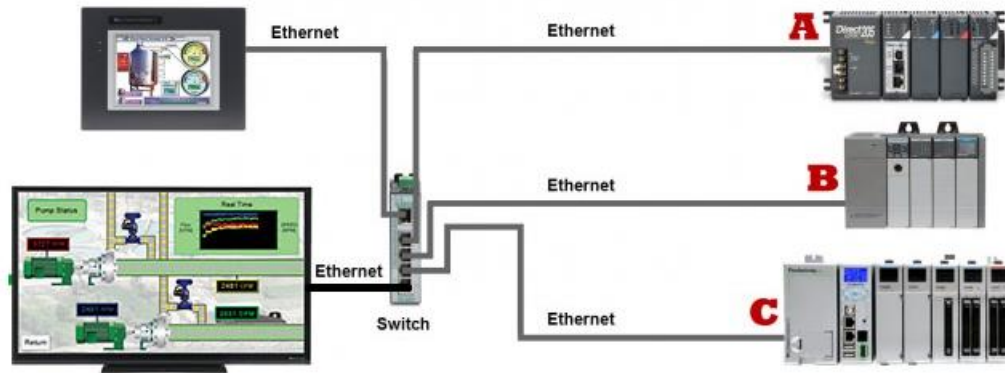


- Contactor
- Relés
- Cable unifilar de 25 hilos
- Contactos guardamotor y contactor
- Punto de red
- Fuente 24VDC
- Paro de emergencia
- Pulsadores
- Sensor de flujo
- Compresor
- Sensores tipo boya
- Sensores tipo radar
- Válvulas neumáticas de 1,2,4 pulgadas
- Switch Industrial

Los elementos y materiales en este proyecto aplica a las necesidades por lo que se ha seleccionado de acuerdo a las exigencias de la empresa con normas de calidad, además de la tecnología a la disposición en el medio es lo suficiente para favorecer y así lograr un producto de calidad.

### **3.3.2 Programación del dispositivo lógico programable (PLC)**

En la programación del dispositivo para que las órdenes requeridas sean ejecutadas se deben configurar los dispositivos para que se interconecten e interactúen, y así realicen las acciones que están programadas en la Figura 3.4 se puede apreciar el esquema que se maneja para que todos los dispositivos estén en red.



**Figura 3. 4** Esquema de la red Ethernet con PLC

Fuente: (DIRECT, 2020)

### 3.4 Software para simulación

Los componentes son aquellos para configurar la parte lógica en el computador mediante un conjunto de varias instrucciones, sistemas programados y aplicaciones, cada uno cumple una función en el proceso de una industria, los programas para utilizar son diseñados por la empresa Schneider Electric.

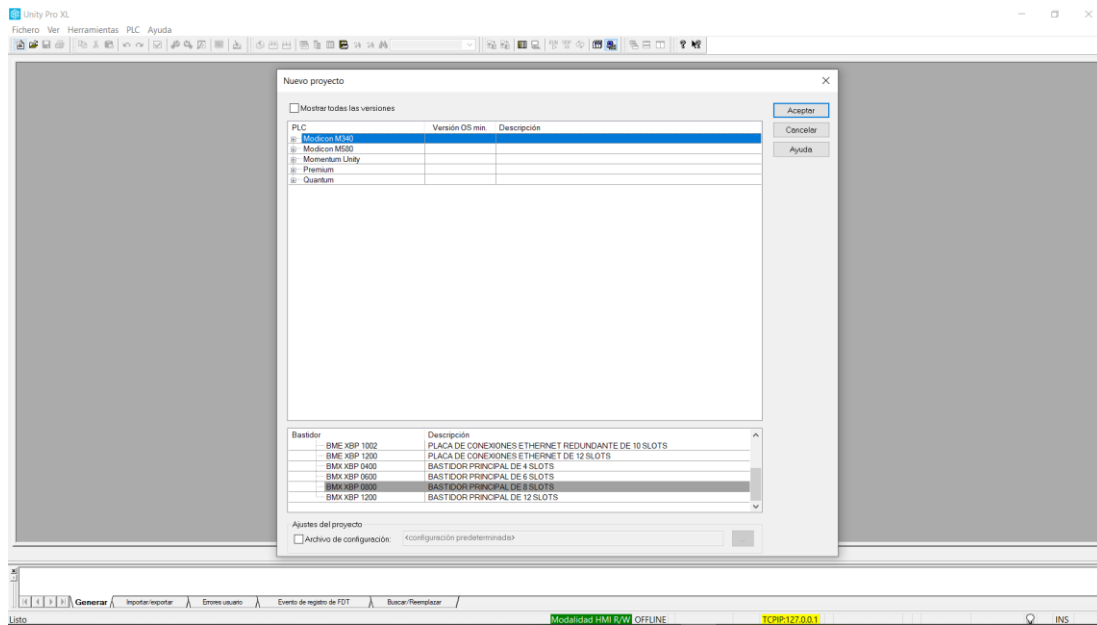
#### 3.4.1 Software Unity Pro XL

Unity Pro que es un software común de programación, puesta a punto y explotación de los autómatas, de gama media-alta de Telemecanique de la familia de plataformas Modicon, M340, Premium, Quantum y coprocesadores Atrium. El software IEC 61131-3, Unity Pro surge de la experiencia en el software PL7 y Concept. Además abre las puertas de un conjunto completo de nuevas funcionalidades para obtener una mayor productividad:

- Un elevado diseño funcional.
- Una óptima estandarización para la reutilización de los desarrollos.
- Numerosas herramientas de diagnóstico de programas y mejora en la explotación de los sistemas.
- Nuevos servicios de diagnóstico integrados.

En este apartado se describen todos los elementos usados en la programación con Unity. Se explicará el funcionamiento de todos los bloques usados en el programa así como la configuración del equipo (Electric, Programación del sistema de control con Unity, 2015).

En la Figura 3.5 se puede apreciar la pantalla principal de Unity Pro XL lista para escoger el PLC para empezar a programar.



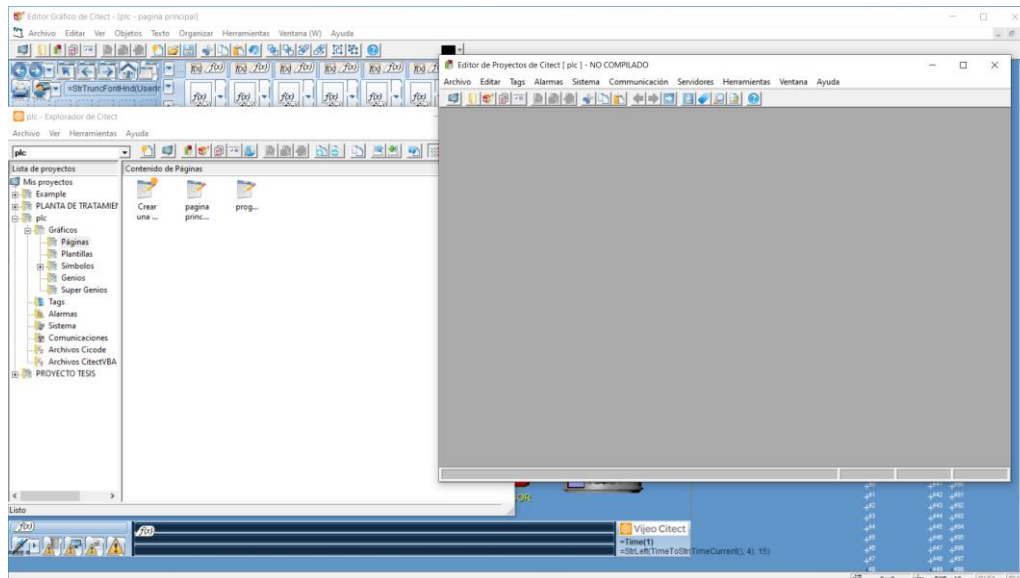
**Figura 3. 5** Pantalla principal Unity Pro XL

**Fuente:** (Electric, Programación del sistema de control con Unity, 2015)

### 3.4.1 Software Vijeo Citect

Vijeo Citect es una solución HMI/SCADA (Human Machine Interface / Supervisory Control and Data Acquisition) para la supervisión y el control de cualquier aplicación industrial. Conocido por su fiabilidad y flexibilidad, las características y la potencia de Vijeo Citect hacen que sea adecuado para cualquier aplicación de cualquier mercado, en los campos más exigentes. (Electric, Instituto Schneider Electric de Formación, 2007)

En la Figura 3.6 se muestra la pantalla principal de Vijeo Citect lista para crear un proyecto y empezar a diseñar.



**Figura 3. 6** Pantalla principal de Vijeo Citect

**Fuente:** (Electric, Instituto Schneider Electric de Formación, 2007)

### 3.5 Selección de equipos

Para la selección del proyecto a simular se tiene en consideración la facilidad que presenta y proporciona, la popularidad en la industria y en la industria a nivel nacional que los dispositivos tienen, a la vez el proyecto justifica con eficiencia, calidad y respuesta al momento de iniciar un proceso.

### 3.6 Tablero de control planta tratamiento de agua

En la Figura 3.7 se ilustra la imagen del tablero eléctrico las medidas del mismo son altura 2000mm, ancho 800mm, y profundidad 600mm el tablero del compresor de cemento ya se encuentra implementado.



**Figura 3. 7** Tablero planta de tratamiento

**Fuente:** (Electric, Schneider Electric, 2020)

### 3.7 PLC Modicon 340

El modelo de PLC con los módulos de expansión brinda 64 entradas 32 salidas 4 entradas análogas y 2 salidas análogas para dar cavidad a futuras implementaciones. En la Figura 3.8 se aprecia el PLC Modicon 340.



**Figura 3. 8** PLC Modicon 340

**Fuente:** (Electric, Schneider Electric, 2020)

En la Tabla 3.1 se puede observar las especificaciones de cada módulo diseñado para este tipo de PLC.

**Tabla 3. 1** Especificaciones de los módulos de expansión

Unidades	Módulo	Descripción	Total
2	BMX DDI 3202K	32 Entradas digitales de 24VDC	64 Entradas
2	BMX DRA 1605	16 Salidas digitales relés	32 Salidas
1	BMX AMM 0600	4 Entradas Analógicas y 2 Salidas Analógicas	4 entradas 2 salidas

Fuente: (Electric, Schneider Electric, 2020)

### 3.8 HMI HMISTU855W

El HMI se conecta en red con el PLC para brindar un entorno visual de todo el proceso y de la pantalla se puede manipular para controlar la maquinaria. En la Figura 3.9 se observa el HMI.



**Figura 3. 9** Pantalla HMI

Fuente: (Electric, Schneider Electric, 2020)

En la Tabla 3.2 se puede observar las características del HMI con todos los datos técnicos fabricado por Schneider Electric.

**Tabla 3. 2** Especificaciones HMI

Tamaño de pantalla	5,7 "
tipo de visualización	Pantalla táctil a color QVGA TFT
color de pantalla	65536 colores
resolución de pantalla	320 x 240 píxeles QVGA
panel táctil	Término análogo
vida útil de la luz de fondo	50000 horas
Brillo	16 niveles
[Us] tensión de alimentación nominal	24 V DC
Suministro	Fuente externa
límites de tensión de alimentación	20,4... 28,8 V
corriente de entrada	30 A
consumo de energía en W	6.8 W

**Fuente:** (Electric, Schneider Electric, 2020)

### 3.9 Módulos de expansión

El módulo de expansión BMX DDI 3202K tiene 32 entradas digitales, el módulo BMX DRA 1605 tiene 16 salidas digitales, y el módulo BMX AMM 0600 tiene 4 entradas analógicas y 2 salidas analógicas. En la Figura 3.10 se puede apreciar los módulos de expansión del PLC.



**Figura 3. 10** Módulos de expansión para PLC

**Fuente:** (Electric, Schneider Electric, 2020)

### 3.10 Fuente de voltaje 110 AC-24VDC

La fuente permite transformar la tensión de 110V alternos a 24V continuos esto se utiliza para manejar en la etapa de control en instalaciones electricas, además cumple las normas de seguridad ya que si se maneja voltaje alterno los operadores pueden estar expuestos a una descarga, en la Figura 3.11 se puede observar la fuente de la marca WAGO. Esta fuente se va a utilizar para el circuito de control.



**Figura 3. 11** Fuente de alimentación

**Fuente:** (WAGO, 2020)

**Tabla 3. 3** Especificaciones fuente

Fases	1
Nominal input voltage $U_i$ nom	AC 110 ... 240 V
Input voltage range	AC 85 ... 264 V; DC 90 ... 373 V
Rango de frecuencia red nominal	47 ... 63 Hz; 0 Hz
Input current $I_i$	$\leq 1,5$ A (230 VAC); $\leq 3$ A (115 VAC)
Discharge current	$\leq 3,5$ mA
Inrush current	$\leq 30$ A
Power factor	$\geq 0,94$ (230 VAC); $\geq 0,98$ (115 VAC)
Power factor correction (PFC)	Aktive
Mains failure hold-up time	$\geq 20$ ms (230 VAC)

**Fuente:** (WAGO, 2020)



En la Tabla 3.3 se puede apreciar las especificaciones técnicas de la fuente de alimentación.

### 3.11 Breaker trifásico Siemens 3vt1710-2dc36-0aa0

El breaker trifásico es de marca reconocida y confiable que se acopla al diseño para anclar con tornillos soporta una cantidad máxima de 100 A en la Figura 3.12 se puede apreciar el breaker de la marca siemens. El dispositivo es el breaker principal del tablero de la planta de tratamiento agua.



**Figura 3. 12** Breaker de 100 A

**Fuente:** (SIEMENS, 2017)

En la Tabla 3.4 se describe la especificación del breaker utilizado para la protección del circuito de fuerza y control.

**Tabla 3. 4** Especificaciones breaker

Fases	3
Nominal input voltage $U_i$ nom	690V
Size of the circuit-breaker	3VT1
Adjustable pick-up value current	100 A
Operating frequency	50-60 Hz

**Fuente:** (SIEMENS, 2017)

### 3.12 Breaker monofásico Schneider Electric

El termino monofásico tiene la capacidad de sobreprotegerse a varios amperajes en nuestro caso se va a utilizar de 1A, 2A, 10A, la marca es reconocida y confiable y se acopla al diseño con anclaje de riel din, además se va a utilizar para circuitos de control. El la Figura 3.13 se puede observar el breaker.



**Figura 3. 13** Breaker monofásico

**Fuente:** (Electric, Schneider Electric, 2020)

**Tabla 3. 5** Especificaciones breaker monofásico

Fases	1
Tensión de empleo	Hasta 440V
Variedad de poderes de corte	Hasta 100 KA
Corriente nominal	1 a 63A
Bloques diferenciales Vigi	iC60 Vigi

**Fuente:** (Electric, Schneider Electric, 2020)

En la Tabla 3.5 se muestra las características técnicas del breaker monofásico una de las mejores marcas.

### 3.12.1 Breaker bifásico Schneider Electric

En la Figura 3.14 se ilustra el breaker bifásico que va hacer utilizado para el control del tablero. El breaker bifásico tiene la capacidad de sobreprotegerse a varios amperajes en nuestro caso se va a utilizar de 10A, y 20 A la marca es reconocida y confiable y se acopla al diseño con anclaje de riel din.



**Figura 3. 14** Breaker bifásico

**Fuente:** (Electric, Schneider Electric, 2020)

En la Tabla 3.6 se muestra las características técnicas de las cuales está fabricado este producto de calidad.

**Tabla 3. 6** Características técnicas breaker bifásico

Fases	2
Tensión de empleo	230/440V
Variedad de poderes de corte	Hasta 100 KA
Corriente nominal	1 a 63A
Bloques diferenciales Vigi	iC60 Vigi

**Fuente:** (Electric, Schneider Electric, 2020)

### 3.13 Repartidor legrand bornera seleccionable 125A

El repartidor legrand es muy útil ya que se ahorra el uso de cableado para la instalación tiene la capacidad de 4 líneas, tres de ellas son fase y la otra es el neutro la marca es reconocida y confiable y se acopla al diseño con anclaje de riel din, soporta hasta 125 A. En la Figura 3.15 se muestra el repartidor tipo bornera.



**Figura 3. 15** Repartitor tipo bornera legrand  
Fuente: (legrand, 2020)

### 3.14 Relé miniatura de 11 pines RXM4AB1BD



#### Principal

Gama	Zelio Relay
Nombre de serie	Miniatura
Tipo de producto o componente	Reles con montaje plug-in
Nombre corto del dispositivo	RXM
Tipo de contactos y composición	4 C/O
[Uc] tensión del circuito de control	24 V DC
Corriente térmica nominal	6 A a -40...55 °C
LED de estado	Sem
Tipo de control	Lockable test button (**)
Coefficiente de utilización	20 %

**Figura 3. 16** Relé miniatura Zelio 6A

Fuente: (Electric, Schneider Electric, 2020)

En la Figura 3.16 se muestra el relé con las características técnicas. El relé es un elemento fundamental al momento de realizar control industrial la marca Schneider Electric se adapta con el diseño y características técnicas, el relé soporta una corriente de 6A.

### 3.14.1 Relé circular Schneider Electric RUMC31BD

El relé es un elemento fundamental al momento de realizar control industrial la marca Schneider Electric se adapta con el diseño y características técnicas, este dispositivo soporta corrientes hasta 10A. En la Figura 3.17 se muestra el relé con las características técnicas.



**Figura 3. 17** Relé Zelio 10A

**Fuente:** (Electric, Schneider Electric, 2020)

### 3.15 Guardamotor

El guardamotor es un elemento de protección para los equipos trifásicos es de marca Schneider Electric se adapta con el diseño y características técnicas, este dispositivo soporta corrientes desde 1A hasta los 65A. En la Figura 3.18 se muestra el guardamotor.



**Figura 3. 18** Guardamotor

**Fuente:** (Electric, Schneider Electric, 2020)

### 3.15.1 Contactos del guardamotor

Los contactos del guardamotor tienen la finalidad de realizar el control del dispositivo esto es para tener conocimiento sobre el estado del mismo. El elemento tiene un contacto abierto y contacto cerrado. En la Figura 3.19 se observa el elemento con los contactos.



**Figura 3. 19** Contactos del guardamotor

**Fuente:** (Electric, Schneider Electric, 2020)

### 3.16 Contactor

El contactor es un dispositivo que tiene la función de un interruptor controlado y se usa para circuitos eléctricos de potencia, en la Figura 3.20 se observa el contactor.



**Figura 3. 20** Contactor

**Fuente:** (Electric, Schneider Electric, 2020)

#### 3.16.1 Contactos del contactor

Los contactos están diseñados para tener un control sobre el contactor en general tiene dos contactos normalmente abierto y dos contactos normalmente cerrados. En la Figura 3.21 se aprecia los contactos del contactor

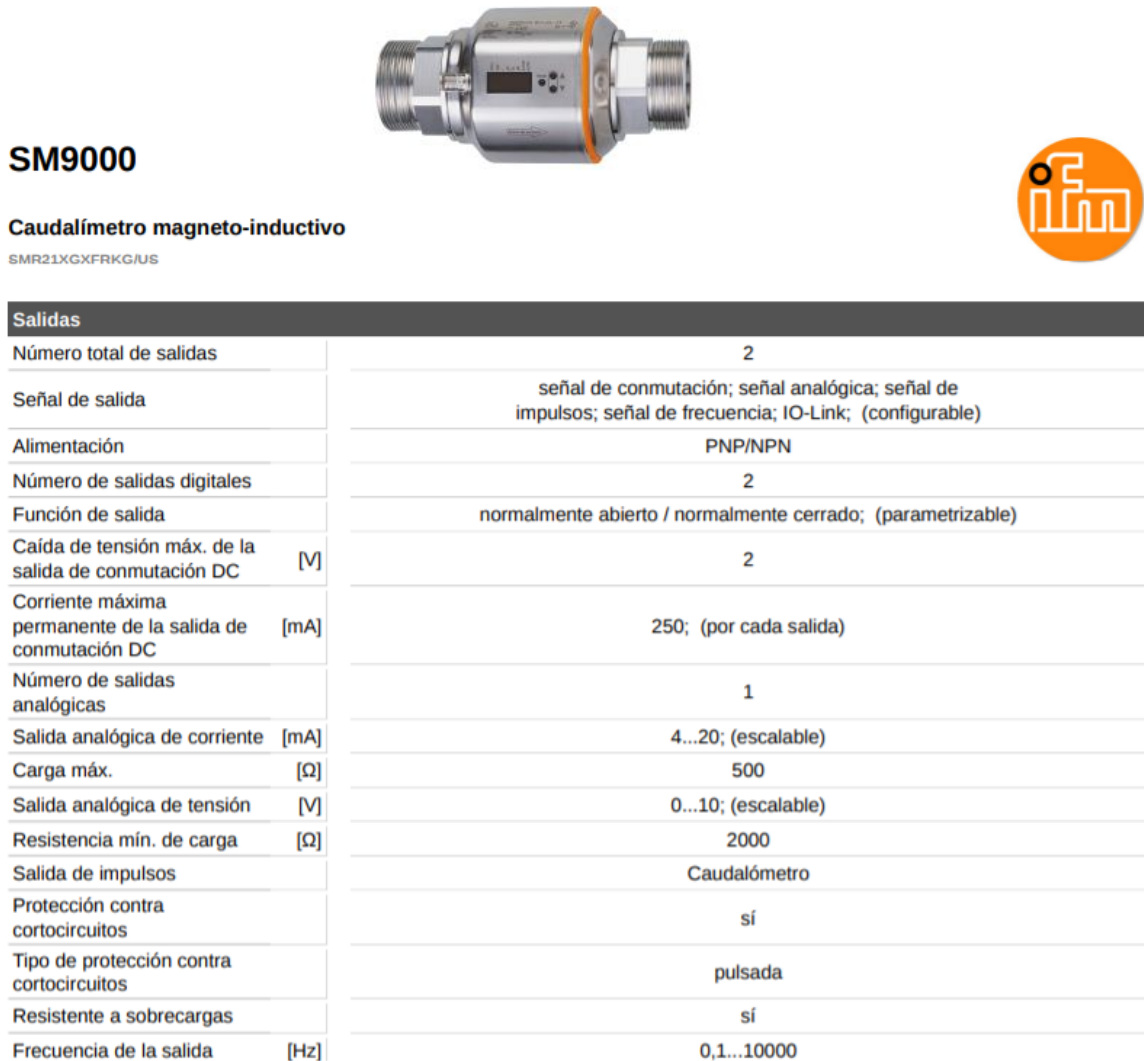


**Figura 3. 21** Contactos contactor

**Fuente:** (Electric, Schneider Electric, 2020)

### 3.17 Sensor de flujo IFM

El sensor de flujo tiene la capacidad de interactuar con el PLC mediante una salida analógica envía señales, el PLC transforma esta señal en un dato real de cuantos litros por minuto ingresa a la planta de tratamiento de agua esto va a dar un dato histórico por mes. La marca es reconocida y confiable y se acopla al diseño en la Figura 3.22 se muestra el sensor con sus características técnicas.



**Figura 3. 22** Sensor de flujo

**Fuente:** (IFM, 2014)



### 3.18 Sensor tipo boya

Este tipo de sensor es un interruptor que según como sube el nivel del agua cambia de estado por lo general viene un común, un contacto abierto y un contacto cerrado este sensor va en el diseño en los tanques y cisternas. En la Figura 3.23 se ilustra el sensor.



**Figura 3. 23** Sensor tipo boya

**Fuente:** (RADAR, 2015)

### 3.19 Sensor tipo radar

Este control se activa por el cambio de peso de 2 o 3 flotadores. A diferentes niveles se coloca las flotadores al estar en contacto con el agua se produce a un cambio de peso que determinan el accionamiento de los contactos en general tiene de dos a tres contactos abiertos y cerrados, estos sensores están instalados en los tanques y otros en el diseño propuesto. En la Figura 3.24 se muestra el sensor



**Figura 3. 24** Sensor tipo radar

**Fuente:** (RADAR, 2015)

### 3.20 Válvulas neumáticas

La válvula neumática está compuesta con un actuador on/off el cual va a permitir tener el control de apertura y cierre las medidas de las válvulas son de 1", para las purgas de los tanques norte y sur, la de 2" para la apertura y cierre del tanque de almacenamiento, y otra de 2" para la apertura y cierre del agua de la cisterna de agua no tratada en la Figura 3.25 se puede observar la válvula.



**Figura 3. 25** Válvula neumática tipo bola

**Fuente:** (FESTO, 2014)

### 3.21 Compresor

El compresor está diseñado para crear aire comprimido para el funcionamiento de los dispositivos neumáticos, el compresor es de 1.5 Hp suficiente para abastecer las válvulas a instalar, además cumple con todas las normas, en la Figura 3.26 se muestra el compresor.



**Figura 3. 26** Compresor de 1.5 Hp

**Fuente:** (BP, 2020)

### 3.22 Presupuesto para implementar el diseño.

Tabla 3. 7 Presupuesto diseño

Unidades	Materiales	Precio Unitario	Total	Descripción
1	Punto de Red	600	600	
1	plc 24 entradas/14 relé	734,49	734,49	Modicon M340
1	fuelle de 24V 5A	250	250	SIEMENS
4	Módulo de entradas plc	254,52	1018,08	SCHNEIDER
3	Módulo de salidas plc	294,89	884,67	SCHNEIDER
4	válvulas neumáticas	500	2000	
4	sensor de nivel	50	200	
25	relé a 24 V	8,44	211	RXM4AB1BD
3	Contactores LC1D09	33,18	99,54	LC1D09
2	metros de cable unifilar	40	80	200 metros
1	tablero eléctrico	300	300	
1	breaker trifásico	71,58	71,58	80 a 100 A
3	paros de emergencia	27,27	81,81	XB4BS542
15	contactos laterales guardamotor	10,08	151,2	GVAN11
12	contactos contactor	10,62	127,44	LADN11
1	Contactador LC1D18	51,63	51,63	LC1D18
50	metros de cable 25 pares	5	250	
1	válvula de 2 " neumática	600	600	
1	válvula de 4" neumática	1200	1200	
3	guardamotors	74,82	224,46	25 A (GV3L25)
2	electroválvulas 5/2	80	160	
3	contactores	66,93	200,79	LC1D25
1	Materiales varios	500	500	
1	Compresor	350	350	
1	Switch industrial	200	200	
TOTAL			\$ 10346,69	
MENOS MATERIAL EXISTENTE			\$ 4030,28	
TOTAL A COMPRAR			\$ 6316,41	

Fuente: Elaborado por el autor

En la Tabla 3.7 se encuentra detallado los equipos que se utilizará para la diseño del sistema automático de la planta de tratamiento de agua.

Una vez establecidos los equipos que se utilizará en el sistema de tratamiento de agua en Eternit Ecuatoriana S.A., se concluye que el presupuesto asignado para esta etapa del proyecto se encuentra valorado en \$ 6316,41 USD.

## **CAPÍTULO IV**

### **IMPLEMENTACIÓN**

#### **4.1 Desarrollo**

En el entorno de la empresa Eternit ecuatoriana surgió la necesidad de realizar una mejora del proceso de la planta de tratamiento de agua. El diseño inicia con los diagramas de tuberías e instrumentación mediante el software AutoCAD (Plant 3D), además el diseño de los tableros eléctricos, el dimensionamiento de los dispositivos de fuerza, control, y los respectivos diagramas, los dispositivos a utilizar para la automatización total de la planta son pocos, por lo que se requiere en el diseño: válvulas, compresor, HMI, tablero eléctrico, a continuación se describen los siguientes puntos importantes para el diseño.

##### **4.1.1 Diseño de tuberías e instrumentación**

Para el diseño de las tuberías e instrumentación se utiliza AutoCAD (Plant 3D), este diagrama se encuentra distribuido según se encuentra la planta. En la Figura 4.1 se ilustra el diagrama.

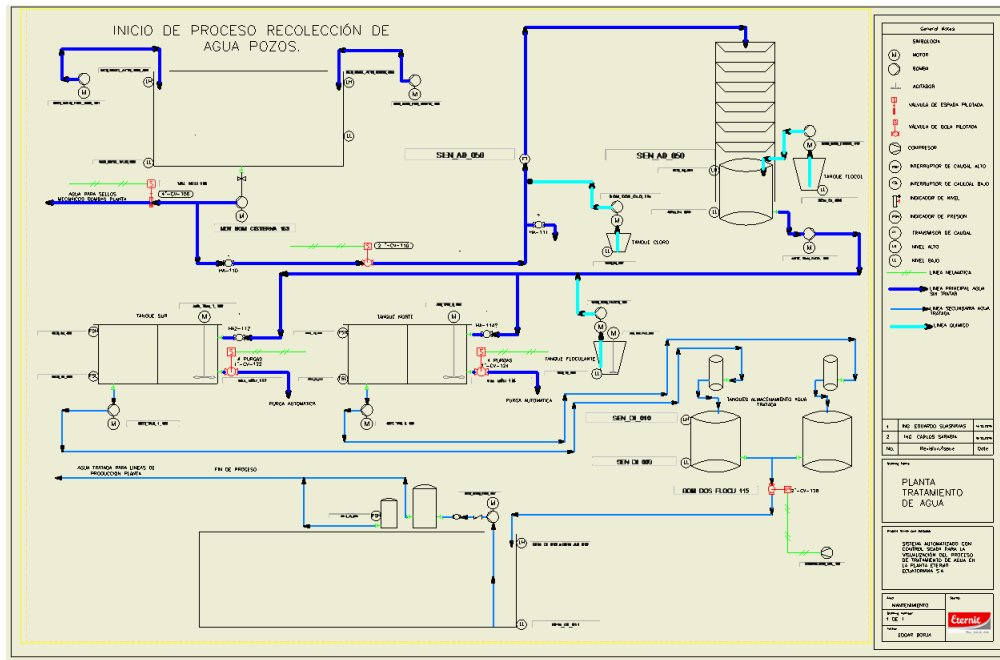


Figura 4. 1 Diagrama de tuberías e instrumentación

Fuente: Elaborado por el autor

El proceso empieza por la cisterna de agua no tratada hasta la torre de sólidos donde cae al tanque de mezcla de cloro con floculante, para pasar a los tanques de tratamiento 1 y 2, durante el transcurso se coloca floculante por medio de las tuberías, para así aclarar el agua para pasar por los filtros y culminar con el proceso y almacenar en la cisterna de agua tratada.

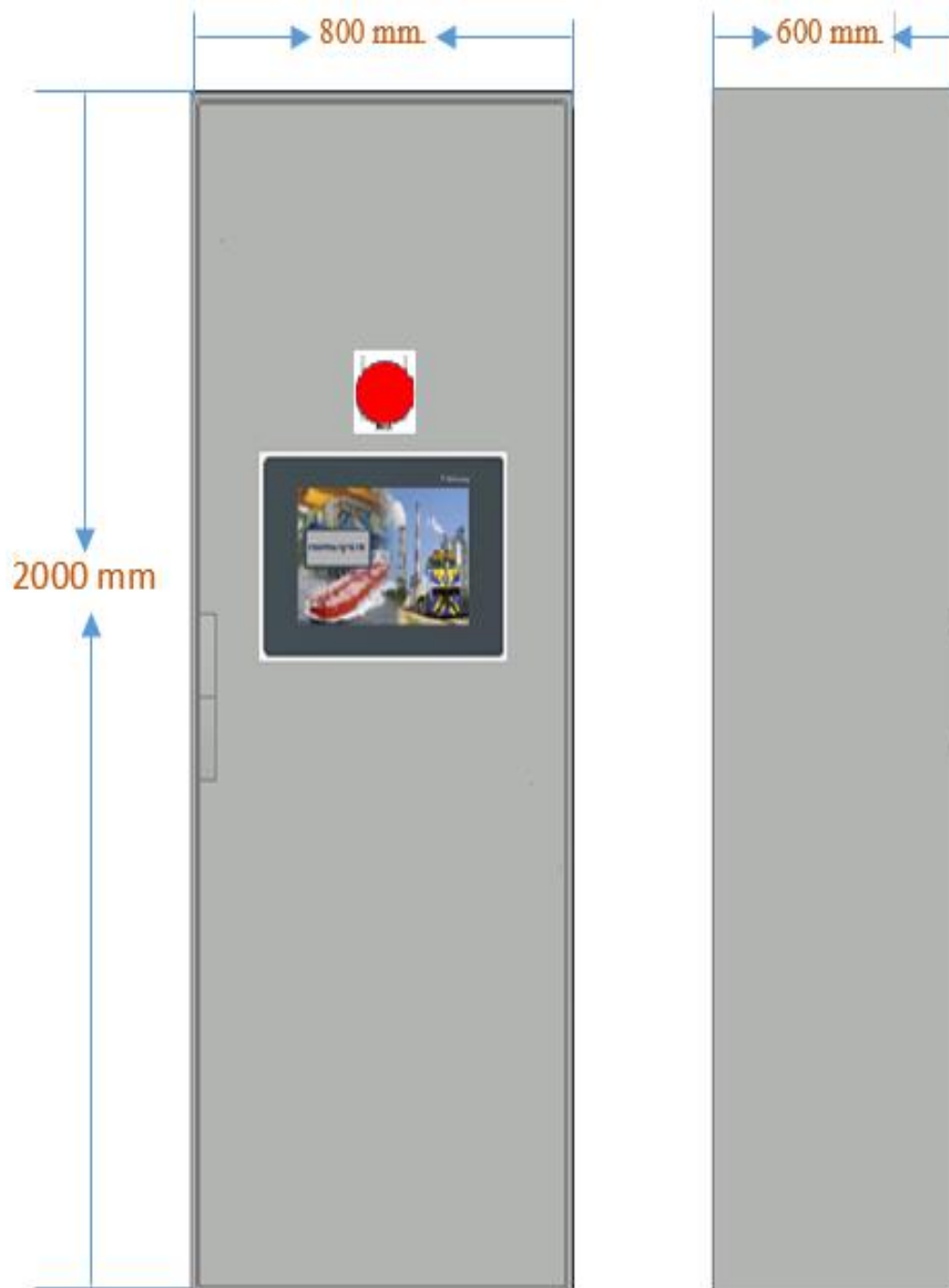
4.1.2 Diseño de los tableros

El diseño de los tableros eléctricos se lo realizó en el software AutoCAD como se visualiza en la Figura 4.2, en el tablero de la planta de tratamiento de agua se encuentra con el SCADA mientras que en el tablero del compresor de cemento no va ninguna pantalla como se observa en la Figura 4.3 las medidas de los tableros se detallan en la Tabla 4.1 a continuación:

Tabla 4. 1 Medidas de tableros eléctricos

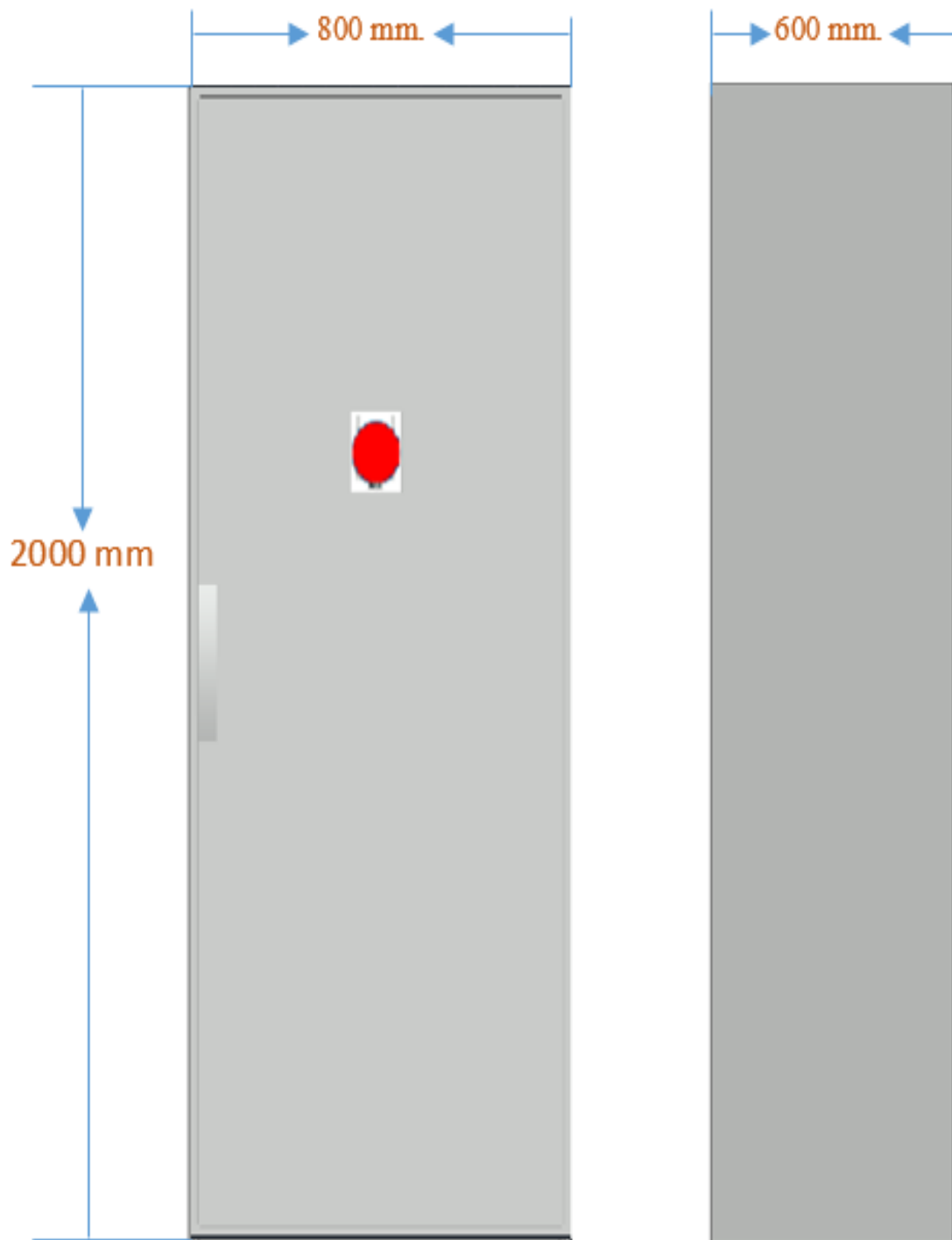
Tablero	Alto	Ancho	Fondo
Tablero compresor de cemento	2000 mm.	800 mm.	600mm
Tablero planta de tratamiento de agua	2000 mm.	800 mm.	600 mm

Fuente: Elaborado por el autor



**Figura 4. 2** Tablero planta de tratamiento de agua

**Fuente:** Elaborado por el autor



**Figura 4. 3** Tablero del compresor de cemento

**Fuente:** Elaborado por el autor



### 4.1.3 Diseño de los circuitos de control

El diseño de los diagramas de control se lo realizó en el programa AutoCAD como se observa en la Figura 4.4, en la planta de tratamiento existen dos tableros pequeños por lo que se realizó el diseño para reemplazarlos y quede un solo tablero. Se lo tomó debido a las necesidades presentadas.

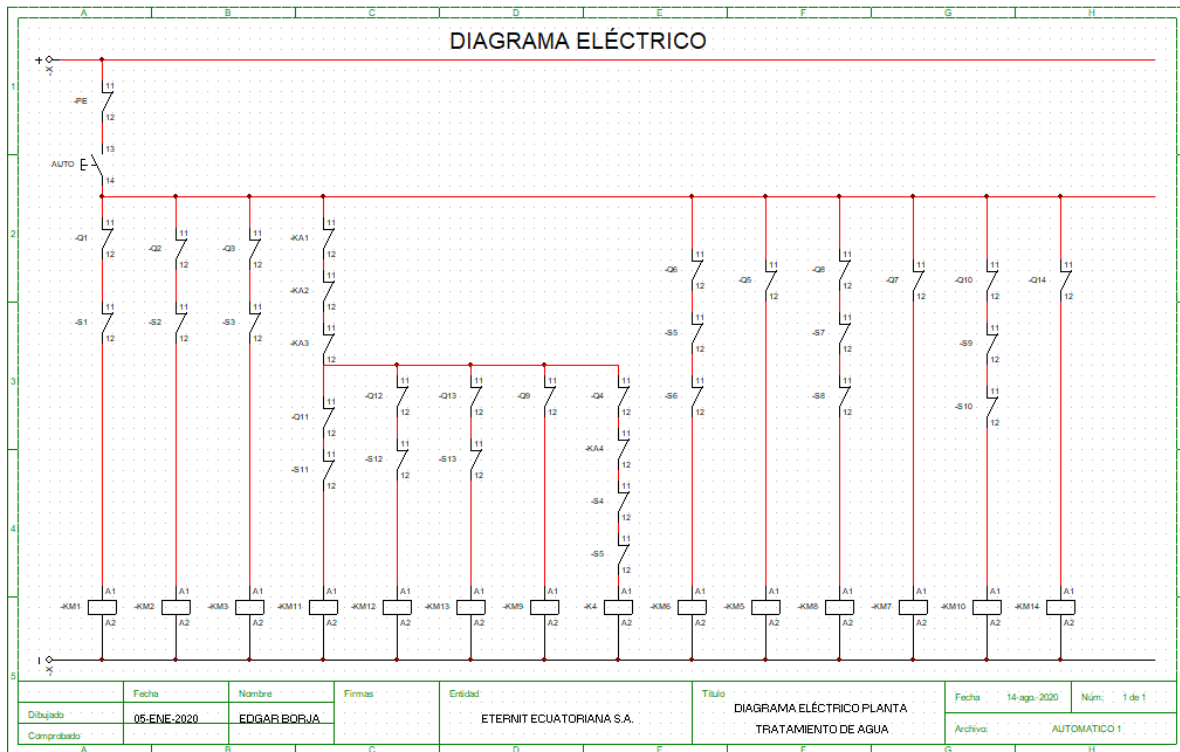
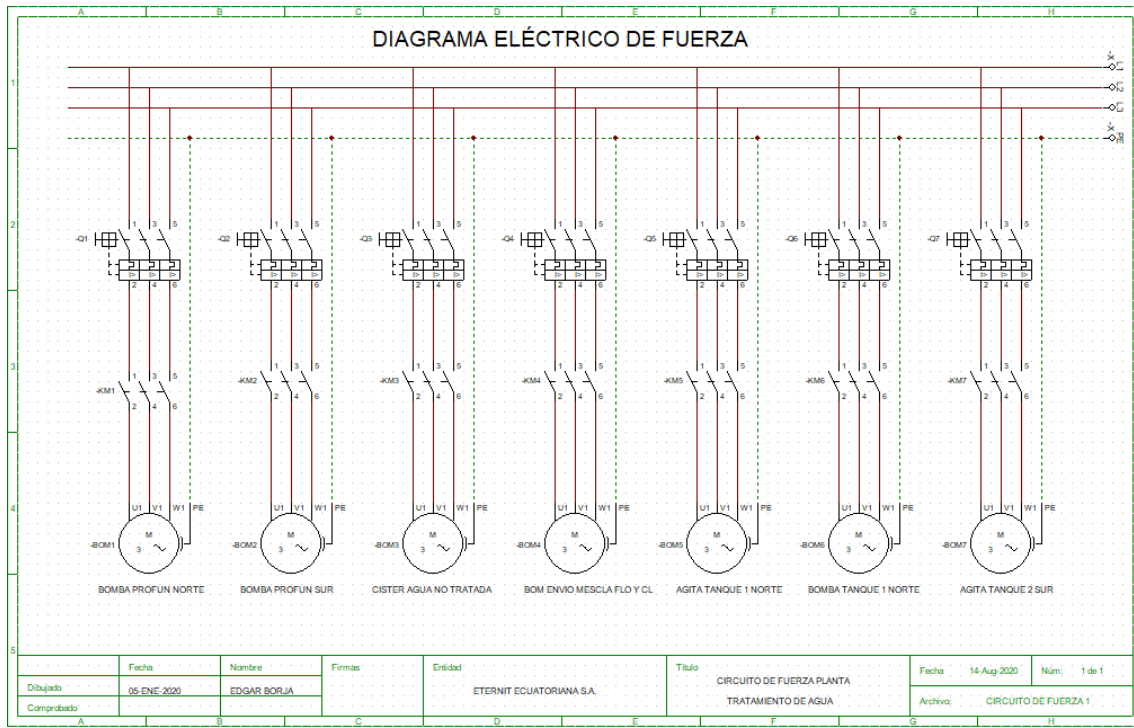


Figura 4. 4 Control del tablero compresor de cemento

Fuente: Elaborado por el autor

### 4.1.3 Diseño de los circuitos de fuerza

El diseño de los diagramas de fuerza se lo realizó en el programa AutoCAD como se observa en la Figura 4.5.



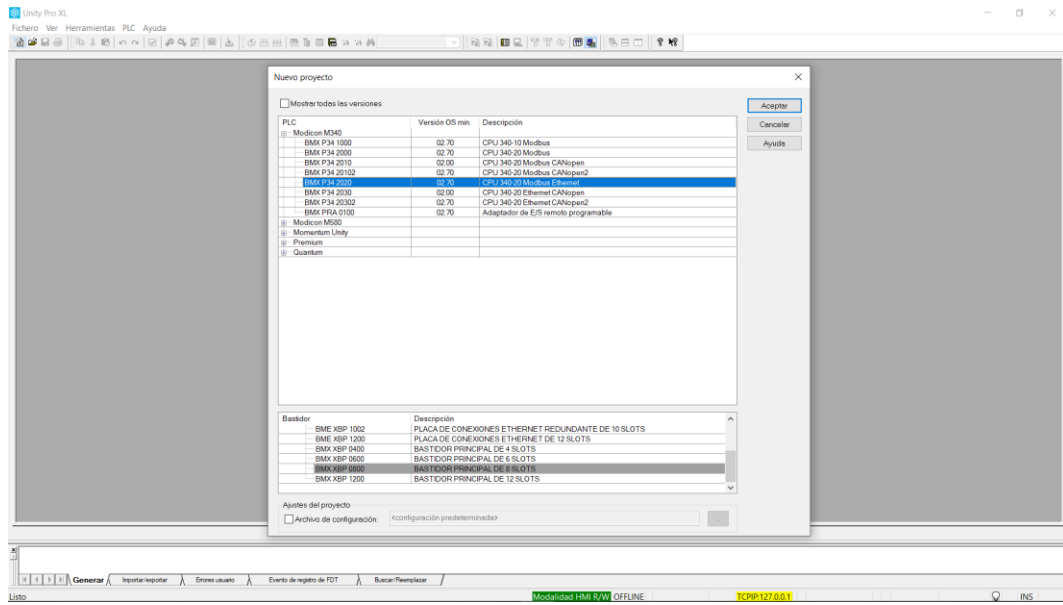
**Figura 4. 5** Circuito de fuerza planta de tratamiento agua

**Fuente:** Elaborado por el autor

## 4.2 Diseño del programa

### 4.2.1 Pasos para crear un proyecto

Para la programación y configuración del dispositivo a utilizar en el proyecto, se procede a ejecutar el software Unity Pro XL, de Schneider Electric previamente instalado se va a trabajar con la versión más actual en este caso la V13.0, para empezar clic en nuevo proyecto en ese momento se despliega una ventana donde se va a escoger el dispositivo con el que se quiere trabajar en este proyecto el PLC Modicon M340, se coloca en aceptar y se despliega una pantalla donde se ubican todas las subcarpetas en la Figura 4.6 se ilustra la pantalla para escoger el dispositivo.



**Figura 4. 6** Ubicar PLC

**Fuente:** Elaborado por el autor

## 4.2.2 Configurar controlador

Ya en este punto en la barra de menú, en ficheros se busca guardar como, a continuación se procede a colocar el nombre del proyecto y clic en guardar, cada vez que se realiza líneas de programa con seguridad guardar constantemente en el caso que exista algún inconveniente con el computador.

Con el PLC listo se buscan los módulos en la pantalla, clic en la pestaña explorador de proyectos, y en configuración se da doble clic en bus PLC se desprende otra pestaña ahí se va a configurar los módulos que son necesarios en este caso, escoger en binario 2 módulos de 32 entradas (BMX DDI 3202K) ya que son 54 entradas, dos módulos de 16 salidas (BMX DRA 1605), y en analógico escoger un módulo de 4 entradas analógicas y dos salidas analógicas (BMX AMM 0600), se muestra en la Figura 4.7 donde el PLC está listo para programar.

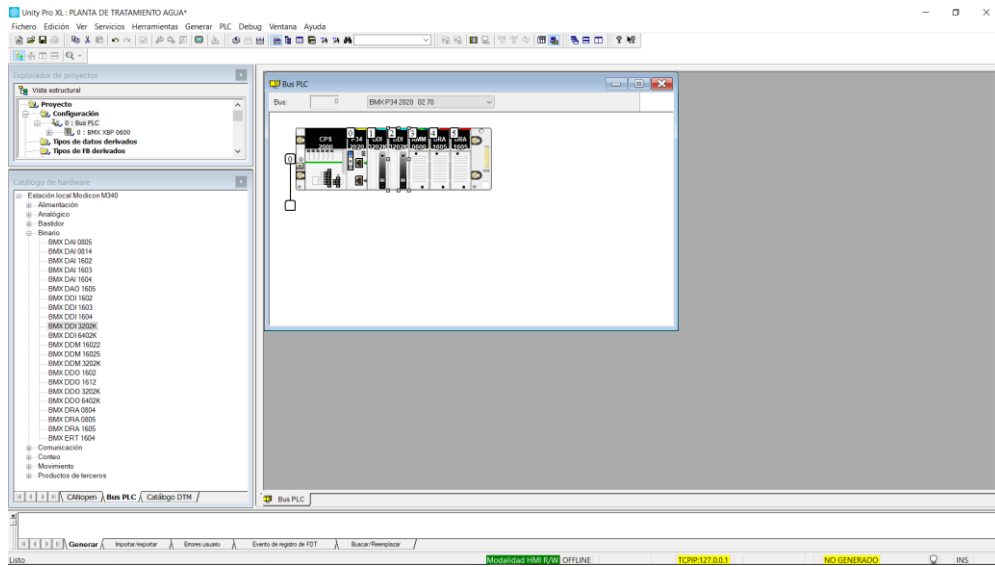
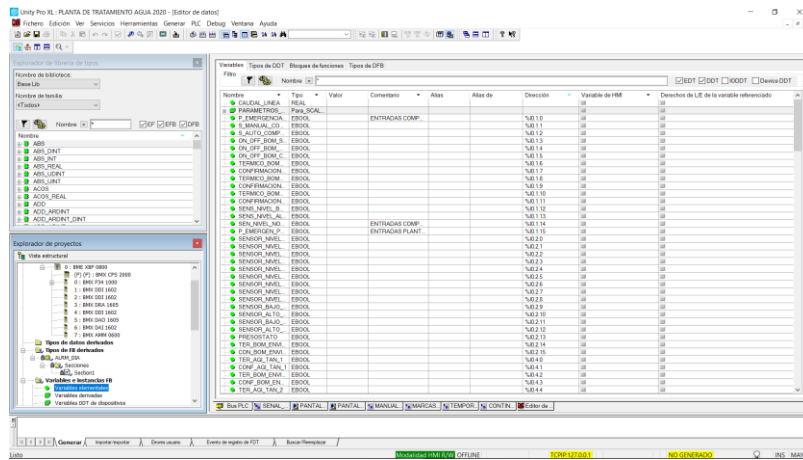


Figura 4. 7 PLC con módulos externos

Fuente: Elaborado por el autor

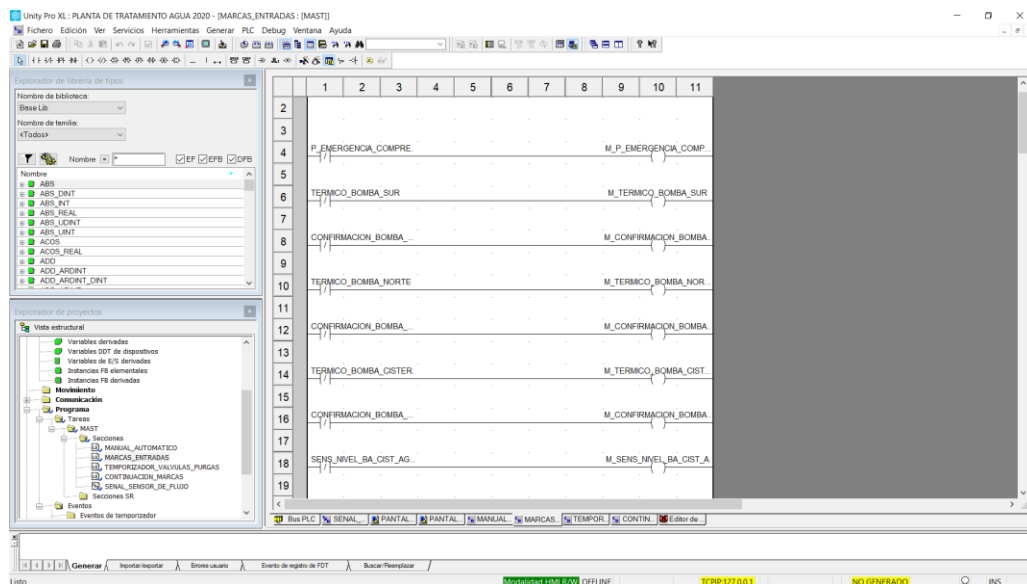
### 4.2.3 Designación de variables entradas y salidas

En el explorador de proyectos se busca la carpeta de variables e instancias FB a continuación doble clic en variables elementales, en esta carpeta se va a definir todas las variables entradas, salidas, y marcas. En la Figura 4.8 se ilustra la pantalla para configurar las variables.



#### 4.2.4 Designación de variables con marcas

Con la asignación de las variables en la pestaña explorador de librerías, en la carpeta programas clic derecho en la subcarpeta secciones se busca la opción nueva sección y se va a desplegar una nueva pestaña, en esta pestaña se procede con la programación en la primera parte se va a dotar de una marca a las entradas y salidas, ya que las entradas se pueden repetir no más de una vez es por esta situación que se le asigna una marca y también se utiliza para el diseño de un HMI y SCADA a continuación en la Figura 4.9 se puede visualizar la asignación de marcas.



**Figura 4. 9** Asignación de marcas a entradas y salidas

**Fuente:** Elaborado por el autor

#### 4.2.5 Programación del Modicon M340

Para iniciar con la programación se debe tener en consideración que se encuentren todas las variables mediante el lenguaje de programación ladder se da forma al sistema automático a continuación en la Figura 4.10 se muestra la programación del sistema manual y automático.

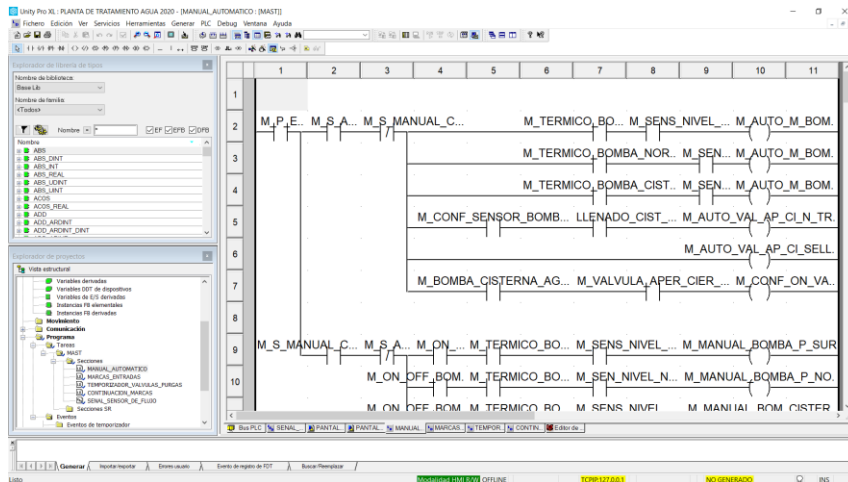


Figura 4. 10 Programación del sistema manual automático

Fuente: Elaborado por el autor

### 4.3 Diseño de la pantalla HMI

Para la programación de la pantalla HMI en la pestaña de explorador de proyecto se busca la carpeta que dice pantallas de operador clic derecho y nueva pantalla, se procede a iniciar con el diseño del HMI de acuerdo a nuestras necesidades, en la barra de menú se busca herramientas en esa carpeta se va a encontrar la librería de pantallas de operados clic, a continuación se despliega una pestaña donde hay varios gráficos para implementar en nuestro diseño en la Figura 4.11 se puede visualizar la pantalla principal para programar.

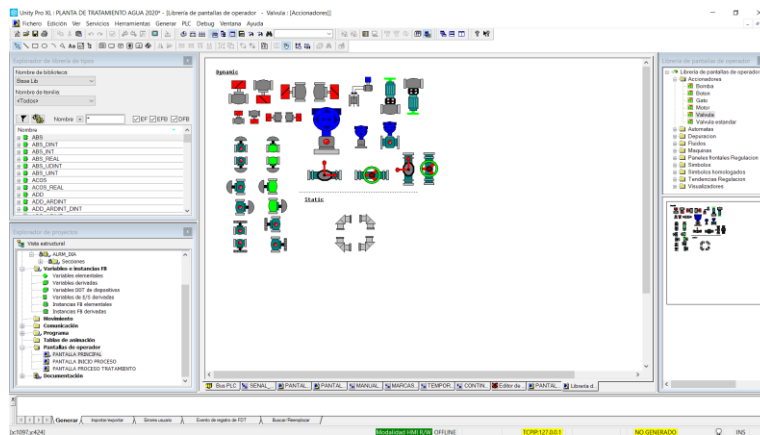


Figura 4. 11 Pantalla principal para diseñar el HMI

Fuente: Elaborado por el autor

La Figura 4.12 muestra el diseño de la pantalla principal del HMI, se indica el logo de la empresa seguido del mensaje de bienvenida, además se encuentra los botones para dirigir a que pantalla desear ir en este caso está la pantalla de inicio proceso, y la pantalla proceso tratamiento.



**Figura 4. 12** Pantalla principal

**Fuente:** Elaborado por el autor

La Figura 4.13 muestra la siguiente página (pantalla inicio proceso) en donde se encuentra las bombas de profundidad norte y sur, además de la bomba de la cisterna de agua sin tratar, la válvula neumática de la cisterna y la válvula neumática del agua de los sellos bombas.

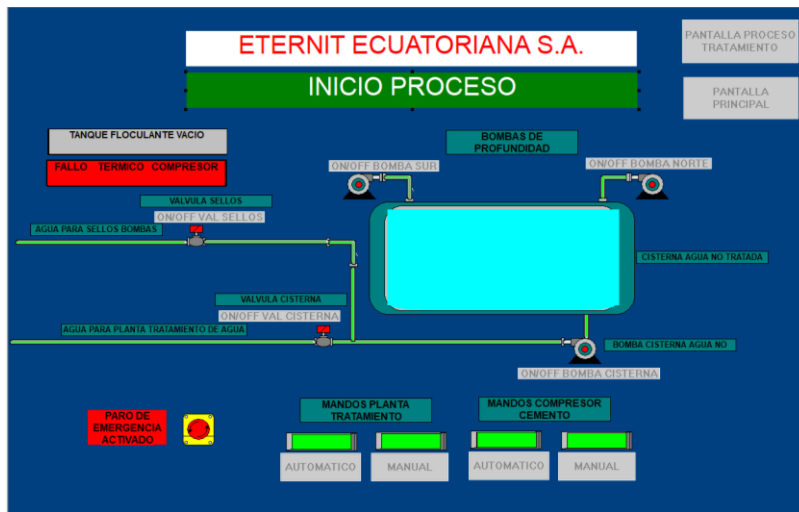


Figura 4. 13 Pantalla inicio de proceso

Fuente: Elaborado por el autor

En la Figura 4.14 muestra la siguiente página (PANTALLA PROCESO TRATAMIENTO) en donde se encuentran los agitadores, bombas, válvulas de purga, compresor, que influyen en el proceso además para interactuar con las demás pantallas se encuentra habilitado los botones para poder regresar o saltarse de pantalla.

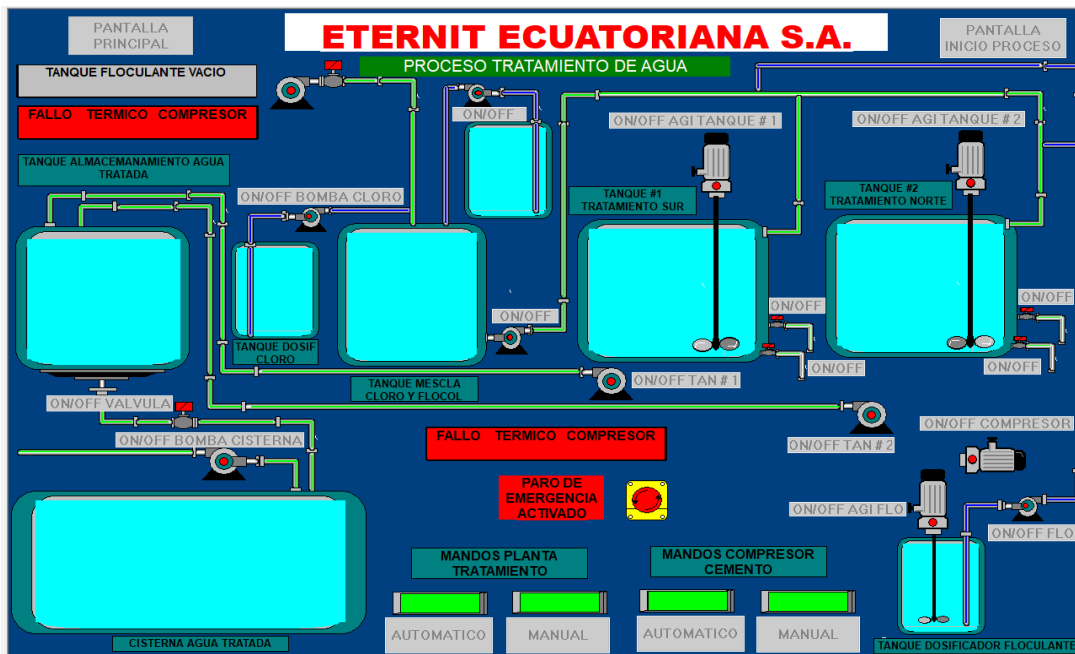


Figura 4. 14 Pantalla proceso tratamiento

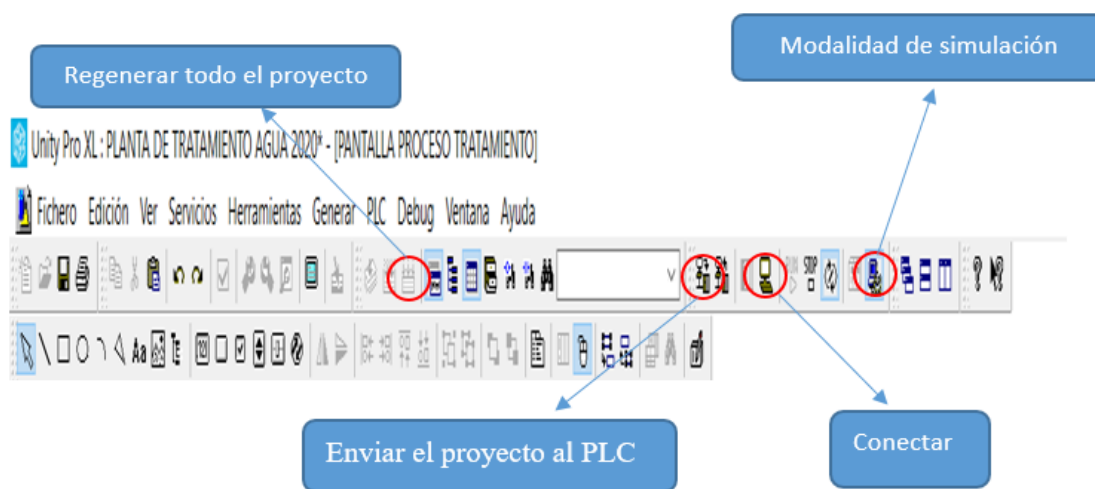
Fuente: Elaborado por el autor



Al momento de iniciar la simulación se debe tener en consideración cuatro pasos importantes se describen a continuación:

- Modalidad de simulación
- Regenerar todo el proyecto
- Conectar
- Enviar el proyecto al PLC

Con estos pasos empieza la simulación como se puede apreciar en la Figura 4.15 es muy importante que no exista errores en la programación.



**Figura 4. 15** Pasos para simulación

**Fuente:** Elaborado por el autor

Ya en la simulación el software por defecto lanza una dirección IP general para estos dispositivos es 127.0.0.1, el sistema empieza a funcionar cuando se coloca en manual o automático, en la función automático funciona todo el sistema en la Figura 4.16 se ilustra la pantalla en automático.

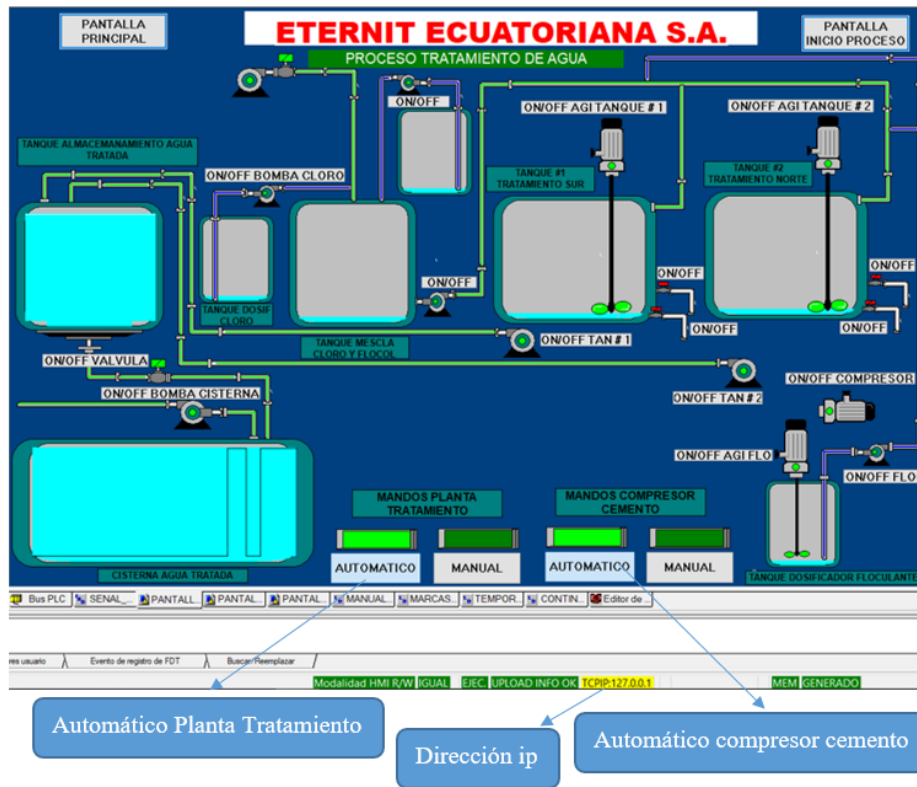
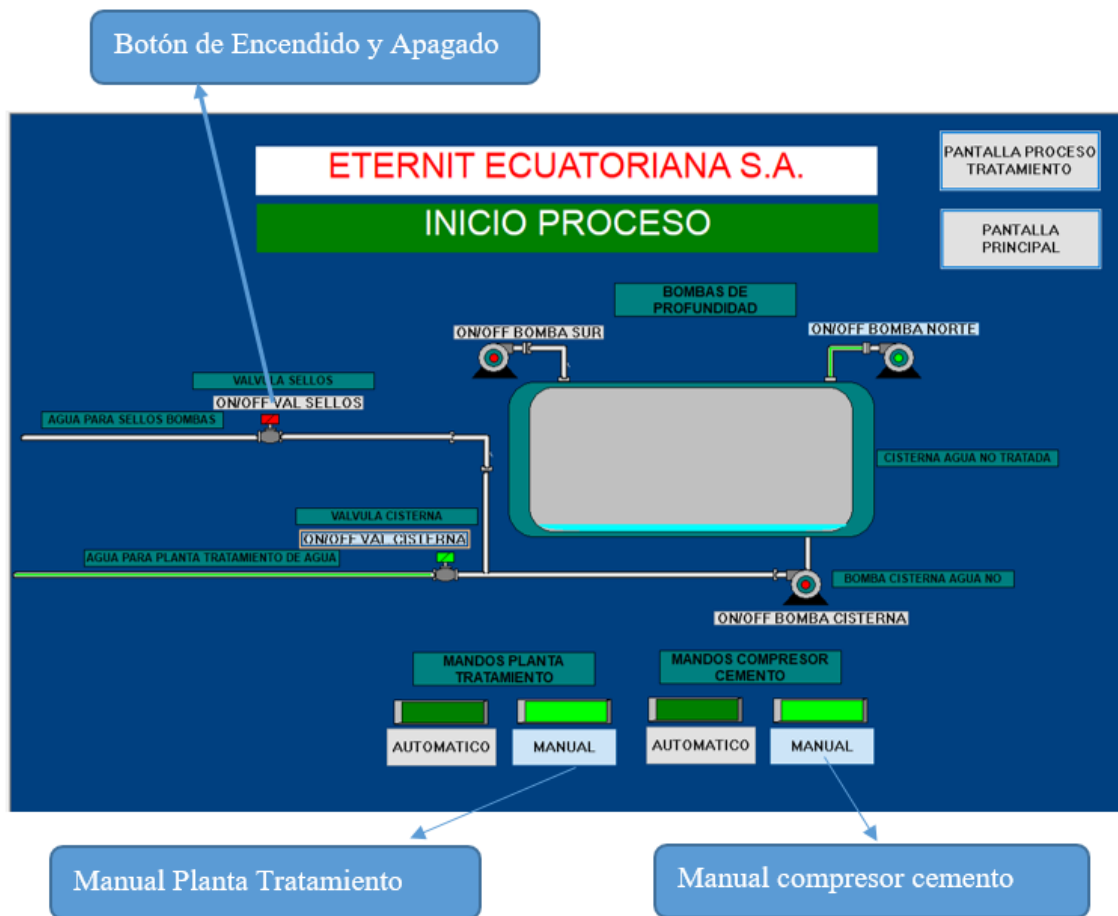


Figura 4. 16 Pantalla en automático

Fuente: Elaborado por el autor

Para la operación en manual en cada equipo se encuentra un botón para realizar la operación de encendido y apagado en la Figura 4.17 se puede observar la pantalla en operación manual.

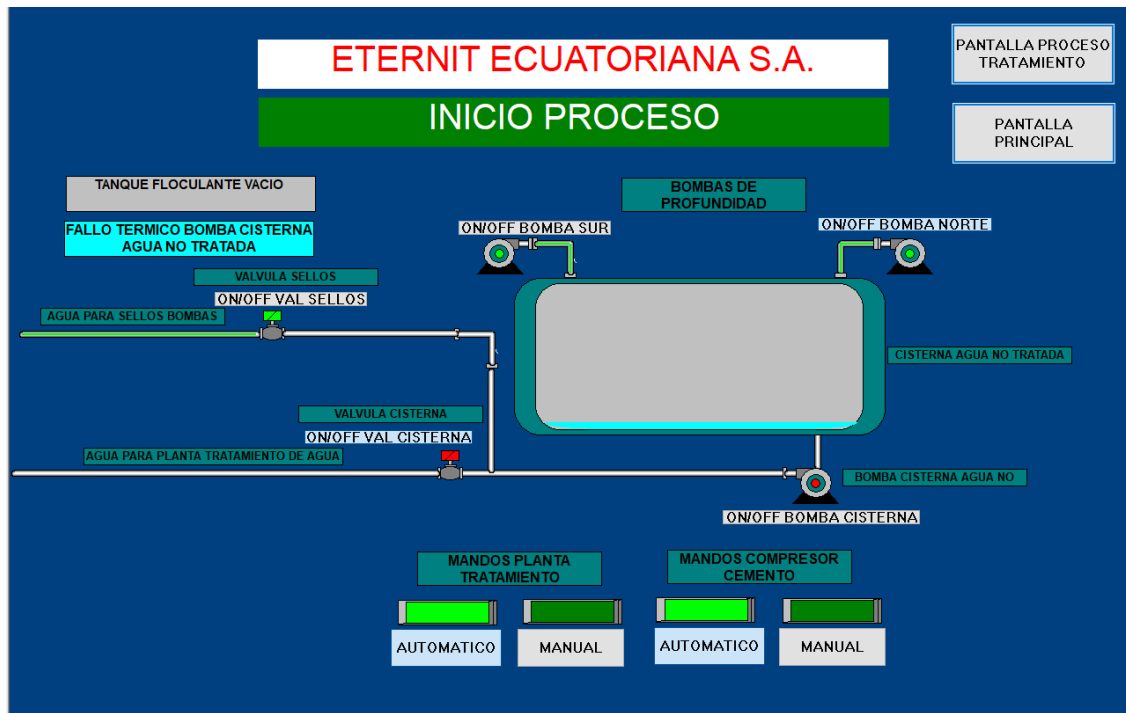


**Figura 4. 17** Pantalla manual

**Fuente:** Elaborado por el autor

### 4.3.1 Pantalla de alarmas

En cada pantalla si existe algún fallo con los térmicos o niveles bajos en los tanques va a salir un fallo que mientras no se solucione va a estar encendido y parpadeo constante en la Figura 4.18 se puede visualizar la pantalla con el tipo de fallo.

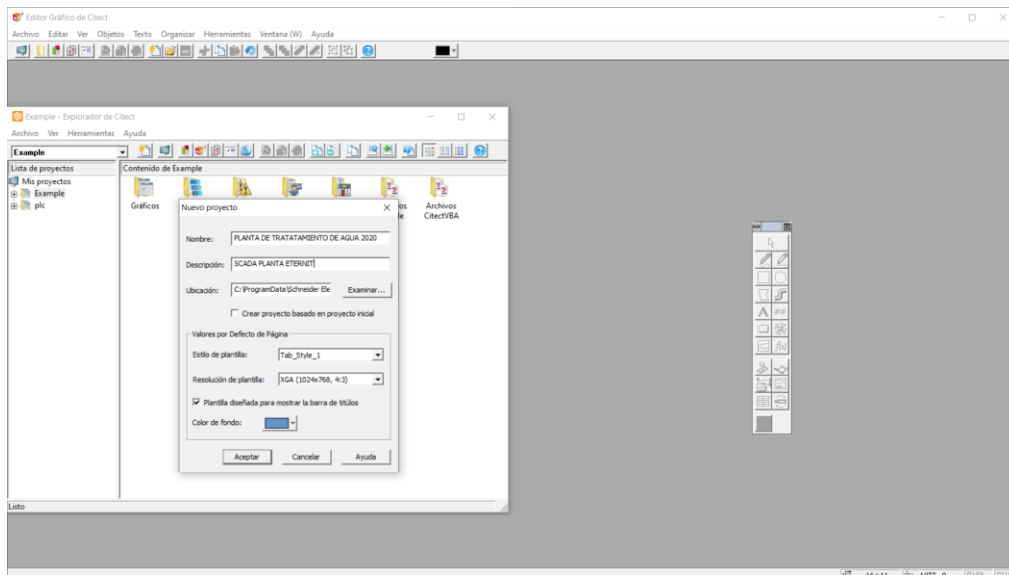


**Figura 4. 18** Pantalla con alarmas

**Fuente:** Elaborado por el autor

#### 4.4 Configuración de SCADA

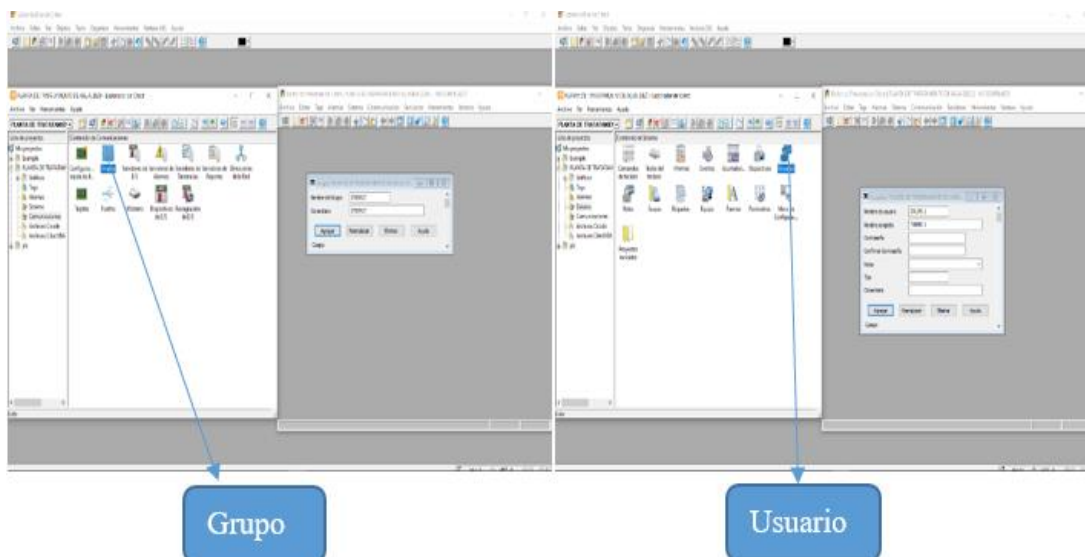
Para la configuración del SCADA en nuestro proyecto se ejecuta el software Vijeo Citect de Schneider Electric previamente instalado con la V7.20, en la barra de menú se coloca en nuevo proyecto para empezar con la configuración del sistema como se observa en la Figura 4.19 donde se encuentra la pantalla para crear el proyecto.



**Figura 4. 19** Pantalla crear proyecto

**Fuente:** Elaborado por el autor

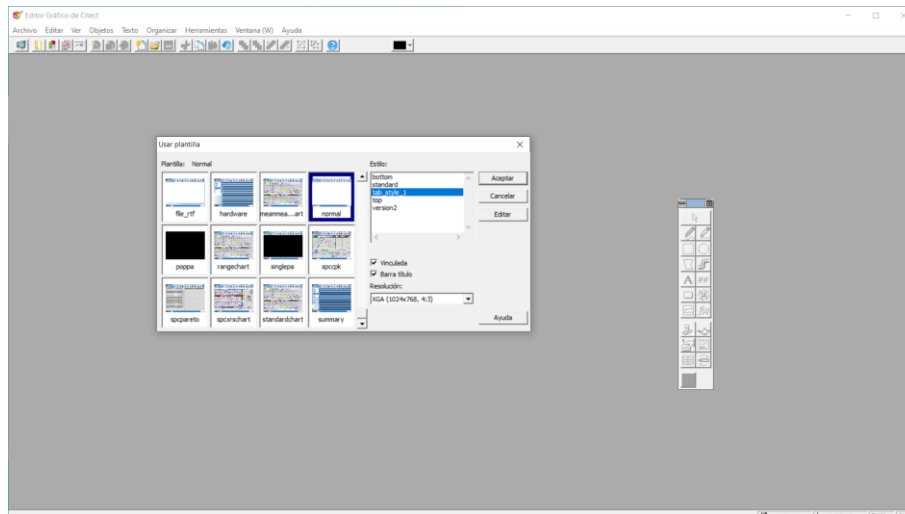
Ya creado el proyecto se procede a configurar el nombre del grupo y usuarios que deseen en esta parte se puede colocar contraseña, en la Figura 4.20 se puede apreciar la pantalla configurada.



**Figura 4. 20** Pantalla configuración grupo y usuario

**Fuente:** Elaborado por el autor

Insertada la configuración se procede a diseñar nuestro SCADA, a continuación se busca la carpeta gráficos y se hace doble clic en páginas, colocar en crear una página, buscar un estilo y aceptar. Ver Figura 4.21.

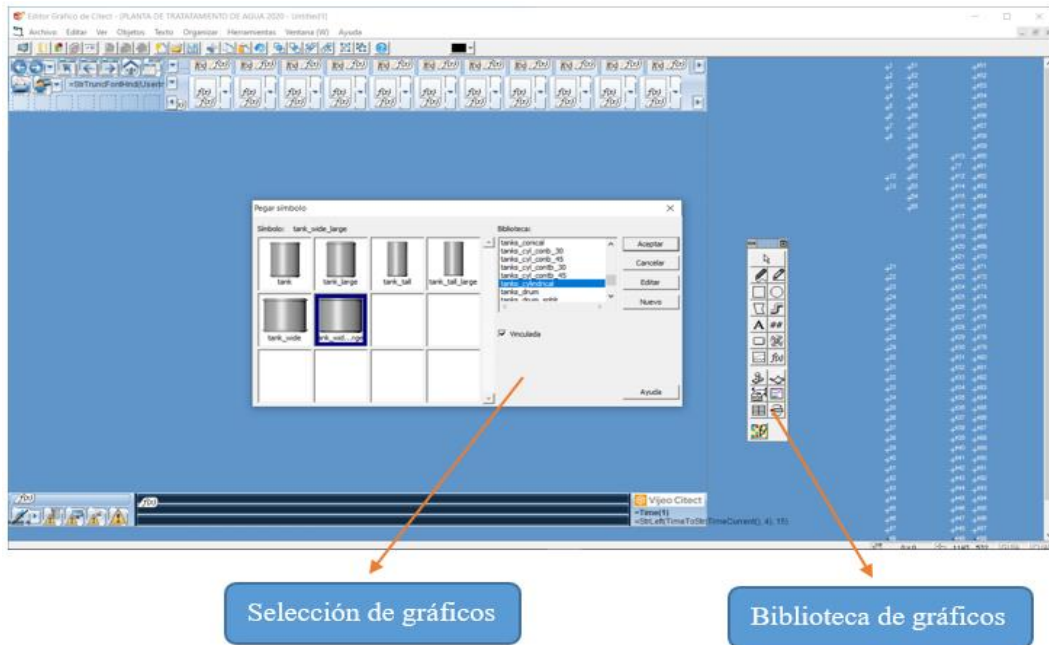


**Figura 4. 21** Configuración de la página

**Fuente:** Elaborado por el autor

## 4.5 Diseño y configuración de SCADA

Para diseñar el SCADA se busca la pestaña de biblioteca de gráficos se realiza clic en pegar símbolo y se procede a buscar los gráficos que más se asemeje a nuestro proyecto en la Figura 4.22 se puede observar la pantalla donde se puede buscar gráficos e implementar en el diseño.



**Figura 4. 22** Creación de gráficos

**Fuente:** Elaborado por el autor

Para programar se necesita de las marcas que se realizó en el programa del PLC para asignar a cada dispositivo se necesita definir, para esto en la pestaña del explorador de Citect buscar la carpeta tags hacer un clic, a continuación tags de variable se va abrir el editor de proyectos Citect, se coloca el nombre de la variable, la marca a la que está asignada, tipo de dato con estos tres datos se coloca en agregar y de esta manera se lo realiza para toda las variable hay que tener precaución ya que si se asigna dos veces a la variable con diferentes nombres existe un conflicto y el programa no empieza a funcionar, En la Figura 4.23 se puede apreciar la pestaña de los exploradores.

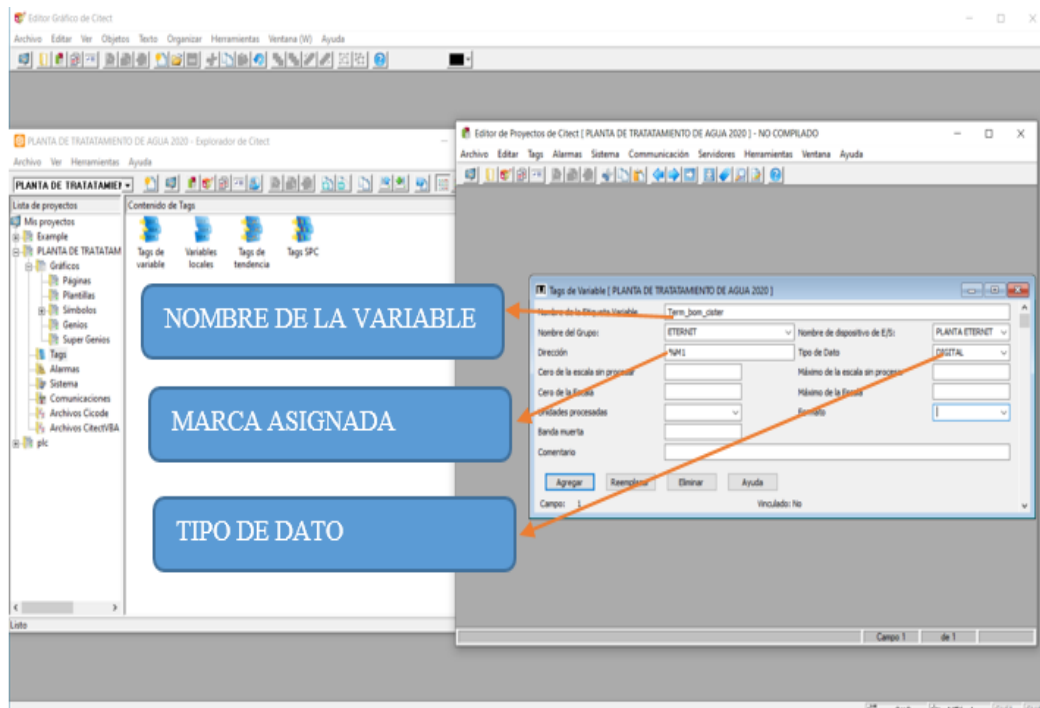


Figura 4. 23 Asignación de las marcas

Fuente: Elaborado por el autor

De acuerdo al diseño PI&D se toma en consideración para establecer la misma estructura en la Figura 4.24 se muestra el diseño de la pantalla inicio de proceso.

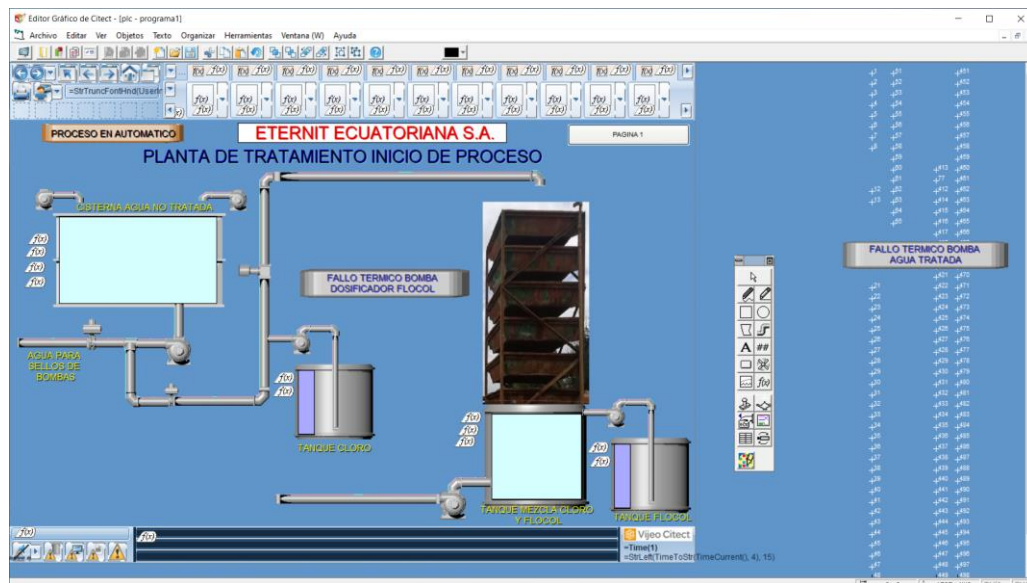


Figura 4. 24 Diseño de pantalla inicio de proceso

Fuente: Elaborado por el autor



En la Figura 4.25 se puede apreciar el diseño de la pantalla del proceso tratamiento de agua.

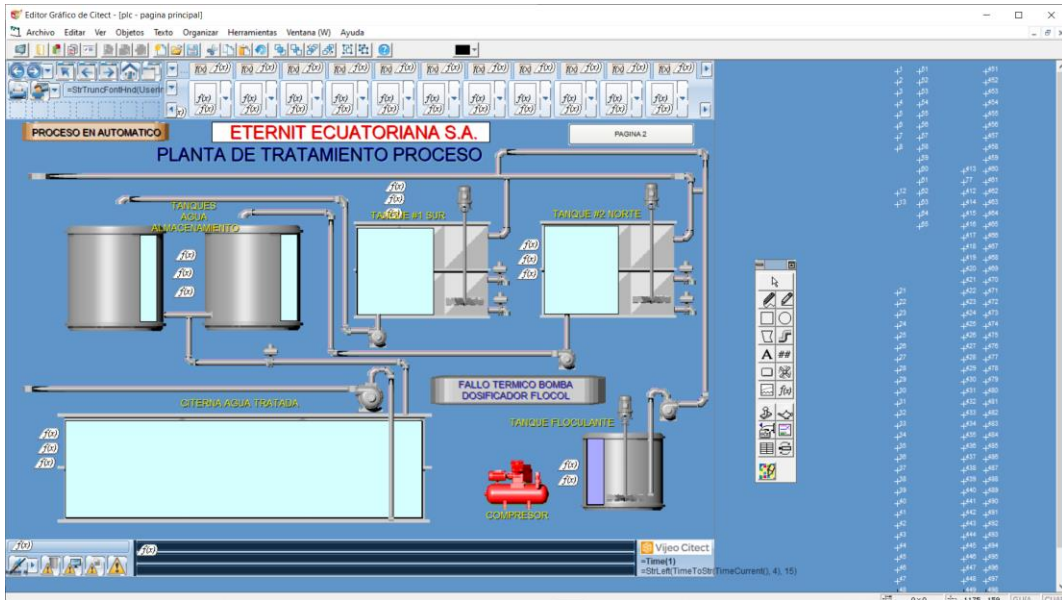


Figura 4. 25 Diseño pantalla proceso tratamiento de agua

Fuente: Elaborado por el autor

Ya con el diseño definido para ingresar a simulación, el programa del PLC debe estar en simulación como se muestra en la Figura 4.26.

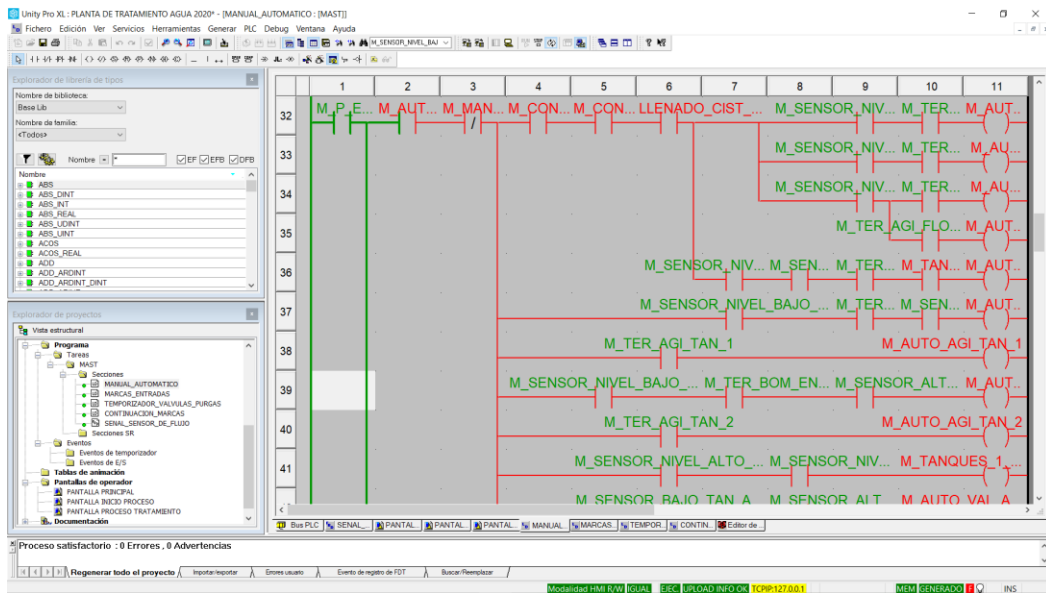
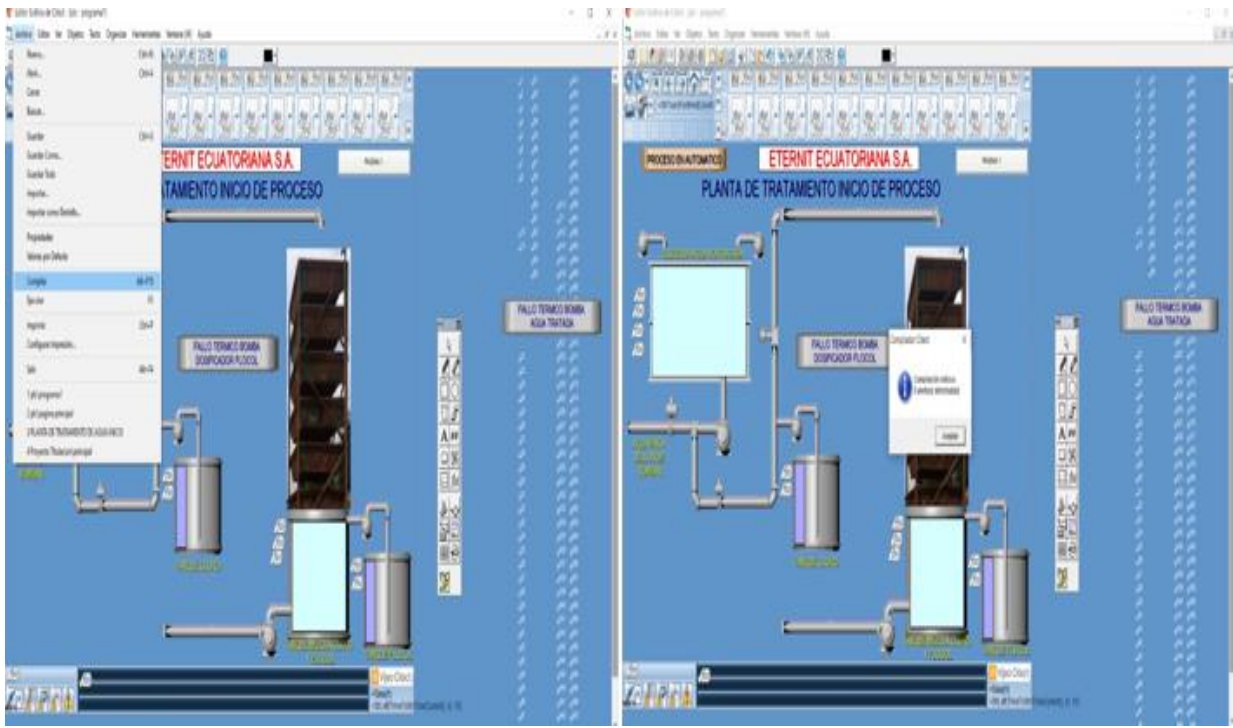


Figura 4. 26 Simulación PLC

Fuente: Elaborado por el autor

Seguro de que el programa está corriendo se procede a compilar el programa del Scada como se indica en la Figura 4.27.



**Figura 4. 27** Compilación del proyecto

**Fuente:** Elaborado por el autor

Para iniciar la simulación del Vije Citect se coloca en la barra de menú a continuación en ejecutar como se observa en la Figura 4.28.

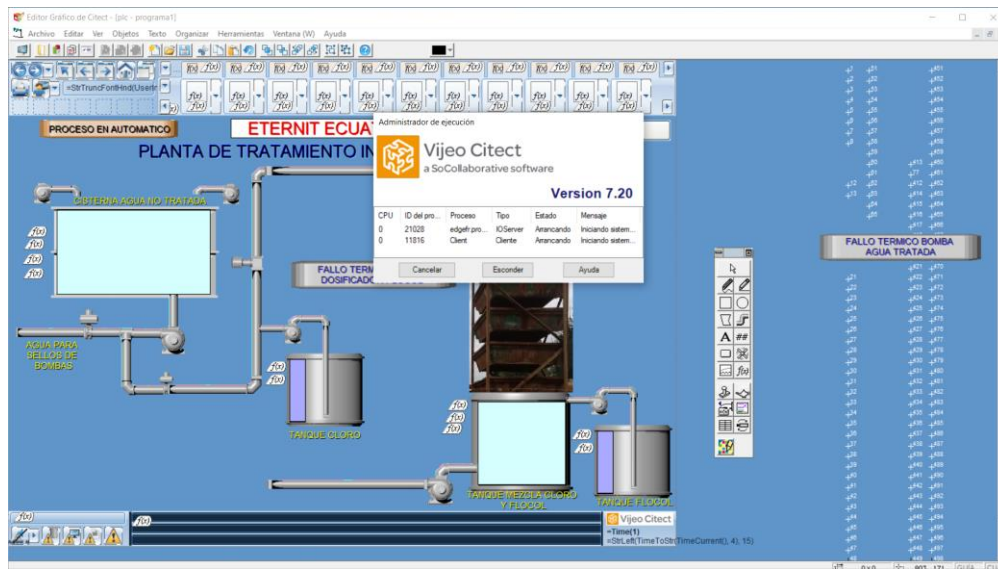


Figura 4. 28 Ejecutar Vijeo Citect

Fuente: Elaborado por el autor

Con los programas enlazados se puede observar que no tiene ningún inconveniente al momento de realizar pruebas como se muestra en la Figura 4.29 y 4.30 la simulación de los dos programas, pantallas respectivas.

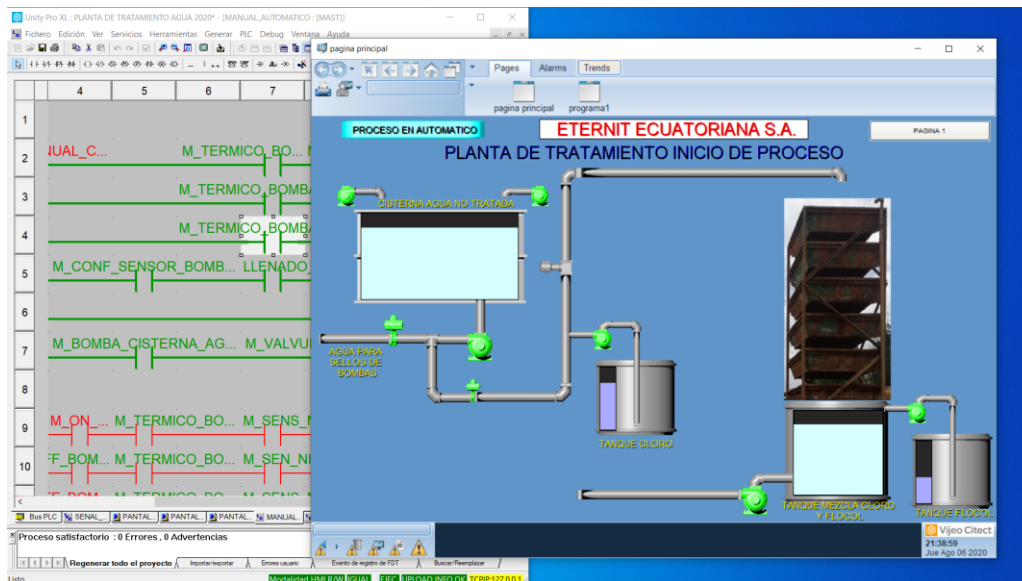
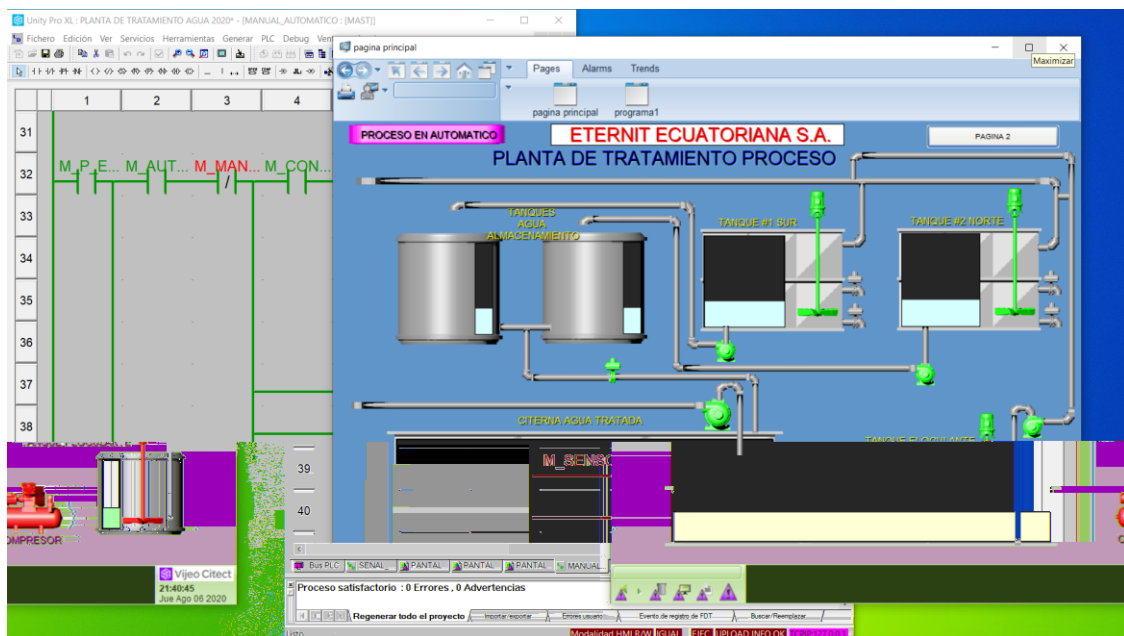


Figura 4. 29 Simulación PLC y SCADA pantalla inicio proceso

Fuente: Elaborado por el autor



**Figura 4. 30** Simulación PLC y SCADA proceso planta tratamiento

**Fuente:** Elaborado por el autor

Con las simulaciones establecidas se comprobó que el sistema se encuentra en correcto funcionamiento correctamente listo para implementar.

## CONCLUSIONES

- Siempre que se realiza un control de proceso industrial, el PLC es el dispositivo más adecuado para el desarrollo de este tipo de sistemas, esto incluye a la automatización de la planta de tratamiento de agua, donde el uso del PLC facilita la automatización del proceso por las altas prestaciones que brinda en cuanto a flexibilidad y comunicaciones.
- Se diseñó un sistema de control automático mediante el PLC Modicon 340 de Schneider Electric, el cual por su capacidad se adapta a los requerimientos, además la programación se desarrolló en el software Unity Pro XL con el lenguaje ladder.
- El diseño del programa en el PLC del tablero principal se basa en la lógica de control que funciona de acuerdo al estado de cada sensor, estación, y de los distintos elementos que componen el sistema. Esta información que se maneja es procesada por los controladores para ser transmitida a través de una función de mensajería.
- De acuerdo a los conocimientos de control industrial se llegó a una solución de un sistema de automatización y control, debidamente simulado y con sus respectivas pruebas puede aplicarse en la planta industrial.

## **RECOMENDACIONES**

- Capacitar al personal que va realizar la manipulación y el monitoreo para garantizar una perfecta sincronización y funcionalidad de los equipos y del sistema.
- Es importante tomar en cuenta las alarmas que se identifiquen en la pantalla y llamar al personal calificado para resolver lo más rápido posible
- Para garantizar el funcionamiento de los equipos es importante realizar un mantenimiento preventivo periódico, para eliminar residuos de polvo acumulado en los tableros eléctricos, motores, bombas y válvulas, además verificar que los parámetros de operación se encuentren correctos.
- Debido a las condiciones en las que están expuestos los equipos se recomienda realizar un chequeo semestral de los equipos, para verificar el estado de los componentes mecánicos para evitar posibles daños.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANNER. (05 de 02 de 2020). BANNER. Obtenido de <https://www.bannerengineering.com/mx/es/products/sensors.html>
- Borja, E. (2020). Diagrama de tuberías e instrumentación P&ID. Quito.
- BP. (08 de 2020). BP. Obtenido de <https://www.bpecuador.com/BP00902-Compresor-25-litros-Directo-doble-salida-de-aire>
- Chico Analuisa, L. E. (Octubre de 2015). SISTEMA INALÁMBRICO PARA CONTROL Y MONITOREO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN BAÑOS. Baños: Universidad. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/5740>
- Delgado, R. (2019). Automatización Industrial. Granada: Revista digital.
- DIGITAL, S. (2015). COMPUTACION. BARCELONA.
- DIRECT, L. A. (01 de 08 de 2020). LIBRARY.ATOMATIONDIRECT. Obtenido de <https://library.automationdirect.com/hmis-and-multi-platform-communication/>
- ECONOMICA, C. (27 de Diciembre de 2018). CANTABRIA ECONOMICA. Obtenido de <https://www.cantabriaeconomica.com/informacion-al-dia/la-gran-tendencia-en-el-sector-industrial-industria-4-0-o-iot-informe-de-meinsa/>
- Electric, S. (05 de 08 de 2007). Instituto Schneider Electric de Formación. Obtenido de <http://automata.cps.unizar.es/post/documentos/VIJEOCITECTCurso.pdf>
- Electric, S. (2015). Programación del sistema de control con Unity.
- Electric, S. (02 de 07 de 2020). Schneider Electric. Obtenido de Schneider Electric: <https://www.se.com/co/es/about-us/company-profile/schneider-ecuador.jsp>
- FESTO. (03 de 09 de 2014). FESTO. Obtenido de [https://www.festo.com/cat/es\\_es/products](https://www.festo.com/cat/es_es/products)
- Guevara, D. A. (2013). Sistemas de Control. Bogotá.
- IFM. (12 de 11 de 2014). IFM. Obtenido de <https://www.ifm.com/ar/es/product/SM9000>
- LASSO, H. P. (2015). En H. P. LASSO, MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA SCADA DE LA ETAPA DE FORMACIÓN DE PASTA PARA LA FABRICACIÓN DE PLACAS DE FIBROCEMENTO EN LA PLANTA DE ETERNIT ECUATORIANA S.A (pág. 54). Quito.
- legrand. (05 de 01 de 2020). legrand. Obtenido de <https://www.grupolegrand.es/e-catalogo/vista-producto.php?product=004885>
- MONCADA ALBITRES , L. (2015). AUTOMATIZACION. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de <http://www.conatel.gob.ve/espectro-radioelectrico/>

- MORALES MENÉNDEZ, R., & RAMÍREZ MENDOZA, R. A. (2013). SISTEMAS DE CONTROL MODERNO VOLUMEN I: SISTEMAS DE TIEMPO CONTINUO. MONTERREY: EDITORIAL DIGITAL.
- Moya, S. (16 de 04 de 2019). MÉXICO InTech Automatización. Obtenido de <https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2019/04/16/fundamentos-de-los-sistemas-scada/>
- PAC. (2019). Ingeniería de Sistemas Industriales. España.
- Pinterest. (08 de 07 de 2020). Pinterest. Obtenido de Pinterest: <https://www.pinterest.com/pin/86483255331729492/>
- RADAR. (01 de 06 de 2015). RADAR DE CONTROL DE NIVEL LIQUIDO.
- ResearchGate. (Junio de 2015). Obtenido de [https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Eschema-de-los-equipos-que-constituyen-el-sistema-SCADA-sistema-de\\_fig2\\_300140548](https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Eschema-de-los-equipos-que-constituyen-el-sistema-SCADA-sistema-de_fig2_300140548)
- SEGU.INFO. (12 de 06 de 2017). SEGU.INFO. Obtenido de <https://blog.segu-info.com.ar/2017/06/ciberseguridad-en-la-piramide-de.html>
- SIEMENS. (26 de 09 de 2017). SIEMENS. Obtenido de [https://www.tim.pl/fileuploader/download/download/?d=1&file=GLOWNA%2F0001%2F000%2F01%2F920%2F22%2Fk3vt1710\\_2dc36\\_0aa0\\_1.pdf](https://www.tim.pl/fileuploader/download/download/?d=1&file=GLOWNA%2F0001%2F000%2F01%2F920%2F22%2Fk3vt1710_2dc36_0aa0_1.pdf)
- Solano, C. A. (2011). Adquisición de datos. En C. A. Solano, DISEÑO DE SISTEMAS SCADA CON CONEXIÓN A BASES DE DATOS, VISUALIZACIÓN Y CONTROL EN DISPOSITIVOS MÓVILES (pág. 36). Guatemala.
- Sutecon. (06 de 09 de 2019). Sutecon. Obtenido de <http://sutecon.com/2019/09/06/instrumentacion/>
- Vásconez Endara, G. P., & Zurita Armendáriz, D. M. (Junio de 2016). AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUA Y MEJORA DEL SCADA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO PUENGASÍ – EPMAPS. Sangolqui: Universidad. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5920>
- Velasco, E. (2015). Módulo de Neumática. Quito.
- WAGO. (02 de 05 de 2020). WAGO. Obtenido de <https://www.wago.com/es/interface-electronic/m%C3%B3dulos-de-alimentaci%C3%B3n>



## **ANEXO**

- ANEXO 1: CRONOGRAMA
- ANEXO 2: CARTA DE AUSPICIO
- ANEXO 3: ACTA DE APROBACIÓN
- ANEXO 4: ESPECIFICACIONES PLC Y MODULOS
- ANEXO 5: DIAGRAMAS ELÉCTRICOS
- ANEXO 6: DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL PLC
- ANEXO 7: PROGRAMAS COMPILADOS UNITY PRO XL Y SCADA.
- ANEXO 8: DATOS SENSOR DE FLUJO.
- ANEXO 9: PANTALLAS HMI
- ANEXO 10: PANTALLAS SCADA
- ANEXO 11: MANUAL DE USUARIO
- ANEXO 12: MANUAL TECNICO

# ANEXO 1: CRONOGRAMA

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	15 abr '19							22 abr '19							29 abr '19						
						V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M		
1	★	Elaborar proyecto PIC	342 días	sáb 13/4/19	sáb 1/8/20	[Barra de progreso]																				
2	★	<b>Aprobación del proyecto</b>	26 días	dom 14/4/19	vie 17/5/19	[Barra de progreso]																				
3	★	<b>Análisis de los componentes de 4 días control</b>	4 días	sáb 18/5/19	mié 22/5/19	[Barra de progreso]																				
4	★	Definir las entradas y salidas del plc	2 días	sáb 18/5/19	lun 20/5/19	[Barra de progreso]																				
5	★	Establecer los componentes necesarios para el proyecto	2 días	mar 21/5/19	mié 22/5/19	[Barra de progreso]																				
6	★	<b>Diseñar sistema Eléctrico y control</b>	28 días	jue 23/5/19	lun 1/7/19	[Barra de progreso]																				
7	★	diseñar tablero de fuerza y control	6 días	jue 23/5/19	jue 30/5/19	[Barra de progreso]																				
8	★	Elaborar programación en Ladder PLC	10 días	jue 30/5/19	mié 12/6/19	[Barra de progreso]																				
9	★	Diseñar sistema Scada	12 días	mié 12/6/19	jue 27/6/19	[Barra de progreso]																				
10	★	Diseño Esquema PID	3 días	jue 27/6/19	lun 1/7/19	[Barra de progreso]																				
11	★	<b>Implementación para el sistema Scada</b>	50 días	jue 12/3/20	mié 20/5/20	[Barra de progreso]																				
12	★	Diseño dispositivos Eléctricos y control	15 días	jue 12/3/20	mié 1/4/20	[Barra de progreso]																				
13	★	Diseño esquemas Mecánicos	15 días	mié 1/4/20	mar 21/4/20	[Barra de progreso]																				
14	★	pruebas y verificación del funcionamiento	20 días	mar 21/4/20	lun 18/5/20	[Barra de progreso]																				
15	★	<b>Elaborar trabajo escrito</b>	47 días	jue 18/6/20	vie 21/8/20	[Barra de progreso]																				
16	★	Elaboración capitulo 1 y 2	7 días	jue 18/6/20	vie 26/6/20	[Barra de progreso]																				
17	★	elaborar marco teorico	9 días	vie 26/6/20	mié 8/7/20	[Barra de progreso]																				

Proyecto: plan titulación Fecha: vie 7/8/20	Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas
	División		Tarea manual		Hito externo
	Hito		solo duración		Fecha límite
	Resumen		Informe de resumen manual		Progreso
	Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual
	Tarea inactiva		solo el comienzo		
	Hito inactivo		solo fin		

Página 1

- ANEXO 2: CARTA DE AUSPICIO



Quito, D.M., 07 de Junio de 2019

**MG. ROSARIO CORAL**  
DIRECTORA CIENCIAS DE LA INGENIERÍA.  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

**MG. WILMER ALBARRACIN**  
COORDINADORA DE LA CARRERA  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL.

**MG. RENE CORTIJO**  
PROFESOR TUTOR  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

**PHD. GRISEL PEREZ.**  
DIRECTORA DE INVESTIGACIÓN  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

**REF:** PLAN DE PROYECTO INTEGRADOR DE CARRERA.

**ASUNTO:** AUTORIZACION PARA EJECUTAR EL PROYECTO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CON CONTROL SCADA PARA LA VISUALIZACIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA EN LA PLANTA ETERNIT ECUATORIANA S.A.

De mi consideración.-

Yo, **Carlos Alonso Mejía Carrión** con C.I. 1706854021, en calidad de representante legal de la Compañía **ETERNIT ECUATORIANA S.A.** con RUC No. 090000964001, certifico que el Sr **Edgar Efrain Borja Hidalgo**, con C.I. 1719383489 estudiante del décimo semestre de la carrera en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Israel, cuenta con el apoyo y autorización para realizar su plan de proyecto integrador de carrera **Sistema automatizado con control Scada para la visualización del proceso de tratamiento de agua en la planta Eternit Ecuatoriana S.A.**



Sus actividades serán realizadas en la planta industrial Eternit Ecuatoriana S.A. en la ciudad de Quito, estas actividades serán realizadas bajo la tutoría y supervisión del Ing. Eduardo Suasnavas, Jefe del Departamento Técnico e Ing. Carlos Sarabia Supervisor Eléctrico.

La presente carta de apoyo y autorización es emitida por solicitud del mencionado señor, para la aprobación respectiva de su plan integrador de carrera.

Atentamente,

**Ing. Carlos Alonso Mejía Carrión**  
**GERENTE GENERAL**  
**ETERNIT ECUATORIANA S.A.**

Atentamente,

**Omar Herrera D.**  
**JEFE DE GESTIÓN HUMANA**

- ANEXO 3: ACTA DE APROBACIÓN



"Responsabilidad con pensamiento positivo"

**ACTA DE APROBACION DEL PLAN DEL PROYECTO INTEGRADOR DE CARRERA**

Estudiante:	EDGAR EFRAIN BORJA HIDALGO
Tutor:	Mg Rene E Cortijo Leyva
Tema del PIC:	Sistema automatizado con control Scada para la visualización del proceso de tratamiento de agua en la planta de tratamiento de agua en la planta Eternit Ecuatoriana S.A.
Fecha de Presentación del tema	25 de Mayo de 2019
Línea de investigación	Tecnología aplicada a la producción y la sociedad

La comisión de Evaluación y Aprobación, ha analizado y evaluado el tema del plan de investigación del trabajo de titulación presentado considerando lo siguiente:

EL TEMA ESTA APROBADO Y SE AUTORIZA EL DESARROLLO BAJO LA TUTORIA ESPECIFICADA.

Mg. Wilmer Albarracín  
COORDINADOR DE LA CARRERA

Mg. Rene E Cortijo Leyva  
PROFESOR TUTOR UISRAEL

Mg. Rosario Coral  
DIRECTORA CIENCIAS DE LA INGENIERIA



Ph.D. Grisel Pérez  
DIRECTORA DE INVESTIGACION

• ANEXO 4: ESPECIFICACIONES PLC Y MODULOS

Presentation

**Modicon M340 automation platform**  
Composition

1



Modicon M340 automation platform comprising:  
- BMXP34 type processors,  
- A single-rack or multi-rack Modicon X80 I/O platform,  
- Additional dedicated modules.

**Presentation**

The Modicon M340 automation platform comprises:  
1 BMXP34 dedicated processors  
2 A Modicon X80 I/O platform, in a single-rack or multi-rack configuration  
3 Additional modules for various applications (application-specific, Ethernet communication, etc.)

**Modicon M340 processors**

Seven processor models comprising 1 Standard model (BMXP341000) and 6 Performance models (BMXP3420\*\*\* or BMXP3420\*\*\*CL) with different memory capacities, processing speeds, number of I/O and number and type of communication ports.

- Depending on the model, they offer a maximum (non-cumulative) of:
- 512 to 1024 discrete I/O
  - 128 to 256 analog I/O
  - 20 to 38 application-specific channels (1) (process counter, motion control and serial link, or RTU)
  - 0 to 3 Ethernet Modbus/TCP or Ethernet/IP networks (with or without integrated port and 2 network modules maximum)
  - 4 "Full Extended master" AS-Interface V3 actuator/sensor buses, profile M4.0

- Depending on the model, Modicon M340 processors include:
- A 10BASE-T/100BASE-TX Ethernet Modbus/TCP port
  - A CANopen machine and installation bus port
  - A Modbus or Character mode serial link port

Each processor has a USB TER port (for connecting a programming terminal or a Magelis GTO, GTW, STU/STO, etc. HMI terminal) (2).

- It is supplied with a memory card (3) that enables:
- Backing up the application (program, symbols and constants)
  - Activating a standard Web server for the Transparent Ready class B10 integrated Ethernet port (depending on the model)
- Depending on the model, this memory card can be replaced by another type of memory card (to be ordered separately) that supports:
- Backing up the application and activation of the standard Web server (same as other card)
  - An 8 MB or 128 MB storage area, depending on the option card, for storing additional data organized in a file system (directories and sub-directories)

**Modicon X80 I/O platform and additional modules (4)**

The "Modicon X80 I/O" platform, which can be used "In Rack" and/or in a remote I/O (RIO) drop depending on the type of automation platform (Modicon M340, Quantum, etc.), comprises the following elements:

- Racks with 4, 6, 8 or 12 slots (2a)
- Power supply modules, --- or ~ (2b)
- Discrete and analog I/O modules (2c)
- RTU (Remote Terminal Unit), serial link, AS-Interface, etc. communication modules (2d)

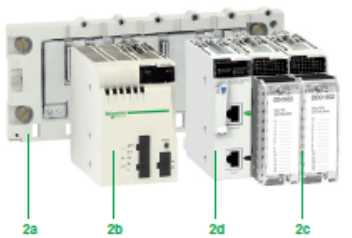
- Additional dedicated modules for the Modicon M340 automation platform that can be used on "Modicon X80 I/O" are also available:
- Application-specific
  - Ethernet (Modbus/TCP, Ethernet/IP) communication module

External modules, such as Modbus Plus, Profibus DP/PA communication as well as modules offered as part of CAPP (Collaboration Automation Partner Program), are also available.

**Treatment for severe environments**

Using the "ruggedized" modules enables the Modicon M340 automation platform to be used in severe environments or at operating temperatures from -25°C/-13°F to +70°C/158°F. See pages 3/2 to 3/3.

(1) Maximum number of application-specific channels per station. Only the application-specific channels actually configured in the Unity application count.  
(2) For details of the Magelis offer please visit our website [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com).  
(3) With the exception of 2 models supplied without memory card (see page 1/13).  
(4) For further information, please consult our "Modicon X80 I/O platform" catalog available on our website [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com).



Modicon X80 I/O platform

Processor selection guide: page 1/6      Communication: page 2/2      Ruggedized Modicon M340: page 3/2

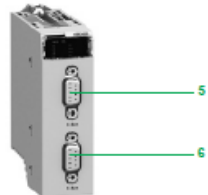
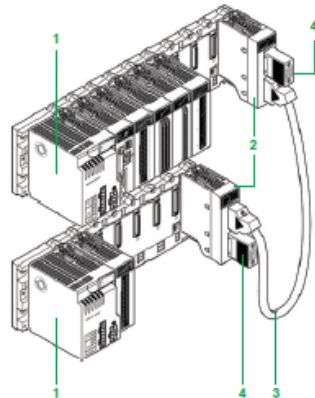
## Description

# Modicon M340 automation platform

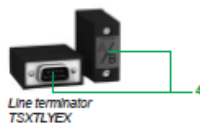
## Software configuration and multi-rack configuration



Unity Pro



Rack expansion module  
BMXXBE1000



Line terminator  
TSXTLYEX

### Presentation (continued)

#### Design and setup of Modicon M340 applications

Setting up of the Modicon M340 automation platform processors requires the use of one of the following software packages:

- Unity Pro Small programming software
- Unity Pro Medium, Large or Extra Large programming software or identical to that used to set up Modicon Premium and Modicon Quantum automation platforms
- Optionally, depending on requirements, Unity EFB toolkit software for developing EF and EFB function block libraries in C language

The function block software libraries provide Modicon M340 processors with the processing capability required to meet the specialized requirements within the motion control with multiple independent axis functions domain (MFB "Motion Function Blocks" library). The axes are controlled by Altivar 312/71 variable speed drives or Lexium 32 servo drives connected on the CANopen machine bus.

**Note:** Compatibility of BMXP3420102/20302 processors with the Unity Pro software version. BMXP3420102/20302 processors with integrated CANopen bus are compatible with Unity Pro version > 4.1. Both these processors can be used to customize configuration of the device Boot Up procedure compatible with all CANopen third-party products.

### Composition of a multi-rack configuration

Multi-rack configurations are made up of standard BMXXBP\*\*00 racks. They comprise:

- 2 racks maximum for a station with BMXP341000 processor
- 4 racks maximum for a station with BMXP3420\*\*\* or BMXP3420\*\*\*CL processor

Each rack is equipped with:

- 1 A BMXXCP\*\*\*\*\* power supply

A BMXXBE1000 expansion rack module. This module, inserted in the right-hand end of the rack (XBE slot) does not occupy rack slots 00...11 (4, 6, 8 or 12 slots are still available). For further information, please consult our "Modicon X80 I/O platform" catalog available on our website [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com).

### X-bus

The racks, distributed on the X-bus, are connected to each other by X-bus extension cordsets 3 with a total length of 30 m/98.42 ft maximum.

The racks are connected in a daisy chain using BMXXBC\*\*0K (1) X-bus extension cordsets connected to the two 9-way SUB-D connectors 5 and 6 on the front panels of the BMXXBE1000 rack expansion modules 2.

### Line terminators 4

Both expansion modules at the ends of the daisy chain must have a line terminator 4 TSXTLYEX on the unused 9-way SUB-D connector.

**Note:** The processor module is always positioned in the rack at address 0. However, in an X-bus daisy chain, the order of the racks has no effect on operation; the order of the daisy chain could be, for example 0-1-2-3, 2-0-3-1, 3-1-2-0, etc.

### Cybersecurity

Schneider Electric has always taken care of the security of its systems. Security guidelines are available for our customers to ensure their systems are protected from attacks.

The Modicon M340 is a cyber-secure platform thanks to its advanced built-in cybersecurity features and robustness.

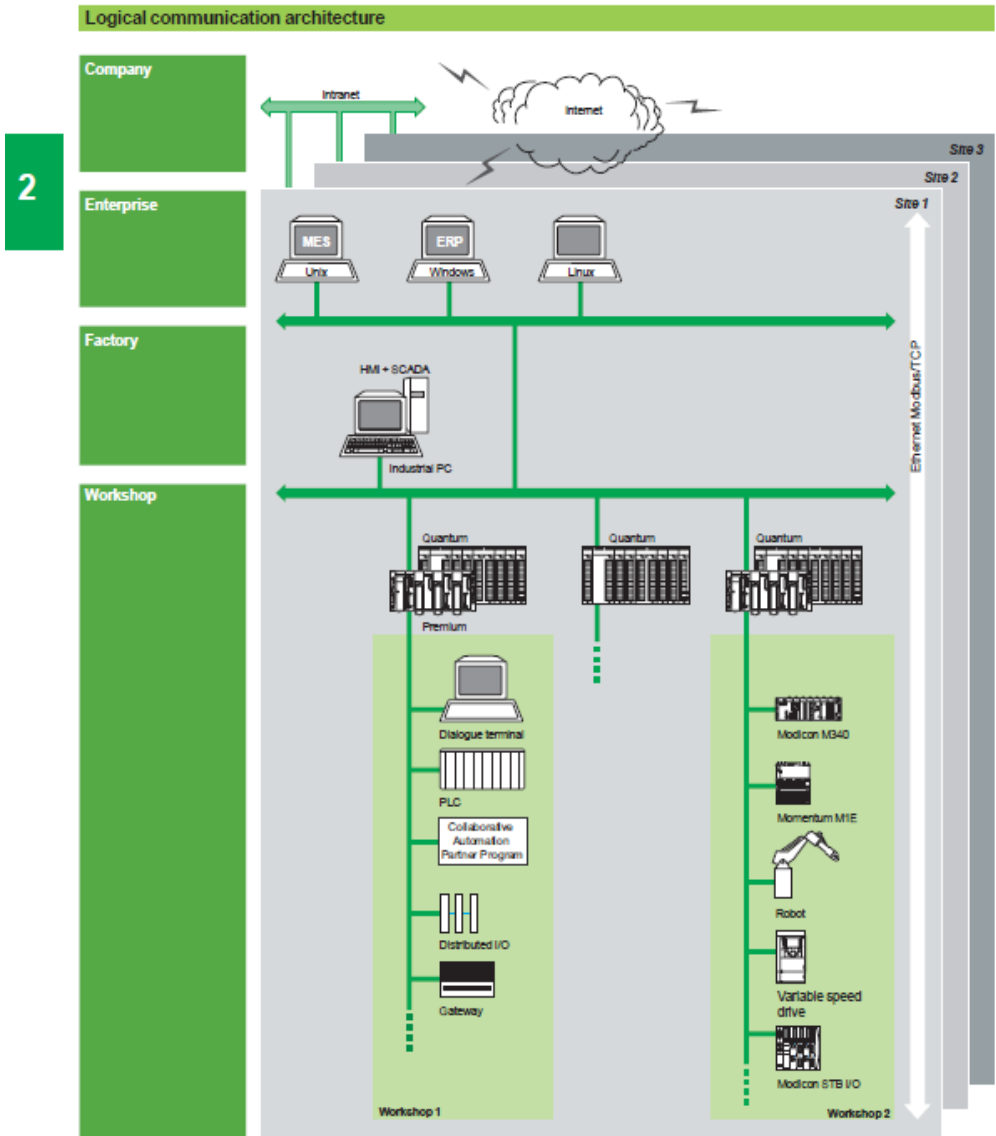
The Modicon M340 automation platform also offers the following features:

- Protection against unauthorized remote connections via an online editable Access Control List
- Protection against remote programming changes via a password
- Option to enable or disable HTTP or FTP services
- Integrity of Unity Pro executable files
- Unnecessary services disabled by default
- Security features enabled by default

(1) Extension cordsets BMXXBC\*\*0K in lengths of 0.8 m/2.62 ft, 1.5 m/4.92 ft, 3 m/9.84 ft, 5 m/16.40 ft or 12 m/39.37 ft with elbowed connectors or TSXCBY\*\*00K in lengths of 1 m/3.28 ft, 3 m/9.84 ft, 5 m/16.40 ft or 12 m/39.37 ft, 18 m/59.05 ft ou 28 m/91.86 ft with straight connectors.

# Modicon M340 automation platform

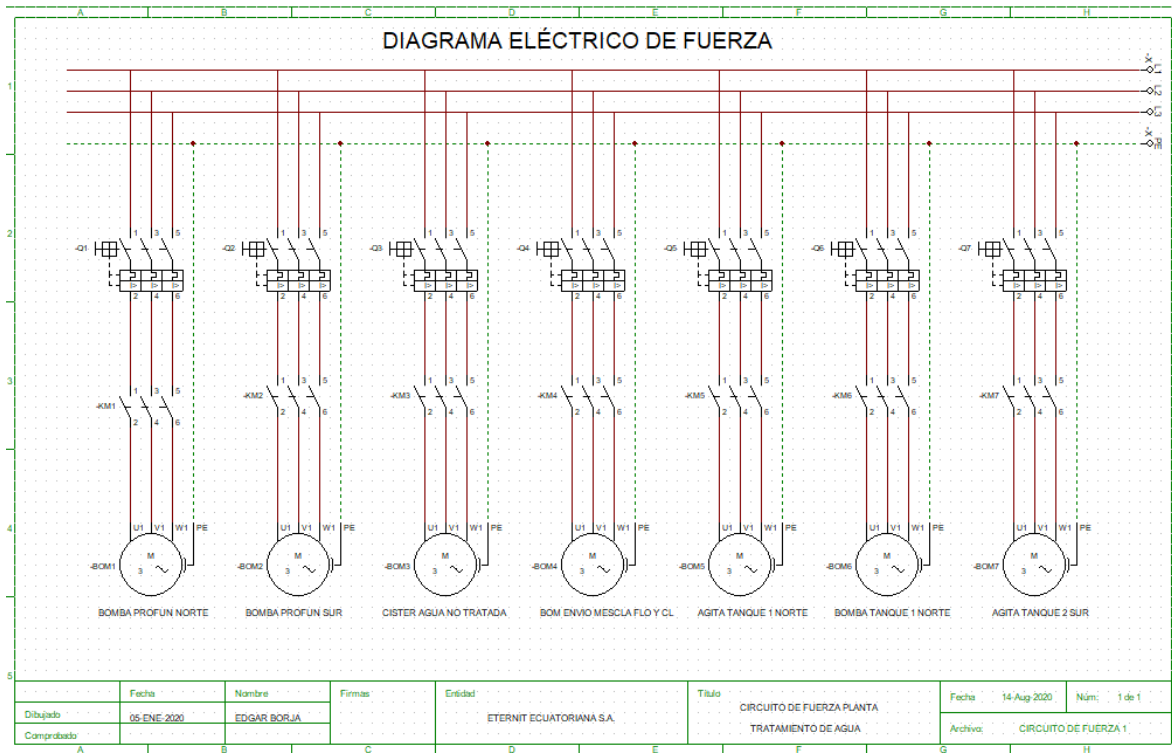
PlantStruxure Ethernet Architectures  
Logical communication architecture

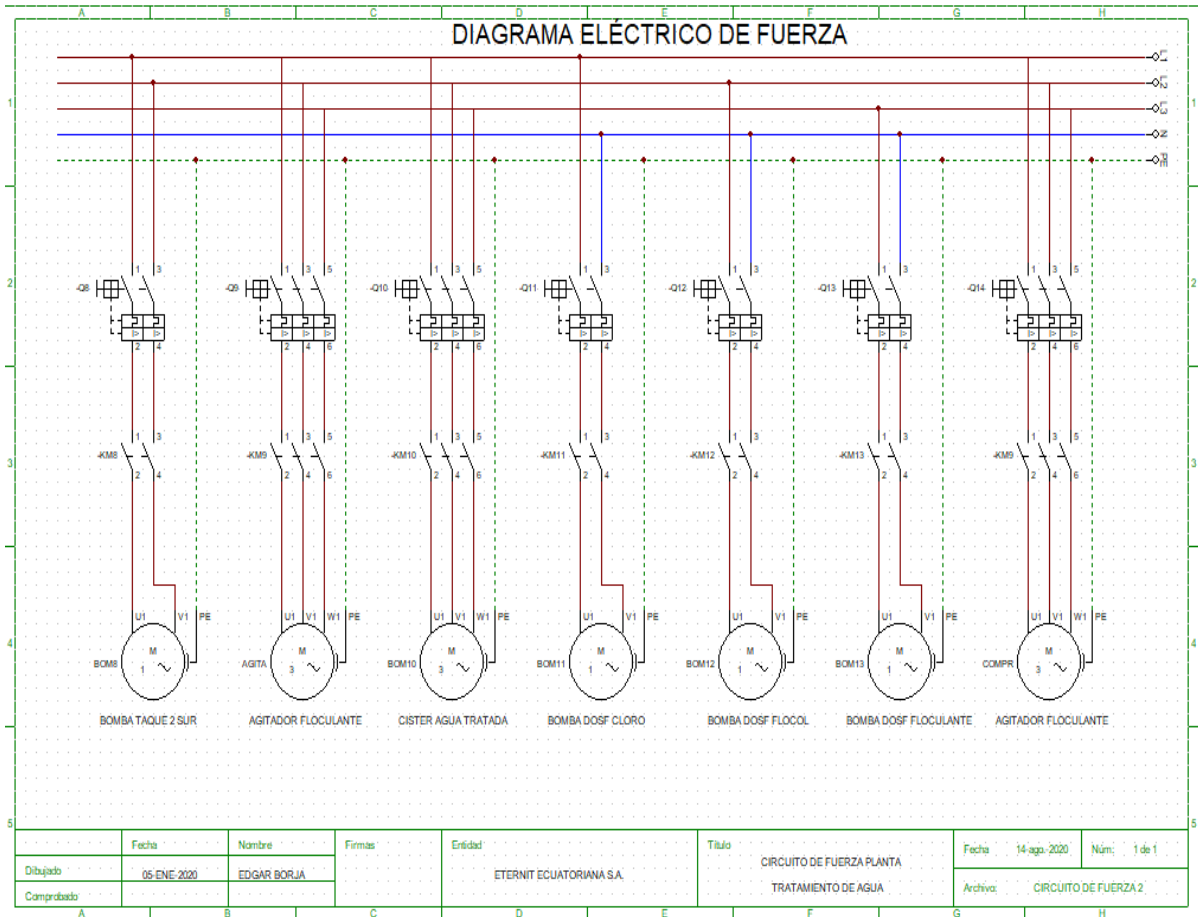


MES: Manufacturing Execution System (production management system)  
 ERP: Enterprise Resource Planning (integrated management software packages)  
 HMI/SCADA: Human/Machine Interface and Supervision Control And Data Acquisition  
 Gateway: Gateway to sensor/actuator bus, to installed base network, fieldbus, etc.

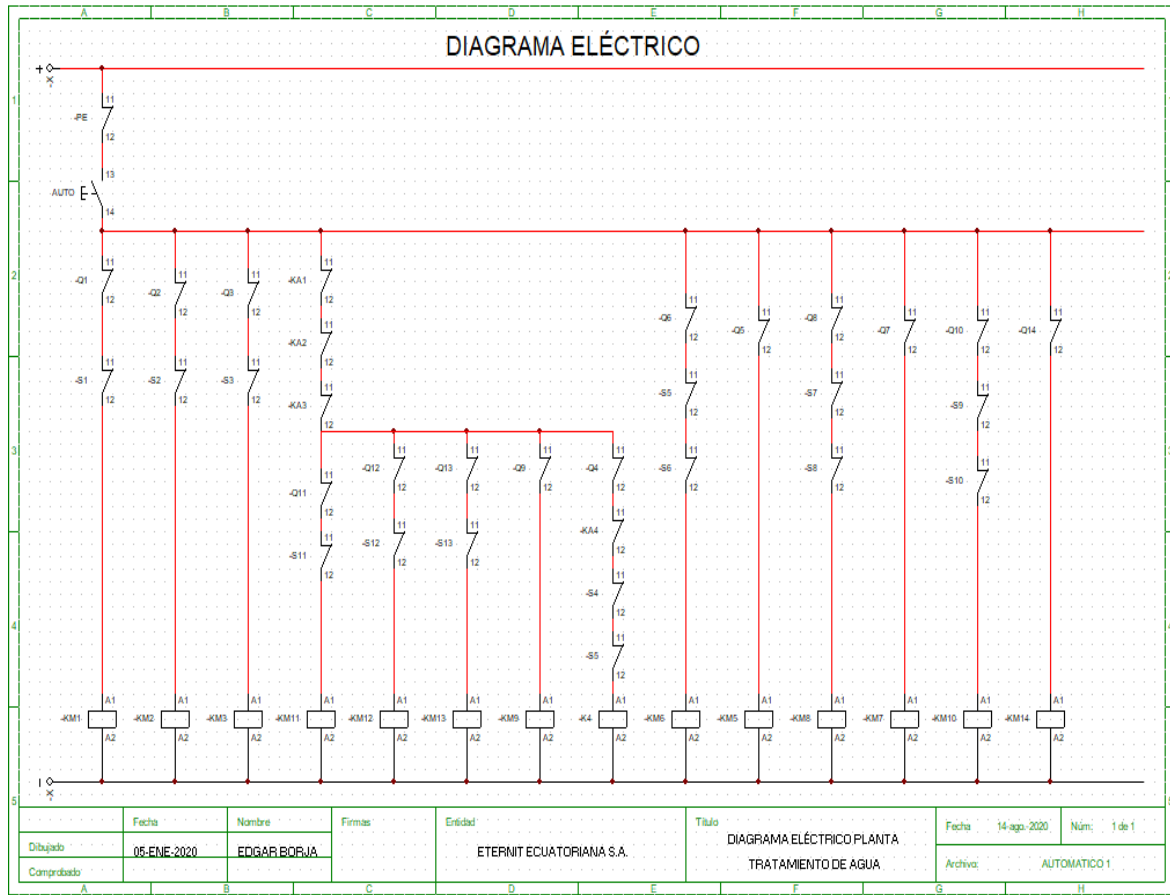


- ANEXO 5: DIAGRAMAS ELÉCTRICOS



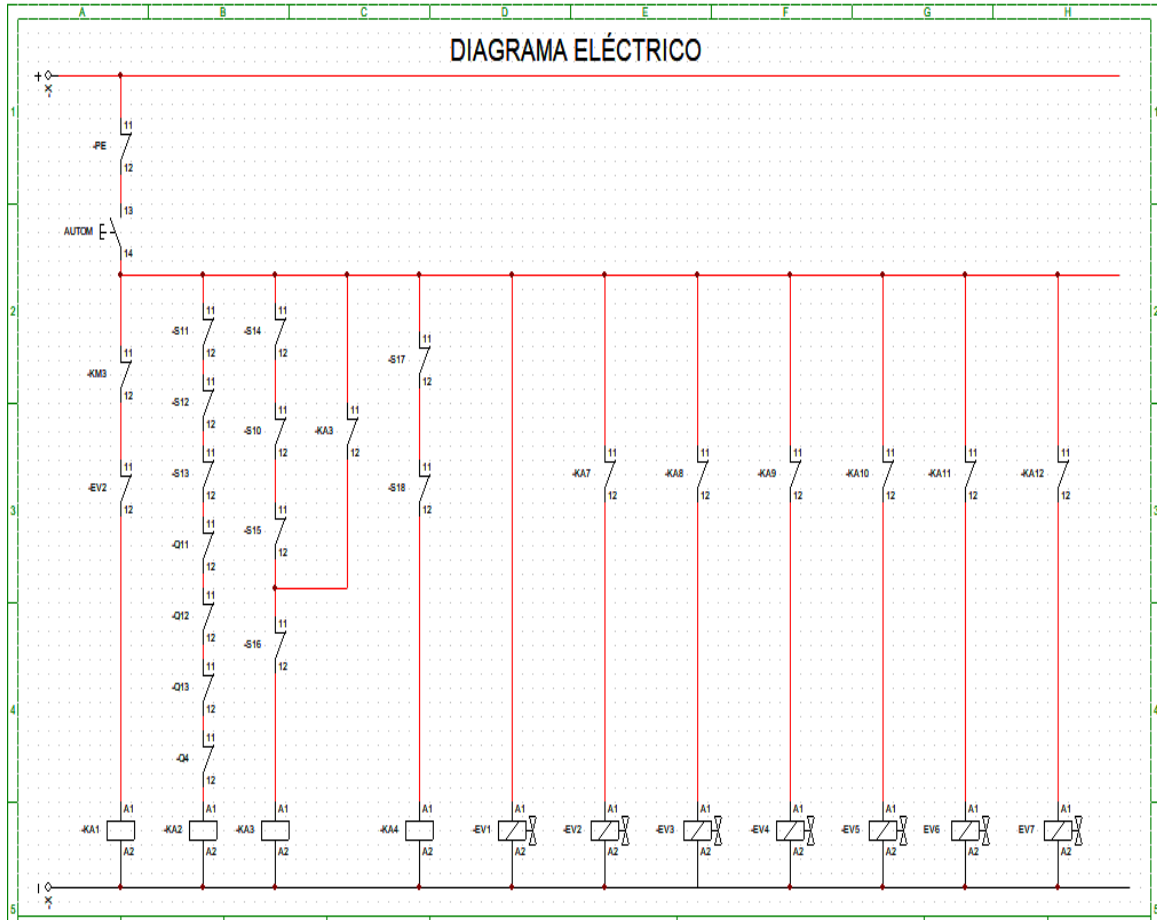


# DIAGRAMA ELÉCTRICO



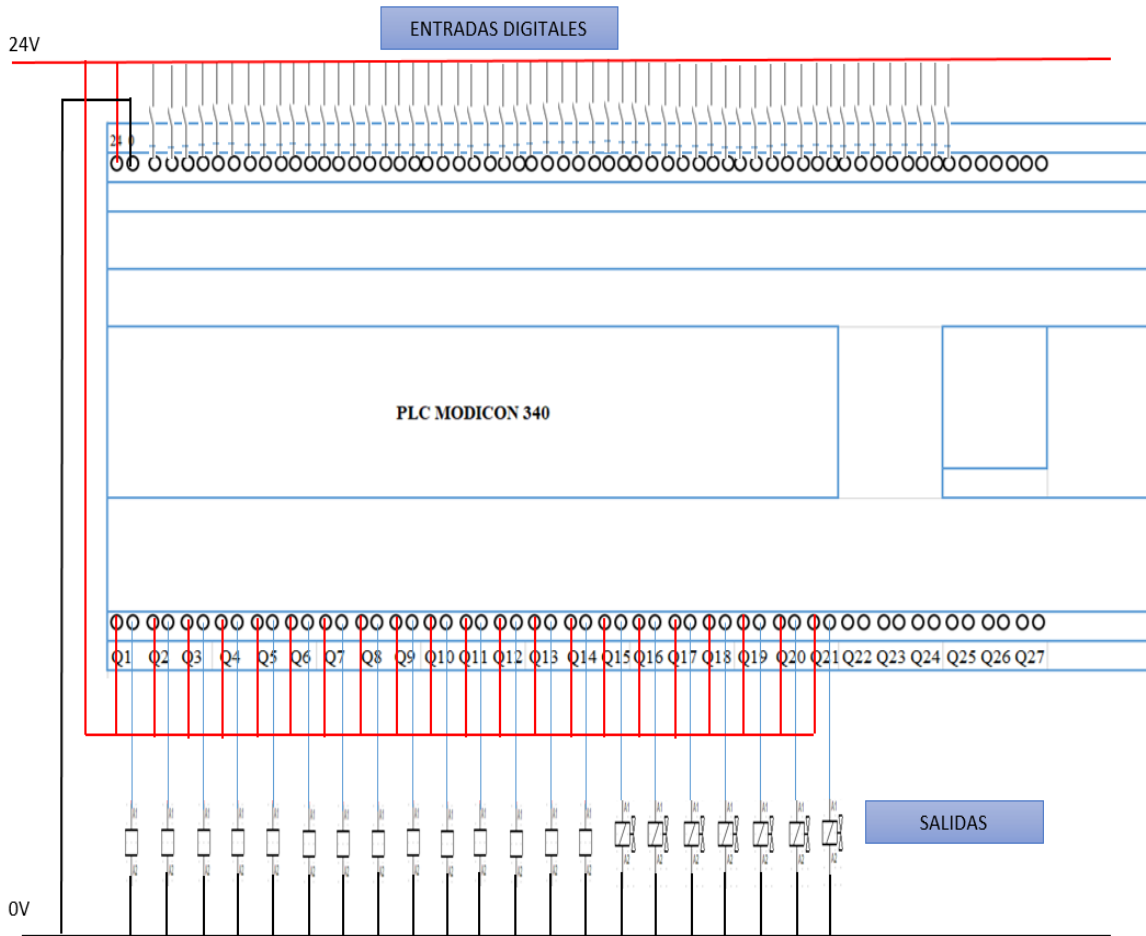
	Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Fecha	Núm.
Dibujado	05-ENE-2020	EDGAR BORJA		ETERNIT ECUATORIANA S.A.	DIAGRAMA ELÉCTRICO PLANTA TRATAMIENTO DE AGUA	14-ago-2020	1 de 1
Comprobado						Archivos	AUTOMATICO 1

# DIAGRAMA ELÉCTRICO

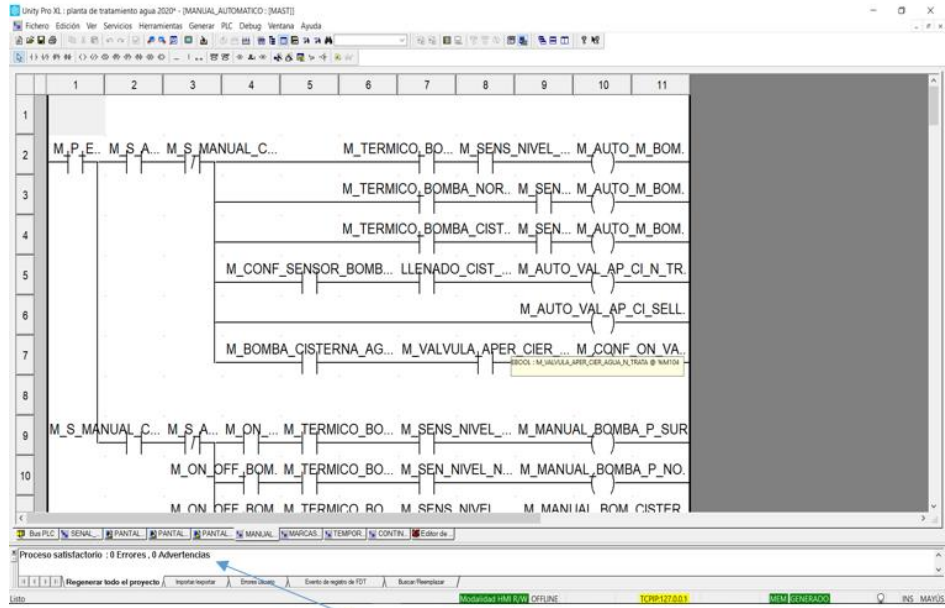


	Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Fecha	Núm:
Dibujado	05-ENE-2020	EDGAR BORJA		ETERNIT ECUATORIANA S.A.	DIAGRAMA ELÉCTRICO PLANTA TRATAMIENTO DE AGUA	14-ago-2020	1 de 1
Comprobado						Archivo:	AUTOMATICO 2

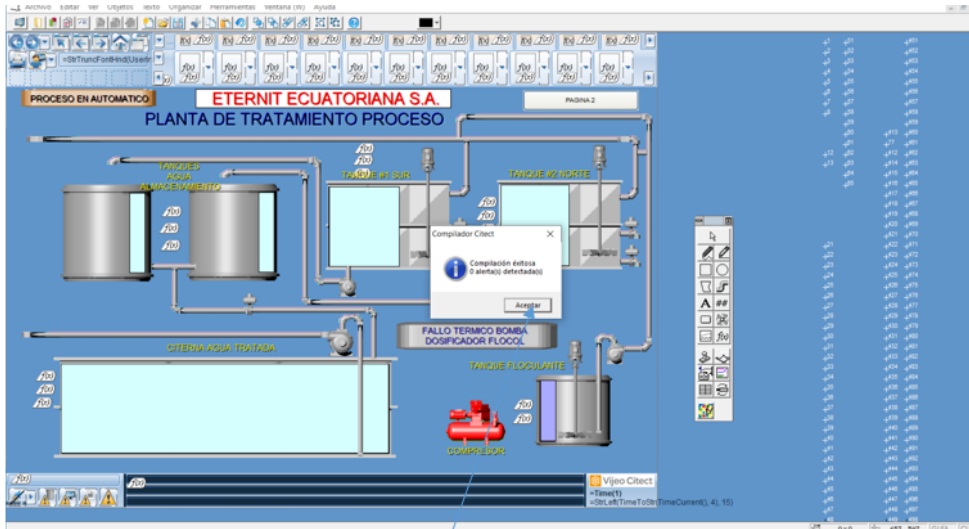
- **ANEXO 6: DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL PLC.**



- ANEXO 7: PROGRAMAS COMPILADOS UNITY PRO XL Y SCADA.



PROGRAMA COMPILADO SIN ERRORES



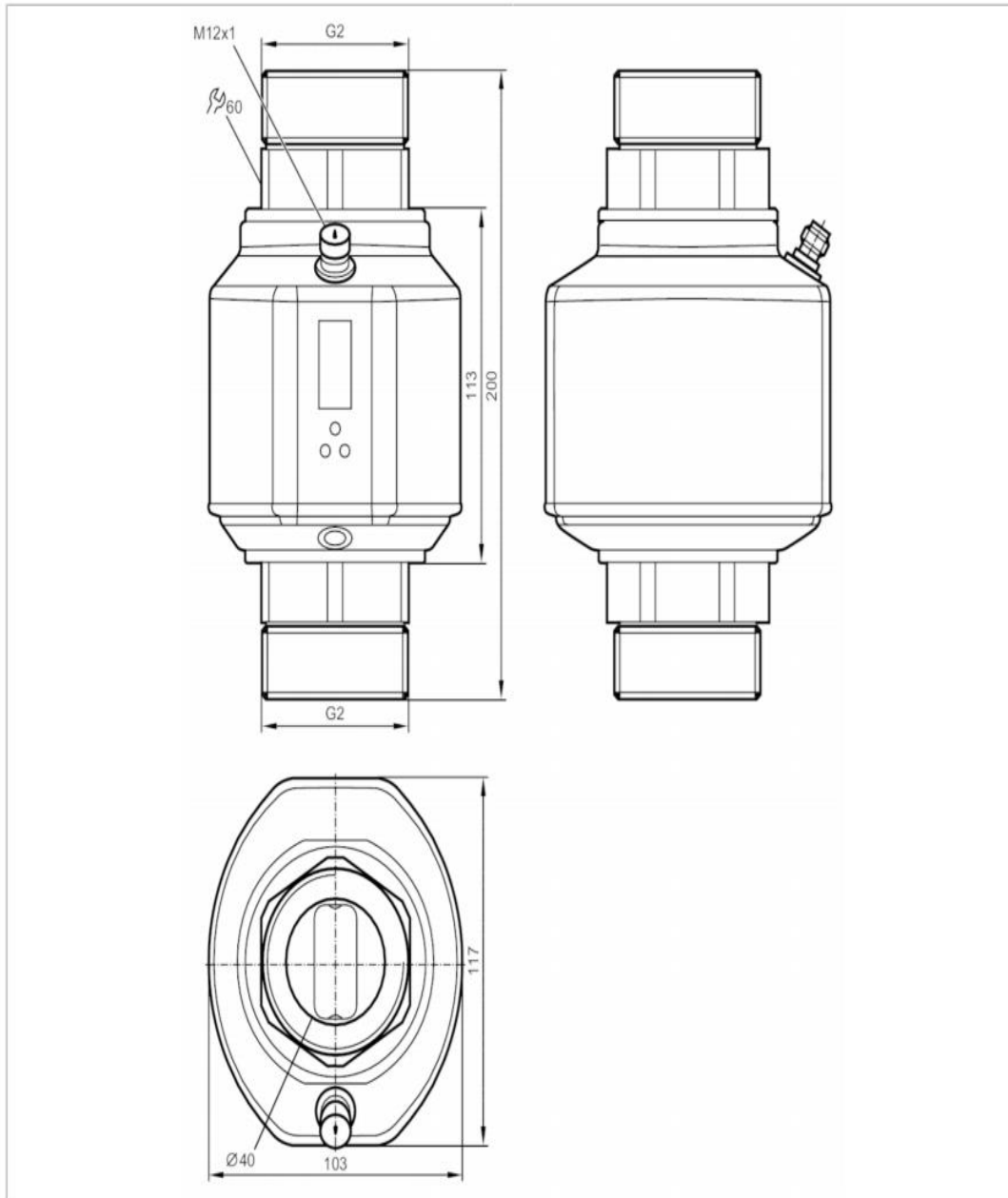
PROGRAMA COPILADO SIN ERRORES

• ANEXO 8: DATOS SENSOR DE FLUJO

**SM9000**

**Caudalímetro magneto-inductivo**

SMR21XGXFRKG/IJS



# SM9000



## Caudalímetro magneto-inductivo

SMR21XGXFRKG/IUS

Campo de aplicación	
Característica especial	Contactos dorados
Aplicación	Función totalizador; detección de tubería vacía; para aplicaciones industriales
Instalación	Conexión a la tubería mediante adaptador
Fluidos	Fluidos líquidos conductores; agua; fluidos acuosos
Nota sobre los fluidos	conductividad: $\geq 20 \mu\text{S/cm}$ viscosidad: $< 70 \text{ mm}^2/\text{s}$ (40 °C)
Temperatura del fluido [°C]	-10...70
Resistencia a la presión [bar]	16
Resistencia a la presión [Mpa]	1,6
PTMA en aplicaciones según el NRC [bar]	16,5
Datos eléctricos	
Tensión de alimentación [V]	18...32 DC; (según EN 50178 MBTS/MBTP)
Consumo de corriente [mA]	$< 150$
Clase de protección	III
Protección contra inversiones de polaridad	sí
Retardo a la disponibilidad [s]	5
Entradas/salidas	
Número de entradas y salidas	Número de salidas digitales: 2; Número de salidas analógicas: 1
Entradas	
Entradas	reseteo del contador



# SM9000



## Caudalímetro magneto-inductivo

SMR21XGXFRKG/US

Salidas		
Número total de salidas	2	
Señal de salida	señal de conmutación; señal analógica; señal de impulsos; señal de frecuencia; IO-Link; (configurable)	
Alimentación	PNP/NPN	
Número de salidas digitales	2	
Función de salida	normalmente abierto / normalmente cerrado; (parametrizable)	
Caída de tensión máx. de la salida de conmutación DC [V]	2	
Corriente máxima permanente de la salida de conmutación DC [mA]	250; (por cada salida)	
Número de salidas analógicas	1	
Salida analógica de corriente [mA]	4...20; (escalable)	
Carga máx. [Ω]	500	
Salida analógica de tensión [V]	0...10; (escalable)	
Resistencia mín. de carga [Ω]	2000	
Salida de impulsos	Caudalómetro	
Protección contra cortocircuitos	sí	
Tipo de protección contra cortocircuitos	pulsada	
Resistente a sobrecargas	sí	
Frecuencia de la salida [Hz]	0,1...10000	
Rango de configuración / medición		
Rango de medición	5...300 l/min	0,3...18 m³/h
Rango de indicación	-360...360 l/min	-21,6...21,6 m³/h
Resolución	0,5 l/min	0,02 m³/h
Punto de conmutación SP	6,5...300 l/min	0,4...18 m³/h
Punto de desconmutación rP	5...298,5 l/min	0,3...17,9 m³/h
Punto inicial analógico ASP	0...240 l/min	0...14,4 m³/h
Punto final analógico AEP	60...300 l/min	3,6...18 m³/h
Supresión de caudal bajo	< 15 l/min	< 0,9 m³/h

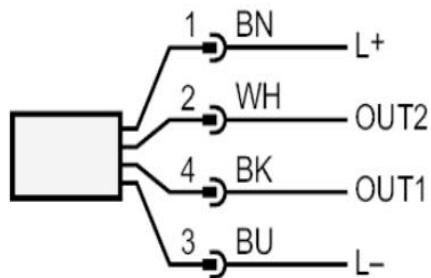
# SM9000

## Caudalímetro magneto-inductivo

SMR21XGXFRKG/US



### Conexión



identificación de colores según DIN EN 60947-5-2

- OUT1:

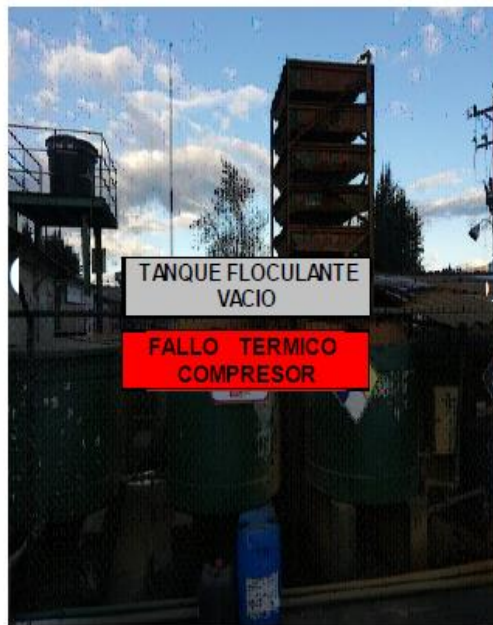
salida de conmutación detección de tubería vacía  
salida de conmutación Supervisión de cantidades de caudal  
Salida de frecuencia Supervisión de cantidades de caudal  
Salida de impulsos contador de cantidades  
salida de señal Contadores con visualizador y con preselección  
IO-Link

OUT2:

salida de conmutación detección de tubería vacía  
salida de conmutación Supervisión de cantidades de caudal  
salida de conmutación Supervisión de temperatura

- ANEXO 9: PANTALLAS HMI

## PANTALLA PRINCIPAL



PANTALLA INICIO  
PROCESO

PANTALLA  
PROCESO  
TRATAMIENTO

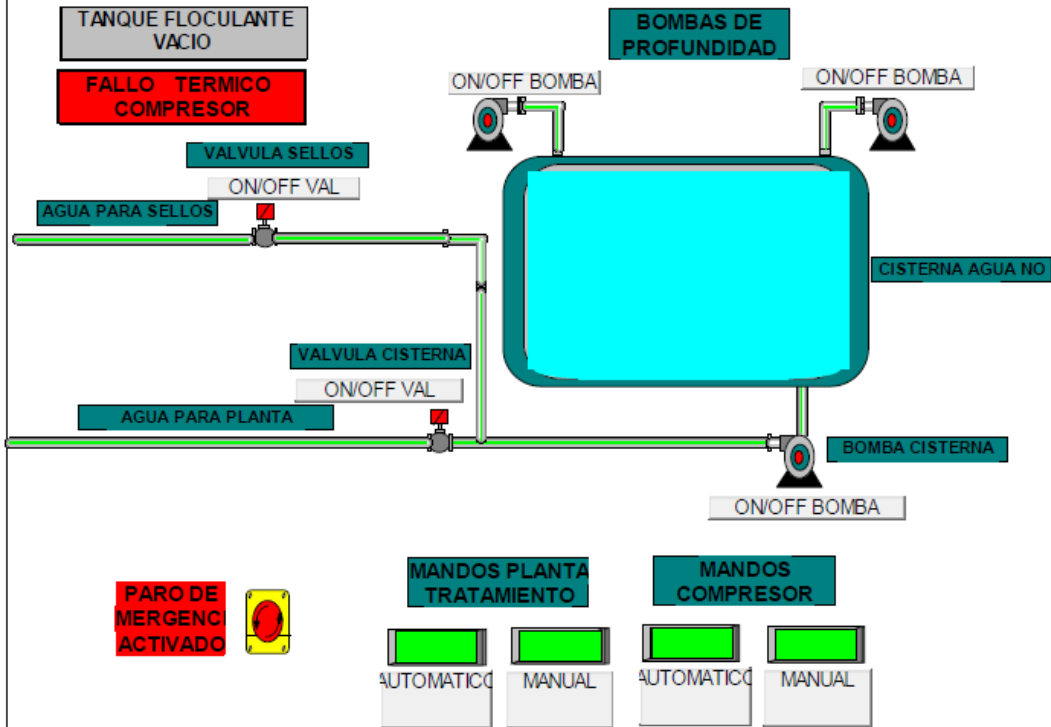


# PANTALLA INICIO PROCESO

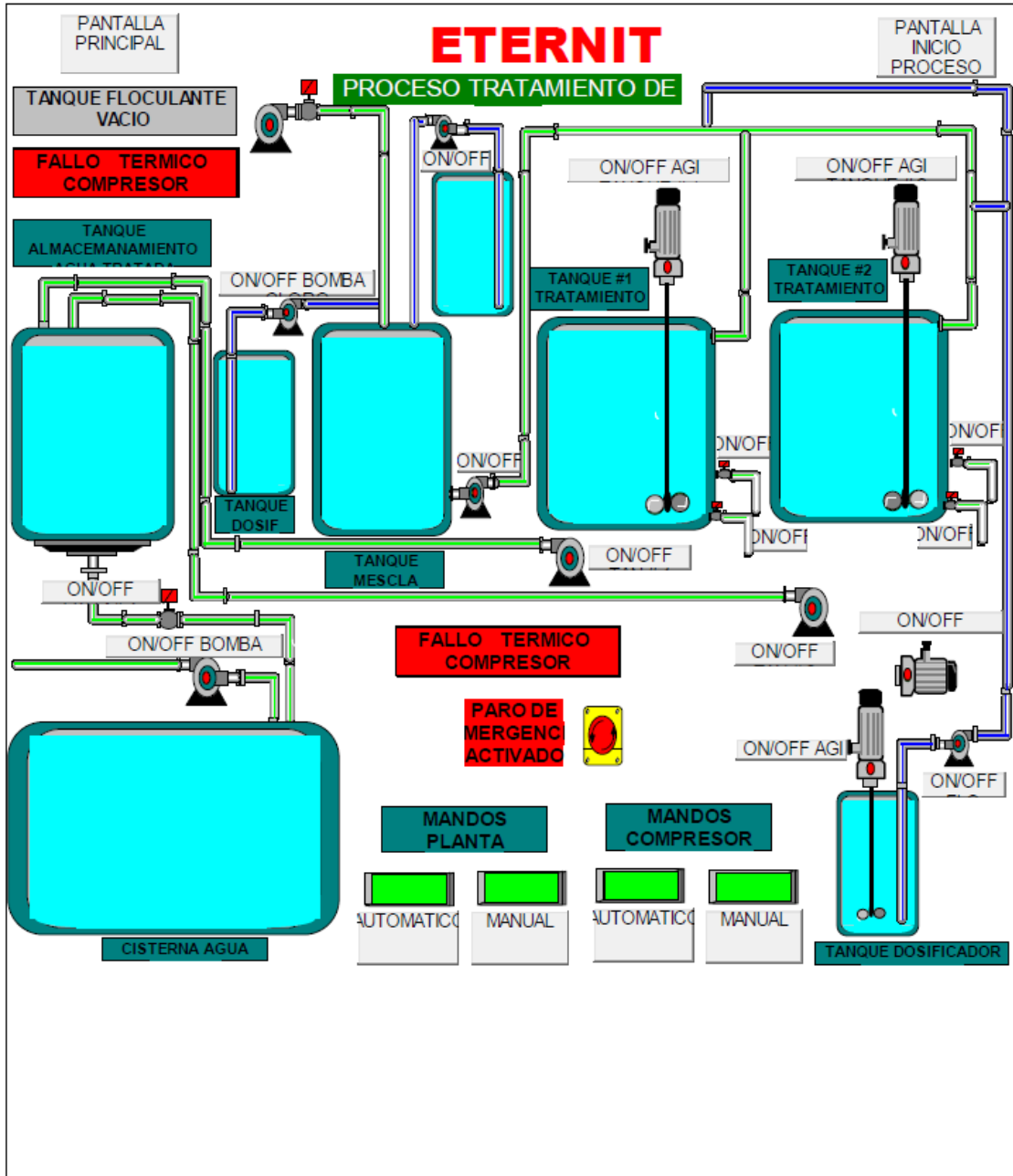
## ETERNIT ECUATORIANA INICIO PROCESO

PANTALLA  
PROCESO  
TRATAMIENTO

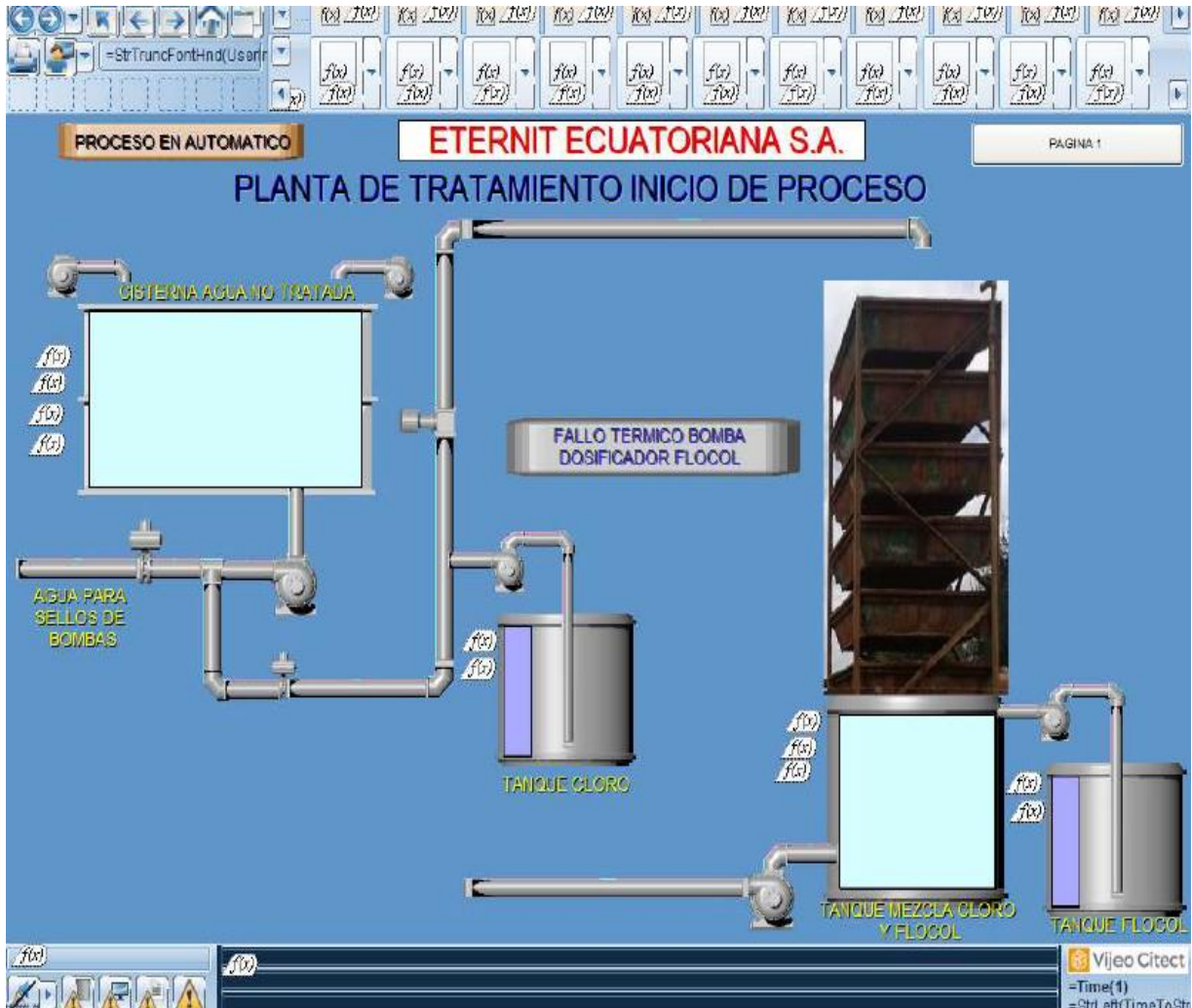
PANTALLA  
PRINCIPAL

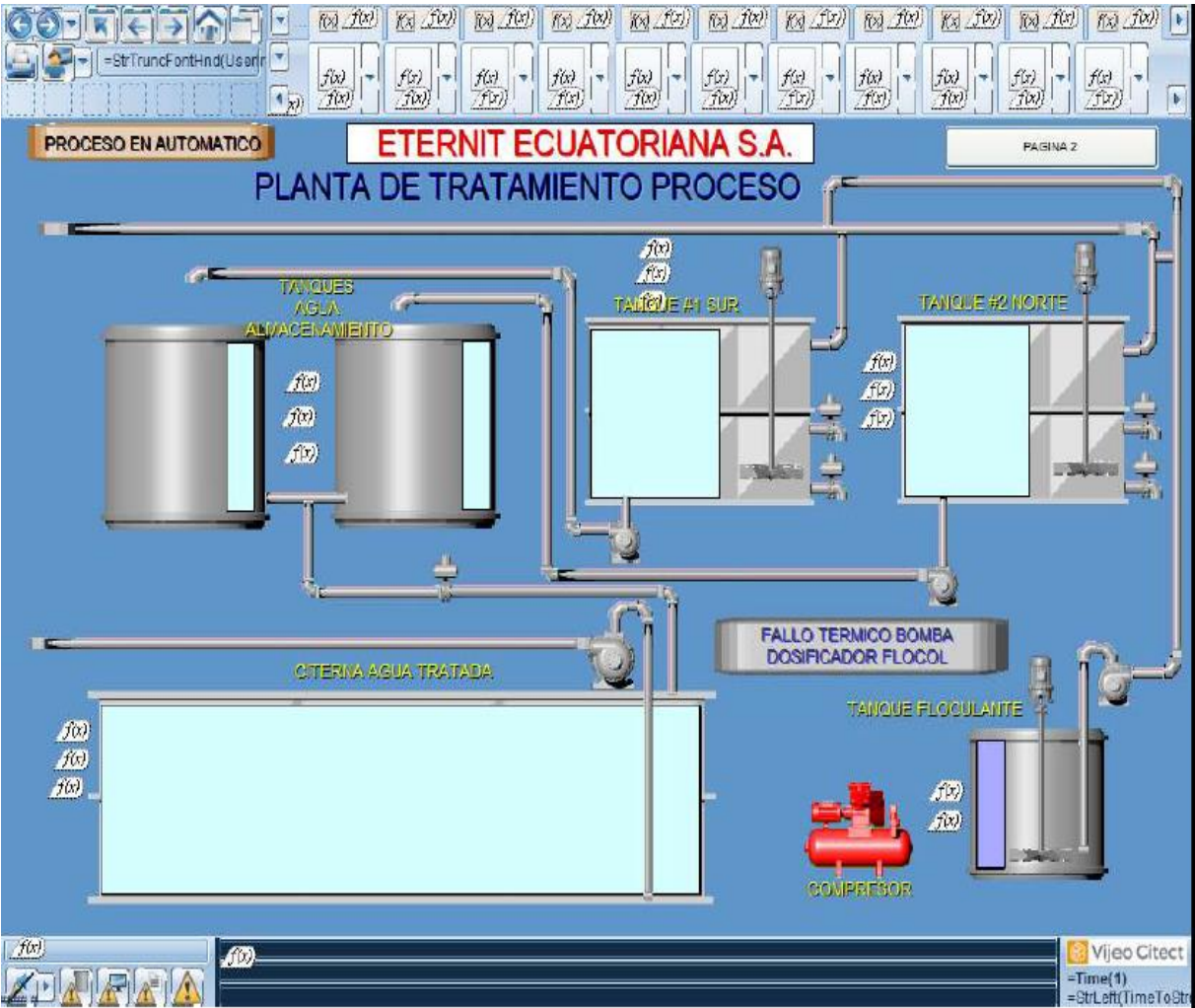


# PANTALLA PROCESO TRATAMIENTO



- ANEXO 10: PANTALLAS SCADA





- ANEXO 11: MANUAL DE USUARIO

## MANUAL DE USUARIO



SISTEMA AUTOMATIZADO CON CONTROL SCADA PARA LA VISUALIZACIÓN  
DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA EN LA PLANTA ETERNIT  
ECUATORIANA S.A.

---



## **CONTENIDO**

- 1. OBJETIVO**
- 2. Funcionalidad**
- 3. Uso de la pantalla HMI**
- 4. Pantalla SCADA**

## 1. OBJETIVO

Capacitar al usuario para el correcto funcionamiento del sistema automático, y como controlar el HMI para que no exista confusiones al momento de operar.

## 2. Funcionalidad

Este sistema ofrece el control automático y manual de la maquinaria mediante un HMI y monitoreo desde el SCADA cuando algún equipo falla en la pantalla del HMI y SCADA en la pantalla va a salir un cuadro de diálogo para que se tomen medidas.

## 3. Uso de las pantalla HMI

### 3.1. Pantalla principal

En la pantalla principal tiene las siguientes opciones:

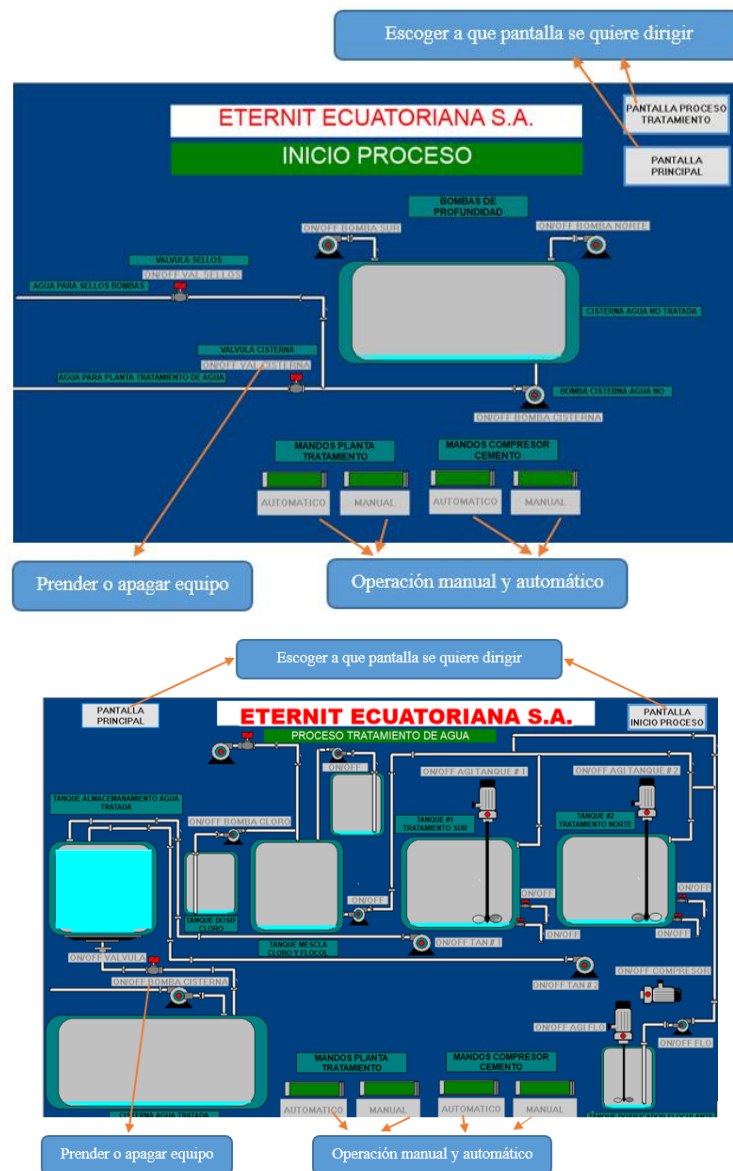
- Pantalla de inicio proceso
- Pantalla proceso tratamiento



### 3.2. Pantallas secundarias

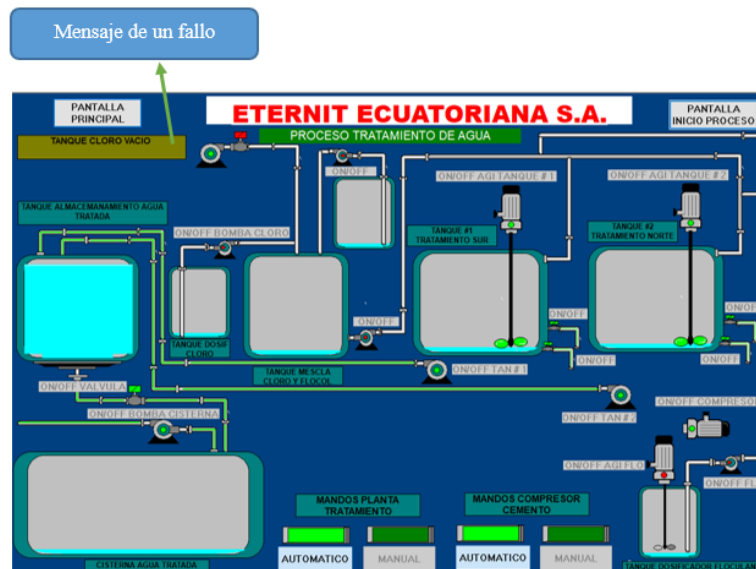
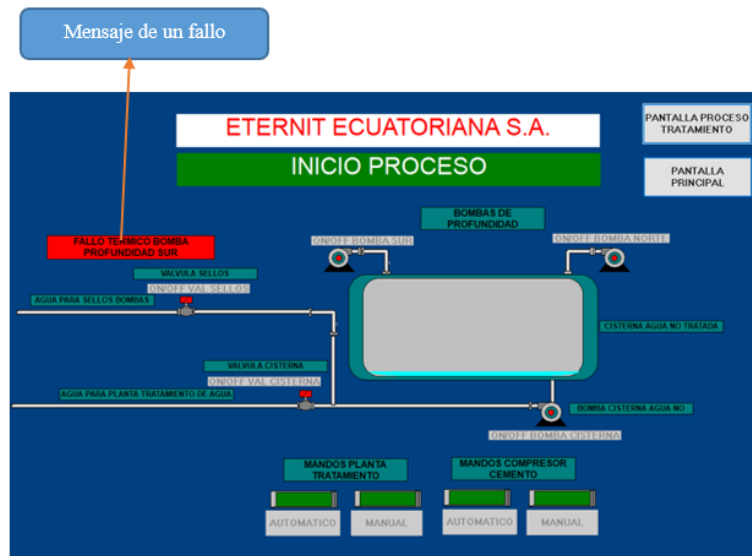
Al escoger la pantalla de inicio proceso se encuentra las siguientes opciones:

- **Automático:** Al momento de seleccionar esta opción el sistema empieza a funcionar sin tener que intervenir.
- **Manual:** Al seleccionar este mando al sistema se tiene que controlar mediante el botón que se encuentra a lado de cada dispositivo para encender y apagar.



### 3.3. Pantalla con alertas

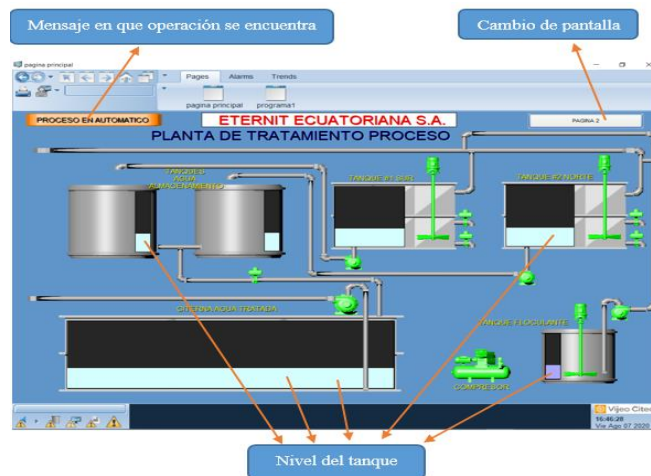
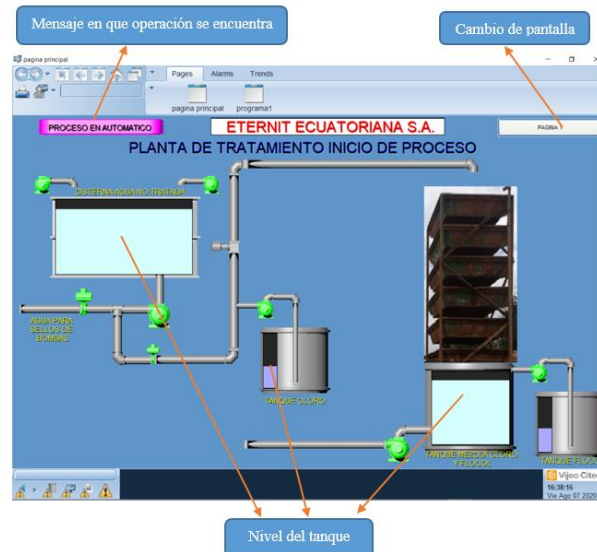
Al tener algún fallo en el sistema va a aparecer un mensaje en todas las pantallas para alertar que algo se encuentra dañado es por eso que se debe llamar al personal calificado para que solucione el daño al momento de arreglar el mensaje automáticamente va a desaparecer.



### 3.4. Pantalla SCADA

Con las instrucciones del HMI el sistema SCADA va a empezar a reflejar lo que ocurre en el proceso de tratamiento de agua a continuación se describe el sistema:

- **Mensaje en que operación se encuentra:** Muestra en que está operación se encuentra el sistema en manual o automático.
- **Cambio de pantalla:** en este botón se puede cambiar de pantalla.
- **Nivel de tanque:** se puede visualizar cuando está vacío o lleno, en el caso de que se encuentre sin nivel la pantalla alerta que el tanque está vacío.



### 3.5 Pantalla con alarma

Al tener algún fallo en el sistema este lanzara un mensaje que parpadea a cada instante en todas las pantallas alertando que algo se encuentra dañado es por eso que se debe

llamar al personal calificado para que solucione el daño al momento de arreglar el mensaje automáticamente va a desaparecer.



- ANEXO 12: MANUAL TÉCNICO

# **MANUAL TECNICO**

SISTEMA AUTOMATIZADO CON CONTROL SCADA PARA LA VISUALIZACIÓN  
DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA EN LA PLANTA ETERNIT  
ECUATORIANA S.A.



## **CONTENIDO**

- 1. INTRODUCCION**
- 2. OBJETIVO**
- 3. CONTENIDO TECNICO**
- 4. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO**



## **1. INTRODUCCION**

El sistema automatizado con control SCADA brinda una ventaja fundamental, ya que no necesita de la operación de una persona, el manual describe el funcionamiento y puesta en marcha del sistema, para que cualquier persona con pocos conocimientos pueda solucionar cualquier problema de la automatización.

## **2. OBJETIVO**

El objetivo principal del manual es ayudar y guiar al técnico a informarse y utilizar, de manera eficiente el uso de la información deseada para poder despejar todas las dudas existentes y para poder comprender de mejor manera los programas planteados y posibles fallas

### **2.1 Dirigido**

El manual está orientado a los técnicos y al personal encargado del departamento de mantenimiento eléctrico. Solamente dichas personas están autorizadas a realizar modificaciones en los tableros de control, programación del PLC, HMI, y SCADA. También a través de este manual el personal podrá estar en la capacidad de supervisar el cumplimiento que permitan el correcto funcionamiento del sistema de automatización.

### **2.2 Conocimientos previos**

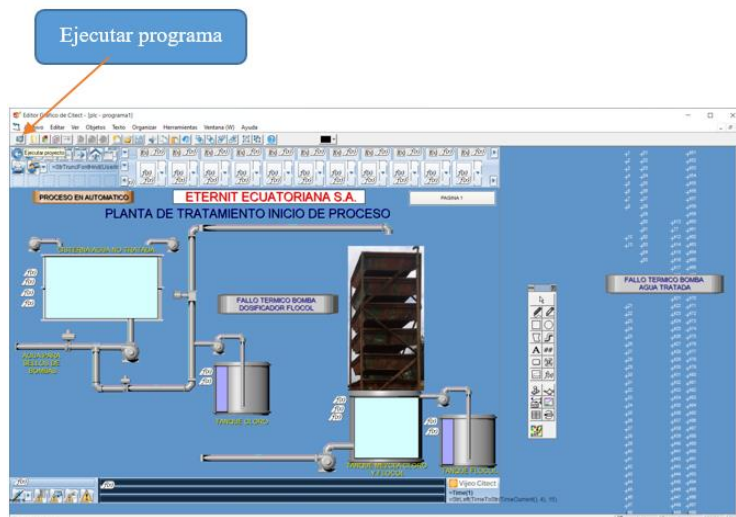
Los conocimientos mínimos que deben tener las personas que operarán los tableros de control deberán utilizar este manual con:

- Conocimientos básicos acerca de control industrial
- Conocimiento en utilizar herramientas básicas ( desarmadores, alicate, cortafrío)
- Conocimiento en la utilización de instrumentos de medición
- Conocimientos básicos en programación de lenguaje ladder
- Conocimientos básicos en diseño de HMI
- Conocimientos básicos en diseño de sistemas SCADA

### 3. Contenido técnico

#### 3.1 Funcionamiento general

Para ejecutar el Software del Scada Primero se tiene que verificar que la simulación del PLC y HMI se encuentren operando, para comprobar el funcionamiento se ejecuta el SCADA, a continuación, se establece la comunicación entre los dos software interactuan entre ellos ya con el programa iniciado solo sirve para que el operador visualice y no pueda manipular la programación.





**Variables**

Nombre	Tipo	Valor	Comentario	Alias	Alias de	Direccion	Variable de	Derechos de
ON OFF BOM EN VIO TAN BOS.CL FL	EBOOL					%M60	0	NO
ON OFF AGLIAN 1	EBOOL					%M61	0	NO
ON OFF BOM EN VIO TAN 1	EBOOL					%M62	0	NO
ON OFF AGLIAS 2	EBOOL					%M63	0	NO
ON OFF BOM EN VIO TAN 2	EBOOL					%M64	0	NO
ON OFF BOM EN VIO CIST ER 2	EBOOL					%M65	0	NO
ON OFF AGL FLO CULANTE	EBOOL					%M66	0	NO
ON OFF COMPRESOR	EBOOL					%M67	0	NO
ON OFF VAL PUR GA 1 2 1 AN 1	EBOOL					%M68	0	NO
ON OFF VAL PUR GA 1 2 1 AN 2	EBOOL					%M69	0	NO
ON OFF VAL PUR GA 1 4 1 AN 1	EBOOL					%M70	0	NO
ON OFF VAL PUR GA 1 4 1 AN 2	EBOOL					%M71	0	NO
ON OFF BOM DO S CLORO	EBOOL					%M72	0	NO
ON OFF BOM DO S FLOCO	EBOOL					%M73	0	NO
ON OFF BOM DO S FLOCC LANTE	EBOOL	MARCAS FBI				%M74	0	NO

**Variables**

Nombre	Tipo	Valor	Comentario	Alias	Alias de	Direccion	Variable de	Derechos de
M CONF SENSOR BOMBAS DOSIE	EBOOL		MARCA PLANT TRATAMEN TO			%M85	0	NO
M TER B OMB A E NVI CIST ERNA 1	EBOOL					%M86	0	NO
M CONF BOMB A ENV CIST ERNA 2	EBOOL					%M87	0	NO
M TER C OMPRES OR	EBOOL					%M88	0	NO
M CONF COMPRESOR	EBOOL					%M89	0	NO
M LLENADO CIST IA N ALMA CE	EBOOL					%M90	0	NO
M TEMP OR_TON 1	EBOOL					%M91	0	NO
M TEMP OR_TON 2	EBOOL					%M92	0	NO
M TEMP OR_TON 3	EBOOL					%M93	0	NO
M TEMP OR_TON 4	EBOOL					%M94	0	NO
ON OFF VAL ALM ACENAMI ENTO	EBOOL					%M95	0	NO
M LENO LES 1 2 LLENOS	EBOOL					%M96	0	NO
M CONF ON VAL MOTOR	EBOOL					%M97	0	NO
M BOMB A PROFUN N SUR	EBOOL		MARCAS SALIDAS COMPRES OR CEMENTO			%M101	0	NO
M BOMB A PROFUN N NORIE	EBOOL					%M102	0	NO

**Variables**

Nombre	Tipo	Valor	Comentario	Alias	Alias de	Direccion	Variable de	Derechos de
M BOMB A CISTER NA AGUA NO TRATA	EBOOL					%M103	0	NO
M VAL V ULA APE R CHER AGUA N TRATA	EBOOL					%M104	0	NO
M VAL V ULA APE R CHER AGUA SE LLOS	EBOOL					%M105	0	NO
M MANU AL BOM BA P SU RE	EBOOL					%M106	0	NO
M MANU AL BOM BA P NO RIE	EBOOL					%M107	0	NO
M MANU AL BOM CISTER	EBOOL		MARCAS SALIDAS COMPRES OR CEMENTO			%M108	0	NO
M BOM EN VIO TAN BOS.CL FL	EBOOL		MARCAS SALIDAS PLANTA TRATAMEN TO			%M109	0	NO
M AGL T AN 1	EBOOL					%M110	0	NO
M BOM EN VIO TAN 1	EBOOL					%M111	0	NO
M AGL T AN 2	EBOOL					%M112	0	NO
M BOM EN VIO TAN 2	EBOOL					%M113	0	NO
M BOM EN VIO CIST ER 2	EBOOL					%M114	0	NO
M AGL T LOCULANTE	EBOOL					%M115	0	NO
M COMP RESOR	EBOOL					%M116	0	NO
M VAL P URG A 1 2 TAN 1	EBOOL					%M117	0	NO

**Variables**

Nombre	Tipo	Valor	Comentario	Alias	Alias de	Direccion	Variable de	Derechos de
M VAL P URG A 1 2 TAN 2	EBOOL					%M118	0	NO
M VAL P URG A 3 4 TAN 1	EBOOL					%M119	0	NO
M VAL P URG A 3 4 TAN 2	EBOOL					%M120	0	NO
M BOM DOS CLO RO	EBOOL					%M121	0	NO
M BOM DOS FLO COL	EBOOL					%M122	0	NO
M BOM DOS FLO CULANTE	EBOOL		MARCAS SALIDAS PLANTA TRATAMEN TO			%M123	0	NO
M VAL A PER CE RRE TAN ALMA	EBOOL					%M124	0	NO
M ON OF F VAL AP ER CL N TRATA	EBOOL					%M125	0	NO
M ON OF F VAL AP ER CL SE LLOS	EBOOL					%M126	0	NO
	EBOOL					%M127	0	NO
	EBOOL					%M128	0	NO
	EBOOL					%M129	0	NO
	EBOOL					%M130	0	NO
M AUTO BOM CLORO	EBOOL					%M131	0	NO
M MANU AL BOM CLO RO	EBOOL					%M132	0	NO
M AUTO BOM FLO COL	EBOOL					%M133	0	NO
M MANU AL BOM FLO COL	EBOOL					%M134	0	NO
M AUTO BOM FLO CULANTE	EBOOL					%M135	0	NO
M MANU AL BOM FLO CULANTE	EBOOL					%M136	0	NO

Variables

Nombre	Tipo	Valor	Comentario	Alias	Alias de	Dirección	Variable de	Derechos de
M_AUTO BOM_AGI FLOCUL ANTE	EBOOL					%M157	0	NO
M_MANU AL_BOM AGI_FLO CCLANTE	EBOOL					%M158	0	NO
M_AUTO BOM_TAN CL_FL	EBOOL					%M159	0	NO
M_MANU AL_BOM TAN_CL FL	EBOOL					%M160	0	NO
M_AUTO BOM_ENVIO TAN_1	EBOOL					%M161	0	NO
M_MANU AL_BOM ENVIO_T AN_1	EBOOL					%M162	0	NO
M_AUTO AGI_TAN 1	EBOOL					%M163	0	NO
M_MANU AL_AGI_T AN_1	EBOOL					%M164	0	NO
M_AUTO BOM_ENVIO TAN_2	EBOOL					%M165	0	NO
M_MANU AL_BOM ENVIO_T AN_2	EBOOL					%M166	0	NO
M_AUTO AGI_TAN 2	EBOOL					%M167	0	NO
M_MANU AL_AGI_T AN_2	EBOOL					%M168	0	NO
M_AUTO VAL_APE R_CIERRE TAN_A LMA	EBOOL					%M169	0	NO
M_MANU AL_VAL AP_CIE_T AN_ALM A	EBOOL					%M170	0	NO

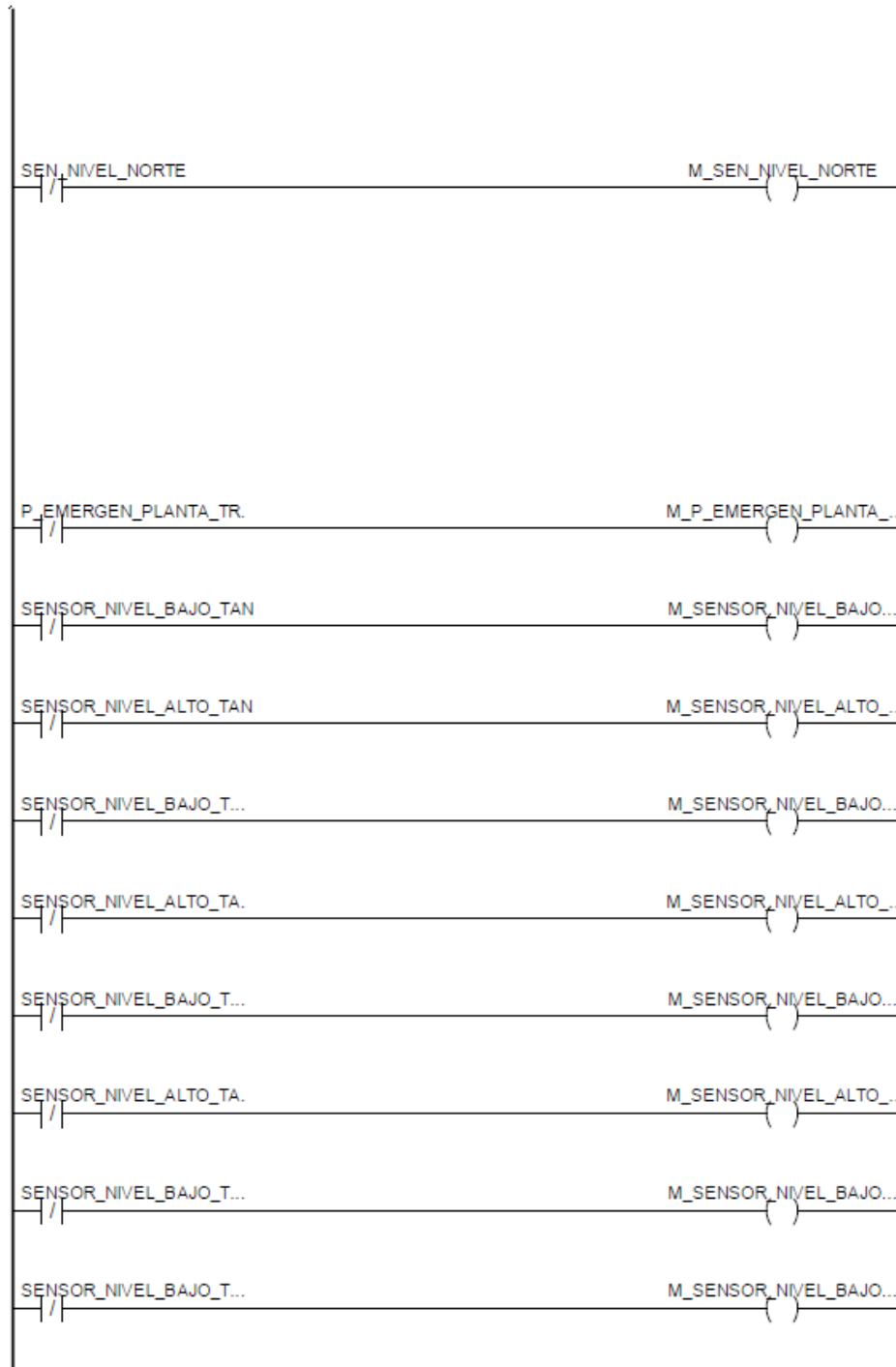
Variables

Nombre	Tipo	Valor	Comentario	Alias	Alias de	Dirección	Variable de	Derechos de
M_AUTO BOM_ENVIO CISTER_2	EBOOL					%M171	0	NO
M_MANU AL_BOM ENVIO_C SISTER_2	EBOOL					%M172	0	NO
M_AUTO COMPRESOR	EBOOL					%M173	0	NO
M_MANU AL_COMP RESOR	EBOOL					%M174	0	NO
M_AUTO M_BOMBA A_PROFUN N_SUR	EBOOL					%M175	0	NO
M_AUTO M_BOMBA A_PROFUN N_NORTE	EBOOL					%M176	0	NO
M_AUTO M_BOMBA A_CIS_NO TRATA	EBOOL					%M177	0	NO
M_AUTO VAL_AP CI_N_TRA TA	EBOOL					%M178	0	NO
M_MANU AL_VAL AP_CI_N TRATA	EBOOL					%M179	0	NO
M_AUTO VAL_AP CI_SELLO S	EBOOL					%M180	0	NO
M_MANU AL_VAL AP_CI_SE LLOS	EBOOL					%M181	0	NO
TRANSMI SOR_CAU DAL	REAL					%MW200	0	NO
BOMBA PROFUN SUR	EBOOL		SALIDAS COMPRES OR CEMENTO			%Q0.3.0	0	NO
BOMBA PROFUN NORTE	EBOOL					%Q0.3.1	0	NO

## MARCAS\_ENTRADAS

P_EMERGENCIA_COMPR...	M_P_EMERGENCIA_COM...
TERMICO_BOMBA_SUR	M_TERMICO_BOMBA_SUR
CONFIRMACION_BOMBA...	M_CONFIRMACION_BOMB...
TERMICO_BOMBA_NORTE	M_TERMICO_BOMBA_NOR.
CONFIRMACION_BOMBA...	M_CONFIRMACION_BOMB...
TERMICO_BOMBA_CISTE...	M_TERMICO_BOMBA_CIS...
CONFIRMACION_BOMBA...	M_CONFIRMACION_BOMB...
SENS_NIVEL_BA_CIST_A...	M_SENS_NIVEL_BA_CIST...
SENS_NIVEL_ALTO_SUR	M_SENS_NIVEL_ALTO_SUR

## MARCAS\_ENTRADAS

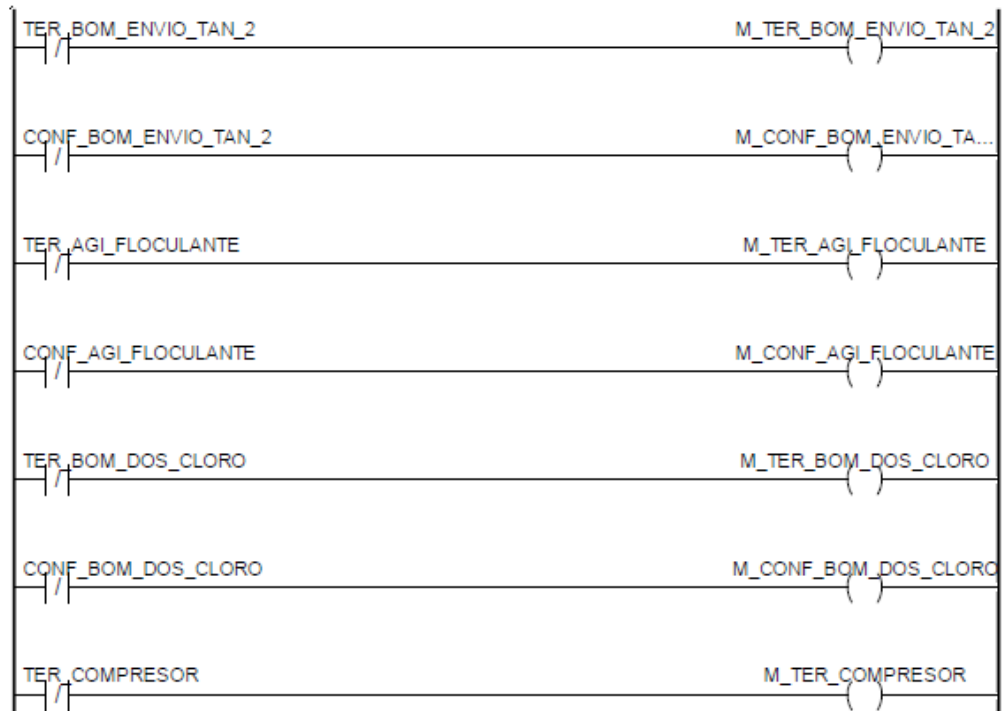


## MARCAS\_ENTRADAS

SENSOR_NIVEL_BAJO_T...	M_SENSOR_NIVEL_BAJO...
SENSOR_BAJO_TAN_AG...	M_SENSOR_BAJO_TAN_A...
SENSOR_ALTO_AGU_TRA.	M_SENSOR_ALTO_AGU_T...
SENSOR_BAJO_CISTER_2	M_SENSOR_BAJO_CISTE...
SENSOR_ALTO_CISTER_2	M_SENSOR_ALTO_CISTER.
PRESOSTATO	M_PRESOSTATO
TER_BOM_ENVIO_TAN_D...	M_TER_BOM_ENVIO_TAN...
CON_BOM_ENVIO_TAN_D..	M_CON_BOM_ENVIO_TAN...
TER_AGL_TAN_1	M_TER_AGL_TAN_1
CONF_AGL_TAN_1	M_CONF_AGL_TAN_1
TER_BOM_ENVIO_TAN_1	M_TER_BOM_ENVIO_TAN_1
CONF_BOM_ENVIO_TAN_1	M_CONF_BOM_ENVIO_TA...
TER_AGL_TAN_2	M_TER_AGL_TAN_2
CONF_AGL_TAN_2	M_CONF_AGL_TAN_2



## MARCAS\_ENTRADAS



#### 4. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO

- Evitar que al tablero le ingrese agua ya que puede causar daños severos a los dispositivos de control.
- No introducir ningún material dentro del tablero para evitar cualquier tipo de daño, ya que puede ocasionar un corto circuito.