



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**PROYECTO TÉCNICO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

TEMA:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
HIDROTÉRMICO PARA MAQGRO CÍA. LTDA.”**

AUTOR:

BALÓN QUINDE ALEX ALFONSO

TUTOR:

Ing. Alvarado Mejía Gino Adrián

Guayaquil, Julio 2018



SALESIANA POLYTECHNIC UNIVERSITY

GUAYAQUIL HEADQUARTERS

ELECTRONIC ENGINEERING CAREERS

**TECHNICAL PROJECT PRIOR TO OBTAINING THE TITLE:
ELECTRONIC ENGINEER**

THEME:

**“DESIGN OF A CONTROL System FOR A HYDROTHERMIC TREATMENT PLANT
FOR MAQGRO CÍA. LTDA. ”**

AUTHOR:

BALÓN QUINDE ALEX ALFONSO

TUTOR:

Ing. Alvarado Mejía Gino Adrián

Guayaquil, July 2018

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Balón Quinde Alex Alfonso** con documento de identidad # 0916794795, concedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del proyecto técnico titulado "DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO HIDROTÉRMICO PARA MAQGRO CÍA. LTDA.", mismo que ha estado desarrollado para obtener el Título de Ingeniero Electrónico, quedando la Universidad autorizada para ejercer completamente los derechos concedidos anteriormente.

Guayaquil, Julio 2018

Balón Quinde Alex Alfonso

C.I. 0916794795

CERTIFICADO DE GESTIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Por medio de la presente, Balón Quinde Alex Alfonso, declaro que el proyecto técnico de titulación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO HIDROTÉRMICO PARA MAQGRO CÍA. LTDA.”**, que se presentó ante el Consejo de la Carrera de Ingeniería Electrónica, es cedido en su totalidad, los derechos de propiedad intelectual que nos corresponden de este proyecto técnico, enunciado forma gratuita a favor de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, Julio 2018

Balón Quinde Alex Alfonso

C.I. 0916794795

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN POR EL TUTOR

En calidad como Tutor del trabajo de titulación del proyecto técnico “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO HIDROTÉRMICO PARA MAQGRO CÍA. LTDA.**”, realizado por el señor Balón Quinde Alex Alfonso, estudiante de la carrera de Ingeniera Electrónica, ha sido concluida y revisada en su totalidad.

(f) Ing. Alvarado Mejía Gino Adrián

DEDICATORIA

A mis hijos.

Porque son mi motivación cada mañana a esforzarme, buscar lo mejor, lo duro que fue sacrificarlos al no estar mucho tiempo con ustedes, la lecciones que aprendo cada día, son el motor de mi superación.

Balón Quinde Alex Alfonso

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por permitirme llegar a finalizar una etapa más de una meta propuesta.

A la Universidad Politécnica Salesiana por permitir capacitarme y educarme en sus instalaciones como profesional, llegando a tener el conocimiento para implementarlo en el ambiente laboral.

Balón Quinde Alex Alfonso.

RESUMEN

La presente tesis “DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO HIDROTÉRMICO PARA MAQGRO CÍA. LTDA.”, se basa en un sistema que ha sido implementado en la Empresa MAQGRO Cía. Ltda., para el Tratamiento Hidrotérmico de frutas tropicales.

El objetivo del presente proyecto de tesis es automatizar un proceso de Tratamiento Hidrotérmico dirigido al tratamiento de una plaga llamada “Moscas de la fruta” (*Anastrepha*) que afecta de gran manera a las frutas tropicales de todo el mundo, ya que los huevos que son colocados al transformarse en larvas se alimentan de la superficie de la fruta haciendo que ésta se descomponga; este sistema automatizado permite realizar el control, monitoreo, visualización y registro de datos de todo el desarrollo de este proceso mediante el software TIA Portal y SCADA System SIMATIC WinCC de Siemens.

Con la implementación de este proyecto se consigue registrar, almacenar e imprimir las temperaturas de operación durante el proceso de Tratamiento Hidrotérmico, mediante un sistema SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos), el cual garantiza que el proceso cumpla con normas técnicas de calidad, seguridad y confiabilidad, permitiendo brindar la información necesaria a las empresas que deseen adquirir la materia prima como jugos y concentrados de frutas tropicales.

La presente tesis “DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO HIDROTÉRMICO PARA MAQGRO CÍA. LTDA.”, se basa en un sistema que ha sido implementado en la Empresa MAQGRO Cía. Ltda., para el Tratamiento Hidrotérmico de frutas tropicales.

Se realiza la interfaz Hombre – Máquina (Human Machine Interface, HMI) entre el sistema SCADA y el PLC para realizar el control efectivo del sistema completo y obtener información de todas las variables necesarias. La conexión de estos dispositivos se realiza por medio de una comunicación Ethernet.

En el presente documento se presentan diferentes capítulos en los cuales se describe a detalle el desarrollo del proyecto y se presentan recomendaciones para futuros proyectos.

Palabras Claves:

Hidrotérmico, SCADA, control en lazo cerrado, HMI, PLC.

ABSTRACT

This thesis "DESIGN OF A CONTROL SYSTEM FOR A PLANT OF HYDROTHERMAL TREATMENT FOR MAQGRO CÍA. LTDA. " Is based on a system that has been implemented in the company MAQGRO Cía. Ltda. For the Hydrothermal Treatment of tropical fruits.

The objective of this thesis project is to automate a hydrothermal treatment process aimed at the treatment of a plague called "Fruit flies" (*Anastrepha*) that greatly affects tropical fruits from around the world, since the eggs that are placed when transformed into larvae they feed on the surface of the fruit causing it to decompose; This automated system allows the control, monitoring, visualization and data registration of all the development of this process through the software TIA Portal and SCADA System SIMATIC WinCC from Siemens.

With the implementation of this project it is possible to register, store and print the operating temperatures during the Hydrothermal Treatment process, through a SCADA system (Supervision, Control and Data Acquisition), which guarantees that the process complies with technical standards of quality, security and reliability, allowing to provide the necessary information to companies that wish to acquire raw materials such as juices and tropical fruit concentrates.

This thesis "DESIGN OF A CONTROL SYSTEM FOR A PLANT OF HYDROTHERMAL TREATMENT FOR MAQGRO CÍA. LTDA. ", Is based on a system that has been implemented in the company MAQGRO Cía. Ltda. For the Hydrothermal Treatment of tropical fruits.

The Human Machine Interface (HMI) is performed between the SCADA system and the PLC to perform effective control of the complete system and obtain information on all the necessary variables. The connection of these devices is made through an Ethernet communication.

In this document, different chapters are presented in which the development of the project is described in detail and recommendations for future projects are presented.

Key words:

Hydrothermal, SCADA, control loops closed.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Introducción	1
PROBLEMA.....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Importancia y alcance	3
1.3 Delimitación.	3
1.3.1 Delimitación temporal.....	3
1.3.2 Delimitación espacial.	3
1.3.3 Delimitación académica.	3
1.4 Explicación del problema.	4
1.5 Justificación del proyecto.....	4
OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo general.....	4
2.2 Objetivos específicos	4
FUNDAMENTACIÓN TEORICA	5
3.1 Tratamiento Hidrotérmico.....	5
3.1.1 Protocolo de Tratamiento Hidrotérmico	5
3.1.1.1 Desventajas del Tratamiento Hidrotérmico.....	6
3.2 Sensor PT 100.....	6
3.2.1 Conexionado - Pt100	7
3.3 PLC S7-1200 CPU 1214 DC/DC/DC.....	9
3.3.1 Capacidad de expansión de la CPU.....	10
3.4 Signal Board	11
3.5 Convertidor de señal análoga - PR 4116.....	12
3.5.1 Aplicación	12
3.5.2 Características técnicas	12
3.6 Fuente de corriente de 2.5 AM. – Siemens	13
3.6.1 Resumen de ventajas	13
3.7 Válvula de ¾ bobina 110 Voltios	13
3.7.1 Datos técnicos	14
3.8 Relé	15
3.8.1 Características de un relé	16
3.8.2 Clasificación de relés en base a los contactos	17
3.8.3 Relé de 5 pines	17
3.9 Cable para señales Belden	18
3.10 Software Tia Portal 13 Profesional	18

3.10.1 Requisitos de Tia portal V13 recomendados de software y hardware	19
3.11 WinCC Advanced.....	19
3.11.1 Software de ingeniería	20
3.11.1.1 Beneficios	20
MARCO METODOLÓGICO	21
4.1 Análisis del proyecto	21
4.1.1 Método analítico.....	22
4.1.2 Beneficiarios	22
4.1.3 Innovación	22
4.1.4 Impacto.....	23
4.1.5 Funcionalidad.....	23
4.2 Diseño del Proyecto.....	24
4.3 Identificación del Sistema	25
4.3.1 Elementos principales	25
4.3.2 Diseño del controlador	26
4.3.3 Dimensionamiento del PLC.....	27
4.3.4 Alimentación eléctrica	27
4.3.5 Arquitectura	28
4.4 Diseño del software	29
4.4.1 Requisitos de Software y Hardware:	29
4.4.2 Configuración de la comunicación PC<- ->PLC	31
4.5 Modulo del PC System.....	36
4.5.1 Variables de PC System en WinCC	37
4.5.2 Configuración panel de operador	37
4.5.2.1 Configuración de imagen de procesos	38
4.5.2.2 Configuración de imágenes del visor de curvas	38
4.5.2.3 Configuración del bloque de mensajes de alarma	39
4.5.2.3.1 Configuraciones de alarmas digitales.....	39
4.5.2.4 Archivo de auditoria	40
4.6 Implementación.....	42
4.6.1 Ensamble del tablero de control	42
4.6.2 Calibración de válvula eléctrica de posicionamiento.....	42
4.6.3 Instalación del sensor Pt100	43
4.6.4 Instalación de válvula eléctrica de posicionamiento	43
4.6.5 Ajuste de calibración de válvula eléctrica de posicionamiento.....	43
4.6.6 Instalación del sensor PT 100 en tina de calentamiento.....	44
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	45

5.1 Análisis del Proyecto.....	45
5.2 Resultados.....	45
5.3 Diseño e implementación.....	46
5.3.1 Planos eléctricos de fuerza y control del proceso.....	46
5.3.2 Conexión de dispositivos PLC, sensores, actuadores y elementos del proceso. .	46
5.3.3 Programación para la automatización del proceso mediante Tia Portal	47
5.3.4 Control PID de temperatura.	48
5.3.5 Aplicación amigable y de fácil manejo en WinCC Advanced en la cual se pueda visualizar y controlar el proceso.....	48
5.4 Elaboración del manual de usuario para el operador	48
5.5 Pruebas realizadas	49
CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES.....	52
Bibliografía.....	53
ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Geográfica del proyecto	3
Figura 2. Dispositivo Termo	6
Figura 3. Sensor RTD Pt100.....	7
Figura 4. Pt100 2 hilos.....	7
Figura 5. Pt100 3 hilos.....	8
Figura 6. Pt100 4 hilos.....	8
Figura 7. PLC S7-1200	9
Figura 8. Capacidad de expansión de la CPU	11
Figura 9. Signal Boards	11
Figura 10. Convertidor de Señal Análoga - PR 4116	12
Figura 11. Fuente de Corriente de 2.5 AM. - Siemens	13
Figura 12. Válvula de ¾ bobina 110 Voltios.....	14
Figura 13. Diseño de un relé.....	15
Figura 14. Tipos de relé.....	16
Figura 15. Clasificación de relés en base al tipo de contactos	17
Figura 16. Relé de 5 pines.....	17
Figura 17. Diagrama del Relé de 5 pines.....	17
Figura 18. WINCC – Interface.....	20
Figura 19. Funcionamiento WinCC RT	21
Figura 20. Tia Portal – WinCC Advanced	23
Figura 21. Arquitectura del proyecto	28
Figura 22. Elementos para programa.....	30
Figura 23. Creación del proyecto	30
Figura 24. Configuración de la comunicación PC – PLC.....	31
Figura 25. Insertar tarjeta de salida analógica Signal Board	31
Figura 26. Árbol del Proyecto.....	32
Figura 27. Declaración de variables del PLC	33
Figura 28. Definición de Entrada y salidas – PL.....	34
Figura 29. Normalización y escalamiento de señales análogas	34
Figura 30. Normalización y escalamiento de salida análogas	35
Figura 31. Lazo de control PID para temperatura en tanque pulmón	35

Figura 32. Lazo de control PID para temperatura en cisterna	36
Figura 33. Configuración del RUNTIME WINCC	36
Figura 34. Variables del PC System	37
Figura 35. Pantalla inicio.....	37
Figura 36. Inserción de objetos en la Imagen	38
Figura 37. Configuración de imágenes del visor de curvas	38
Figura 38. Imagen de los mensajes de alarma	39
Figura 39. Avisos de bit - Digital	39
Figura 40. Avisos analógicos	39
Figura 41. Imagen del registro Informe	40
Figura 42. Variables para archivo de auditoria.....	40
Figura 43. Ubicación de Auditoria	41
Figura 44. Formato de Auditoria - Informe de proceso.....	41
Figura 45. Ensamblaje de elementos en tablero de control.....	42
Figura 46. Calibración de válvula eléctrica de posicionamiento	42
Figura 47. Instalación del Sensor Pt100	43
Figura 48. Instalación de válvula eléctrica de posicionamiento	44
Figura 49. Instalar sensor PT 100 en tina de calentamiento	44
Figura 50. Instalación tablero de control en campo.....	45
Figura 51. Conexión los equipos del tablero de control.....	46
Figura 52. Programación de la lógica en el PLC 1	47
Figura 53. Programación de la lógica en el PLC 2	47
Figura 54. Aplicación amigable y de fácil manejo en WinCC Advanced.....	48
Figura 55. Muestra de curva de temperatura 1	49
Figura 56. Muestra de curva de temperatura 2	50
Figura 57. Presentación de planos - AutoCAD.....	57
Figura 58. Sumario de Planos - AutoCAD.....	58
Figura 59. Descripción para lectura de planos - AutoCAD	59
Figura 60. Transformar de una red trifásica a un sistema monofásico para realizar conexiones con equipos de 110/220v.....	60
Figura 61. Encendido de bombas y agitador.....	61
Figura 62. Convertidor de AC/DC 110VAC a 24VDC que va a un grupo de borneras de distribución	62

Figura 63. Plano físico del PLC Siemens S7-1200 1214C DC/DC/DC con módulos para SENSORES RTD Pt100	63
Figura 64. Grupos de entradas digitales del PLC.....	64
Figura 65. Grupos de entradas digitales del PLC de reserva	65
Figura 66. Accionamientos de actuadores por medio de salidas digitales del PLC	66
Figura 67. Entradas Analógicas	67
Figura 68. Conexión de los sensores RTD Pt100	68
Figura 69. Conexión y apertura de válvula motorizada por medio de señal analógica .	69
Figura 70. Accionamientos de actuadores por medios de relés de contactos	70
Figura 71. Icono para ejecutar el programa	71
Figura 72. Imagen de cuando el programa se ha ejecutado	71
Figura 73. Botones para activación de visualización de proceso	71
Figura 74. Botón para salir del programa.....	72
Figura 75. Imagen de operación del proceso.....	72
Figura 76. Botones de Marcha y Paro del proceso	73
Figura 77. Indicadores luminosos	73
Figura 78. Imagen de indicadores de temperatura.....	74
Figura 79. Botones para ejecutar registros e impresiones	75
Figura 80. Imagen de visualización de curvas de temperatura.....	75
Figura 81. Botones para observar las curvas del proceso.....	76
Figura 82. Imagen donde se muestran las alarmas	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tiempo de proceso según calibre de fruta	5
Tabla 2. Comparación de los modelos de CPU	10
Tabla 3. Datos Técnicos	15
Tabla 4. Hardware/software - Requisitos	19
Tabla 5. Elementos principales del proyecto.....	26
Tabla 6. Diseño del controlador - Entradas	26
Tabla 7. Diseño del controlador - Entradas Análogas	26
Tabla 8. Diseño del controlador - Salidas	27
Tabla 9. Diseño del controlador - Salidas Análogas.....	27
Tabla 10. Dimensionamiento del PLC.....	27
Tabla 11. Cronograma del Proyecto de Tesis	55
Tabla 12. Presupuesto General del Proyecto.....	58

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Cronograma de duración del proyecto	55
Anexo 2: Presupuesto general del proyecto.....	56
Anexo 3. Planos.....	57
Anexo 4. Manual.....	71

Introducción

Las frutas tropicales son muy apreciadas y consumidas alrededor del mundo, por lo cual al ser comercializadas desde diferentes continentes, éstas deben cumplir medidas de salubridad y calidad exigentes.

Uno de los procesos que deben atravesar las frutas tropicales para que cumplan normas de calidad y sanidad es el control fitosanitario para eliminar la “Mosca de la Fruta”, ya que es una de las plagas más dañinas del mundo; para ello se realiza un Tratamiento Hidrotérmico el cual se ejecuta durante un periodo de tiempo determinado según el protocolo del país importador, peso, tamaño y tipo de la fruta tropical.

La temperatura a la cual se someten las frutas tiene que ser revisada y asentada, de forma que se verifiquen los patrones de certificación exigidos dentro del proceso por cada país importador de la fruta.

El presente proyecto realizó un estudio en la Empresa MAQGRO Cía. Ltda., la cual no cuenta con un software que registre, archive e imprima las temperaturas propias del proceso, por lo cual necesita implementar un sistema que admita monitorear y controlar el proceso.

Una de las razones por las cuales la empresa no cuenta con este sistema es por el elevado costo de la licencia del software SCADA y por lo tanto sus procesos no han sido optimizados; existe ausencia de registros históricos que permitan examinar la calidad de la fruta tropical en función de los procedimientos realizados y de la calidad de la fruta tropical que llega a los clientes.

En la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, se tomó en cuenta las materias como Automatismo, Redes Industriales, Sensores y Transductores, para realizar el presente proyecto.

En la materia Automatismo, se adquirieron los conocimientos para poder trabajar en el Software Tia Portal, el cual nos permite realizar funciones lógicas para automatizar un proceso.

En la materia Redes Industriales se da a conocer el uso y aplicación del sistema SCADA, el cual permite controlar, visualizar y monitorear el proceso.

En la materia Sensores y Transductores se adquieren conocimiento en la aplicación de elementos idóneos para el proceso automatizado.

Este proceso industrial, implementado en la Empresa MAQGRO Cía. Ltda., permitirá controlar la calidad para la elaboración de jugos y concentrados de frutas tropicales.

El proyecto tiene como elemento principal el sistema SCADA, por lo cual se utiliza la plataforma Tia Portal WinCC Advanced, que permite controlar y adquirir datos del proceso.

El objetivo general de este proyecto es diseñar un sistema SCADA para controlar la Planta de Tratamiento Hidrotérmico de la empresa MAQGRO Cía. Ltda., de tal manera que se permita la visualización, control, monitoreo y registro de las variables durante el desarrollo de todo el proceso.

PROBLEMA

1.1 Antecedentes

La Empresa MAQGRO Cía. Ltda., fue creada y fundada por el Ing. Jens Marzahn B. quién a lo largo de su vida, ha desarrollado con gran esfuerzo, dedicación y tesón el Centro Técnico Quevedo, el cual lleva actualmente 35 años al servicio del sector maicero y en forma independiente al diseño, construcción y comercialización de maquinarias Industriales y Agrícolas.

Es especializada por construir equipos de calidad con tecnología de punta, eficiencia y durabilidad encaminada a la excelencia en diseño de equipos para la agricultura.

La unidad administrativa de MAQGRO Cía. Ltda., se encuentra localizada en el Km 1.5 Vía Buena Fe Calle Principal, Quevedo, Los Ríos.

Mediante un análisis de campo y la experiencia del sector agrícola se verificó que la exportación de las frutas tropicales a nivel nacional e internacional es amenazada por una plaga llamada “Moscas de la fruta” (*Anastrepha*), que introduce sus huevos debajo de la piel de las frutas tropicales y cuando se convierten en larvas, éstas se alimentan de la superficie del fruto produciendo una descomposición del mismo.

Esta plaga puede ocasionar una variación entre 10% y 50% de la producción lo cual representa grandes pérdidas para el exportador.

Este proyecto se enfoca en implementar un sistema de Tratamiento Hidrotérmico, el cual tiene la capacidad adecuada para el calentamiento del agua y control termostático de manera que la misma opere de forma automática, se pueda mantener o superar la temperatura requerida durante el tiempo establecido para el producto.

Además, el sistema cuenta con el registro de la temperatura del agua, al comienzo y finalización de cada tratamiento, elementos de seguridad y alarmas para controlar el funcionamiento automatizado de la planta.

1.2 Importancia y alcance

La importancia y alcance del desarrollo del presente proyecto es el diseño e implementación de un sistema SCADA bajo la plataforma Tia Portal WinCC Advanced, que mediante una aplicación amigable y de fácil manejo, se pueda visualizar y controlar el proceso.

La propuesta del proyecto motiva a su implementación ya que su necesidad es real y el Tratamiento Hidrotérmico para las frutas tropicales es requerido.

Además se observa que este proyecto resulta importante para el autor ya que tienen la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos en la Universidad, utilizando estas herramientas y aplicándolas en el sistema de Tratamiento Hidrotérmico.

1.3 Delimitación.

1.3.1 Delimitación temporal.

La planificación correspondiente al diseño, desarrollo e implementación del proyecto, está delimitada entre el periodo lectivo 2017-2018.

1.3.2 Delimitación espacial.

El proyecto se lo aplicó en la empresa MAQGRO Cía. Ltda., la cual se encuentra localizada en el Km 1 1/2 Vía Buena Fe Calle Principal, Quevedo, Los Ríos

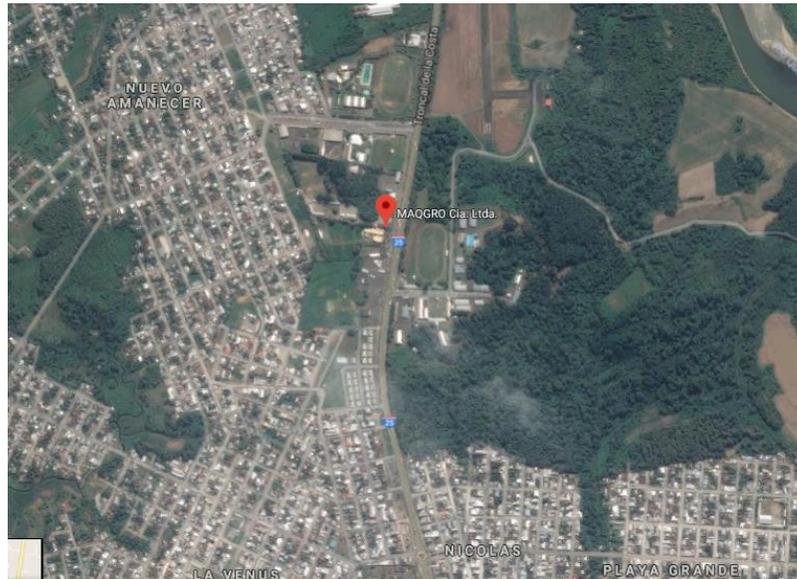


Figura 1. Ubicación Geográfica del proyecto
(<https://www.google.com.ec/maps>, 2015)

1.3.3 Delimitación académica.

El proyecto de titulación planteado cumple con lo determinado por la Universidad Politécnica Salesiana utilizando los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos durante el proceso de enseñanza de la carrera de Ingeniería Electrónica y complementándose con el desarrollo de aspectos investigativos y normas, necesarias para la culminación del proyecto.

1.4 Explicación del problema.

¿Qué aspectos están influyendo para que la empresa MAQGRO Cía. Ltda., no cuente con un sistema de control para una planta de Tratamiento Hidrotérmico?

1.5 Justificación del proyecto

Aplicando los conocimientos obtenidos en la Carrera de Ingeniería Electrónica se desea disminuir o evitar pérdidas al momento de la exportación de las frutas tropicales, las cuales son amenazadas por la plaga llamada “moscas de la fruta”.

OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema SCADA para la planta de Tratamiento Hidrotérmico de la Empresa MAQGRO Cía. Ltda., que permita la visualización, control, monitoreo y registro del proceso utilizando la plataforma Tia Portal y Simatic WinCC Advanced de Siemens.

2.2 Objetivos específicos

- Levantar información y diseñar planos eléctricos de fuerza y control del proceso.
- Conectar los equipos PLC, sensores, actuadores y elementos del proceso.
- Desarrollar una programación para la automatización del proceso en Tia Portal en la cual cumpla con las necesidades.
- Aplicar un control PID para garantizar una temperatura estable durante el proceso.

- Desarrollar una aplicación amigable y de fácil manejo en WinCC Advanced en la cual se pueda visualizar y controlar el proceso.
- Elaborar un manual de usuario digital e impreso para el operador.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 Tratamiento Hidrotérmico

El Tratamiento Hidrotérmico consiste en sumergir la fruta en agua caliente, a una temperatura constante y por un tiempo determinado para eliminar una plaga que afecta a las frutas tropicales.

Este procedimiento se lleva a cabo en industrias de diferentes países como EUA, Chile, Nueva Zelanda y China, los cuales son grandes importadores y exportadores de diferentes tipos de frutas.

El Tratamiento Hidrotérmico es usado para algunas frutas que tienen la plaga llamada “moscas de la fruta”. También se da el uso de este tratamiento en plantas de vivero.

3.1.1 Protocolo de Tratamiento Hidrotérmico

El protocolo para el Tratamiento Hidrotérmico se basa en algunas normas de calidad para una buena exportación de la fruta tropical.

Se detalla a continuación los principales protocolo:

1.- Las frutas deben estar seleccionadas por el tipo y peso de la misma.

Forma de la fruta	Peso (gramos)	Tiempo de inmersión (minutos)
Variedades aplanadas y alargadas: Ataulfo, Carrot, Frances, Irwin y Manila.	Hasta 375	65
	375 a 570	75
Variedades redondeadas: Kent, Keit, Hayden y Tommy Atkins.	Hasta 425	75
	425 a 650	90

Tabla 1. Tiempo de proceso según calibre de fruta
(Saavedra, 2016)

2.- El tiempo de Tratamiento Hidrotérmico, se realiza en función del peso de la fruta tropical, por ejemplo para pesos menores a 425 g el tiempo es de 75 minutos y para pesos en el rango 425 a 650 g, es de 90 minutos.

3. La temperatura mínima de la fruta para el inicio del tratamiento es de 21,1 °C (70°F).
4. Se comienza con introducir la fruta a un fondo de 10 cm o más bajas durante todo el tratamiento.
5. Mientras el agua debe estar a 46.1 °C (115°F) durante todo el tratamiento.
6. Cuando este sumergida la fruta con su tiempo estimado, será monitoreada bajo el lapso de 5 minutos, para ver si está funcionando correctamente, es muy importante que todo el proceso alcance 115.0 °F (46.1 °C). Si el proceso no cumple con lo estipulado se debe repetir.

3.1.1.1 Desventajas del Tratamiento Hidrotérmico

Una de las desventajas más notable en el Tratamiento Hidrotérmico es que éste acelera la maduración de la fruta tropical.

3.2 Sensor PT 100

El sensor PT100 es un sensor de temperatura, aquel realiza mediciones con mayor precisión comparado con otros sensores.

Se puede indicar que este sensor también se lo utiliza para leer temperatura.

La resistencia de este sensor no es lineal pero si es creciente, esto va dependiendo de un alambre de platino, con la tabla que se muestra a continuación se puede notar la temperatura dependiendo de la resistencia (que tiene 100 Ohm a 0°C).

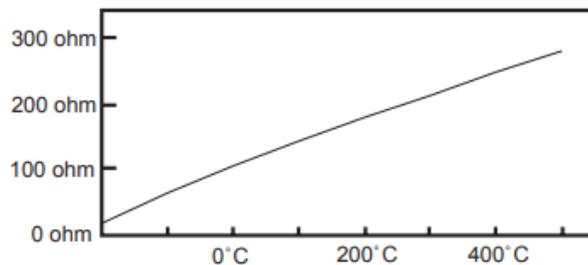


Figura 2. Dispositivo Termo
(Arian - Control & Instrumentación, 2011)

El alambre de platino, actúa como un elemento sensible, mientras que al final funciona como un terminal eléctrico.

Estos sensores se encuentran en distintos rangos de funcionalidad, como pueden medir hasta un 850° C, esto va dependiendo de los materiales usados.

Unas de las ventajas es que es muy eficaz al momento de entregar precisas cifras.

Los que son de buena calidad, están fabricados con alambre de platino; mientras existen sensores más económicos pero no son precisos al momento de leer la temperatura. Se debe tomar en cuenta que estos sensores tienen que estar en algún lugar que no esté con movimientos continuos, porque es probable que se fracture.



1PT100G RTD Elements

Figura 3. Sensor RTD Pt100
(Omega Engineering, 2003)

3.2.1 Conexión - Pt100

Existen 3 formas de conectar el sensor de temperatura Pt100, los cuales se detallan a continuación:

- **Conexión con 2 hilos**

Este modelo es el menos recomendado pero el más sencillo a utilizar, ya que cuenta con solo dos cables.



Figura 4. Pt100 2 hilos
(Arian - Control & Instrumentación, 2011)

Como se indica en la Figura 4, las resistencias de los cables R_{c1} y R_{c2} que unen la Pt100 al instrumento se suman generando un error inevitable. El lector medirá el total $R(t)+R_{c1}+R_{c2}$ en vez de $R(t)$. Lo único que se puede hacer es utilizar cable lo más grueso posible para reducir la resistencia de R_{c1} y R_{c2} y así reducir el error en la lectura. (BRIONES HOLGUÍN & TRIVIÑO SOLÍS, 2015)

- **Conexión con 3 hilos**

Este modelo es el más utilizado en el sector industrial, ya que soluciona un margen de error propio de los cables.

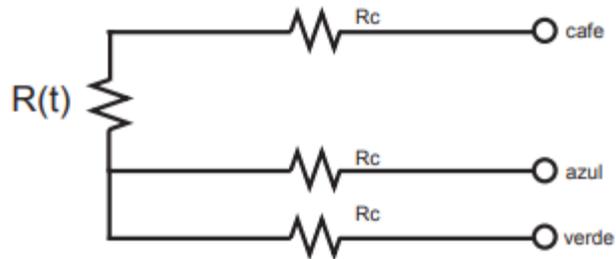


Figura 5. Pt100 3 hilos
(Arian - Control & Instrumentación, 2011)

Para este modelo, es muy importante que tenga la misma resistencia eléctrica los tres cables.

- **Conexión con 4 hilos**

Con este modelo, compuesto por 4 cables y por diferentes resistencias, se consigue más precisión en la lectura, sólo se necesita una herramienta lector y su costo es más elevado.

Este tipo de sensores con 4 hilos, es muy utilizado en laboratorios.

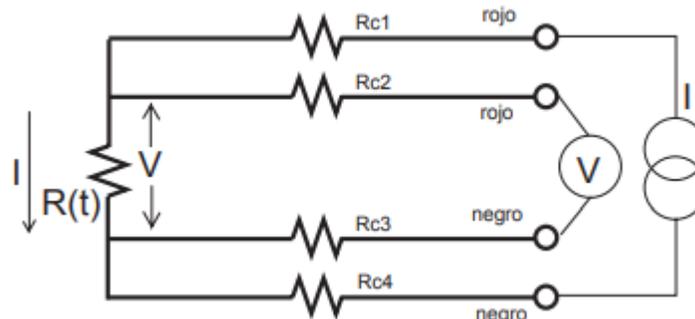


Figura 6. Pt100 4 hilos
(Arian - Control & Instrumentación, 2011)

Como se indica en la Figura 6, a través los cables 1 y 4 se hace circular una corriente I conocida a través de $R(t)$ provocando una diferencia de potencial V en los extremos de $R(t)$. Los cables 2 y 4 están conectados a la entrada de un voltímetro de alta impedancia, luego por estos cables no circula corriente y por lo tanto la caída de potencial en los cables $Rc2$ y $Rc3$ será cero ($dV=Ic \cdot Rc=0 \cdot Rc=0$) y el voltímetro medirá exactamente el voltaje V en los extremos del elemento $R(t)$. Finalmente el instrumento obtiene $R(t)$ al dividir V medido entre la corriente I conocida. (BRIONES HOLGUÍN & TRIVIÑO SOLÍS, 2015)

3.3 PLC S7-1200 CPU 1214 DC/DC/DC

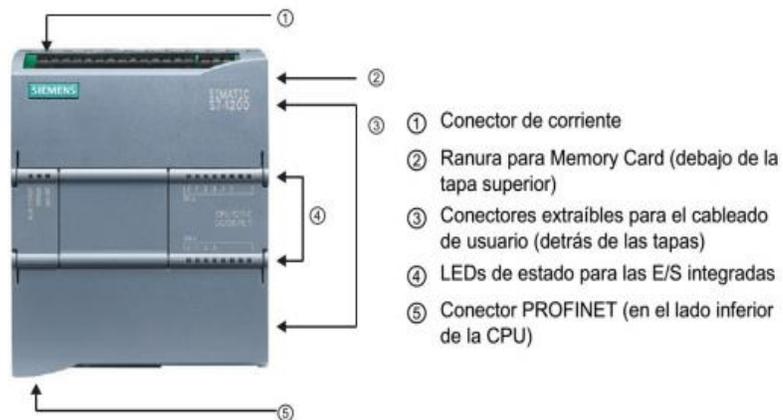


Figura 7. PLC S7-1200
(DANIELA, 2013)

Este controlador se lo utiliza en tareas de automatización más complejas, brindan una alta precisión.

Este equipo tiene una configuración flexible y un diseño compacto, el cual es muy sencillo implementarlo en diferentes aplicaciones.

El PLC S7-1200, combina varios elementos como: Microprocesador, fuente de alimentación integrada, carcasa compacta, entradas y salidas.

Tiene un diseño escalable y flexible, para que pueda adaptarse a sus requerimientos de aplicación.

Algunas de las características es que tiene Reloj en tiempo real y calendario integrado, también tiene bloques de terminales desmontables y mantenimientos sencillos.

Los módulos de señales se pueden ampliar al número de Entradas y salidas del controlador para poder adaptarse.

Este elemento tiene algunas de las características principales como una alta capacidad de procesamiento, interfaz Ethernet, entradas analógicas entre otras.

Función		CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
Dimensiones físicas (mm)		90 x 100 x 75	90 x 100 x 75	110 x 100 x 75
Memoria de usuario	Trabajo	25 KB	25 KB	50 KB
	Carga	1 MB	1 MB	2 MB
	Remanente	2 KB	2 KB	2 KB
E/S integradas locales	Digital	6 entradas/4 salidas	8 entradas/6 salidas	14 entradas/10 salidas
	Analógico	2 entradas	2 entradas	2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	Entradas (I)	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes
	Salidas (Q)	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes
Área de marcas (M)		4096 bytes	4096 bytes	8192 bytes
Ampliación con módulo de señales (SM)		Ninguna	2	8
Signal Board (SB) o placa de comunicación (CB)		1	1	1
Módulo de comunicación (CM) (ampliación en el lado izquierdo)		3	3	3
Contadores rápidos	Total	3	4	6
	Fase simple	3 a 100 kHz	3 a 100 kHz 1 a 30 kHz	3 a 100 kHz 3 a 30 kHz
	Fase en cuadratura	3 a 80 kHz	3 a 80 kHz 1 a 20 kHz	3 a 80 kHz 3 a 20 kHz
	Generadores de impulsos ¹	2	2	2
Memory Card		SIMATIC Memory Card (opcional)		
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real		Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40 °C		

Tabla 2. Comparación de los modelos de CPU
(Siemens, 2011)

3.3.1 Capacidad de expansión de la CPU

S7-1200 ofrece módulos y placas de conexión para la expansión de la CPU, en la cual se puede realizar una configuración para la adaptarse a los requisitos de la aplicación.

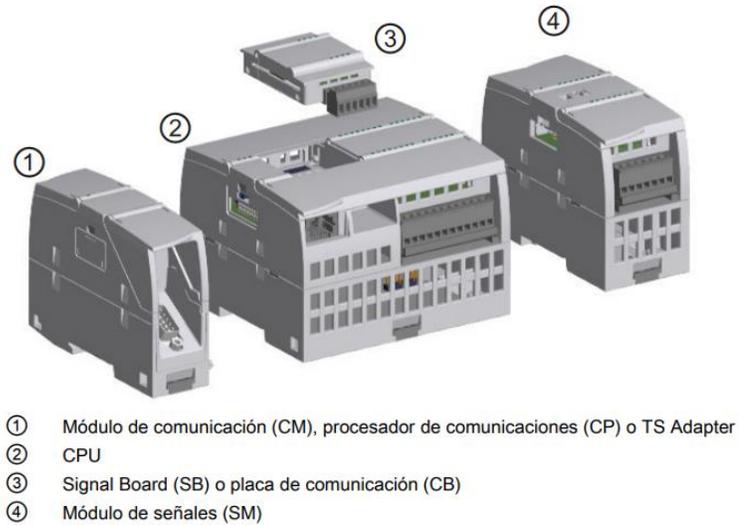


Figura 8. Capacidad de expansión de la CPU
 (DANIELA, 2013)

3.4 Signal Board

La Signal Board se añade en la parte frontal de cualquier CPU, en la cual se logra expandir las distintas señales analógicas y digitales, con esto no afecta al tamaño del controlador. El cual proporciona canales digitales y analógicos.

Las Signal Board tiene:

- 4 Entradas y salidas digitales (2 entradas DC y 2 salidas DC)
- 1 entrada analógica.

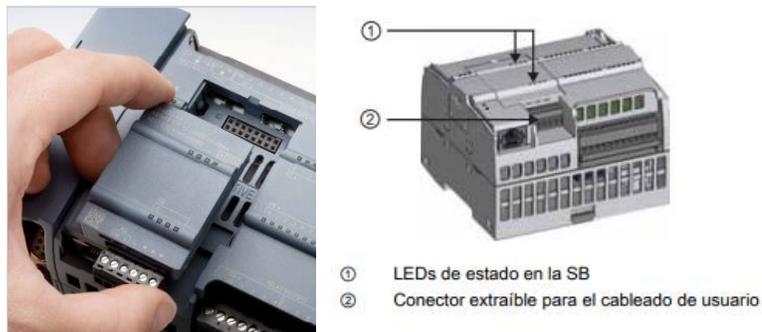


Figura 9. Signal Boards
 (Siemens, s.f.)

Este elemento personaliza de manera rentable el CPU con funciones adicionales sin tener afectación en otro elemento.

3.5 Convertidor de señal análoga - PR 4116

Son módulos de acondicionamiento de señal analógico y digital para la automatización industrial, el cual está diseñado para la conexión de tensiones eléctricas altamente peligrosas.

Con estos dispositivos se debe mantener una adecuada distancia de seguridad; este módulo contiene calibración de proceso, simulación de las señales y de los relés.



Figura 10. Convertidor de Señal Análoga - PR 4116
(PR electronics, 2017)

3.5.1 Aplicación

- Medida de temperatura digital, linealizada, con sensor RTD o termopar.
- Conversión de la variación de resistencia lineal a señales de corriente / tensión estándares, por ejemplo, de solenoides y válvulas electrónicas de posicionamiento o movimientos lineales con potenciómetro asociado.
- Fuente de alimentación y aislador de señal para transmisores de 2 hilos.
- Controlador de procesos con 2 parejas de contactos de relés libres de potencial y salida analógica.

3.5.2 Características técnicas

Un LED frontal verde / rojo indica que la operación es normal o tiene un mal funcionamiento. Un LED amarillo está en ON para cada salida de relé activa.

3.6 Fuente de corriente de 2.5 AM. – Siemens

La fuente de corriente es muy utilizada en tableros de control para el cambio de un voltaje de entrada de corriente alterna a corriente directa.

El voltaje de salida de la fuente de corriente es de 24 VCD. Este elemento cumple los requisitos para un ambiente industrial a un precio económico. El correcto funcionamiento de la fuente de corriente permite un bajo consumo y reducida disipación de calor en el armario eléctrico.

La protección contra las sobrecargas y cortocircuitos, evita que se dañen los equipos y que se tenga un funcionamiento sin problemas.

3.6.1 Resumen de ventajas

Algunas de las ventajas que tiene la fuente de corriente, es que la conectividad es en paralelo, tiene protección contra cortocircuitos y sobrecargas, tiene un rendimiento de un 89% y tiene un ancho físico reducido.



Figura 11. Fuente de Corriente de 2.5 AM. - Siemens
(Siemens, s.f.)

3.7 Válvula de $\frac{3}{4}$ bobina 110 Voltios

Estas válvulas son elementos importantes porque generan diversos empujes mediante el engranaje de aceleración, ofrece también de apertura o cierre total.

Este elemento se utiliza en conjunto con otras válvulas para calentar el sistema de aire acondicionado de ventilación.



Figura 12. Válvula de ¾ bobina 110 Voltios
(GINICE, s.f.)

Estas válvulas tienen un diseño robusto y una operación confiable que es de fácil mantenimiento, este elemento puede ser utilizado en calefacción, refrigeración, sistema de aire acondicionado de ventilación de calefacción.

3.7.1 Datos técnicos

MODELO (OPCIONAL)	GEA-10A	GEA-10AS
Tiempo Nominal (mm)	20	
Fuerza Nominal (KN)	1000 (1.0)	
Tiempo de operación (Sec)	50 (0.4 mm / s)	28
Potencia operativa (V)	24 V (220 V) CA ± 10%	
Frecuencia (Hz)	60 o 50	
Velocidad del motor (rpm)	600	
Carga regular (A)	0.5 (0.075)	
Condensador (µF)	34 (0.474)	
El consumo de energía	12 (16.5)	
Señal de operación	CW / CCW	
Eficiencia del motor	S4-30% ED - c / h 600, EN60034 - 1	
Temperatura de funcionamiento	: -15 ~ 60 °C	
Temperatura de transporte	: -30 ~ 65 °C	

Resistencia al voltaje	1,000VAC, 50 / 60Hz, 1 minuto
Clase de aislamiento	E (IEC)
Humedad ambiental	5 ~ 95% Rh
Grado de protección de la vivienda	IP 54 (DIN40050)
Entradas de conducto	PF $\frac{1}{2}$ x 2EA
Peso (Kg)	Neto / 2.4, Bruto / 2.7

Tabla 3. Datos Técnicos
(GINICE, s.f.)

3.8 Relé

Un relé es un elemento electromecánico en el cual se puede controlar una potencia, ya que son interruptores que operan con señales de poca energía eléctrica, aquel puede controlar la mayoría de circuitos.

Aquellas señales se pueden ver como una carrera de relés. Estos relés se activan o desactivan dependiendo de la conexión.

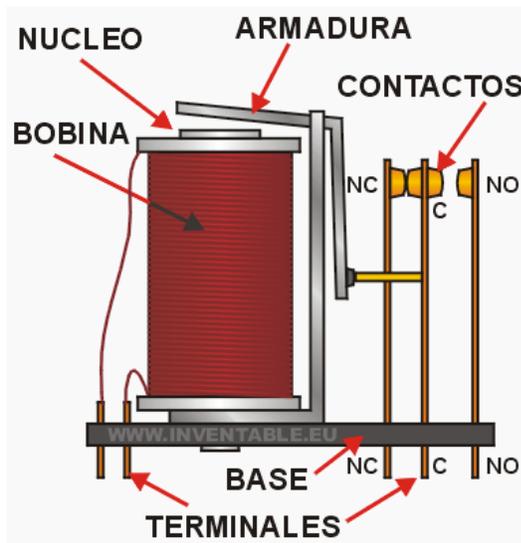


Figura 13. Diseño de un relé
(Inventable, s.f.)

Se puede decir que el elemento Relé es un interruptor automático, los tipos y las clases dependen la función a realizar y el fabricante.

Es importante tener el conocimiento de la resistencia que activa el relé y también con cuanto de voltaje se activa. Con el conocimiento de los dos datos, se informa con que señal se activará el relé y con cuanta corriente se lo debe de proporcionar.

Con este elemento se puede construir desde un temporizados hasta controlar algún aparato conectado a la red eléctrica.

Una de las ventajas principales es el control de un dispositivo que se encuentra con una distancia prolongada, también que se puede activar con poca corriente, con solo una señal de control se puede llegar a controlar varios relés en conjunto.

Se debe tener el conocimiento cual es la diferencia entre relés y Contactores ya que son componentes parecidos y que tiene funciones similares pero con la única diferencia de que activan la iluminación, en la que el interruptor es comandado por la mano del usuario y los relés y Contactores son comandados por una tensión.

Los Contactores son relés que disponen de contactos de potencia, es decir que contactos que abren y cierran contactos por los que circula mayor intensidad.

3.8.1 Características de un relé

Las características principales de un relé son la tensión del trabajo, la corriente que soporta sus contactos, también la potencia de conmutación y el tipo de contacto.

Estos elementos determinan el tamaño del relé.

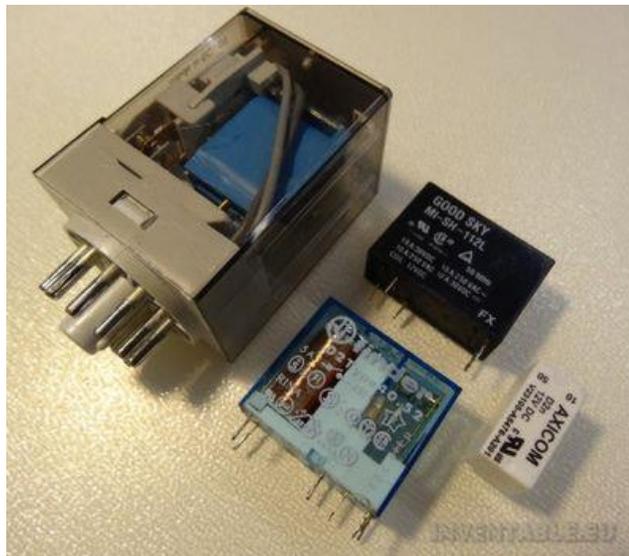


Figura 14. Tipos de relé
(Inventable, s.f.)

3.8.2 Clasificación de relés en base a los contactos

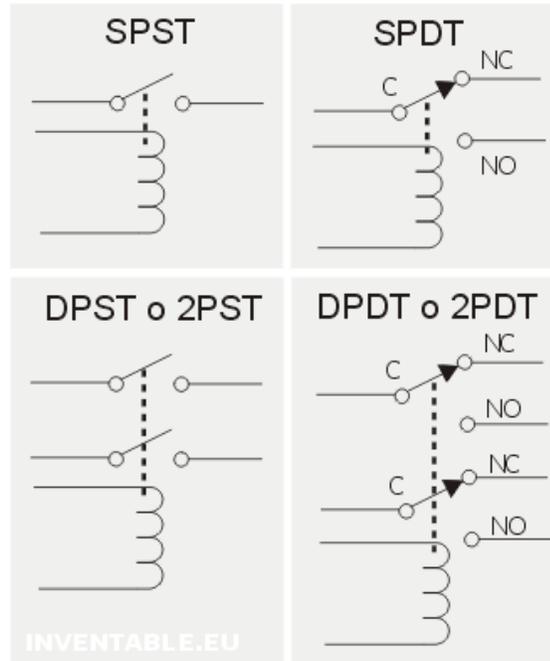


Figura 15. Clasificación de relés en base al tipo de contactos
(Inventable, s.f.)

3.8.3 Relé de 5 pines



Figura 16. Relé de 5 pines
(Inventable, s.f.)

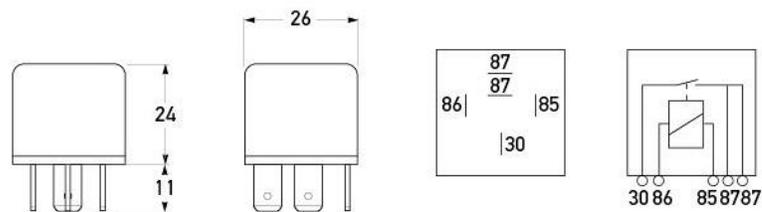


Figura 17. Diagrama del Relé de 5 pines
(Inventable, s.f.)

En los cuales podremos encontrar 5 pines:

- 85: entrada de corriente a bobina (Inventable, s.f.)
- 30: salida de corriente - entrada de corriente (Inventable, s.f.)
- 86: entrada de corriente a bobina (Inventable, s.f.)
- 87: entrada de corriente - salida de corriente (Inventable, s.f.)
- 87A: entrada de corriente - salida de corriente (Inventable, s.f.)

3.9 Cable para señales Belden

La marca Belden, realiza productos como cables coaxiales, planos, fibra óptica entre otros.

Estos cables se utilizan para tomar datos de presión o temperatura.

Las principales marcas del mercado incluyen: cables de transmisión, cables de alarma, seguridad, cables industriales o de piso de fábrica, cables residenciales y cables de red.

3.10 Software Tia Portal 13 Profesional

Este software en versión 13, es una herramienta para la automatización industrial, en la cual se optimiza los procesos y procedimientos de planificación.

Cuenta con una interfaz fácil de usar para el usuario y con una completa transparencia de datos.

Los datos y proyectos pueden realizar la integración sin mayor complicidad, lo que garantiza la seguridad de la inversión.

También se puede dar uso de las máquinas virtuales, lo que llama más la atención es encontrar portátiles de pantallas de 15,6 o inferiores con resolución Full HD.

El software es una herramienta de ingeniería unificada que combina el Simatic Step 7, Simatic WinCC y Sinamics Startdrive. Integración sin límites entre estos productos de software, esto dará como resultado una excelente eficiencia para el desarrollo de los proyectos de automatización.

También existe el ahorro de costos para la empresa.

3.10.1 Requisitos de Tia portal V13 recomendados de software y hardware

Equipo	Simatic FIELD PG M4 PREMIUM o superior (o PC comparable)
Procesador	Intel® Core™ i5-3320M 3,3 GHz o superior
RAM	8 GB o más
Disco duro	300 GB SSD
Pantalla	Pantalla Wide Screen de 15,6" (1920 x 1080)
Sistemas operativos *	Windows 7 (64 bits) <ul style="list-style-type: none">• Windows 7 Professional SP1• Windows 7 Enterprise SP1• Windows 7 Ultimate SP1 Windows 8.1 (64 bits) <ul style="list-style-type: none">• Windows 8.1• Windows 8.1 Professional• Windows 8.1 Enterprise Windows Server (64 bits) <ul style="list-style-type: none">• Windows Server 2008 R2 StdE SP1 (instalación completa)• Windows Server 2012 R2 StdE (instalación completa)

Tabla 4. Hardware/software - Requisitos
(Gútiez, s.f.)

3.11 WinCC Advanced

WinCC (Tia Portal) es una solución HMI basada en PC, para sistemas de usuario único directamente en la máquina.

Está disponible como un paquete de software – PowerTags. Este término se usa para identificar variables de proceso.

WinCC - TIA Portal es el software para las aplicaciones HMI desde Basic Panels hasta soluciones SCADA en sistemas multiusuario apoyadas en PC.

Por último el WinnCC es un software que sirve para realizar un sistema SCADA de un proceso industrial.

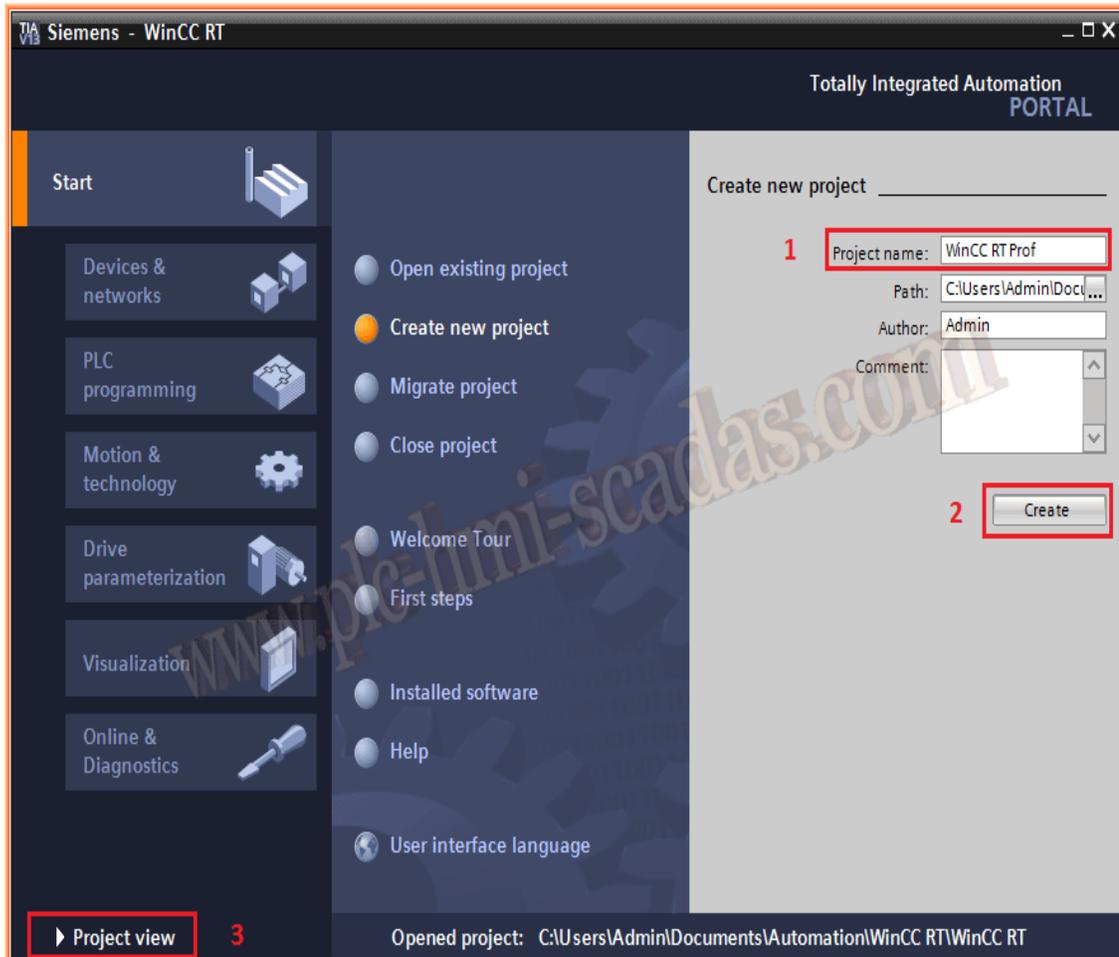


Figura 18. WINCC – Interface
(Siemens, (s.f))

3.11.1 Software de ingeniería

Simatic WinCC (Tia Portal), es un Software de ingeniería para aquellas aplicaciones HMI (visualizar un proceso), que van de la operación más simple hasta aplicaciones SCADA, en sistemas basados en PC.

3.11.1.1 Beneficios

Una de las ventajas de esta aplicación es la interfaz de configuración (basada en los últimos avances tecnológicos), las librerías y las herramientas inteligentes para la configuración gráfica.

En la siguiente imagen, se observa lo mencionado anteriormente, aquí se muestra la simulación pero no la ejecución, si se desea ver la ejecución se debe tener instalado también el WINCC Prof.

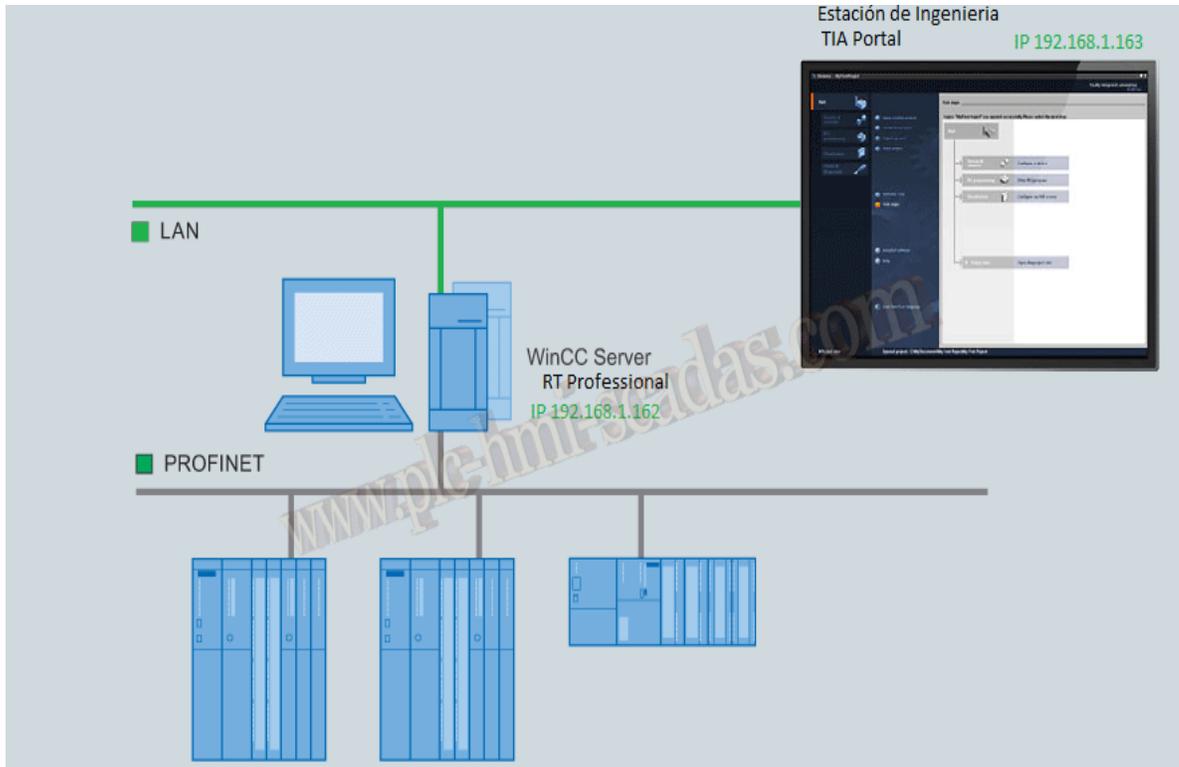


Figura 19. Funcionamiento WinCC RT
(Luque, 2016)

MARCO METODOLÓGICO

4.1 Análisis del proyecto

La empresa MAQGRO Cía. Ltda., que se encuentra localizada en el Km 1 1/2 Vía Buena Fe Calle Principal, Quevedo, Los Ríos, no cuenta con un sistema de Tratamiento Hidrotérmico, por lo cual se realiza la implementación de este proyecto, que garantizará un producto final de calidad y confiabilidad para los clientes de la empresa.

Este sistema permite la visualización, control, monitoreo y registro del proceso de Tratamiento Hidrotérmico utilizando el software Tia Portal y Simatic WinCC. De Siemens.

Esta aplicación garantiza que el proceso sea confiable y pueda ser auditado por empresas que desean adquirir la materia prima como jugos y concentrados; por todas estas razones se realiza el DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO HIDROTÉRMICO PARA MAQGRO CÍA. LTDA., el cual cubrirá los requerimientos de registro, archivo e impresión de las temperaturas del proceso hidrotérmico.

4.1.1 Método analítico.

El proyecto fue analizado y se realizó en varias etapas:

- Análisis de conexiones de los componentes electrónicos.
- Instalación del Sensores de temperatura.
- Configuración e instalación de transductores.
- Configuración y calibración de válvulas eléctricas de posicionamiento.
- Programación del PLC y HMI (monitoreo del proceso).
- Instalación del tablero en la cual se encontrara el monitoreo del proceso.
- Pruebas.
- Acople e implementación.

4.1.2 Beneficiarios

El beneficiario directo de este proyecto será la Empresa MAQGRO Cía. Ltda., al contar con un sistema automatizado que le permita garantizar el proceso hidrotérmico para frutas tropicales para evitar pérdidas en la producción y mejorar el control de calidad.

4.1.3 Innovación

Para el desarrollo del proyecto se empleó como novedad el Software Tia Portal – WinCC el cual permite crear las interfaces para medir y controlar las temperaturas del proceso hidrotérmico.

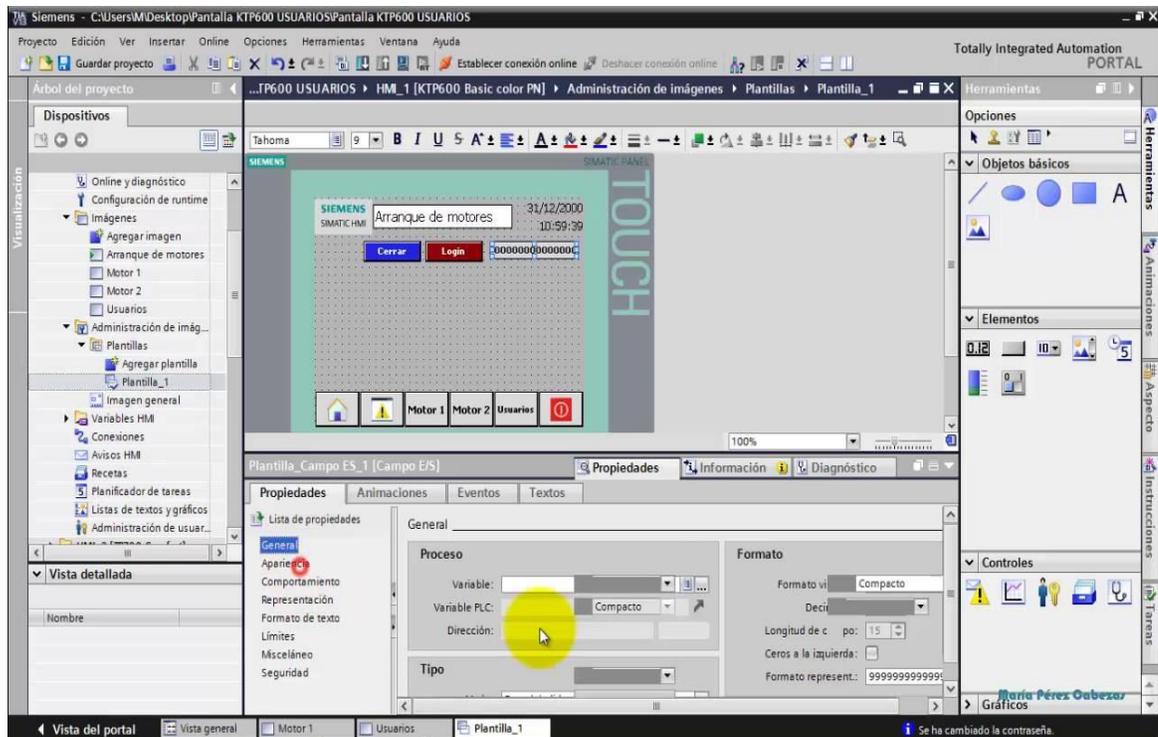


Figura 20. Tia Portal – WinCC Advanced
(SRC, s.f.)

4.1.4 Impacto

El desarrollo de este proyecto, ayudará a la Empresa MAQGRO Cía. Ltda., con un sistema automatizado que le permita garantizar el proceso hidrotérmico para frutas tropicales, el cual evitará pérdidas en la producción y mejorará el control de calidad del mismo, y además de controlará algunos elementos eléctricos - electrónicos como válvulas, alarmas e indicadores.

La idea principal es que la empresa adquiera este proyecto para automatizar y garantizar la calidad cuando se exporte la fruta tropical.

4.1.5 Funcionalidad

Mediante el presente proyecto, se analiza el proceso de tratamiento de la plaga “moscas de la fruta”, y se evalúa la información que los auditores requieren para cumplir las normas de calidad correspondientes a los procesos de exportación. Para el correcto funcionamiento del sistema, se requiere que la temperatura durante sea estable todo el tiempo de tratamiento.

Se diseña el tablero de control en el cual consta un PLC Siemens y dos convertidores de señal universal, PR4116 lo cual va a permitir adquirir las señales de los sensores de temperatura del tanque pulmón y de la cisterna de calentamiento.

El PLC consta de un módulo Signal Board AQ1, el que permite enviar señal análoga de corriente a la válvula eléctrica de posicionamiento, con la cual controla la temperatura del tanque pulmón. Las señales para controlar la temperatura del tanque pulmón son salidas tipo relé.

Se implementa un sensor de temperatura ubicado en la cisterna de calentamiento, para poder leer la temperatura de la fruta ya sumergida en el agua.

También implementa un lazo de control para gestionar la estabilidad de la temperatura, la cual es registrada y archivada en el sistema SCADA.

Una vez diseñada la pantalla de proceso, se diseña la pantalla de alarmas en la cual se observa si existe alguna anomalía en el desarrollo normal del proceso, como puede ser una falla térmica de las bombas 1 y 2, agitador, stop de emergencia, temperaturas altas y bajas durante el inicio del proceso.

Después se diseña la pantalla de Tendencia en la cual se puede observar el comportamiento de las curvas de las temperaturas.

Por último se diseña la pantalla de Ajustes, en la cual se da inicio y paro de registro, además de la posibilidad de imprimir el informe de auditoría y de fallas.

4.2 Diseño del Proyecto

Para comenzar a realizar el diseño del proyecto se establecen las funciones principales que debe ejecutar el sistema, teniendo en cuenta los elementos de fuerza, control y protección, para así poder realizar la elección costo-beneficio más adecuada y así cumplir técnicamente con los requisitos del proyecto.

Entre los equipos utilizados para el desarrollo del proyecto se tiene:

- Breaker
- PLC S7-1200 CPU 1214 DC/DC/DC
- Signal Board
- Convertidor de Señal Análoga

- Fuente de Corriente de 2.5 AM. Siemens
- Sensor PT 100
- Válvula De ¾ Bobina 110 Voltios
- Mini Relé de 5 pines
- Cable para señales Belden
- Cable de comunicación
- Tablero de control
- Banda transportadora

4.3 Identificación del Sistema

Lo primero que se realiza es la identificación de las etapas que conforman el desarrollo del proyecto.

- Medir la temperatura de tanque pulmón.
- Calentar agua en tanque pulmón al setpoint deseado.
- Medir temperatura de la cisterna de calentamiento de fruta.
- Calentar agua de la cisterna al setpoint deseado.
- Mantener la temperatura del proceso estable.

4.3.1 Elementos principales

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Sensor Pt100 1	Tanque Pulmón.
Sensor Pt100 2	Cisterna de calentamiento.
Válvula eléctrica de posicionamiento	Etapas de calentamiento del tanque Pulmón.
Válvulas Selenoides 1 y 2	Etapas de calentamiento de la cisterna de fruta.
Bomba #1 3HP	Bomba de agua caliente Etapas de calentamiento – Tanque Pulmón.

Bomba #2 3HP	Bomba de agua caliente Etapa de calentamiento – cisterna de calentamiento de fruta.
-----------------	---

Tabla 5. Elementos principales del proyecto
Elaborado por: Autor

4.3.2 Diseño del controlador

En el diseño del controlador es importante conocer el número de entradas y salidas que tiene el proceso, además se clasifican las entradas en digitales o analógicas, por lo cual se elabora las siguientes tablas:

Tablas de Entrada - Salida

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
I 0.0	Paro de emergencia
I 0.1	Paro de emergencia – campo
I 0.2	Switch de presión de aire
I 0.3	Guarda motor bomba 1
I 0.4	Guarda motor bomba 2
I 0.5	Guarda motor agitador 1
I 0.6	Sensor de tina
I 0.7	Sensor tina 2
I 1.0	Sensor tanque pulmón
I 1.1	Sensor de nivel alto – tanque pulmón

Tabla 6. Diseño del controlador – Entradas
Elaborado por: Autor

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Iw64	Temperatura tanque pulmón
IW66	Temperatura cisterna

Tabla 7. Diseño del controlador - Entradas Análogas
Elaborado por: Autor

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Q 0.0	Baliza verde
Q 0.1	Baliza amarilla
Q 0.2	Baliza roja
Q 0.3	Bomba 1
Q 0.4	Bomba 2
Q 0.5	Actuador 2
Q 0.6	Actuador 1

Tabla 8. Diseño del controlador – Salidas
Elaborado por: Autor

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
QW80	Válvula motorizada

Tabla 9. Diseño del controlador - Salidas Análogas
Elaborado por: Autor

4.3.3 Dimensionamiento del PLC

Para estandarizar los equipos de control en la planta, se utilizó el PLC S7-1200 de la familia CPU1214C DC/DC/DC. A continuación se detallan las especificaciones del PLC.

NOMBRE	NÚMERO
Entradas Digitales	14
Salidas digitales	10
Entradas analógicas	2
Salida analógica por Signal Board	1

Tabla 10. Dimensionamiento del PLC
Elaborado por: Autor

4.3.4 Alimentación eléctrica

Se selecciona una fuente de 2.5 Amp. Siemens, la cual será la encargada de suministrar la alimentación eléctrica al PLC y a los convertidores de señal universal.

4.3.5 Arquitectura

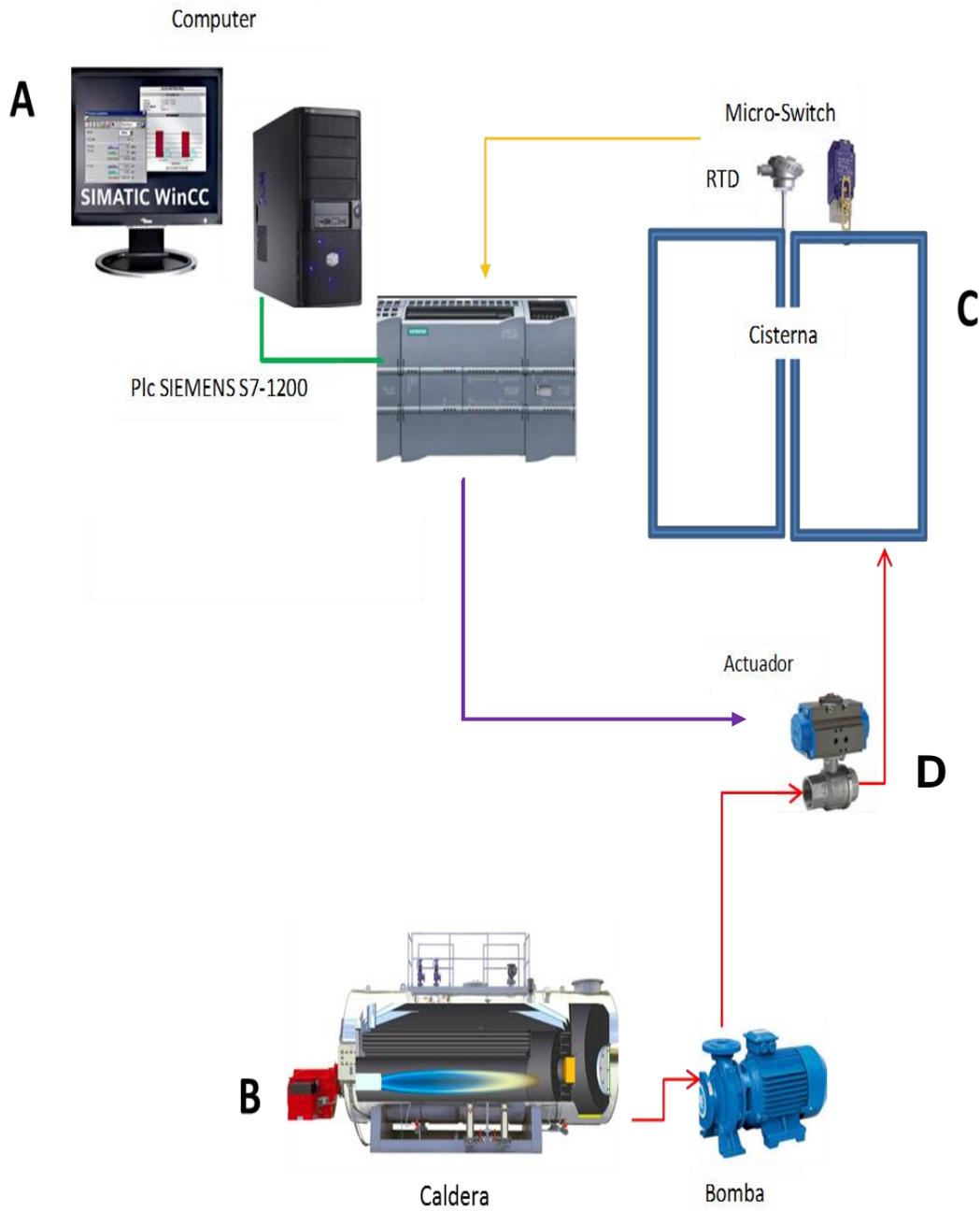


Figura 21. Arquitectura del proyecto
Elaborado por: Autor

Descripción de la arquitectura

En la figura 21 se muestra el orden con el cual opera el sistema de la planta de Tratamiento Hidrotérmico de la empresa MAQGRO Cía. Ltda.

Subproceso A

En primera instancia el operador inicia la aplicación SCADA.

Subproceso B

En el subproceso B, se enciende la caldera a vapor mediante un interruptor. Una vez encendida la caldera a vapor, se activa la bomba de aire comprimido.

Subproceso C

El siguiente paso es medir la temperatura de la cisterna por medio del RTD, para proceder a calentar el agua que tratará a la fruta.

Subproceso D

Por último el actuador es activado o desactivado de acuerdo a la temperatura deseada.

4.4 Diseño del software

El diseño del software de programación se lo realiza en base a Tia portal que servirá para comunicar un S7-1200 con el SCADA WinCC de forma en la que se logre controlar y supervisar el proceso hidrotérmico desde la propia pantalla del PC sin necesidad de manejar pantallas HMI.

Para empezar se debe crear un nuevo proyecto en Tia portal pero antes se debe verificar los componentes y licencias para el software.

4.4.1 Requisitos de Software y Hardware:

Software:

- Windows 7
- Tia Portal V.11 o versión superior.
- SCADA Win CC Advanced RT v.11 o versión superior

Hardware:

- PC con tarjeta Ethernet
- Cable de red Ethernet.
- PLC S7-1214AC/DC/Relé (firmware V.2.0)
- Tarjeta Signal Board: AQ1 x 12 bits

Status	Family	Product	Version
✓	SIMATIC PCS 7	Logon Service	1.5
✓	SIMATIC STEP 7	S7-PLCSIM	5.4
✓	SIMATIC S7	PID Professional combo	11.0
✓	SIMATIC S7	PID Professional	11.0
✓	SIMATIC NET	Industrial Ethernet SOFTNET-S7 Basis	-
✓	SIMATIC NET	Industrial Ethernet SOFTNET-S7 Lean	-
✓	SIMATIC STEP 7	STEP 7 Professional	13.0
✓	SIMATIC HMI	WinCC Audit for RT Advanced	-
✓	SIMATIC HMI	WinCC Client for RT Professional	13.0
✓	SIMATIC HMI	WinCC DataMonitor for RT Professional	-
✓	SIMATIC HMI	WinCC Logging for RT Advanced	-
✓	SIMATIC HMI	WinCC Professional	13.0
✓	SIMATIC HMI	WinCC Recipes for RT Advanced	-
✓	SIMATIC HMI	WinCC Recipes for RT Professional	-
✓	SIMATIC HMI	WinCC RT Professional (128)	13.0
✓	SIMATIC HMI	WinCC RT Professional (512)	13.0
✓	SIMATIC HMI	WinCC RT Professional (2048)	13.0
✓	SIMATIC HMI	WinCC RT Professional (8192)	13.0
✓	SIMATIC HMI	WinCC RT Professional (65536)	13.0
✓	SIMATIC HMI	WinCC RT Professional (102400)	13.0
✓	SIMATIC HMI	WinCC RT Professional (153600)	13.0
✓	SIMATIC HMI	WinCC RT Professional (4096)	13.0
✓	SIMATIC HMI	WinCC RT Professional (262144)	13.0
✓	SIMATIC HMI	WinCC RT Advanced	13.0
✓	SIMATIC HMI	WinCC Redundancy for RT Professional	-
✓	SIMATIC HMI	WinCC Server for RT Professional	-
✓	SIMATIC HMI	WinCC Sm@rtServer for RT Advanced	-
✓	SIMATIC HMI	WinCC WebDiagnostics Client for RT Professional	-
✓	SIMATIC HMI	WinCC WebDiagnostics Server for RT Professional	-
✓	SIMATIC HMI	WinCC WebNavigator for RT Professional	-
✓	SIMATIC HMI	WinCC Logging RT Professional	-

Figura 22. Elementos para programa
Elaborado por: Autor

Para empezar se debe proceder con la creación del proyecto mediante Tia Portal

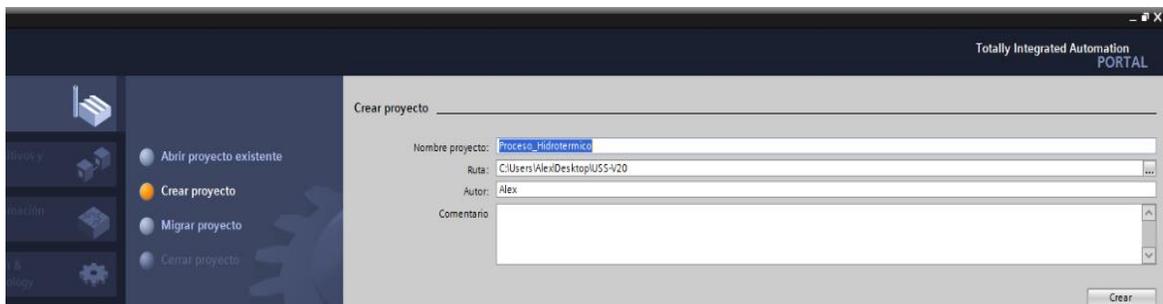


Figura 23. Creación del proyecto
Elaborado por: Autor

En Tia Portal se deben diferenciar los siguientes tipos de conexión:

Conexión integrada: Son aquellas conexiones que se realizan entre los dispositivos que se localizan dentro del propio proyecto y que se han elaborado con el editor de "Dispositivos y redes". Este tipo de enlace es efectuado habitualmente, por ejemplo una conexión entre un S7-1200 y un panel de operador HMI.

Conexión no integrada: Son aquellas conexiones elaboradas con el editor de "Conexiones", y en la que no todos los dispositivos tienen porque encontrarse dentro del mismo proyecto. Este tipo de conexión es la que se ha realizado entre WinCC RT Advanced y el S7-1200.

Se utiliza la siguiente configuración para los equipos:

Se crea Red para comunicar el PLC con PC-System, el tipo de red es el PN/IE (Conexión Ethernet). Esta comunicación servirá para comunicar el controlador con el computador.

Se crea la red Ethernet para el PLC 192.168.0.1 y para el sistema PLC System 192.168.0.10.

4.4.2 Configuración de la comunicación PC-<- ->PLC

Se debe seleccionar correctamente el tipo de CPU disponible, así como la versión del firmware. La referencia Siemens de la CPU debe también concordar con del CPU. Caso contrario el proyecto no logrará cargarse en el controlador.

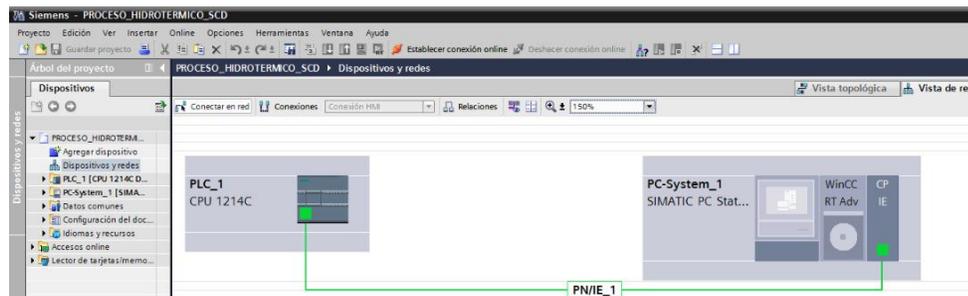


Figura 24. Configuración de la comunicación PC – PLC
Elaborado por: Autor

A continuación, se inserta la tarjeta de salida analógica **Signal Board** arrastrándola desde el **catálogo de hardware** hasta el frontal del PLC.

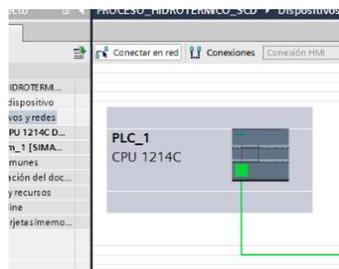


Figura 25. Insertar tarjeta de salida analógica Signal Board
Elaborado por: Autor

En la misma ventana “Propiedades” del PLC, se puede analizar si son precisas las direcciones de E/S del controlador.

Una vez configurado el controlador se procede a **Guardar** el proyecto, entonces se deriva a la carga de la configuración en el PLC, comprobándose además la conexión con el equipo.

Árbol del Proyecto

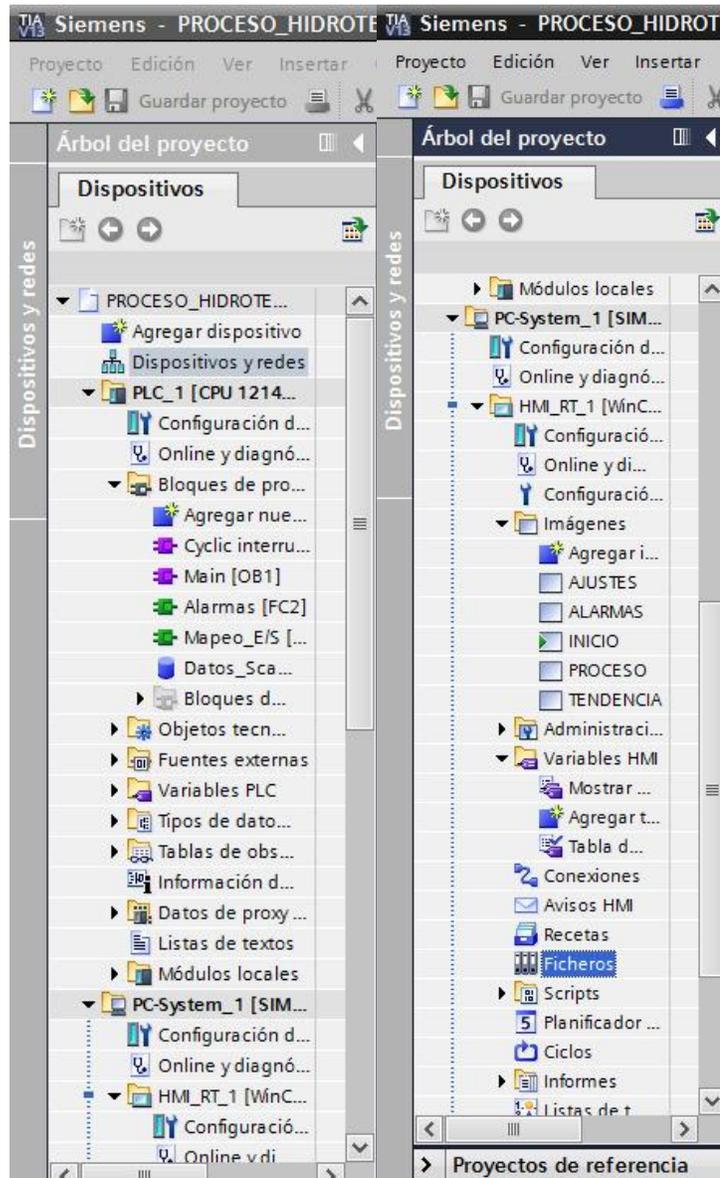


Figura 26. Árbol del Proyecto
Elaborado por: Autor

4.4.3 Declaración de variables del PLC

Para establecer las variables del PLC es justo recordar la conexión ejecutada en este proyecto.

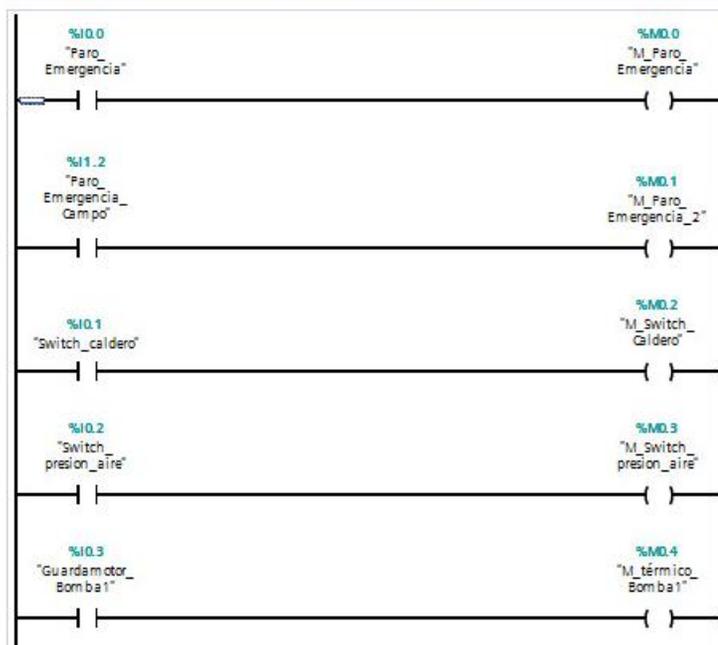
Tabla de variables estándar							
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...	Comentario
1	Paro_Emergencia	Bool	%I0.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Switch_caldero	Bool	%I0.1		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Switch_presion_aire	Bool	%I0.2		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Guardamotor_Bomba1	Bool	%I0.3		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Guardamotor_Bomba2	Bool	%I0.4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	Guardamotor_Agitador1	Bool	%I0.5		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Sensor_tina1	Bool	%I0.6		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	Sensor_tina2	Bool	%I0.7		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	Sensor_Tanque_pulmon	Bool	%I1.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	HL_Tanque_pulmon	Bool	%I1.1		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	Paro_Emergencia_Campo	Bool	%I1.2		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	LL_Tanque_pulmon	Bool	%I1.3		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	Temperatura_Tq_Pulmon(1)	Word	%IW64		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	Temperatura_Cisterna(1)	Word	%IW66		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	Baliza_Verde	Bool	%Q0.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	Valvula_motorizada	Word	%QW80		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	Actuador1_CV03	Bool	%Q0.6		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	Actuador2_CV02	Bool	%Q0.5		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	Baliza_Amarilla	Bool	%Q0.1		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	Baliza_Roja	Bool	%Q0.2		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21	Bomba_2	Bool	%Q0.4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22	Bomba_1	Bool	%Q0.3		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23	Tag_3	Word	%QW64		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
24	Registro_Temperatura_T_Pulmon	UDInt	%MD100		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25	System_Byte	Byte	%MB500		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
26	FirstScan	Bool	%M500.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27	DiagStatusUpdate	Bool	%M500.1		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28	AlwaysTRUE	Bool	%M500.2		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
29	AlwaysFALSE	Bool	%M500.3		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30	Clock_Byte	Byte	%MB600		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
31	Clock_2Hz	Bool	%M600.3		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 27. Declaración de variables del PLC
Elaborado por: Autor

4.5 Programación del PLC

Definición de Entrada y salidas

Mapeo de señales de entrada digital a marcas internas



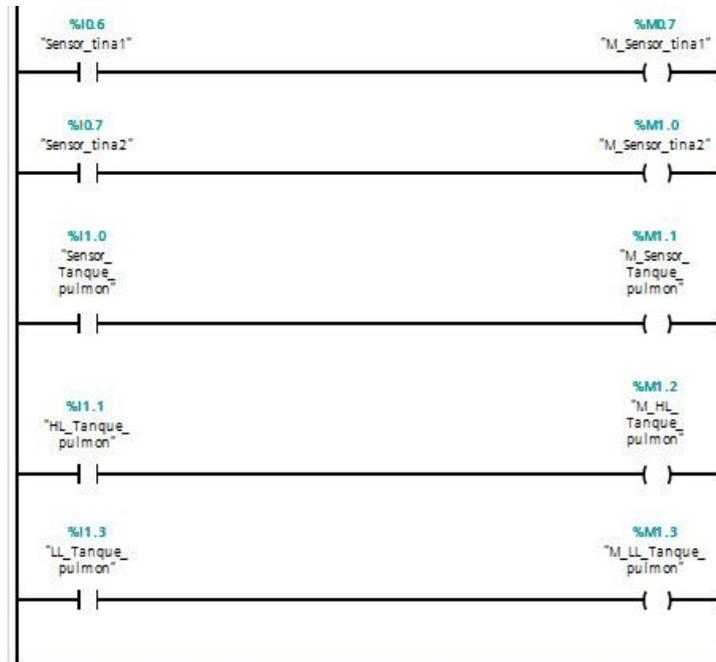


Figura 28. Definición de Entrada y salidas – PLC
Elaborado por: Autor

Normalización y escalamiento de señales análogas

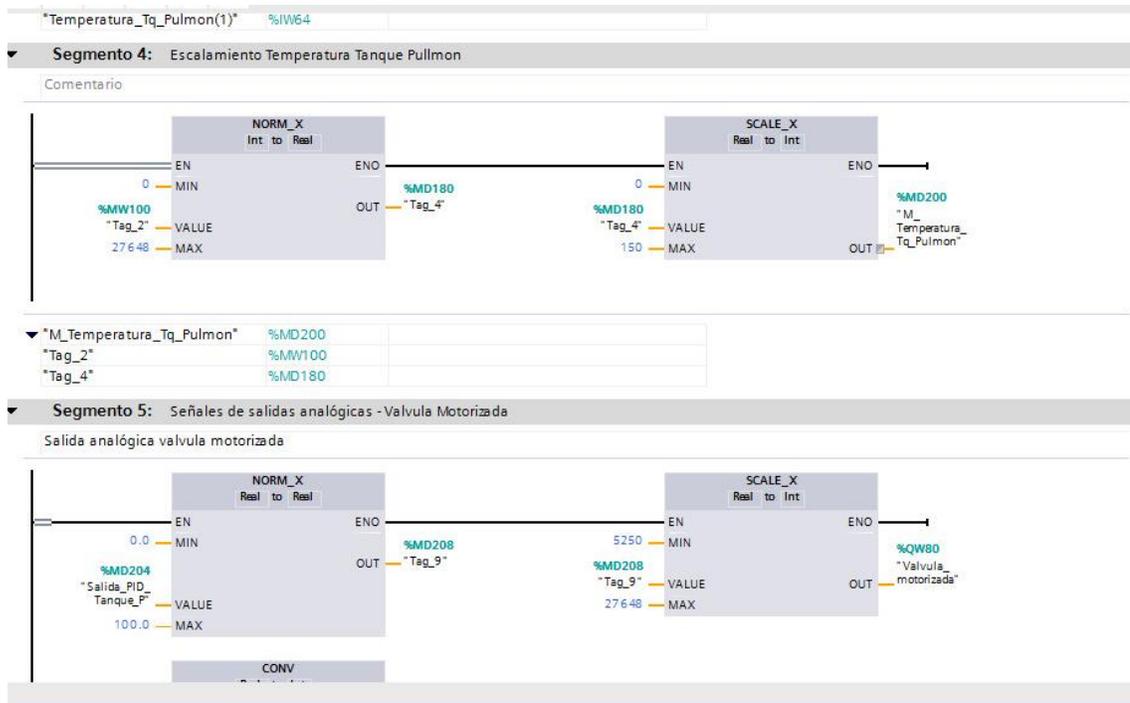


Figura 29. Normalización y escalamiento de señales análogas
Elaborado por: Autor

Normalización y escalamiento de salida análogas

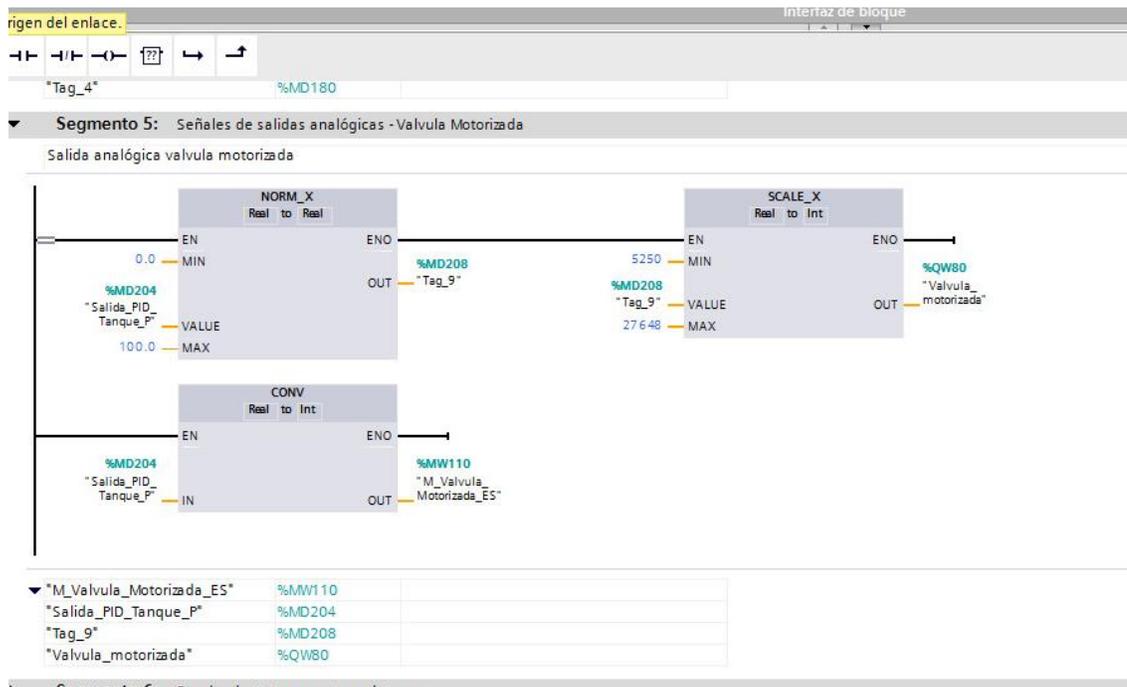


Figura 30. Normalización y escalamiento de salida análogas
Elaborado por: Autor

Lazo de control PID para temperatura en tanque pulmón

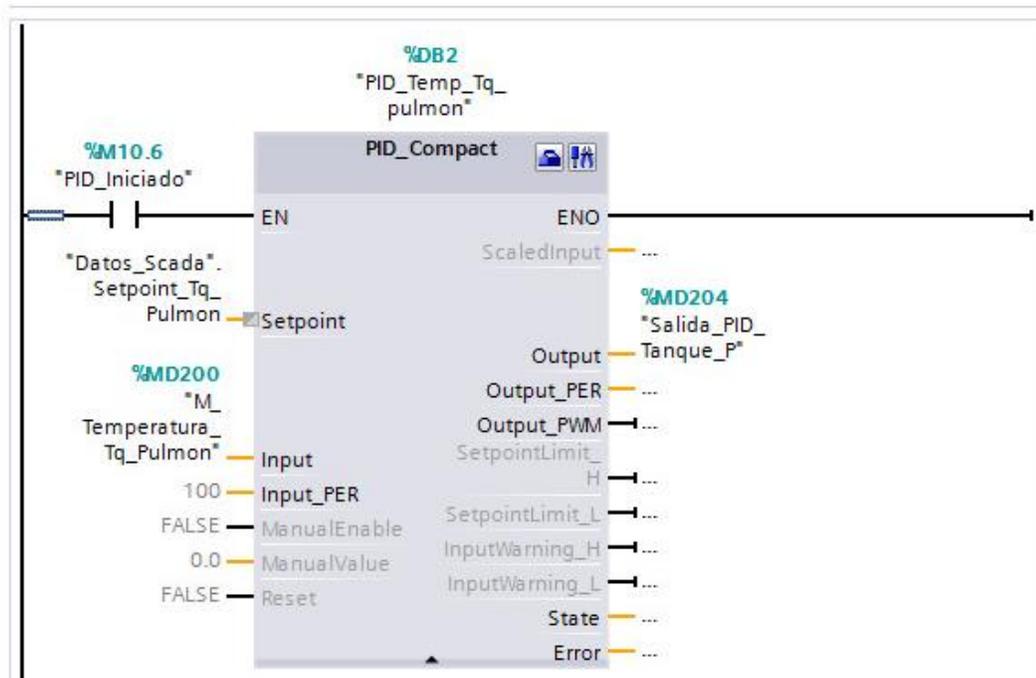


Figura 31. Lazo de control PID para temperatura en tanque pulmón
Elaborado por: Autor

Lazo de control PID para temperatura en cisterna

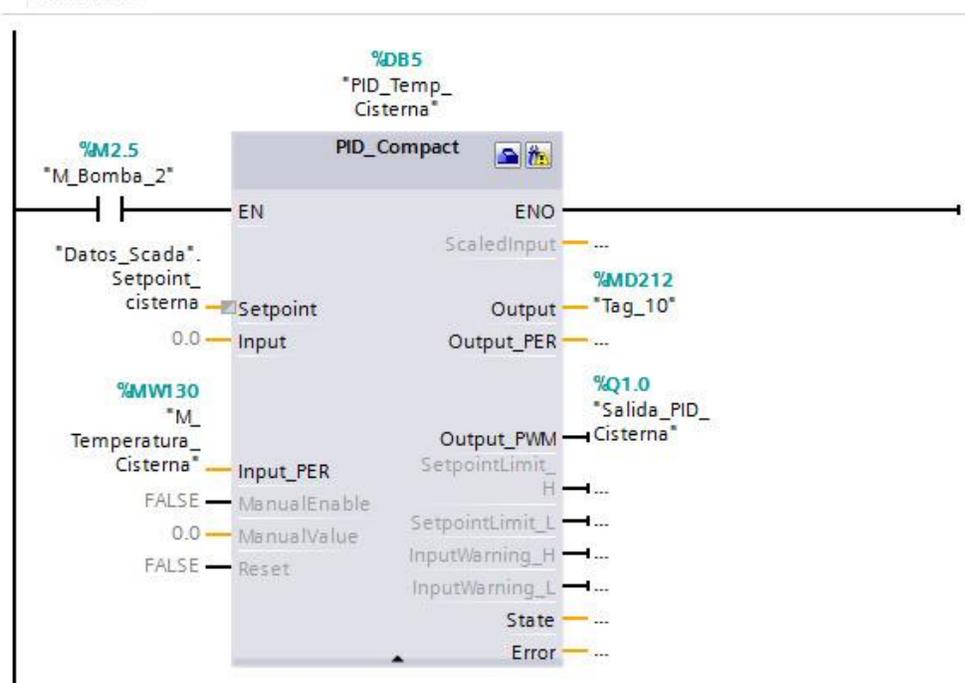


Figura 32. Lazo de control PID para temperatura en cisterna
Elaborado por: Autor

4.5 Modulo del PC System

Configuración del Runtime WinCC

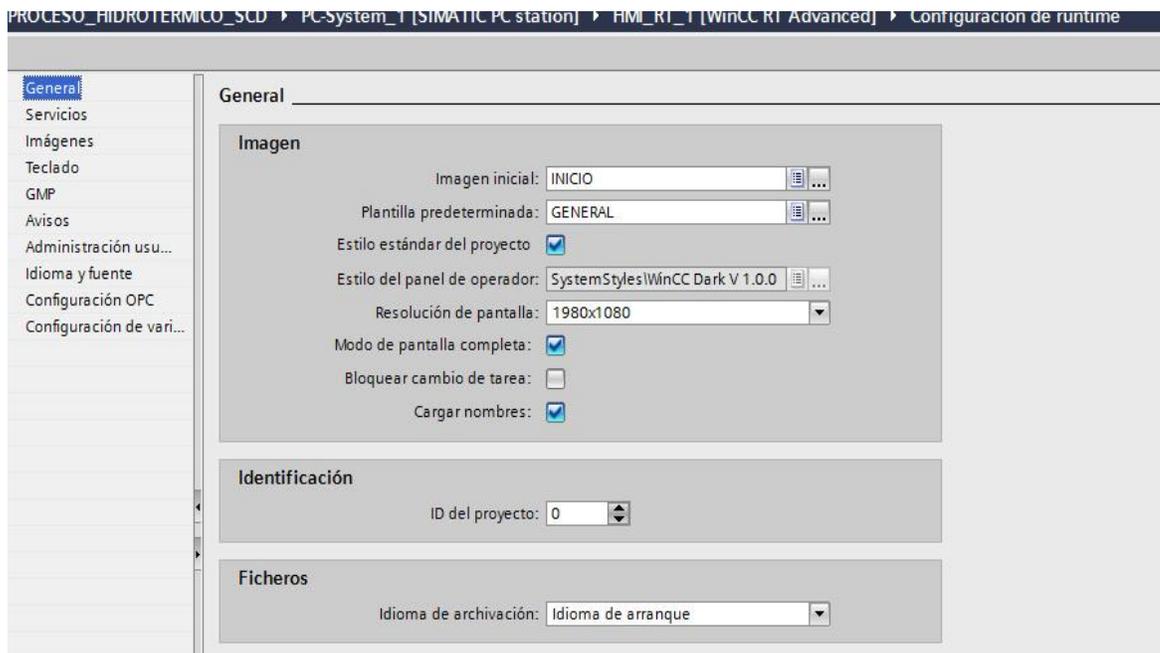
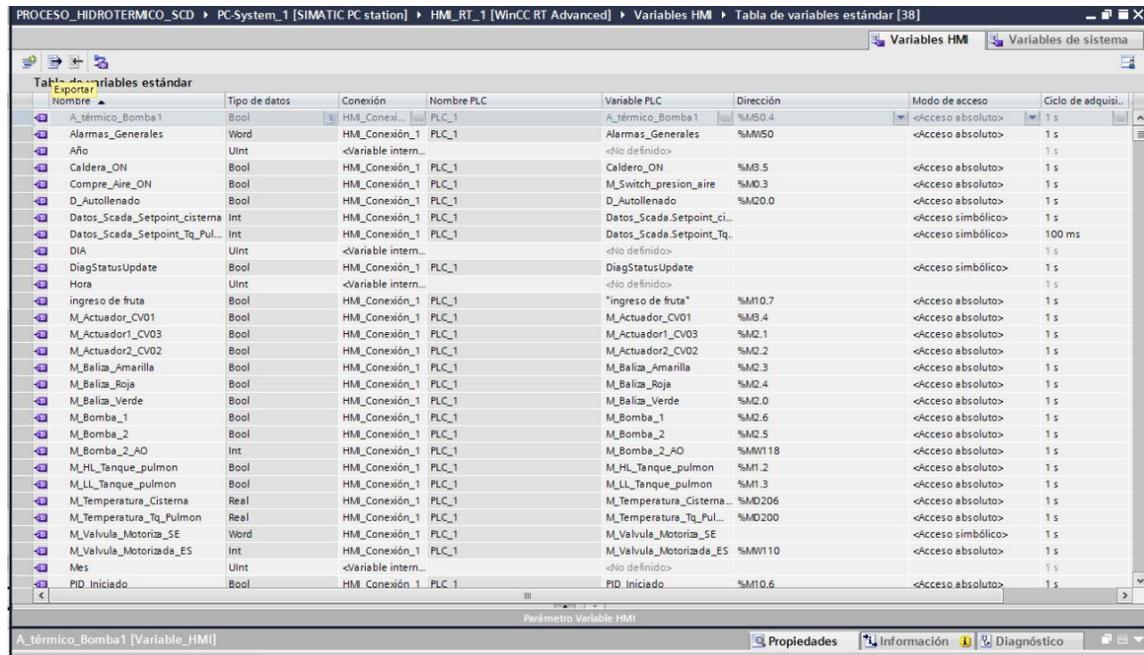


Figura 33. Configuración del RUNTIME WINCC
Elaborado por: Autor

4.5.1 Variables de PC System en WinCC

A continuación se muestran las variables que son enlazadas en la comunicación entre en PLC y el WinCC System.



Nombre	Tipo de datos	Conexión	Nombre PLC	Variable PLC	Dirección	Modo de acceso	Ciclo de adquisi...
A_térmico_Bomba1	Bool	HM_Conexión_1	PLC_1	A_térmico_Bomba1	%M50.4	<Acceso absoluto>	1 s
Alarmas_Generales	Word	HM_Conexión_1	PLC_1	Alarmas_Generales	%MW50	<Acceso absoluto>	1 s
Año	UInt	<Variable intern...		<no definido>			1 s
Caldera_ON	Bool	HM_Conexión_1	PLC_1	Caldera_ON	%M5.5	<Acceso absoluto>	1 s
Compre_Aire_ON	Bool	HM_Conexión_1	PLC_1	M_Switch_presion_aire	%M0.3	<Acceso absoluto>	1 s
D_Autollenado	Bool	HM_Conexión_1	PLC_1	D_Autollenado	%M20.0	<Acceso absoluto>	1 s
Datos_Scada_Setpoint_cistema	Int	HM_Conexión_1	PLC_1	Datos_Scada_Setpoint_ci...		<Acceso simbólico>	1 s
Datos_Scada_Setpoint_Tq_Pul...	Int	HM_Conexión_1	PLC_1	Datos_Scada_Setpoint_Tq...		<Acceso simbólico>	100 ms
DIA	UInt	<Variable intern...		<no definido>			1 s
DiagStatusUpdate	Bool	HM_Conexión_1	PLC_1	DiagStatusUpdate		<Acceso simbólico>	1 s
Hora	UInt	<Variable intern...		<no definido>			1 s
ingreso de fruta	Bool	HM_Conexión_1	PLC_1	"ingreso de fruta"	%M10.7	<Acceso absoluto>	1 s
M_Actuador_CV01	Bool	HM_Conexión_1	PLC_1	M_Actuador_CV01	%M4.4	<Acceso absoluto>	1 s
M_Actuador1_CV03	Bool	HM_Conexión_1	PLC_1	M_Actuador1_CV03	%M2.1	<Acceso absoluto>	1 s
M_Actuador2_CV02	Bool	HM_Conexión_1	PLC_1	M_Actuador2_CV02	%M2.2	<Acceso absoluto>	1 s
M_Baliza_Amarilla	Bool	HM_Conexión_1	PLC_1	M_Baliza_Amarilla	%M2.3	<Acceso absoluto>	1 s
M_Baliza_Roja	Bool	HM_Conexión_1	PLC_1	M_Baliza_Roja	%M2.4	<Acceso absoluto>	1 s
M_Baliza_Verde	Bool	HM_Conexión_1	PLC_1	M_Baliza_Verde	%M2.0	<Acceso absoluto>	1 s
M_Bomba_1	Bool	HM_Conexión_1	PLC_1	M_Bomba_1	%M2.6	<Acceso absoluto>	1 s
M_Bomba_2	Bool	HM_Conexión_1	PLC_1	M_Bomba_2	%M2.5	<Acceso absoluto>	1 s
M_Bomba_2_AO	Int	HM_Conexión_1	PLC_1	M_Bomba_2_AO	%MW118	<Acceso absoluto>	1 s
M_HL_Tanque_pulmon	Bool	HM_Conexión_1	PLC_1	M_HL_Tanque_pulmon	%M1.2	<Acceso absoluto>	1 s
M_LL_Tanque_pulmon	Bool	HM_Conexión_1	PLC_1	M_LL_Tanque_pulmon	%M1.3	<Acceso absoluto>	1 s
M_Temperatura_Cistema	Real	HM_Conexión_1	PLC_1	M_Temperatura_Cistema...	%MD206	<Acceso absoluto>	1 s
M_Temperatura_Tq_Pulmon	Real	HM_Conexión_1	PLC_1	M_Temperatura_Tq_Pul...	%MD200	<Acceso absoluto>	1 s
M_Valvula_Motoriza_SE	Word	HM_Conexión_1	PLC_1	M_Valvula_Motoriza_SE		<Acceso simbólico>	1 s
M_Valvula_Motorizada_ES	Int	HM_Conexión_1	PLC_1	M_Valvula_Motorizada_ES	%MW110	<Acceso absoluto>	1 s
Mes	UInt	<Variable intern...		<no definido>			1 s
PID_Iniciado	Bool	HM_Conexión_1	PLC_1	PID_Iniciado	%M10.6	<Acceso absoluto>	1 s

Figura 34. Variables del PC System
Elaborado por: Autor

4.5.2 Configuración panel de operador

Configuración de las imágenes de WinCC RT Advanced

Al iniciar la aplicación se muestra en pantalla la figura que se observa a continuación. La ventana propiedades del Visor de gráficos nos permite agregar el gráfico deseado.



Figura 35. Pantalla inicio
Elaborado por: Autor

4.5.2.1 Configuración de imagen de procesos

Una vez agregados todos los dispositivos del sistema en la pantalla, desde la ventana “Propiedades” se configura el funcionamiento de cada objeto con las variables del HMI correspondiente y se definen los eventos o animaciones para cada uno de ellos.

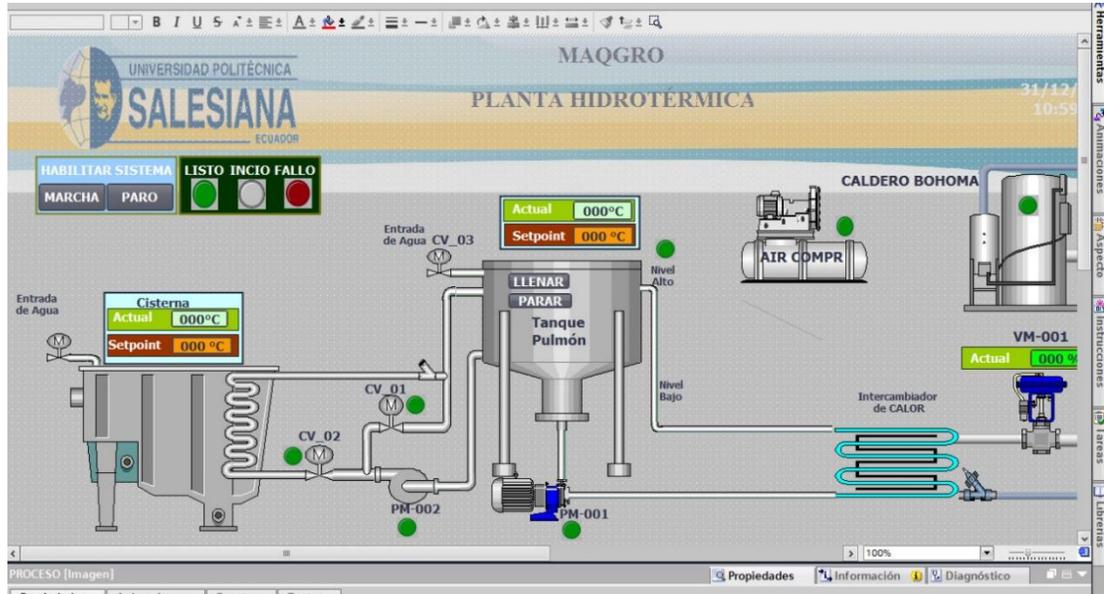


Figura 36. Inserción de objetos en la Imagen
Elaborado por: Autor

4.5.2.2 Configuración de imágenes del visor de curvas

En la imagen se muestra el comportamiento de las curvas de temperatura.



Figura 37. Configuración de imágenes del visor de curvas
Elaborado por: Autor

4.5.2.3 Configuración del bloque de mensajes de alarma

Esta imagen es donde se configura los avisos tanto analógicos como digitales que se consideran como alarma del proceso.

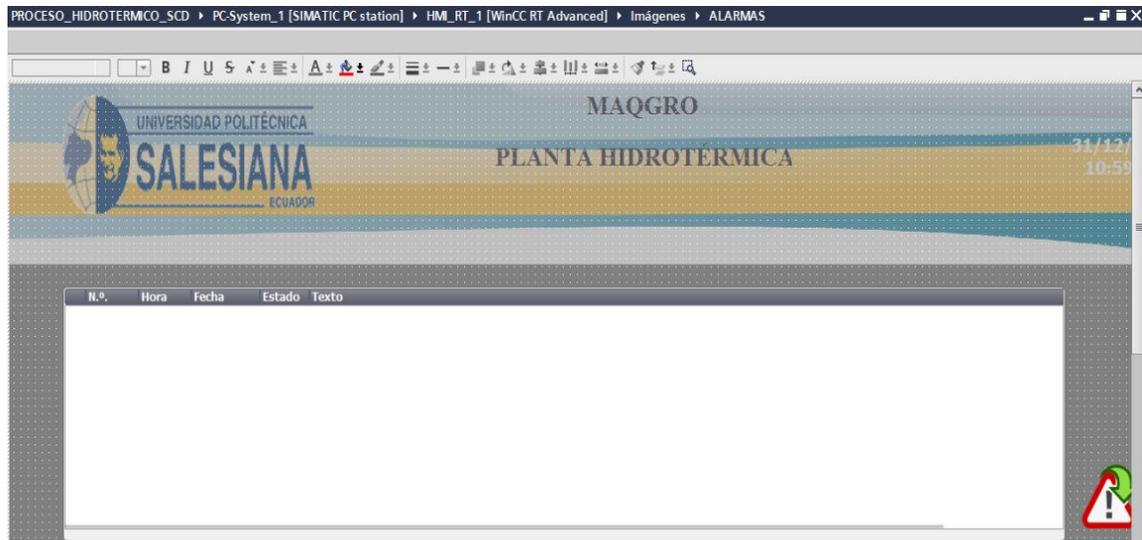


Figura 38. Imagen de los mensajes de alarma
Elaborado por: Autor

4.5.2.3.1 Configuraciones de alarmas digitales

Aquí se muestran los textos de aviso para cuando se presente una falla o una emergencia en el proceso.

Digital

ID	Texto de aviso	Categoría	Variable de disparo	Bit de ...	Dirección de ...	Variable de ac...	Bit de ...	Dirección de ...	Informe
1	Paro de Emergencia accionado	Warnings	Alarmas_Generales	8	%M50.0	<ninguna var...	0		<input type="checkbox"/>
2	Paro de Emergencia remoto accionado	Warnings	Alarmas_Generales	9	%M50.1	<ninguna var...	0		<input type="checkbox"/>
3	Switch de caldero desactivado	Warnings	Alarmas_Generales	10	%M50.2	<ninguna var...	0		<input type="checkbox"/>
4	Switch de presión de aire desactivado	Warnings	Alarmas_Generales	11	%M50.3	<ninguna var...	0		<input type="checkbox"/>
5	Falla técnica de Bomba 1	Warnings	Alarmas_Generales	12	%M50.4	<ninguna var...	0		<input type="checkbox"/>
6	Falla técnica de Bomba 2	Warnings	Alarmas_Generales	13	%M50.5	<ninguna var...	0		<input type="checkbox"/>
7	Falla técnica de Agitador	Warnings	Alarmas_Generales	14	%M50.6	<ninguna var...	0		<input type="checkbox"/>

Figura 39. Avisos de bit – Digital
Elaborado por: Autor

Analógica

ID	Texto de aviso	Categoría	Variable de di...	Valor límite	Modo del lími...	Informe
1	Temp_Tanque_Pullmon_Alta	Warnings	M_Temper...	92	Rebase po...	<input type="checkbox"/>
2	Temp_Cisterna_Alta	Warnings	M_Temperatu...	45	Rebase por ex...	<input type="checkbox"/>
3	Temp_Tanque_Pullmon_Baja	Warnings	M_Temperatu...	60	Rebase por ex...	<input type="checkbox"/>
4	Temp_Cisterna_Baja	Warnings	M_Temperatu...	35	Rebase por ex...	<input type="checkbox"/>

Figura 40. Avisos analógicos
Elaborado por: Autor

Imagen de impresión del registro Informe

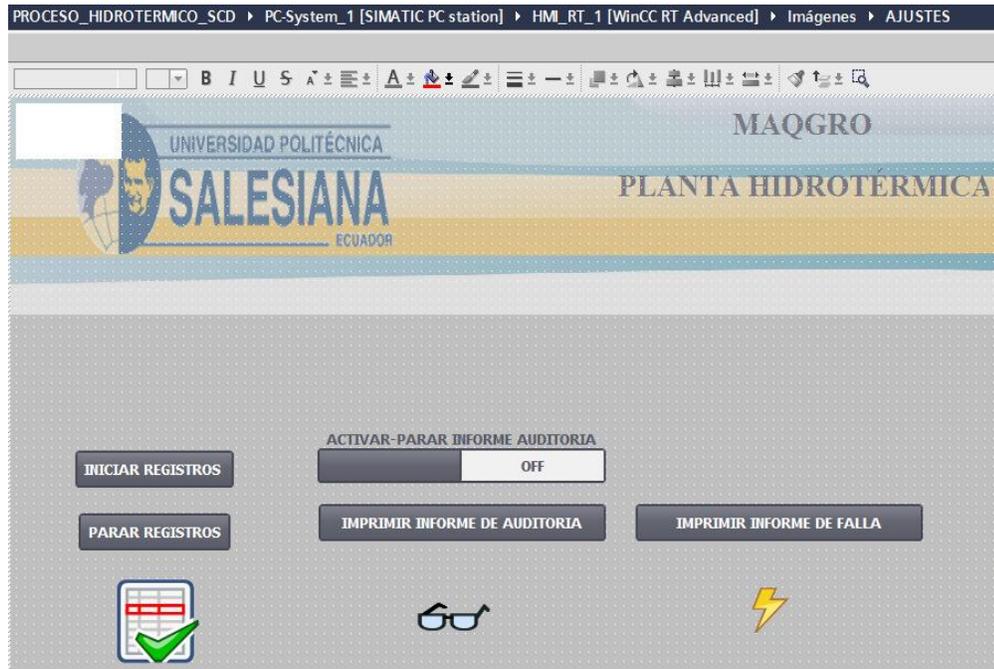


Figura 41. Imagen del registro Informe
Elaborado por: Autor

4.5.2.4 Archivo de auditoria

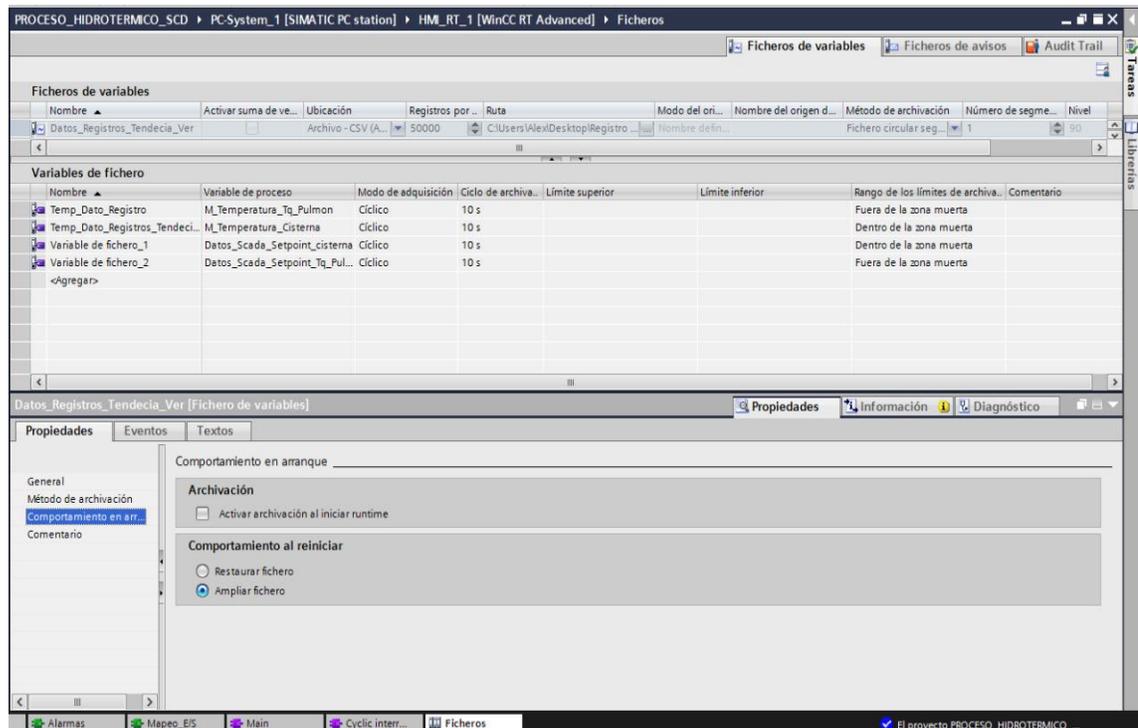


Figura 42. Variables para archivo de auditoria
Elaborado por: Autor

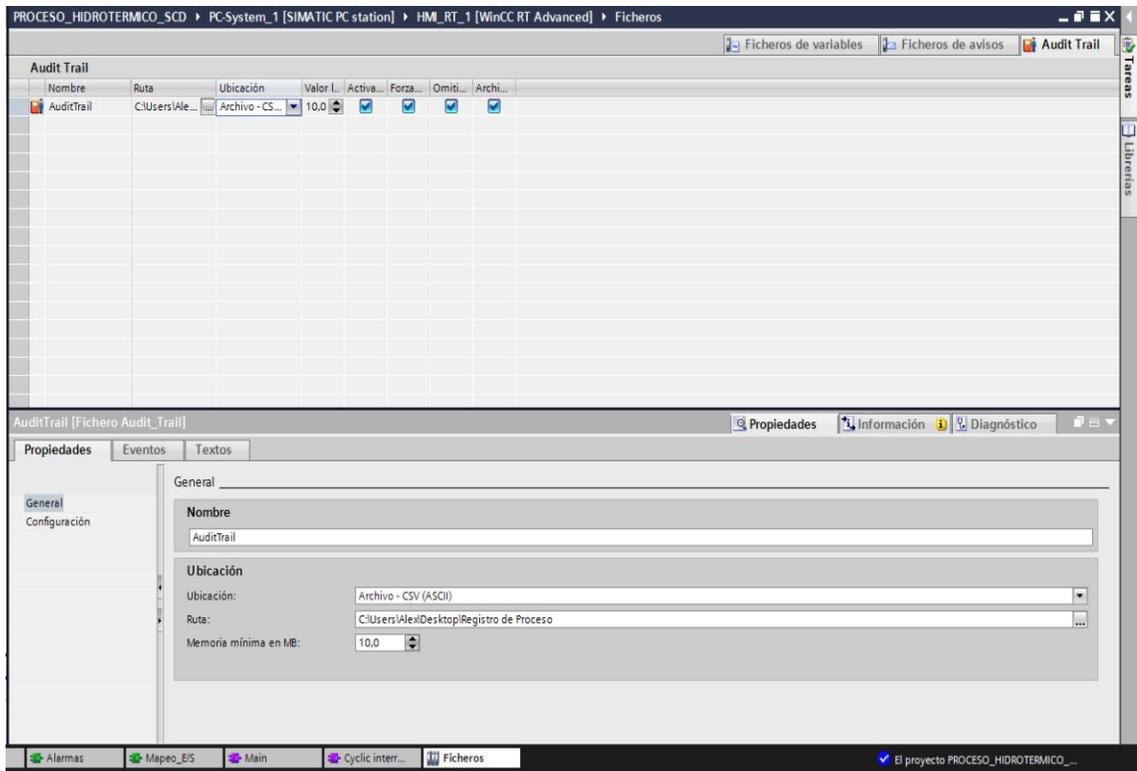


Figura 43. Ubicación de Auditoria
Elaborado por: Autor

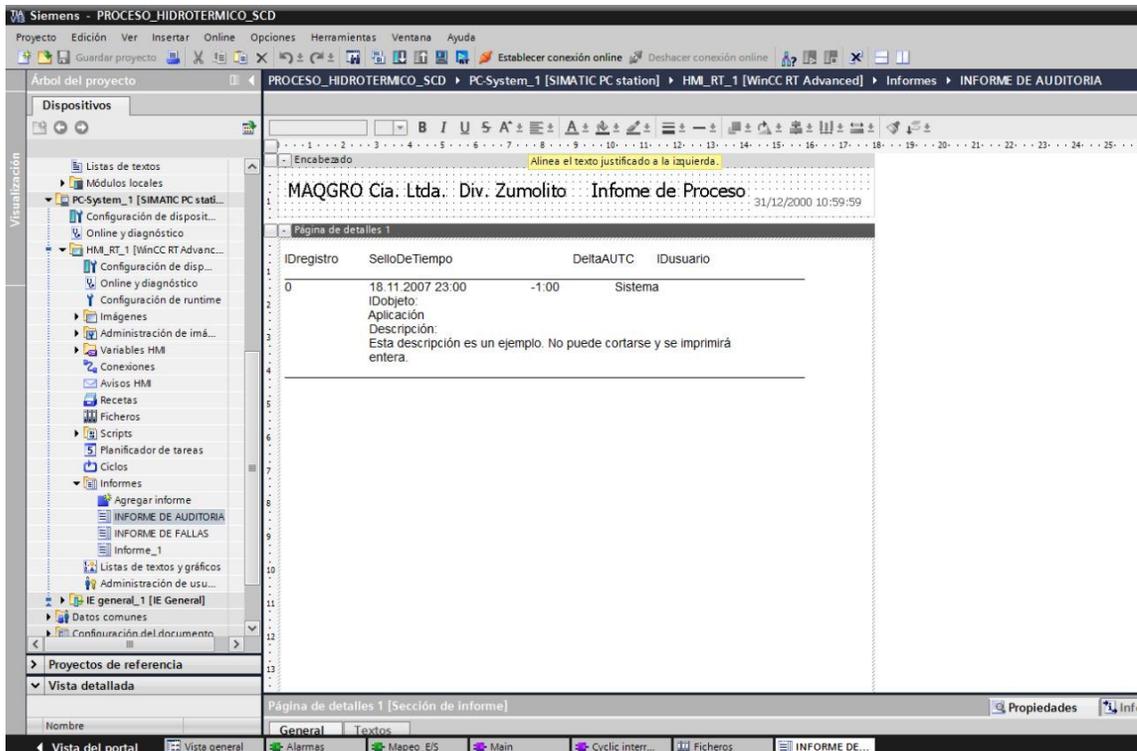


Figura 44. Formato de Auditoria - Informe de proceso
Elaborado por: Autor

4.6 Implementación

4.6.1 Ensamble del tablero de control

A continuación se detallan los pasos seguidos para la elaboración del tablero de control:

Ensamblaje de elementos eléctricos en tablero de control, instalación del PLC, alarma baliza, controlador universal, fuente de corriente AC/DC, breaker y selector.



Figura 45. Ensamblaje de elementos en tablero de control
Elaborado por: Autor

4.6.2 Calibración de válvula eléctrica de posicionamiento

Se conectó señal de corriente de 4 – 20 mA, proveniente del PLC.



Figura 46. Calibración de válvula eléctrica de posicionamiento
Elaborado por: Autor

4.6.3 Instalación del sensor Pt100

Instalación en tubería de acero inoxidable 304 en la cual circula agua caliente.



Figura 47. Instalación del Sensor Pt100
Elaborado por: Autor

4.6.4 Instalación de válvula eléctrica de posicionamiento

Se instala la válvula eléctrica de posicionamiento que controla el paso del vapor hacia la placa intercambiadora de calor, la cual calienta el agua del tanque pulmón.

4.6.5 Ajuste de calibración de válvula eléctrica de posicionamiento

Aquí se muestra la calibración y ajustes de la válvula, la cual va a controlar el ingreso del vapor a la placa intercambiadora.



Figura 48. Instalación de válvula eléctrica de posicionamiento
Elaborado por: Autor

4.6.6 Instalación del sensor PT 100 en tina de calentamiento



Figura 49. Instalar sensor PT 100 en tina de calentamiento
Elaborado por: Autor



Figura 50. Instalación tablero de control en campo
Elaborado por: Autor

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Análisis del Proyecto

En el presente capítulo se muestra una revisión de las principales características de los procesos que se han dado en la implementación del proyecto en la empresa MAQGRO CÍA. LTDA., también se indica las pruebas que se realizaron para comprobar el correcto funcionamiento del sistema hidrotérmico, con lo cual se obtiene un panorama de las características técnicas que debe reunir la empresa para el seguro y correcto funcionamiento de los dispositivos.

Se muestra una revisión de las principales características para conseguir los objetivos planteados.

5.2 Resultados

Se levantó información de los equipos que intervienen en el proceso Hidrotérmico, el cual permitió elaborar los planos eléctricos de control y fuerza, también la realización de una lógica de programación que cumpla los requerimientos del proceso tal como alarmas, emergencia, lazos de control.

Para el proyecto se realizó el diseño de una aplicación amigable en el TIA Portal y Simatic WinCC en la cual el operador pueda identificar los equipos, controle sus estados, fallas, emergencia y registros de temperatura.

5.3 Diseño e implementación

5.3.1 Planos eléctricos de fuerza y control del proceso.

Se han diseñado los planos eléctricos en el software AutoCAD, los cuales muestran el circuito del cableado de control y fuerza que se encuentran montados en la planta.

Estos planos se encuentran en el Anexo 3.

5.3.2 Conexión de dispositivos PLC, sensores, actuadores y elementos del proceso.

Para la conexión de los dispositivos que forman parte del sistema hidrotérmico, se toman aspectos básicos como la polaridad de las fuentes de tensión y la polaridad de los conductores del sensor, la polaridad de control y señal de corriente de la válvula eléctrica de posicionamiento.

En el tablero de control se instala el PLC, sensores y actuadores.



Figura 51. Conexión los equipos del tablero de control
Elaborado por: Autor

Estos equipos fueron instalados en el tablero de control.

5.3.3 Programación para la automatización del proceso mediante Tia Portal

Para la programación se utilizó el software Tia Portal V13, en el cual se realizó el programa para el manejo del sistema hidrotérmico.

Se utilizaron variables de entradas y salidas para enlazar la comunicación entre el PLC y el SCADA.

Como se observa en la Figura 52, es la programación de la lógica en el PLC.

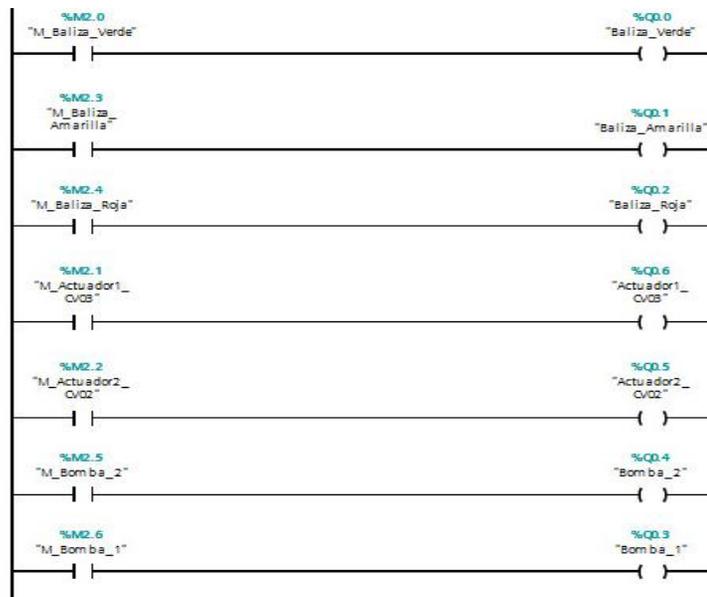


Figura 52. Programación de la lógica en el PLC 1
Elaborado por: Autor

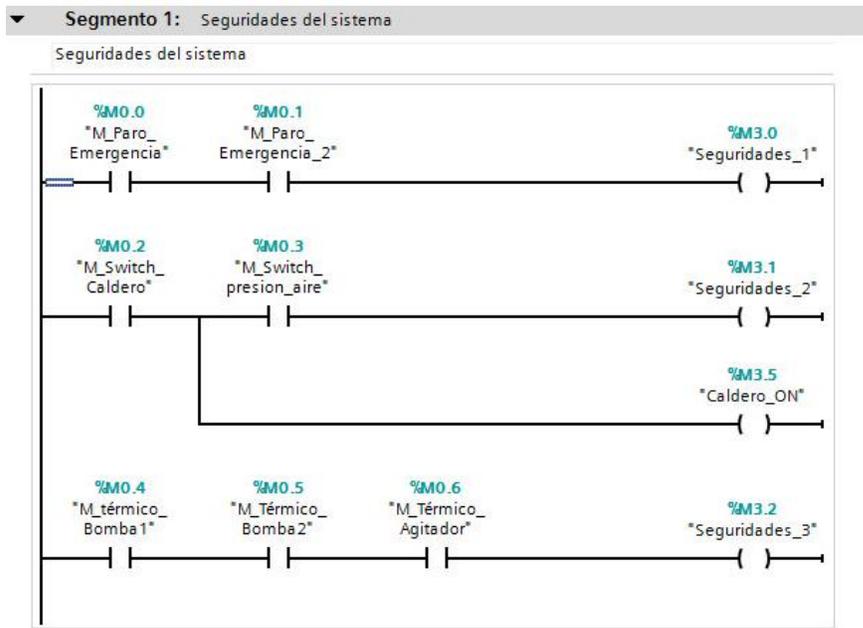


Figura 53. Programación de la lógica en el PLC 2
Elaborado por: Autor

5.3.4 Control PID de temperatura.

Mediante un lazo de control cerrado se controla la temperatura a través del (Setpoint), el cual hace mediciones constantes enviando una señal al elemento final, garantizado una temperatura estable en el proceso.

Este lazo de control cerrado, está formado para este proceso por un elemento primario, el controlador y el elemento final.

Elemento primario de medida: PT 100

Controlador: PLC

Elemento final: Válvula eléctrica de posicionamiento

5.3.5 Aplicación amigable y de fácil manejo en WinCC Advanced en la cual se pueda visualizar y controlar el proceso.

Se creó una aplicación en la cual el operador tenga la facilidad de familiarizarse con el sistema y proceso de la planta hidrotérmico.

Esta aplicación controla, monitorea y registra los datos del proceso hidrotérmico.

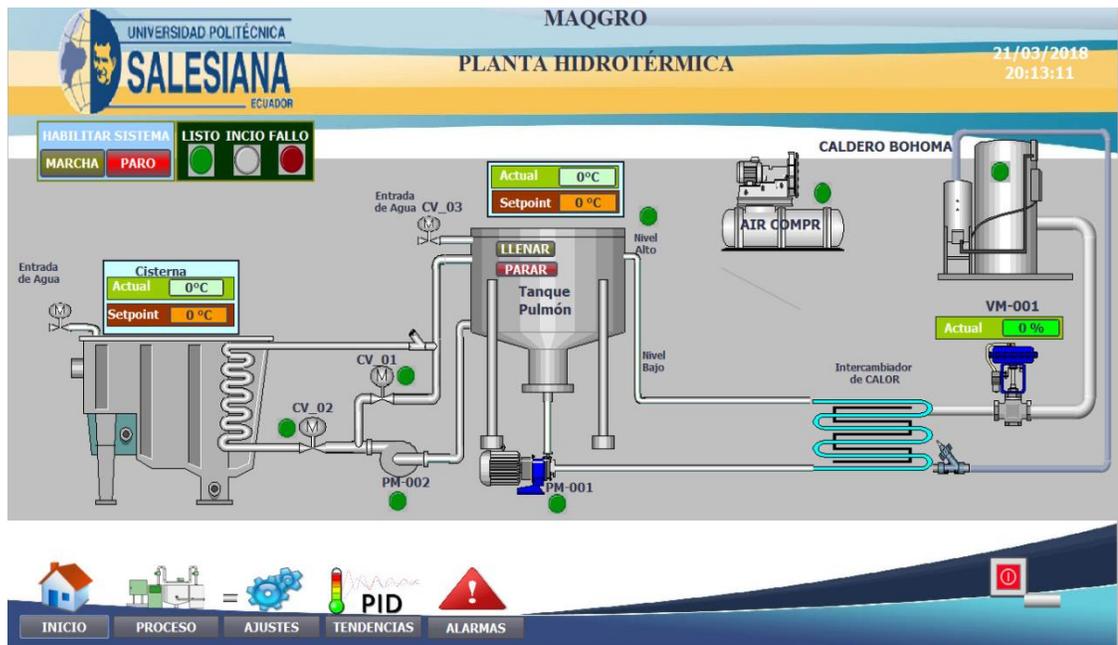


Figura 54. Aplicación amigable y de fácil manejo en WinCC Advanced
Elaborado por: Autor

5.4 Elaboración del manual de usuario para el operador

El manual de usuario para el manejo de la aplicación se encuentra en el Anexo #4, en el cual se indica de manera detallada el manejo del sistema con sus respectivos botones e interfaces.

5.5 Pruebas realizadas

En este capítulo se explican las pruebas realizadas en campo del proceso hidrotérmico en la Empresa, las cuales aprueban a este proyecto como resultado al problema determinado en el capítulo 1, conjunto a este capítulo se interpretan los resultados de esta tesis.

Las pruebas ejecutadas consistieron en evaluaciones periódicas por el operador, en las cuales se analizan el funcionamiento del sistema y se obtiene la información necesaria para realizar críticas constructivas acerca de cómo optimizar la aplicación.

Estas pruebas han sido realizadas el día 01 de Julio del 2018, en las cuales se comprueba mediante un termómetro de mercurio la compatibilidad de la temperatura medida de la tina de calentamiento con respecto a la indica el sistema SCADA.

Después se calibra el Zero y el Span del transductor universal para ajustar la temperatura.

Similar al proceso anterior se realiza una comprobación de temperatura del tanque pulmón.

Luego se procede a ajustar valores en el transductor para posteriormente poner en marcha el control PID con el cual se va a mantener constante la temperatura.

Con estos pasos se comprueba el correcto funcionamiento del sistema hidrotérmico. En la figura 55 se muestra la curva de temperatura, durante la prueba realizada. Las pruebas en el tanque y en la cisterna, también se comprueba la respuesta de la válvula eléctrica de posicionamiento.

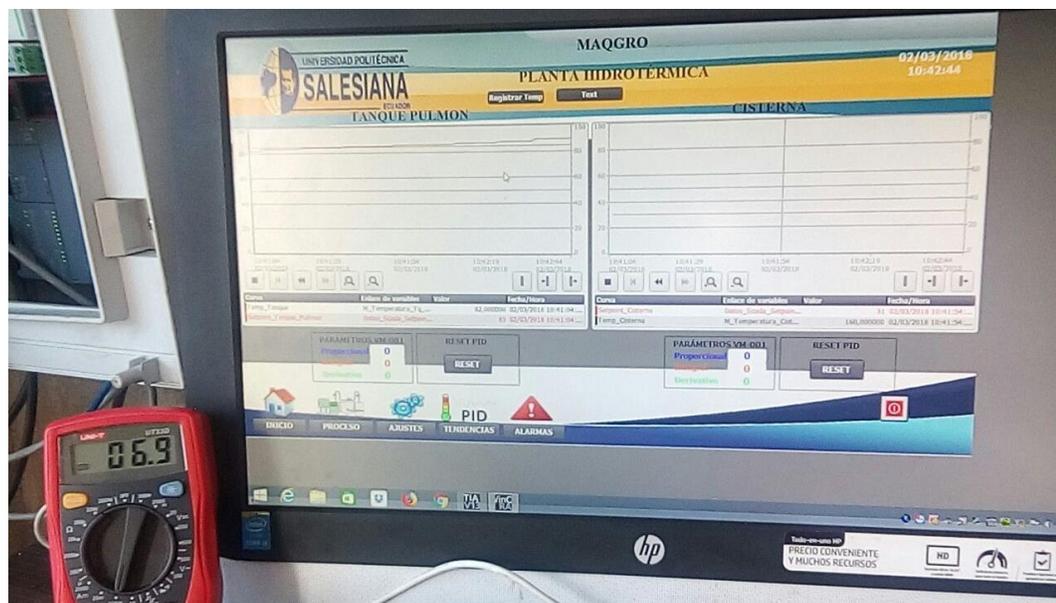


Figura 55. Muestra de curva de temperatura 1
Elaborado por: Autor

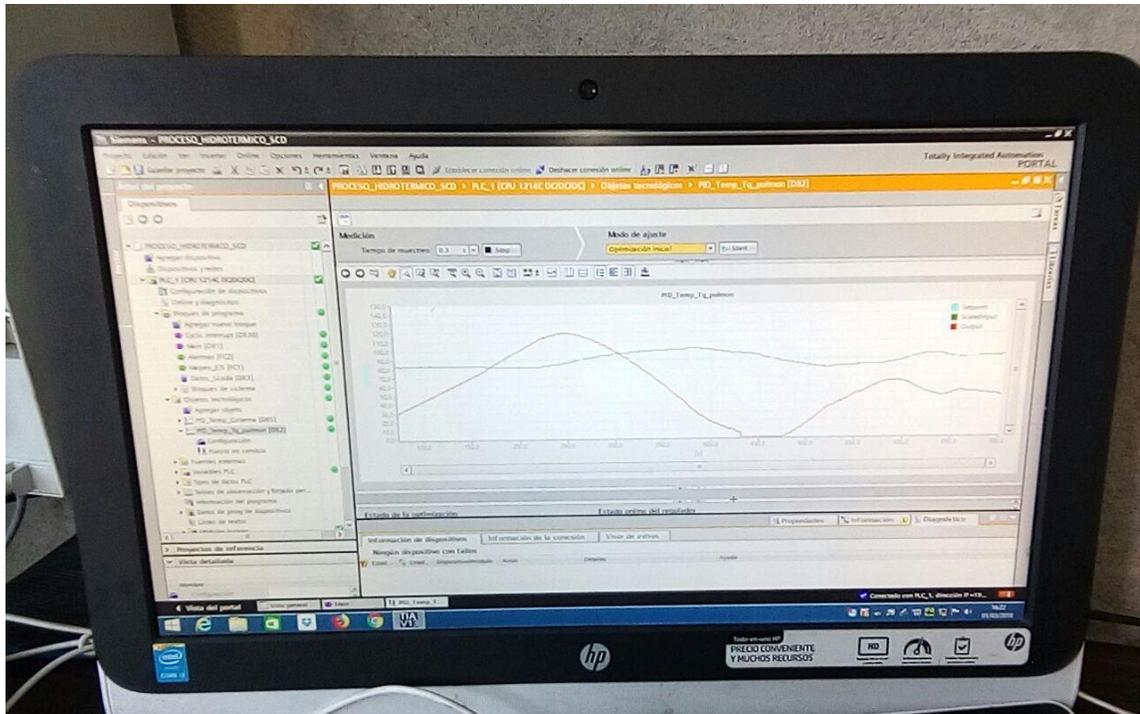


Figura 56. Muestra de curva de temperatura 2
Elaborado por: Autor

CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones a las que se ha llegado después del desarrollo del presente proyecto de grado:

Mediante la puesta en marcha de la planta de Tratamiento Hidrotérmico en la Empresa MAQGRO Cía. Ltda., se comprueba que su funcionamiento es eficaz y cumple satisfactoriamente el propósito de tratar a la fruta contra la plaga llamada “Moscas de la fruta”.

El sistema SCADA implementado mediante la plataforma TIA Portal y SIMATIC WinCC de Siemens permite visualizar, controlar, monitorear y registrar las variables más importantes en el proceso de la planta de Tratamiento Hidrotérmico.

En el diseño y construcción del tablero de control se observa que la correcta disposición de los dispositivos de mando, maniobra y protección como el PLC, sensores, actuadores, elementos de fuerza y control es muy importante ya que esto permite una fácil operación y mantenimiento por parte del personal técnico correspondiente.

La aplicación ha sido implementada de tal manera que es amigable con el usuario y permite obtener información necesaria sobre el proceso de Tratamiento Hidrotérmico con la finalidad de asegurar un proceso de calidad y confiabilidad que permita realizar la exportación de las frutas que han sido tratadas con esta planta.

Es muy importante que el operador estudie detalladamente el manual de usuario para que el sistema sea operado de forma correcta y se eviten posibles daños o accidentes producto de un mal manejo del sistema.

RECOMENDACIONES

Para que el sistema conserve su eficiencia de trabajo, es recomendable realizar una limpieza periódica, ajustes, y calibración de los sensores y transductores, por empresas certificadas de tal manera que se garantice que los equipos de medición operen de forma correcta.

Se recomienda realizar limpieza y reajustes de los dispositivos empotrados en el tablero eléctrico de control, cada 6 meses o cambio de estados para evitar que la humedad y cables mal ajustados den lecturas erróneas de las mediciones.

Se recomienda realizar una calibración a la válvula eléctrica de posicionamiento cada 4 meses, para tener un funcionamiento óptimo de la misma.

Se recomienda dar mantenimiento preventivo a las bombas en sus partes mecánicas para evitar fugas de agua.

Bibliografía

- Arian - Control & Instrumentación. (03 de Octubre de 2011). *Pt100, su operación, instalación y tablas*. Obtenido de <http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>
- Belden Inc. (2018). *Productos de cables y alambres Belden®*. Obtenido de <http://www.beldencables-emea.com/en/products/index.phtml>
- Benavides Barreda, J. F. (17 de Marzo de 2015). *Siemens TIA Portal V13*. Obtenido de <http://solidworksavanzado.blogspot.com/2015/03/siemens-tia-portal-v13.html>
- BRIONES HOLGUÍN, J., & TRIVIÑO SOLÍS, V. (Julio de 2015). *SISTEMA DE MONITOREO EN LÍNEA DE LAS VARIABLES DE CONTROL: ULTRASONIDO, TEMPERATURA, AIRE Y CAUDAL DE AGUA DE LOS MOTORES DC DEL TREN ACABADOR DEL PROCESO DE LAMINACIÓN EN CALIENTE EN ACERÍAS NACIONALES DEL ECUADOR*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10440/1/UPS-GT001536.pdf>
- CyD. (s.f.). *Tratamiento con calor aplicado a frutos - Efectos y alternativas basadas en biotecnología*. Obtenido de <http://www.cienciaydesarrollo.mx/?p=articulo&id=104>
- DANIELA, A. P. (2013). *IMPLEMENTACIÓN DE UN HMI UTILIZANDO UN TOUCH PANEL. Tesis de tecnólogo*. Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, Latacunga.
- GINICE. (s.f.). *ACTUADOR DE VÁLVULA ON-OFF (GEA-10A / 20A / 30A)*. Obtenido de http://www.ginice.co.kr/eng/product01-1-1.html?id_no=646
- Gútiez, I. (s.f.). *Requisitos de TIA portal de software y hardware*. Obtenido de <https://programacionsiemens.com/requisitos-de-tia-portal-v13/>
- Inventable. (s.f.). *Introducción a los relés*. Obtenido de <https://www.inventable.eu/introduccion-a-los-reles/>
- Luque, J. M. (11 de Febrero de 2016). *WinCC RT Professional Cargar Proyecto Estación Runtime*. Obtenido de https://plc-hmi-SCADAs.com/WinCC_RT_Cargar_Proyecto.php
- Omega Engineering. (2003). *Pt100*. Obtenido de *Introducción y tipos de sensores Pt100*: <https://es.omega.com/prodinfo/pt100.html>

- PR electronics. (1 de Diciembre de 2017). *Soluciones de acondicionamiento de señal. Transmisores...* Obtenido de <http://www.prelectronics.es/?altTemplate=showproduct&id=2272>
- Saavedra, L. G. (Marzo de 2016). Estudio y optimización del modo de control del proceso de Tratamiento Hidrotérmico para mangos. (*Tesis de maestría*). Universidad de Piura, Piura.
- Siemens. ((s.f.)). *Visualización - SIMATIC WinCC (TIA Portal)*. Obtenido de Software HMI de la nueva generación: <http://w3.siemens.com/mcms/automation-software/en/tia-portal-software/wincc-tia-portal/pages/default.aspx>
- Siemens. (Julio de 2011). *Introducción al PLC S7-1200*. Obtenido de <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/s71200EasyBook0411.pdf>
- Siemens. (s.f.). *Fuente SITOP - SITOP lite*. Obtenido de <http://w3.siemens.com/mcms/power-supply-sitop/es/lite/pages/default.aspx>
- Siemens. (s.f.). *SIMATIC S7-1200 - La interacción hace la diferencia*. Obtenido de https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce_educacion/Documentacion-Didactica/Documents/SIMATIC%20S71200R.pdf
- SRC. (s.f.). *¿Qué es un sensor PT100?* Obtenido de <http://srcsl.com/que-es-un-sensor-pt100/>
- Suárez, K. P. (2012). Estudio, Diseño e Implementación de un Laboratorio y Guía de Prácticas con. *Tesis de pregrado*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL, Quito.

ANEXOS

Anexo 1: Cronograma de duración del proyecto

Tabla 11. Cronograma del Proyecto de Tesis

Actividades / Semana asignada	SEPT17				OCT17				NOV17				DIC17				ENE18				FEB18				MAR18			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Análisis del Problema																												
Esquema del Proyecto																												
Elementos del Proyecto																												
Objetivos del Proyecto																												
Desarrollo del proyecto																												
Redacción del proyecto																												
Levantamiento de planos eléctricos de fuerza y control del proceso																												
Conexión equipos PLC, sensores, actuadores y elementos del proceso																												
Desarrollo de la programación para la automatización del proceso en Tia Portal																												
Desarrollo de una aplicación amigable y de fácil manejo en WinCC Advanced																												
Prueba de Corrección de fallas																												
Entrenamiento a personal (Usuarios)																												
Documentación (Manual de Usuario)																												
Revisión y corrección del borrador del proyecto																												
Transcripción y entrega del Proyecto																												

Elaborado por: Autor

Anexo 2: Presupuesto general del proyecto

Tabla 12. Presupuesto general del Proyecto

ELEMENTO	VALOR UNITARIO	CANT.	VALOR FINAL
PLC S7-1200 1214 AC/DC/R	\$ 450,00	1	\$ 450,00
Módulo entradas análogas	\$ 290,00	3	\$ 870,00
Módulo 16 entradas/salidas digitales	\$ 235,00	1	\$ 235,00
Pt 100	\$ 37,00	12	\$ 444,00
Rele de 11 pines 220 AC C/ Base Siemens	\$ 23,00	11	\$ 253,00
Micro Swicth	\$ 45,00	4	\$ 180,00
Riel Din	\$ 12,00	1	\$ 12,00
Bornera de control # 18	\$ 1,75	50	\$ 87,5
Cable flexible #18	\$ 22,00	200	\$ 44,00
Terminal Puntera	\$ 3,00	100	\$ 3,00
Fuente de 5 Amp 24 VDC	\$ 350,00	1	\$ 350,00
Impresora HP	\$ 150,00	1	\$ 150,00
Breaker de 2P 2 AMP. RIEL	\$ 12,00	4	\$ 48,00
Bornera de tipo fisilera	\$ 4,30	36	\$ 154,8
Tablero 80x60x20	\$ 150,00	1	\$ 150,00
Marquilla tipo anillo	\$ 12,00	1	\$ 12,00
Ingeniería del proceso	\$ 3500,00	1	\$ 3500,00
SUB TOTAL			\$6943,30
IVA 14%			\$ 972,062
TOTAL			\$ 7915,36

Elaborado por: Autor

Hoja	Descripción	Fecha de revisión
01	Sumario	01 - 04/01/2016
02	Sumario	01 - 04/01/2016
03	Simbología	01 - 04/01/2016
04	Transformador Seco	01 - 04/01/2016
05	Conexiones de motores	01 - 04/01/2016
06	Fuente de voltaje y Plc	01 - 04/01/2016
07	Entradas digitales Slot 1	01 - 04/01/2016
08	Entradas digitales Slot 1	01 - 04/01/2016
09	Entradas digitales Slot 2	01 - 04/01/2016
10	Entradas digitales Slot 2	01 - 04/01/2016
11	Entradas digitales Slot 3	01 - 04/01/2016
12	Entradas digitales Slot 3	01 - 04/01/2016
13	Salidas digitales Slot 4	01 - 04/01/2016
14	Salidas digitales Slot 4	01 - 04/01/2016
15	Salidas digitales Slot 5	01 - 04/01/2016
16	Salidas digitales Slot 5	01 - 04/01/2016

SUMARIO

<small>Este documento es propiedad de SALESIANA ECUADOR S.A. y no debe ser copiado, distribuido, publicado o difundido en forma alguna sin el consentimiento escrito de SALESIANA ECUADOR S.A.</small>	DISEÑO: _____ RESP. TECN.: A. Espin REVISADO: D. Anapiso APROBADO: _____	UNIVERSIDAD:  SALESIANA ECUADOR	PROYECTO: DISEÑO ELÉCTRICO SISTEMA HIDROTÉRMICO	CONTENIDO: CONTENIDO: AREA/UBICACION: AREA	HOJA: 2 HOJAS: 18 CÓDIGO DE PLANO: CODIGO
	FORMATO: A4 ESCALA: na	HOJA: 2 HOJAS: 18 CÓDIGO DE PLANO: CODIGO			

Figura 58. Sumario de Planos – AutoCAD
Elaborado por: Autor

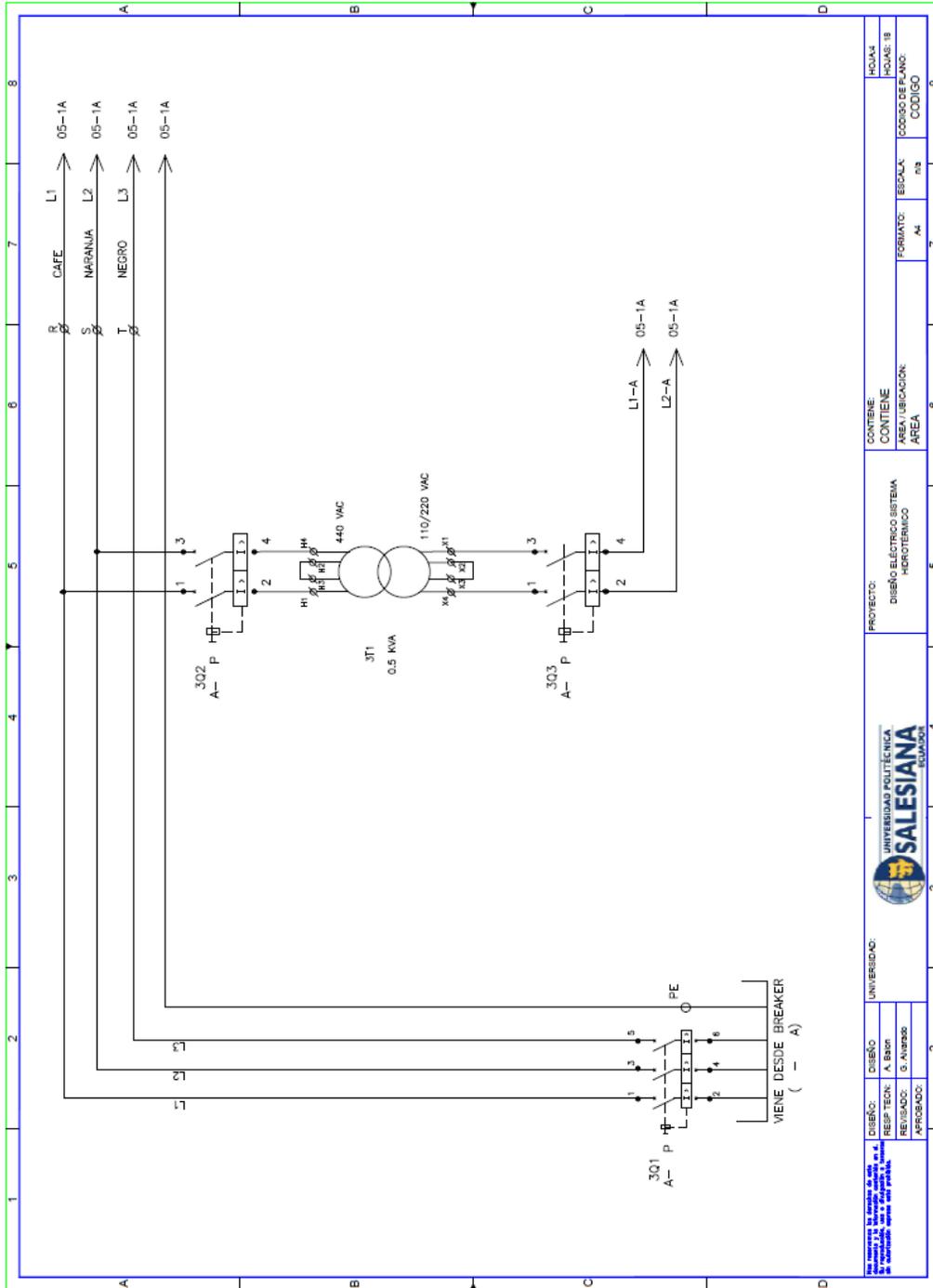


Figura 60. Transformar de una red trifásica a un sistema monofásico para realizar conexiones con equipos de 110/220v
Elaborado por: Autor

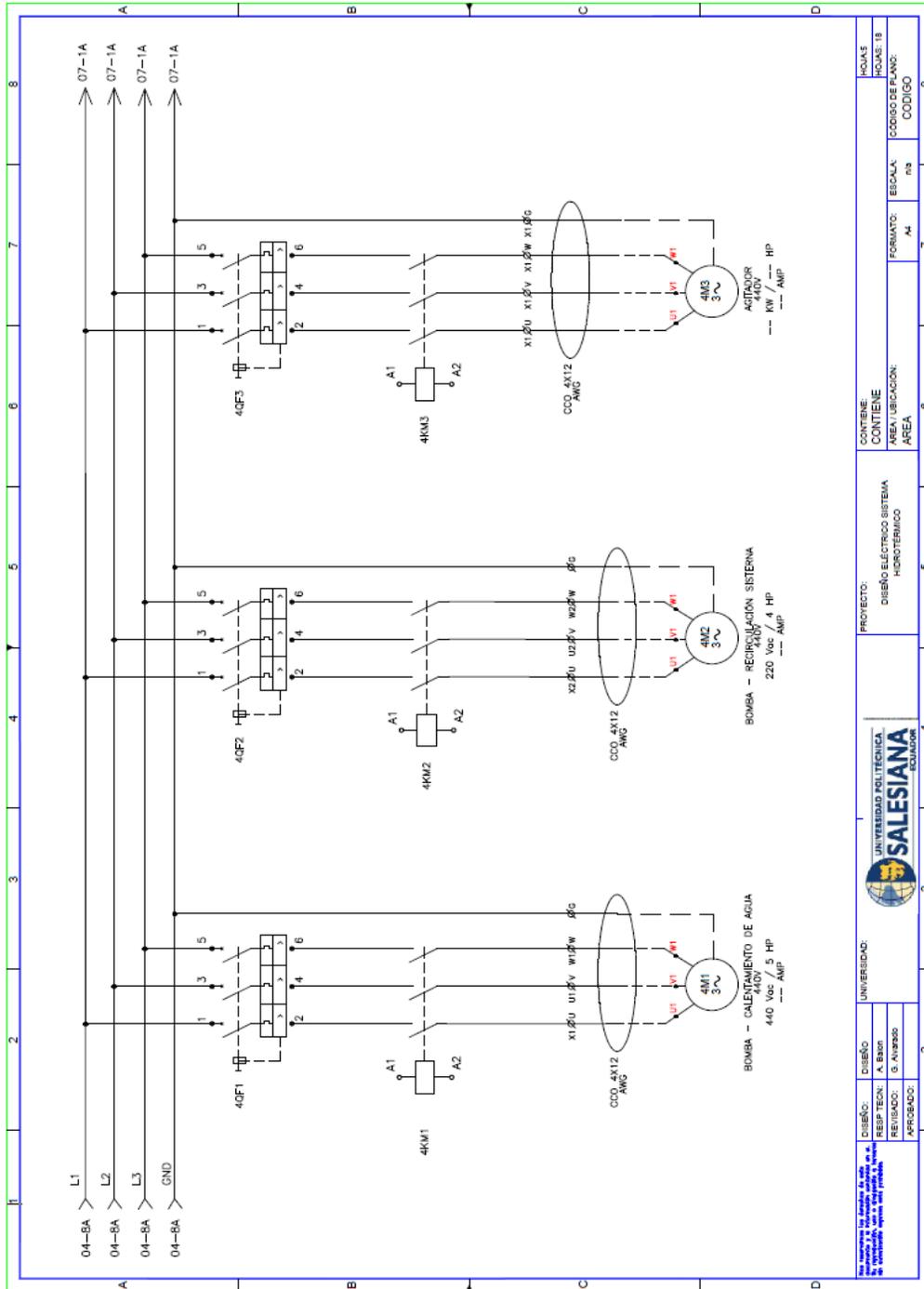
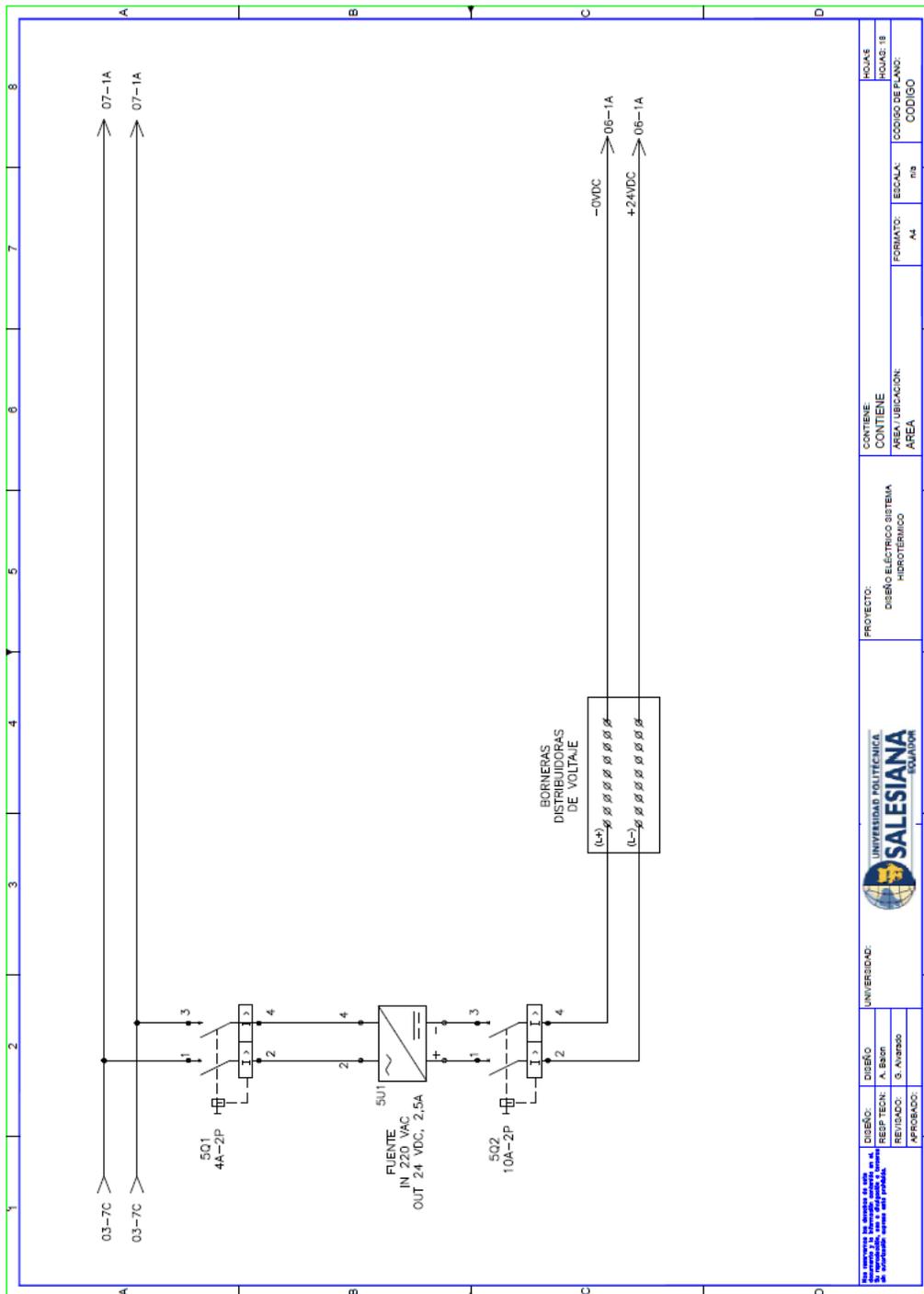


Figura 61. Encendido de bombas y agitador
Elaborado por: Autor



DISEÑO: RESP. TECN.: REVISADO: APROBADO:	DISEÑO: A. BARR... S. ARRIBAS	UNIVERSIDAD:  SALESIANA EQUIPO	PROYECTO: DISEÑO ELÉCTRICO SISTEMA HIDROTÉRMICO	CONTIENE		HOJAS: 18
				ÁREA: LIBRACION:	ESCALA:	
			FORMATO:	ESCALA:	CÓDIGO DE PLANO:	

Figura 62. Convertidor de AC/DC 110VAC a 24VDC que va a un grupo de borneras de distribución
Elaborado por: Autor

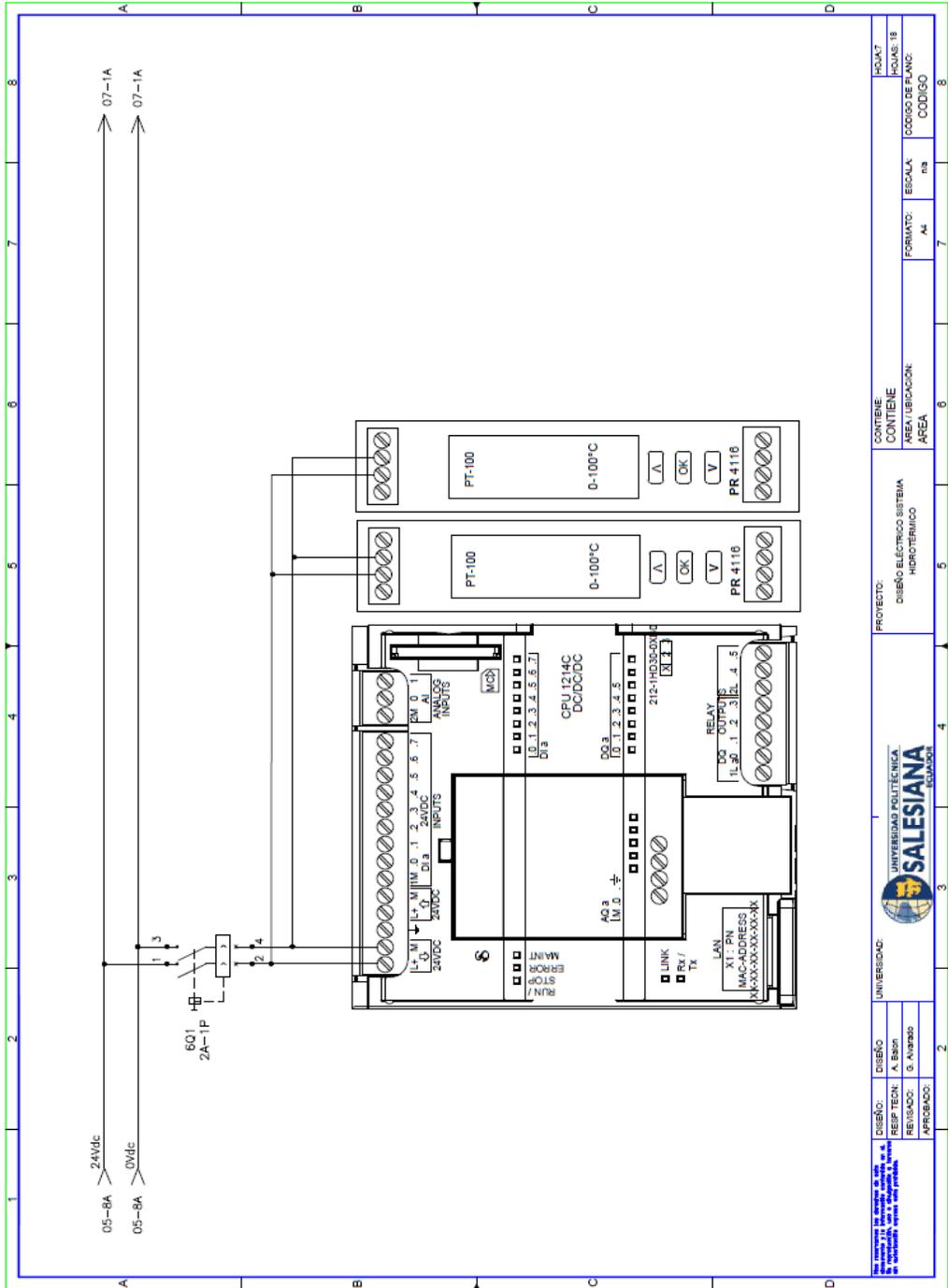


Figura 63. Plano físico del PLC Siemens S7-1200 1214C DC/DC/DC con módulos para SENSORES RTD Pt100
Elaborado por: Autor

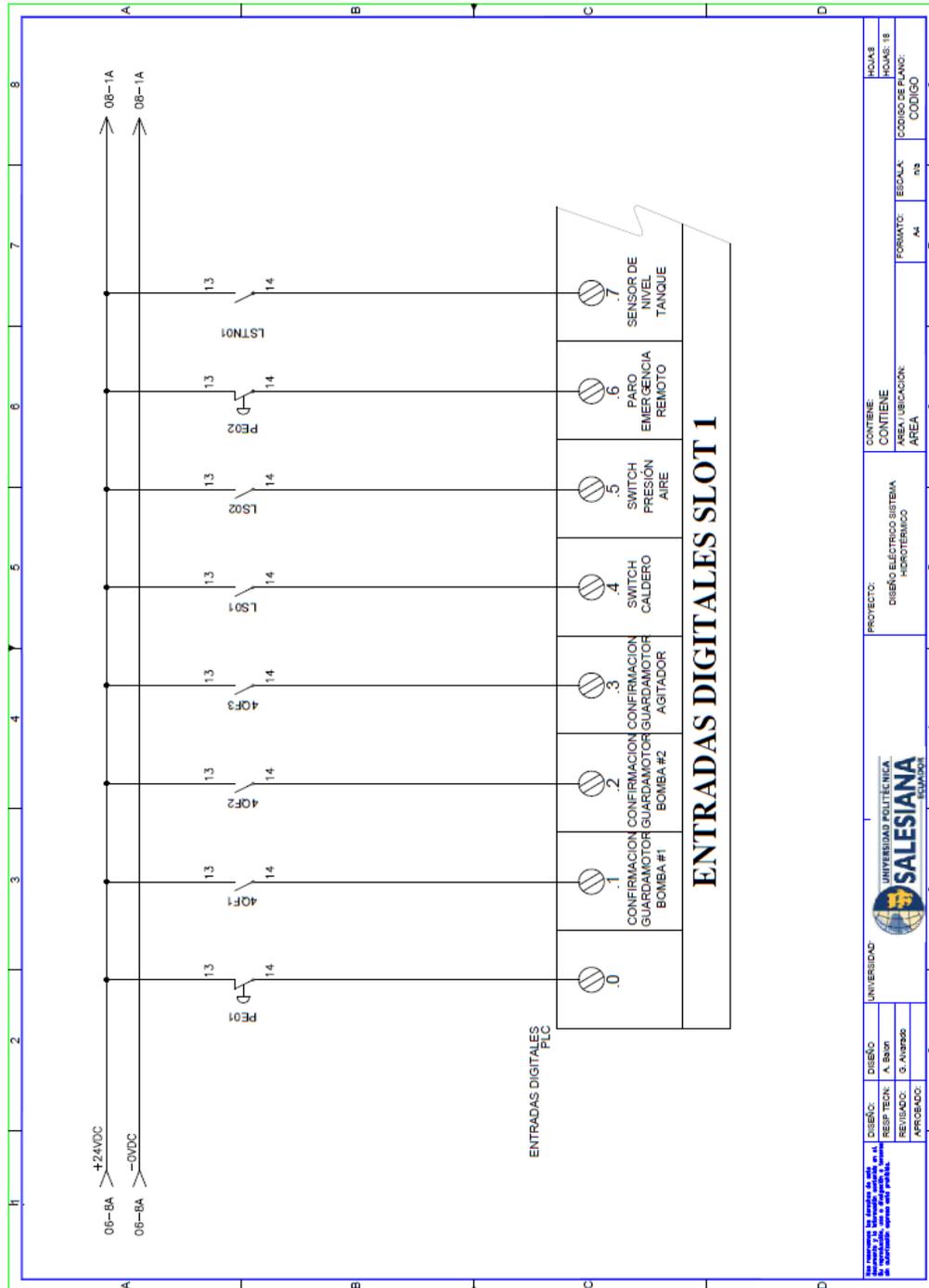
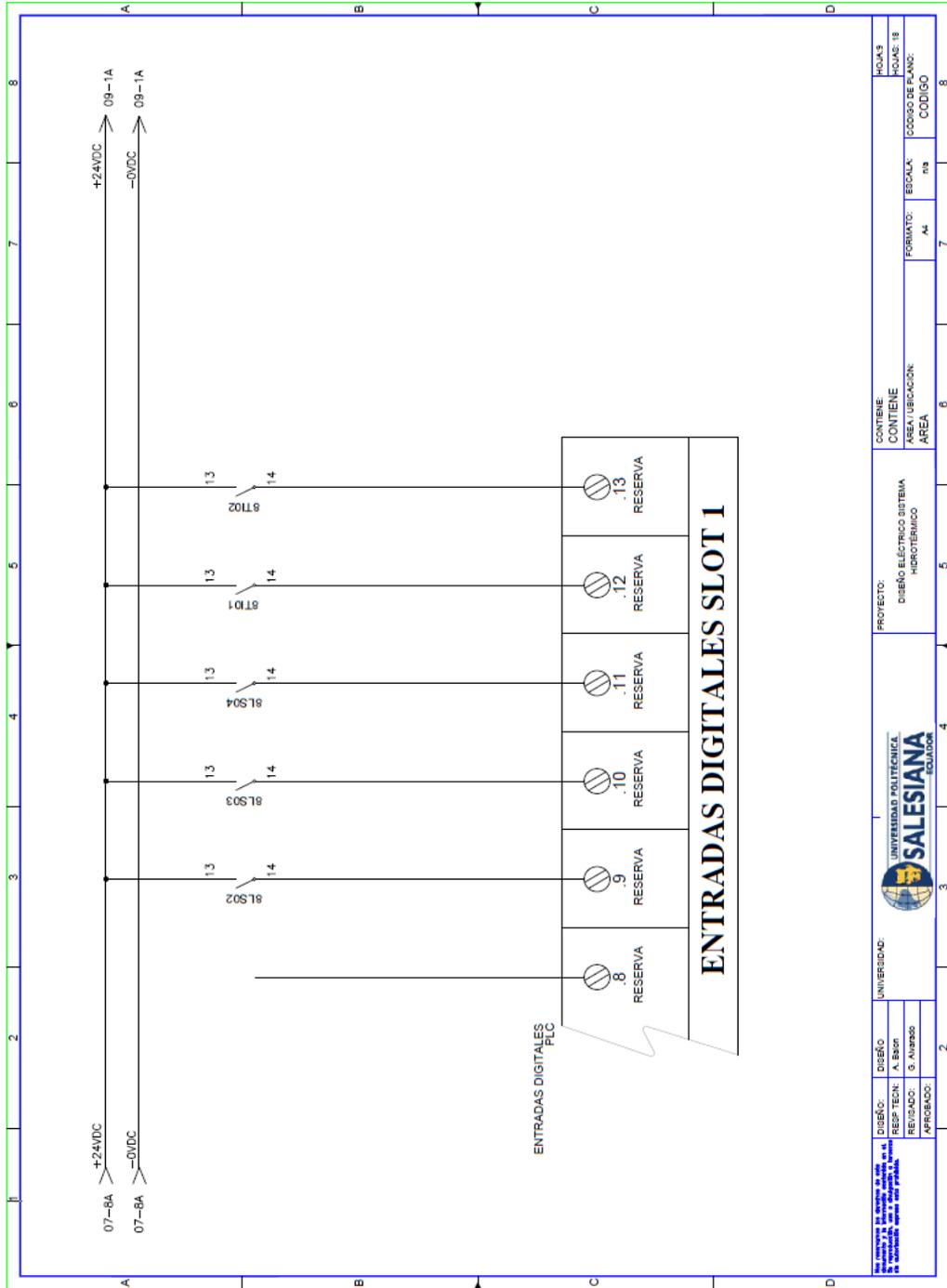


Figura 64. Grupos de entradas digitales del PLC
Elaborado por: Autor



<small> Este documento es propiedad de la Universidad Politécnica Salesiana y no puede ser reproducido ni utilizado sin el consentimiento escrito de esta institución. </small>	DISEÑO: RESP. TECN.: REVISADO: APROBADO:	DISEÑO: A. Eskin G. Alvarez	UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA 	PROYECTO: DISEÑO ELÉCTRICO SISTEMA HIROTÉRMICO	CONTIENE: AREA: UBICACIÓN: AREA:	HOJA 3 HOJAS 18
	FORMATO: A4	ESCALA: n/a	CÓDIGO DE PLANO: CODIGO			

Figura 65. Grupos de entradas digitales del PLC de reserva
Elaborado por: Autor

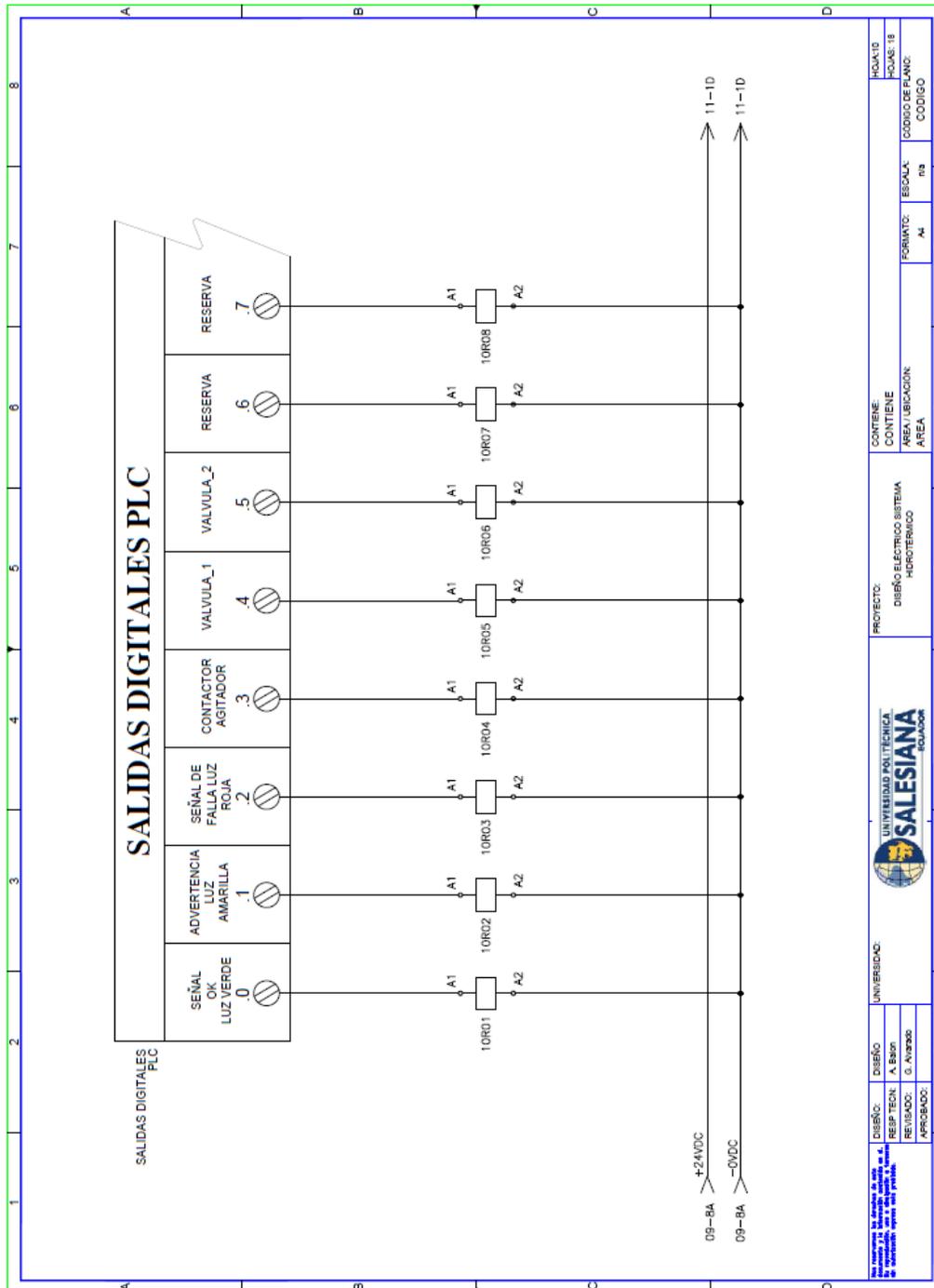


Figura 66. Accionamientos de actuadores por medio de salidas digitales del PLC
Elaborado por: Autor

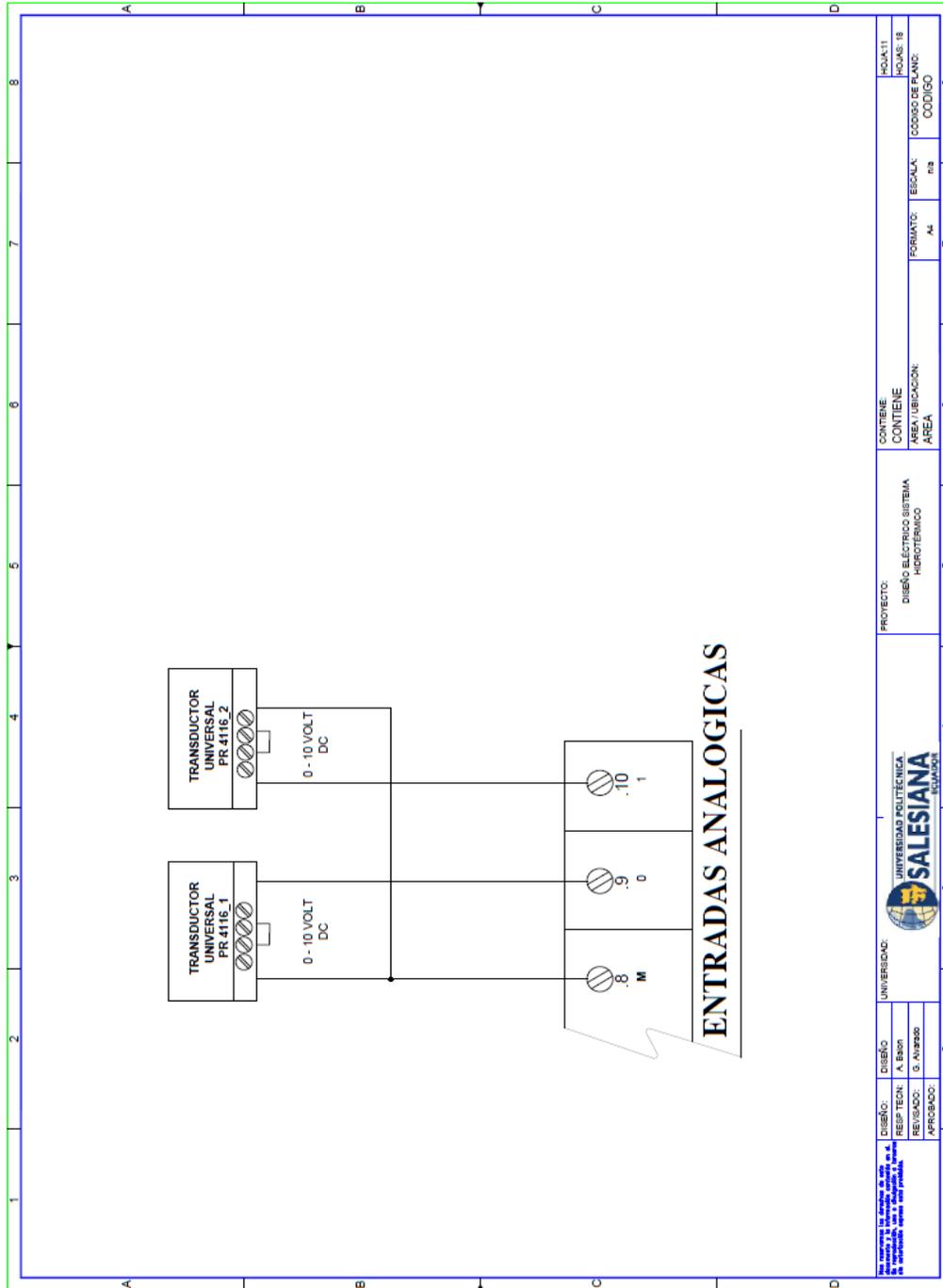


Figura 67. Entradas Analógicas
Elaborado por: Autor

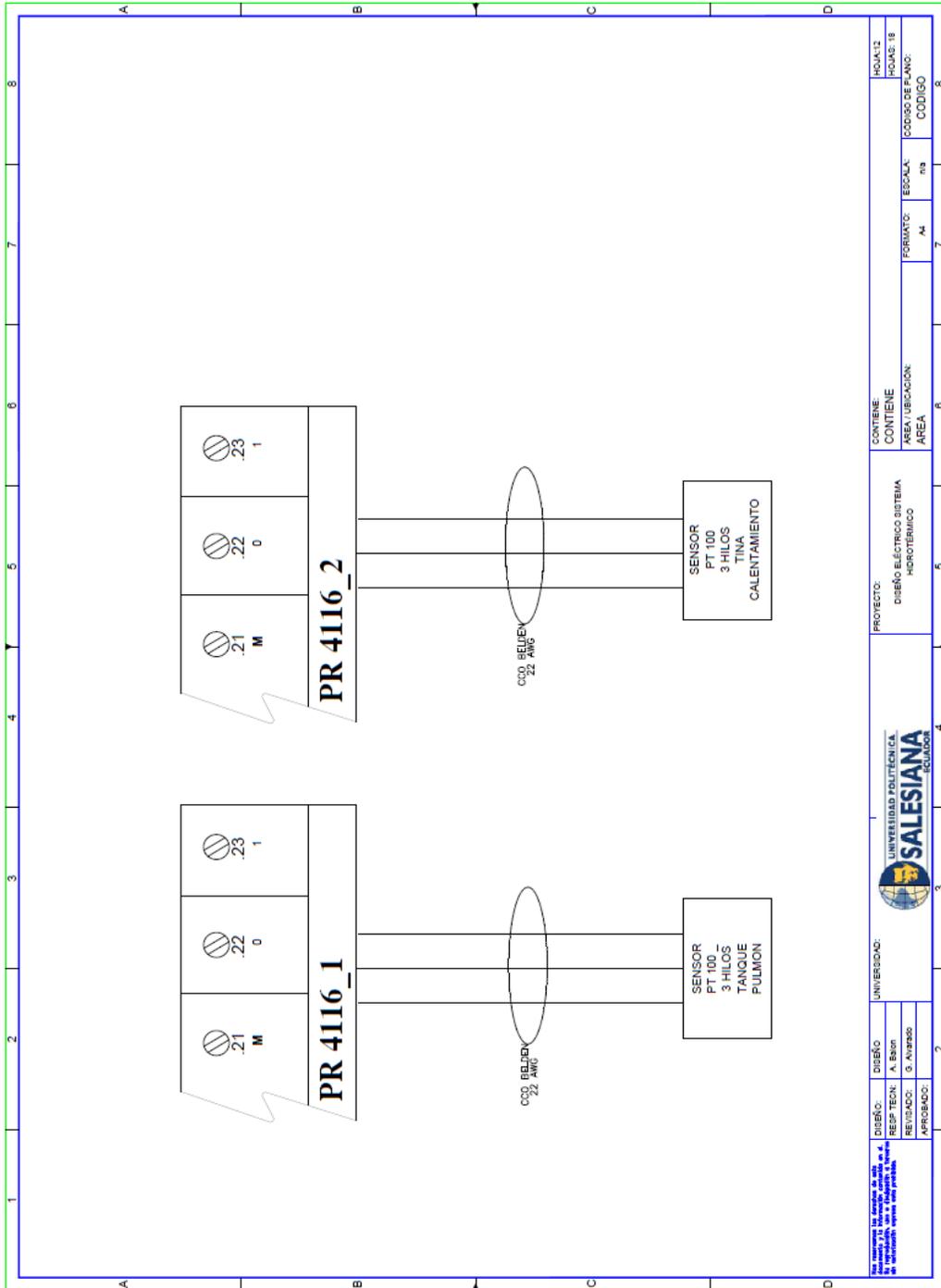


Figura 68. Conexión de los sensores RTD Pt100
Elaborado por: Autor

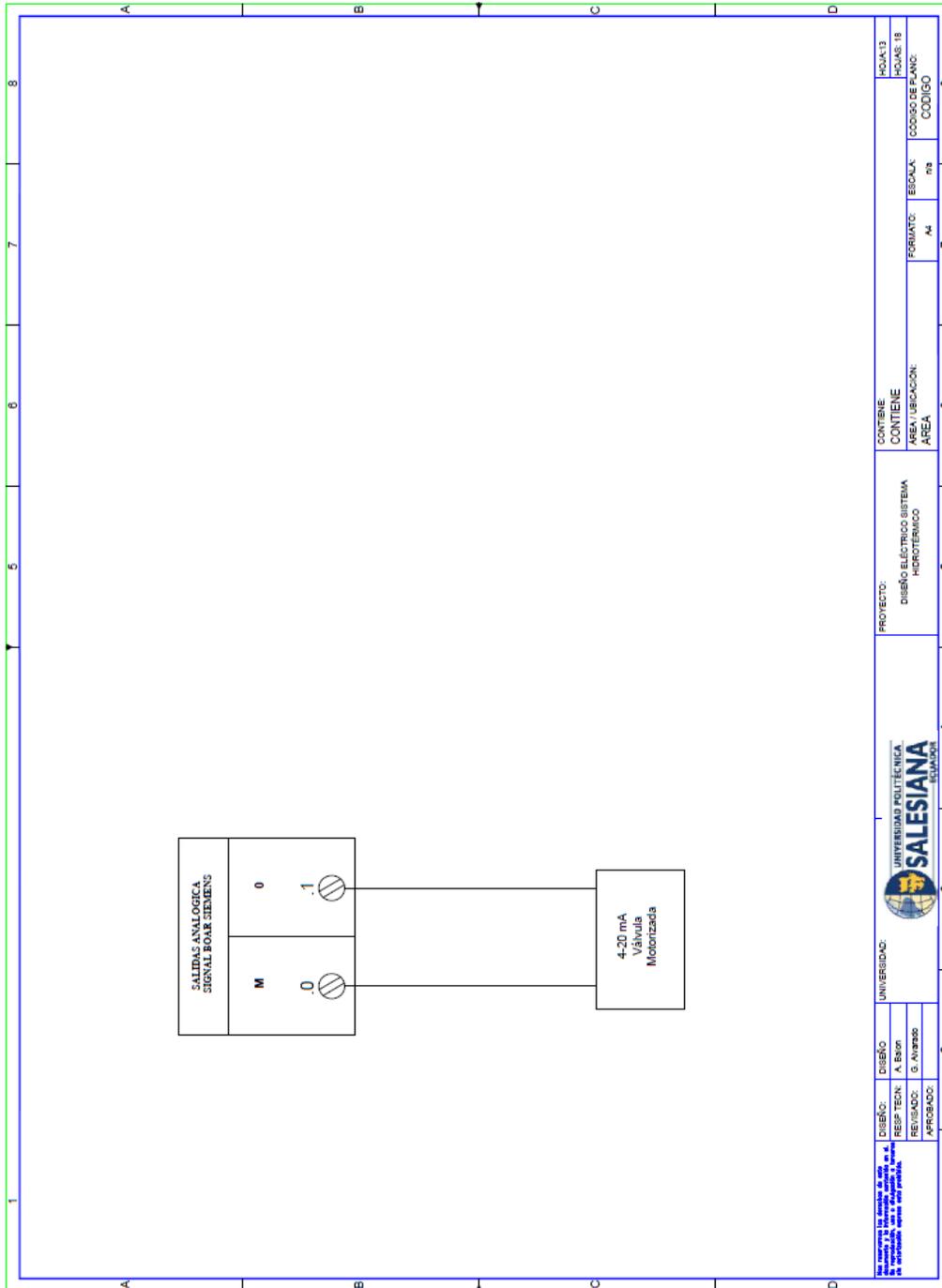
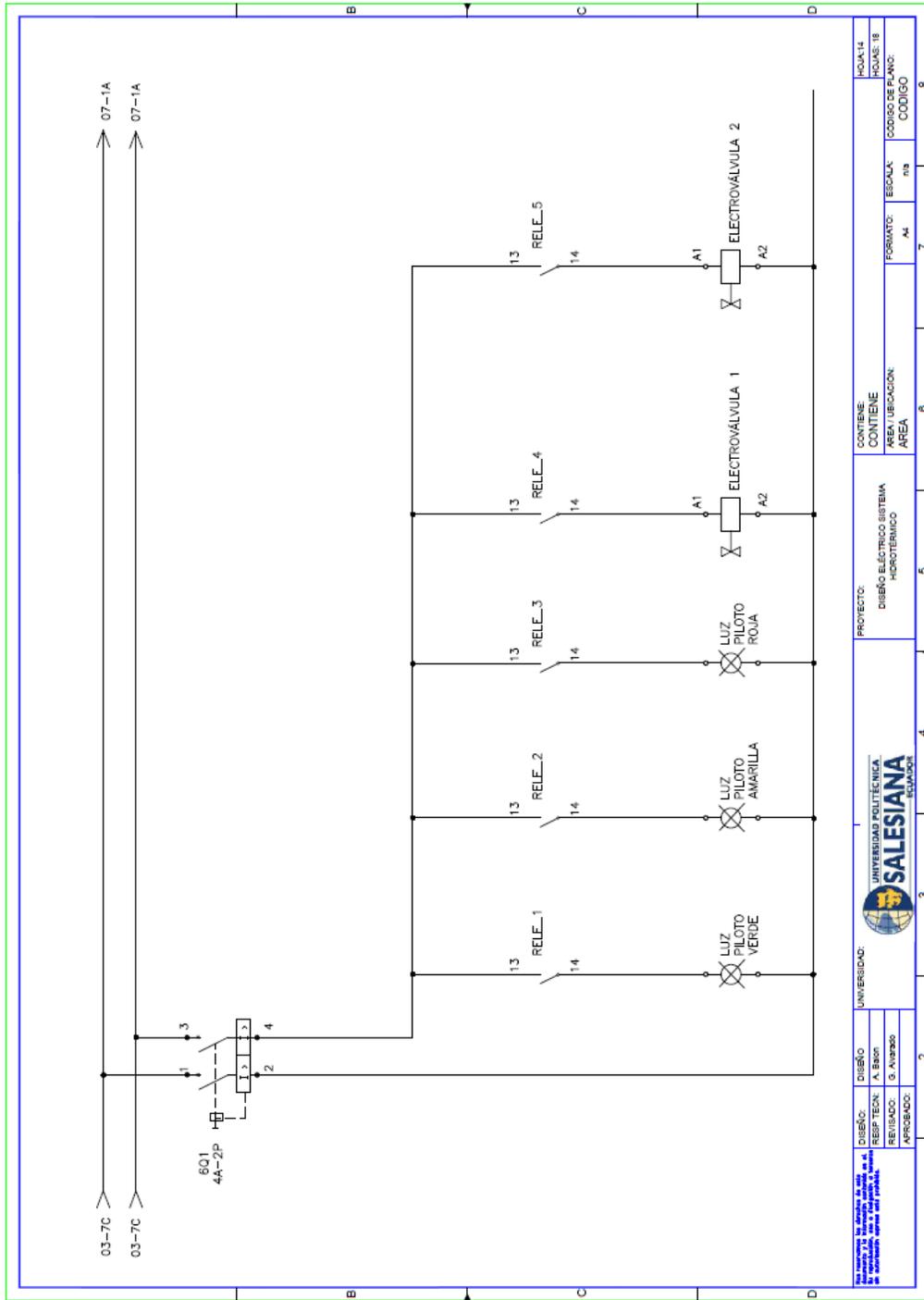


Figura 69. Conexión y apertura de válvula motorizada por medio de señal analógica
Elaborado por: Autor



UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA		PROYECTO: DISEÑO ELECTRO SISTEMA HEROTERMICO		CONTIENE: AREA/UBICACION: AREA		HOJA 14	
DISEÑO: A. BARR	REVISADO: S. AVANZO	APROBADO:	FORMATO: A4	ESCALA: n/a	CODIGO DE PLANO:	HOJA 18	

Figura 70. Accionamientos de actuadores por medios de relés de contactos
Elaborado por: Autor

Anexo 4. Manual

En el siguiente anexo, se indica el manual del operador.

El operador debe hacer click en el icono (SCADA MAQGRO)



Figura 71. Icono para ejecutar el programa
Elaborado por: Autor

Se le abrirá una pantalla de bienvenida como se muestra en la figura a continuación.



Figura 72. Imagen de cuando el programa se ha ejecutado
Elaborado por: Autor

En la pantalla anterior existen 4 botones en la cual me dan ingreso a la visualización del proceso.



Figura 73. Botones para activación de visualización de proceso
Elaborado por: Autor

- En la pantalla INICIO se observa la pantalla de bienvenida.
- En la pantalla PROCESO se visualiza el funcionamiento de los equipos.

- En la pantalla AJUSTES se encuentran los botones con los cuales se puede iniciar y parar los registros, imprimir informes de auditoría e informes de fallas suscitadas durante el proceso de Tratamiento Hidrotérmico.
- En la pantalla TENDENCIAS, el operador puede observar el comportamiento de las curvas de temperatura respecto al Setpoint establecido.
- En la pantalla ALARMAS se visualiza las fallas de temperatura y las fallas térmicas de los elementos de control del proceso, como dispositivos térmicos y pulsadores de emergencia.

Además se cuenta con el botón SALIR, el cual nos permite cerrar la aplicación.



Figura 74. Botón para salir del programa
Elaborado por: Autor

Pantalla PROCESO:

En esta imagen el operador da inicio a la operación del proceso de tratamiento hidrotérmico.

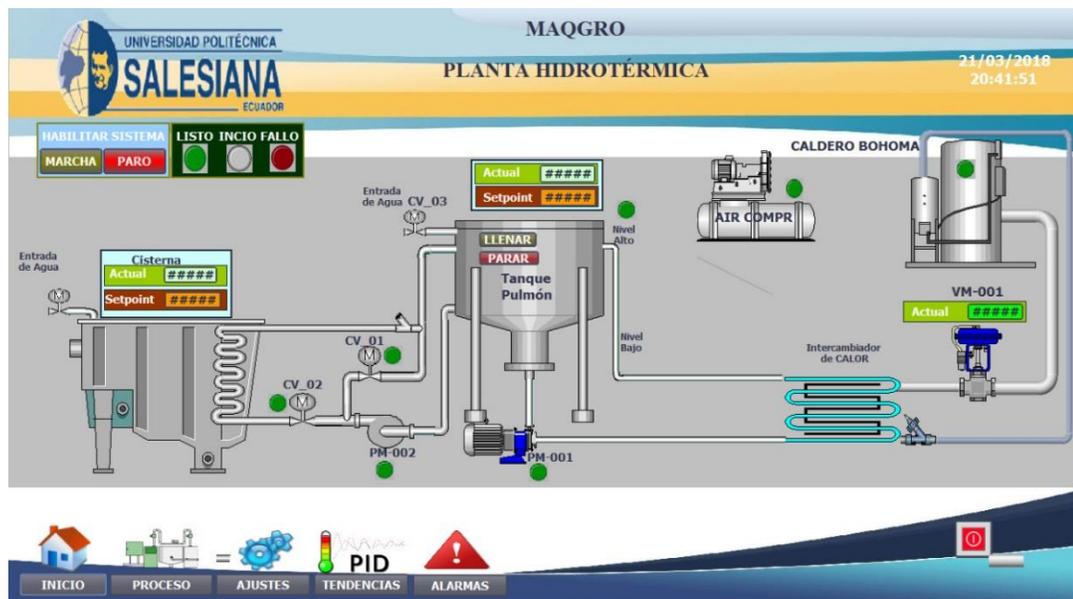


Figura 75. Imagen de operación del proceso
Elaborado por: Autor

En esta figura se encuentran los botones MARCHA y PARO, con los cuales se da inicio o se detiene el proceso.



Figura 76. Botones de Marcha y Paro del proceso
Elaborado por: Autor

También consta de 3 indicadores:

Roja: Si existe una falla en el sistema.

Verde: Que el operador puede iniciar el proceso.

Amarilla: Esta es intermitente, ya que indica que el proceso se ha iniciado.



Figura 77. Indicadores luminosos
Elaborado por: Autor

La imagen de proceso, muestra indicadores color verde, el cual indica que los equipos están activados, tanto como caldera, bomba, válvulas.

El operador observará por medio del indicador la apertura y cierre de las válvulas que controlan el calentamiento de la tina.

Permite ingresar el Setpoint de la temperatura de calentamiento del tanque y de la tina.

También se observa el porcentaje de apertura de la válvula proporcional.

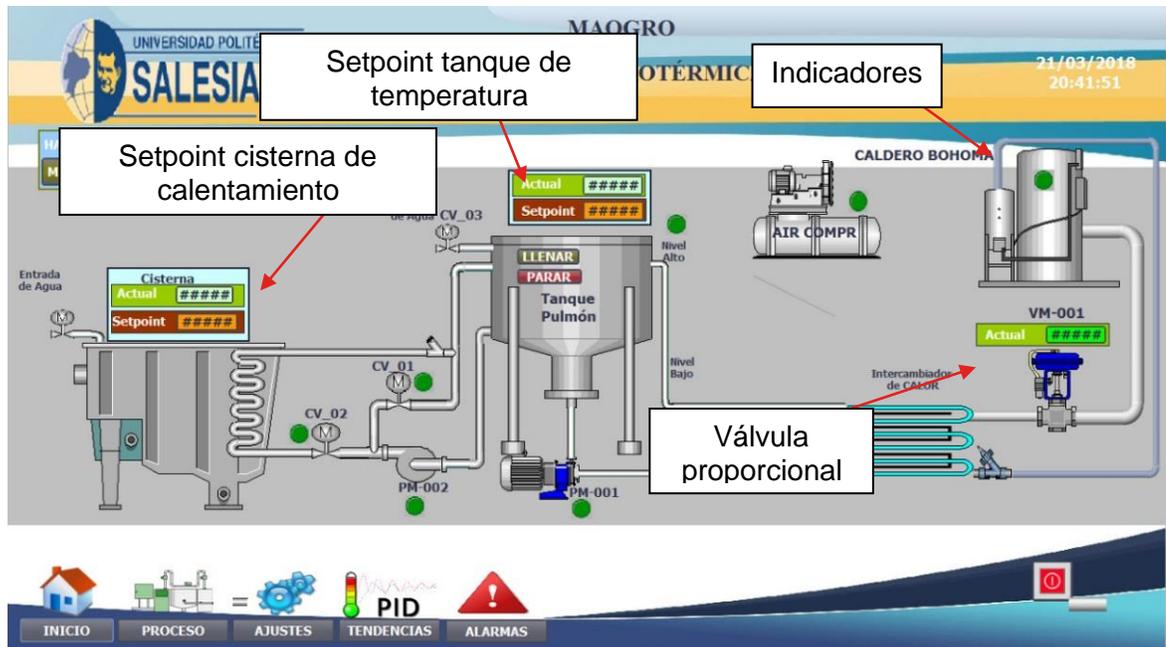


Figura 78. Imagen de indicadores de temperatura
Elaborado por: Autor

En esta imagen posterior se muestra la pantalla que se encuentran los botones de Imprimir en el cual permite varios informes, ya sea de falla o de proceso.

A - Cuando la fruta es sumergida en el agua, se activa el registro por medio de este botón.

B - Cuando el proceso ha transcurrido el tiempo necesario de que la fruta lo requiere, se puede para el registro por medio de este botón.

C - Este botón permite activar o desactivar el informe de auditoría.

D - Este botón permite imprimir el informe de auditoría siempre y cuando este activado el botón C.

E - El botón permite imprimir las fallas que hubo durante el proceso hidrotérmico.

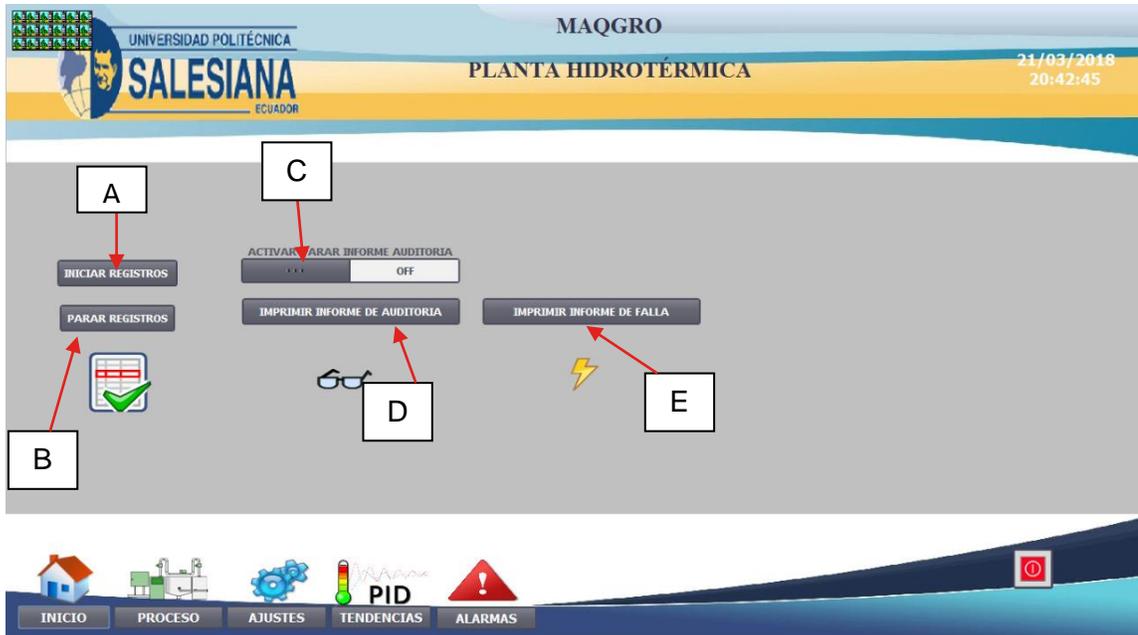


Figura 79. Botones para ejecutar registros e impresiones
Elaborado por: Autor

En la pantalla siguiente se observa el comportamiento de las curvas de temperatura, tanto en el Tanque pulmón y en la tina de calentamiento.



Figura 80. Imagen de visualización de curvas de temperatura
Elaborado por: Autor

En la pantalla Tendencia anteriormente mencionada se encuentra 6 botones los cuales van a indicar el comportamiento de las curvas de temperatura.

Se indica cada botón a continuación:

- Paro

- Anterior
- Avanzar
- Zoom



Figura 81. Botones para observar las curvas del proceso
Elaborado por: Autor

La pantalla Alarma, se observará cuando existe alguna falla eléctrica de los térmicos de la bomba, activación de paros de emergencia, excesos o temperaturas bajas durante el proceso.

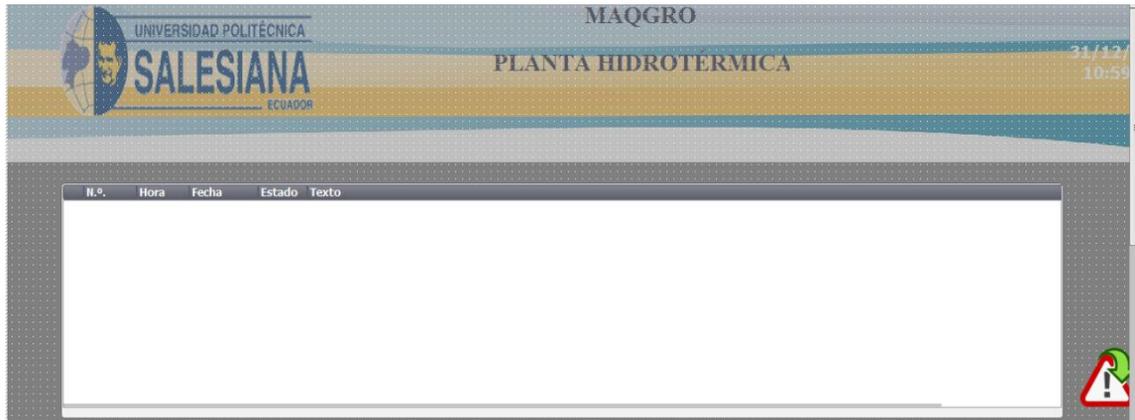


Figura 82. Imagen donde se muestran las alarmas
Elaborado por: Autor

Este icono comienza a parpadear cuando existe una alarma.