

Práctica empresarial en control y automatización SOE PROCESS S.A.S

Jose Alejandro Oviedo Muñoz

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Mecatrónico

Director y Codirectora

Ing. Andrés Camilo Castaño Rivillas

Ing. Kelly Johanna Niño Sandoval

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de ingenierías y arquitectura

Facultad de ingeniería mecatrónica

2026

Contenido

1.	Introducción	8
2.	Reseña de la empresa	9
2.1.	Misión	9
2.2.	Visión	9
3.	Justificación.....	10
4.	Identificación de la problemática	11
5.	Marco de referencia	12
5.1.	PLC.....	12
5.2.	HMI	12
5.3.	AUTOMATIZACIÓN	12
5.4.	SENSORES.....	12
5.5.	ACTUADORES.....	13
5.6.	VARIADORES DE FRECUENCIA	13
5.7.	PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN	13
5.8.	VISUAL STUDIO	14
6.	Objetivos.....	15
6.1.	Objetivo general	15
6.2.	Objetivos específicos	15
7.	PLAN DE TRABAJO	16
7.1.	Automatización de Molino	17
7.1.1.	Diseño y elaboración de la automatización del molino.....	17
7.1.2.	Programación de la HMI.....	21
7.1.3.	Integración de elementos adicionales al sistema y actualización de HMI	23
7.1.4.	Elaboración de la Documentación	24
7.2.	Automatización de secadora vertical.....	25
7.2.1.	Diseño y elaboración de la automatización de la secadora	25
7.2.2.	Diseño y programación de la HMI.....	27
7.2.3.	Desarrollo de la documentación del proceso de la secadora vertical	28
7.3.	Desarrollo y apoyo de proyectos adicionales	29

7.3.1.	Automatización de Caldera	29
7.3.2.	Desarrollo de historial tiempo de encendido de bombas	32
7.3.3.	Apoyo técnico en tareas de revisión de equipos	34
8.	Conclusiones	37
9.	Referencias.....	39

Lista de tablas

Tabla 1. *Tareas y desarrollo del plan de trabajo realizados en la práctica empresarial 16*

Lista de figuras

Figura 1. <i>Replica y estructura de Molino Ferraz M1200 visualizada desde antigua HMI.....</i>	17
Figura 2. <i>Muestra Informe de actividades molino Ferraz</i>	18
Figura 3. <i>Diagrama de flujo paso a paso proceso de molienda</i>	19
Figura 4. <i>Programación PLC en TIA PORTAL</i>	20
Figura 5. <i>Variadores ATV930 y ATV320</i>	20
Figura 6. <i>Muestra programación HMI con S7.NET y C#.....</i>	21
Figura 7. <i>Implementación de la HMI v1.0.....</i>	22
Figura 8. <i>Ajuste PID del sistema</i>	22
Figura 9. <i>Diferentes ventanas de la HMI v2.0</i>	23
Figura 10. <i>Evidencia documentación de configuración e instalación de equipos</i>	24
Figura 11. <i>Evidencia desarrollo de diagrama de conexión del sistema</i>	24
Figura 12. <i>Evidencia documentación secadora vertical Hirin</i>	25
Figura 13. <i>Evidencia diagrama de flujo secadora vertical Hirin</i>	26
Figura 14. <i>Programación PLC S7 1200 para secadora vertical</i>	27
Figura 15. <i>Antiguo diseño HMI del secador vertical</i>	27
Figura 16. <i>Nuevo aspecto HMI en Visual Studio</i>	28
Figura 17. <i>Evidencia documentación de Secadora vertical Hirin</i>	28
Figura 18. <i>Documentación propuesta del proyecto para la caldera</i>	29
Figura 19. <i>Programación PLC proyecto caldera</i>	30
Figura 20. <i>HMI para control de válvulas de caldera v1.0.....</i>	31
Figura 21. <i>HMI Caldera v2</i>	31
Figura 22. <i>HMI Tiempo de funcionamiento Bombas</i>	32
Figura 23. <i>Programación PLC Historial de tiempos.....</i>	33
Figura 24. <i>Archivo con Historial de Tiempos de Bombas</i>	33
Figura 25. <i>Aplicación SmartClient de Siemens</i>	34
Figura 26. <i>Variador ATV 930 con error de comunicación.....</i>	35
Figura 27. <i>PLC M241 Schneider</i>	35
Figura 28. <i>Setup protocolo CANopen en M241</i>	36
Figura 29. <i>Programación en PLC M241.....</i>	36

Resumen

En este documento se presenta el desarrollo de las prácticas empresariales en la empresa SOE PROCESS S.A.S. en la cual se desarrolló e implementó diversos proyectos de ingeniería enfocados en el control y automatización de procesos industriales, tales como lo son el proceso de molienda, proceso de secado de producto, proceso de funcionamiento de una caldera y entre otras actividades desarrolladas; para eso se implemento el conocimiento adquirido académicamente en el desarrollo de programación de PLC, aplicaciones para Windows y configuración de protocolos de comunicación.

Abstract

This document presents the development of business practices at SOE PROCESS S.A.S., where various engineering projects focused on the control and automation of industrial processes were developed and implemented, such as the grinding process, product drying process, boiler operation process, and other activities. This involved implementing the knowledge acquired academically in PLC programming, Windows applications, and communication protocol configuration.

Introducción

SOE PROCESS S.A.S es una empresa colombiana de la región de Huila con presencia a nivel nacional, el cual presta servicios de ingeniería integral a las grandes y medianas empresas, abarca áreas tales como la electrónica, la electricidad, la automatización y el control industrial, esta surge a causa de identificar la necesidad del sector industrial por la mejora de los procesos de producción.

Teniendo en cuenta el avance tecnológico que se tiene hoy en día en el sector industrial, el enfoque de la automatización de procesos genera una necesidad en las empresas de mejorar sus métodos de producción.

De esta forma el propósito de la practicas empresariales realizadas se enfocó en apoyar el desarrollo y aplicación de las nuevas tecnologías para automatizar y controlar variables en los diferentes procesos con el fin de mejorar y optimizar la cadena de producción de las diferentes empresas a la cuales se les brinda este servicio.

1. Reseña de la empresa

SOE PROCESS S.A.S surge en la ciudad de Neiva, departamento del Huila, en el año 2014 con el fin de prestar servicios de ingeniería en el sector de la automatización y control, el trabajo que han realizado va desde evaluación de los elementos con los cuales cuenta la empresa, estructuración del plan de trabajo y aplicación de la solución propuesta; tales actividades son el levantamiento de señales, cableado de componentes, implementación de tableros de control, programación de los controladores lógicos programables (PLC), programación de la interfaces de usuario y por último un servicio de capacitación para el uso de los equipos instalados.

1.1. Misión

En SOE PROCESS S.A.S. servicios profesionales de ingeniería especializada, brindando soluciones integrales y eficientes para el desarrollo de proyectos en las áreas de electricidad, electrónica, automatización y control industrial.

La misión es ofrecer un servicio especializado y confiable, enfocado en la calidad, seguridad, sostenibilidad y bienestar de nuestros colaboradores, clientes y comunidades. Actuamos bajo los lineamientos de un Sistema Integrado de Gestión HSEQ, comprometidos con la mejora continua, la innovación tecnológica y la satisfacción total de las partes interesadas.

1.2. Visión

Para el año 2028, SOE PROCESS S.A.S. será reconocida a nivel nacional como una empresa líder en servicios de ingeniería, consultoría y outsourcing, destacándose por su excelencia técnica, innovación y compromiso con la sostenibilidad.

Nos proyectamos como una organización sólida y confiable, con un equipo humano altamente calificado y una infraestructura tecnológica moderna, que garantice la ejecución de proyectos en electricidad, electrónica, automatización y control industrial bajo los más altos estándares de calidad, seguridad y responsabilidad ambiental.

Seremos referente por nuestro cumplimiento normativo, ética profesional y contribución al bienestar de las comunidades donde desarrollamos nuestras operaciones, impulsando el crecimiento y desarrollo del sector industrial en Colombia.

2. Justificación

Hoy en día la automatización ha tomado un papel muy importante en las grandes industrias a nivel mundial, ya que esto les ha permitido mejorar la producción, disminuir tiempos y controlar variables que afectan directamente los productos; esto ha generado en las pequeñas y medianas empresas colombianas tengan que buscar nuevas soluciones para también mejorar sus procesos de producción y de este modo obtener los beneficios y resultados que se esperan de la implementación de estas tecnologías. Aun muchas de estas empresas tienen implementado procesos totalmente manuales e ineficientes, lo cual ha generado un mayor tiempo esperado en la realización de un proceso, mayor probabilidad de un error a causa de la persona a cargo de hacer una tarea dentro de la cadena de producción o el simple hecho de tener un alto costo operativo.

Por este motivo se realizó estas prácticas apoyando a la empresa en ser una solución en donde realice la mejor implementación de automatización en la pequeña y mediana empresa y de esta forma mejorar en cada una de ellas la producción y lograr un mejor desarrollo tecnológico.

3. Identificación de la problemática

Luego de la realización de algunos estudios por parte de unas entidades y tomando en cuenta la experiencia que tiene la empresa, se indica que un poco más del 75% de las empresas solo tienen de un 0% a un 19% de sus procesos intercomunicados automáticamente, siendo el sector manufacturero el que tiene índices más bajos de automatización en sus empresas, así mismo al momento en que entra la automatización a las empresas también entra lo que es la generación automática de datos, como por ejemplo historiales de variables de una máquina, esto con el fin de usarlo como retroalimentación dentro del proceso de producción y así mismo tomar las acciones necesarias para mantener una cadena de producción óptima, según los datos recopilados solo un 0,83% del sector manufacturero tienen entre el 80% y el 100% de sus equipos generando datos automáticamente.[9] Se puede entender que el problema que se encontró en la actualidad en nuestro campo de trabajo es que las pequeñas y medianas empresas no contaban con el conocimiento y las herramientas para implementar un sistema de automatización en sus procesos productivos, constituyéndose en una gran limitante para el desarrollo y crecimiento de las PYMEs, dejando a estas fuera en la competencia frente a grandes empresas, teniendo en cuenta que una industria que no maneje una correcta automatización sus operaciones productivas son más lentas, tiene mayores porcentajes de riesgos y costos operativos más altos afectando la eficiencia de la pequeña empresa corriendo el riesgo de su desaparición por falta de actualización.

4. Marco de referencia

4.1. PLC

Un Controlador lógico programable (PLC) es un dispositivo electrónico basado en un microprocesador el cual es usado para aplicaciones en el campo industrial y para automatizar procesos mediante la ejecución de programas lógicos. [1]

4.2. HMI

Una HMI o interfaz hombre-maquina hace referencia a una interfaz el cual le permite al usuario interactuar con todo el proceso industrial el cual puede observar cada una de las variables, controlar los diferentes actuadores dentro del proceso o simplemente observar el progreso del sistema de producción.[2]

4.3. Automatización

La automatización es la aplicación de diferentes elementos de Hardware y software que trabajan en conjunto con el fin de lograr que un proceso de producción tenga una intervención humana mínima y de esta manera conseguir procesos más eficientes.[3]

4.4. Sensores

Los sensores se pueden definir como un dispositivo el cual puede detectar cambios en su entorno, y su vez ese cambio lo transforma en información de relevancia en un entorno industrial. El principio de un sensor es transformar en pulsos eléctricos los cambios de las variables físicas que hay en su entorno, como lo son la temperatura, la presión, humedad y entre otras variables; dado las diferentes variables físicas y su método de medición se tienen sensores para cada una de estas variables físicas, como lo son los inductivos, que consisten en “leer” las variables físicas mediante la variación de corriente que genera un campo magnético, un ejemplo sencillo es el uso

de un sensor para verificar el estado de abierto o cerrado de una puerta, otro ejemplo es el sensor ultrasónico, el cual trabaja emitiendo ondas sonoras a altas frecuencias con el fin de detectar objetos a cierta distancia y obteniendo la variación del eco y la distancia de recorrido de la onda sonora, un ejemplo sencillo es un sensor de nivel en un tanque. [4]

4.5. Actuadores

Los actuadores son elementos que ejercen una acción mecánica el cual ayuda a dar energía o movimiento a otro elemento o dispositivo, este tiene la capacidad de generar fuerza a partir de líquidos (hidráulicos), de potencia eléctrica o gaseosas (neumáticos), estos elementos funcionan recibiendo una orden que viene de un regulador o controlador con la intención de ejecutar dicho actuador en un momento específico para cumplir con la función que tiene dentro del proceso industrial. [5]

4.6. Variadores de frecuencia

El variador de frecuencia o VFD es un elemento importante en la industria cuando hablamos de control de motores eléctricos, este elemento es un dispositivo electrónico el cual está diseñado para controlar variables del motor como lo son la velocidad y par, variando la frecuencia y el voltaje que se le suministra a dicho motor; a su vez se puede controlar lo que es un arranque y apagado suave, control del factor de potencia y esto conlleva a tener un ahorro de energía significativo. [6]

4.7. Protocolo de comunicación

Los protocolos de comunicación son los que permiten que 2 o más dispositivos se identifiquen y puedan comunicarse entre si de manera efectiva gracias a los estándares, formatos

y restricciones que se deben cumplir con el envío y recepción de datos que cada protocolo posee, en la industria los protocolos más conocidos son MODBUS, PROFINET, OPC UA, entre otros.[7]

4.8. Visual Studio

Visual estudio es un entorno de desarrollo integrado (IDE) creado por Microsoft, el cual es de gran ayuda al momento de desarrollar aplicaciones, nos permite editar, depurar y compilar código de los diferentes programas que se están desarrollando en el IDE, con este software podemos desarrollar aplicaciones que se basan en .NET, C#, C++ y entres otros lenguajes de programación. [8]

5. Objetivos

5.1. Objetivo general

Apoyar el desarrollo y ejecución de proyectos de automatización industrial en SOE PROCESS SAS, contribuyendo a la optimización de los procesos productivos mediante la implementación y mejora de sistemas.

5.2. Objetivos específicos

- Implementar un sistema de control automatizado que regule el funcionamiento del molino, optimizando su desempeño y reduciendo fallas operativas.
- Desarrollar la automatización de la unidad extrusora mediante el diseño y programación de un sistema que controle parámetros de operación y seguridad.
- Diseñar e implementar un sistema de control automático que regule temperatura y tiempos de operación en la secadora.

6. Plan de trabajo

Tabla 1. Tareas y desarrollo del plan de trabajo realizados en la práctica empresarial

Proyecto	Objetivo	tareas	Comentarios
Automatización de molino	Implementar un sistema de control automatizado que regule el funcionamiento del molino, optimizando su desempeño y reduciendo fallas operativas.	Levantamiento de información del proceso.	Implementado y finalizado
		Diseño del diagrama eléctrico y de control.	
		Programación del Controlador.	
		Pruebas de funcionamiento y ajustes.	
Automatización de la unidad extrusora	Desarrollar la automatización de la unidad extrusora mediante el diseño y programación de un sistema que controle parámetros de operación y seguridad.	Revisión de sensores y actuadores del sistema.	No se pudo realizar dicho proyecto debido a circunstancias con la empresa cliente, por ende, se reemplaza principalmente por la automatización de una caldera
		Elaboración del diagrama de control.	
		Programación y simulación del PLC.	
		Pruebas funcionales.	
Automatización de secadora vertical	Diseñar e implementar un sistema de control automático que regule temperatura y tiempos de operación en la secadora.	Análisis de las variables críticas del proceso.	Implementado y finalizado
		Desarrollo del esquema de control.	
		Programación del PLC y pruebas de campo.	
		Documentación final del proyecto.	

Nota: esta tabla se elaboró a partir del plan de trabajo presentado por la empresa SOE PROCESS S.A.S que tenían preparado para el practicante.

A continuación, se detalla cada uno de los proyectos previamente mencionados y adicionalmente cada una de las tareas adicionales realizadas por el practicante.

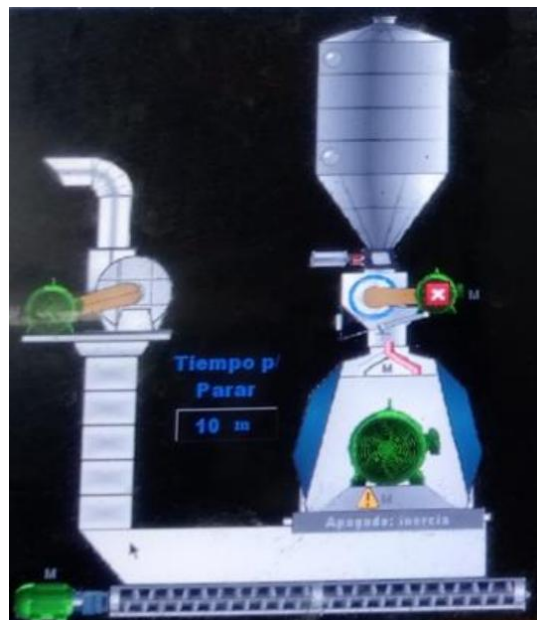
6.1. Automatización de Molino

Durante el primer mes de las prácticas se tuvo como actividad principal el desarrollo del proyecto del control y automatización de un proceso de molienda, el cual se divide en 2 etapas.

6.1.1. Diseño y elaboración de la automatización del molino

La primera etapa consta de diferentes actividades como lo son el análisis completo del sistema al momento en que solicitan el servicio, esto incluye el paso a paso que realiza el proceso de molienda, las señales y variables implicadas en el proceso, el desarrollo de la programación del PLC, la programación, configuración y conexión de la HMI y por último la configuración y puesta en marcha de todo el sistema.

Figura 1. Replica y estructura de Molino Ferraz M1200 visualizada desde antigua HMI



Nota: la imagen fue tomada directamente de la antigua HMI que la empresa cliente tenía en planta antes de la implementación de la nueva HMI.

Al momento en que el equipo de ingenieros de SOE PROCESS entró a la planta y realizaron el análisis de todo el sistema, ellos elaboran un informe detallado de todo el sistema con información como los sensores a utilizar con sus respectivas referencias, los variadores de cada motor, las señales activas que llegan al PLC y las señales faltantes, entre otra información también el proceso automático que desean que realice el sistema, después de esto se es suministrado dicho informe al practicante para posteriormente la elaboración de todo lo que corresponde a la automatización y control del sistema.

Figura 2. Muestra Informe de actividades molino Ferraz

SOE PROCESS		INFORME DE ACTIVIDADES							CÓDIGO: OP-10-083 VICENCIA: 13-03-2025 VERSIÓN: 0 Página 5 de 11	
2		Bobina de electroválvula	Activa válvula neumática	Bobina eléctrica	Digital 24 VDC	0.200.001.2 12	MICRO	Acoplada a la válvula	Comprobar imantación	
2		Sensores magnéticos de posición - 3 tipos (extendido - retraído)	Detecta posición del vástago	Sensor magnético de ranura	Digital 24 VDC	SME-8M-05-24V-K2.5-OE	FESTO	Ranura del cilindro	Hay dos sensores, el sensor de extendido tenía led indicador encendido, el sensor de retraído tenía el led indicador apagado.	
3		Interruptor de seguridad	Detiene máquina al abrir compuerta	Dispositivo de seguridad	Contacto seco NA/NC	TK 236-112P	SCHMERSER L	Tapa de molino	Cuenta con 2 interruptores, cada uno tiene soporte, calado de 2 hilos, uno está completo al otro le falta tapa y se encuentra desconectado.	

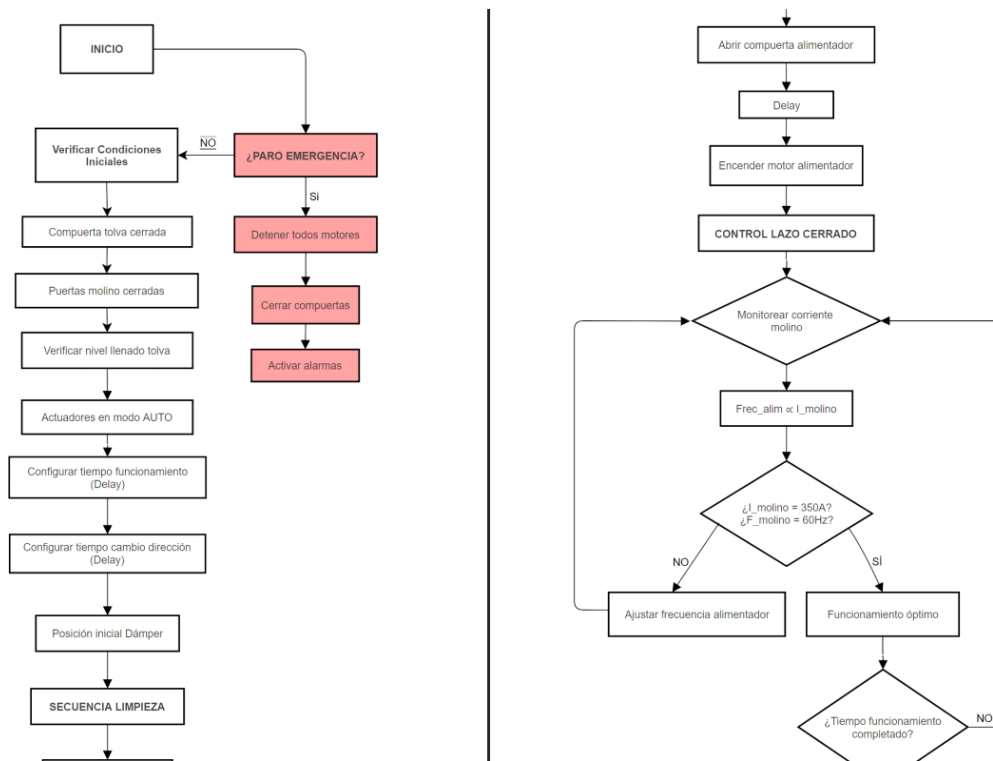
SOE PROCESS		INFORME DE ACTIVIDADES							CÓDIGO: OP-10-083 VICENCIA: 13-03-2025 VERSIÓN: 0 Página 6 de 11	
3		Cilindro neumático	Cambia de dirección molinera	Actuador neumático	Mecánico neumático	D58C-50-160-PPSA-1X3	FESTO	Estructura del mol		
3		Electroválvula 5/2	Controla entrada / salida de aire	Válvula neumática	24 Vac	VUVS-L25-852-D-G14-F8	FESTO	Montado lado d cilindro		
3		Bobina de electroválvula	Activa válvula neumática	Bobina eléctrica	24 Vac	VACF-8-C1-1A	FESTO	Acoplada válvula		
3		Motor reductor	Alimentador	Motor trifásico + reductor	AC trifásico - 220/440 V	857 DRN905P4	SEW EURODRIVE	Parte superior la estructura principal molino		

SOE PROCESS		INFORME DE ACTIVIDADES							CÓDIGO: OP-10-083 VICENCIA: 13-03-2025 VERSIÓN: 0 Página 7 de 11	
3		Motor de inducción	Moler producto	Trifásico	220/380/440 Vac 940/544/470 A	No se alcanza a ver	WEG	Al un lado de la cámara de molinera.	60 Hz 300 (400) Kw	

SOE PROCESS		INFORME DE ACTIVIDADES							CÓDIGO: OP-10-083 VICENCIA: 13-03-2025 VERSIÓN: 0 Página 8 de 11	
3. IDENTIFICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DEL TABLERO DE CONTROL DEL MOLINO FERRAZ M1200.										
A continuación, se describen e identifican los dispositivos eléctricos y de automatización instalados en										

Nota: primer documento que se entrega al practicante al momento de empezar un proyecto con el fin de que tenga la información necesaria para la realización de sus tareas.

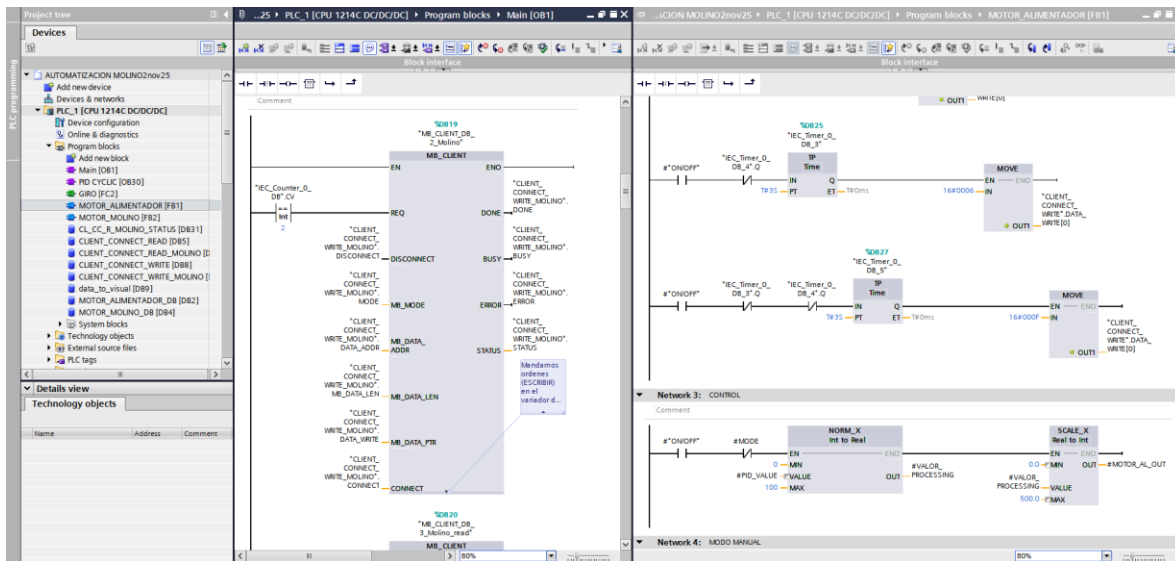
Ya con esta información primero se procedió a realizar un diagrama de flujo en donde se pueda apreciar el paso a paso de todo el sistema con sus respectivas variables y control del sistema y así de este modo se verificó si cumple con los requerimientos del cliente.

Figura 3. Diagrama de flujo paso a paso proceso de molienda

Nota: el diagrama de flujo expone una lógica procedimental del proceso a automatizar con el fin de entender el paso a paso de dicho proceso.

Para este proyecto del molino se propuso todo un cambio de equipo, en donde se migró de un sistema Schneider a un sistema Siemens, para este caso se usó específicamente un S7-1200 de referencia 1214C DC/DC/DC con el cual se ha realizado todo el proceso de control y automatización del sistema, para ello también se estableció protocolos de comunicación MODBUS TCP/IP para el cual se ha controlado el variador del molino que corresponde a un ATV930 de Schneider y otro variador ATV320 que controla un motor alimentador, estos dos variadores se configuraron con el software SoMove de Schneider el cual nos permitió configurar todos los parámetros del variador, tanto configuración del motor como tipo de control por protocolo de comunicación.

Figura 4. Programación PLC en TIA PORTAL



Nota: TIA PORTAL es el software de la marca siemens el cual nos permite programar diferentes PLC y HMI de la misma marca.

Figura 5. Variadores ATV930 y ATV320

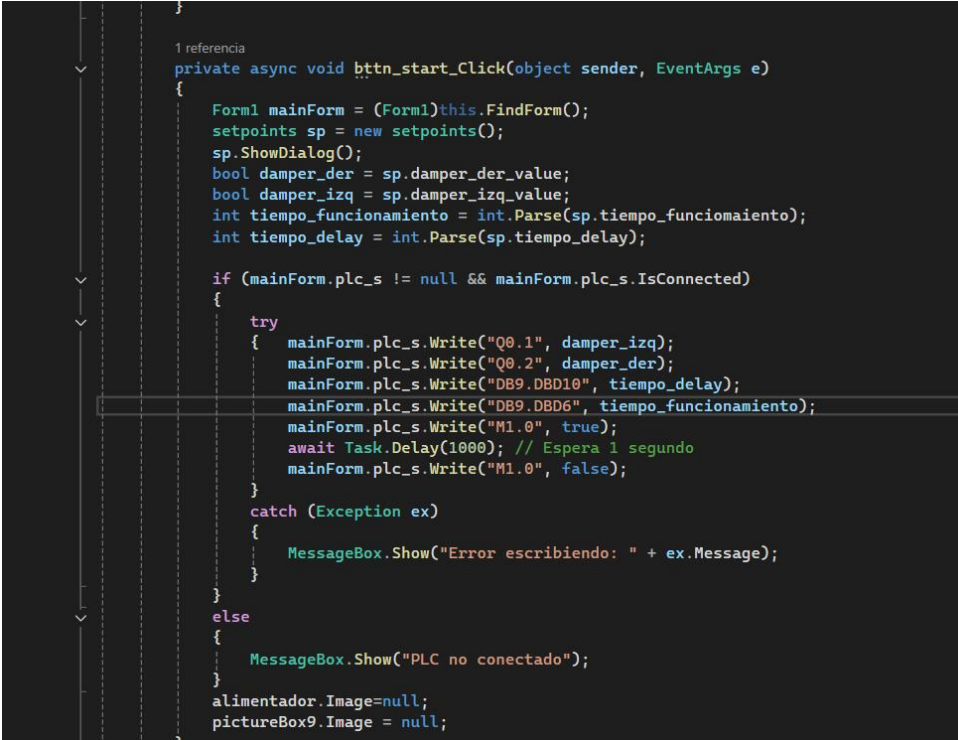


Nota: la imagen de la izquierda corresponde al ATV930 que era el variador de frecuencia que controlaba el motor del molino, y la imagen de la derecha corresponde al variador ATV320 que controlaba el motor alimentador del sistema.

6.1.2. Programación de la HMI

Después de tener todo lo que respecta a la programación del PLC, se enfocó como actividad principal el desarrollo de la HMI, que en este caso no se usó una HMI específica de alguna marca, como por ejemplo Siemens, sino que se optó por una aplicación de Windows desarrollada en Visual Studio. Para el desarrollo del aplicativo se escogió una comunicación con el PLC por medio de .NET Framework con la librería de código abierto S7.NET+ que permitió acceder a todas las entradas, salidas y memorias del PLC, así mismo se desarrolló con el lenguaje de C# todo el entorno visual y de control en el cual el usuario ha podido interactuar con todo el sistema.

Figura 6. Muestra programación HMI con S7.NET y C#



```
1 referencia
private async void btn_start_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Form1 mainForm = (Form1)this.FindForm();
    setpoints sp = new setpoints();
    sp.ShowDialog();
    bool damper_der = sp.damper_der_value;
    bool damper_izq = sp.damper_izq_value;
    int tiempo_funcionamiento = int.Parse(sp.tiempo_funcionamiento);
    int tiempo_delay = int.Parse(sp.tiempo_delay);

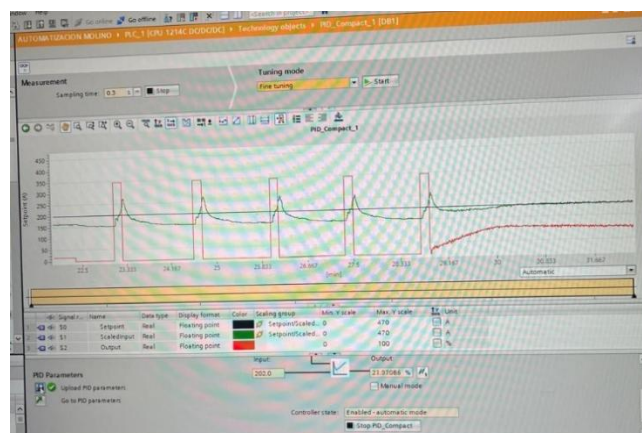
    if (mainForm.plc_s != null && mainForm.plc_s.IsConnected)
    {
        try
        {
            mainForm.plc_s.Write("Q0.1", damper_izq);
            mainForm.plc_s.Write("Q0.2", damper_der);
            mainForm.plc_s.Write("DB9.DBD10", tiempo_delay);
            mainForm.plc_s.Write("DB9.DBD6", tiempo_funcionamiento);
            mainForm.plc_s.Write("M1.0", true);
            await Task.Delay(1000); // Espera 1 segundo
            mainForm.plc_s.Write("M1.0", false);
        }
        catch (Exception ex)
        {
            MessageBox.Show("Error escribiendo: " + ex.Message);
        }
    }
    else
    {
        MessageBox.Show("PLC no conectado");
    }
    alimentador.Image=null;
    pictureBox9.Image = null;
}
```

Nota: El software que se muestra en la imagen corresponde a Visual Studio, el software que nos permite programar aplicaciones para Windows, en el cual se observa una pequeña parte de código de la consulta y escritura de variables entre el computador y el HMI.

Figura 7. Implementación de la HMI v1.0

Nota: Imagen tomada en la planta de producción en donde se observa la implementación del pc con la aplicación HMI en donde se observa el proceso de molienda.

Para la culminación de la primera etapa del molino Ferraz se hizo el ajuste de las ganancias del control de lazo cerrado usando un PID en el sistema, en donde la corriente del motor del molino afectaba de forma directa la velocidad del motor alimentador, de tal manera que siempre se mantuviera en un setpoint de corriente del motor de molino para que trabajara de forma eficiente y controlada.

Figura 8. Ajuste PID del sistema

Nota: en la imagen se observa el software de TIA PORTAL en donde se realiza el ajuste de control del motor del molino. En la grafica se observa el comportamiento de dicho controlador.

6.1.3. Integración de elementos adicionales al sistema y actualización de HMI

Posterior a la culminación y puesta en marcha de la primera etapa se procedió a realizar la segunda etapa del molino, el cual consistió en integrar más elementos, como lo son sensores de Temperatura, el cual dependiendo del setpoint pueden detener el sistema completo por seguridad, a su vez se agregó un control que activa una salida hacia un filtro de mangas que realiza limpieza al sistema que regula la temperatura. Otra de las peticiones del cliente fue agregar un usuario y contraseña por el cual se pudiera loggear y abrir otra ventana el cual solo el supervisor podría ingresar por medio de la HMI y podía alterar algunas salidas del sistema o cambiar los setpoints mientras todo el sistema se encuentra trabajando en modo automático, con estas adiciones también se hizo una segunda versión de la HMI agregando el sistema de login, la activación de los filtros de mangas y adicional a eso una mejora visual el cual se hizo conforme a los requerimientos del cliente.

Figura 9. Diferentes ventanas de la HMI v2.0

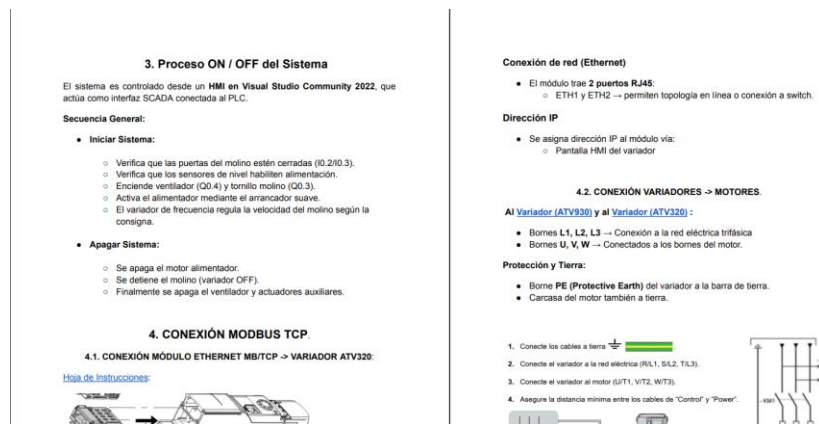


Nota: la imagen muestra diferentes capturas de la HMI actualizada, entre esas, la imagen principal muestra el logo de la empresa que como se puede apreciar esta editada por fines de confidencialidad.

6.1.4. *Elaboración de la Documentación*

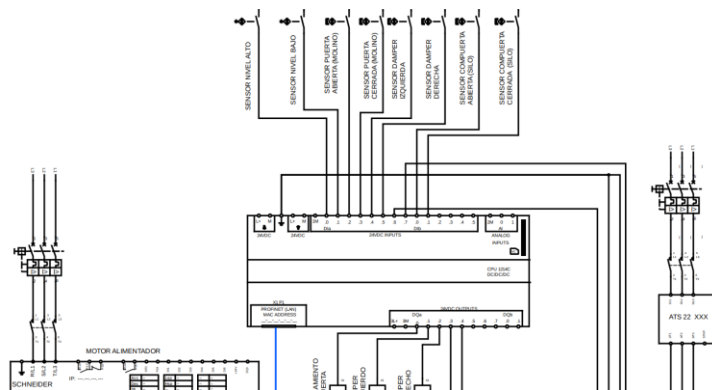
Para finalizar la parte de programación y desarrollo del control del sistema se desarrolló la documentación correspondiente en donde se especifica la conexión de cada elemento con PLC, así mismo como la configuración de conexión por MODBUS con cada variador y lo que corresponde a la instalación del módulo de comunicación en caso del ATV320 y también se realizó diagrama de conexión de cada uno de los equipos con el PLC.

Figura 10. Evidencia documentación de configuración e instalación de equipos



Nota: la imagen muestra solo una parte del documento debido a la extensión del mismo, en ese documento se encuentra información como la conexión entre equipos, proceso de conexión y demás datos para la correcta instalación de cada equipo.

Figura 11. Evidencia desarrollo de diagrama de conexión del sistema




Nota: Diagrama eléctrico que le permite a los técnicos realizar las conexiones eléctricas entre cada equipo de la forma correspondiente.

6.2. Automatización de secadora vertical

En este segundo proyecto se trabajó en función de cumplir el tercer objetivo que consiste en desarrollar el control y la automatización de una secadora vertical Hirin, para cada proyecto se ha tenido una metodología similar a la del molino, en la cual el equipo de ingenieros desarrolló un informe detallado con información relevante acerca del funcionamiento que tiene el sistema en aquel momento, la señales que llegaban al PLC y el cableado que tenía cada elemento con sus respectivas marquillas.

Figura 12. Evidencia documentación secadora vertical Hirin

	INFORME DE ACTIVIDADES	CÓDIGO: DP-F-00
		VIGENCIA: 13-03-2025
		VERSIÓN: 0
		Página 13 de 38

3.1. PLC S7 300 CPU 315-2 PN/DP 6ES7-315-2EH14-0AB0

Tensión de alimentación

- Valor nominal DC: 24V
- Protección externa para líneas de alimentación: min 2A.

Intensidad de entrada

- Consumo (valor nominal): 750 mA
- Intensidad de cierre, tip: 4A.





Imagen No 11. PLC S7 300 con sus respectivos 7 módulos de entradas y salidas.

	INFORME DE ACTIVIDADES	CÓDIGO: DP-F-00
		VIGENCIA: 13-03-2025
		VERSIÓN: 0
		Página 14 de 38

Pre-set of Technical Data

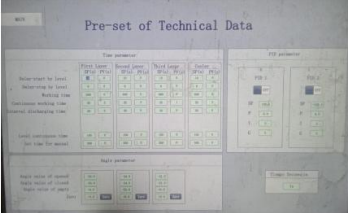


Imagen No 12. Vista de parámetros preestablecidos de secador vertical Hirin desde HMI - 6AV2 123-2MB03-0AX0.

3.2. MÓDULO # 1 - 6ES7-321-1B100-0AA0




Imagen No 13. Módulo # 1 Entradas digitales.

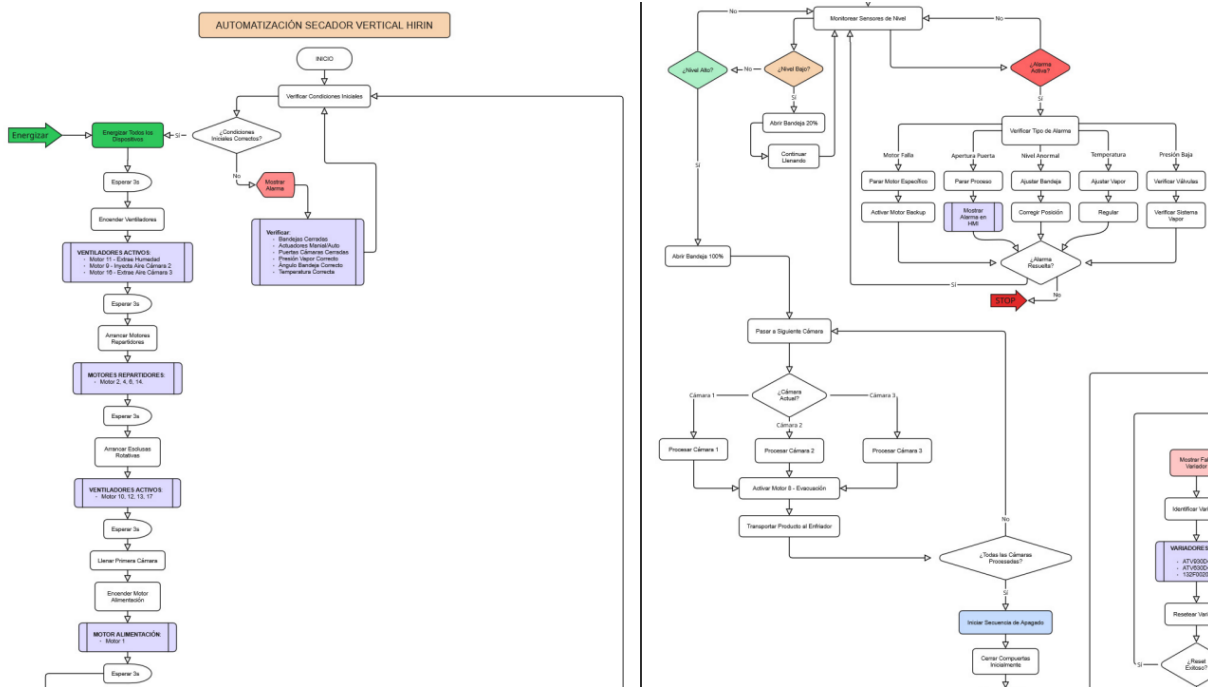
Nota: el documento visualizado en la imagen contiene información como los equipos que utilizaba la empresa y que conexiones tenían.

6.2.1. Diseño y elaboración de la automatización de la secadora

Con toda la información proporcionada en el documento preliminar se procedió a desarrollar el diagrama de flujo en donde se explicó el paso a paso, el proceso automático que realiza el secador automático y todos los posibles escenarios en los cuales se puede tener control

del sistema, esto con el fin de obtener el proceso exacto para posteriormente proceder a la programación y desarrollo del PLC correspondiente.

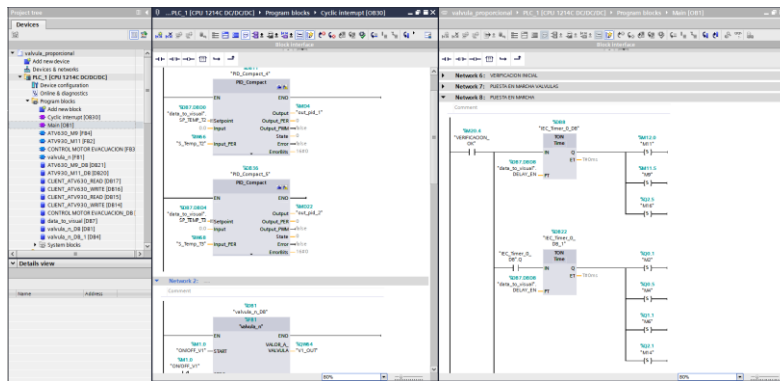
Figura 13. Evidencia diagrama de flujo secadora vertical Hirin



Nota: el diagrama de flujo expone el paso a paso dentro del proceso de secado para así poder tener claridad de como programar cada uno de los pasos dentro de la secadora vertical.

Ya teniendo claridad del proceso a programar, se procedió a escoger los elementos necesarios para implementar dicho proyecto, para eso principalmente se hizo una migración de equipos, pasando de un S7 300 con todos sus módulos E/S a un S7 1200 exactamente 1214C DC/DC/DC con 8 módulos adicionales en donde se amplió las entradas y salidas del sistema tanto analógicas como digitales, para así poder suplir con todas las señales que entran y salen del PLC. Así mismo también se configuró 2 lazos de control el cual se encargan controlar la apertura de 2 válvulas proporcionales que son las que permiten el paso de aire caliente, con el fin de controlar y mantener cierta temperatura en las cámaras de secado correspondientes.

Figura 14. Programación PLC S7 1200 para secadora vertical

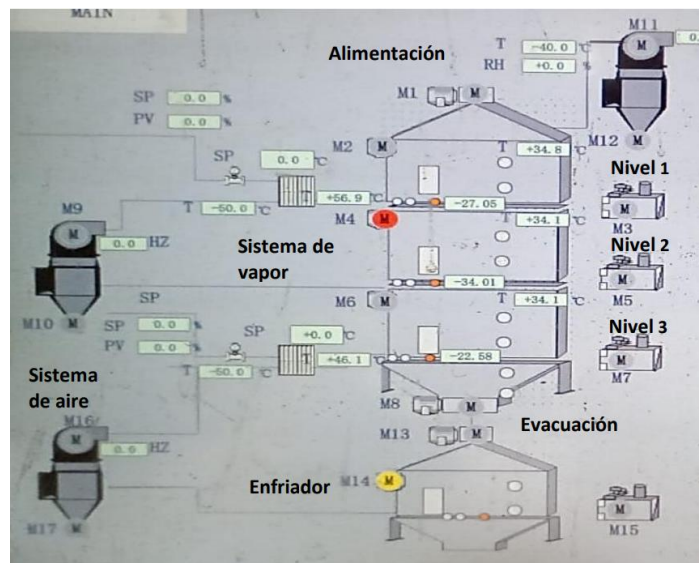


Nota: Programación en Ladder de cada proceso de la secadora en Tia Portal.

6.2.2. Diseño y programación de la HMI

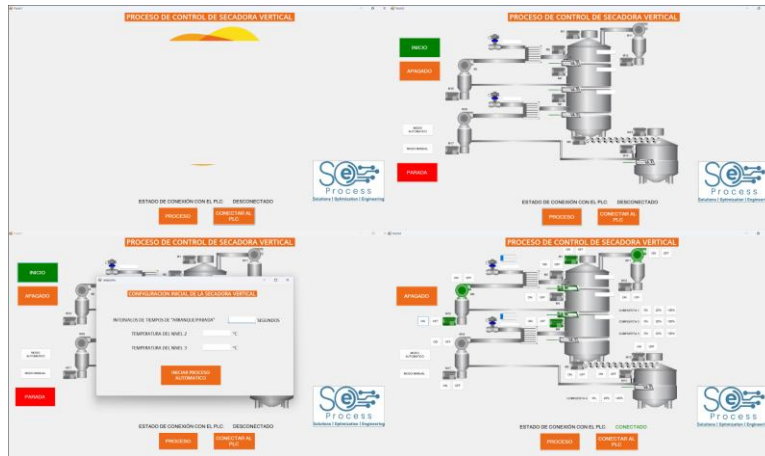
Posterior al desarrollo del control y automatización del sistema en el PLC se procedió a actualizar la HMI con la cual ya contaba la empresa, con el fin de darle al cliente el diseño de la HMI que necesita y que cumpla con los requerimientos previstos por él, para eso también se migró de un HMI tradicional a un HMI basado y creado en Visual Studio con conexión al PLC mediante el uso del S7.NET+.

Figura 15. Antigo diseño HMI del secador vertical



Nota: Foto tomada directamente de la antigua pantalla HMI de la secadora vertical que se encontraba en la planta.

Figura 16. Nuevo aspecto HMI en Visual Studio

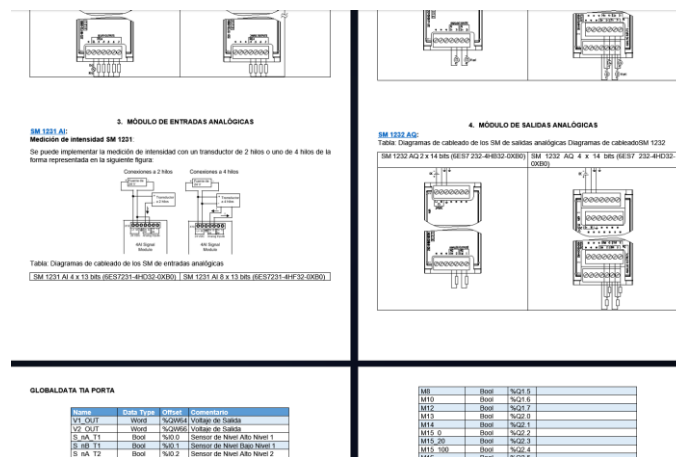


Nota: Cada una de las imágenes representa una ventana de la HMI de la secadora vertical.

6.2.3. Desarrollo de la documentación del proceso de la secadora vertical

Ya definidos todos los elementos a usar, la programación terminada y la HMI diseñada, se empezó el desarrollo de la documentación del proyecto en donde se especificó el manejo e instalación de cada módulo adicional que se instaló en el PLC, que señales son las que correspondían a cada entrada o salida de los módulos correspondientes, así mismo como la configuración del protocolo de Modbus TCP/IP en los variadores ATV930 y ATV630 que son los que se emplearon en este proyecto.

Figura 17. Evidencia documentación de Secadora vertical Hirin



Nota: Esta documentación fue enviada al área operativa para su implementación en la planta.

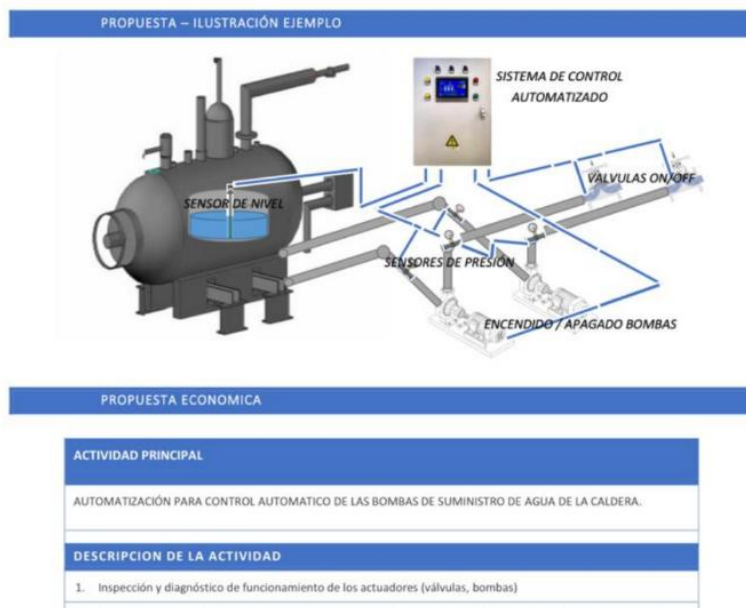
6.3. Desarrollo y apoyo de proyectos adicionales

Para el caso del proyecto de la extrusora, que hace referencia al objetivo número 2, este proyecto se aplazó por motivos administrativos entre el cliente y la empresa por ende se reemplazó por otros proyectos como lo son el control de una caldera y modificación a un proyecto de recopilación de tiempos de encendido y apagado de bombas.

6.3.1. Automatización de Caldera

En este proyecto se trabajó el control del suministro de agua para una caldera, en donde por medio del control de válvulas y bombas se permite el paso del agua, teniendo también válvulas y bombas de respaldo el cual se deben activar si la línea principal de suministro falla o surge algún inconveniente con este, del mismo modo se elaboró un documento con las especificaciones y proceso que debe realizar dicho sistema para posteriormente programarlo en el respectivo PLC.

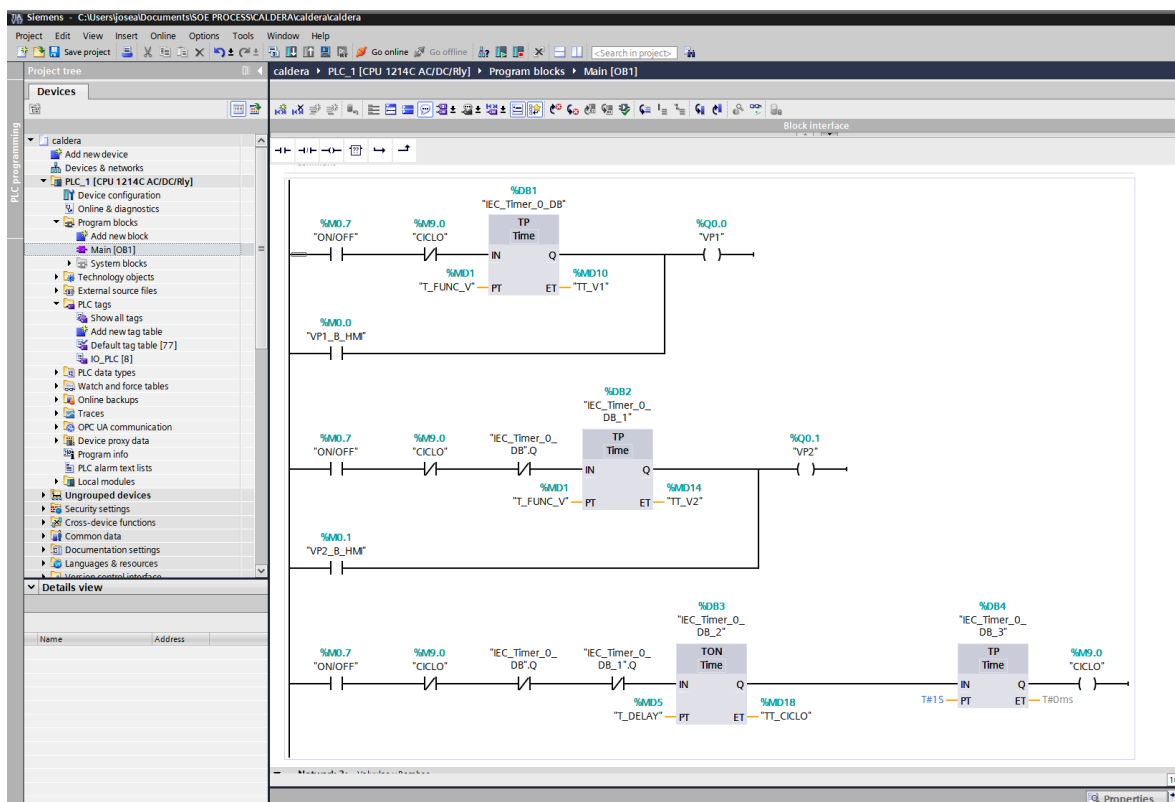
Figura 18. Documentación propuesta del proyecto para la caldera



Nota: En la documentación también se encontró una representación gráfica de cómo debía quedar el sistema de control de la caldera.

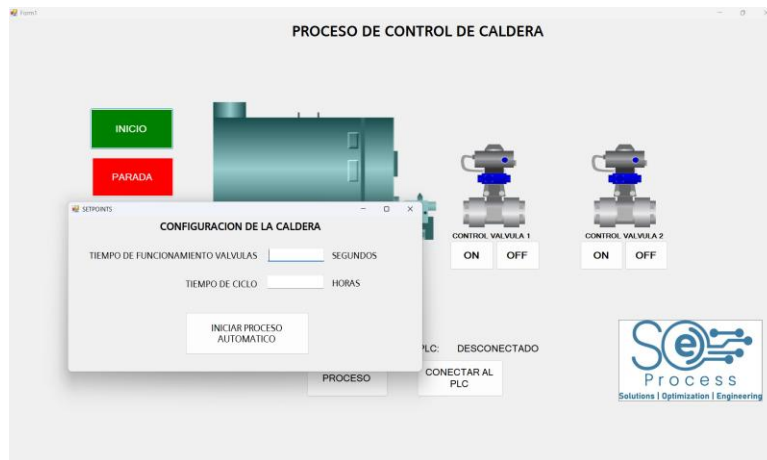
En la parte de la programación primero se escogió el PLC S7 1200 1214C AC/DC/Rly, en la primera etapa de la programación se tiene que debíamos activar y desactivar de forma manual 2 válvulas, las cuales correspondían a 2 válvulas de purga del sistema, a su vez en modo automático se debe encender estas válvulas cada determinado tiempo y durar encendidas un tiempo establecido por el operario.

Figura 19. Programación PLC proyecto caldera



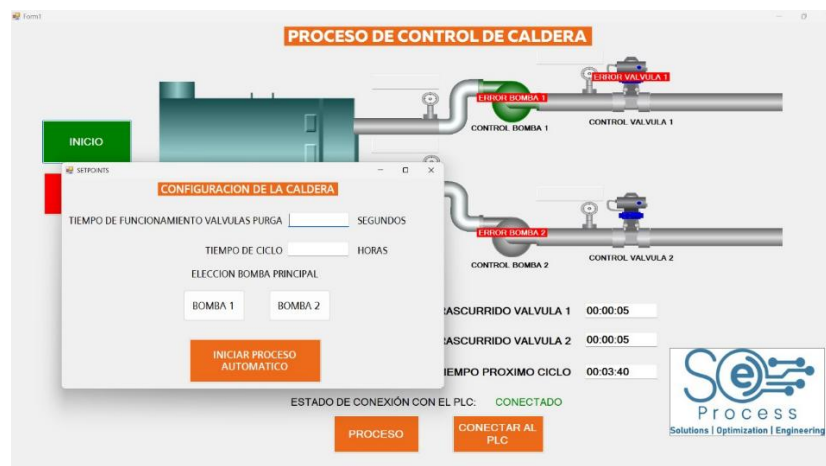
Nota: Programación realizada en el software Tia Portal

Para la primera etapa se diseñó la HMI solo con las 2 válvulas, con sus botones de encendido y apagado de cada válvula y con una ventana adicional que solicita al usuario los tiempos de funcionamiento de las válvulas que se activa al momento en que se oprime el botón de inicio.

Figura 20. HMI para control de válvulas de caldera v1.0

Nota: Captura de pantalla de la primera versión de la HMI implementada en el proceso de control de la caldera

Para la segunda etapa se configuró 2 válvulas y 2 bombas que permiten el paso del agua hacia la caldera, en donde también se programó un sistema que verifique el funcionamiento tanto de la válvula o de la bomba y en caso de que falle muestre un aviso en el HMI para que el operador actúe conforme a las alarmas y avisos dados; la configuración consiste en que 1 válvula permite el paso hacia la bomba y hay otra línea igual, que en caso de que la línea principal falle se activa automáticamente la línea de respaldo, así mismo se realiza los cambios en el PLC y el HMI.

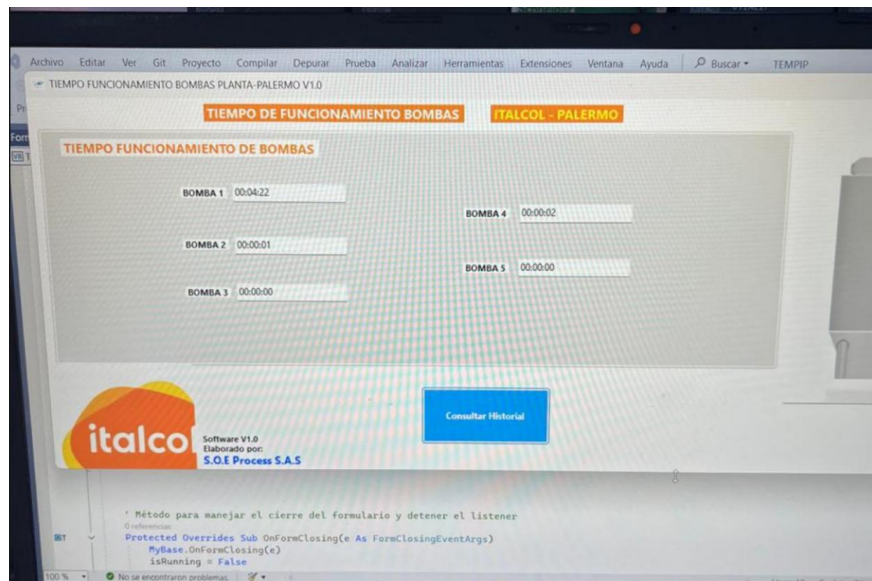
Figura 21. HMI Caldera v2

Nota: Segunda versión de la HMI de la caldera con mejoras visuales y adición de elementos gráficos

6.3.2. Desarrollo de historial tiempo de encendido de bombas

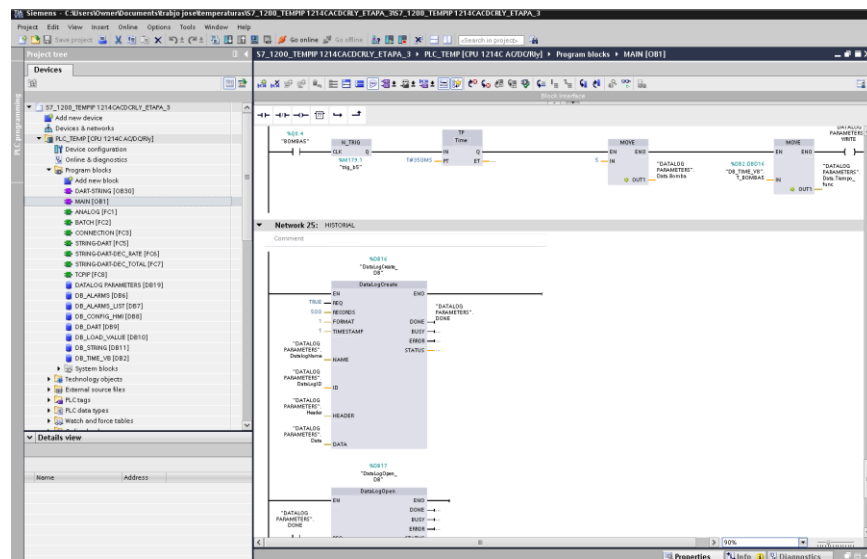
Para este proyecto se modificó una parte de la programación y se hizo un segundo HMI en donde el propósito era poder visualizar el tiempo de encendido de cada bomba, los cuales cada bomba estan en 5 Tanques diferentes, el propósito era visualización en tiempo real y un historial en donde se guarde la fecha, el número de la bomba y el tiempo que duró encendido, para lo que respecta al historial, se usaron 2 métodos para guardar los datos el cual se realizó para tener un Backup de información, el primer método es hacer el proceso de creación del archivo en Excel, tomar los datos y almacenarlos en este mismo, todo hecho desde el programa de Visual Studio, y a su vez en caso de desconexión del pc en donde se alberga el HMI, el PLC guarda la misma información de forma interna usando el método de Datalogger, en donde de igual forma se crea el archivo tipo CSV y a medida que se enciende y se apaga alguna bomba este registra los tiempos que deseamos observar en el historial.

Figura 22. HMI Tiempo de funcionamiento Bombas



Nota: Fotografía tomada directamente de la pantalla del computador en donde se implementó la aplicación HMI

Figura 23. Programación PLC Historial de tiempos



Nota: programación de historial de tiempos realizado y simulado en Tia Portal.

Figura 24. Archivo con Historial de Tiempos de Bombas

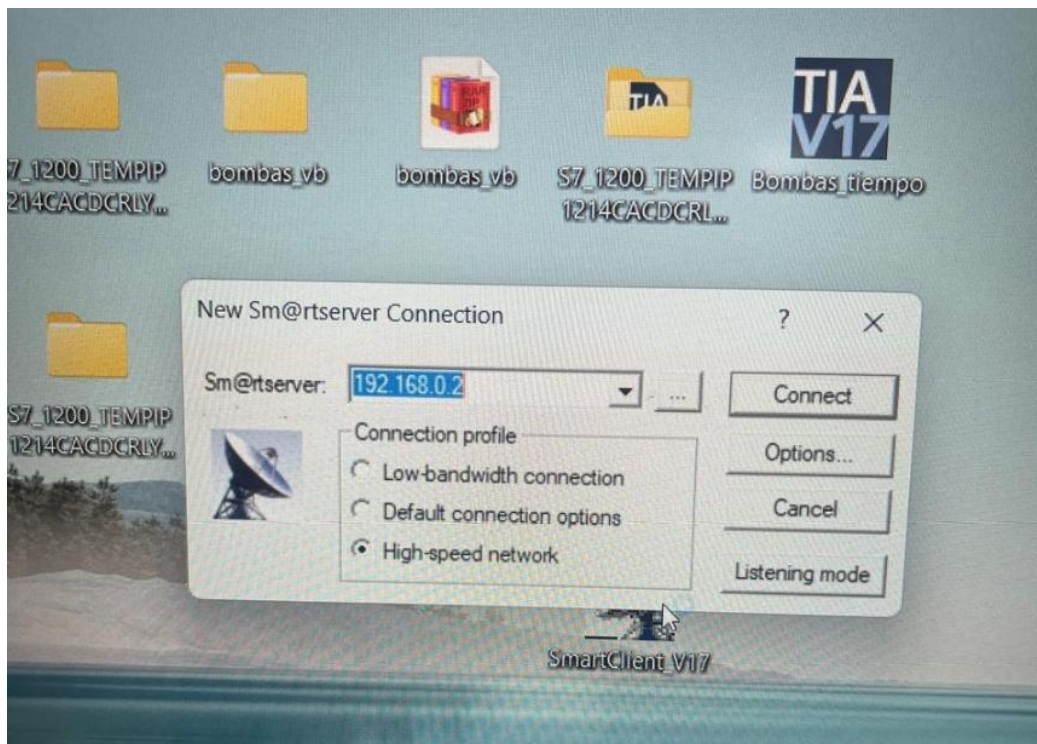
REPORTE DE TIEMPOS DE FUNCIONAMIENTO - BOMBAS				
1 REPORTE DE TIEMPOS DE FUNCIONAMIENTO - BOMBAS				
2 Fecha de gene 13/09/2025 13:34:28				
3 Archivo fuente C:\DATOSTEMP\TiemposBombas.txt				
4				
5	Fecha y Hora	Bomba	Tiempo de Fui	Milsegundos
6	13/09/2025 1	Bomba 1	0:00:06	6570
7				
8 RESUMEN ESTADISTICO POR BOMBA				
9	Bomba	Total Ciclos	Tiempo Prom	Tiempo Maxir
10	Bomba 1	1	0:00:06	0:00:06
11	Bomba 2	0	0:00:00	0:00:00
12	Bomba 3	0	0:00:00	0:00:00
13	Bomba 4	0	0:00:00	0:00:00
14	Bomba 5	0	0:00:00	0:00:00
15				
16 RESUMEN POR DIAS				
17	Fecha	Total Ciclos	Tiempo Prom	Bomba Mas Activa
18	13/09/2025	1	0:00:06	Bomba 1
19				
20				
21				
22				
23				
24				

Nota: El archivo de Excel es generado automáticamente desde el HMI y muestra un historial de tiempos de cada bomba y un resumen estadístico por días

6.3.3. Apoyo técnico en tareas de revisión de equipos

Adicional a los proyectos principales también se realizó configuraciones básicas de HMI, específicamente se configura un HMI de Siemens para poder usar un acceso remoto al equipo mediante un pc y por medio del software SmartClient, y de este modo manejar de forma remota el HMI.

Figura 25. Aplicación SmartClient de Siemens



Nota: SmartClient y SmartServer son aplicaciones de Siemens que permiten el control remoto de las HMI de la misma marca.

En otras actividades de apoyo técnico, también se revisó un caso de error de comunicación de un variador ATV930 mediante CANopen y al mismo tiempo se revisó toda la configuración del PLC M241 de Schneider en cuanto a protocolo de comunicación como también lógica de programación, y se da solución al problema estableciendo nuevamente la comunicación entre el variador y el PLC.

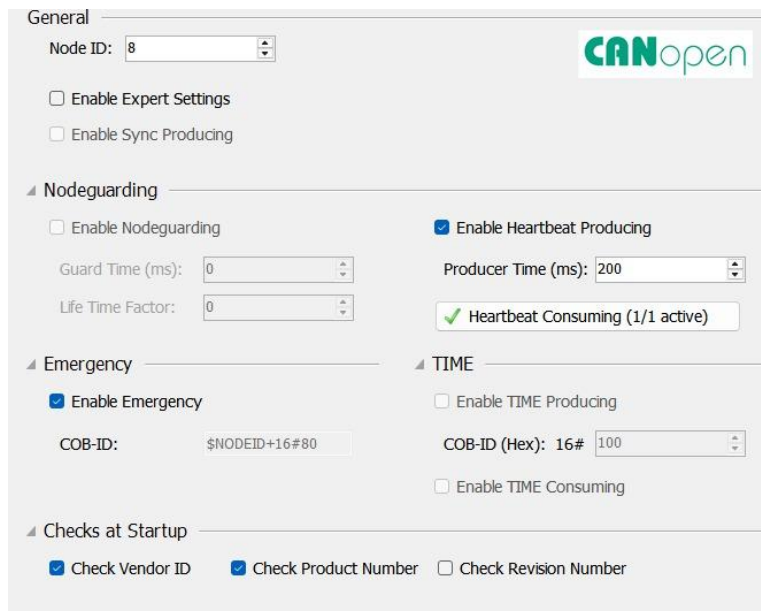
Figura 26. Variador ATV 930 con error de comunicación

Nota: el variador ATV930 muestra en su pantalla el error de interrupción del protocolo de comunicación CANopen.

Figura 27. PLC M241 Schneider

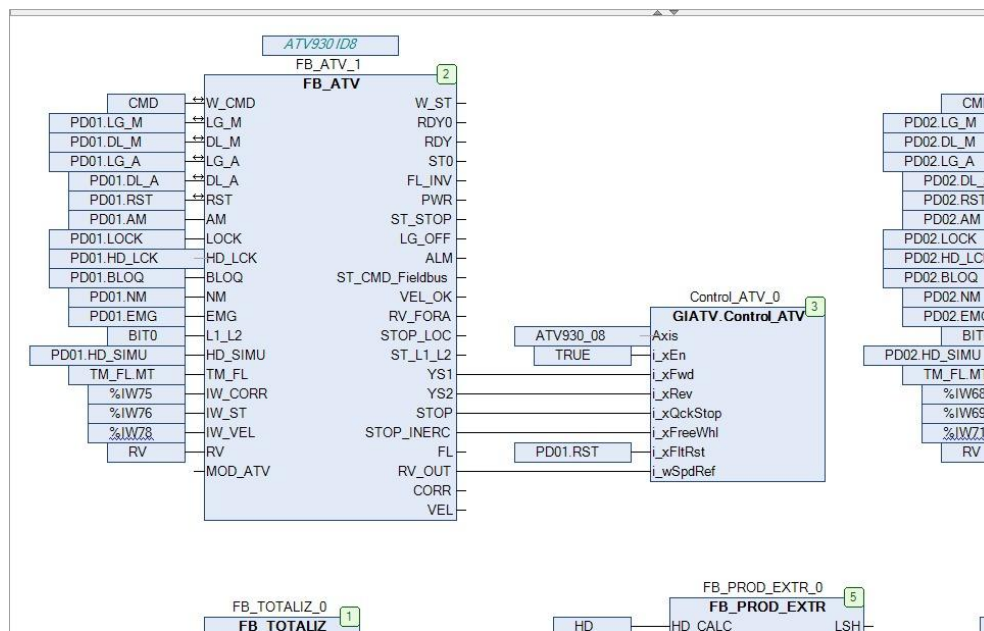
Nota: el PLC M241 de Scheneider se encargaba de realizar del proceso de control y comunicación de un conjunto de variadores de la misma marca

Figura 28. Setup protocolo CANopen en M241



Nota: Imagen tomada del software Machine Expert de Schneider en donde se configura toda la programación del PLC y del protocolo de comunicación.

Figura 29. Programación en PLC M241



Nota: programación de bloques del PLC M241 visualizada en el software Machine Expert.

7. Conclusiones

- Se logró implementar de forma satisfactoria el sistema de control automatizado del molino Ferraz, en donde al momento de realizar las pruebas e implementación se pudo observar una mejoría en los tiempos del proceso de molienda y una mejor respuesta del molino al momento de moler el producto.
- Se diseñó e implementó con éxito el proceso de la secadora vertical en el cual el control de temperatura de las cámaras de secado mostró como resultado una mejoría en la precisión y exactitud de las temperaturas requeridas para cada una de las cámaras de secado en el sistema.
- Se obtuvo resultados positivos en la elaboración del control de la caldera, el cual permitió que se mejoraran los tiempos de llenado y purga del sistema, y adicionalmente una respuesta automática en caso tal que la caldera sufriera alguna falla, de este modo se mejoró la seguridad del proceso y de los trabajadores que la operan.
- La práctica empresarial realizada en SOE PROCESS S.A.S. permitió aplicar en un entorno real todos los conocimientos adquiridos académicamente que a su vez requirió de investigación adicional para poder llevar a cabo completa y satisfactoriamente las tareas asignadas, especialmente en las áreas de automatización y control industrial, apoyando en proyectos reales de la empresa se participó activamente en el diseño, programación configuración y puesta en marcha de sistemas de control basados en PLC y HMI en los casos ya descritos.
- Durante este tiempo también se desarrolla significativamente las habilidades tanto técnicas como blandas, como los son el trabajo en equipo, comunicación efectiva, análisis de procesos y el cumplimiento de las funciones asignadas.

- Finalmente, la experiencia adquirida en SOE PROCESS S.A.S. aportó al desarrollo profesional una visión práctica y real del sector industrial en cuanto a la comprensión de la importancia de la organización, la planificación y el control de procesos en proyectos de automatización y de esta manera afianzar el criterio como futuro ingeniero y la preparación para poder enfrentar próximos proyectos en el ámbito laboral.

Referencias

- [1]. “PLC-¿Qué es el PLC? - estructura del PLC - características del PLC”. UniMAT. Accedido el 11 de febrero de 2026. [En línea]. Disponible: https://www.unimatautomation.com/es/blogs/news-and-press/plc-what-is-plc-plc-structure-plc-features?_pos=1&_sid=2c3aeee66&_ss=r
- [2]. “¿Para qué sirve la HMI? Guía completa sobre interfaces hombre-máquina”. UniMAT. Accedido el 11 de febrero de 2026. [En línea]. Disponible: https://www.unimatautomation.com/es/blogs/news-and-press/what-is-the-use-of-hmi?_pos=7&_sid=d5e94e1b6&_ss=r
- [3]. IBM. “¿Qué es la automatización? IBM”. IBM. Accedido el 11 de febrero de 2026. [En línea]. Disponible: <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/automation>
- [4]. “Sensores: Qué son, cómo funcionan, características y tipos”. SDI Industrial. Accedido el 11 de febrero de 2026. [En línea]. Disponible: <https://sdindustrial.com.mx/blog/sensores/>
- [5]. “▷ Actuadores | ¿Qué son y para qué sirven? | SDI”. SDI Industrial. Accedido el 11 de febrero de 2026. [En línea]. Disponible: <https://sdindustrial.com.mx/blog/actuadores/>
- [6]. “¿Cuál es el propósito de un variador de frecuencia?” UniMAT. Accedido el 11 de febrero de 2026. [En línea]. Disponible: https://www.unimatautomation.com/es/blogs/news-and-press/what-is-the-purpose-of-a-variable-frequency-drive?_pos=3&_sid=20f499f7a&_ss=r
- [7]. “▷ Protocolos de comunicación | ¿Qué son y para qué sirven?” SDI Industrial. Accedido el 11 de febrero de 2026. [En línea]. Disponible: <https://sdindustrial.com.mx/blog/protocolos-de-comunicacion-que-son/>

- [8]. “¿QuÃ© es visual studio?” Microsoft Learn: Build skills that open doors in your career. Accedido el 11 de febrero de 2026. [En línea]. Disponible: <https://learn.microsoft.com/es-es/visualstudio/get-started/visual-studio-ide?view=visualstudio>
- [9]. D. S. Muñoz-Pinzón, K. T. Valencia-Rivero, Y. P. Caviativa-Castro y J. S. Castillo-Bustos, “Estado actual de la adopción de la industria 4.0 en pymes colombianas: Desafíos y oportunidades”, *Rev. Politec.*, vol. 20, n.º 39, pp. 99–118, marzo de 2024. Accedido el 11 de febrero de 2026. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v20n39a7>