



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE  
SANTA ELENA**

**FACULTAD DE SISTEMAS Y  
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA Y  
AUTOMATIZACIÓN**

**COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN  
COMPLEXIVO**

*“Diseño y simulación de un sistema automatizado para el  
proceso de elaboración de cátodos de cobre”*

**Jairala Bonilla Steeven Isaac**

**Dirigido por  
Ing. Carlos Saldaña, M.Sc.**

**La Libertad – 2024**

## **DEDICATORIA**

Madre, gracias por tu amor incondicional, tu apoyo me brinda una constante enseñanza de vida y perseverancia, gracias profesores los cuales me impartieron conocimientos y guía para seguir mi camino, a mis amigos por su compañía en momentos difíciles además de las risas que hicieron mi camino hasta ahora más llevadero. A todos aquellos que de una u otra forma me contribuyeron a la culminación de esta etapa, se los dedico con gran gratitud en este esfuerzo hecho por mí. Finalmente, a mí mismo, debido a que no me rendí ante los obstáculos, por mantener mi pasión por aprender y mi determinación por ser una mejor persona.

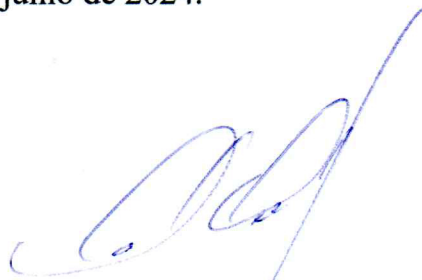
## **AGRADECIMIENTO**

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento y dedico este trabajo a cada una de las personas que confiaron en mi en el transcurso de esta, desde mis amigos más allegados, Alan Mina, Jackson Valverde, Anthony Bravo, Douglas Borbor los cuales me apoyaron en cada uno de mis pasos, hasta mi madre que es la persona más importante en mi vida, también dedico este trabajo a Dios y a mi padre que desde el cielo me cuida en cada una de mis etapas. Agradezco a cada uno de ustedes y espero que me sigan apoyando en mi futuro recorrer.

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del trabajo examen completo denominado: " Diseño y simulación de un sistema automatizado para el proceso de elaboración de cátodos de cobre", elaborado por el estudiante Jairala Bonilla Steeven Isaac, de la carrera de Electrónica y Automatización de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante que inicie los trámites legales correspondientes.

La Libertad, 17 de junio de 2024.



---

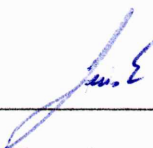
**ING. CARLOS ALBERTO SALDAÑA ENDERICA, MSC**

**Docente Tutor**

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



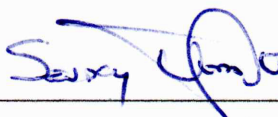
Ph.D. Ronald Humberto Rovira Jurado.  
**DIRECTOR DE LA CARRERA DE  
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN.**



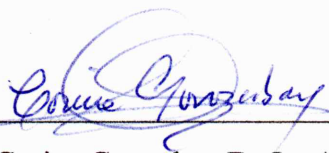
Ing. Luis Chuquimarca Jiménez, Mgt.  
**DOCENTE GUÍA UIC.**



Ing. Carlos Saldaña Enderica, MSc.  
**DOCENTE TUTOR**



Ing. Sendey Vera González, MSc.  
**DOCENTE ESPECIALISTA**



Ing. Corina Gonzabay De La A, Mgt.  
**SECRETARIA DE LA CARRERA DE  
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN.**

## RESUMEN

En la industria de la producción de cátodos de cobre el control y monitoreo del proceso es de suma importancia. Este sistema proporciona un control preciso de la temperatura la cual es crucial para asegurar la calidad del cátodo de cobre sin comprometer la integridad del horno ni del producto. El objetivo principal detrás del presente trabajo es diseñar un sistema de control y monitoreo para el proceso de elaboración de cátodos de cobre la cual garantice un mejor control de la temperatura en el proceso del cátodo de cobre.

El enfoque del proyecto se centra en la programación ladder de un PLC para monitorear, supervisar y controlar el proceso a partir de una interfaz hombre-máquina y un sistema SCADA. Se llevaron a cabo pruebas a partir de un entorno controlado en el laboratorio de automatización para evaluar la eficiencia del sistema.

Como conclusión, se conoce cómo el proceso funciona de manera automatizada la cual optimiza el control de temperatura y la eficiencia del proceso, previniendo problemas futuros y reduciendo el tiempo de desarrollo.

**Palabras Claves:** horno industrial, cátodo de cobre, control de temperatura, PLC, sistema automatizado, HMI, SCADA.

## ABSTRACT

In the copper cathode production industry, the purity of the final product is of utmost importance. The simulation of an automated system in an industrial furnace using a PLC (Programmable logic controller) represents a significant advance. This system provides precise temperature control which is crucial to ensure the quality of the copper cathode without compromising the integrity of the furnace and the product. The main objective behind the present work is to design a control and monitoring system for the copper cathode manufacturing process which guarantees the purity of the copper cathode produced.

The focus of the project is on the ladder programming of a PLC to monitor, supervise and adjust the process parameters from a man-machine interface and a SCADA system. Tests were conducted from a controlled environment in the automation laboratory to evaluate the efficiency of the system.

As a conclusion, it is known how the process works in an automated way which optimizes temperature control and process efficiency, preventing future problems and reducing development time.

**Keywords:** industrial furnace, copper cathode, temperature control, PLC, automated system, HMI, SCADA.

# Índice General

RESUMEN .....	V
ABSTRACT .....	VI
INTRODUCCIÓN .....	1
Objetivos del proyecto .....	2
Objetivo general .....	2
Objetivos específicos .....	2
Antecedentes .....	3
Justificación .....	4
Alcance del proyecto .....	5
Metodología .....	6
Capítulo 1 .....	7
1.1.-Marco conceptual .....	7
1.1.1.- Ingeniería en sistemas de automatización .....	7
1.1.2.- La automática .....	7
1.1.3.- Elementos fundamentales en un sistema elemental de automatización .....	7
1.1.4.- Controlador lógico programable (PLC) .....	8
1.1.5.- Normas ISA .....	9
1.1.6.- Normativa UNE .....	10
1.1.7.- Comunicación Profinet .....	10
1.1.8.- Hornos industriales de fundición de cobre .....	11
1.1.9.- Combustión .....	12
1.1.10.- Oxigenación .....	12
1.2.- Marco contextual .....	12
1.2.1.- Componentes físicos .....	13
1.2.2.- Componentes lógicos .....	19
Capítulo 2 .....	21
2.1 Diseño del sistema industrial .....	21
2.1.1 Diseño del sistema eléctrico .....	21
2.1.2.- Lógica cableada manual para el proceso de elaboración de cátodo de cobre .....	23
2.1.3 Diagrama P&ID de la elaboración de cátodo de cobre. ....	24
2.1.4- Plan de ejecución .....	24
2.1.5.- Factibilidad técnica .....	25
2.1.6.- Factibilidad económica .....	26
2.2.- Lógica de programación para el proceso de combustión y oxigenación .....	28
2.2.1 Diagrama de flujo oxigenación .....	29

2.2.2 Diagrama de flujo combustión .....	30
2.2.3- Segmentos de programación para PLC .....	31
2.2.4.- Comunicación TIA Portal – Kepservers – Intouch .....	35
2.2.5.- Programación del sistema SCADA. ....	36
2.3 - Pruebas y validación en un ambiente controlador .....	38
2.3.1.- Configuración del laboratorio de automatización .....	38
2.3.2- Diseño de la interfaz gráfica HMI del proceso de elaboración de cátodo de cobre..	39
2.3.3.- Diseño de sistema SCADA del proceso de elaboración de cátodo de cobre .....	44
2.4.- Análisis de datos en tiempo real .....	49
2.5.- RESULTADOS .....	51
2.6.- CONCLUSIONES .....	52
2.7.- RECOMENDACIONES .....	53
BIBLIOGRAFÍA.....	54
ANEXOS .....	56

## Índice De Ilustraciones

Figura 1 Arquitectura Profinet. Fuente:[8].....	11
Figura 2 Horno industrial de fundición de cobre. Fuente: Autor .....	11
Figura 3 Termocupla tipo K. Fuente:[20].....	13
Figura 4 Electroválvula. Fuente:[19] .....	14
Figura 5 Controlador de temperatura DTB4848.Fuente: [21].....	15
Figura 6 PLC compacto siemens S7-1200. Fuente:[11].....	16
Figura 7 Módulo de comunicación CM 1241. Fuente:[12].....	17
Figura 8 HMI delta TP 1200 confort. Fuente:[13] .....	18
Figura 9 TIA Portal V16. Fuente: [25].....	19
Figura 10 Interfaz de comunicación KEPServerEX 6.0. Fuente:[18].....	20
Figura 11 Circuito de mando de sistema automatizado. Fuente: Autor.....	21
Figura 12 Circuito de salidas del PLC. Fuente: Autor.....	21
Figura 13 Diagrama de comunicación .....	22
Figura 14 Lógica cableada manual. Fuente: Autor.....	23
Figura 15 Diagrama P&ID. Fuente: Autor. ....	24
Figura 16 Información acerca de KepsServerEX. Fuente: Autor.....	35
Figura 17 Configuración del NetToPLCsim. Fuente: Autor .....	35
Figura 18 Configuración del ingreso de variables. Fuente: Autor.....	36
Figura 19 Configuración de tag name. Fuente: Autor .....	36
Figura 20 Configuración del access name. Fuente: Autor.....	37
Figura 21 Pantalla login HMI. Fuente: Autor .....	39
Figura 22 Accionamiento "Pantalla principal". Fuente: Autor.....	39
Figura 23 Modo local-manual. Fuente: Autor.....	40
Figura 24 Encendido y apagado. Fuente: Autor.....	41
Figura 25 Pantalla de valores operativos y ventana deslizante de ajustes. Fuente: Autor.....	41
Figura 26 Escalado de la apertura de la válvula de oxígeno. Fuente: Autor .....	42
Figura 27 Escalado de la apertura de la válvula de Combustible. Fuente: Autor.....	42
Figura 28 Parámetros eléctricos. Fuente: Autor .....	42
Figura 29 Históricos y tendencias de señales. Fuente: Autor.....	43
Figura 30 Programación y pantalla de mantenimiento. Fuente: Autor.....	43
Figura 31 Pantalla de menú de opciones. Fuente: Autor .....	44
Figura 32 Pantalla principal. Fuente: Autor .....	44
Figura 33 Pantalla de inicio de sistema SCADA. Fuente: Autor .....	45
Figura 34 Pantalla de menú principal. Fuente: Autor.....	45
Figura 35 Pantalla del proceso de la planta. Fuente: Autor.....	46
Figura 36 Pantalla de parámetros eléctricos. Fuente: Autor.....	47
Figura 37 Pantalla de valores operativos. Fuente: Autor.....	47
Figura 38 Ventana emergente de ajustes eléctricos. Fuente: Autor .....	47
Figura 39 Gráfica de tendencias. Fuente: Autor.....	48
Figura 40 Pantalla de mantenimiento. Fuente: Autor.....	49
Figura 41 Comunicación en tiempo real entre medidor de parámetros eléctricos y controlador S7-1200. Fuente: Autor .....	49
Figura 42 Comunicación en tiempo real entre controlador de temperatura y autómatas programables S7-1200. Fuente: Autor .....	50

## Índice De Tablas

Tabla 1 Datos técnicos SITRANS TS500. Fuente:[20].....	13
Tabla 2 Datos técnicos electroválvula de Control. Fuente:[19] .....	14
Tabla 3 Datos técnicos controlador de temperatura DTB4848. Fuente: [21] .....	15
Tabla 4 Datos técnicos PLC 1212C AC/DC/Rly Fuente: Fuente:[11] .....	16
Tabla 5 Ficha Técnica módulo de comunicación CM 1241. Fuente:[12] .....	17
Tabla 6 Características y aplicaciones de un HMI. Fuente [13].....	18
Tabla 7 Leyenda de variables usados en el esquema de control. Fuente: Autor.....	22
Tabla 8 Leyenda de variables usados en el esquema manual. Fuente: Autor.....	24
Tabla 9: Recursos materiales para el proyecto. Fuente:[18].....	27
Tabla 10: Recursos humanos estimados para el proyecto. Fuente:[18].....	27
Tabla 11: Presupuesto total estimado para el proyecto. Fuente:[18] .....	28
Figura 12 Diagrama de flujo de oxigenación. Fuente: Autor .....	29
Figura 13 Diagrama de flujo de combustión. Fuente: Autor .....	30

## INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de automatización están en crecimiento, además existe una gran variedad de aplicaciones de las cuales se encuentra influida en el proceso de fundición de cobre y plomo además de procesos de recirculación. Al ser una tecnología tan prestigiosa en el entorno de la fundición de tanto plomo como cobre, se encuentra por todo el mundo como; Estados Unidos, Alemania, China, Perú, India, Gran Bretaña, Australia, Malasia y Bélgica. Un horno industrial tiene una producción de hasta 150 toneladas por hora. La construcción del horno internamente es de ladrillo, las paredes son de concreto debido a la unidad de fusión de materia prima la cual es de alta intensidad por la concentración del mineral ya fundido, este proceso se realiza a temperaturas muy elevadas las cuales no tienen ningún control eficiente y que en muchos de los casos los parámetros recomendados por el fabricante no están siendo debidamente respetados, esto puede causar deformaciones y desgastes. Así mismo se puede plantear la siguiente pregunta, ¿De qué manera se podría optimizar el funcionamiento del horno isasmelt frente a las falencias encontradas? La hipótesis central está en la optimización del funcionamiento del horno isasmelt, mediante la incorporación de un sistema de control avanzada, para la producción de cátodos de cobre para mejorar la calidad final [1].

La automatización en la industria moderna es de gran importancia debido a los beneficios que brinda, al utilizar tecnologías de automatización, se logra mejorar la seguridad laboral al automatizar labores peligrosas y reducir la exposición de los trabajadores a riesgos. Además, se aumenta la eficiencia y productividad al eliminar tareas repetitivas y optimizar los procesos [2]. Esto permite a las empresas mantenerse competitivas en el mercado y aprovechar al máximo los recursos disponibles, dichas tecnologías han dado apertura al desarrollo exitoso de sistemas avanzados como HMI (Interfaz Hombre-Máquina) y sistemas SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos). Esto facilita la adopción de aplicaciones en fábricas, mejorando la eficiencia en la gestión y control de dichos sistemas [3] [4].

Por último, este proyecto tiene como propósito dar solución a desafíos presentes en la industria del cobre, en función al uso de diseños de sistemas automáticos enfocado a optimizar cada uno de los procesos y sobre todo propiciar el progreso económico.

## **Objetivos del proyecto**

### **Objetivo general**

Diseñar y simular un sistema de control y monitoreo en el proceso de elaboración de cátodos de cobre mediante controladores lógicos programables (PLC).

### **Objetivos específicos**

- Diseñar el sistema industrial para la automatización en el proceso de elaboración de cátodos de cobre.
- Diseñar la programación ladder para la automatización en el proceso de elaboración de cátodos de cobre usando el PLC S7-1200.
- Desarrollar una interfaz gráfica para el control y monitoreo local y remoto para los procesos de elaboración de cátodos de cobre utilizando simatic tp900 e intouch.
- Validar y verificar el sistema industrial de la automatización para la elaboración de cátodo de cobre dentro de un ambiente controlado de manera simulada.

## **Antecedentes**

Siguiendo el panorama actual, la automatización en la industria se ha convertido en un componente en constante crecimiento, impulsado por la necesidad de optimizar los procesos manuales. Este avance se logra a través de la aplicación de técnicas de análisis, desarrollo, diseño y optimización, que son cuidadosamente consideradas por numerosos investigadores al recopilar datos.

La eficiencia operativa de las empresas se materializa mediante diversos procesos y enfoques. Cada sector industrial establece metas, indicadores y resultados específicos, y a partir de estos elementos, se aplica un riguroso monitoreo con el objetivo de obtener resultados y mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos disponibles.

En el ámbito de la producción de cobre, específicamente en el proceso de elaboración de cátodos, se destaca la necesidad de integrar la automatización para optimizar las diversas etapas del proceso. La demanda global de cobre sigue en aumento y es crucial mejorar la eficiencia de la producción para satisfacer las crecientes necesidades del mercado.

En la actualidad, la producción de cobre se enfrenta a desafíos relacionados con la variabilidad en la calidad del mineral y los procesos manuales utilizados en la extracción y purificación. La automatización en el proceso de elaboración de cátodos permitiría una gestión más precisa de las variables críticas, mejorando así la calidad del producto final.

En regiones como América Latina, donde la producción de cobre desempeña un papel significativo en la economía debido a que alberga un 45% de la producción mundial además de poseer el 38% de las reservas, la automatización puede contribuir significativamente a la eficiencia del proceso. La optimización de la producción de cátodos no solo implica un uso más eficiente de la materia prima, sino también una reducción de la participación manual, lo que se traduce en una mejora en la calidad del producto, tiempos de producción más rápidos y una mayor flexibilidad y confiabilidad en el proceso[1].

## **Justificación**

La razón de la elección de este tema es la necesidad de mejorar y optimizar este proceso industrial para aumentar la calidad y eficiencia de la producción de cátodos de cobre. La introducción de tecnologías avanzadas, como los sistemas de control PLC en hornos industriales no solo facilitará el trabajo, además de esto evita riesgos laborales debido a las altas temperaturas a las que opera el horno industrial, también aumentará la calidad del producto final, reducirá los problemas operativos y acortará el tiempo de desarrollo. Así que, esta investigación también tiene como objetivo contribuir a la innovación y el desarrollo continuo en la industria metalúrgica.

Para este trabajo, se ha consultado información a la empresa “Kobrec S.A.”, mediante el número de contacto alojado en la página. Se ha corroborado a través del testimonio de un funcionario de la empresa que ha aseverado la existencia del horno isasmelt en su proceso de fundición y elaboran cátodos de cobre, además aseveró que los hornos no han sido envueltos en una mejora con respecto a la automatización, cabe destacar que la empresa se dedica principalmente a la elaboración de otros productos a parte del cátodo de cobre. Adicionalmente se hace mención que la empresa cuenta con una estricta política de resguardo de la información acerca de la elaboración de sus procesos, por lo tanto, no se ha podido desglosar a detalle evidencias fortuitas de aspectos relacionados a las instalaciones de la empresa y sus procesos [5].

La producción de cátodos de cobre requiere un cuidadoso control de variables clave, entre las que la temperatura en el proceso de fundición desempeña un papel crítico. Al incorporar esta variable en nuestra justificación junto con las normativas pertinentes, se puede comprender mejor cómo la temperatura influye en la calidad del producto final, así como en el cumplimiento de los estándares establecidos por las normativas como la UNE-EN 1978:1999 [6].

### **Relación con las normativas aplicables:**

- **Cumplimiento de requisitos:** La temperatura controlada durante el proceso de fundición en el horno industrial isasmelt es fundamental para cumplir con ciertos requisitos establecidos por normativas como la UNE-EN 1978:1999. Un control preciso de la temperatura garantiza una mejor efectividad a la producción de cátodos de cobre con el cumplimiento de la normativa requerida [6].

## **Alcance del proyecto**

El alcance de este proyecto acerca de la elaboración del cátodo de cobre a partir del control y monitoreo se aprecia la influencia de la temperatura como factor crítico que influye en la calidad y conformidad con normativas de los cátodos de cobre producidos. Al controlar cuidadosamente esta variable y adherirse a las normativas aplicables se garantiza un producto de alta calidad que cumplan con los estándares internacionales y las expectativas del mercado.

## **Metodología**

### **Investigación aplicada**

- **Fase 1**

Por medio de una investigación bibliográfica acerca del proceso de elaboración de cátodo de cobre, la lógica de control y los sistemas HMI y SCADA sirven como base para el diseño y simulación de la propuesta. También se complementa con el conocimiento adquirido de la etapa universitaria de las asignaturas de electrónica, redes y cursos de automatización industrial.

- **Fase 2**

En esta fase se va a centrar a las necesidades del sistema para el diseño de los sistemas HMI y SCADA en la elaboración del cátodo de cobre. A partir de técnicas de análisis y obtención de información para identificar los dispositivos electrónicos y software necesarios.

- **Fase 3**

Se realiza la lógica de control y la interfaz HMI por medio del software TIA Portal, además del desarrollo del sistema SCADA por medio del software Wonderware intouch para el proceso de elaboración de cátodos de cobre a partir de estructuras de programación ya existentes en la industria.

- **Procesamiento de datos**

Se consideran los siguientes pasos para el procesamiento de datos:

- Los recursos a utilizar para obtener la información necesaria serán: revistas científicas, artículos académicos, libros y sitios web académicos los cuales deben ser relacionados con el proceso de elaboración de cátodo de cobre y de los sistemas HMI y SCADA.
- Selección de información acerca de diseños realizados de sistemas HMI y SCADA en procesos con industria a mediana escala.
- Análisis de resultados por medio de pruebas realizadas en un ambiente controlado.

# Capítulo 1

## 1.1.-Marco conceptual

### 1.1.1.- Ingeniería en sistemas de automatización

La ingeniería en sistemas de automatización es la disciplina que aborda el estudio, desarrollo y mantenimiento de sistemas y productos automatizados en distintos sectores industriales. Engloba una variedad de disciplinas y ramas técnicas, incluyendo ingeniería eléctrica, electrónica, mecánica, informática y de control. Los profesionales en esta área suelen estar en busca de la manera más efectiva de optimizar procesos y aumentar la eficiencia y al mismo tiempo reducir los costos[7].

### 1.1.2.- La automática

La automatización es una tecnología poderosa que facilita la creación de sistemas eficientes, adaptables y robustos, capaces de ejecutar tareas sin requerir intervención humana directa. Esta disciplina se apoya en la retroalimentación, un componente esencial que permite al sistema aprender, adaptarse y mejorar constantemente su rendimiento. Mediante la retroalimentación, los sistemas automatizados ajustan sus parámetros en respuesta a datos del entorno, asegurando un control óptimo y una capacidad de adaptación frente a cambios internos y externos [8].

### 1.1.3.- Elementos fundamentales en un sistema elemental de automatización

El uso de sensores para recopilar información del entorno es parte del diseño de un sistema automatizado. El PLC procesa esta información y luego da señales a los actuadores como motores, válvulas, cilindros y relés. Los sensores incluyen dispositivos como termopares y sensores de presión, y los actuadores realizan acciones físicas para controlar el proceso o la máquina.

Para cumplir con los procesos industriales requeridos, los sistemas automáticos usualmente se componen de elementos clásicos y tan comúnmente utilizados como lo

pueden ser los relés, técnicas digitales como los circuitos flip-flop SR y ultimadamente alternativas más modernas y eficientes como el PLC [9].

#### **1.1.4.- Controlador lógico programable (PLC)**

Un autómatas programable se basa en la programación que se usa en una computadora para tomar decisiones como encender y apagar, lo que lo convierte en un sistema de control industrial. Estos tienen funciones de control secuencial, que son monitoreados en tiempo real.

El lenguaje de programación no informático utilizado para controlar en tiempo real y realizar acciones basadas en los datos que se reciben a través de las entradas, es la base para cualquier automatismo estructurado y que está partiendo del uso de un controlador lógico programable. El PLC funciona con varios lenguajes de programación, algunos de los cuales son particularmente cruciales.

- Lenguaje booleano: Este lenguaje se compone de un compendio de operadores lógicos que se utilizan para controlar señales binarias y otras funciones matemáticas.
- Lenguaje de contactos (KOP): En el uso de contactos eléctricos, el lenguaje de contactos (KOP) se representa gráficamente en bloques, como en los diagramas de circuitos eléctricos en los cuales se disponen tantos elementos se requieran para dar forma a la lógica de programación del automatismo.
- Lenguaje de diagrama de funciones (FUP): Este lenguaje de programación se dirige a la máquina de manera textual, indicándole al controlador la sucesión de pasos a seguir que debe realizar para la ejecución de las acciones que se hayan establecido.

Esta clase de equipos sofisticados contienen terminales de entrada que se conectan a pulsadores, finales de carreras y detectores; y terminales de salida que se conectan a bobinas de contacto, electroválvulas y, dependiendo de lo establecido en la lógica de programación que se le sea cargada, se proceden a activar según corresponda[10].

### **1.1.5.- Normas ISA**

Utiliza un sistema específico de símbolos para representar el funcionamiento del sistema mediante planos o diagramas, asignando instrumentos de control y medición de señales para representar los elementos del sistema.

- **Sistemas de control**

Los subsistemas que integran el funcionamiento de los sistemas de control están separados de manera remota y pueden interactuar físicamente entre sí. Su control se distribuye a través de paneles conectados a una red de tiempo no real, una red de tiempo real y un controlador de área [11].

- **Panel de control**

Un panel de control proporciona una visión general de los indicadores clave de rendimiento (KPI) de un sistema o proceso industrial. Estos KPI pueden incluir datos sobre producción, eficiencia, calidad, seguridad y otros aspectos relacionados con la operación y gestión del sistema.

- **Observación (grafico, ventana)**

En este apartado se muestra el proceso e información destinada al monitoreo y control constantes por parte de un operario.

- **Color**

Durante el desarrollo del diseño, se considera la percepción del color (por ejemplo, daltonismo o deficiencias en la visión del operario) y la presentación visual de combinaciones de colores. Se emplean el contraste y el brillo diferenciales adecuados. Los colores seleccionados deben ser distintivos para información importante, como alertas y situaciones anormales. Es importante que la información menos relevante no destaque más que la más importante. Además, los colores o el parpadeo de los símbolos deben dirigir la atención del operador hacia las situaciones actuales.

- **Principios generales de diseño HMI**

El diseño de la HMI debe adaptarse a todos los operadores potenciales y cumplir con su ciclo funcional para acciones principales inherentes al proceso, como la toma de decisiones, monitoreo y control. La interfaz humano-máquina debe ser ergonómica,

asegurando el confort para facilitar su interpretación y evitar distracciones para el operador. En resumen, las interfaces humano-máquina deben promover el uso de normas para uniformizar la presentación y comprensión de datos, optimizar la eficiencia operativa y reducir los riesgos potenciales, creando así entornos laborales más seguros y productivos [11].

#### **1.1.6.- Normativa UNE**

La legislación UNE aborda la estructura normativa y las normas establecidas por la Institución Española de Normalización para garantizar la calidad, la seguridad y la eficacia en diversos entornos industriales y comerciales. El marco abarca la identificación de las normas específicas afectadas, su aplicación a la conformidad de productos y procesos, y su relevancia para la competitividad y el desarrollo organizativo a través de la mejora continua, la revisión de la relación que existe entre UNE y otros sistemas internacionales de regulación, y la elucidación de su papel en la armonización de prácticas y el desarrollo de un estándar global de excelencia [12].

#### **1.1.7.- Comunicación Profinet**

El progreso tecnológico ha ido creciendo en todas las plataformas y en Siemens su evolución de comunicación de datos es un estándar abierto y se llama Profinet, también llamado ethernet industrial que permite enlazar dispositivos con PLC para gestionar procesos desde el nivel de campo hasta la sala de control. Evita el tráfico de red y garantiza la transferencia de información de datos en los procesos de automatización.

La red de comunicación industrial Profinet se basa en los protocolos Ethernet, TCP e IP, UDP. Siemens se ha dedicado a trabajar con Profinet, con el que consigue la integración de diferentes dispositivos que se encuentran en campos descentralizados donde las aplicaciones son simples o críticas [13].

En cambio, Profinet CBA se ocupa en la integración sistema de automatización basadas en componentes.

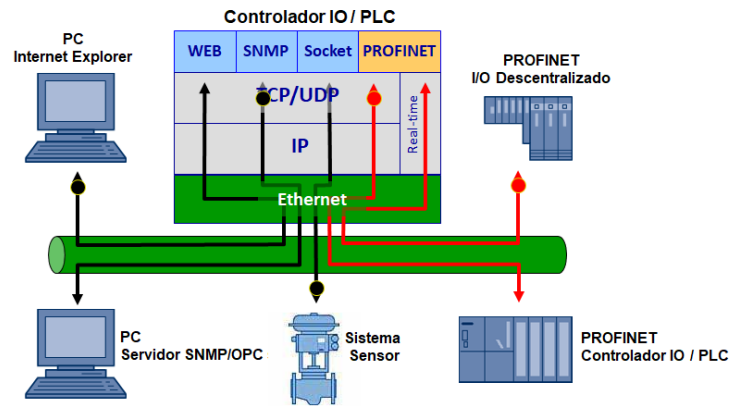


Figura 1 Arquitectura Profinet. Fuente: [13]

### 1.1.8.- Hornos industriales de fundición de cobre

El proceso isasmelt, se basa en una lanza destinado a ser utilizado en la fundición de concentrados de plomo, pronto se descubrió que esta también era apropiada para la fundición de concentrados de cobre. Tras el éxito en sus primeras pruebas de funcionamiento de una planta piloto se procedió a la construcción de diversas plantas de fundición en todo el mundo [14].

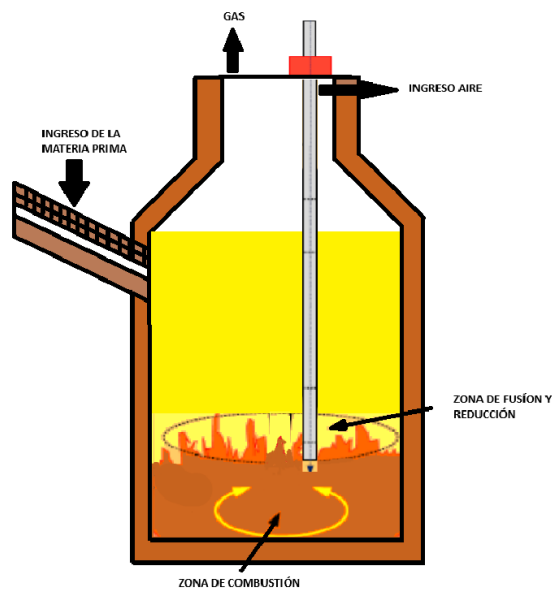


Figura 2 Horno industrial de fundición de cobre. Fuente: Autor

### **1.1.9.- Combustión**

El control del flujo de combustible actúa por medio de la apertura o cierre de la electroválvula, la cual permite aumentar la temperatura dentro del horno, esto debido a que existe una temperatura mínima para la fundición del cobre (1085 °C), el objetivo es conseguir sobrepasar esa temperatura para luego poder controlarla a partir del proceso de oxigenación.

### **1.1.10.- Oxigenación**

Este proceso comprende el control del oxígeno que se envía a través de la electroválvula, además de poder manipular la variable tanto de manera manual como automática, el objetivo es permitir una calidad del cátodo de cobre mayor a la usual, para mejorar la calidad en el cátodo de cobre se necesita una temperatura entre los 1100 °C a los 1200 °C.

## **1.2.- Marco contextual**

Un sistema de control tiene como objetivo influir en el funcionamiento de un proceso, con la finalidad de alcanzar un comportamiento deseado del mismo. En la actualidad, los sistemas de control se encuentran presentes en nuestra vida diaria, por ejemplo, cumplir diferentes actividades siguiendo normas o reglas que están sujetas a la tarea a realizarse. A nivel industrial el uso de los sistemas de control ha aumentado ya que genera múltiples beneficios a la producción, entre ellos tenemos el uso eficiente de la energía y la materia prima, mayor calidad en el producto final, control remoto de todo el proceso, mayor seguridad para los empleados, entre otros; dando como resultado un beneficio económico [15].

En el desarrollo y avance de la civilización y la tecnología el uso de un sistema de control cada vez es más importante conforme avanzan los años, ya que se encuentran en gran cantidad en todos los sectores de la industria; tales como líneas de ensamblaje de automóviles, sistemas de transporte, sistemas de robótica, sistemas de potencia, domótica, etc., despertando un mayor interés en el desarrollo de sistemas de control moderno.

Un sistema de control se encuentra constituido por tres componentes básicos, que son: los objetivos de control u entradas, los componentes del sistema de control, y los

resultados o salidas. En general, un sistema de control permite tener un dominio sobre las salidas de un proceso mediante la manipulación de las entradas a través de los elementos del sistema de control.

### 1.2.1.- Componentes físicos

#### Termocupla de tipo K

Este tipo de sensor de temperatura, está constituido de níquel y cromo, unidos en un extremo. Al estar sometido dentro del proceso, que a su vez la temperatura se aplica en la unión de los metales lo cual se genera un voltaje en mili-voltios, el cual la temperatura hará que aumente el valor de los mili-voltios. Su rango de operación es de -200 a 1250°C [16].



Figura 3 Termocupla tipo K. Fuente: [16]

DATOS TÉCNICOS	
MODELO	SITRANS TS500
Rango de temperatura	-200 °C a +1500 °C
Material del elemento sensor	Chromel-Alumel (K)
Diámetro del elemento sensor	3 mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm
Longitud de inmersión	50 mm a 1200 mm
Conexión eléctrica	M12 x 1.5, Pg 13.5
Material de la vaina	Acero inoxidable 1.4404 (316L), Acero inoxidable 1.4507 (Monel 400)
Acabado de la vaina	Pulido satinado
Presión máxima	40 bar
Grado de protección	IP67
Homologaciones	ATEX, IECEx, CSA, FM

Tabla 1 Datos técnicos SITRANS TS500. Fuente: [16]

## Electroválvula de control

Está diseñada para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería. La válvula se mueve mediante una bobina solenoide. Son de un único orificio para fluidos o gases a alta presión, es utilizada para combustible, transporte de fluidos como oxígeno, aire, está constituido de metal y son útiles para el control. Generalmente no tiene más que dos posiciones: abierto y cerrado [17].



Figura 4 Electroválvula. Fuente: [17]

DATOS TÉCNICOS	
<b>MODELO</b>	
Señal de entrada	0 / 4-20mA
Comunicación bus	MODO BUS RS485
Señal de salida	0 / 4-20mA, 0-5 / 10V
Presión	Vacío -10bar
Alimentación	DC 24V $\pm$ 10%.
Certificación a prueba de explosiones	II 2 G Ex ib IIC T6 / T5 / T4

Tabla 2 Datos técnicos electroválvula de Control. Fuente: [17]

## Controlador de temperatura DTB4848

El controlador de temperatura es el dispositivo encargado de medir de forma constante la temperatura mediante el sensor. Este controlador recibe la señal la cual es procesada para así convertirla en un dato de temperatura, el dato es enviado por medio de la comunicación Modbus, además de contar con su propio PID [18].



Figura 5 Controlador de temperatura DTB4848. Fuente: [18]

<b>DATOS TÉCNICOS</b>	
<b>MODELO</b>	<b>DELTA DTB4848</b>
Tensión de alimentación	100 a 240 VAC, 50/60 HZ
Consumo de energía	5 VA máx.
Tipo de Display	7-segmentos de leds, pantalla PV: color rojo, pantalla SV: color verde
Tipo de sensores	Termopares: K, JT, E, N, R, S, B, U, L, Txk - RTD de platino de 3 hilos Pt100 JPt100
Modo de Control	PID, control ON/OFF, o sintonía manual.
Interfaz de comunicación	MODBUS, ASCII, RTU.
Tasa de Transmisión	2400 - 28400 baudios.

Tabla 3 Datos técnicos controlador de temperatura DTB4848. Fuente: [18]

### **Controlador PLC S7-1200**

Un dispositivo electrónico sofisticado y adaptable que permite el control preciso y eficiente de procesos industriales y domésticos. Destaca por su alta seguridad integrada y flexibilidad adaptable a una amplia gama de aplicaciones, desde la automatización industrial y la robótica hasta la domótica y la instrumentación científica [19].



Figura 6 PLC compacto siemens S7-1200. Fuente: [19]

DATOS TÉCNICOS	
MODELO	CPU 1212C AC/DC/relé
Intensidad disponible (SM y bus CM)	1000 mA máx. (5 V DC)
Intensidad disponible (24V DC)	300 mA máx. (alimentación de sensores)
Consumo de corrientes de las entradas digitales (24V DC)	4 mA/entrada utilizada
Memoria de usuario	25 KB de memoria de trabajo
E/S digitales integradas	8 entradas/6 salidas
E/S analógicas integradas	2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes de entradas (I)/1024 bytes de salidas (Q)
Area de marcas (M)	4096 bytes
Ampliación con módulos de señales	2 SMs máx.

Tabla 4 Datos técnicos PLC 1212C AC/DC/Rly Fuente: Fuente: [19]

### Módulo de comunicación Modbus

Los protocolos de comunicación rs-422/485 y rs-232 permiten que el PLC siemens S7-1200 se comunique con otros dispositivos. Si es necesario, estos módulos se pueden configurar como maestros o esclavos seleccionando la opción de maestro Modbus. Si el módulo de comunicación seleccionado satisface los requisitos de comunicación entre equipos, la tabla 6 muestra sus características técnicas [20].



Figura 7 Módulo de comunicación CM 1241. Fuente: [20]

<b>DATOS TÉCNICOS</b>	
<b>MODELO</b>	<b>CM1241, RS422/485</b>
Consumo máximo	220mA, de bus de fondo 5V DC
Nº de interfaces	1
Física de la interfaz, RS422,485 (X.27)	Si
<b>Punto a punto</b>	
Longitud de cable, máx.	1000 m
<b>Drivers de protocolo integrados</b>	
Freeport	Si
ASCII	Si, disponible en función de librería
Modbus	Si
RTU maestro Modbus	Si
RTU esclavos Modbus	Si
USS	Si, disponible en función de librería
<b>Temperatura ambiente de servicio</b>	
Rango de temperatura permitido	20°C a +60°C con montaje horizontal; -20°C a 50°C con montaje vertical; 95% de humedad en el aire; sin condensación
Cambio permitido de temperatura	5°C a 55°C, 3°C/minuto

Tabla 5 Ficha Técnica módulo de comunicación CM 1241. Fuente: [20]

### Panel HMI táctil

El delta “TP-900 Confort”, con una pantalla de 9 pulgadas y diseñado para aplicaciones de automatización industrial, es el panel HMI elegido. Este dispositivo es potente y versátil, con una variedad de funciones para satisfacer diversas necesidades operativas [21].



Figura 8 HMI delta TP 900 confort. Fuente [21]

CARACTERISTICAS	APLICACIONES
Peso de 5 KG	Alimentos y bebidas
Pantalla TFT de 16 millones de colores con una resolución de 1200x800 píxeles.	Fabricación.
Brillo ajustable de 0 a 1000 cd/m <sup>2</sup> .	Logística.
Contraste de 1000:1.	Control de calidad.
Tiempo de respuesta de 10 ms.	Mantenimiento predictivo.
Angulo de visión de 170° (Horizontal) 160° (vertical).	Analítica de datos.
Memoria de 12 MB de configuración.	Resolución de problemas.
Memoria de 2MB para datos de receta.	Optimización de procesos.
Tarjeta de memoria de datos 1MMC/SD.	Entornos de usuario personalizados.
Almacenamiento de pantallas, macros, widgets y otros objetos.	Aplicaciones móviles.
Interfaces de Comunicación (PROFINET, PROFIBUS, RS-232, RS-485, ETHERNET).	Educación y formación.
Soporte para variedades de lenguajes de programación.	Aplicaciones de campo.
Funciones de seguridad integradas.	Control de máquinas.
Puerto USB.	Visualización.
Entrada de Audio.	Procesos químicos.

Tabla 6 Características y aplicaciones de un HMI. Fuente [21]

### 1.2.2.- Componentes lógicos

#### TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal)

El software de automatización industrial TIA Portal se destaca por su interfaz fácil de usar, adaptabilidad y eficiencia. Permite a los ingenieros desarrollar proyectos de control y operación de maquinaria de manera efectiva, con una programación y configuración fáciles de entender. TIA Portal facilita la creación de programas personalizados que optimizan los procesos de producción al soportar los lenguajes de programación KOP y FUP. En resumen, TIA Portal es una herramienta versátil que, gracias a su lógica clara y un manejo eficiente del código, mejora la eficiencia y la productividad en entornos industriales [22].



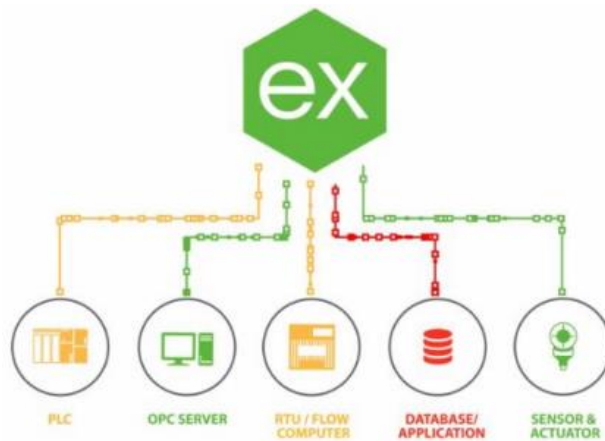
*Figura 9 TIA Portal V16. Fuente: [22]*

#### Comunicación PLC a HMI (WINCC)

A través de WINCC, un PLC y un HMI pueden comunicarse e intercambiar datos entre sí. El software WINCC de Siemens permite la comunicación a través de protocolos como Profibus, OPC y Modbus[23].

#### OPC - KepserverEX 6.0

KEPServerEX es un servidor con más de 100 conexiones posibles y cuenta con un Gateway IoT que permite conectar tecnologías de control con tecnologías de información para transmitir datos de operación industrial en tiempo real. En este escenario, el servidor analiza toda la información correlacionada y útil del proceso de cátodo de cobre. [24].



*Figura 10 Interfaz de comunicación KEPServerEX 6.0. Fuente: [24]*

### **Wonderware intouch**

Este programa permite que los supervisores y administradores vean los datos de control en el área de producción del proceso en tiempo real a través de una PC, con las siguientes funciones: ofrece una observación que se puede hacer desde cualquier lugar. Como el centro de unificación de la planta industrial, puede conectarse fácilmente a cientos de I/O y servidores OPC. Facilita al usuario la creación de una interfaz gráfica práctica y fácil de entender. [25].

# Capítulo 2

## 2.1 Diseño del sistema industrial

### 2.1.1 Diseño del sistema eléctrico

Esta sección está dedicada al diseño del sistema de control y potencia del sistema automatizado usando señales de entradas del tipo digitales y analógicas; dicho diseño se realiza en el componente lógico `cade_simu`. Este simulador también brinda herramientas para la representación de dispositivos de protección, de control así mismo equipos de potencia, ideales y necesarios para el posible uso de la propuesta de automatización industrial.

En la figura 11 se muestran varios elementos, entre ellos unos pulsadores de entrada correspondiente al paro de emergencia, marcha, etc. En el esquema se logra apreciar la conexión del PLC al suministro de voltaje a 220V AC además del esquema eléctrico de la conexión al HMI.

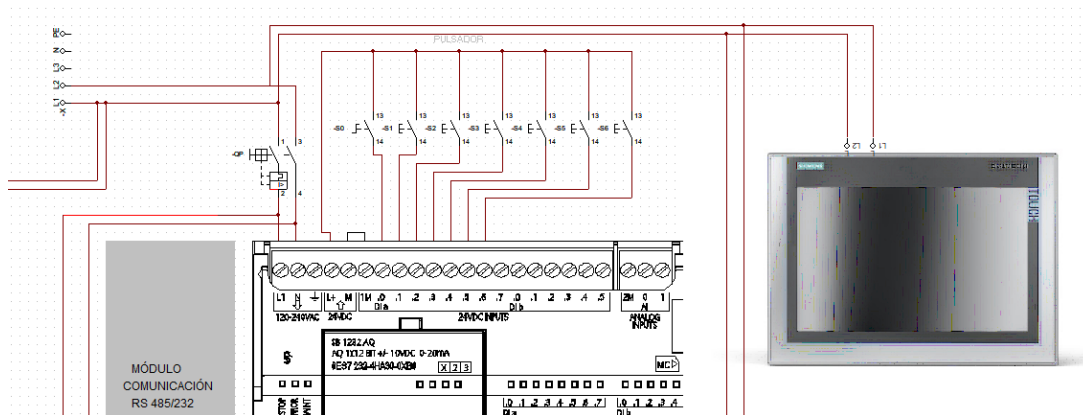


Figura 11 Circuito de mando de sistema automatizado. Fuente: Autor.

Por otro lado, en el esquema de fuerza se aprecian las electroválvulas que controlan el flujo al sistema, además las luces pilotos las cuales nos brindan información del sistema conociendo su estado.

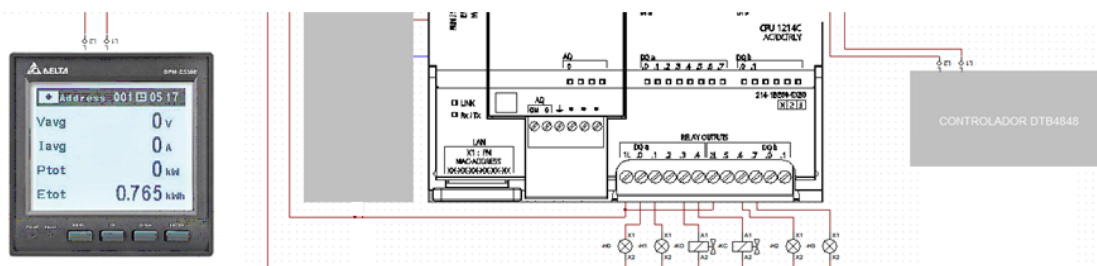


Figura 12 Circuito de salidas del PLC. Fuente: Autor.

Variable	Dirección	Descripción
S0	I0.0	Paro de Emergencia
S1	I0.1	Marcha del Sistema
S2	I0.2	Paro del Sistema
S3	I0.3	Desactivar Válvula de Oxígeno
S4	I0.4	Activar Válvula de Oxígeno
S5	I0.5	Desactivar Válvula de Combustible
S6	I0.6	Activar Válvula de Combustible
H0	Q0.0	Luz Piloto Paro de Emergencia
H1	Q0.1	Luz Piloto Inicio del Proceso
KO	Q0.3	Válvula de Oxígeno
KC	Q0.4	Válvula de Combustible
H2	Q0.6	Mantenimiento Válvula de Combustible
H3	Q0.7	Mantenimiento Válvula de Oxígeno

Tabla 7 Leyenda de variables usados en el esquema de control. Fuente: Autor.

### Diseño de comunicación

Se realiza un bosquejo de la representación de los dispositivos y su enlace entre ellos por medio de la comunicación Modbus RTU. Figura 13.

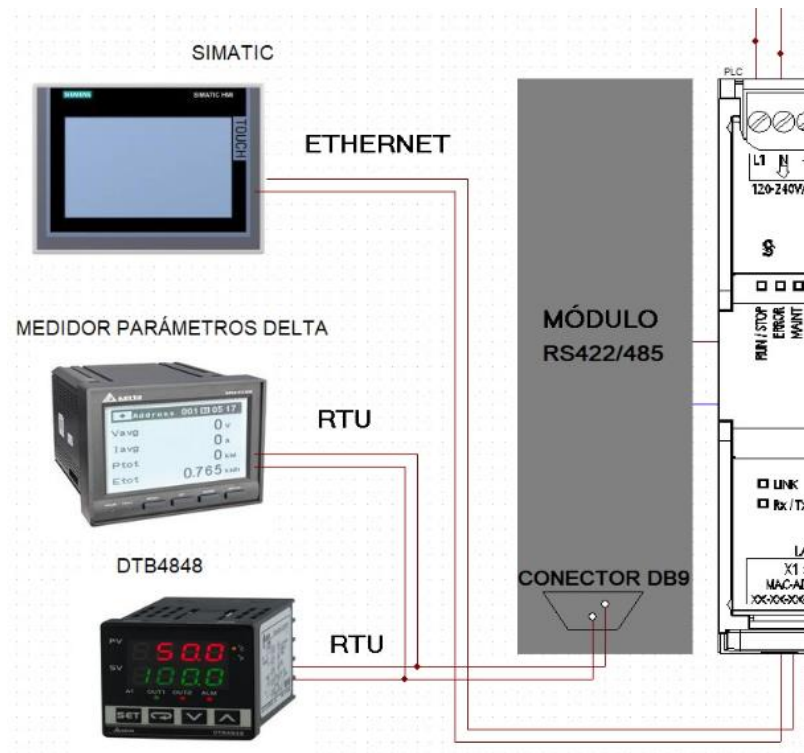


Figura 13 Diagrama de comunicación. Fuente: Autor.

## 2.1.2.- Lógica cableada manual para el proceso de elaboración de cátodo de cobre

Se diseña la lógica cableada a partir de los componentes físicos del proceso de elaboración del cátodo de cobre. En la figura 13, se puede observar el diagrama eléctrico que representa la secuencia de operaciones necesaria para controlar el proceso de manera anual en la cual por medio de interruptores, bobinas, electroválvulas y luces piloto se conoce de mejor manera el proceso en cuestión.

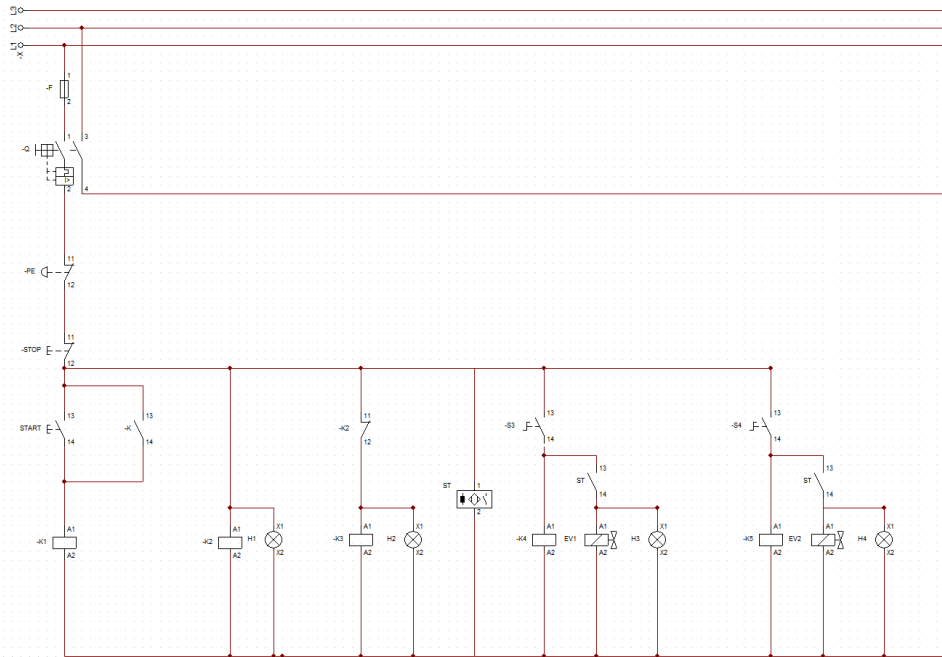


Figura 14 Lógica cableada manual. Fuente: Autor.

Variable	Dirección	Descripción
<b>F</b>	FÍSICAS	Fusible
<b>q</b>	FÍSICAS	Interruptor termomagnético
<b>PE</b>	FÍSICAS	Paro de Emergencia
<b>STOP</b>	FÍSICAS	Paro del Sistema
<b>START</b>	FÍSICAS	Marcha del Sistema
<b>S3</b>	FÍSICAS	Desactivar Válvula de Combustible
<b>S4</b>	FÍSICAS	Activar Válvula de Combustible
<b>K1</b>	FÍSICAS	Bobina Enclavamiento del Sistema
<b>K2</b>	FÍSICAS	Válvula de Oxígeno
<b>K3</b>	FÍSICAS	Válvula de Combustible
<b>K4</b>	FÍSICAS	Bobina de la electroválvula de oxígeno
<b>K5</b>	FÍSICAS	Bobina de la electroválvula de combustible
<b>EV1</b>	FÍSICAS	Electroválvula de Oxígeno
<b>EV2</b>	FÍSICAS	Electroválvula de Combustible

<b>H1</b>	FÍSICAS	Luz Piloto Verde de Marcha del Sistema
<b>H2</b>	FÍSICAS	Luz Piloto Rojo de Paro del Sistema
<b>H3</b>	FÍSICAS	Luz Piloto Válvula de Oxígeno
<b>H4</b>	FÍSICAS	Luz Piloto Válvula de Combustible
<b>ST</b>	FÍSICAS	Sensor de Temperatura

Tabla 8 Leyenda de variables usados en el esquema manual. Fuente: Autor.

### 2.1.3 Diagrama P&ID de la elaboración de cátodo de cobre.

La representación del proceso está representada en un diagrama de tuberías e instrumentación, entre ellos se destaca la comunicación entre los dispositivos y equipos, desde un lazo de control para las electroválvulas, por otro lado, la disposición de las señales que provienen del sensor de temperatura la cual es recibida por el controlador de temperatura y que es enviada al PLC.

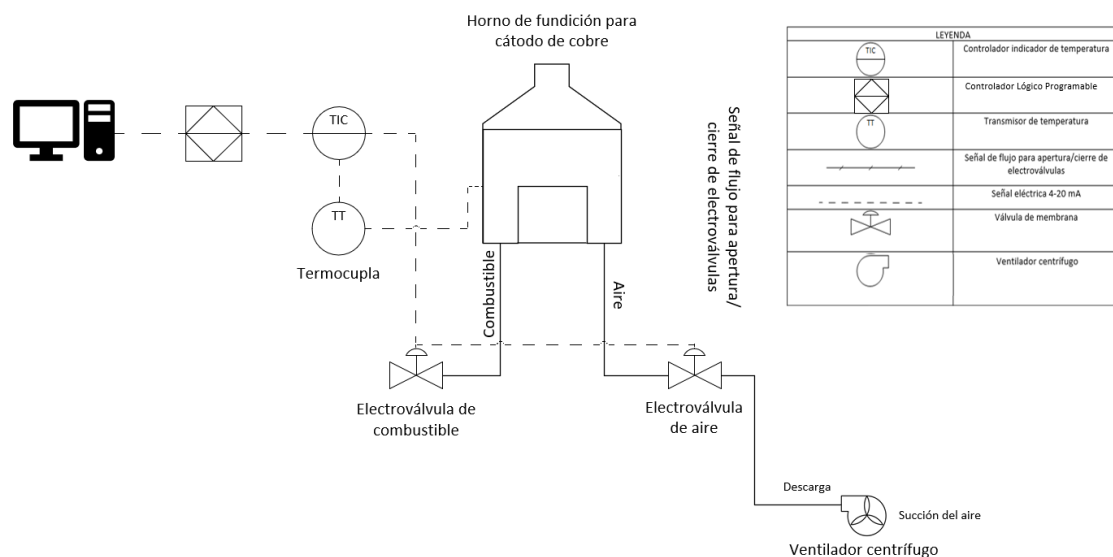


Figura 15 Diagrama P&ID. Fuente: Autor.

### 2.1.4- Plan de ejecución

El evaluar la eficiencia del proceso a través del diseño y las pruebas en la industria. A partir de un software TIA Portal, es posible conocer posibles fallos además de realizar ajustes en el PLC sin necesidad de interrumpir la producción. Esto asegura que el proceso funcione correctamente y evite problemas futuros.

### **2.1.5.- Factibilidad técnica**

El propósito del análisis de factibilidad técnica que se realizó en este proyecto de grado es para determinar la viabilidad técnica. Con el propósito de elevar el rendimiento, reducción de los tiempos para el incremento de la productividad, proveer la seguridad y calidad en el producto, se diseñó una interfaz HMI y un SCADA para el control y supervisión de los procesos de combustión y oxigenación en la elaboración del cátodo de cobre[26].

Las compañías industriales procesan el cobre mediante un sistema de oxigenado y combustión básica, este sistema al utilizar equipos obsoletos carece de eficacia y seguridad. Para la mejora de nuevas tecnologías en equipos, es necesario que el sistema y las instalaciones eléctricas de la industria sean adecuadas para la instalación del área de control y supervisión para el funcionamiento adecuado.

En el desarrollo del proyecto se requiere realizar un estudio de los elementos de diseño y protocolos de comunicación imprescindibles para el diseño de la interfaz HMI y SCADA para la observación del subproceso de combustión y oxigenado, garantizando un monitoreo eficiente y supervisado del subproceso, aplicando herramientas tecnológicas.

El diseño de la interfaz HMI y el sistema SCADA, se emplean las normas ISA 101 y se integran una gran variedad de dispositivos como Switch, PLC, módulos de comunicación, Profinet, electroválvulas, controladores de temperatura y sensores de temperatura,

Para la comunicación entre los equipos se utiliza una interfaz física Ethernet y otra interfaz de llamada OPC, la cual se podrá establecer la comunicación entre los equipos a nivel de campo y para los demás dispositivos para el nivel de control y supervisión, en este proyecto se utilizó el OPC-Keypserver.

El estudio que se realizó para la factibilidad técnica evalúa si el proyecto es viable desde dos puntos de vista diferentes: la física (hardware) y la tecnología (software).

Se elige el controlador lógico programable Siemens S7-1200, es una herramienta tecnológica más versátil en el ámbito industrial, ofreciendo potencia y control a un gran conjunto de equipos, permitiendo a los usuarios a resolver problemas industriales de forma eficiente.

El software intouch al disponer de costos elevados en la licencia, cumple con las normas, se utiliza este software por su eficiencia operática, sus múltiples funciones de observación, dando al usuario el control del subproceso de la planta en tiempo real, por su tecnología grafica más optimizada.

Se utiliza el software “KEPServerEX” por su fácil uso por el usuario para el monitoreo, control y la conexión con una amplia gama de dispositivos, garantizando confiabilidad al usuario.

Con el propósito de mostrar el funcionamiento correcto del sistema SCADA, se realizó el diseño, con la programación del PLC en los módulos instalados en el laboratorio de automatización de la facultad.

Con el fin de garantizar que la interfaz HMI se ajusta a los requerimientos establecidos en las normas, se realiza una simulación que incluye el diseño y la debida programación en el PLC.

Por último, se realiza una comparación entre los diferentes equipos seleccionados y los que se encuentran en el mercado industrial.

#### **2.1.6.- Factibilidad económica**

El análisis de factibilidad económica determina el costo total para la realización futura del diseño de la interfaz HMI y el sistema SCADA para el proceso de elaboración de cátodo de cobre, este análisis permite determinar su viabilidad.

Este análisis considera los recursos tangibles y recursos intangibles. Se presenta un desglose de los costos para los equipos, materiales y mano de obra necesarios para la ejecución del proyecto.

- **Estimación de costos**
  - **Equipos**

En cuestión a la selección de instrumentos, se elabora el siguiente presupuesto.

Cant.	Elemento	Marca	Referencia	Valor Uni.	Valor Total
1	PLC	Siemens	S7-1200 CPU 1212C	\$ 800.00	\$ 800.000
1	Módulo de Comunicación	Siemens	SIMATIC CM 1241	\$ 500.00	\$ 500.00
1	Pantalla HMI	Siemens	DELTA TP 900 Comfort	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
1	Sensor de Temperatura	Siemens	SITRANS TS500	\$ 1,450.00	\$ 1,450.00
1	Controlador de temperatura	Delta	Delta DTB4848	\$ 300.00	\$ 300.00
1	Medidor de Parametros	Delta	DELTA DPM C530A	\$ 550.00	\$ 550.00
3	Sensor de Nivel	Siemens	SITRANS Probe LU240	\$ 1,350.00	\$ 4,050.00
1	Electroválvula de control asistido	ODE	Válvulas electromagnéticas para oxígeno 2 vías 110 VAC, 1"	\$500.00	\$500.00
1	Electroválvula de control asistido	ODE	Válvulas electromagnéticas para combustible 2 vías 110 VAC, 1"	\$500.00	\$500.00
1	Interruptor Automático	Siemens	5SY4106-6	\$ 30.00	\$ 30.00
2	Contactores	Siemens	SIRIUS 3RT2015-1BB41	\$ 140.00	\$ 280.00
1	Pulsador - Parada de emergencia	Eaton	121462 - M22-PVT45P	\$ 62.00	\$ 62.00
2	Pulsador Luminoso - Verde	Eaton	216596 - M22-D-G	\$ 18.50	\$ 37.00
2	Pulsador Luminoso - Rojo	Eaton	216594 - M22-D-R	\$ 18.50	\$ 37.00
2	Indicador Luminoso - Verde	Eaton	216772 - M22-L-R	\$ 18.00	\$ 36.00
2	Indicador Luminoso - Rojo	Eaton	216773 - M22-L-G	\$ 18.000	\$ 36.00
1	Gabinete	BmElectric	500x400x200 mm Ip65	\$ 250.00	\$ 250.00
5 m	Cable Rojo Cal 20			\$ 15.00	\$ 15.00
5 m	Cable Negro Cal 20			\$ 15.00	\$ 15.00
5 m	Cable Rojo Cal 10			\$ 20.00	\$ 20.00
5 m	Cable Negro Cal 10			\$ 20.00	\$ 20.00
<b>Total:</b>				\$ 11,488.00	

Tabla 9: Recursos materiales para el proyecto. Fuente:[27]

▪ **Recursos humanos**

Función	Personal	Horas	Valor Hora
Estudio del proceso	Ingeniero en Automatización	16	\$ 700.00
Programación y simulación	Ingeniero en Automatización	40	\$ 1,600.00
Montaje	Supervisor	40	\$ 1,000.00
	Técnico	80	\$ 1,500.00
<b>Total:</b>			\$ 4,800.00

Tabla 10: Recursos humanos estimados para el proyecto. Fuente: [27]

En conjunto con la tabla de estimación de costos y recursos humanos se obtiene el presupuesto total para la propuesta.

- **Presupuesto total**

<b>Concepto</b>	<b>Valor</b>
Recursos materiales	\$ 11,488.00
Recursos humanos	\$ 4,800.00
Varios (Viáticos, papelería, etc.)	\$ 600.00
<b>Total:</b>	<b>\$ 16,888.00</b>

*Tabla 11: Presupuesto total estimado para el proyecto. Fuente: [27]*

## **2.2.- Lógica de programación para el proceso de combustión y oxigenación**

Se muestra el diseño a través de diagrama de flujo para el sistema HMI tanto para etapas de combustión y oxigenación en la elaboración del cátodo de cobre. Se ilustra mediante diagrama de flujo las secuencias de los procesos mencionados anteriormente, A continuación, se muestra en la figura 12 el diagrama de flujo de oxigenación y en la figura 13 el diagrama de flujo de la combustión.

### 2.2.1 Diagrama de flujo oxigenación

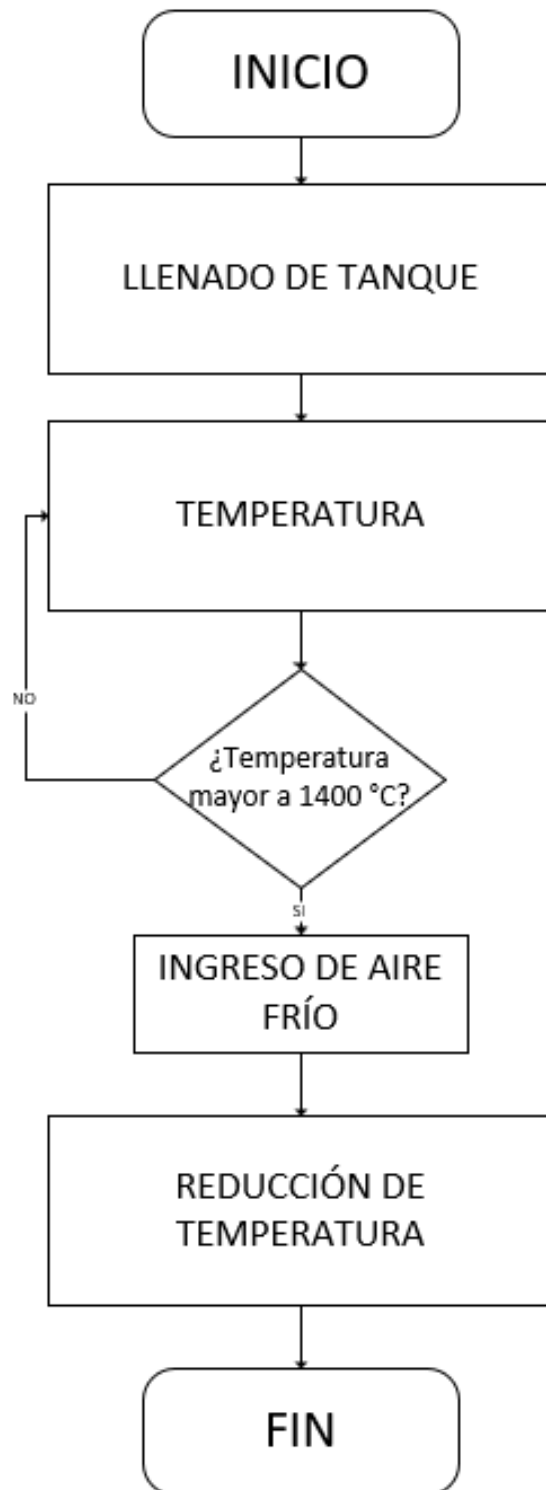


Figura 12 Diagrama de flujo de oxigenación. Fuente: Autor

### 2.2.2 Diagrama de flujo combustión

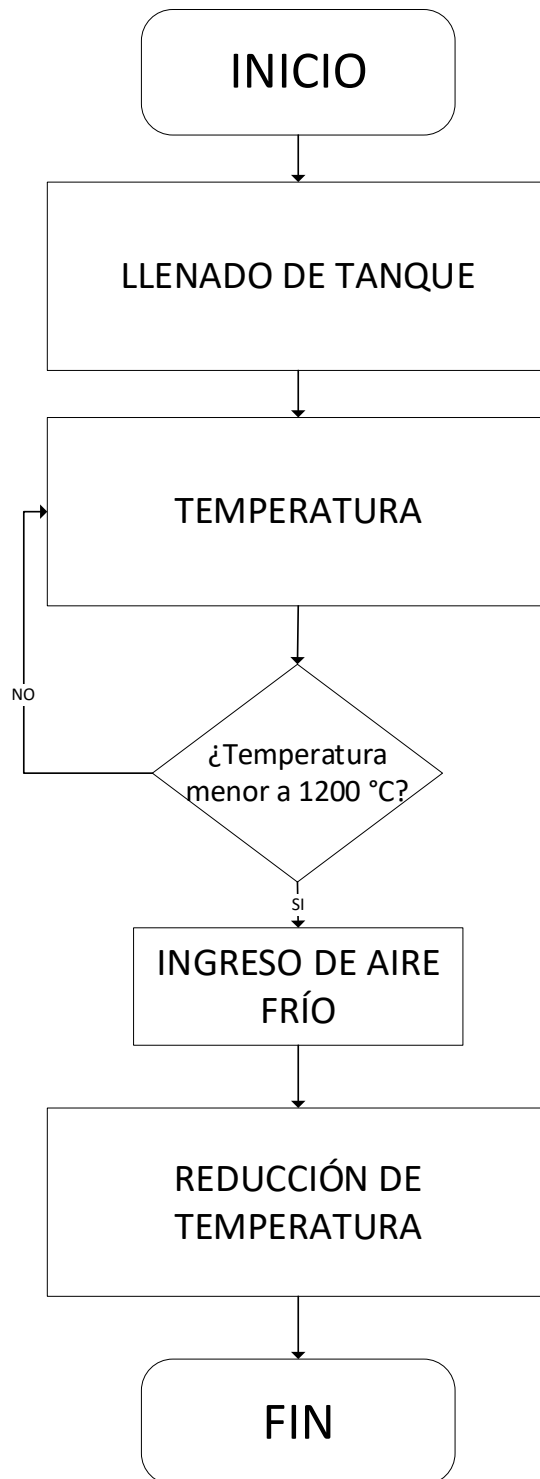


Figura 13 Diagrama de flujo de combustión. Fuente: Autor

## **2.2.3- Segmentos de programación para PLC**

### **Bloque de programación (Cyclic Interrupt)**

#### **Segmento 1: comunicación al controlador de temperatura**

En el primer segmento se introduce el bloque de comunicación “MB\_MASTER” el cual permite la comunicación al controlador de temperatura “DTB 4848R” a partir de ciertos parámetros como la dirección de datos y de registro. anexo 1, Seg1.

#### **Segmento 2: comunicación al medidor de parámetros**

En el primer segmento se introduce el bloque de comunicación “MB\_MASTER” el cual permite la comunicación al medidor de parámetros a partir de ciertos parámetros como la dirección de datos y de registro. anexo 1, Seg2.

### **Bloque de programación (Main)**

#### **Segmento 1: comunicación Modbus RTU**

El siguiente segmento se muestra el bloque “MB\_COMM\_LOAD” el cual permite la comunicación a tanto el controlador de temperatura como el medidor de parámetros por medio del módulo de comunicación “CM-1241”. anexo 2, Seg1.

#### **Segmento 2: activación o desactivación del modo local o remoto**

El siguiente segmento presenta la activación del modo local y modo remoto, si se desea activar los dos modos al mismo tiempo no se lo puede realizar. anexo 2, Seg2.

#### **Segmento 3: bloque de función para el funcionamiento**

Se asigna el bloque de función el cual realiza el funcionamiento del sistema, este bloque se lo explica más a profundidad posteriormente. Anexo 2, Seg3.

#### **Segmento 4: condiciones para la activación de salidas**

Para la activación de las variables de salida, se asignan ciertos factores los cuales son necesarios para su activación. anexo 2, Seg4.

### **Segmento 5: modo mantenimiento y alarmas**

En esta etapa se cada uno de los sensores y actuadores que se ejecutan en el proceso en el cual se procederá a poderlos habilitar o deshabilitar para enviarlos a mantenimiento. anexo 2, Seg5.

### **Segmento 6: ejecución del bloque de parámetros eléctricos**

En esta etapa se asignan la acción necesaria para poder mostrar alarmas necesarias para los parámetros más importantes del proceso. anexo 2, Seg6.

## **Bloque de programación (Funcionamiento)**

### **Segmento 1: modo manual o automático**

En este segmento se procede a realizar la acción necesaria para asignar el sistema al modo deseado, ya sea manual/automático. anexo 3, Seg1.

### **Segmento 2: activación del modo manual o automático**

Para este caso se realiza la programación para dependiendo del modo escogido, se realice una serie de condiciones, por ejemplo, para el modo manual o automático se necesita que el proceso anteriormente se encuentre en modo local. anexo 3, Seg2.

## **Bloque de programación (Manual)**

### **Segmento 1: indicadores de los sensores**

Debido a que existe un modo manual, se deben encender ciertos interruptores además de la opción de poderlos activar por medio de memorias para su uso desde el HMI y así mostrar su funcionamiento por medio de luces piloto. anexo 4, Seg1.

## **Bloque de programación (Parámetros eléctricos)**

### **Segmento 1: asignación de datos del medidor de parámetros a variables tipo real**

Por medio del bloque "MOVE" se podrán enviar los datos que provienen del medidor de parámetros a variables las cuales son permitidas en el HMI para su presentación, debido a que las variables por defecto que son recibidas no son permitidas. anexo 5, Seg1.

## **Segmento 2: asignación de datos del controlador de temperatura a variables tipo real**

Por medio del bloque “MOVE” se podrán enviar los datos que provienen del medidor de parámetros a variables las cuales son permitidas en el HMI para su presentación, debido a que las variables por defecto que son recibidas no son permitidas. anexo 5, Seg2.

### **Bloque de programación (Sensores)**

#### **Segmento 1: escalamiento del sensor analógico de temperatura**

En este apartado se normaliza y escala la señal del sensor de temperatura, para poder mostrar valores reales tanto de corriente, potencia, voltaje y temperatura final. anexo 6, Seg1.

#### **Segmento 2: escalamiento de la electroválvula de oxígeno y disminución de temperatura**

En este apartado se normaliza y escala la señal de la electroválvula de oxígeno, para poder mostrar valores reales tanto de corriente, potencia, voltaje, el porcentaje de apertura de la electroválvula, una vez realizado esto, se procede a realizar varios pasos con condiciones para realizar el cambio a la temperatura inicial del proceso para su disminución con el ingreso del oxígeno. anexo 6, Seg2.

#### **Segmento 3: escalamiento de la electroválvula de combustible y aumento de temperatura**

En este caso se realizan el mismo proceso anterior de normalizar y escalar la señal de la electroválvula en este caso de combustible, para mostrar potencia, voltaje, porcentaje de apertura, una vez realizado esto, se procede a realizar varios pasos con condiciones con la temperatura inicial para realizar el cambio a la temperatura del proceso si se cumplen esas condiciones para su aumento con el ingreso del combustible. anexo 6, Seg3.

#### **Segmento 4: temperatura final**

Al tener en total 3 temperaturas (Temperatura inicial, temperatura con el ingreso de oxígeno, temperatura con el ingreso de combustible) se debe realizar una comparación entre ellas 3 para poder conocer la temperatura final, ya que al ser cambiadas 3 a la vez la temperatura varía y se debe tener una final. anexo 6, Seg4.

### **Segmento 5: seteo de valores operativos**

En este segmento se realiza una asignación de ciertos valores para poder ser cambiados del proceso con solo pulsar un botón, esto para si existe un cambio que pueda afectar el sistema se proceda a volver los valores por defecto. anexo 6, Seg5.

### **Bloque de datos (Alarmas)**

Este bloque desempeña un papel fundamental al asignar las variables críticas del sistema, las cuales se mostrarán posteriormente en la sección de alarmas. Es importante tener en cuenta que, debido a restricciones técnicas, cada bloque tiene la capacidad de alojar un máximo de 8 variables. Este proceso de asignación garantiza que las variables más relevantes para el funcionamiento y la seguridad del sistema sean monitorizadas de manera efectiva, permitiendo una detección oportuna de posibles situaciones anómalas o de riesgo. Anexo 7.

### **Bloque de datos (Alarmas-2)**

Debido a tener un máximo de 8 variables por bloque de datos, se asignan el resto de las alarmas que se quieran mostrar en este bloque y que sean vistos luego en el HMI. Anexo 7.

### **Bloque de datos (Datos de potencia)**

En este bloque, a través de la comunicación Modbus RTU, se muestran los datos de voltaje de línea provenientes del medidor de parámetros. Estos datos se reciben y se presentan en la interfaz sin interactuar con ellos. Anexo 9.

### **Bloque de datos (Lectura de temperatura)**

En este bloque se recibirá por medio de la comunicación Modbus RTU los datos de la temperatura y del setpoint que provienen del controlador de temperatura. Anexo 10.

## 2.2.4.- Comunicación TIA Portal – Kepserver – Intouch

Un protocolo de comunicación es necesario para que el PLC S7-1200 pueda comunicarse con el HMI y el SCADA, y así poder monitorear el estado del sistema en tiempo real. Este protocolo también se utiliza para intercambiar información y datos entre dispositivos dentro de las máquinas y entre dispositivos y sistemas.

El El KepserverEX es un servidor OPC UA que puede conectarse a múltiples dispositivos y aplicaciones. Es una solución de conectividad que adquiere cualquier tipo de dato de un proceso industrial y lo entrega en un formato estándar y seguro para cualquier plataforma de supervisión, monitorización, control o análisis de información [28].

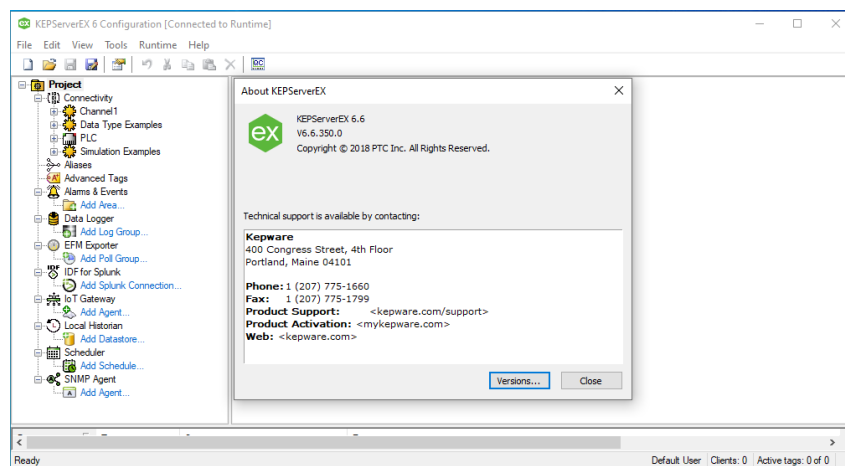


Figura 16 Información acerca de KepserverEX. Fuente: Autor

Para poder acceder a los datos enviados desde el PLC-Sim se utiliza una extensión de red (NetToPLCsim) y así acceder al PLC-Sim desde una comunicación TCP/IP, utilizando la red del PC.

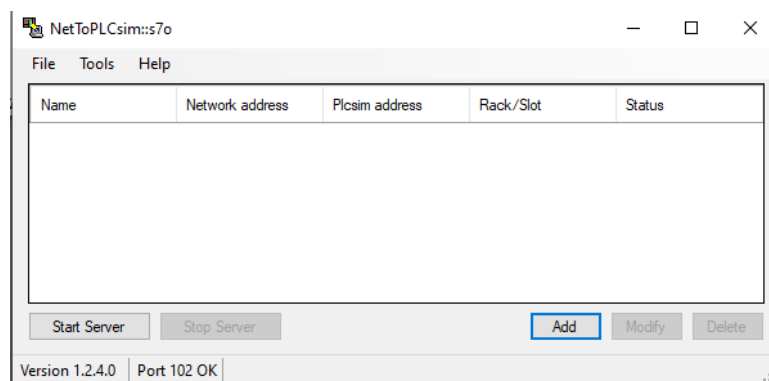


Figura 17 Configuración del NetToPLCsim. Fuente: Autor

Se ingresan las variables las cuales permiten el control del proceso que se encuentran en el TIA Portal para que el sistema SCADA realice las funciones programas: nombre de la variable, dirección de la variable y tipo de la variable.

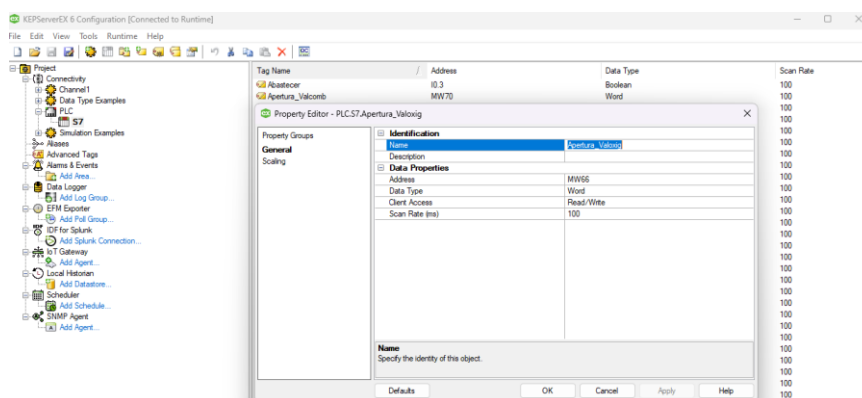


Figura 18 Configuración del ingreso de variables. Fuente: Autor

## 2.2.5.- Programación del sistema SCADA.

### Configuración del software para el sistema SCADA

Para poder realizar la comunicación entre PLC e intouch, lo primordial a conocer son los parámetros que están definidos por el servidor, esto se realiza por medio de tanto el access name y tag-name.

### Configuración del tag-name

Los parámetros más importantes que te permiten configurar el tag-name son: tipo de variable, dirección de la variable, definición del access name y la asignación de nombre de variable.

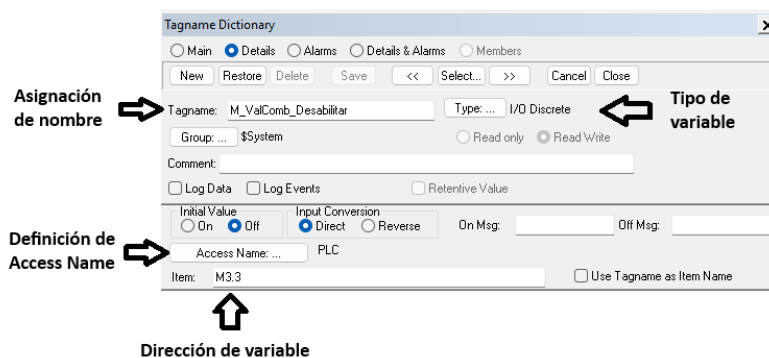


Figura 19 Configuración de tag name. Fuente: Autor

## Configuración de access name

Para configurar la comunicación con el servidor en el programa intouch, debe acceder a la opción “special” de la barra de menús y seleccionar access name. En la ventana emergente, luego la opción add se configura tanto el topic name y el application name, asegurándose de que el topic name se corresponde exactamente con el nombre del alias del servidor. Para comprender mejor este proceso, se recomienda que se observe la figura 18.

The image shows a 'Modify Access Name' dialog box with the following fields and options:

- Access: PLC
- Node Name: (empty field)
- Application Name: Server\_runtime
- Topic Name: PLC\_S7
- Which protocol to use:  DDE,  SuiteLink,  Message Exchange
- When to advise server:  Advise all items,  Advise only active items
- Enable Secondary Source

Buttons: OK, Cancel, Failover

*Figura 20 Configuración del access name. Fuente: Autor*

## **2.3 - Pruebas y validación en un ambiente controlador**

### **2.3.1.- Configuración del laboratorio de automatización**

En el desarrollo de este proyecto, se realizaron algunas adaptaciones importantes debido a limitaciones de recursos y equipos disponibles en el laboratorio. Originalmente, se planteó el uso de un horno industrial y electroválvulas para el control del proceso de combustión y oxigenación en la elaboración de cátodos de cobre. Sin embargo, dada la falta de acceso a estos componentes específicos, se realizan las siguientes modificaciones:

#### **1. Sustitución del horno industrial por un horno eléctrico de laboratorio:**

**Justificación:** Los hornos industriales, como el horno isasmelt, no se encuentra disponible para su uso en el laboratorio. Por ende, se utiliza para el proceso un horno eléctrico de laboratorio de automatización.

**Sustitución:** Se empleó un horno eléctrico de laboratorio, adecuado para obtener la variable a controlar la cual es la temperatura. Este horno permitió la práctica y validación de los controles de temperatura y su impacto en un entorno controlado.

#### **2. Cambio de electroválvulas por relé y un controlador de temperatura**

**Justificación:** Las electroválvulas utilizadas para controlar el flujo de combustible como aire en un horno industrial tampoco estaban disponibles. En su lugar, se optó por utilizar relés y un controlador de temperatura para gestionar el sistema.

**Sustitución:** El relé es utilizado para imitar la función de las electroválvulas, permitiendo el control del sistema de calentamiento del horno eléctrico. Se integró un controlador de temperatura que se programó para mantener la temperatura del horno dentro de los parámetros deseados. Este controlador permitió el ajuste de la temperatura que simulando el manejo con las electroválvulas en un horno industrial.

### 2.3.2- Diseño de la interfaz gráfica HMI del proceso de elaboración de cátodo de cobre

#### Login del sistema

La primera pantalla del HMI lo que muestra es una pantalla la cual el operador o administrador va a asignar su contraseña para acceder al resto de pantallas. Para poder escribir tu usuario y contraseña se debe dar clic a la imagen del horno.



Figura 21 Pantalla login HMI. Fuente: Autor

#### Pantalla principal del proceso

En esta pantalla se va a poder iniciar el proceso o pararlo, dependiendo del modo del sistema, ya sea manual, automático o en este caso si es local o remoto. Para el caso del HMI va a funcionar si se escoge el modo local y si su control está en manual o automático.

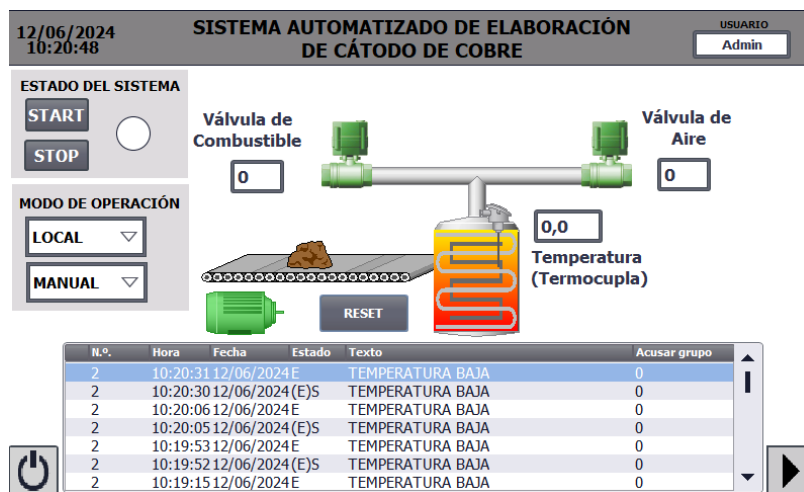


Figura 22 Accionamiento "Pantalla principal". Fuente: Autor

## Accionamiento modo manual o automático

El cambio de modo es el que va a poder realizar ciertas acciones, en este caso el modo manual es el que te va a permitir realizar ciertos cambios al proceso en sí, ya sea la temperatura inicial, la apertura de la válvula de oxígeno o de combustible. En caso del modo automático realizará el proceso como su nombre mismo lo dice de forma automática.

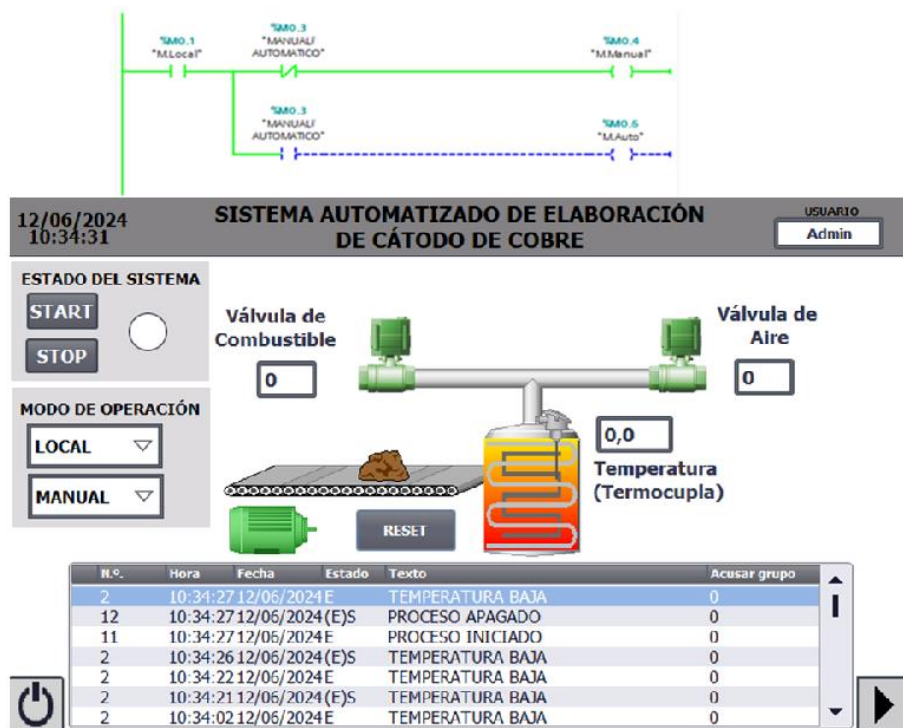


Figura 23 Modo local-manual. Fuente: Autor

## Accionamiento del encendido y apagado

En este apartado se ve el ladder el cual realiza el proceso de encendido y apagado dependiendo del estado usado en el HMI, por lo que si se da a encender se realiza una serie de pasos para encender ciertos aspectos del proceso.

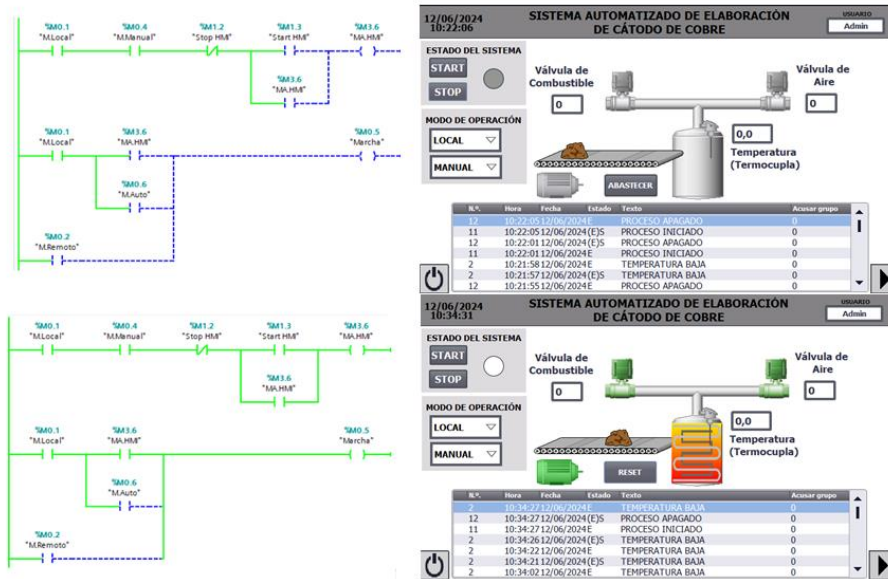


Figura 24 Encendido y apagado. Fuente: Autor

### Pantalla de valores operativos

Para esta pantalla lo que se van a mostrar son los valores operativos más importantes del sistema, para el caso de este proceso son la temperatura final del sistema y las aperturas de las válvulas de oxígeno y de combustible.

Estos parámetros se van a poder modificar en una pequeña pantalla emergente donde se encuentran los ajustes de los parámetros más importantes.

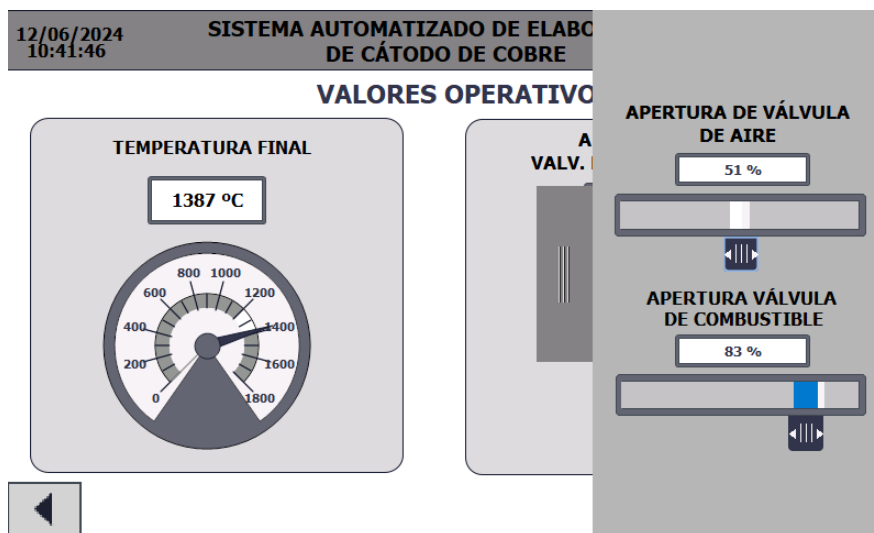


Figura 25 Pantalla de valores operativos y ventana deslizante de ajustes. Fuente: Autor

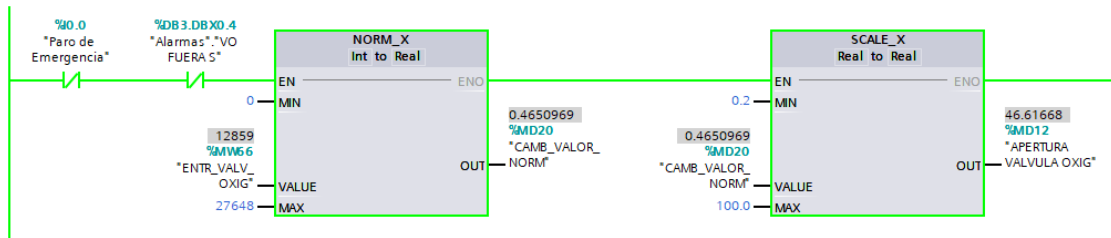


Figura 26 Escalado de la apertura de la válvula de oxígeno. Fuente: Autor

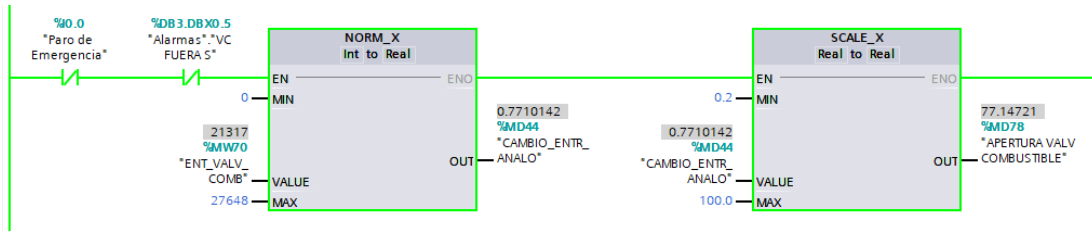


Figura 27 Escalado de la apertura de la válvula de Combustible. Fuente: Autor

### Pantalla de parámetros eléctricos

Para esta pantalla, se procede a tomar cada uno de los datos que provienen del medidor de parámetros que son las líneas de voltaje AB, BC y CA y mostrarlas en cuadros de texto.

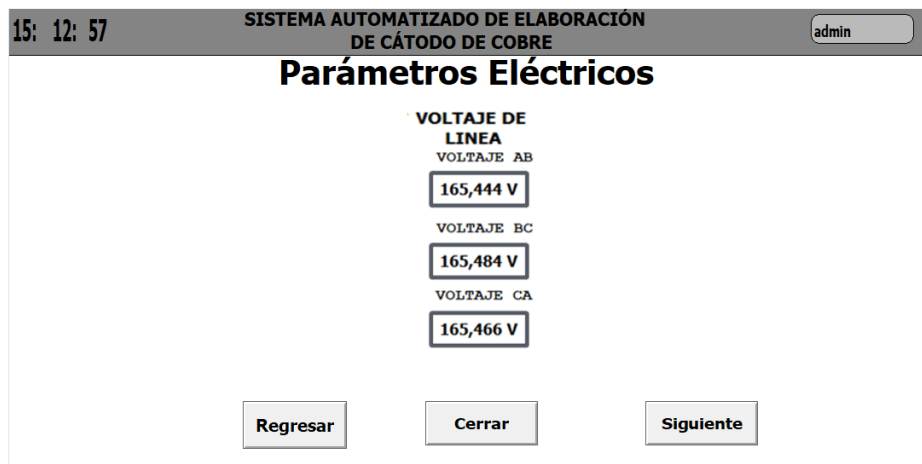


Figura 28 Parámetros eléctricos. Fuente: Autor

### Tendencias

En esta pantalla se pueden mostrar de manera gráfica como va variando la señal de los sensores dependiendo de su funcionamiento.

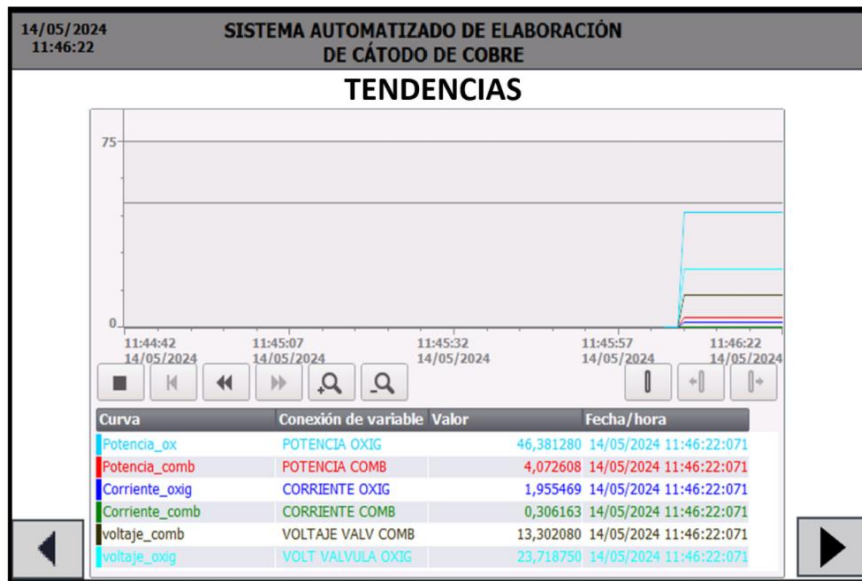


Figura 29 Históricos y tendencias de señales. Fuente: Autor

## Mantenimiento

En la penúltima pantalla, la cual va a servir para si en algún momento se quiere realizar el mantenimiento de un equipo, desde esta pantalla se va a poder deshabilitar el dispositivo electrónico para poder retirarlo, esto sin que altere el proceso en sí.

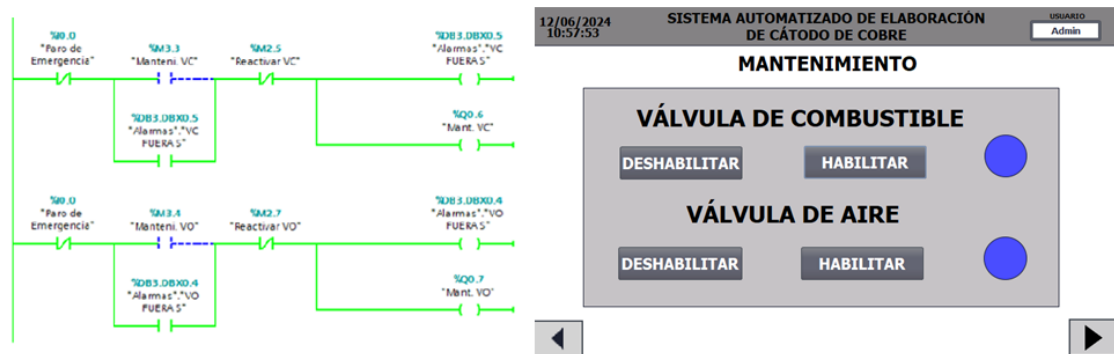


Figura 30 Programación y pantalla de mantenimiento. Fuente: Autor

## Menú de opciones

Esta es la última pantalla, la cual va a servir para poder navegar entre todas las pantallas de forma más rápida y así no tener que regresar una por una, recordando que ciertas opciones no se mostrarán si el usuario correcto no inició sesión.



Figura 31 Pantalla de menú de opciones. Fuente: Autor.

### 2.3.3.- Diseño de sistema SCADA del proceso de elaboración de cátodo de cobre

#### Pantalla de inicio del sistema

La pantalla principal para mostrar a simple vista el proceso industrial el cual va a ser controlado por el sistema SCADA.



Figura 32 Pantalla principal. Fuente: Autor

En el inicio del sistema se muestra una ventana de iniciar sesión, la cual solicita un usuario y contraseña para poder ingresar a la pantalla principal del proceso, se debe conocer que existen distintos tipos de nivel de acceso por el cual te permite realizar ciertas acciones, los usuarios son los siguientes: administrador, operador y supervisor.



Figura 33 Pantalla de inicio de sistema SCADA. Fuente: Autor

### Pantalla del menú del sistema

En esta pantalla se encuentran las siguientes opciones las cuales permiten navegar entre todas las pantallas del subproceso. El usuario operador solo podrá acceder a las pantallas de observación las cuales son: planta, parámetros eléctricos, controles manuales y tendencias, por otro lado, el usuario administrador podrá acceder a todas.

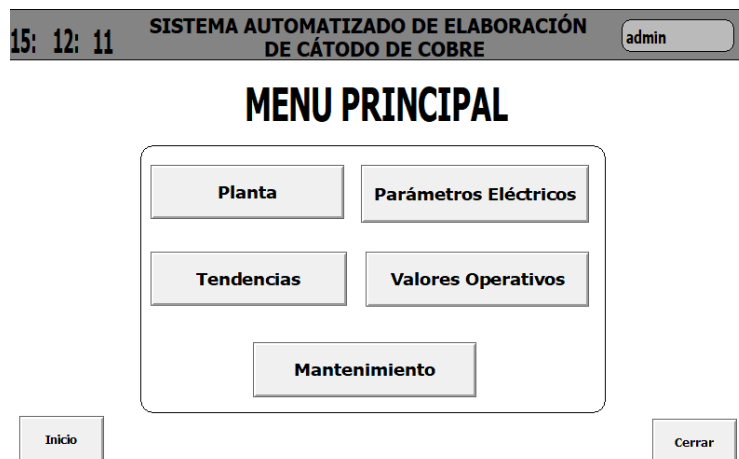


Figura 34 Pantalla de menú principal. Fuente: Autor

## Pantalla del proceso de la planta

En esta sección del SCADA, figura 33, se pueden realizar ciertas funciones ya sea como iniciar el proceso en cuestión, el seteo de valores operativos, el abastecimiento del producto, también se pueden observar ciertos indicadores del proceso y además se pueden observar las alarmas.

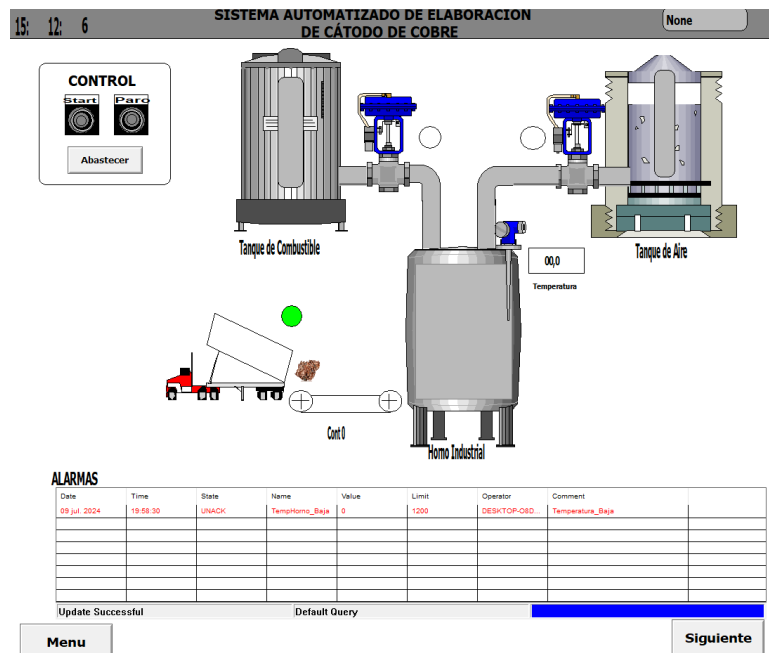


Figura 35 Pantalla del proceso de la planta. Fuente: Autor

## Pantalla de parámetros eléctricos

Como se ve en la siguiente pantalla, figura 34, se muestran cada uno de los parámetros eléctricos de los equipos del sistema, en este caso las aperturas de las válvulas de oxígeno y combustible, por otro lado, la temperatura inicial de la termocupla y los voltajes, amperajes y potencias de cada una de los sensores en cuestión.

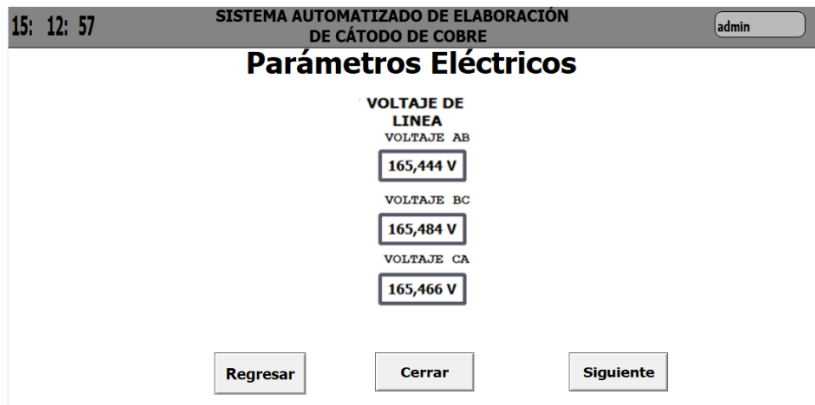


Figura 36 Pantalla de parámetros eléctricos. Fuente: Autor

### Pantalla de valores operativos

Este apartado de pantalla, figura 35, hay que recordar que solo se mostrará si el usuario es administrador, ya que además de mostrar ciertos valores operativos también se pueden hacer cambios, ya que por medio del botón de “Ajustes Operativos” se abrirá una ventana emergente, figura 36, en la cual se encuentran sliders que permiten el cambio de valores.



Figura 37 Pantalla de valores operativos. Fuente: Autor

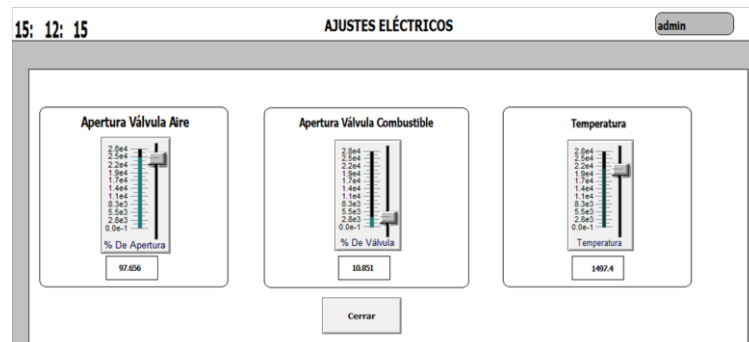


Figura 38 Ventana emergente de ajustes eléctricos. Fuente: Autor

## Pantalla de tendencias

En esta pantalla, figura 37, se van a poder observar de forma gráfica cada uno de los cambios realizados de los parámetros eléctricos y de los valores operativos del sistema en tiempo real, diferenciándose cada uno con su respectivo color asignado en la figura 43.

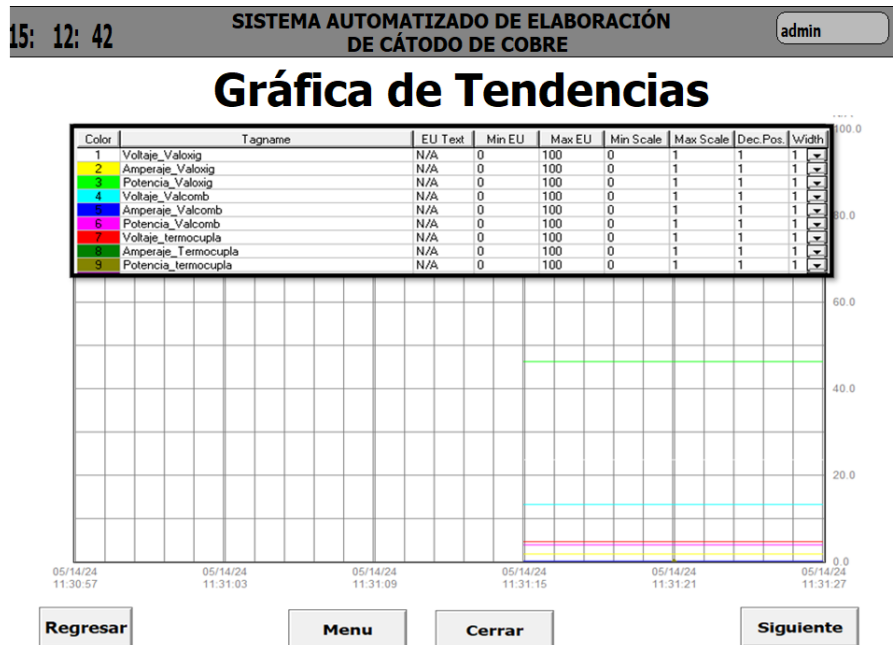



Figura 39 Gráfica de tendencias. Fuente: Autor

## Pantalla de mantenimiento

En este apartado se encuentra una función muy importante para el proceso ya que permite tanto la observación como el control de enviar un equipo a mantenimiento y de reactivarlo, debido a esto, esta pantalla también es accesible solo si se posee el usuario de administrador.

## Mantenimiento

**VÁLVULA DE COMBUSTIBLE**

Mantenimiento Reactivar 

**VÁLVULA DE AIRE**

Mantenimiento Reactivar 

Regresar Cerrar Menu

Figura 40 Pantalla de mantenimiento. Fuente: Autor

### 2.4.- Análisis de datos en tiempo real

En el presente apartado se puede apreciar a detalle la concepción de la comunicación entre el PLC y el medidor de parámetros eléctricos, la cual se concreta a través del uso y óptima configuración del protocolo Modbus RTU. La información presentada mediante el medidor de parámetros eléctricos corresponde a los voltajes de línea a línea (ab, bc y ca) del sistema, la cual es información que también se ve reflejada a través del entorno de programación TIA Portal para el controlador. Estos resultados, que pueden ser utilizados para fines relacionados con control y monitoreo debido a que es información captada y extraída en tiempo real desde el sistema, son vitales para la toma de decisiones in situ y el análisis técnico correspondiente (Véase la figura 39).

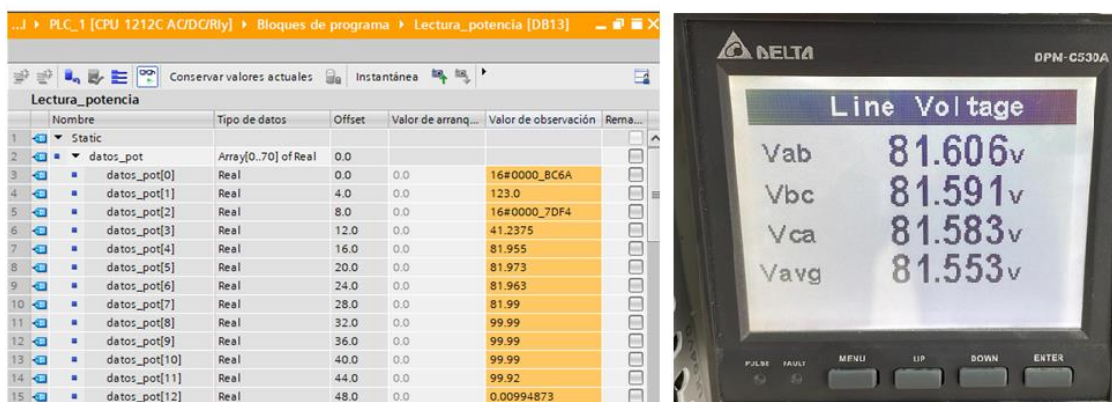


Figura 41 Comunicación en tiempo real entre medidor de parámetros eléctricos y controlador S7-1200. Fuente: Autor

Respecto al enlace entre el controlador de temperatura y el autómata programable, el uso del módulo CM1241 el cual cuenta con la capacidad de aplicar protocolos rs-422 y rs-485 hace posible que tales componentes puedan interaccionar directamente en la red de comunicación, lo cual se ve espejado en la lectura que muestra el controlador de temperatura y lo que los tags correspondientes a las variables enlazadas también presentan en el entorno de programación del controlador mientras la comunicación entre ambos dispositivos se esté dando. De forma similar, dicha información mostrada es adquirida y procesada en tiempo real, lo cual extrapolándose a un contexto industrial puede ser de utilidad para el manejo y aplicación de diversos tipos de controles al sistema como los PI, PD o PID. (véase la figura 40).



Figura 42 Comunicación en tiempo real entre controlador de temperatura y autómata programable S7-1200. Fuente: Autor

## 2.5.- RESULTADOS

- Se logró diseñar un sistema industrial para la automatización en la elaboración de cátodos de cobre, que incluye el estudio del proceso, la selección de componentes como PLC, sensores y actuadores, además de esquemas eléctricos y estrategias de control.
- Se cumplió con el desarrollo de la programación ladder para la automatización conforme a las necesidades del proceso. Dicha programación cumple con aspectos necesarios de control además de permitir un proceso automático o manual. Esto fue posible gracias a diagramas de bloque, pseudocódigo y la lógica de control.
- Se logró el desarrollo de una interfaz gráfica interactiva que permite el control y monitoreo en los modos de operación local y remoto del proceso de elaboración de cátodos de cobre. Esta interfaz simulada en el Simatic tp900 e intouch facilita la observación en tiempo real de parámetros críticos del sistema como la temperatura y la posición de apertura de las electroválvulas.
- Se demostró durante las pruebas en el laboratorio de automatización que el sistema es robusto y confiable. Las simulaciones mostraron que el sistema puede adaptarse a variaciones en las condiciones de operación y continuar siendo eficiente.

## 2.6.- CONCLUSIONES

- El diseño de un sistema industrial ha mostrado la importancia de tener un esquema robusto para la automatización del proceso de elaboración de cátodos de cobre. Este diseño proporcionó una base teórica sólida que puede ser utilizada en trabajos futuros.
- El desarrollo de la programación ladder para el PLC S7-1200 ha permitido una automatización efectiva del proceso de elaboración de cátodos de cobre de manera simulada a partir de la lógica de control. Esta programación ha facilitado el control preciso de las variables críticas del proceso, asegurando que se mantengan dentro de los parámetros óptimos para la producción de cátodos de cobre.
- La creación de una interfaz gráfica utilizando herramientas como WinCC e intouch permitió un control y monitoreo simulado del proceso. Esta interfaz facilitó la supervisión en tiempo real dentro del entorno de simulación y demostró cómo podría mejorar la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta en un sistema real.
- La validación y verificación del sistema en un entorno simulado han demostrado que el diseño del sistema es efectivo y cumple con los requisitos de operación esperados. La simulación ha proporcionado una visión clara de cómo el sistema maneja diferentes condiciones operativas, mostrando su capacidad para mantener la eficiencia y robustez.

## 2.7.- RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar actualizando los conocimientos en automatización industrial ya sea desde proyectos existentes, revistas científicas y artículos académicos para asegurar una mejor comprensión completa del sistema.
- Se recomienda en cuanto a la programación ladder seguir realizando simulaciones y ajustes a la programación para adaptarse a futuras necesidades y cambios en el proceso de producción. Esto incluye la revisión periódica del código y mejoras basadas en los resultados de las simulaciones.
- En cuanto al diseño de la interfaz humano-máquina, se recomienda el aumento de una capa o filtro de protección adicional, además de la pantalla de inicio de sesión con jerarquías de acceso. Esta capa puede incluir, por ejemplo, el uso de firewalls industriales, sistemas de detección de intrusos, sistemas de prevención de intrusiones, VPN industriales, segmentación de redes, o la realización de una prueba de penetración al PLC antes de su conexión con la HMI. Estas medidas tienen como objetivo anticiparse ante posibles ataques cibernéticos tanto al aplicativo como al entorno industrial.
- Se recomienda replicar lo mejor posible el sistema para una mayor precisión a las condiciones operativas reales del sistema, para eso se requiere un entorno controlado más avanzado y detallado.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. Madueño y E. Franco, «Diseño y automatización de un SCADA para un horno isasmelt en wincc con TIA Portal v16 para la producción de cátodos de cobre en la fundición de la tablada SPCC – Ilo».
- [2] S. B. Madrid, «Acelerando la productividad: La eficiencia de la automatización en la industria moderna | Production Tools». Accedido: 01 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://productiontools.es/industria-40/objetivos-de-la-automatizacion-industrial/>
- [3] D. Mourtzis, J. Angelopoulos, y N. Panopoulos, «The Future of the Human–Machine Interface (HMI) in Society 5.0», *Future Internet*, vol. 15, n.º 5, p. 162, abr. 2023.
- [4] E. Pérez-López, «Los sistemas SCADA en la automatización industrial», *TM*, vol. 28, n.º 4, p. 3, dic. 2015.
- [5] «KOBREC». Accedido: 01 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://www.kobrec.com/>
- [6] «UNE-EN 1978:1999. Cobre y aleaciones de cobre. Cátodos de cobre».
- [7] Reptil.mx, «Ingeniería en automatización», Industrias GSL. Accedido: 01 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://industriagsl.com/blogs/automatizacion/ingenieria-en-automatizacion>
- [8] A. B. Herrero Pablo San Segundo y Rebeca, *Capítulo 1 Introducción a la Automática | Introducción a la Automatización Industrial*. Accedido: 11 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/intro.html](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/intro.html)
- [9] «infoPLC\_net\_Teoria\_iniciacion\_Automata.pdf». Accedido: 11 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://www.infoplcn.net/files/documentacion/automatas/infoPLC\\_net\\_Teoria\\_iniciacion\\_Automata.pdf](https://www.infoplcn.net/files/documentacion/automatas/infoPLC_net_Teoria_iniciacion_Automata.pdf)
- [10] V. Salazar y R. Darío, *Control lógico programable*. Editorial ITM, 2010. Accedido: 11 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622/1958>
- [11] «ISA101, Human-Machine Interfaces- ISA», isa.org. Accedido: 11 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-standards/isa-standards-committees/isa101>
- [12] «UNE - Asociación Española de Normalización». Accedido: 12 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.une.org/>
- [13] Comunicación, «PROFINET: ¿Qué es y cómo funciona?», Cursos Centro de Entrenamiento Internacional de PROFIBUS & PROFINET. Accedido: 12 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://profibus.com.ar/profinet-que-es-y-como-funciona/>
- [14] «Proceso Isasmelt | Descargar gratis PDF | Fundición | Cobre», Scribd. Accedido: 12 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/371394073/Proceso-Isasmelt>
- [15] A. B. Herrero Pablo San Segundo y Rebeca, *Introducción a la Automatización Industrial*. Accedido: 12 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/)
- [16] «Termopar Tipo K – Información Técnica para Tipo K - TC S.A.» Accedido: 25 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.tc-sa.es/termopares/tipo-k-termopar.html>
- [17] «Electroválvulas proporcionales - Bürkert Fluid Control Systems». Accedido: 25 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.burkert.es/empresa-y-carrera/actualidades/noticias/Electrovalvulas-proporcionales>
- [18] «Enertronic\_DELTA\_DT\_Catálogo\_controladores\_de\_temperatura\_m.pdf». Accedido: 25 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://enertronic.es/wp-content/uploads/2016/01/Enertronic\\_DELTA\\_DT\\_Cat%C3%A1logo\\_controladores\\_de\\_temperatura\\_m.pdf](https://enertronic.es/wp-content/uploads/2016/01/Enertronic_DELTA_DT_Cat%C3%A1logo_controladores_de_temperatura_m.pdf)
- [19] «Controlador programable S7-1200.pdf». Accedido: 25 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en:

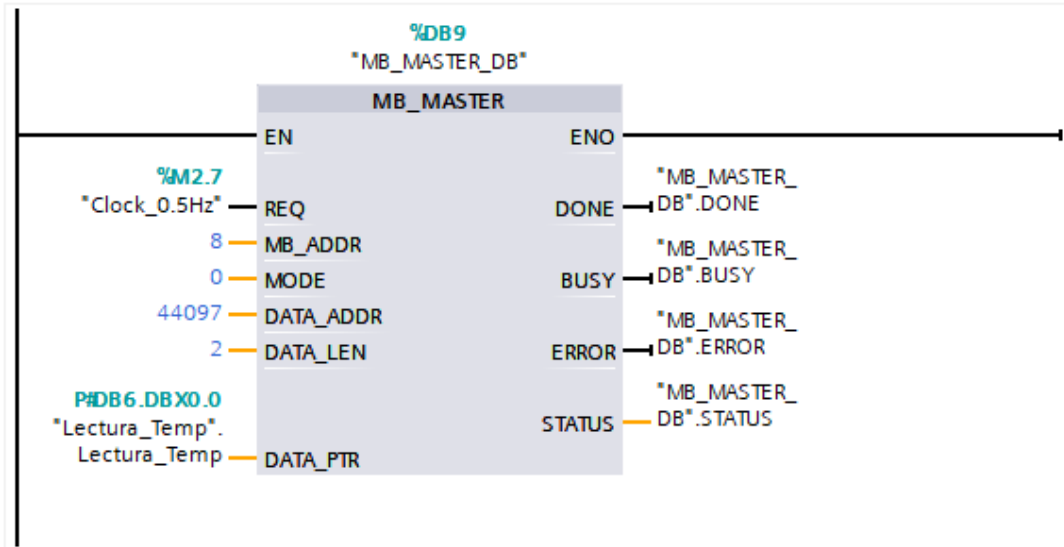
- [https://media.automation24.com/manual/es/91696622\\_s71200\\_system\\_manual\\_es-ES\\_es-ES.pdf](https://media.automation24.com/manual/es/91696622_s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf)
- [20] «CM 1241 communications module». Accedido: 25 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7241-1AH32-0XB0>
- [21] «TP-900 Confort- Industry Support Siemens». Accedido: 01 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://support.industry.siemens.com/cs/pd/70559?pdtd=td&dl=es&lc=es-EC>
- [22] I. Gútiérrez, «TIA Portal: ¿Qué es? - Programación Siemens». Accedido: 01 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://programacionsiemens.com/que-es-tia-portal/>
- [23] tecnopl.com, «Conexiones WinCC Flexible para comunicación PLC y HMI » tecnopl.com, tecnopl.com. Accedido: 01 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.tecnopl.com/conexiones-wincc-flexible-comunicacion-plc-y-hmi/>
- [24] «Características KepserverEx», KEPServerEx. Accedido: 15 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.kepserverexopc.com/kepware-kepserverex-features/>
- [25] «AVEVA InTouch HMI», Becolve Digital. Accedido: 15 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://becolve.com/productos-industria/aveva-intouch-hmi/>
- [26] A. J. Mina Cedeño, «Diseño y simulación de un sistema automatizado de las etapas de pasteurización e hilado mediante PLC para el proceso de elaboración de queso.», bachelorThesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena. 2024, 2024. Accedido: 15 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/10628>
- [27] E. S. Galindo Galindo, «Diseño del Sistema Automatizado para las Etapas de Pasteurización e Hilado en el Proceso de Elaboración de Queso de la Empresa Del Altiplano Productos Lácteos del Municipio de Jenesano - Boyacá.», bachelor thesis, Universidad Santo Tomás, 2021. Accedido: 15 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/37805>
- [28] «Comunicacion-KepServerEx-con-Siemens-S7-1200.pdf». Accedido: 11 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.kepserverexopc.com/wp-content/uploads/2018/05/TNLK021KEP-Comunicacion-KepServerEx-con-Siemens-S7-1200.pdf>

## ANEXOS

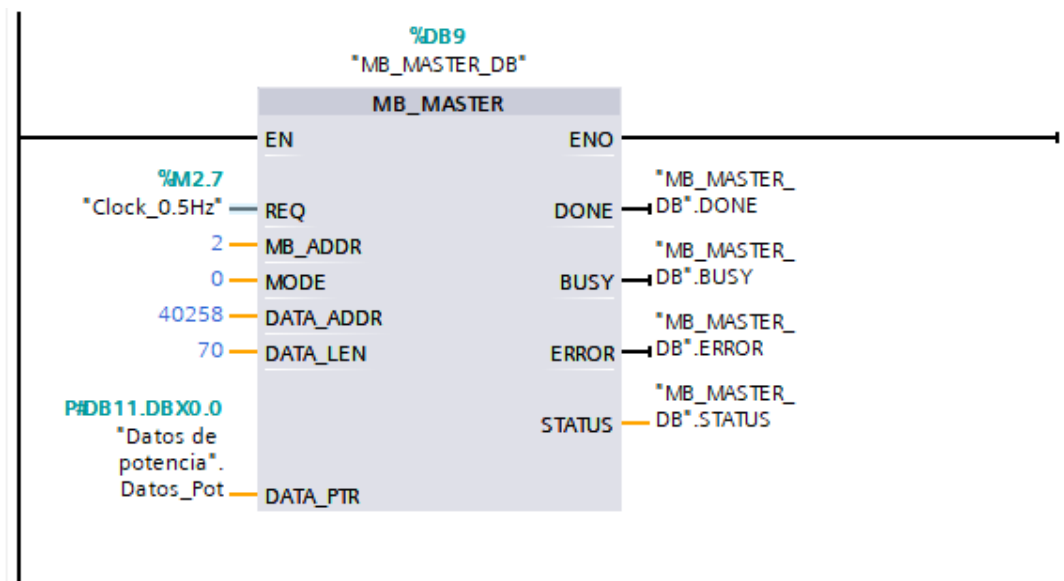
### Bloque de programación (Cyclic Interrupt)

#### Anexo 1

#### Segmento 1: comunicación al controlador de temperatura



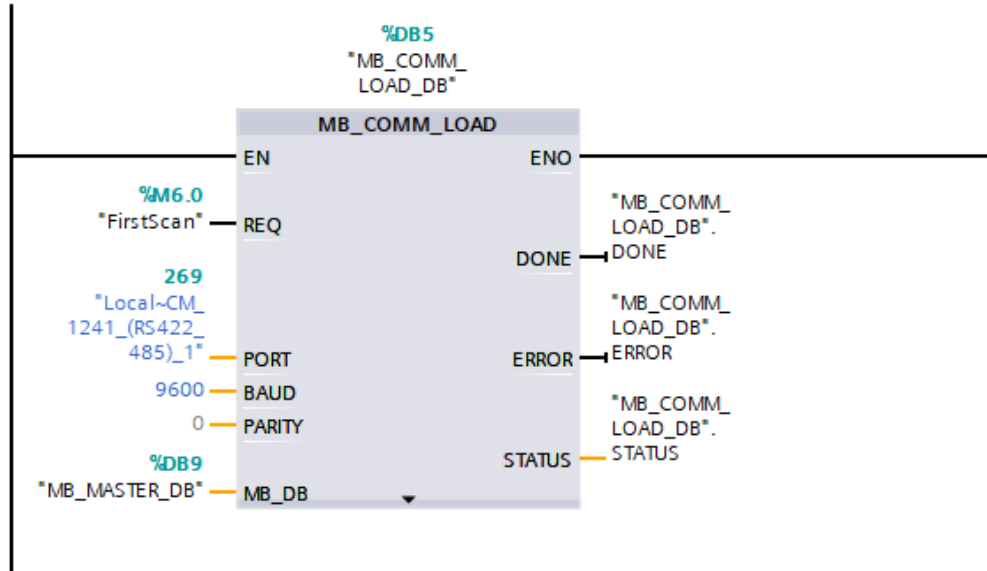
#### Segmento 2: comunicación al medidor de parámetros



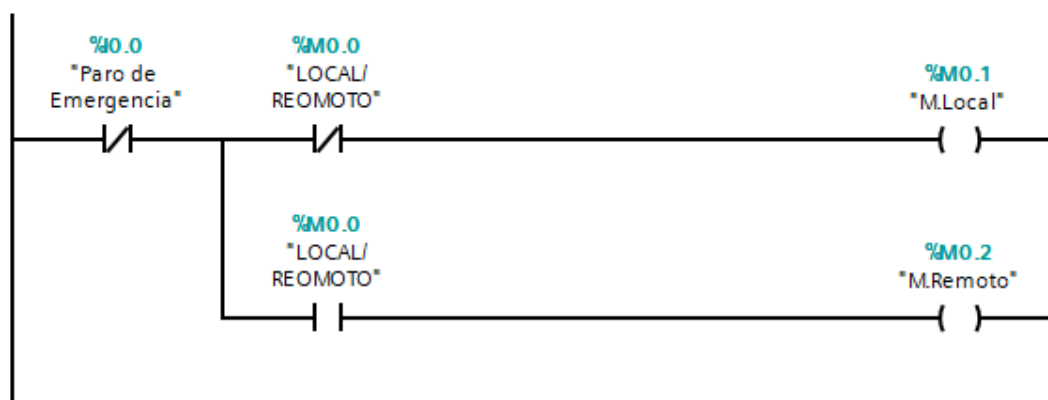
## Bloque de programación (MAIN)

### Anexo 2

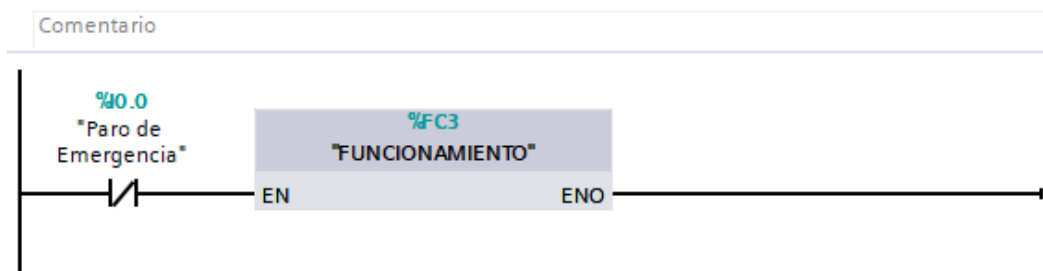
#### Segmento 1: comunicación Modbus RTU



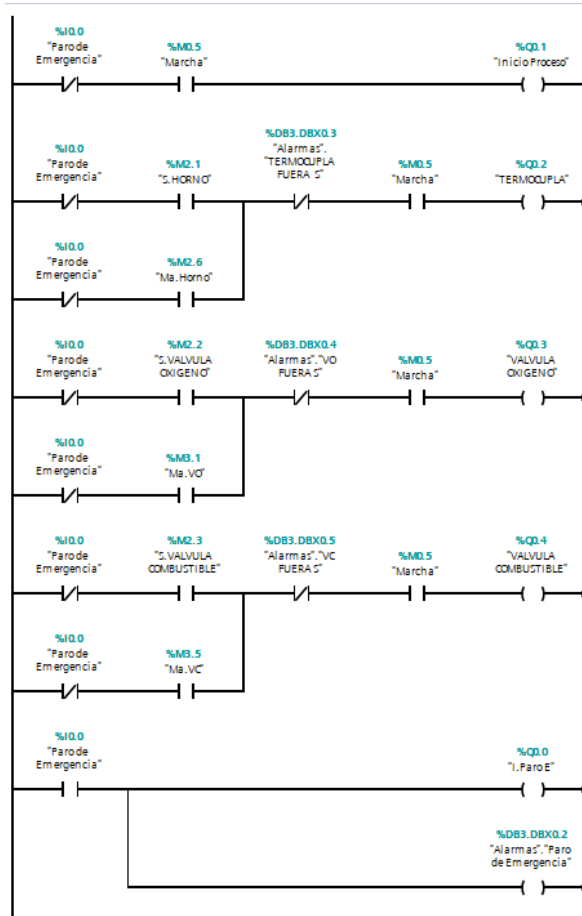
#### Segmento 2: activación o desactivación del modo local o remoto



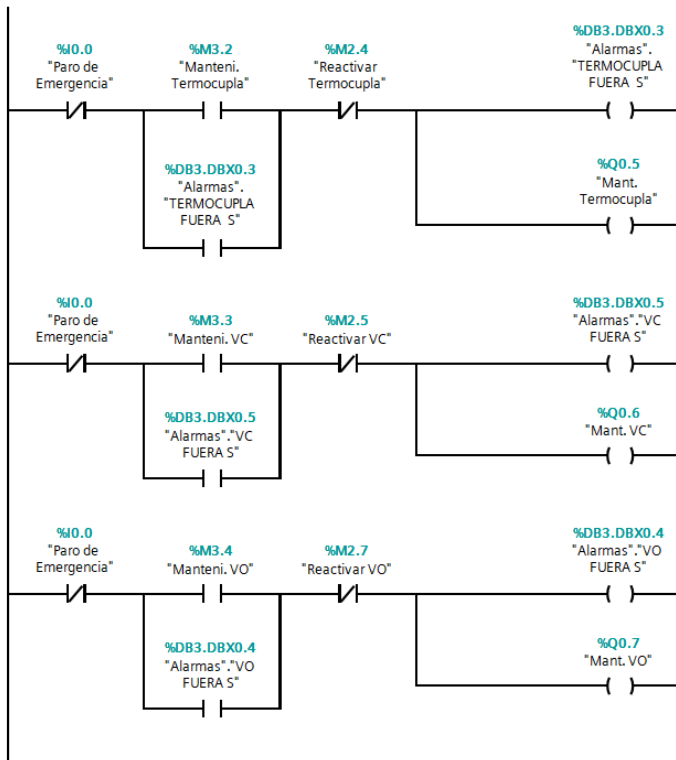
#### Segmento 3: bloque de función para el funcionamiento



## Segmento 4: condiciones para la activación de salidas



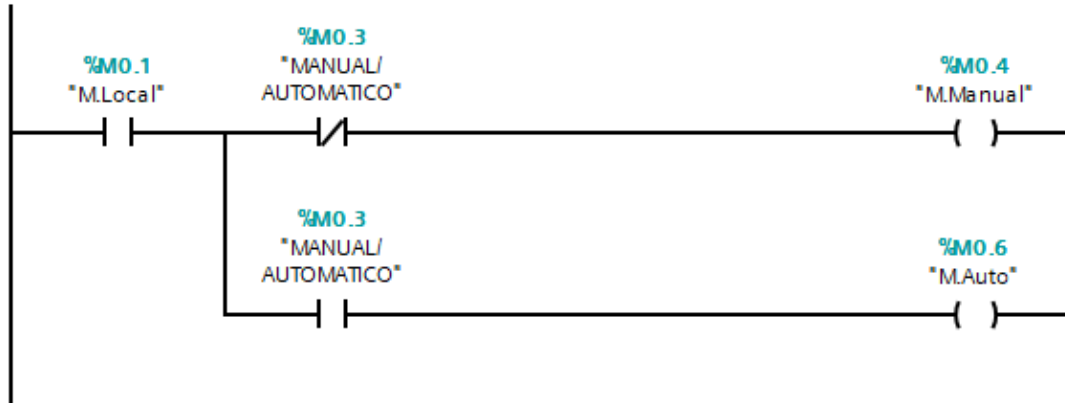
## Segmento 6: modo mantenimiento y alarmas



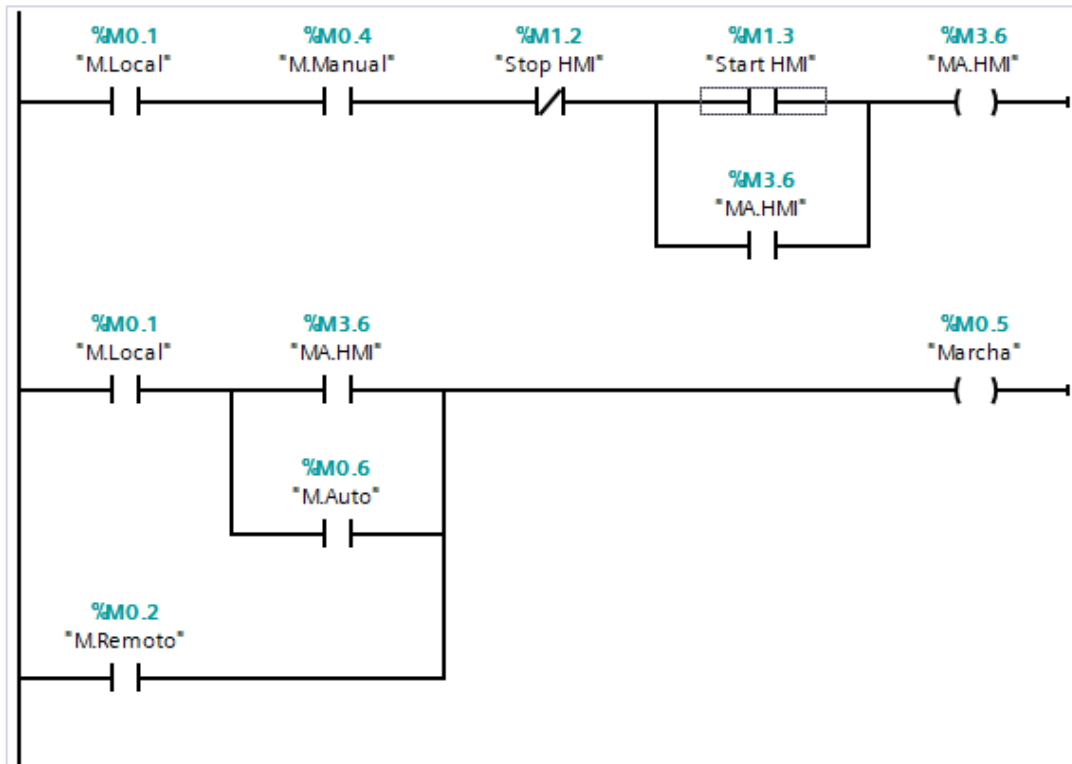
## Bloque de programación (funcionamiento)

### Anexo 3

#### Segmento 1: modo manual o automático



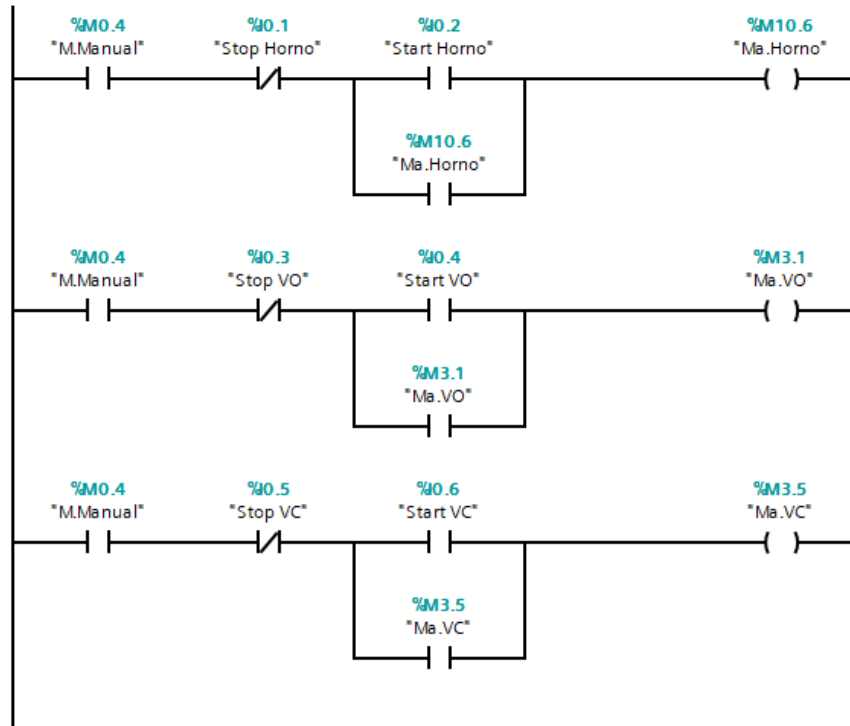
#### Segmento 2: activación del modo manual o automático



## Bloque de programación (manual)

### Anexo 4

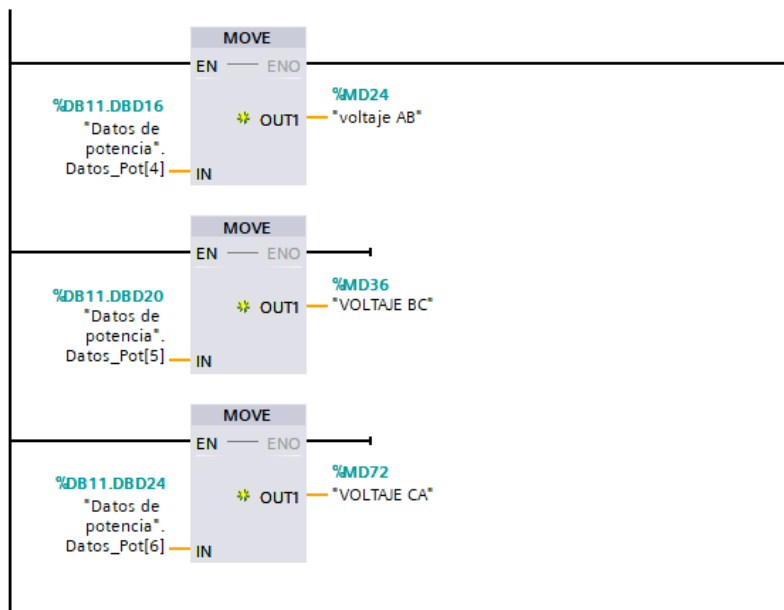
#### Segmento 1: indicadores de los sensores



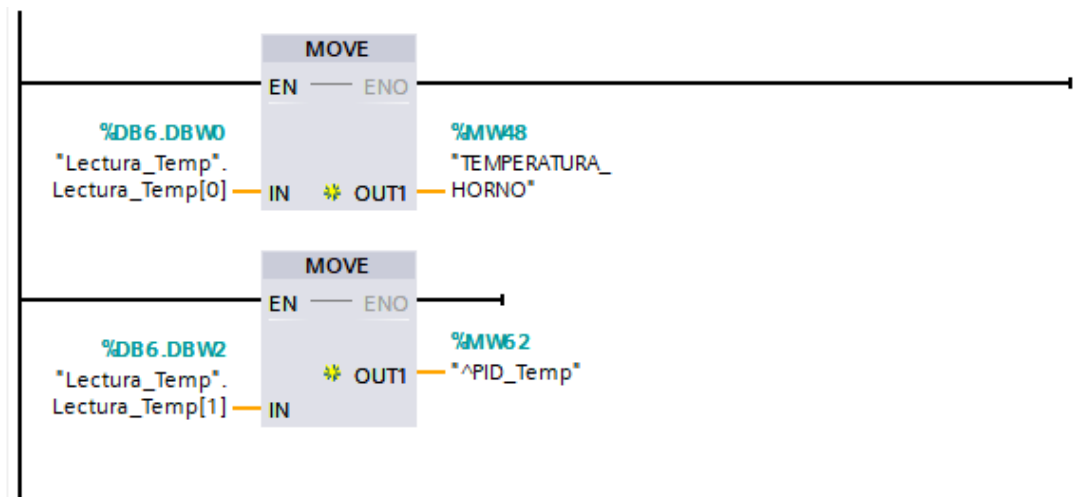
## Bloque de programación (parámetros eléctricos)

### Anexo 5

#### Segmento 1: asignación de datos del medidor de parámetros a variables



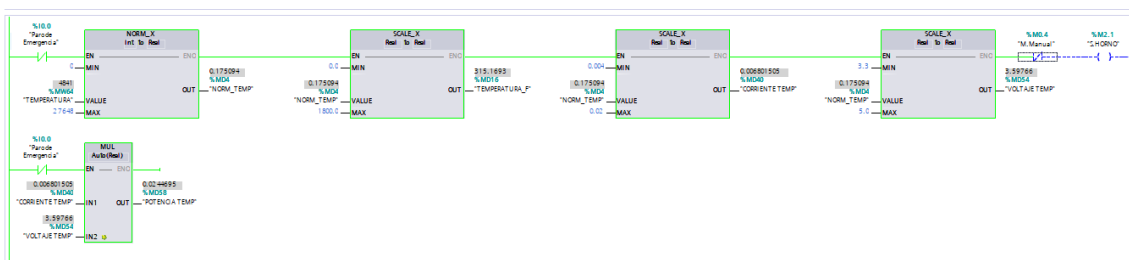
## Segmento 1: asignación de datos del controlador de temperatura a variables



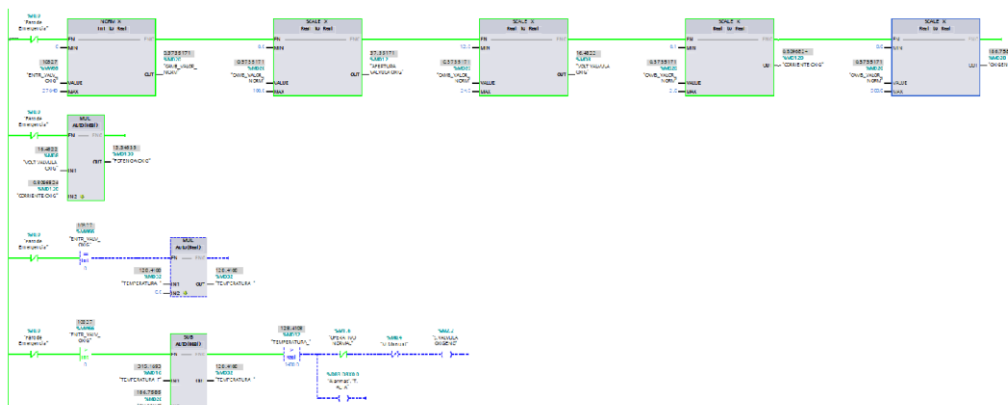
## Bloque de programación (sensores)

### Anexo 6

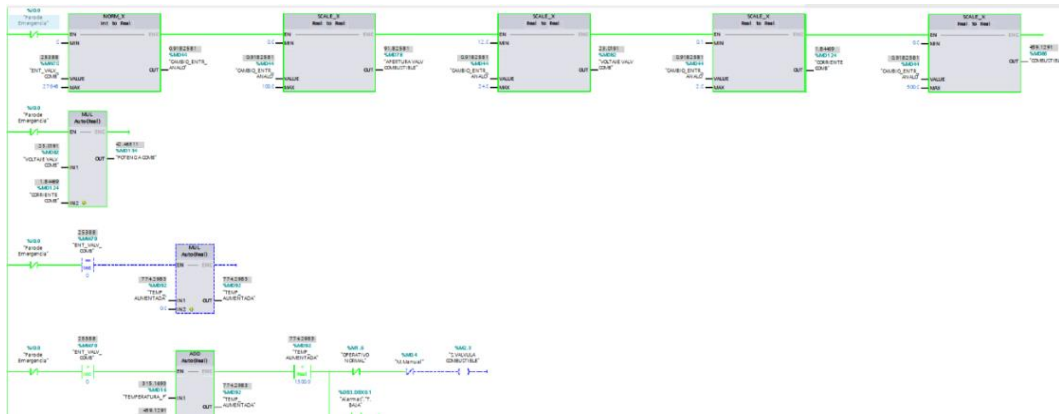
## Segmento 1: escalamiento del sensor analógico de temperatura



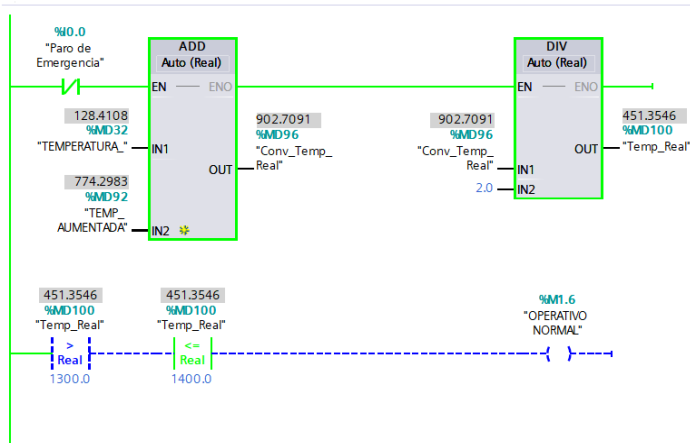
## Segmento 2: escalamiento de la electroválvula de oxígeno y disminución de temperatura



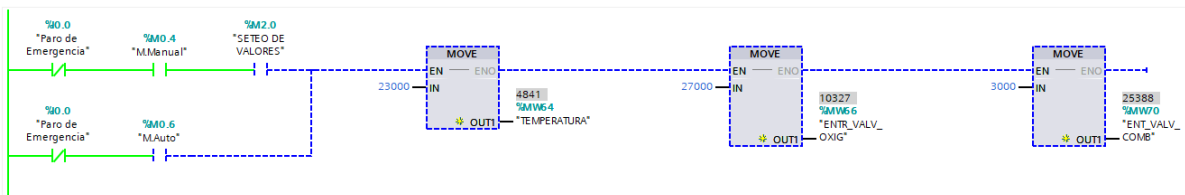
### Segmento 3: escalamiento de la electroválvula de combustible y aumento de temperatura



### Segmento 4: temperatura final



### Segmento 5: seteo de valores operativos



### Bloque de datos (alarmas)

#### Anexo 7

	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranj...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ...	Valor de a...	Comentario
1	Static									
2	T.ALTA	Bool	0.0	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	T.BAJA	Bool	0.1	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	Paro de Emergencia	Bool	0.2	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5	TERMOCUPLA FUERA S	Bool	0.3	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
6	VO FUERA S	Bool	0.4	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
7	VC FUERA S	Bool	0.5	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
8	Modo Local	Bool	0.6	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
9	Modo Remoto	Bool	0.7	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

## Bloque de datos (alarmas-2)

### Anexo 8

	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ...	Valor de a...	Comentario
1	Static									
2	Modo Manual	Bool	0.0	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	Modo Automatico	Bool	0.1	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	Proceso Iniciado	Bool	0.2	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5	Proceso apagado	Bool	0.3	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

## Bloque de datos (datos de potencia)

### Anexo 9

	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ...	Valor de a...
1	Static								
2	Datos_Pot	Array[0..70] of Real	0.0			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

## Bloque de datos (lectura de temperatura)

### Anexo 10

	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ...	Valor de a...
1	Static								
2	Lectura_Temp	Array[0..1] o...	0.0			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Lectura_Temp[0]	Int	0.0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Lectura_Temp[1]	Int	2.0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

## Variables TIA Portal

### Anexo 11

1	TERMOCUPLA	Bool	%Q0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
2	Paro de Emergencia	Bool	%I0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	M.Local	Bool	%M0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	M.Remoto	Bool	%M0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5	MANUAL/AUTOMATICO	Bool	%M0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
6	TEMPERATURA	Int	%MW64		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
7	NORM_TEMP	Real	%MD4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
8	TEMPERATURA_F	Real	%MD16		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
9	VALVULA OXIGENO	Bool	%Q0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
10	M.Manual	Bool	%M0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
11	VALVULA COMBUSTIBLE	Bool	%Q0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
12	CAMB_VALOR_NORM	Real	%MD20		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
13	VOLT VALVULA OXIG	Real	%MD8		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
14	APERTURA VALVULA OXIG	Real	%MD12		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
15	OXIGENO	Real	%MD28		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
16	TEMPERATURA_	Real	%MD32		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
17	ENT_VALV_COMB	Int	%MW70		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
18	CAMBIO_ENTR_ANALO	Real	%MD44		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
19	APERTURA VALV COMBUSTIBLE	Real	%MD78		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
20	VOLTAJE VALV COMB	Real	%MD82		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
21	COMBUSTIBLE	Real	%MD86		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
22	TEMP_AUMENTADA	Real	%MD92		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
23	Temp_Real	Real	%MD100		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
24	Conv_Temp_Real	Real	%MD96		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
25	ENTR_VALV_OXIG	Int	%MW66		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
26	LOCALREMOTO	Bool	%M0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
27	M.Auto	Bool	%M0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
28	Stop Horno	Bool	%I0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
29	Start Horno	Bool	%I0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
30	Marcha	Bool	%M0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
31	Stop VO	Bool	%I0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
32	Start VO	Bool	%I0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
33	Stop VC	Bool	%I0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
34	I.Paró E	Bool	%Q0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
35	Inicio Proceso	Bool	%Q0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
36	Stop HM	Bool	%M1.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
37	Start HM	Bool	%M1.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
38	OPERATIVO NORMAL	Bool	%M1.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
39	SETEO DE VALORES	Bool	%M10.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
40	S.HORNO	Bool	%M10.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
41	S.VALVULA OXIGENO	Bool	%M10.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

42		S.VALVULA COMBUSTIBLE	Bool	%M10.3	<input type="checkbox"/>						
43		Ma.Horno	Bool	%M10.6	<input type="checkbox"/>						
44		Ma.VO	Bool	%M3.1	<input type="checkbox"/>						
45		Ma.VC	Bool	%M3.5	<input type="checkbox"/>						
46		CORRIENTE TEMP	Real	%MD40	<input type="checkbox"/>						
47		CORRIENTE T	Real	%MD50	<input type="checkbox"/>						
48		VOLTAJE TEMP	Real	%MD54	<input type="checkbox"/>						
49		POTENCIA TEMP	Real	%MD58	<input type="checkbox"/>						
50		CORRIENTE OXIG	Real	%MD120	<input type="checkbox"/>						
51		CORRIENTE COMB	Real	%MD124	<input type="checkbox"/>						
52		POTENCIA OXIG	Real	%MD130	<input type="checkbox"/>						
53		POTENCIA COMB	Real	%MD134	<input type="checkbox"/>						
54		MA.HMI	Bool	%M3.6	<input type="checkbox"/>						
55		Start VC	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>						
56		F.TERMOCUPLA	Bool	%I1.4	<input type="checkbox"/>						
57		F.VO	Bool	%I1.2	<input type="checkbox"/>						
58		F.VC	Bool	%I1.0	<input type="checkbox"/>						
59		HABILITAR T	Bool	%I1.5	<input type="checkbox"/>						
60		HABILITAR VC	Bool	%I1.1	<input type="checkbox"/>						
61		HABILITAR VO	Bool	%I1.3	<input type="checkbox"/>						
62		LFT	Bool	%M4.6	<input type="checkbox"/>						
63		LFVC	Bool	%M4.7	<input type="checkbox"/>						
64		LFVO	Bool	%M5.0	<input type="checkbox"/>						
65		Manteni. Termocupla	Bool	%M3.2	<input type="checkbox"/>						
66		Manteni. VC	Bool	%M3.3	<input type="checkbox"/>						
67		Manteni. VO	Bool	%M3.4	<input type="checkbox"/>						
68		Reactivar Termocupla	Bool	%M9.4	<input type="checkbox"/>						
69		Reactivar VC	Bool	%M9.5	<input type="checkbox"/>						
70		Reactivar VO	Bool	%M9.7	<input type="checkbox"/>						
71		Mant. Termocupla	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>						
72		Mant. VC	Bool	%Q0.6	<input type="checkbox"/>						
73		Mant. VO	Bool	%Q0.7	<input type="checkbox"/>						
74		Clock_Byte	Byte	%MB2	<input type="checkbox"/>						
75		System_Byte	Byte	%MB6	<input type="checkbox"/>						
76		FirstScan	Bool	%M6.0	<input type="checkbox"/>						
77		DiagStatusUpdate	Bool	%M6.1	<input type="checkbox"/>						
78		AlwaysTRUE	Bool	%M6.2	<input type="checkbox"/>						
79		AlwaysFALSE	Bool	%M6.3	<input type="checkbox"/>						
80		Clock_10Hz	Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>						
81		Clock_5Hz	Bool	%M2.1	<input type="checkbox"/>						
82		Clock_2.5Hz	Bool	%M2.2	<input type="checkbox"/>						
83		Clock_2Hz	Bool	%M2.3	<input type="checkbox"/>						
84		Clock_1.25Hz	Bool	%M2.4	<input type="checkbox"/>						
85		Clock_1Hz	Bool	%M2.5	<input type="checkbox"/>						
86		Clock_0.625Hz	Bool	%M2.6	<input type="checkbox"/>						
87		Clock_0.5Hz	Bool	%M2.7	<input type="checkbox"/>						
88		voltaje AB	Real	%MD24	<input type="checkbox"/>						
89		VOLTAJE BC	Real	%MD36	<input type="checkbox"/>						
90		VOLTAJE CA	Real	%MD72	<input type="checkbox"/>						
91		TEMPERATURA_HORNO	Int	%MW48	<input type="checkbox"/>						
92		?PID_Temp	int	%MW62	<input type="checkbox"/>						
93		ABASTECER	Bool	%MD.7	<input type="checkbox"/>						
94		Movimiento Cobre	Int	%MW68	<input type="checkbox"/>						
95		motor_banda_transportadora	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>						
96		<-Agrega>			<input checked="" type="checkbox"/>						

## Programación de wonderware intouch. (windows scripts)

### Anexo 12

```

IF Marcha == 1 THEN
  LEDMarcha = 1;
ENDIF;

IF M_Val_comb == 1 THEN
  Val_comb=0;
ELSE IF Marcha == 1 THEN
  Val_comb = 1;
ENDIF;
ENDIF;

IF M_Val_oxig == 1 THEN
  Val_Oxig=0;
ELSE IF Marcha == 1 THEN
  Val_Oxig = 1;

```

```
ENDIF;  
ENDIF;
```

```
IF OFF == 1 THEN  
    cobre = cobre + 2;  
    banda = banda + 1;  
ENDIF;
```

```
IF cobre >= 65 THEN  
    cobrev = cobrev + 3;  
ENDIF;
```

```
IF cobrev >= 50 THEN  
    cobre = 0 ;  
    cobrev = 0;  
ENDIF;
```

```
IF cobrev >= 48 THEN  
    Mcount = Mcount +1;  
ENDIF;
```

```
IF Mcount >3 AND Mcount <5 THEN  
    OFF = 0;  
ENDIF;
```

```
IF Mcount == 3 THEN  
    nivel_comb = 100;  
    nivel_oxig = 100;  
ENDIF;
```

```
IF Val_comb ==1 AND Val_Oxi ==1 THEN  
    nivel_T2= nivel_comb + nivel_oxig;  
ENDIF;
```

```
IF Val_comb == 1 AND nivel_comb <= 100 AND Val_Com > 1 THEN
```

```
    nivel_comb= nivel_comb - 1;
```

```
    IF nivel_comb <= 1 THEN  
        nivel_comb = 0;
```

```

ENDIF;

IF nivel_comb <= 100 AND nivel_comb > 1 AND Val_Com > 1
AND Mcount == 4 THEN

    IF nivel_comb1 >= 0 AND nivel_comb1 <= 100 THEN

        nivel_comb1 = nivel_comb1 + 5 ;

    ENDIF;
ENDIF;
IF nivel_comb == 0 THEN
nivel_comb1 = 0;
ENDIF;
IF nivel_comb <= 100 AND nivel_comb > 1 AND Val_Com > 1
AND nivel_comb1 > 99 THEN

    IF nivel_comb2 >= 0 AND nivel_comb2 <= 100 THEN

        nivel_comb2 = nivel_comb2 + 5 ;

    ENDIF;
ENDIF;
IF nivel_comb == 0 THEN
nivel_comb2 = 0;
ENDIF;

IF nivel_comb <= 100 AND nivel_comb > 1 AND Val_Com > 1
AND nivel_comb2 > 99 THEN

    IF nivel_comb3 >= 0 AND nivel_comb3 <= 100 THEN

        nivel_comb3 = nivel_comb3 + 7 ;

    ENDIF;

ENDIF;
IF nivel_comb == 0 THEN
nivel_comb3 = 0;
ENDIF;

ENDIF;

ENDIF;

IF Val_Oxig == 1 AND nivel_oxig <= 100 AND Val_Oxi > 1 THEN

    nivel_oxig = nivel_oxig - 1;

```

```

        IF nivel_oxig <= 1 THEN
            nivel_oxig = 0;
        ENDIF;

        IF nivel_oxig <= 100 AND nivel_oxig > 1 AND Val_Oxi > 1
AND Mcount == 4 THEN

            IF nivel_oxig1 >= 0 AND nivel_oxig1 <= 100 THEN

                nivel_oxig1 = nivel_oxig1 + 5 ;

            ENDIF;
        ENDIF;

        IF nivel_oxig == 0 THEN
            nivel_oxig1 = 0 ;
        ENDIF;

        IF nivel_oxig <= 100 AND nivel_oxig > 1 AND Val_Oxi > 1
AND nivel_oxig1 >99 THEN

            IF nivel_oxig2 >= 0 AND nivel_oxig2 <= 100 THEN

                nivel_oxig2 = nivel_oxig2 + 5 ;

            ENDIF;
        ENDIF;

        IF nivel_oxig == 0 THEN
            nivel_oxig2 = 0 ;
        ENDIF;

        IF nivel_oxig <= 100 AND nivel_oxig > 1 AND Val_Oxi > 1
AND nivel_oxig2 > 99 THEN

            IF nivel_oxig3 >= 0 AND nivel_oxig3 <= 100 THEN

                nivel_oxig3 = nivel_oxig3 + 5 ;

            ENDIF;

        ENDIF;

        IF nivel_oxig == 0 THEN
            nivel_oxig3 = 0 ;
        ENDIF;

```

```
IF nivel_oxig <= 100 AND nivel_oxig > 1 AND Val_Oxi > 1  
AND nivel_oxig3 > 99 THEN
```

```
IF nivel_oxig4 >= 0 AND nivel_oxig4 <= 100 THEN
```

```
    nivel_oxig4 = nivel_oxig4 + 5 ;
```

```
ENDIF;
```

```
ENDIF;
```

```
IF nivel_oxig == 0 THEN
```

```
    nivel_oxig4 = 0 ;
```

```
ENDIF;
```

```
ENDIF;
```

```
IF nivel_comb3 > 10 AND nivel_T2 <=100 THEN
```

```
    nivel_T2 = nivel_T2 + 3;
```

```
ENDIF;
```

```
IF Paro_Emergia == 1 THEN
```

```
    Marcha = 0;
```

```
ENDIF;
```

```
IF Paro == 1 THEN
```

```
    Marcha=0;
```

```
    nivel_comb = nivel_comb;
```

```
    nivel_oxig=nivel_oxig;
```

```
    nivel_T2 = 0;
```

```
    Val_Com = Val_Com;
```

```
    Val_comb = 0;
```

```
    Val_Oxig = 0;
```

```
    LI_Val_Comb = 0;
```

```
    LI_TCombustible = 0;
```

```
    nivel_com = nivel_com;
```

```
    nivel_comb1 = nivel_comb1;
```

```
    nivel_comb2 = nivel_comb2;
```

```
    nivel_comb3 = nivel_comb3;
```

```
ENDIF;
```

# Entradas y salidas desde el KepserverEX 6.

## Anexo 13

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update Count
PLC_intouch PLC_intouch_CurrentPDUSize	Word	240	08:53:55.102	Good	2
PLC_intouch PLC_intouch_Flack	Byte	0	08:53:54.115	Good	1
PLC_intouch PLC_intouch_Slot	Byte	1	08:53:54.115	Good	1
PLC_intouch PLC_intouch_Abastecer	Boolean	0	08:53:54.185	Good	1
PLC_intouch PLC_intouch_Apertura_Valcomb	Word	3000	09:33:57.602	Good	8
PLC_intouch PLC_intouch_Apertura_Valoxig	Word	27000	09:33:57.602	Good	7
PLC_intouch PLC_intouch_CORRIENTE_REAL_TERMO	Float	0,0173102	09:33:57.602	Good	7
PLC_intouch PLC_intouch_Corriente_Valcomb	Float	0,306163	09:33:57.602	Good	8
PLC_intouch PLC_intouch_Corriente_Valoxig	Word	16985	09:33:57.602	Good	8
PLC_intouch PLC_intouch_Display_TempFinal	Word	0	08:53:54.185	Good	1
PLC_intouch PLC_intouch_Display_Valcomb	Float	10,8507	09:33:57.602	Good	8
PLC_intouch PLC_intouch_Display_Valoxig	Float	97,6562	09:33:57.602	Good	7
PLC_intouch PLC_intouch_LI_Termocupla	Boolean	1	09:36:19.640	Good	6
PLC_intouch PLC_intouch_LI_ValvulaCombustible	Boolean	1	09:36:21.659	Good	6
PLC_intouch PLC_intouch_LI_ValvulaOxigeno	Boolean	1	09:36:20.641	Good	6
PLC_intouch PLC_intouch_MAlarma_Termocupla	Boolean	0	08:53:54.185	Good	1
PLC_intouch PLC_intouch_MDesabilitar_Termocupla	Boolean	0	08:53:54.185	Good	1
PLC_intouch PLC_intouch_MDesabilitar_ValComb	Boolean	0	08:53:54.185	Good	1
PLC_intouch PLC_intouch_MDesabilitar_Valoxig	Boolean	0	08:53:54.185	Good	1
PLC_intouch PLC_intouch_MHabilitar_Termocupla	Boolean	0	08:53:54.185	Good	1
PLC_intouch PLC_intouch_MHabilitar_ValComb	Boolean	0	08:53:54.185	Good	1
PLC_intouch PLC_intouch_MHabilitar_Valoxig	Boolean	0	08:53:54.185	Good	1
PLC_intouch PLC_intouch_ParoEmergencia	Boolean	0	08:53:54.185	Good	1
PLC_intouch PLC_intouch_Potencia_termocupla	Float	0,0816038	09:33:57.602	Good	7
PLC_intouch PLC_intouch_Potencia_Valcomb	Float	4,07261	09:33:57.602	Good	8
PLC_intouch PLC_intouch_Potencia_Valoxig	Float	46,3813	09:33:57.602	Good	7
PLC_intouch PLC_intouch_Remoto	Boolean	0	09:33:57.602	Good	5
PLC_intouch PLC_intouch_Seteo_Valores	Boolean	1	09:20:25.571	Good	2
PLC_intouch PLC_intouch_Temp_Final	Float	1280,38	09:33:57.602	Good	18
PLC_intouch PLC_intouch_TEMP_INI	Word	23000	09:33:57.602	Good	8
PLC_intouch PLC_intouch_Temperatura_entrada	Float	1497,4	09:33:57.602	Good	8
PLC_intouch PLC_intouch_Voltaje_termocupla	Float	4,71421	09:33:57.602	Good	7
PLC_intouch PLC_intouch_Voltaje_Valcomb	Float	13,3021	09:33:57.602	Good	8
PLC_intouch PLC_intouch_Voltaje_Valoxig	Float	23,7188	09:33:57.602	Good	7

## VARIABLES DEL SISTEMA SCADA.

## Anexo 14

Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate
Abastecer	I0.3	Boolean	100
Apertura_Valcomb	MW70	Word	100
Apertura_Valoxig	MW66	Word	100
CORRIENTE_REAL_TERMO	MD40	Float	100
Corriente_Valcomb	MD124	Float	100
Corriente_Valoxig	MW86	Word	100
Display_TempFinal	MW72	Word	100
Display_Valcomb	MD78	Float	100
Display_Valoxig	MD12	Float	100
LI_Termocupla	Q0.2	Boolean	100
LI_ValvulaCombustible	Q0.4	Boolean	100
LI_ValvulaOxigeno	Q0.3	Boolean	100
MAlarma_Termocupla	Q0.5	Boolean	100
MDesabilitar_Termocupla	M3.2	Boolean	100
MDesabilitar_ValComb	M3.3	Boolean	100
MDesabilitar_Valoxig	M3.4	Boolean	100
MHabilitar_Termocupla	M2.4	Boolean	100
MHabilitar_ValComb	M2.5	Boolean	100
MHabilitar_Valoxig	M2.7	Boolean	100
ParoEmergencia	Q0.0	Boolean	100
Potencia_termocupla	MD58	Float	100
Potencia_Valcomb	MD134	Float	100
Potencia_Valoxig	MD130	Float	100
Remoto	M0.0	Boolean	100
Seteo_Valores	M2.0	Boolean	100
Temp_Final	MD100	Float	100
TEMP_INI	MW64	Word	100
Temperatura_entrada	MD16	Float	100
Voltaje_termocupla	MD54	Float	100
Voltaje_Valcomb	MD82	Float	100
Voltaje_Valoxig	MD8	Float	100

# Sistema de plagio Ouriginal

## Anexo 15

**CERTIFICADO DE ANÁLISIS**  
*magister*

### TESINA JAIRALA STEEVEN

5%

Textos sospechosos

**5% Similitudes**

0% similitudes entre comillas

0% entre las fuentes mencionadas

**0% Idiomas no reconocidos**

Nombre del documento: TESINA JAIRALA STEEVEN.pdf

ID del documento: 7fc15bab5e8ee3f6b372d477ac5d8e52ddce1c82

Tamaño del documento original: 3.33 MB

Depositante: CARLOS ALBERTO SALDAÑA ENDERICA

Fecha de depósito: 18/6/2024

Tipo de carga: interface

fecha de fin de análisis: 18/6/2024

Número de palabras: 11.002

Número de caracteres: 84.153

Ubicación de las similitudes en el documento:

**Fuentes principales detectadas**

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10628/4/UPSE-TEA-2024-0003.pdf">repositorio.upse.edu.ec</a> https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10628/4/UPSE-TEA-2024-0003.pdf 4 fuentes similares	<b>3%</b>		🔗 Palabras idénticas: 3% (370 palabras)
2	<a href="https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10623/1/UPSE-TEA-2024-0006.pdf">repositorio.upse.edu.ec</a> https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10623/1/UPSE-TEA-2024-0006.pdf 10 fuentes similares	<b>2%</b>		🔗 Palabras idénticas: 2% (180 palabras)
3	<a href="https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4056/1/UPSE-TET-2017-0007.pdf">repositorio.upse.edu.ec</a> https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4056/1/UPSE-TET-2017-0007.pdf 5 fuentes similares	<b>1%</b>		🔗 Palabras idénticas: 1% (168 palabras)
4	<a href="https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/9082/1/UPSE-TEA-2023-0001.pdf">repositorio.upse.edu.ec</a> https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/9082/1/UPSE-TEA-2023-0001.pdf 5 fuentes similares	<b>&lt; 1%</b>		🔗 Palabras idénticas: < 1% (42 palabras)
5	<a href="https://kepware.com.ar/KEPServerEX/">kepware.com.ar   KEPServerEX  </a> https://kepware.com.ar/kepserverex/ 1 fuente similar	<b>&lt; 1%</b>		🔗 Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)

**Fuentes con similitudes fortuitas**

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10624/1/UPSE-TEA-2024-0001.pdf">repositorio.upse.edu.ec</a> https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10624/1/UPSE-TEA-2024-0001.pdf	<b>&lt; 1%</b>		🔗 Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)
2	<a href="https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5543/1/UPSE-TTI-2020-0003.pdf">repositorio.upse.edu.ec</a> https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5543/1/UPSE-TTI-2020-0003.pdf	<b>&lt; 1%</b>		🔗 Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
3	<a href="https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/559/1/UPSE-TIN-2018-0001.pdf">repositorio.upse.edu.ec</a> https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/559/1/UPSE-TIN-2018-0001.pdf	<b>&lt; 1%</b>		🔗 Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
4	<a href="http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7568/1/04_MEL_005_TRABAJO_GRADO.pdf">repositorio.utn.edu.ec</a> http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7568/1/04_MEL_005_TRABAJO_GRADO.pdf	<b>&lt; 1%</b>		🔗 Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
5	<b>Documento de otro usuario</b> #050825 📍 El documento proviene de otro grupo	<b>&lt; 1%</b>		🔗 Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)