UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE MECATRÓNICA

TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO EN BASE A UN CENTRO DE CONTROL PARA EL CALDERO XINXIANG XINDA CON TECNOLOGÍA PROGRAMABLE

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTORES: JORDY ISMAEL FRANCO MORENO
MARÍA JOSÉ MINGA MERO
TUTOR: NINO TELLO VEGA URETA

Guayaquil Ecuador
2024

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, **Jordy Ismael Franco Moreno** con documento de identificación N° **095721913-2** y **María José Minga Mero** con documento de identificación N° **093206198-9**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del **Dispositivo Tecnológico: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO EN BASE A UN CENTRO DE CONTROL PARA EL CALDERO XINXIANG XINDA CON TECNOLOGÍA PROGRAMABLE**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo a final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Guayaquil, 7 de Marzo del año 2024

Atentamente,

Jordy Ismael Franco Moreno
095721913-2

María José Minga Mero
093206198-9

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **JORDY ISMAEL FRANCO MORENO** con documento de identificación N° **095721913-2** y **MARÍA JOSÉ MINGA MERO** con documento de identificación N° **093206198-9**; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Guayaquil, 7 de Marzo del año 2024

Atentamente,

Jordy Ismael Franco Moreno
095721913-2

María José Minga Mero
093206198-9

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Nino Tello Vega Ureta**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana , declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO EN BASE A UN CENTRO DE CONTROL PARA EL CALDERO XINXIANG XINDA CON TECNOLOGÍA PROGRAMABLE**, realizado por **Jordy Ismael Franco Moreno** con documento de identificación N° **095721913-2** y por **María José Minga Mero** con documento de identificación N° **093206198-9**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo Tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 7 de marzo del año 2024

Atentamente,

Ing. Nino Tello Vega Ureta, M.sc
080160216-0

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación lo dedico:

A mis adorados padres caminantes incansables que forjaron el sendero de mi vida con amor y esfuerzo. Cada paso que di en esta travesía académica lleva la huella indeleble de su guía y apoyo incondicional. Sus sacrificios y valores han sido mi brújula, y esta tesis es el resultado de su inquebrantable fe en mí.

A ti, mi dulce esposa eres el faro radiante en mis noches de estudio, la razón por la que cada obstáculo se torna insignificante. Tu aliento constante y amor desinteresado han sido mi refugio en los momentos de agotamiento. Esta tesis no sería más que palabras vacías sin tu presencia en mi vida.

A mi pequeña hija y eterna inspiración cada página de este trabajo lleva consigo el anhelo de un futuro lleno de promesas, un mundo que anhelo construir para ti. Tus risas inocentes y ojos llenos de curiosidad me impulsaron a ir más allá de mis límites. Que esta tesis sea un tributo a tus sueños y la chispa que ilumine tu camino.

A mi querido hermano, tus consejos sabios y apoyo inquebrantable han sido una guía constante en mi vida. Tu ejemplo de perseverancia me ha inspirado a seguir adelante incluso en los momentos más oscuros. Esta tesis lleva consigo el espíritu de nuestra conexión fraternal, y cada logro que alcance será en parte gracias a tu influencia.

A todos ustedes, mi familia, esta tesis es más que palabras y datos; es una manifestación tangible de mi gratitud hacia cada uno de ustedes. Vuestra presencia en mi vida ha enriquecido esta obra y le ha dado significado. Que estas palabras impresas reflejen el amor, la unidad y la fortaleza que compartimos como familia.

Con cariño y profunda gratitud,

Jordy Ismael Franco Moreno

DEDICATORIA

Con cariño y gratitud, deseo dedicar este proyecto a las personas que han sido pilares fundamentales en mi travesía para alcanzar este objetivo.

A mi querida madre, fuente inagotable de aliento y apoyo, cuya presencia constante me impulsó a seguir adelante en esta lucha constante. Tus palabras de aliento y tus gestos de amor me dieron la fuerza necesaria para superar los obstáculos y continuar con determinación en este camino.

A mi querido padre, cuyo respaldo incondicional fue esencial para que pudiera perseguir mis estudios y llegar hasta el final de esta ardua aventura. Tus técnicas y consejos metafóricos no solo me brindaron dirección en este proyecto, sino que también me motivaron a explorar nuevas perspectivas y enfoques.

Quiero expresar mi sincero agradecimiento al Ingeniero Edward Diaz de la empresa laboratorios Rocnarf, quien se convirtió en mi mentor, amigo y consejero a lo largo de estos meses. Tu guía experta y tu dedicación para desarrollar e implementar este proyecto en tu empresa han sido invaluables para mi crecimiento profesional y personal.

A mi querido Lyton Chávez, a quien debo noches de desvelo y valiosos momentos compartidos. Tu aliento constante y tu apoyo inquebrantable fueron mi salvavidas en los momentos de duda y fatiga. Tus ocurrencias lograron arrancarme sonrisas en medio de la fatiga, y tu fe en mí me impulsó a culminar este proyecto con éxito.

Un agradecimiento especial a mis queridos hermanos, Katherine, Alejandro y Ramsés. La presencia de cada uno de ustedes y aliento fueron un constante recordatorio de la importancia de avanzar en este camino. Cada uno de ustedes me ha inspirado a esforzarme y perseverar, y por eso les dedico los frutos de este esfuerzo.

Este proyecto lleva impregnado el amor, el apoyo y la dedicación de todas estas personas excepcionales. Sin su influencia positiva y aliento constante, este logro no habría sido posible. Con profunda gratitud, les dedico este proyecto como testimonio de su impacto en mi vida y en mi trayectoria hacia el éxito.

María José Minga Mero

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento en primer lugar a Dios por otorgarnos salud y vida. A nuestros seres queridos, padres y hermanos, por ser el pilar fundamental en nuestra existencia. Les agradecemos por su paciencia, motivación, comprensión y, sobre todo, por el amor y el respaldo que nos han brindado.

Extendemos nuestro reconocimiento a los educadores que nos han acompañado a lo largo de nuestro recorrido académico, compartiendo sus conocimientos y guiándonos con dedicación y esfuerzo. En particular, deseamos expresar nuestro agradecimiento al Ingeniero Nino Vega, nuestro tutor, por su contribución invaluable a nuestro equipo. Apreciamos su instrucción, apoyo constante y disposición para compartir su sabiduría cuando más lo necesitábamos.

Por último, queremos manifestar nuestra profunda gratitud a todas las personas que desempeñaron un papel fundamental en el desarrollo de este proyecto: amigos, conocidos y profesores. Agradecemos sinceramente su colaboración, consejos y la generosidad al compartir su experiencia con nosotros.

Jordy Ismael Franco Moreno
María José Minga Mero

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se realizó con la implementación de un centro de monitoreo en la empresa Laboratorios ROCNARF, donde se fabrican diferentes fármacos en forma de líquidos, sólidos, orales, óvulos y ungüentos. Los técnicos enfrentan desafíos cuando surgen problemas con los equipos, especialmente con las bombas, el caldero, el compresor de aire y el chiller. Estas situaciones pueden resultar en la interrupción de la producción durante varios minutos, lo que aumenta el riesgo en la actividad de manufactura de medicamentos y expone a los técnicos a peligros laborales al interactuar directamente con las máquinas. Para abordar esto, se utilizaron equipos electrónicos como el PLC Logo v8, sensores, relés, pulsadores, etc.

El enfoque para el desarrollo de este proyecto se da a través de un sistema de monitoreo para conocer el encendido y apagado de las bombas de agua, los valores de temperatura del tanque de agua y la presión tanto para el compresor como para el caldero. La información recopilada se visualiza en una pantalla ubicada en el área de producción, lo que permite una supervisión constante. Además, se implementó un servidor web que posibilita el acceso remoto desde cualquier dispositivo conectado a la red Ethernet, proporcionando flexibilidad y accesibilidad a la información de monitoreo. Esto ha resultado en la mejora de las condiciones de la planta de producción y el área de mantenimiento, ya que se dispone de toda la información necesaria sobre el estado actual del sistema de producción, lo que permite determinar cuándo realizar un mantenimiento preventivo o correctivo, así como identificar el fallo respectivo en el sistema de producción.

Palabras clave

Centro de monitoreo, Fármacos, Temperatura , Presión

ABSTRACT

The present thesis work was carried out through the implementation of a monitoring center at the ROCNARF Laboratories company, where various pharmaceuticals in the form of liquids, solids, oral medications, ovules, and ointments are manufactured. Technicians face challenges when issues arise with the equipment, particularly with the pumps, boiler, air compressor, and chiller. These situations can lead to production interruptions for several minutes, increasing the risk in pharmaceutical manufacturing activity and exposing technicians to occupational hazards by directly interacting with the machines. To address this, electronic equipment such as the PLC Logo v8, sensors, relays, push buttons, etc., were utilized.

The approach for developing this project involves a monitoring system to track the on/off status of water pumps, temperature values of the water tank, and pressure readings for both the compressor and boiler. The collected information is displayed on a screen located in the production area, enabling constant supervision. Additionally, a web server was implemented to allow remote access from any device connected to the Ethernet network, providing flexibility and accessibility to the monitoring information. This has resulted in improving the conditions of the production plant and maintenance area, as all necessary information regarding the current state of the production system is available, facilitating the determination of when to perform preventive or corrective maintenance and identifying respective faults in the production system.

keywords

Monitoring center, Drugs, Temperature, Pressure

ÍNDICE

I. Introducción 15

II. Planteamiento del problema 16

III. Justificación 17

IV. Objetivos 18
IV-A. Objetivo general . . . 18
IV-B. Objetivos específicos . . . 18

V. Marco Teórico 19
V-A. Calderos Industriales . . . 19
V-B. Funcionamiento del caldero . . . 19
V-C. Tipos de calderas industriales . . . 19
V-C1. Caldero acuatubulares . . . 19
V-C2. Caldero pirotubulares . . . 20
V-D. Consumo diario del caldero a diésel . . . 21
V-E. Información del caldero marca XINXIANG XINDA . . . 22
V-F. Partes generales del caldero industrial . . . 23
V-F1. Bomba de agua . . . 23
V-F2. Bomba de dosificara de químicos . . . 23
V-F3. Ablandador de agua . . . 24
V-G. Combustión . . . 24
V-G1. Bomba de transferencia de diesel . . . 24
V-H. Equipo de enfriado . . . 25
V-H1. Chiller . . . 25
V-H2. Tipos de chiller . . . 25
V-I. Compresor de aire . . . 25
V-J. Componentes electrónicos y eléctricos . . . 25
V-J1. Sensor de temperatura . . . 25
V-J2. Relé . . . 26
V-J3. Resistencias . . . 26
V-J4. Cable UTP Cat6 . . . 27
V-J5. Sensor de presión . . . 27
V-J6. Tablero de control . . . 28
V-J7. Monitor . . . 28
V-J8. Elementos de accionamiento manual . . . 29
V-J9. Breaker . . . 29
V-J10. Fuente de alimentacion conmutada . . . 29
V-K. Diagrama de conexión de tuberias del chiller . . . 30
V-L. Diagrama de conexión de tuberías del caldero . . . 31
V-M. Automatización . . . 32
V-M1. Logo Soft Comfort . . . 32
V-M2. Lenguaje de programación. . . . 32
V-M3. PLC Logo . . . 33
V-N. Protocolo de comunicación . . . 33

VI. Metodología 34
VI-A. Diagrama de flujo del proyecto . . . 34
VI-B. Estado inicial de la planta . . . 35
VI-C. Diseño circuito eléctrico . . . 38
VI-C1. Diagrama eléctrico en 3D . . . 38
VI-C2. Diagrama eléctrico en 2D . . . 39
VI-D. Diseño del Software de control . . . 40
VI-D1. Etapa uno . . . 40
VI-D2. Etapa dos . . . 45
VI-E. Diseño del HMI . . . 46
VI-E1. Etapa uno . . . 46
VI-E2. Etapa final . . . 48
VI-F. Diseño del tablero de control . . . 54
VI-G. Diseño del sistema de adquisición de datos . . . 56
VI-G1. Cálculos para la interpretación de los datos medidos por el Sensor PT100 . . . 56
VI-G2. Cálculos para la interpretación de los datos medidos por el Sensor de presión caldero y compresor de aire . . . 58
VI-G3. Cálculo de caida de tensión de sensores . . . 59
VI-G4. Caida de tensión Sensor de temperatura reservorio 2 . . . 60
VI-G5. Caida de tensión Sensor de Presión compresor . . . 60
VI-G6. Caida de tensión Sensor de Presión Caldero . . . 60

VII. Implementación 61
VII-A. Implementación del circuito eléctrico . . . 61
VII-B. Implementación del software de control . . . 64
VII-C. Implementación del tablero de control . . . 66

VIII. Pruebas de funcionamiento 70
VIII-A. Prueba de funcionamiento prototipo del proyecto . . . 70
VIII-B. Prueba de funcionamiento del tablero de control . . . 70
VIII-C. Prueba de funcionamiento del web server . . . 71

IX. Resultados 72
IX-A. Resultados del tablero de control . . . 72
IX-B. Resultados del web server . . . 72
IX-C. Registro de los datos censados en excel . . . 75
IX-D. Visita del tutor a la empresa ROCNARF . . . 76

X. Conclusiones 78

XI. Recomendaciones 79

XII. Anexos 80
XII-A. Anexo 1 . . . 80
XII-A1. Cálculos de consumo de vapor . . . 80

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Caldero. . . . 19
2. Partes de un caldero acuotubular. . . . 20
3. Partes de un caldero pirotubular. . . . 20
4. Bomba dosificadora química 22
5. Bomba de agua. . . . 23
6. Bomba dosificadora química 23
7. Ablandador de agua. . . . 24
8. Bomba de diesel. . . . 24
9. Chiller. . . . 25
10. Sensor de temperatura. . . . 25
11. Relé. . . . 26
12. Resistencias. . . . 26
13. Cable UTP Cat6. . . . 27
14. Sensor de presión. . . . 27
15. Tablero de control. . . . 28
16. Monitor. . . . 28
17. Botones industriales. . . . 29
18. Breaker. . . . 29
19. Fuente conmutada. . . . 30
20. Diagrama de tuberías del chiller. . . . 30
21. Diagrama de tuberías del caldero. . . . 31
22. Logo Soft Comfort. . . . 32
23. Diagramas de bloque. . . . 32
24. PLC Logo. . . . 33
25. Pirámide tecnológico. . . . 33
26. Diagrama de flujo 34
27. Tablero de control manual de las bombas de agua 35
28. Estado inicial de las bombas de agua 36
29. Chiller 36
30. Reservorio de agua 2 37
31. Caldero con manómetro 37
32. Diseño eléctrico final en 3D. . . . 38
33. Diseño eléçtrico final en 2D 39
34. Diagrama de flujo del funcionamiento del software 40
35. Bloque de encedido y apagado por emergencia. . . . 41
36. Selectores y aviso de emergencia 1. . . . 42
37. Selectores y aviso de emergencia 2. . . . 43
38. Señales analógicas. . . . 44
39. Configuración de entradas y salidas. . . . 44
40. Configuración de interfaz. . . . 45
41. Diseño mejorado en logosoft. . . . 46
42. Interfaz del CCM. . . . 47
43. Interfaz del CCM caldero. . . . 47
44. descripción del logo en la página Web. . . . 48
45. Especifícaciones de las variables. . . . 48
46. Interfaz general. . . . 49
47. Chiller en el Web server 49
48. Bombas en el Web server 50
49. Temperatura de reservorio 2 51

50. Estado y botones de control para el funcionamiento de la planta . . . 52
51. Presión del caldero . . . 53
52. Presión del compresor de aire . . . 54
53. Diseño del tablero de control . . . 55
54. Gráfica de los valores voltaje/temperatura del sensor Pt100 . . . 58
55. Gráfica de los valores voltaje/presión del sensor de caldero y compresor de aire . . . 59
56. Implementación del circuito eléctrico basado en el diagrama eléctrico . . . 61
57. Implementación de cableado de la fuente de alimentacion y logo v8. . . . 61
58. Instalación de sensor de temperatura del tanque . . . 62
59. Instalación de sensor de presión caldero . . . 62
60. Instalación de sensor de presión del compresor de aire . . . 63
61. Cableado de los sensores del sistema CCM . . . 63
62. Instrucción atirmética. . . . 64
63. Diseño final de la programación. . . . 65
64. Construcción del panel eléctrico . . . 66
65. Construcción del panel eléctrico . . . 67
66. Adecuación de la base-soporte del panel. . . . 67
67. Conexión de entradas y salidas . . . 68
68. Instalación de extractor de aire . . . 68
69. Tablero de control completo . . . 69
70. Prueba de funcionamiento activación de las bombas . . . 70
71. Prueba de funcionamiento de Tablero de Control . . . 71
72. Prueba de la interfaz general. . . . 71
73. Tablero de control y eléctrico . . . 72
74. Resultados registrados en el web server . . . 73
75. Variación de la presión del caldero . . . 73
76. Resultado de la presión del caldero . . . 74
77. Resultado de la presión del compresor de aire . . . 75
78. Registro de datos en excel . . . 76
79. Revisión del funcionamiento del web server . . . 76
80. Recorrido por la planta de producción . . . 77

ÍNDICE DE CUADROS

I. Consumo diario diésel. 21
II. Consumo diario entre un caldero eléctrico junto a un caldero a diésel. 21
III. Componentes y parte del caldero. 22

I. Introducción

En el contexto actual de la industria, la mejora constante de los procesos es de vital importancia para asegurar la eficiencia, seguridad y viabilidad económica. En este sentido, los sistemas de calefacción, refrigeración y bombeo juegan un rol fundamental al sostener diversas operaciones industriales. La supervisión y control efectivos de estos sistemas no solo garantizan un rendimiento óptimo, sino que también contribuyen de manera destacada en la reducción de costos operativos y el cumplimiento de normativas ambientales.

Esta tesis se enfoca en analizar, diseñar e implementar un Centro de Monitoreo que aborda específicamente las áreas de Calderas, Bombas y Chillers. El objetivo principal es explorar cómo esta solución tecnológica puede transformar la administración de equipos críticos en entornos industriales. Más allá de ofrecer una visión en tiempo real de la operación de estos sistemas, el centro de monitoreo integra avanzadas capacidades de análisis de datos y toma de decisiones [18] .

A lo largo de esta investigación, se abordarán los siguientes aspectos esenciales:
Optimización de Recursos Energéticos: Se analizará en profundidad cómo el centro de monitoreo puede identificar pautas de consumo energético y posibilitar ajustes precisos para minimizar el despilfarro de recursos. Esto no solo tiene implicancias económicas favorables, sino que también contribuye al cuidado del entorno al reducir la emisión de gases de efecto invernadero [2] .

Predictibilidad en el Mantenimiento: Se examinará cómo la recopilación y análisis constante de datos pueden prever potenciales fallas en los equipos antes de que se manifiesten. Este enfoque se traduce en la reducción significativa de los períodos de inactividad no planificada y la optimización de los ciclos de mantenimiento preventivo.

Decisión Informada: Se investigará cómo el Centro de Monitoreo puede suministrar a los operadores y líderes información detallada y en tiempo real. Esto facilita respuestas más ágiles ante situaciones críticas y la planificación estratégica basada en datos concretos.

Promoción de la Seguridad Operativa: Se analizará cómo la supervisión constante puede identificar anomalías y condiciones de riesgo potencial, asegurando la protección de los trabajadores y la continuidad de los procesos industriales.

Mediante un análisis exhaustivo de estas áreas, el propósito de esta tesis es demostrar el valor sustancial que un Centro de Monitoreo de Calderas, Bombas y Chillers puede aportar en la gestión eficaz de las instalaciones industriales. Este estudio busca contribuir al progreso de las prácticas de operación industrial, fomentando la optimización, la sostenibilidad y la rentabilidad en el marco de un ámbito empresarial en constante desarrollo.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el norte de la ciudad de Guayaquil se encuentra ubicado en el kilómetro 5.5 vía Daule la empresa Laboratorios ROCNARF, cuenta con dos tipos de producción como BETALÁCTAMICOS Y NO BETALÁCTAMICOS, en el cual se pueden encontrar áreas en donde se realice la manufactura de medicamentos en forma de líquidos, sólidos orales, óvulos, ungüentos, etc. Para la elaboración de los diferentes fármacos, juega un papel importante el uso de equipo críticos como caldero, chiller, bombas, comprensores y otros.
Actualmente la empresa laboratorios ROCNARF se encuentra en constante innovación para brindar un excelente medicamento a los ecuatorianos.

Sin embargo, en la actualidad los técnicos interactuan de manera directa con el caldero y chiller cuando se presenta algún tipo de incoveniente con los equipos relacionados a los mismos, se tiende a parar por varios minutos la producción de fármacos provocando riesgos en la actividad de manufactura de medicamentos. A su vez la interacción directa con el técnico - máquina poniéndose a disposición los peligros laborales. Cuando se presenta alguna anomalía en el caldero y chiller, este activa una alarma parando su funcionamiento. Sin embargo, la empresa laboratorios ROCNARF carece de un sistema CCM (centro de control de máquina) evitando así el análisis de manera remota de la visualización en un web server del correcto funcionamiento del caldero, chiller, bombas, sensores y actuadores. Este sistema ayuda al constante análisis y estudio del correcto funcionamiento del caldero y chiller a distancia, es por esto que es de mucha importancia contar con un sistema de control de máquinas dado que ayuda a disminuir la necesidad de monitoreo presencial por parte de los técnicos para realizar ajustes optimizando los recursos.

III. JUSTIFICACIÓN

En esta sección, se indicará los beneficios de la implementación del sistema CCM (Centro de Control de Máquinas) ya que al ser un sistema automatizado es una práctica que relaciona la electrónica, mecánica y el computarizado con la finalidad de crear un monitoreo factible, es por ello que la empresa laboratorios ROCNARF consta con su actual sistema de funcionamiento del caldero, chiller y bombas, sin embargo al incluir este proyecto se logrará un monitoreo que permita agilizar el mantenimiento correctivo de los equipos involucrados, observando en el Web Server de donde proviene la falla técnica.

Lo importante de implementar un sistema CCM (Centro de Control de Máquinas) es lograr minimizar el tiempo de paralización en la producción de fármacos, a su vez también se reduce el desperdicio de agua y combustible en porcentaje notorio. Adicionalmente, [8] indica que implementar sistemas de monitoreo se obtendrá un menor costo y mejorará la eficiencia en la producción.

Para este CCM es importante recalcar que se evitará la interacción directa del técnico especializado al equipo, ya que al ser un equipo crítico de algo riesgo es posible que exista algún tipo de riesgo laboral involucrando la salud del personal técnico.

Sin embargo, para el correcto monitoreo y control de la relación aire y combustible conlleva a obtener excelentes resultados con respecto al consumo del gas oil, lo cual permite tener un mejor performance del caldero, reduciendo costos donde se deberá tener en cuenta que mejorará aún más la eficiencia energética del caldero. Esto permite ahorrar en combustible y mantener el buen estado interno del caldero al tener un monitoreo y control constante de la presión que permitirá mejorar la relación de mezcla de la combustión para hacer más eficiente este sistema [14].

IV. OBJETIVOS

IV-A. Objetivo general

- Implementar un CCM (Centro Control de máquinas) para el monitoreo de condiciones en equipos críticos del caldero con tecnología programable.

IV-B. Objetivos específicos

- Identificar los parámetros de supervisión a través de un CCM para monitoreo de áreas específicas.
- Desarrollar un sistema de monitoreo automatizado para laboratorios ROCNARF utilizando softwares programables.
- Implementar un sistema de automatización utilizando los parámetros obtenidos mediante simulaciones.
- Verificar la funcionalidad del sistema en base a los parámetros obtenidos.

V. Marco Teórico

V-A. *Calderos Industriales*

Los calderos industriales, como se muestra en la Figura 1, también llamados generadores de calor, tienen como objetivo principal quemar combustible y calentar agua para producir vapor. Este vapor es conducido a través de tuberías, convirtiendo al caldero en un equipo fundamental en la industria. Es decir, mientras el agua se evapora, el caldero es capaz de generar una cantidad considerable de vapor.

Las partes fundamentales del caldero son:

1. Quemador.
2. Hogar.
3. Circuito de humos.
4. Caja de humos.
5. Chimenea.
6. Salida de agua.
7. Circuito de agua.
8. Cámara de vapor.
9. Salida de vapor.

Figura 1. Caldero.

V-B. *Funcionamiento del caldero*

Su funcionamiento consta con una bomba de transferencia de diésel, bomba de agua, bomba de dosificación química, ablandador y bomba condensada. Este caldero inicia su actividad mediante el llenado de alimentación del diésel de manera inmediata. La llama, generada por la combustión, calienta y recorre las paredes de acero del caldero, convirtiendo el agua en vapor [13].

V-C. *Tipos de calderas industriales*

V-C1. Caldero acuatubulares: Los calderos de tipo acuotubulares ejecutan su función de tal manera que sirven como transporte del fluido a través de los tubos, al mismo tiempo que se produce el calentamiento. Cuando se realiza la transferencia del vapor, los gases se desplazan por el exterior del caldero. Adicionalmente, este tipo de calderos superan el límite de potencia y presión en comparación con los calderos pirotubulares, ya que pueden alcanzar una presión de hasta 350 bar con una temperatura de hasta 600°C [6]. En la Figura 2 se muestran las

partes de un caldero acuotubular.

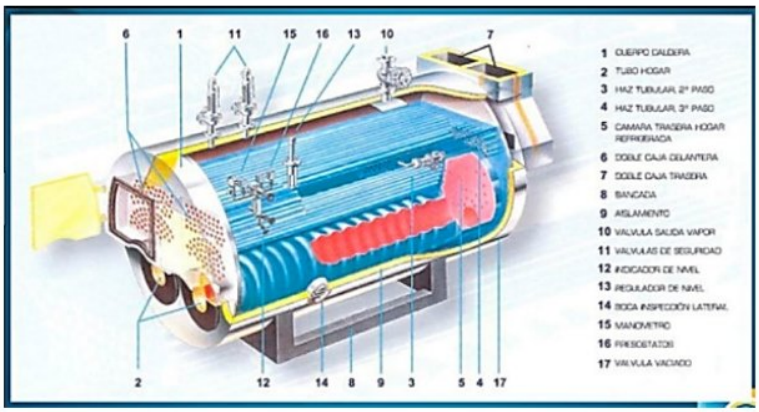

Figura 2. Partes de un caldero acuotubular.

V-C2. Caldero pirotubulares: Los calderos de tipo pirotubulares ejercen su función llevando el humo que es provocado por la combustión a circular por la parte interna de los tubos entre tanto que el agua circula por el exterior. Este tipo de calderos utilizan únicamente presiones de hasta 30 bares, y una temperatura máxima de hasta 300°C. [12]. En la siguiente Figura 3 se muestra las partes de un caldero pirotubular, tomando en cuenta su diseño y partes se puede considerar que las partes fundamentales del funcionamiento son similares a un caldero acuotubular, sin embargo las características para su función la hace diferentes entre sí.

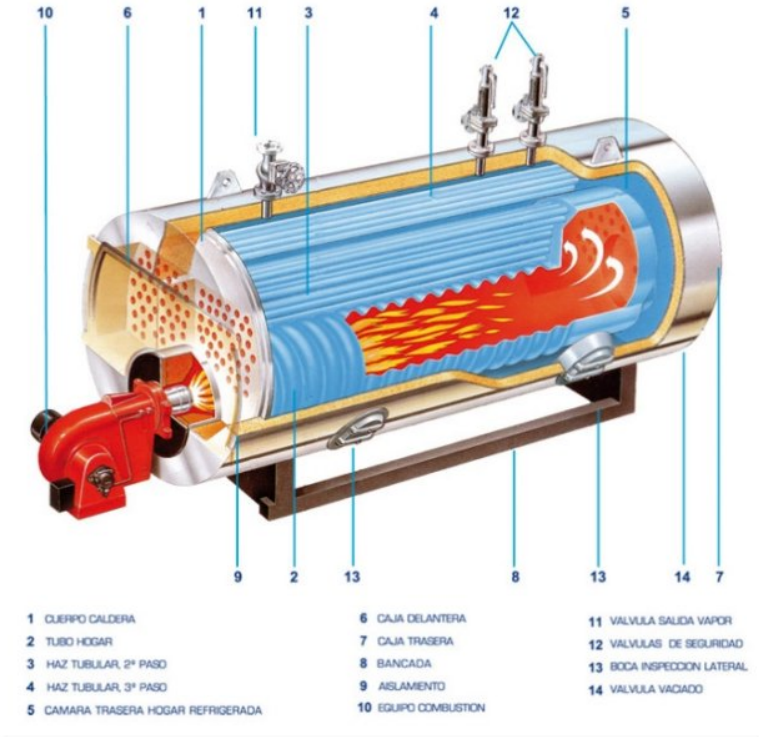

Figura 3. Partes de un caldero pirotubular.

V-D. Consumo diario del caldero a diésel

El consumo diario de diésel y energía eléctrica en Laboratorios Rocnarf fue analizado para determinar el gasto que representa cada uno de estos recursos. Los resultados del análisis se muestran en la siguiente tabla I.

CONSUMO DE CALDERO DISEL POTENCIA :25BHP consumo neto del equipo en trabajo constante 8 horas =7,84 gph galones x hora .				
CONSUMO EN BASE A PRODUCCION ROCNRF	CONSUMO DE GALONES EN BASE A HORAS DE TRABAJO DE PRODUCCION	$ COSTO DEL GALON DE DISEL	HORAS REQUERIDAS DE VAPOR NETO EN BASE A PRODUCCION(PROMEDIO DEL TRABAJO DE 8 HORAS NO CONTINUAS)	$ COSTO DIARIO DE CONSUMO DE DISEL EN BASE A PRODUCCION
CONSUMO EN PRODUCCION NORMAL EN UN DIA	19	1,038	2,42	19,722
CONSUMO EN PRODUCCION ALTA EN UN DIA	35	1,038	4,46	36,33

Cuadro I
CONSUMO DIARIO DIÉSEL.

En el caso específico de Laboratorios Rocnarf, el costo inicial y el consumo de energía son probablemente las razones principales por las que no usan un caldero eléctrico. El análisis técnico del consumo diario de diésel y energía eléctrica en la empresa muestra que el gasto en diésel representa el 75 % del gasto total en caldero. Esto sugiere que el costo de cambiar a un caldero eléctrico sería significativo, y que el ahorro en el consumo de energía sería limitado como se muestra en la siguiente tabla II.

RESUMEN		COSTO DIARIO	
		CALDERO DISEL	CALDERO ELECTRICO
	CONSUMO EN PRODUCCION NORMAL EN UN DIA	$ 33,25	$ 74,78
	CONSUMO EN PRODUCCION ALTA EN UN DIA	$ 61,25	$ 137,81

Cuadro II
CONSUMO DIARIO ENTRE UN CALDERO ELÉCTRICO JUNTO A UN CALDERO A DIÉSEL.

De acuerdo a la tabla anterior II, se muestra que cambiar el caldero eléctrico a diésel es una alternativa para reducir costos de inversión y así equilibrar los ingresos y egresos económicos ante la producción constante, en la siguiente gráfica se puede visualizar de manera clara y precisa del porque la empresa laboratorios Rocnarf decide implementar un caldero a diésel como se visualiza en la figura 4.

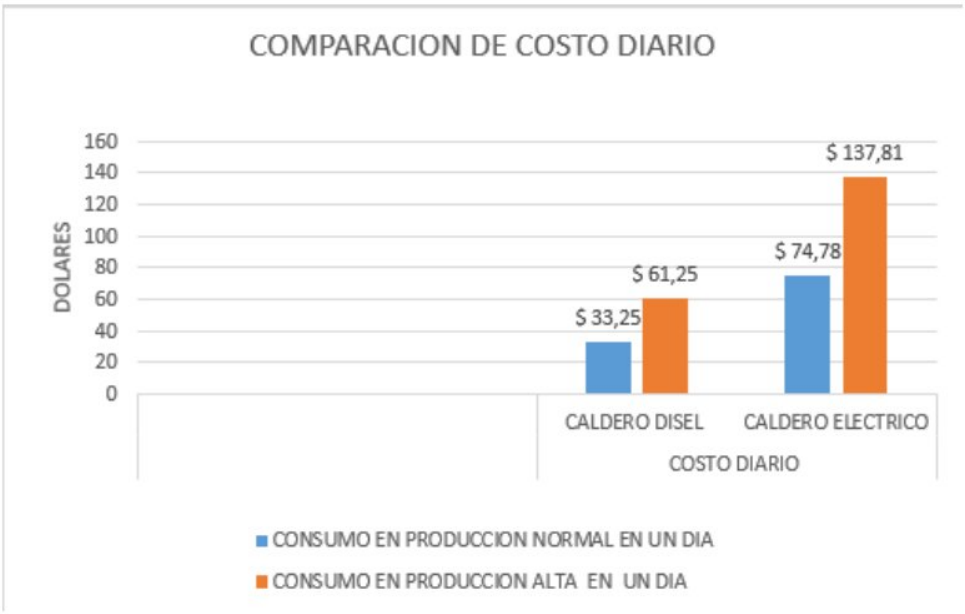

Figura 4. Bomba dosificadora química .

V-E. Información del caldero marca XINXIANG XINDA

Adicionalmente, en el cuadro III se detalla la información del caldero Xinxiang Xinda en su estado actual.

Nº	DESCRIPCIÓN	REQUERIMIENTO	EFECTIVO	DESVIACIONES
1	Modelo	LHS 0.5 - 1 - Y	LHS 0.5 - 1 - Y	N/A
2	Especificaciones	CALDERO	CALDERO	N/A
3	Manual / folleto	SI	SI	N/A
4	Planos	SI	SI	N/A
5	Alambres / Cables	SI	SI	N/A
6	Corriente breaker	SI	SI	N/A
7	Procedimiento de Operación Procedimiento de Mantenimiento Procedimiento de Calibración (o del manual)	SI	SI	N/A
8	Controles de entradas y salidas	SI	SI	N/A
9	Requisitos ambientales	TEMP: 39 º C HUMD: 75 %	TEMP: 29 º C HUMD: 75 %	N/A
10	Equipos o instrumentos de pruebas	SI	SI	N/A
11	Servicios Básicos y Generales	220 V / 50 – 60 HZ	220 V / 50 – 60 HZ	N/A
12	Lista de Repuestos, numero	N/A	N/A	N/A

Cuadro III
COMPONENTES Y PARTE DEL CALDERO.

V-F. Partes generales del caldero industrial

V-F1. Bomba de agua: Este tipo de bombas cuentan con una entrada, que aspira el agua, también esta es impulsada por un motor hacia el tubo de salida transportando agua, como se muestra en la Figura 5 [5].

Figura 5. Bomba de agua.

V-F2. Bomba de dosificara de químicos: La máquina dosificadora de químicos ayuda a la dosificación compleja en áreas menos agresivos son utilizados generalmente en laboratorios, los ajustes de potencia se pueden regular de acuerdo con las necesidades de las bombas dentro de un rango de 10 - 100 por cierto.

Figura 6. Bomba dosificadora química .

V-F3. Ablandador de agua: El funcionamiento del ablandando de agua ayuda a la mejora de calidad para uso industrial, ya que gracias a esta acción se limita la creación de sarro, a su vez funciona como aislante térmico perjudicando el intercambio calórico, como se muestra en la 7. Este funciona mediante resinas interactuando con el iónico de tipo catiónico reemplazando el calcio y magnesio.

Figura 7. Ablandador de agua.

V-G. Combustión

La combustión es una alteración química al combinar combustible con otros oxígenos en forma gaseosa, aislando el calor y a su vez produciendo el óxido, provocando el desprendimiento de energía térmica y energía luminosa.

V-G1. Bomba de transferencia de diesel: Para la transferencia de Diesel de manera rápida y eficaz se utiliza una bomba de transferencia como se observa en la Figura 8, su funcionamiento consta de un switch de on/off junto con una válvula interna garantizando el correcta ejecución de la misma.[9].

Figura 8. Bomba de diesel.

V-H. Equipo de enfriado

V-H1. Chiller: El chiller es un sistema de enfriamiento de agua que enviar el aire a través de una UMA (Unidad Manejadora de Aire) puede enfriar el agua hasta 6°C, como se muestra en la Figura 9 [11].

Figura 9. Chiller.

V-H2. Tipos de chiller: Existen dos tipos de chiller, enfriados por aire y enfriados por agua. Estos sistemas son ideales para lugares con infraestructura y entorno limitados o donde el acceso al agua es limitado. También suelen instalarse al aire libre, ya que requieren acceso al aire ambiente. Los chiller enfriados por agua son generalmente mucho más grandes que los enfriados por aire y su condensador está conectado a una torre de refrigeración para enfriar [15].

V-I. Compresor de aire

El compresor de aire es un componente fundamental en los sistemas de refrigeración, responsable de comprimir el gas o fluido refrigerante. Su función principal es inducir cambios de presión en el gas o fluido refrigerante, facilitando así su desplazamiento a lo largo del circuito frigorífico.

V-J. Componentes electrónicos y eléctricos

V-J1. Sensor de temperatura: Son sensores robustos y baratos muy utilizados en diferentes procesos, Ya que manejan un rango amplio de temperatura, como se muestra en la Figura 10 [20].

Figura 10. Sensor de temperatura.

V-J2. Relé: Los relés electromagnéticos son dispositivos de conmutación electromecánica que proporcionan un monitoreo seguro de los contactos dentro de los circuitos, como se muestra en la Figura 11.

Figura 11. Relé.

V-J3. Resistencias: La resistencia se define como la medida de la oposición al paso de corriente eléctrica dentro de un circuito., como se muestra en la Figura 12.

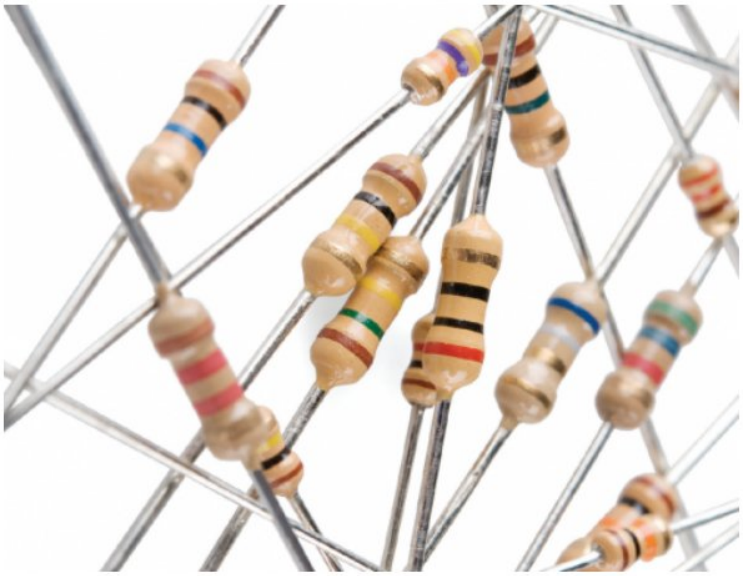

Figura 12. Resistencias.

V-J4. Cable UTP Cat6: El CAT6 es un cable de par trenzado desarrollado para redes Ethernet que cumple con los estándares de los cables CAT5/5e y CAT3. Al igual que el CAT5e, los cables CAT6 pueden soportar conexiones Gigabit Ethernet de hasta 100 metros de longitud. Sin embargo, también permiten la implementación de redes de 10 Gigabits a distancias más cortas., como se muestra en la Figura 13.

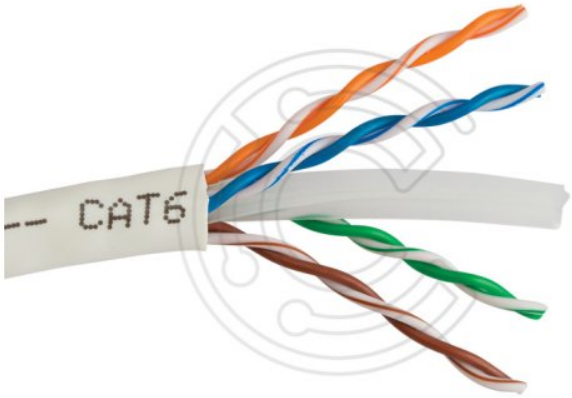

Figura 13. Cable UTP Cat6.

V-J5. Sensor de presión: El detector de presión es el componente encargado de verificar la existencia de una presión real sobre el sensor y otros elementos, transformando esta información en una señal de salida, como se muestra en la Figura 14 [10].

Figura 14. Sensor de presión.

V-J6. Tablero de control: Es un gabinete donde son colocados los dispositivos de conexión, maniobra, protección, control y distribución, permitiendo el correcto funcionamiento del proyecto o proceso, como se muestra en la Figura 15 [7].

Figura 15. Tablero de control.

V-J7. Monitor: Un monitor, también llamado pantalla es el principal dispositivo de salida (interfaz), que muestra datos o información a todos los usuarios como se muestra en la Figura 16 [16].

Figura 16. Monitor.

V-J8. Elementos de accionamiento manual: Su función es transformar las órdenes dadas manualmente convirtiendo en señales eléctricas para abrir y cerrar un circuito de control, como se muestra en la Figura 17 [21].

Figura 17. Botones industriales.

V-J9. Breaker: Es un equipo de seguridad automático usado para cortar el paso de la corriente cuando se cumplen ciertas condiciones, como se muestra en la Figura 18 [4].

Figura 18. Breaker.

V-J10. Fuente de alimentacion conmutada: Es un dispositivo de suministro de energía electrónico que convierte la energía eléctrica de un voltaje a otro de manera eficiente, como se muestra en la Figura 19. [**Fidestec**]

Figura 19. Fuente conmutada.

V-K. Diagrama de conexión de tuberias del chiller

En la Figura 20 se puede analizar la distribución correspondiente de tuberías de vapor, purgas, condesado, agua potable, agua blanda, químicos y combustible colocados en la empresa Laboratorios ROCNARF.

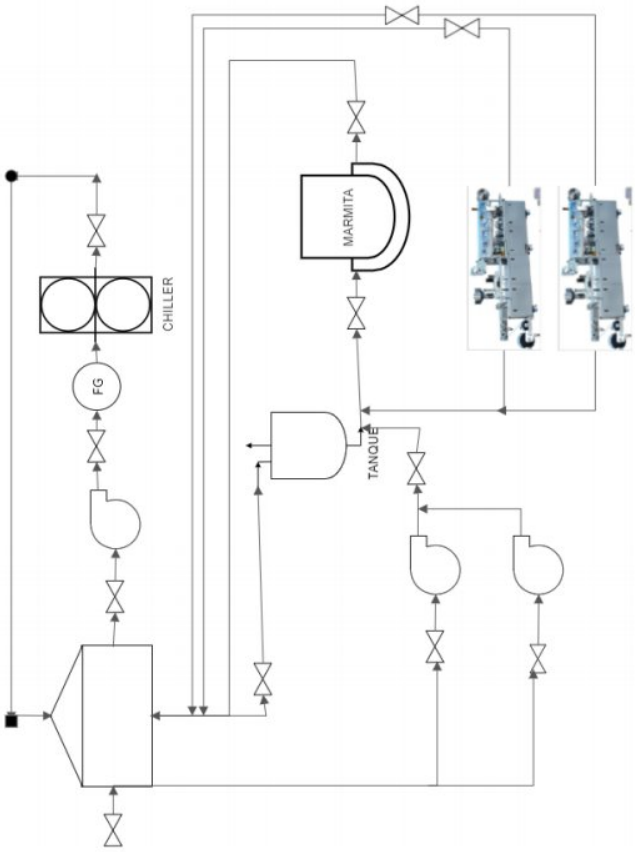

Figura 20. Diagrama de tuberías del chiller.

V-L. Diagrama de conexión de tuberías del caldero

En la Figura 21 Se visualiza el diagrama PID del sistema de caldero en su actualidad. Ya que de acuerdo al Bloc de ingeniería térmica [17] a Estos esquemas contienen símbolos que ayudan a reconocer los elementos de un proceso, como tuberías, válvulas, equipos y más. Estos símbolos se basan comúnmente en la Norma ISA S5.1 de Instrumentación y Automatización de la sociedad.

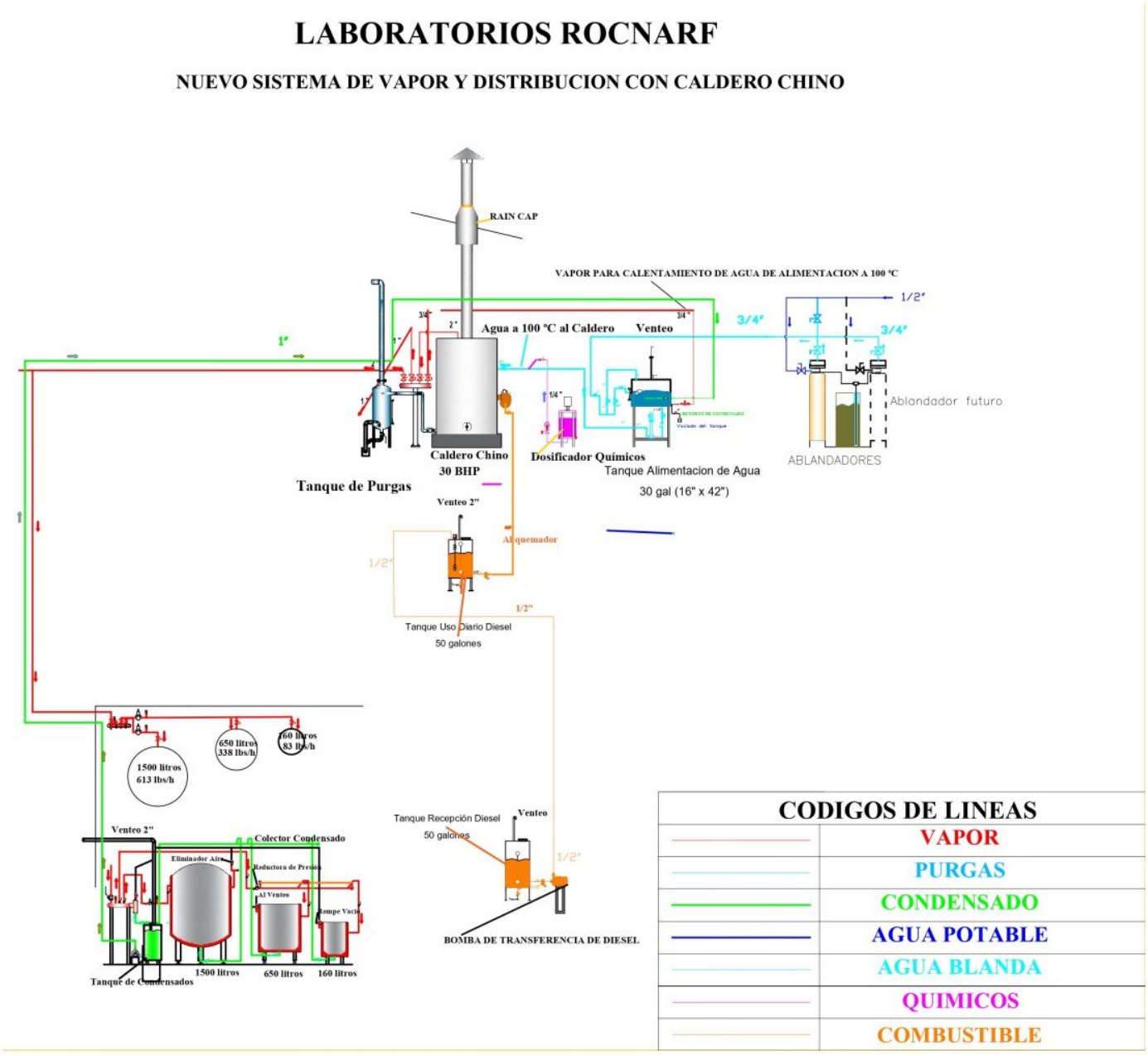

Figura 21. Diagrama de tuberías del caldero.

V-M. Automatización

V-M1. Logo Soft Comfort: Este Software proporciona la programación individual idónea para la realización de trabajos o proyectos de automatización sencillos en la domótica y la industria, como se muestra en la Figura 22 [**SoftC**].

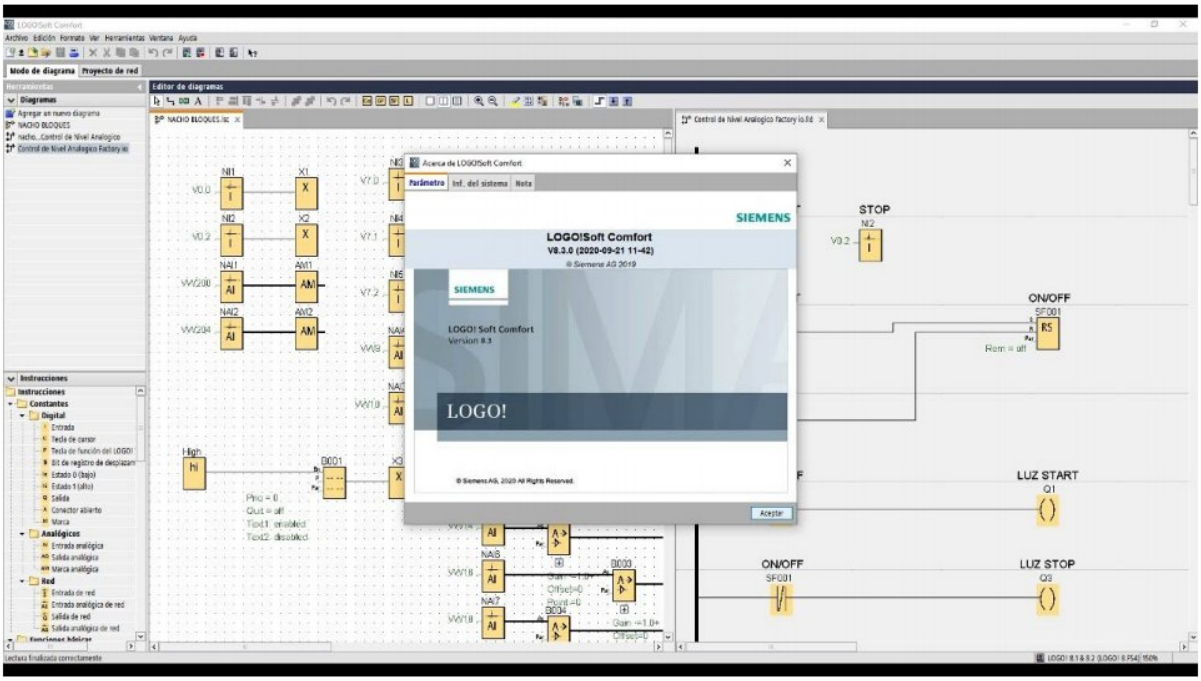

Figura 22. Logo Soft Comfort.

V-M2. Lenguaje de programación.: En el lenguaje de programación se encuentra el lenguaje de diagrama de bloques de funciones, el cual se orienta de forma gráfica y se desarrolla mediante una lista de redes abarcando estructuras gráficas de líneas y cuadros de conexión representando entre si las actividades lógicas o aritméticas. [3].

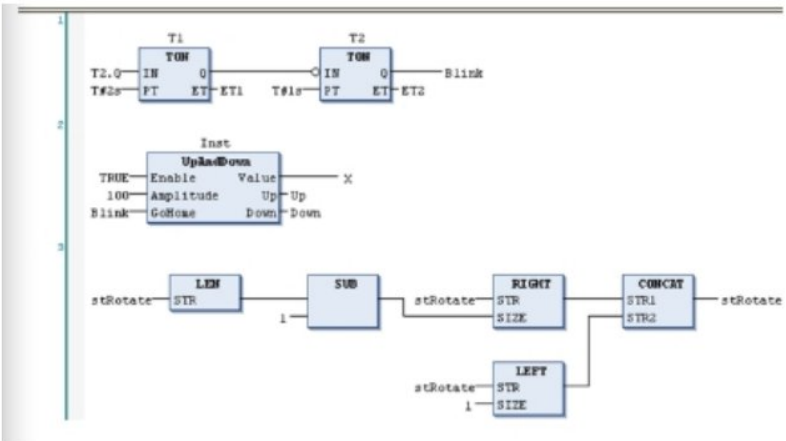

Figura 23. Diagramas de bloque.

V-M3. PLC Logo: Es un dispositivo de programación para ejecutar distintos parámetros o tareas de automatización personalizadas según lo solicitado, más utilizado en la industria, como se muestra en la Figura 24 [19].

Figura 24. PLC Logo.

V-N. Protocolo de comunicación

El protocolo de comunicación es el que permite definir una serie de reglas mediante dos o más entidades que engloban a un sistema de comunicación, este sirve para enviar y recibir información a través de distintas clases de variación de una magnitud física. En este existen varios tipos de protocolos de comunicación. [3].

La integración del avance tecnológico se representa en la Figura 25, se encuentran los 5 niveles tecnológicos aplicables en la industria.

- El nivel I, se relaciona los dispositivos físicos que se encuentran en la industria.
- El nivel II, se ubican los equipos quien controlaría el sistema.
- El nivel III, es la parte donde se acciona el sistema.
- El nivel IV, son los sistemas de gestión integral de la compañía.

Figura 25. Pirámide tecnológico.

VI. METODOLOGÍA

VI-A. Diagrama de flujo del proyecto

En esta sección se presenta un diagrama de flujo (ver figura 26) que detalla de manera visual y estructurada cómo se llevó a cabo el proceso de investigación, implementación y desarrollo de este proyecto. El diagrama proporciona una representación gráfica de las etapas clave como el control de funcionamiento, variables de temperatura y presión. Con estas 3 se obtienen los datos necesarios para el centro de monitoreo para su correcto funcionamiento o en su defecto revisar algún fallo o error del sistema, las interconexiones y las decisiones tomadas a lo largo del proyecto. A través de este recurso visual, se busca ofrecer una comprensión clara y ordenada de la metodología empleada, desde la identificación del problema hasta la obtención de resultados y conclusiones significativas.

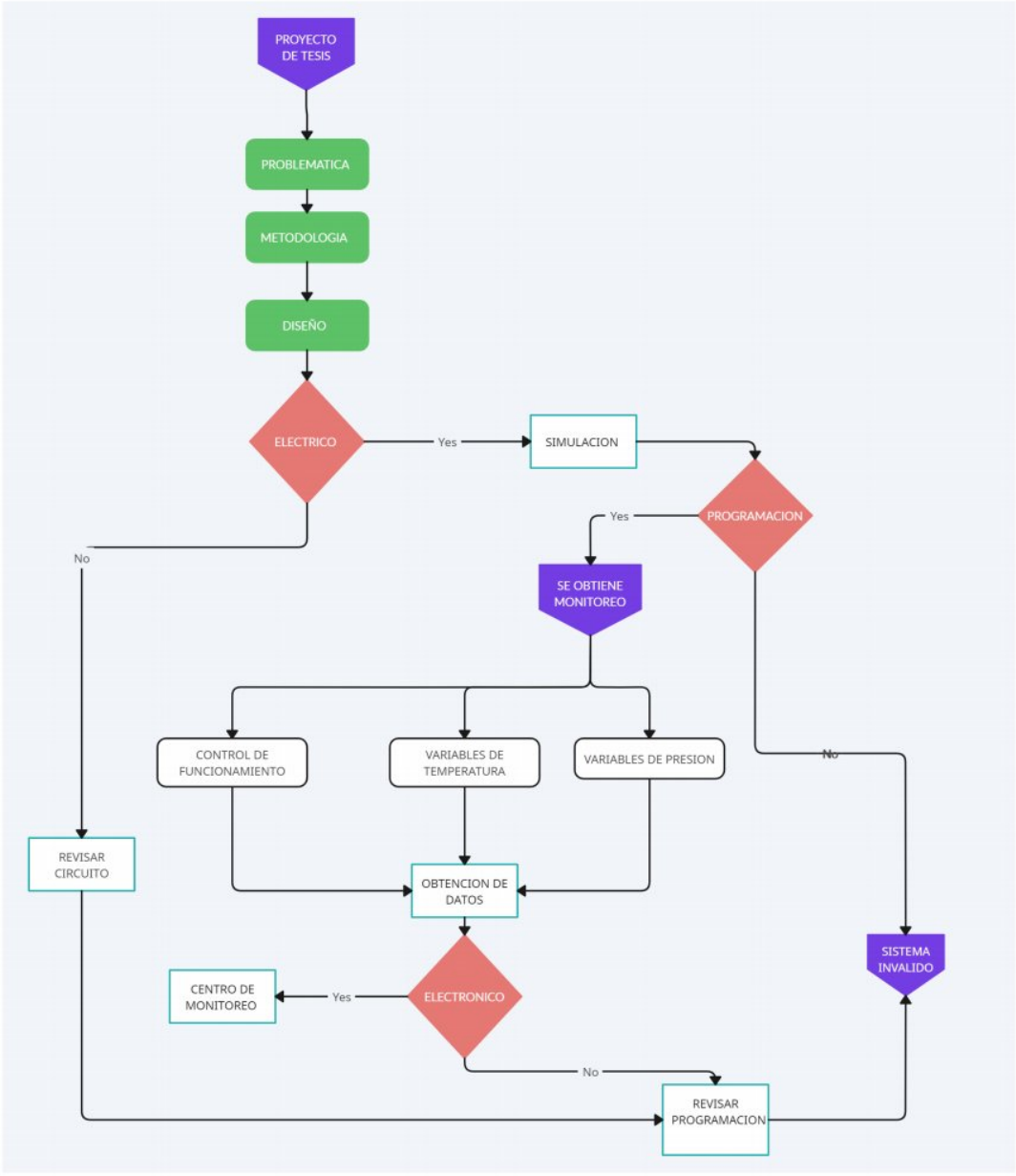

Figura 26. Diagrama de flujo

VI-B. Estado inicial de la planta

En el contexto de la metodología de esta investigación, se procede a examinar minuciosamente el sistema de encendido de las bombas en la empresa Laboratorios Rocnarf. Se constata que, hasta el momento, este proceso se lleva a cabo de manera manual como se muestra en la figura 27, con la intervención directa del operario, y carece de un sistema de monitoreo. Este método operativo presenta desafíos evidentes, ya que implica que los técnicos deban intervenir directamente, exponiéndose a riesgos potenciales durante la ejecución de sus tareas.

Figura 27. Tablero de control manual de las bombas de agua

La metodología se enfoca en una evaluación exhaustiva de este sistema preexistente, documentando la ausencia de monitoreo y la intervención manual, objetivo principal de esta investigación es proponer alternativas que permitan una transición hacia un sistema de encendido más seguro, automático y eficiente de las bombas como se muestra en la figura 28 (bombas de agua con encendido manual).

Figura 28. Estado inicial de las bombas de agua

En el transcurso de esta fase metodológica, se llevarán a cabo análisis de riesgos específicos asociados con la intervención manual de los técnicos en el proceso de encendido de las bombas, ya que estas ayudan a la circulación de agua helada producida por los equipos de la figura 29 denomidados chiller.

Figura 29. Chiller

Este enfoque metodológico se orienta no solo hacia la mejora de la eficiencia operativa, sino también hacia la protección y seguridad de los técnicos, ya que cuando el chiller dejan de funcionar, de manera inmediata altera la temperatura del tanque de agua visualizado en la figura 30, produciendo agua muy caliente, no apta para el proceso de producción de medicamentos involucrados en estas operaciones cruciales en Laboratorios Rocnarf.

Figura 30. Reservorio de agua 2

Dentro del ámbito crítico de las operaciones en Laboratorios Rocnarf, se llevó a cabo una evaluación detallada de las condiciones de presión del caldero como se muestra en la figura 31 y del compresor de aire. Este análisis se realiza mediante manómetros de presión, herramientas convencionales que, si bien cumplen con la función de proporcionar información sobre el estado de este componente esencial que involucra una interacción directa y manual por parte de los técnicos.

Figura 31. Caldero con manómetro

VI-C. Diseño circuito eléctrico

VI-C1. Diagrama eléctrico en 3D: En esta sección como se muestra en la figura 32, se llevó a cabo el diseño eléctrico definitivo de todos los componentes eléctricos y electrónicos que constituyen este proyecto con el objetivo de garantizar su correcto funcionamiento. Este diseño eléctrico final representa una fase crucial en el desarrollo, donde se integran de manera precisa y coordinada todos los elementos eléctricos necesarios para el sistema.

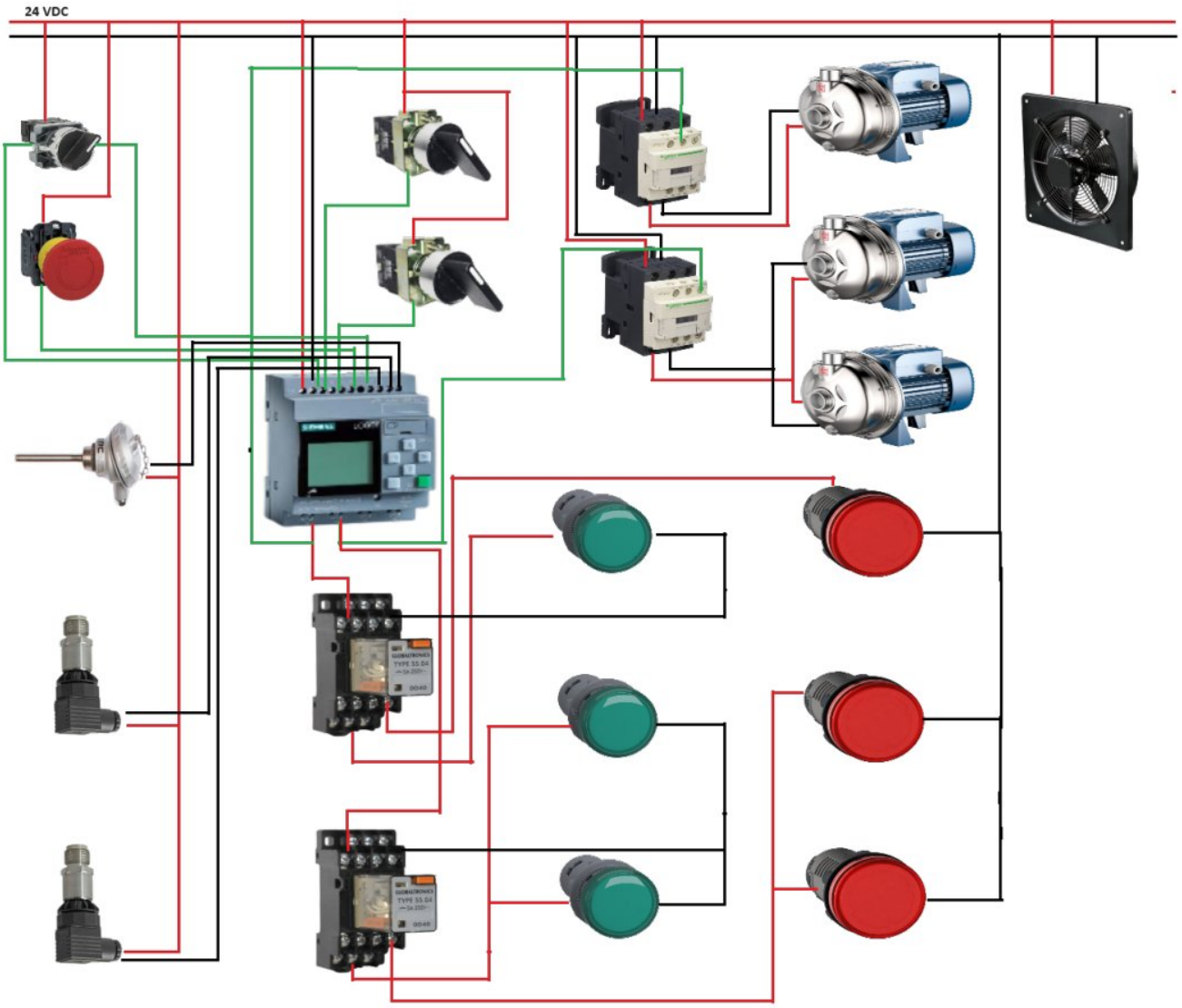

Figura 32. Diseño eléctrico final en 3D.

En términos de entradas, se incorporan dispositivos como pulsadores, selectores y sensores, los cuales servirán como puntos de interacción. En cuanto a las salidas, se incluyen componentes como bombas y luces piloto de luz (LED) indicadores, que reflejan los resultados de diversas operaciones. Además, se contemplan salidas analógicas, que se vincularán con valores establecidos previamente a través de la programación.

VI-C2. Diagrama eléctrico en 2D: El diagrama eléctrico como se muestra en la imagen 33, es una herramienta crucial en la implementación de proyectos como el control de bombas, monitoreo de presión y temperatura. Proporciona una representación visual de la disposición y conexión de los componentes eléctricos, facilitando la planificación, diseño y estandarización del sistema. Además, ayuda en la identificación y resolución de problemas, sirve como documentación técnica y guía eficiente la implementación del sistema. En resumen, el diagrama eléctrico es fundamental para garantizar el éxito y eficiencia de proyectos eléctricos y de automatización.

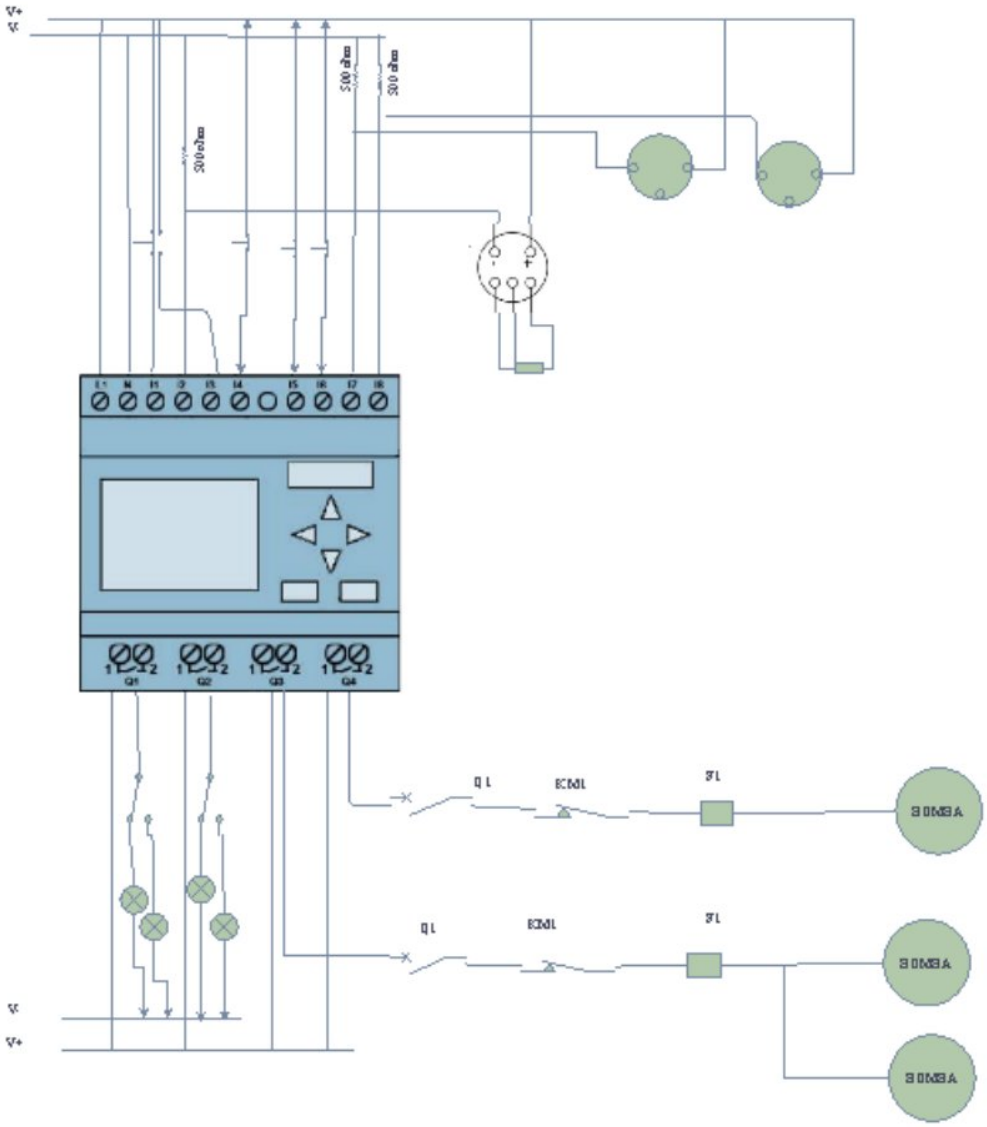

Figura 33. Diseño eléçtrico final en 2D

VI-D. Diseño del Software de control

Como se muestra en la Figura 34, se demuestra el funcionamiento del software realizado, donde contamos con un selector de dos posiciones manual y automático, cada uno de ellos ejecutan una función distinta que deben cumplir, además contamos con un botón de paro de emergencia que corta el ciclo del sistema hasta volver a presionarlo para seguir con el monitoreo. El modo automático tiene un horario de funcionamiento ya establecido.

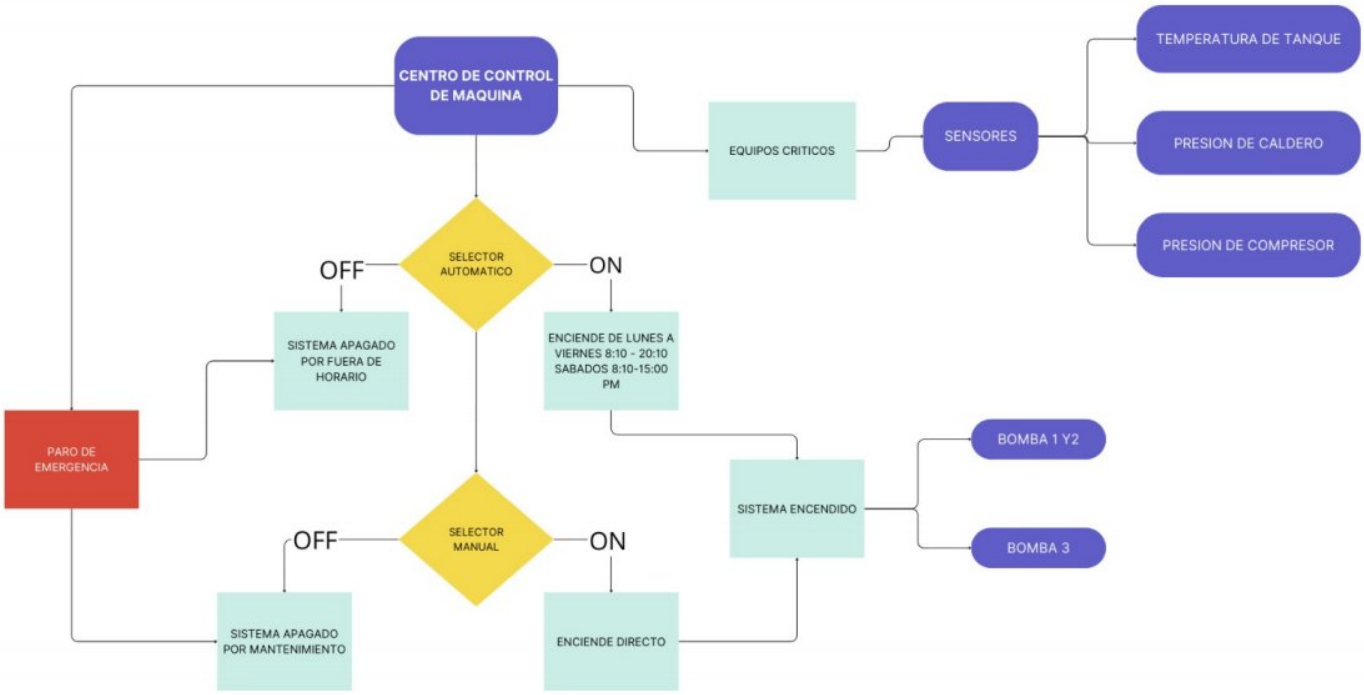

Figura 34. Diagrama de flujo del funcionamiento del software

VI-D1. Etapa uno: La elección de un diseño eléctrico basado en diagramas de bloques, utilizando el software ”Logo Soft Comfort”de Siemens, se sustenta en su capacidad para proporcionar una representación visual clara y modular de sistemas eléctricos en entornos industriales y de automatización. Esta herramienta resulta esencial para agilizar la planificación, el diseño y la implementación de sistemas complejos [1] .

En el contexto de esta elección de diseño, Laboratorios Rocnarf busca una solución específica para el encendido automático de las bombas en horarios determinados. La configuración del temporizador semanal y su conexión con un operador lógico tipo AND, junto con la activación del relé a través del botón ON (I1), permite un control preciso de las bombas según los horarios establecidos, contribuyendo así a la eficiencia operativa del sistema.

El diagrama de bloques utilizado para representar esta solución ofrece una comprensión visual clara y estructurada, facilitando tanto el proceso de diseño como la implementación en el entorno industrial. La Figura 35 proporciona una representación visual de cómo se organiza este sistema en el diagrama de bloques, destacando la interconexión de componentes clave para el funcionamiento automatizado de las bombas.

Para prevenir posibles disfunciones en la operación de las bombas, se ha incorporado un interruptor selector ON/OFF en cada bomba. Este enfoque, además de ofrecer continuidad en el sistema, asegura que, en caso de fallo de una bomba, las demás mantengan su funcionamiento sin interrupción. Así, se evitan posibles inconvenientes y se garantiza la fiabilidad del sistema en su conjunto. En conjunto, estos elementos delinean un diseño integral

que aborda la automatización eficiente y la seguridad operativa en el contexto de Laboratorios Rocnarf.(La Fig. 35 proporciona una representación visual de cómo se organiza este sistema en el diagrama de bloques).

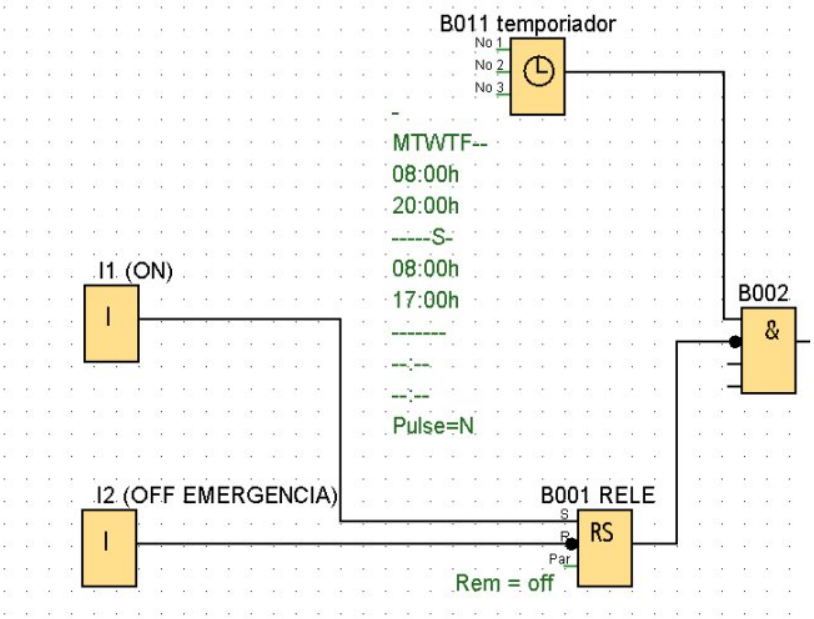

Figura 35. Bloque de encedido y apagado por emergencia.

Con el propósito de prevenir posibles disfunciones en la operación de las bombas, se ha decidido equipar cada bomba con un interruptor selector ON/OFF. Este enfoque tiene como objetivo garantizar la continuidad del sistema, permitiendo que, en caso de fallo de una bomba, las demás mantengan su funcionamiento sin interrupción, evitando la detención de la producción.

Para implementar esta estrategia, se ha determinado la instalación de tres selectores para cada bomba junto con indicadores LED. Estos componentes actúan en conjunto con un operador lógico AND, el cual, al recibir señales de activación desde el operador lógico B002, opera de manera independiente para cada bomba. Esta independencia asegura que, en caso de señales de encendido provenientes del operador lógico B002, las bombas operarán según lo especificado sin depender unas de otras.

Los selectores de ON/OFF desempeñan la función de habilitar el encendido manual individual de cada una de las bombas, cuando la señal de encendido .ºN DIRECTO"(I 6) se encuentra activa. Esta capacidad proporciona a los técnicos la posibilidad de llevar a cabo mantenimientos preventivos o correctivos según sea necesario. Esta funcionalidad tiene un impacto positivo en la producción de medicamentos, ya que, gracias a esta característica, las bombas que se encuentran afectadas puede mantenerse mientras se realizan trabajos de mantenimiento en una unidad específica. Esto asegura que la producción no se vea perjudicada y que la operación pueda continuar sin interrupciones significativas, como se muestra en la Figura 36 .

De manera autónoma, el módulo automatizado llevará a cabo la secuencia predeterminada para el encendido de las bombas según los días programados. Simultáneamente, la inclusión del selector introduce la posibilidad de que el técnico decida el modo de operación deseado, ya sea automático o manual. Esta integración de control permite un alto grado de flexibilidad en el sistema.

Cuando el modo automático está activado, el sistema operará según los parámetros establecidos, garantizando la optimización del tiempo al seguir el cronograma previsto. Por otro lado, cuando el modo manual es seleccionado,

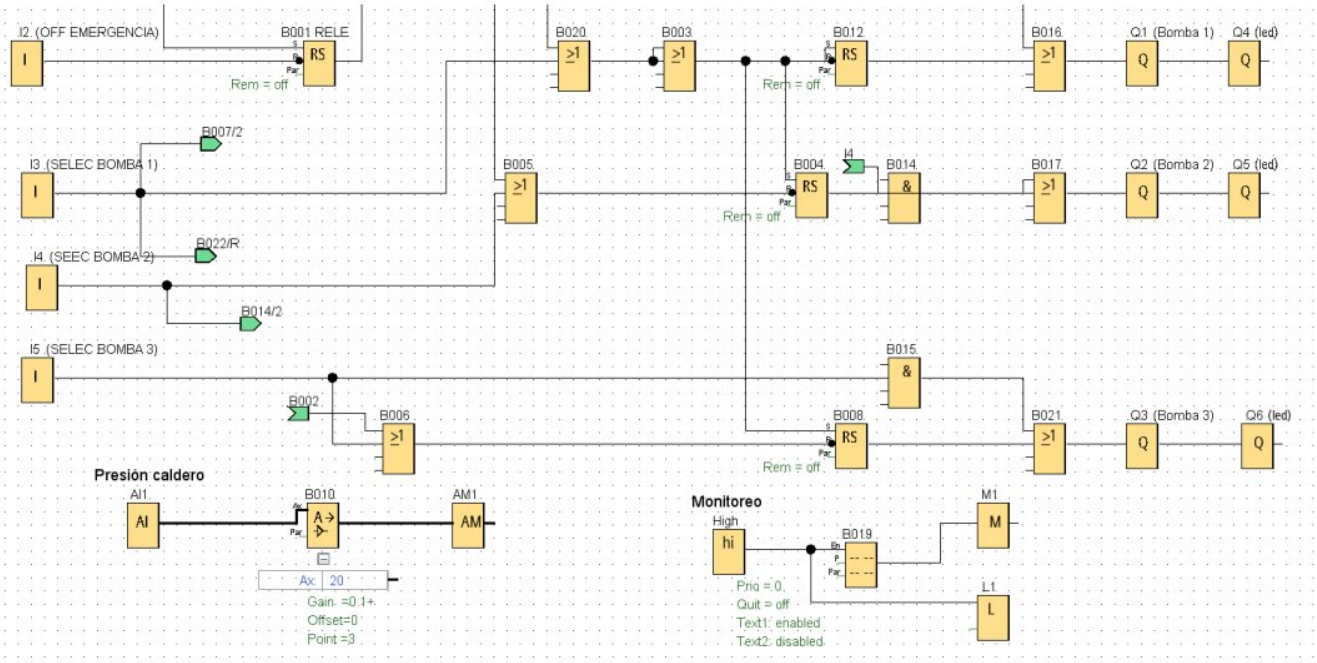

Figura 36. Selectores y aviso de emergencia 1.

el técnico obtiene el control directo sobre el encendido de las bombas. Esta característica es particularmente útil para realizar ajustes, mantenimientos planificados o intervenciones correctivas de manera precisa y eficiente.

A través de esta implementación, se logra una sincronización efectiva entre la funcionalidad automatizada y las intervenciones manuales según las necesidades específicas. La combinación de estos enfoques asegura una utilización eficiente de los recursos y una optimización general del sistema, contribuyendo así a la mejora continua de las operaciones.

Con el objetivo de adquirir información crucial para el sistema, como la presión en el caldero, la temperatura del chiller y la presión de este, se ha ejecutado la integración de entradas analógicas. Estas entradas transforman las magnitudes físicas mencionadas en señales digitales, factibles de ser vigiladas y procesadas en tiempo real. Este enfoque concede la capacidad de un control sumamente exacto, respetando los márgenes definidos para estas variables, tal como se ilustra en la Figura 37 .

De manera autónoma, el módulo automatizado llevará a cabo la secuencia predeterminada para el encendido de las bombas según los días programados. Simultáneamente, la inclusión del selector introduce la posibilidad de que el técnico decida el modo de operación deseado, ya sea automático o manual. Esta integración de control permite un alto grado de flexibilidad en el sistema.

Cuando el modo automático está activado, el sistema operará según los parámetros establecidos, garantizando la optimización del tiempo al seguir el cronograma previsto. Por otro lado, cuando el modo manual es seleccionado, el técnico obtiene el control directo sobre el encendido de las bombas. Esta característica es particularmente útil para realizar ajustes, mantenimientos planificados o intervenciones correctivas de manera precisa y eficiente.

A través de esta implementación, se logra una sincronización efectiva entre la funcionalidad automatizada y las intervenciones manuales según las necesidades específicas. La combinación de estos enfoques asegura una utilización eficiente de los recursos y una optimización general del sistema, contribuyendo así a la mejora continua de las operaciones.

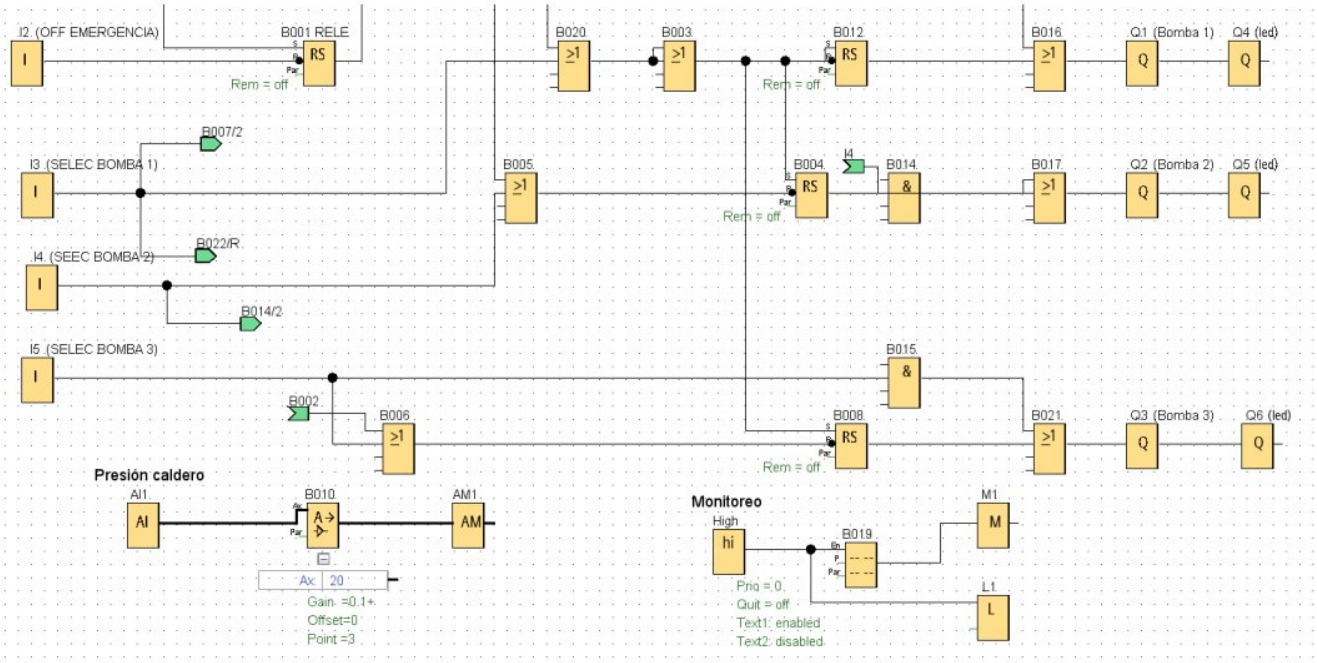

Figura 37. Selectores y aviso de emergencia 2.

Con el objetivo de adquirir información crucial para el sistema, tales como la presión en el caldero, la temperatura del chiller y la presión de este, se ha ejecutado la integración de entradas analógicas. Estas entradas desempeñan la función de transformar las magnitudes físicas mencionadas en señales digitales, factibles de ser vigiladas y procesadas en tiempo real. Este enfoque concede la capacidad de un control sumamente exacto, respetando los márgenes definidos para estas variables, tal como se ilustra en la Figura 38.

El sistema se beneficia de esta estrategia al permitir la captura y el análisis preciso de los valores que resultan esenciales para el funcionamiento óptimo. Mediante la conversión de señales analógicas en información digital, se habilita una supervisión en tiempo real que posibilita una respuesta rápida a cualquier desviación o variación que pueda ocurrir. Esta funcionalidad es crucial para garantizar que los parámetros de presión y temperatura se mantengan dentro de los rangos operativos seguros y eficientes.

La representación visual proporcionada en la Figura 38 complementa esta descripción al presentar cómo las entradas analógicas se integran dentro del sistema general, permitiendo la adquisición y el control efectivos de estos datos críticos para el rendimiento y la seguridad del sistema en su totalidad.

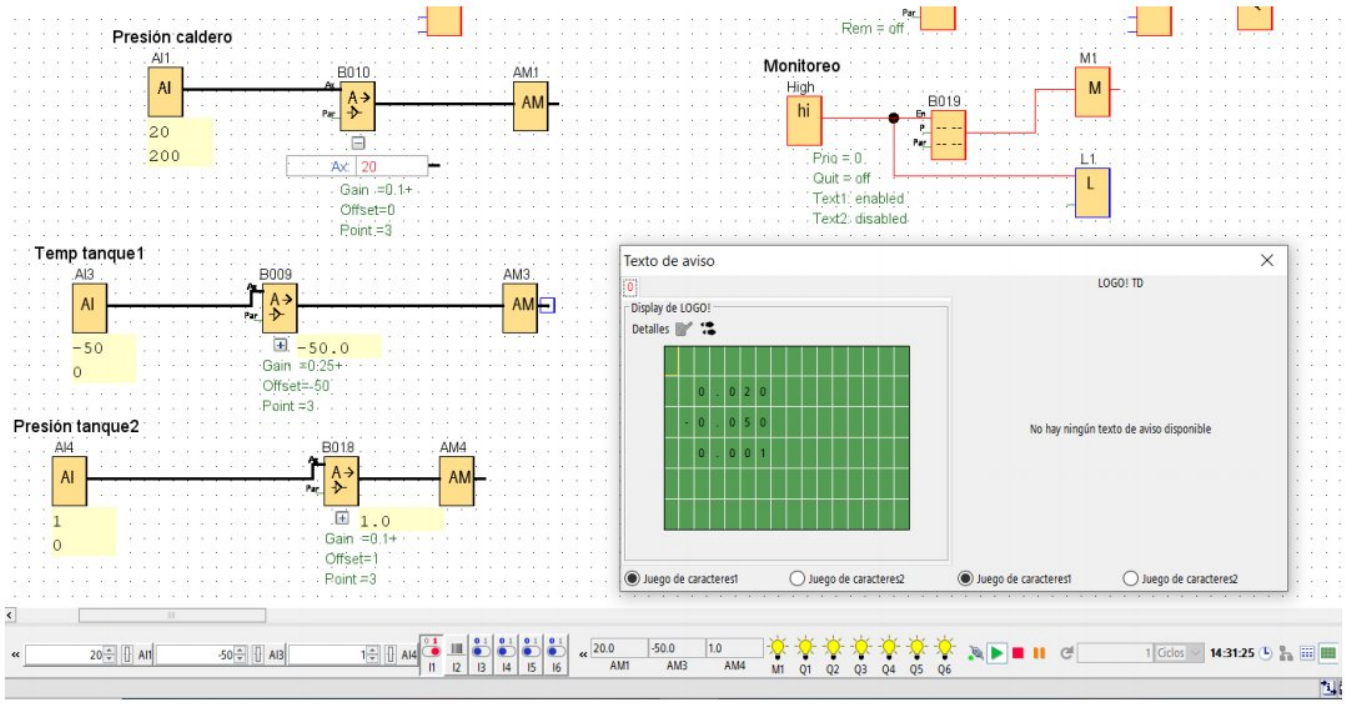

Figura 38. Señales analógicas.

Finalmente, avanzamos hacia la verificación de las entradas y salidas del dispositivo LOGO V8. En este contexto, accedemos a la sección de configuración, posteriormente ingresamos al apartado de nomenclatura de entradas/salidas (E/S). De manera secuencial, asignamos nombres a las variables correspondientes según se visualiza en la interfaz, como se muestra en la Figura 39.

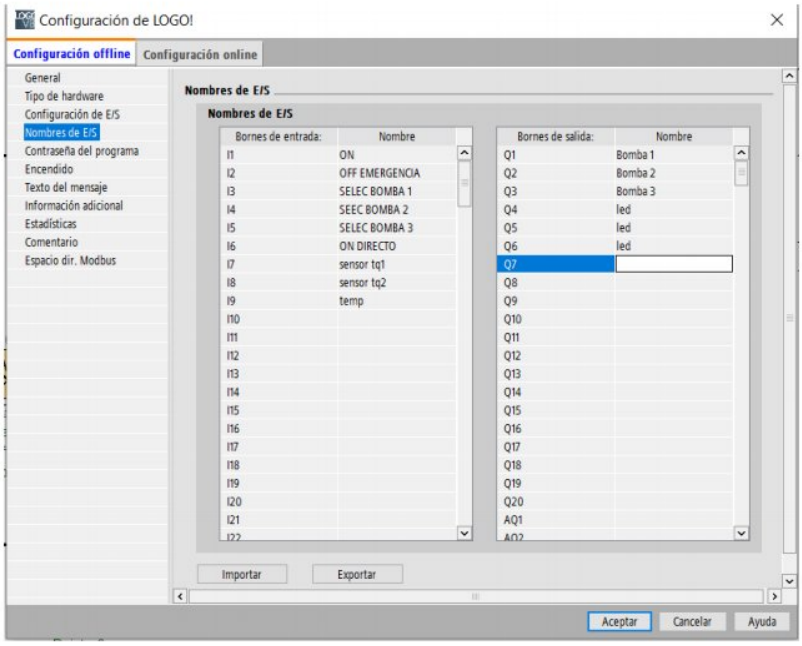

Figura 39. Configuración de entradas y salidas.

Una vez hecha la asignación de variables, se procede a establecer conexión entre la computadora y el logo. Para este proceso, se establece el mismo código IP, como se muestra en la siguiente figura 40

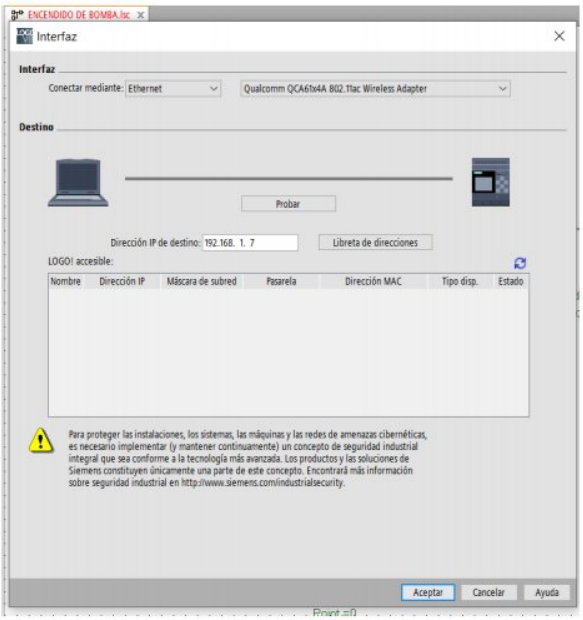

Figura 40. Configuración de interfaz.

VI-D2. Etapa dos: A través del avance continuo en el campo del desarrollo tecnológico y la mejora progresiva de las técnicas de programación, se ha logrado alcanzar niveles significativos de optimización en la gestión del tiempo, la ejecución de procesos y la asignación eficiente de recursos en diversos contextos industriales y aplicaciones prácticas. Este progreso se ha materializado mediante la implementación de sistemas de control y automatización que incorporan un selector de tres posiciones, acompañado por indicadores LED con el propósito de ofrecer una supervisión instantánea y precisa del estado operativo del sistema en cuestión.

La evolución de la programación, respaldada por avances en el hardware y software, ha permitido la creación de sistemas que pueden regular y dirigir una variedad de procesos y dispositivos con una precisión y eficiencia sin precedentes. La inclusión de un selector de tres posiciones en estos sistemas desempeña un papel fundamental, al proporcionar una interfaz intuitiva y versátil para controlar y configurar diferentes modos de operación, permitiendo una mayor flexibilidad en el control del sistema.

Los selectores, comúnmente diseñados con interruptores electromecánicos o componentes electrónicos avanzados, proporcionan una funcionalidad de control altamente adaptable y personalizable. Al cambiar de una posición a otra, el sistema puede ajustar dinámicamente su comportamiento, lo que resulta en una mayor flexibilidad y capacidad de respuesta a las necesidades específicas de la aplicación. Este nivel de control detallado y selectivo es esencial para optimizar la eficiencia de los procesos y garantizar un uso eficiente de los recursos disponibles.

Por otro lado, los indicadores LED desempeñan un papel crucial en la supervisión y el seguimiento del estado de funcionamiento del sistema. Estos dispositivos de visualización emiten señales luminosas distintivas que representan información relevante sobre el sistema en tiempo real. Los indicadores LED pueden utilizarse para mostrar una amplia gama de datos, como el estado de activación o desactivación de componentes.

La incorporación de estos indicadores LED permite a los operadores y supervisores de sistemas mantener una vigilancia constante y precisa sobre el rendimiento y la operación del sistema en todo momento. Esto es esencial para

identificar rápidamente cualquier anomalía o desviación de las condiciones operativas normales y tomar medidas correctivas de manera oportuna, minimizando así el tiempo de inactividad y los posibles problemas operativos, como se muestra en la siguiente figura 41.

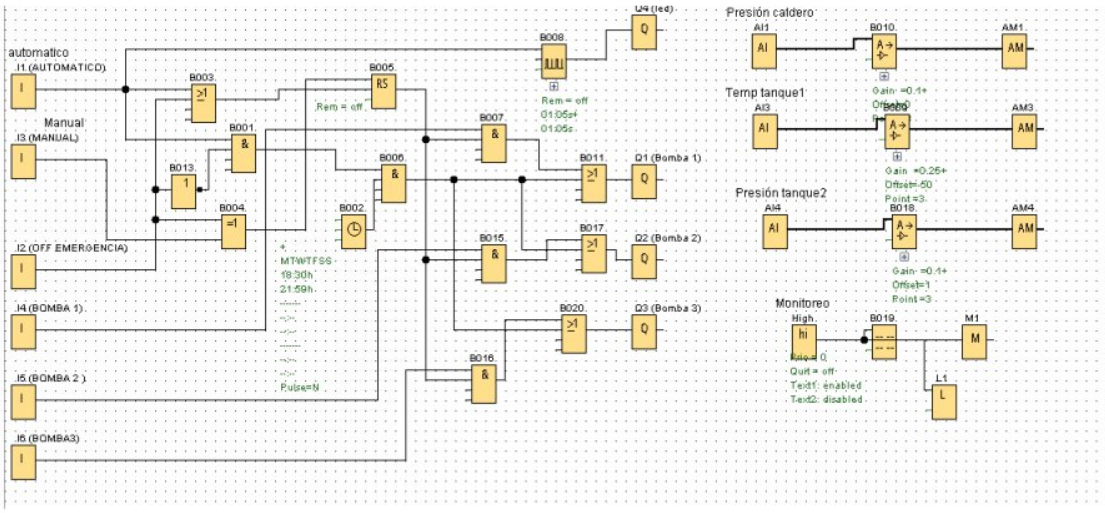

Figura 41. Diseño mejorado en logosoft.

VI-E. Diseño del HMI

VI-E1. Etapa uno: Mediante el software LWE desarrollado por Siemens, se ha procedido a estructurar la interfaz correspondiente al Servidor Web, desempeñando un papel fundamental en la visualización y control de los sistemas. Dicha interfaz consta de dos páginas con funcionalidades específicas y complementarias.

En la primera página, se brinda la oportunidad de visualizar el estado actual del nivel de presión. Concurrentemente, se ha incorporado un indicador LED diseñado para señalar perceptiblemente que el sistema se encuentra en operación activa. Esta representación gráfica y de señalización proporciona a los operadores una visión inmediata y precisa del estado operativo en relación con el nivel de presión, así como la confirmación visual de que el sistema está funcionando dentro de los parámetros establecidos. La implementación de tales elementos visuales cumple un rol esencial en la facilitación de la monitorización y el análisis continuo de la funcionalidad del sistema en tiempo real.

En la última página del interfaz, se ha implementado una representación visual didáctica del funcionamiento de las bombas. Este diseño intuitivo permite a los usuarios comprender de manera clara si las bombas están en funcionamiento al observar los indicadores LED correspondientes. Además, se ha dispuesto información gráfica sobre los parámetros cruciales de temperatura y presión.

En esta sección, se ha incorporado una funcionalidad adicional de registro de datos. Para acceder a este recurso, los usuarios pueden pulsar sobre el recuadro inferior designado. De esta manera, se posibilita la extracción de un registro de datos almacenados, resultando valioso para análisis posteriores y un seguimiento detallado del comportamiento del sistema en diferentes momentos.

Como se ve en la figura 42 la inclusión de elementos visuales claros y la disposición intuitiva de los datos y controles se alinean con la meta de ofrecer una experiencia de usuario eficaz y eficiente en la supervisión y gestión del sistema, garantizando un acceso rápido y preciso a la información clave.

Figura 42. Interfaz del CCM.

Para establecer conectividad y habilitar la visualización del interfaz a través de Internet, se requiere configurar los controles de acceso a la nube. Esta configuración permite una gestión segura y remota de la interfaz. En este proceso, se establece medidas de autenticación y autorización para garantizar la protección de los datos y el acceso adecuado, como se ve en la figura 43.

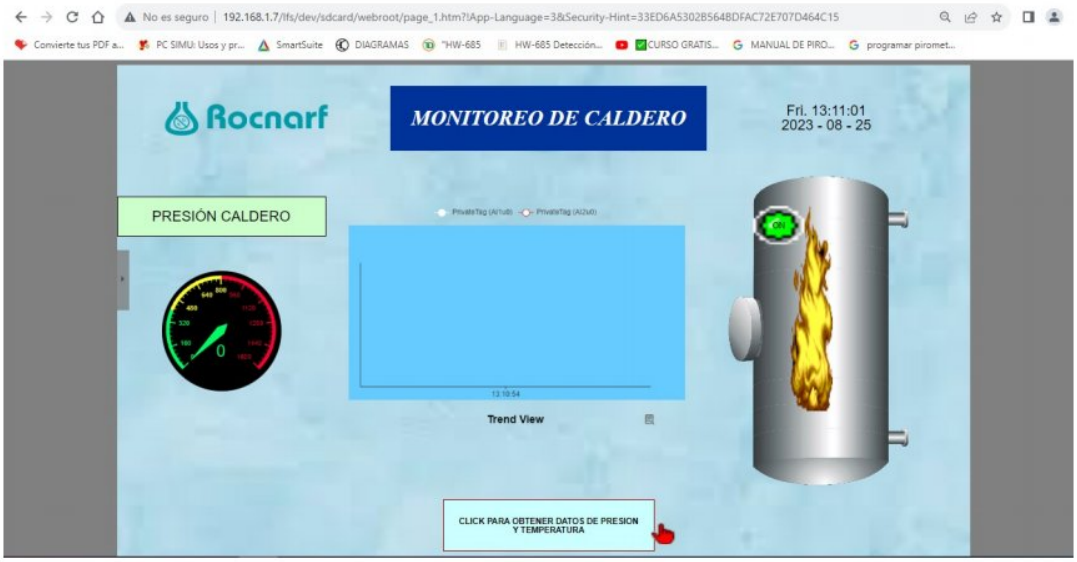

Figura 43. Interfaz del CCM caldero.

En la plataforma web del sistema, se dispone de la capacidad de visualizar las características del modelo del tipo logo, como se muestra en la imagen 44

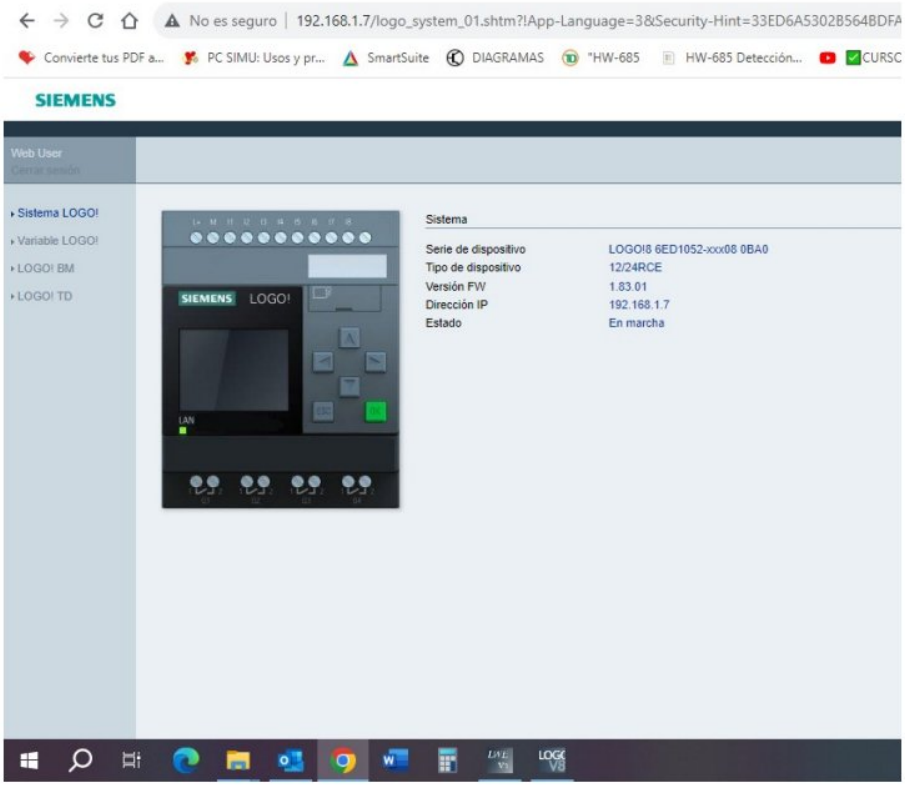

Figura 44. descripción del logo en la página Web.

Por otra parte, se procedió a establecer las variables de manera que puedan ser leídas por el sistema, como se muestra en la figura 45.

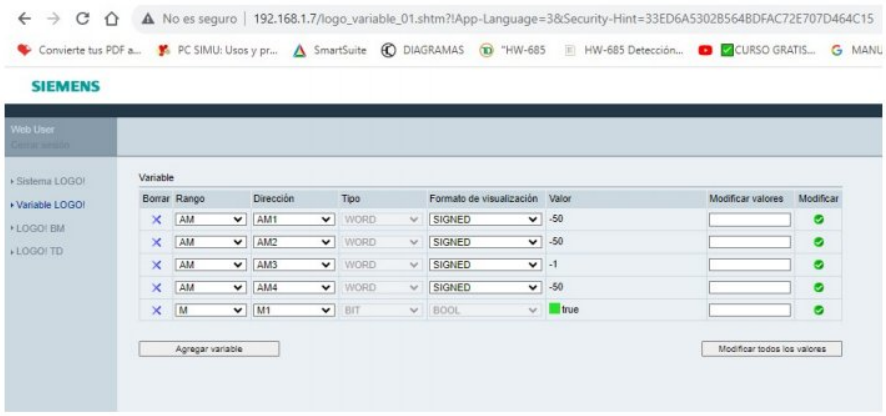

Figura 45. Especifícaciones de las variables.

VI-E2. Etapa final: Durante esta fase del proyecto, se llevaron a cabo mejoras significativas en las interfaces destinadas a ser visualizadas a través del servidor web. El enfoque principal consistió en optimizar la precisión y la claridad de la información presentada, con el objetivo de mejorar la comprensión por parte de los operarios encargados del mantenimiento.

Además, se implementaron mejoras en la legibilidad de los indicadores y etiquetas utilizados en las interfaces. Se seleccionaron fuentes y tamaños de texto adecuados para garantizar una lectura fácil y sin ambigüedades, reduciendo

la posibilidad de interpretaciones erróneas. La elección de colores y gráficos se optimizó para proporcionar una representación visual intuitiva de los datos, mejorando así la experiencia del usuario y facilitando la toma de decisiones informada, como se muestra en la figura 46.

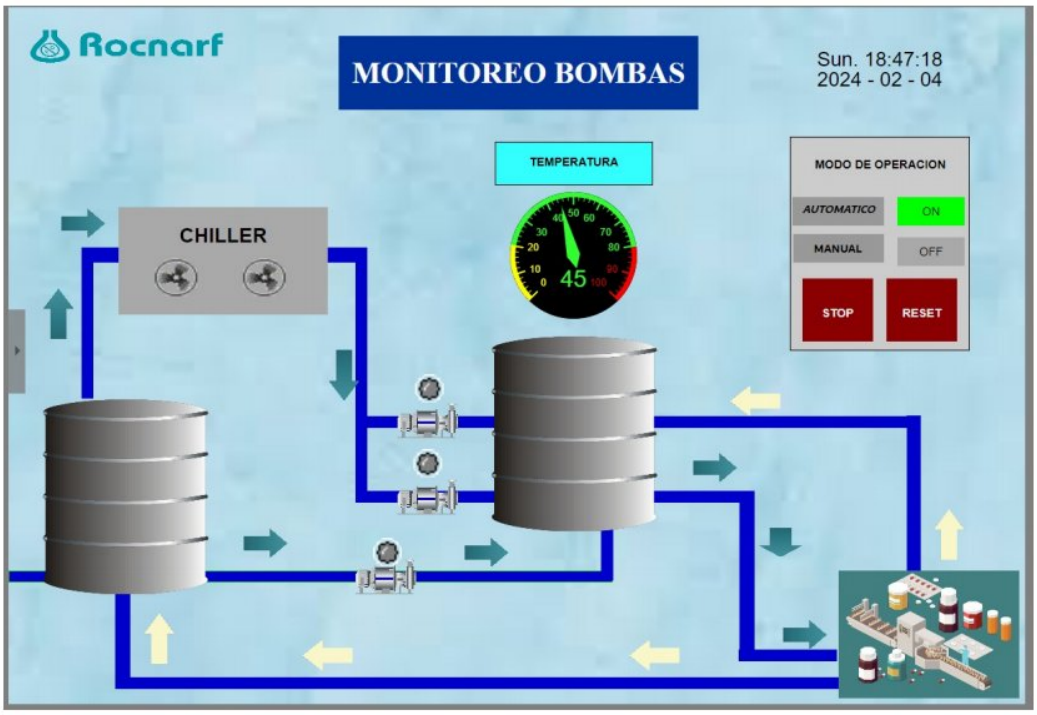

Figura 46. Interfaz general.

En esta sección específica de la interfaz, se presenta visualmente el estado operativo adecuado del chiller a través de una representación gráfica que simula el funcionamiento correcto de los ventiladores asociados. Esta representación tiene como objetivo proporcionar una indicación visual instantánea y comprensible del estado del chiller para los usuarios, como se muestra en la figura 47.

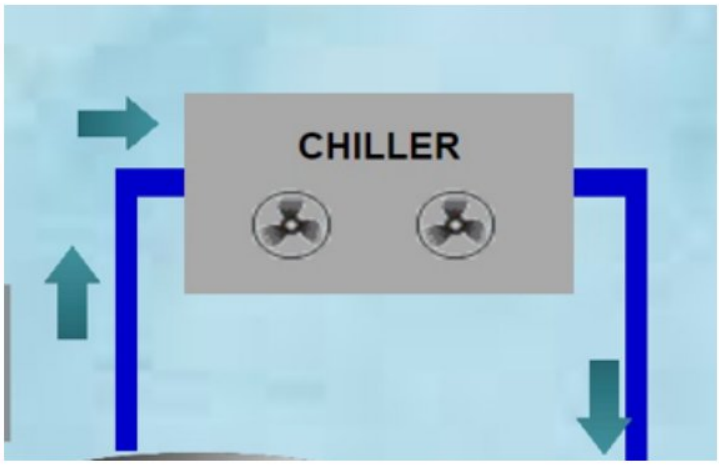

Figura 47. Chiller en el Web server

En esta sección específico de la interfaz, se exhibe el estado operativo de cada una de las bombas de forma

individual, representado visualmente mediante colores distintivos. El color verde indica que la bomba está encendida, mientras que el color rojo señala que se encuentra apagada. Esta representación visual facilita la rápida identificación del estado de funcionamiento de cada bomba, permitiendo a los operarios realizar una supervisión eficiente y precisa, como se muestra en la figura 48.

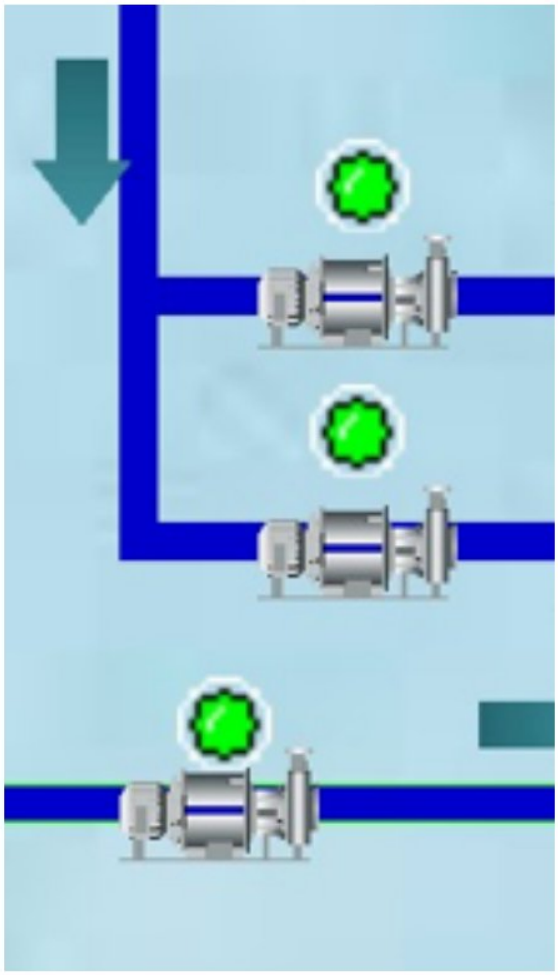

Figura 48. Bombas en el Web server

En esta sección específica de la interfaz, se presenta información relacionada con la temperatura del reservorio 2. Este reservorio almacena agua purificada mediante un proceso de ósmosis inversa y se encuentra refrigerada. Este tipo de agua purificada y fría desempeña un papel fundamental en diversas áreas de la planta, especialmente en la elaboración de los fármacos.

Esta funcionalidad no solo facilita el monitoreo en tiempo real, sino que también permite a los operarios tomar decisiones informadas sobre la temperatura del agua purificada utilizada en la producción de fármacos. Un control preciso de esta variable contribuye a la calidad del proceso de fabricación y, en última instancia, al cumplimiento de los estándares regulatorios en el ámbito farmacéutico, como se muestra en la figura 49 (temperatura del tanque).

Figura 49. Temperatura de reservorio 2

En esta sección específica de la interfaz, se proporciona información sobre el modo de operación de la planta. La interfaz indica si la planta está operando en modo manual o automático, además de señalar si se encuentra encendida o apagada. Asimismo, se integra un botón de paro de emergencia y reset que se localiza estratégicamente en el área de mantenimiento.

Es importante destacar que la ubicación estratégica del botón de paro de emergencia y reset dentro del área de mantenimiento se realiza considerando facilitar el acceso rápido y eficiente en situaciones que requieran una acción inmediata. Esta implementación se alinea con las mejores prácticas de seguridad y protocolos de emergencia, garantizando la capacidad de los operarios de realizar detenciones de emergencia de manera efectiva, como se muestra en la figura. 50.

Figura 50. Estado y botones de control para el funcionamiento de la planta

En esta sección específica de la interfaz, se presenta una gráfica que exhibe un historial de los datos medidos de la presión del caldero. El propósito de esta representación gráfica es permitir la evaluación continua del desempeño del caldero, determinando si está operando adecuadamente o si se registra una disminución de la presión, lo cual podría indicar un potencial problema en el proceso de producción.

La gráfica histórica de la presión del caldero constituye una herramienta esencial para el monitoreo y análisis de tendencias a lo largo del tiempo. La capacidad de visualizar la variación de la presión facilita la identificación temprana de posibles irregularidades, permitiendo a los operarios anticipar y abordar cualquier problema que pueda surgir.

En caso de detectar una disminución de presión, la interfaz proporciona una base para la implementación de medidas correctivas. Estas medidas pueden incluir ajustes operativos, la realización de mantenimientos preventivos o la intervención inmediata para restaurar la presión a niveles óptimos. Este enfoque proactivo contribuye a evitar posibles interrupciones en la producción y a mantener la eficiencia del sistema, como se muestra en la figura.51.

Figura 51. Presión del caldero

En esta sección específica de la interfaz, se incluye una representación gráfica que muestra el historial de los datos medidos de la presión del compresor de aire. El propósito fundamental de esta gráfica es permitir la evaluación continua del rendimiento del compresor, indicando si opera dentro de los parámetros establecidos o si se registra una caída de presión, lo cual podría derivar en problemas en el proceso de producción.

La gráfica histórica de la presión del compresor de aire constituye una herramienta esencial para el monitoreo en tiempo real y el análisis de tendencias a lo largo del tiempo. La capacidad de visualizar la variación de la presión facilita la identificación temprana de posibles anomalías, permitiendo a los operarios anticipar y abordar cualquier problema potencial antes de que afecte la producción.

En el caso específico del compresor de aire, se establece que su presión óptima debe mantenerse en 120 psi. Esta información crítica se integra en la interfaz, proporcionando un punto de referencia claro para evaluar el desempeño del compresor. La interfaz notificará visualmente cualquier desviación de la presión respecto al valor óptimo establecido, facilitando la toma de decisiones informadas por parte del personal de operación y mantenimiento.

Ante la detección de una caída de presión por debajo del umbral establecido, la interfaz está diseñada para desencadenar medidas correctivas. Estas medidas pueden incluir ajustes operativos, la realización de mantenimientos preventivos o la intervención inmediata para restaurar la presión a niveles óptimos. Este enfoque proactivo contribuye a evitar posibles interrupciones en la producción y a mantener la eficiencia del sistema, como se muestra en la figura. 52.

Figura 52. Presión del compresor de aire

VI-F. Diseño del tablero de control

Como se muestra en la Figura 53, se diseño de un tablero de control es fundamental en cualquier sistema eléctrico o electrónico, ya que es la interfaz mediante la cual se gestionan y controlan diversas funciones, para diseñar un tablero de control efectivo, es necesario tener en cuenta una serie de elementos clave, como los selectores, actuadores, relés, ventiladores, fuentes de poder y cualquier otro componente específico del sistema. Además, es fundamental considerar las medidas y dimensiones de cada uno de estos elementos para garantizar un diseño adecuado y funcional.

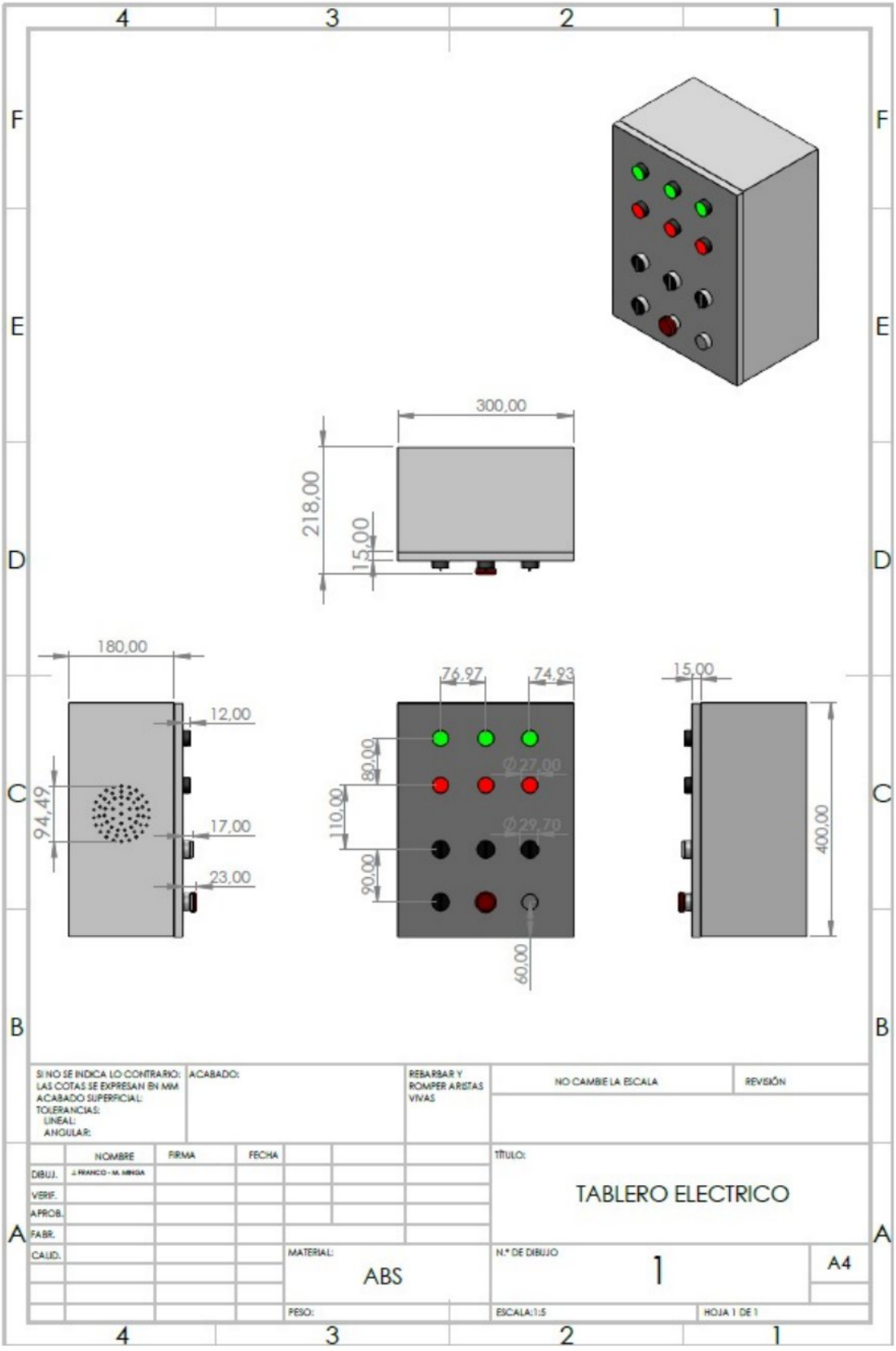

Figura 53. Diseño del tablero de control

VI-G. Diseño del sistema de adquisición de datos

En esta sección, se eligió la utilización de sensores analógicos específicos, concretamente, el Sensor de temperatura Pt100 y el Sensor de presión P16N4T110Z2. Estos sensores generan una salida en corriente medida en miliamperios (mA). Es importante destacar que ambos sensores operan con una alimentación de 12-24 VDC, lo cual se ajusta a los requisitos del proyecto en términos de tamaño, costo y precisión de las mediciones.

Con el objetivo de facilitar el reconocimiento y procesamiento de los datos proporcionados por estos sensores en el sistema LogoV8, se incorpora una resistencia de 500 ohmios en una de las patas de salida de datos de cada sensor. Este enfoque sigue el principio de la Ley de Ohm, que permite transformar el valor de corriente suministrado por los sensores (en mA) a un valor equivalente en voltaje.

La adopción de estos sensores junto con la aplicación de la Ley de Ohm contribuye a una integración eficiente de los datos en el sistema LogoV8, garantizando una representación precisa de las mediciones en términos de voltaje, facilitando así su interpretación y procesamiento para su posterior uso en el control y monitoreo del sistema.

$$Voltaje = I * R \tag{1}$$

Se optó por el cable UTP Cat6 debido a su capacidad para proporcionar un elevado rendimiento en la comunicación computacional entre los diversos dispositivos dentro de la red de la empresa. Este tipo de cableado, categoría 6, está diseñado para ofrecer un ancho de banda superior y una mayor velocidad de transmisión de datos en comparación con cables de categorías inferiores.

La elección del cable UTP Cat6 se basa en su capacidad para soportar velocidades de transmisión de hasta 10 gigabits por segundo (Gbps) y para proporcionar una mayor capacidad de mitigación de interferencias electromagnéticas. Este nivel de rendimiento es especialmente beneficioso en entornos empresariales donde la eficiencia y la velocidad de la comunicación son críticas para el funcionamiento óptimo de la red.

Además, otro componente necesario para el proyecto es una fuente de alimentación que garantice el correcto funcionamiento de las diferentes partes del proyecto, como sensores, selectores, indicadores LED, relé y LogoV8. La elección cuidadosa de todos estos elementos es fundamental para asegurar una infraestructura robusta y confiable para el sistema de monitoreo y control implementado.

VI-G1. Cálculos para la interpretación de los datos medidos por el Sensor PT100: La relación entre los cálculos de vapor obtenidos en el caldero y los sensores de temperatura de un tanque se establece a través de una coordinación integral en el sistema. Los cálculos de vapor del caldero proporcionan información crucial sobre las condiciones termodinámicas y la generación de vapor en el proceso. Este vapor se utiliza para diversos fines, y su temperatura es un parámetro esencial.

La aplicación de la Ley de Ohm se traduce en la conversión de la corriente de salida de los sensores a un voltaje proporcional, facilitando así la interfaz con el sistema de control. Este paso es crucial para asegurar la compatibilidad entre el sensor analógico y el sistema de adquisición de datos LogoV8, permitiendo una integración efectiva y precisa de la información generada por el sensor en el entorno del proyecto.

$$Voltaje = I * R \tag{2}$$

Cuando la Corriente = 20mA

$$Voltaje = 0{,}020A * 500ohm \tag{3}$$

$$Voltaje = 10 \tag{4}$$

Cuando la Corriente = 0.10mA

$$Voltaje = \ 0{,}010A \ * \ 500ohm \tag{5}$$

$$Voltaje = 5 \tag{6}$$

La representación gráfica sirve como base para determinar la ecuación de la recta que modela esta relación lineal. Utilizando la ecuación de la recta, se puede obtener una fórmula matemática que permitirá configurar la entrada del LogoV8 para interpretar de manera precisa los datos proporcionados por el sensor Pt100.

$$m = \frac{100 - (-10)}{10 - 0} \tag{7}$$

$$m = \frac{110}{10} = 11 \tag{8}$$

$$y - y1 = m(x - x1) \tag{9}$$

$$y - (-10) = 11(x - 0) \tag{10}$$

$$y + 10 = 11x \tag{11}$$

$$y = 11x - 10 \tag{12}$$

$$T = 11(V) - 10 \tag{13}$$

En este gráfico lineal, se ilustra la relación entre el voltaje y la temperatura del sensor PT100. Se establece que cuando el voltaje es igual a 0, la temperatura asociada es de -10 °C, y cuando el voltaje es igual a 10, la temperatura correspondiente es de 100 °C, como se muestra en la figura 54.

Cuando el voltaje es 0

$$T = 11(0) - 10 = -10C \tag{14}$$

Cuando el voltaje es 5

$$T = 11(5) - 10 = 45C \tag{15}$$

Cuando el voltaje es 10

$$T = 11(10) - 10 = 100C \tag{16}$$

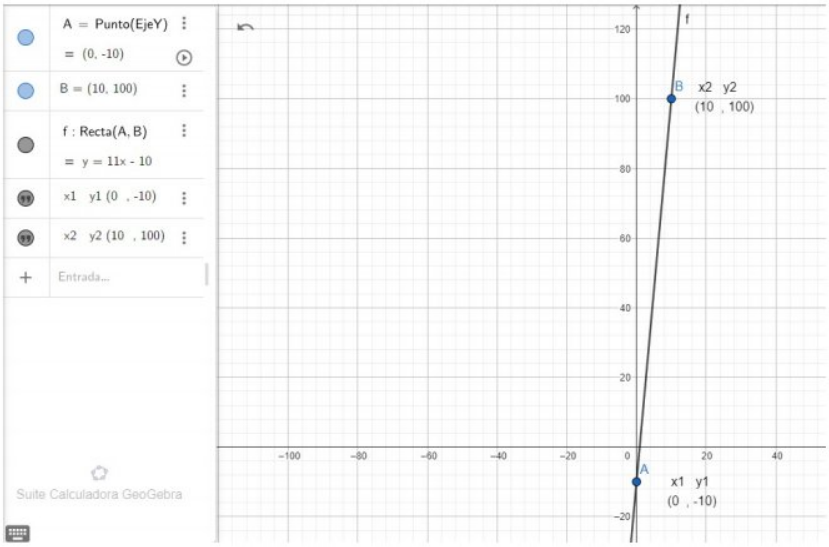

Figura 54. Gráfica de los valores voltaje/temperatura del sensor Pt100

VI-G2. Cálculos para la interpretación de los datos medidos por el Sensor de presión caldero y compresor de aire: La aplicación de la Ley de Ohm se traduce en la conversión de la corriente de salida de los sensores a un voltaje proporcional, facilitando así la interfaz con el sistema de control. Este paso es crucial para asegurar la compatibilidad entre el sensor analógico y el sistema de adquisición de datos LogoV8, permitiendo una integración efectiva y precisa de la información generada por el sensor en el entorno del proyecto.

Cuando la Corriente = 20mA

$$Voltaje = \ 0{,}020A \ * \ 500ohm \tag{17}$$

$$Voltaje = 10 \tag{18}$$

Cuando la Corriente = 0.10mA

$$Voltaje = \ 0{,}010A \ * \ 500ohm \tag{19}$$

$$Voltaje = 5 \tag{20}$$

Este sensor tiene una salida de 0-10V y un rango de 0-140 Psi la representación gráfica sirve como base para determinar la ecuación de la recta que modela esta relación lineal. Utilizando la ecuación de la recta, se puede obtener una fórmula matemática que permitirá configurar la entrada del LogoV8 para interpretar de manera precisa los datos proporcionados por el Sensor de presión P16N4T11Z1, para comprender datos del consumo de vapor del caldero leer .ªnexo 1".

$$m = \frac{145 - 0}{10 - 0} \tag{21}$$

$$m = \frac{145}{10} = 14,5 \tag{22}$$

$$y - (0) = m(x - 0) \tag{23}$$

$$y = 14x \tag{24}$$

$$P = 14(V) \tag{25}$$

En este gráfico lineal, se ilustra la relación entre el voltaje y la presión del sensor P16N4T11Z20. Se establece que cuando el voltaje es igual a 0, la presión asociada es de 0 Psi, y cuando el voltaje es igual a 10, la presión correspondiente es de 145 Psi, como se muestra en la figura 55.

Cuando el voltaje es 0

$$P = 14,5(0) = 0Psi \tag{26}$$

Cuando el voltaje es 5

$$T = 14,5(5) = 72,5Psi \tag{27}$$

Cuando el voltaje es 10

$$T = 14,5(10) = 145Psi \tag{28}$$

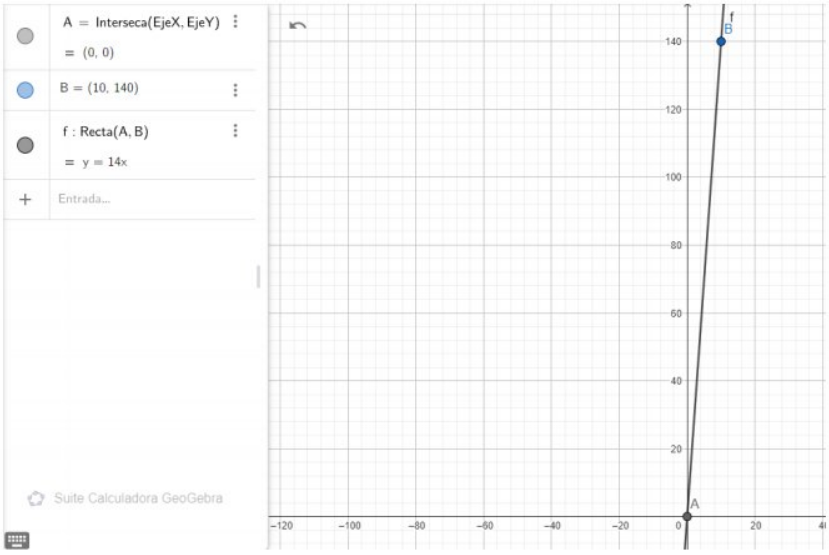

Figura 55. Gráfica de los valores voltaje/presión del sensor de caldero y compresor de aire

VI-G3. Cálculo de caida de tensión de sensores: Es la pérdida de potencial eléctrica que ocurre cuando se mueve una carga a través de un conductor. Esto ocurre debido a la resistividad eléctrica, es decir, a la propiedad de cualquier material a resistir el flujo de una corriente eléctrica que fluye a través de él. Para lograr una menor perdida se recomienda escoger un cable más grueso, con mayor resistividad, reducir la distancia entre los objetos o incorporar equipo de regulación. Los cables utilizados son AWG de diferentes calibres para lograr una menor perdida de tensión con respecto a las distancias de los objetos.
Para obtener este cálculo usamos la formula.

$$Caida\ de\ Tensión\ =\ I\ *\ R \tag{29}$$

Donde I es la corriente en Amp y R la resistividad del cable en Ohm.

VI-G4. Caida de tensión Sensor de temperatura reservorio 2:

$$R = \frac{5{,}21ohm}{1000m} * 10m = 0{,}052ohm \tag{30}$$

$$Caída\ de\ tensión = 15Amp * 0{,}052ohm = 0{,}78V \tag{31}$$

$$V\ total\ de\ funcionamiento = 24V - 0{,}78V = 23{,}22V\,Reales \tag{32}$$

VI-G5. Caida de tensión Sensor de Presión compresor:

$$R = \frac{5{,}21ohm}{1000m} * 25m = 0{,}13ohm \tag{33}$$

$$Caída\ de\ tensión = 15Amp * 0{,}13ohm = 1{,}95V \tag{34}$$

$$V\ total\ de\ funcionamiento = 24V - 1{,}95V = 22{,}05V\ Reales \tag{35}$$

VI-G6. Caida de tensión Sensor de Presión Caldero:

$$R = \frac{5{,}21ohm}{1000m} * 30m = 0{,}156ohm \tag{36}$$

$$Caída\ de\ tensión = 15Amp * 0{,}156ohm = 1{,}95V \tag{37}$$

$$V\ total\ de\ funcionamiento = 24V - 2{,}34V = 21{,}66V\ Reales \tag{38}$$

VII. Implementación

VII-A. Implementación del circuito eléctrico

Se llevó a cabo implementación del tablero de control mediante la disposición estratégica del cableado de componentes clave, como se muestra en la figura 56. Entre estos elementos, se incluyeron la fuente de alimentación, el PLC (LogoV8), selectores, luces piloto y un extractor de aire. La disposición cuidadosa de estos componentes tiene como objetivo asegurar un funcionamiento eficiente y proporcionar accesibilidad para tareas de mantenimiento.

Figura 56. Implementación del circuito eléctrico basado en el diagrama eléctrico

El cableado de la fuente de alimentación fue posicionada de manera meticulosa para garantizar una distribución eléctrica eficaz y segura hacia todos los dispositivos conectados al sistema, como se muestra en la figura 57. La ubicación de la fuente se determinó considerando factores como la longitud de los cables, la minimización de interferencias electromagnéticas y la provisión de una adecuada ventilación para prevenir posibles sobrecalentamientos.

Figura 57. Implementación de cableado de la fuente de alimentacion y logo v8.

En esta fase de implementación, se procedió a la instalación de sensores de presión y temperatura en los equipos específicos, tales como el caldero, el compresor de aire y el tanque 2. Esta acción tiene como objetivo habilitar la monitorización continua y precisa de las condiciones operativas de dichos equipos, contribuyendo así a un control más efectivo y a la obtención de datos cruciales para el mantenimiento y la eficiencia operativa, como se muestra en la figura 58 (sensor pt100).

Figura 58. Instalación de sensor de temperatura del tanque

La instalación de sensores de presión y temperatura implica la fijación y conexión adecuada de estos dispositivos a puntos estratégicos en cada uno de los equipos mencionados. Se seleccionaron ubicaciones que proporcionan mediciones representativas y que permiten una respuesta inmediata ante cambios en las condiciones de presión y temperatura, como se muestra en la figura 59 (la instalación del sensor en el caldero).

Figura 59. Instalación de sensor de presión caldero

En la figura 60, se muestra la instalación del sensor en la tubería de aire comprimido.

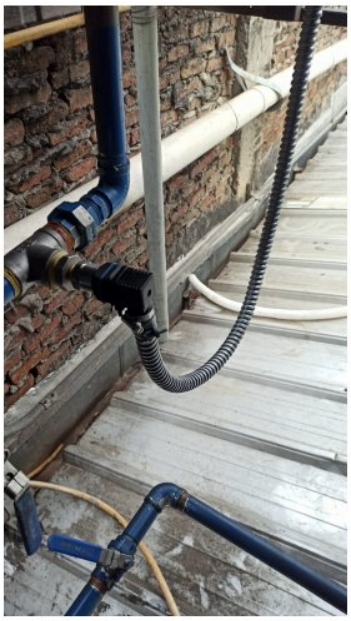

Figura 60. Instalación de sensor de presión del compresor de aire

En la imagen 61, se presenta una visualización detallada de la distribución eléctrica, destacando las conexiones precisas de los sensores al tablero. Este esquema proporciona una representación gráfica clara de la disposición de los elementos eléctricos, facilitando la comprensión de la interconexión entre los sensores y el tablero de control en la ejecución de este proyecto.

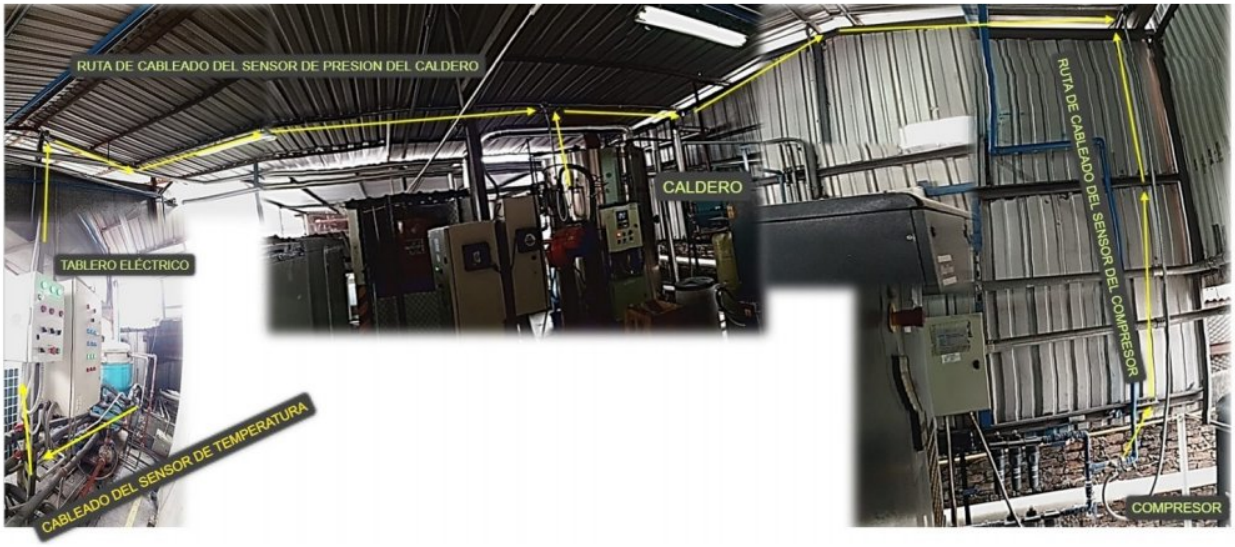

Figura 61. Cableado de los sensores del sistema CCM

La disposición y conexión correcta de los cables garantizan mediciones precisas y confiables de temperatura y presión. La figura ofrece una representación visual clara de la interconexión de los sensores con el sistema de monitoreo, facilitando la comprensión del funcionamiento y la detección de posibles fallos.

VII-B. Implementación del software de control

El sistema ha sido objeto de una implementación que incorpora diversas mejoras significativas en cuanto a la programación y calibración de los sensores de presión y temperatura. Este proceso ha implicado la aplicación de instrucciones aritméticas específicas, como se evidencia en la representación gráfica proporcionada en la figura 62. El propósito fundamental de estas modificaciones radica en optimizar la lectura precisa de los datos obtenidos por los sensores.

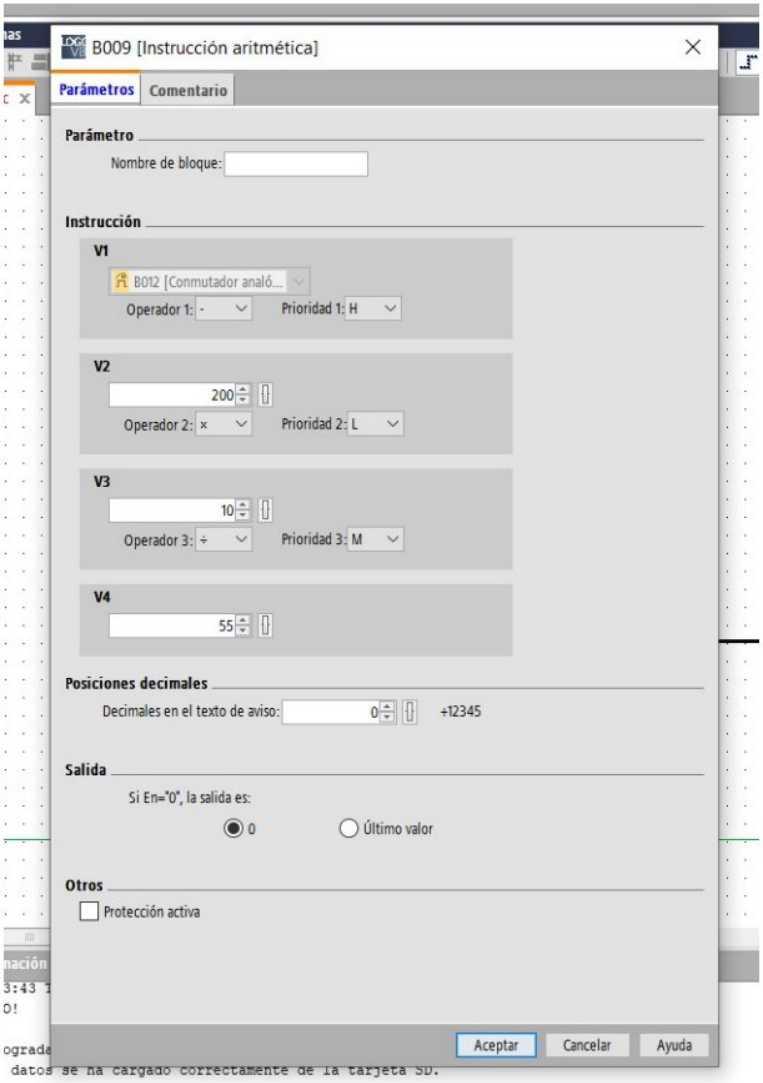

Figura 62. Instrucción atirmética.

La aplicación de este enfoque busca, en última instancia, mejorar tanto la exactitud como la confiabilidad de las mediciones efectuadas por los sensores. De esta manera, se pretende contribuir a un monitoreo más preciso y efectivo del sistema en su conjunto. La revisión y ajuste de la programación y calibración de los sensores representan una etapa crucial en la mejora continua de la eficacia y el rendimiento del sistema en términos de captura y procesamiento de datos.

Al perfeccionar la precisión de las mediciones, se potencia la capacidad del sistema para detectar y responder a cambios en las condiciones operativas, lo cual es esencial para garantizar un funcionamiento óptimo y prevenir

posibles fallos o desviaciones. En consecuencia, estas mejoras no solo tienen un impacto directo en la calidad de los datos recopilados, sino que también fortalecen la capacidad del sistema para proporcionar información precisa y oportuna, lo que a su vez facilita la toma de decisiones informadas y la identificación proactiva de cualquier anomalía o irregularidad que pudiera surgir durante la operación.

Adicionalmente, como se ilustra en la siguiente figura 63, se realizaron ajustes en los selectores utilizados para el encendido manual de las bombas. Se llevaron a cabo cambios específicos, asignando el Selector 1 para la operación de la Bomba 1 y el Selector 2 para el control conjunto de las Bombas 2 y 3. Estos ajustes tienen como objetivo optimizar la operación manual de las bombas, permitiendo un control más específico y eficiente de cada componente del sistema.

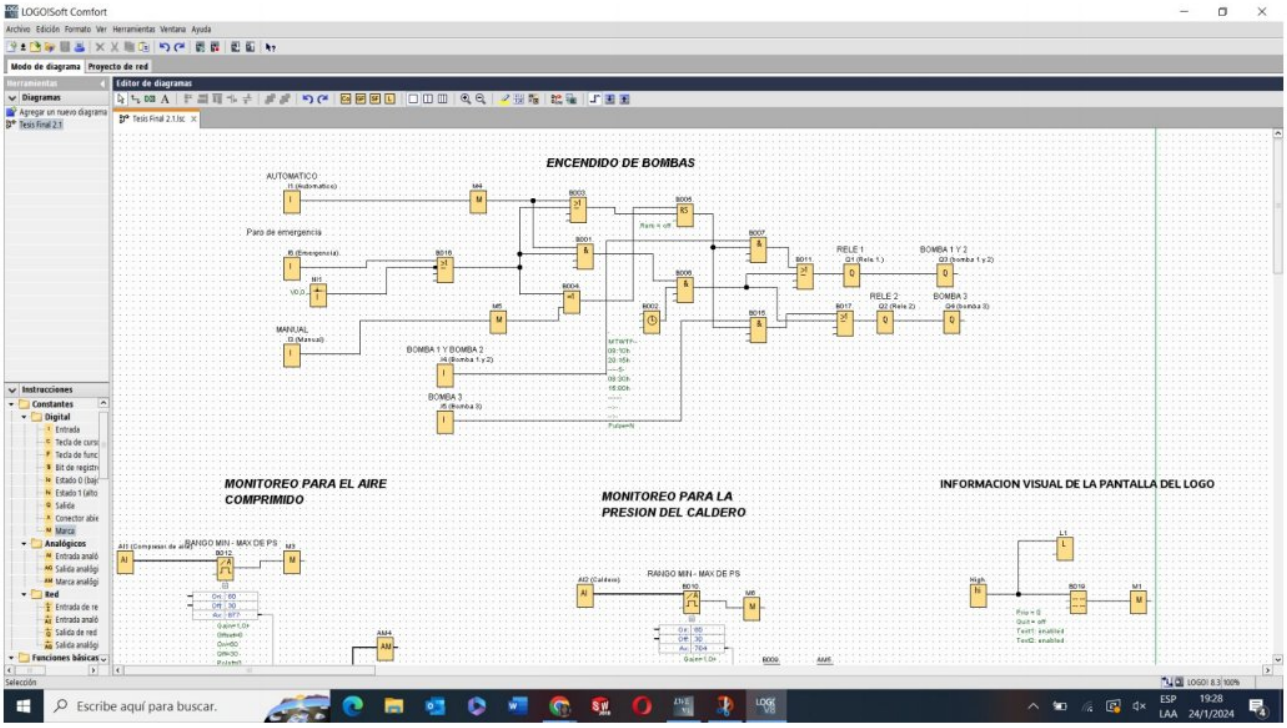

Figura 63. Diseño final de la programación.

La reconfiguración de los selectores constituye una medida estratégica destinada a mejorar la gestión operativa del sistema en su totalidad. Al asignar selectores específicos a cada bomba, se facilita la manipulación individual de cada componente, lo que a su vez contribuye a una mayor precisión en el control y una respuesta más ágil ante situaciones que requieran intervención manual.

Este enfoque de optimización operativa se alinea con la búsqueda constante de mejoras en la eficiencia y la fiabilidad del sistema. Al permitir un control más detallado sobre el funcionamiento de las bombas, se promueve una operación más fluida y adaptativa, capaz de responder de manera efectiva a las demandas y condiciones variables del entorno.

En última instancia, estos ajustes no solo apuntan a mejorar la capacidad de respuesta del sistema en situaciones de emergencia o requerimientos específicos, sino que también contribuyen a la optimización general de los procesos operativos, garantizando un funcionamiento más eficiente y confiable en todas las circunstancias.

Estas mejoras en la programación, calibración y ajustes de funcionamiento reflejan un enfoque integral hacia la eficiencia y la seguridad del sistema implementado en Laboratorios ROCNARF, garantizando un control preciso, medidas de seguridad conformes a los estándares nacionales y un rendimiento optimizado en el monitoreo y operación de la planta.

VII-C. Implementación del tablero de control

En esta sección, como se muestra en la Figura 64 se llevó a cabo la construcción del tablero de control mediante un proceso que implicó perforar y colocar los componentes eléctricos pertinentes. Esta etapa crucial del proyecto se desarrolló con meticulosidad y precisión, siguiendo los lineamientos y especificaciones técnicas establecidas para garantizar el funcionamiento óptimo del sistema.

Figura 64. Construcción del panel eléctrico

La construcción del tablero de control requirió la selección cuidadosa de los materiales y componentes eléctricos adecuados, teniendo en cuenta factores como la compatibilidad, la durabilidad y la seguridad. Además, se siguieron los protocolos de seguridad eléctrica para prevenir riesgos y asegurar la integridad del personal y del equipo durante el proceso de construcción.

El procedimiento de perforación se llevó a cabo utilizando herramientas especializadas y técnicas precisas para garantizar la exactitud de los agujeros requeridos para la instalación de los componentes eléctricos. Se prestó especial atención a la alineación y la disposición ordenada de los elementos en el tablero, lo que facilitaría su accesibilidad y mantenimiento posterior.

Adicionalmente como se muestra en la Figura 65, una vez perforado el tablero, se procedió a la colocación de los componentes eléctricos de acuerdo con el diseño y el diagrama de conexión previamente establecidos. Este proceso implicó el manejo cuidadoso de los cables y conexiones para evitar cortocircuitos o malfuncionamientos. Se siguieron estrictamente las normas y estándares de cableado para garantizar la fiabilidad y la seguridad del sistema.

Figura 65. Construcción del panel eléctrico

Se procedió a realizar el marco del tablero de control para ubicarlo al lado del tablero eléctrico de las bombas, como se muestra en la figura 66. Además, se instaló en el tablero el PLC LogoV8 correctamente, siendo el elemento central del sistema de control, se colocó estratégicamente para facilitar la conexión con otros dispositivos y simplificar las tareas de programación y supervisión. Se prestó especial atención a la organización de cables y conexiones para mantener la integridad de las señales y reducir interferencias potenciales.

Figura 66. Adecuación de la base-soporte del panel.

Los selectores, elementos fundamentales para la interacción con el sistema, fueron dispuestos de manera ergonómica y lógica, considerando sus funciones específicas para optimizar la interfaz usuario-dispositivo y mejorar la eficiencia operativa, como se muestra en la figura 67.

Figura 67. Conexión de entradas y salidas

En cuanto a las luces piloto, se organizaron estratégicamente para proporcionar una indicación clara y visible del estado de diversos elementos del sistema. La disposición de estas luces se diseñó para facilitar la interpretación por parte del operario y permitir la detección rápida de posibles problemas.

La inclusión de un extractor de aire en el tablero de control se consideró para mantener condiciones térmicas adecuadas y prevenir sobrecalentamientos, como se muestra en la figura 68. La ubicación estratégica del extractor se planificó para optimizar la disipación de calor y garantizar un ambiente operativo seguro y eficiente.

Figura 68. Instalación de extractor de aire

Como se muestra en la figura 69 la construcción del tablero de control no solo implicó habilidades técnicas, sino también un enfoque meticuloso y una atención al detalle. Cada paso del proceso fue ejecutado con precisión y cuidado, con el objetivo final de crear un tablero de control robusto y funcional que cumpliera con los requisitos y expectativas del proyecto en términos de rendimiento y fiabilidad.

Figura 69. Tablero de control completo

VIII. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

VIII-A. Prueba de funcionamiento prototipo del proyecto

En esta prueba de funcionamiento de la programación se enfoca en la implementación de un sistema de accionamiento versátil que permite el control manual y automático de las bombas a través de un selector de dos posiciones, como se muestra en la Figura 70. Las luces LED de color verde proporcionan información visual sobre el estado de activación de las bombas, mientras que el botón de emergencia brinda una opción de seguridad esencial en caso de situaciones críticas. Los selectores individuales para cada bomba permiten un control detallado, asegurando un funcionamiento preciso y confiable del sistema.

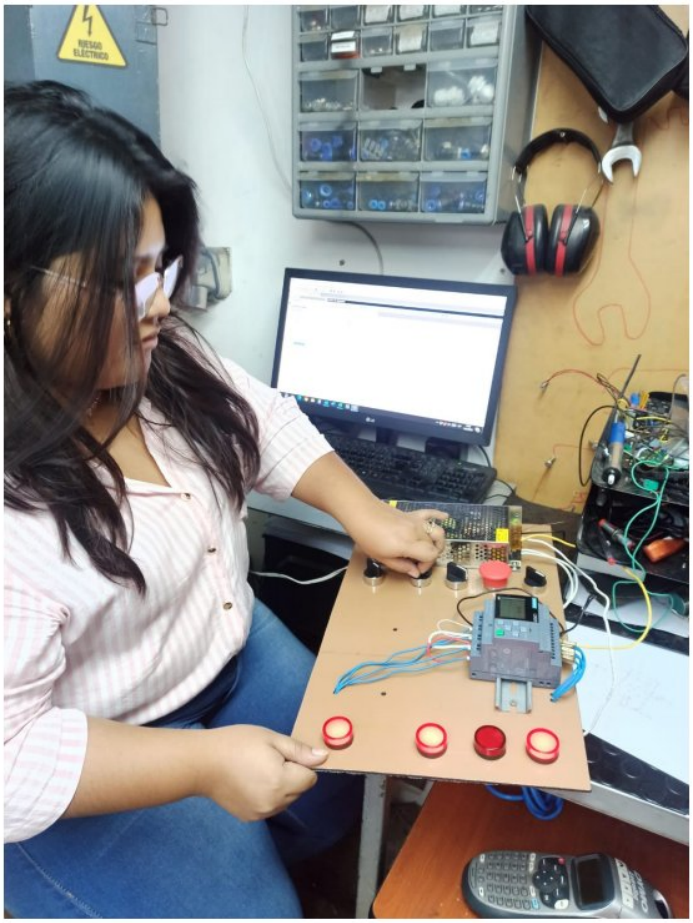

Figura 70. Prueba de funcionamiento activación de las bombas

VIII-B. Prueba de funcionamiento del tablero de control

Como se muestra en la figura 71 el funcionamiento del tablero de control, el cual permitirá la activación de las bombas en el modo manual y el modo automático permitirá la activación del sistema en el horario laboral programado, además de registrar y mostrar en el servidor web los datos censados en una gráfica estadística al encenderse, apagarse y al trabajar constantemente para poder brindar una correcta información del estado actual de los equipos.

Figura 71. Prueba de funcionamiento de Tablero de Control

VIII-C. Prueba de funcionamiento del web server

Como se ilustra en la figura 72 el funcionamiento del servidor web donde se mostrará los datos censados obtenidos, encendido y apagado de las bombas. Además de tener botones de paro de emergencia y reset.

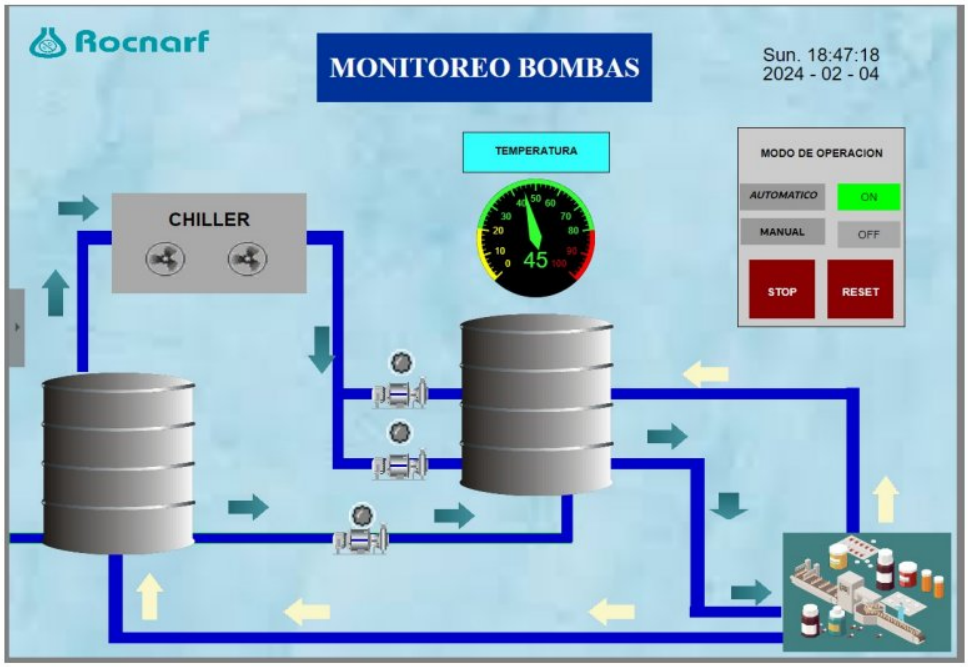

Figura 72. Prueba de la interfaz general.

IX. Resultados

IX-A. Resultados del tablero de control

Como resultado de este proyecto se ha logrado implementar con éxito un tablero eléctrico como se muestra en la imagen 73, desempeña funciones cruciales, como el control del encendido-apagado de bombas, el monitoreo de la presión del caldero, la presión del compresor de aire y la temperatura de un tanque. Este sistema utiliza un controlador lógico programable, en este caso, el Logo V8 de Siemens, para gestionar, almacenar y supervisar estas variables críticas.

Figura 73. Tablero de control y eléctrico

IX-B. Resultados del web server

Uno de los logros destacados es la integración de un servidor web en el sistema, permitiendo un acceso remoto y una visualización conveniente de los datos. A través de una interfaz de fácil entendimiento, proporcionada por el servidor web, los usuarios pueden analizar en tiempo real las variables mencionadas. Esto mejora significativamente la accesibilidad y la capacidad de monitoreo, ya que los técnicos pueden supervisar el estado del sistema desde cualquier ubicación con conexión a la red, como se muestra en la figura 74.

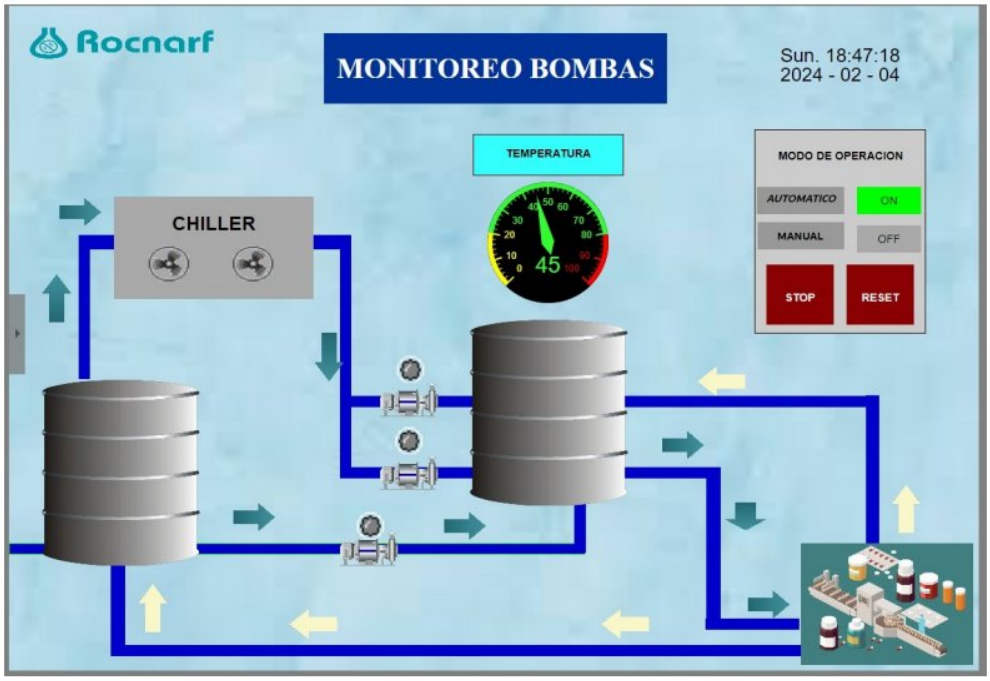

Figura 74. Resultados registrados en el web server

En esta sección de resultados, como se muestra en la figura 75 se ha observado una variación en la presión del caldero durante el proceso de encendido. Esta fluctuación es común y esperada, ya que coincide con el inicio de la generación de vapor. A medida que el agua se calienta y se forma vapor, la presión interna del sistema aumenta gradualmente, lo que es esencial para el correcto funcionamiento del caldero y la eficiencia en la producción de vapor.

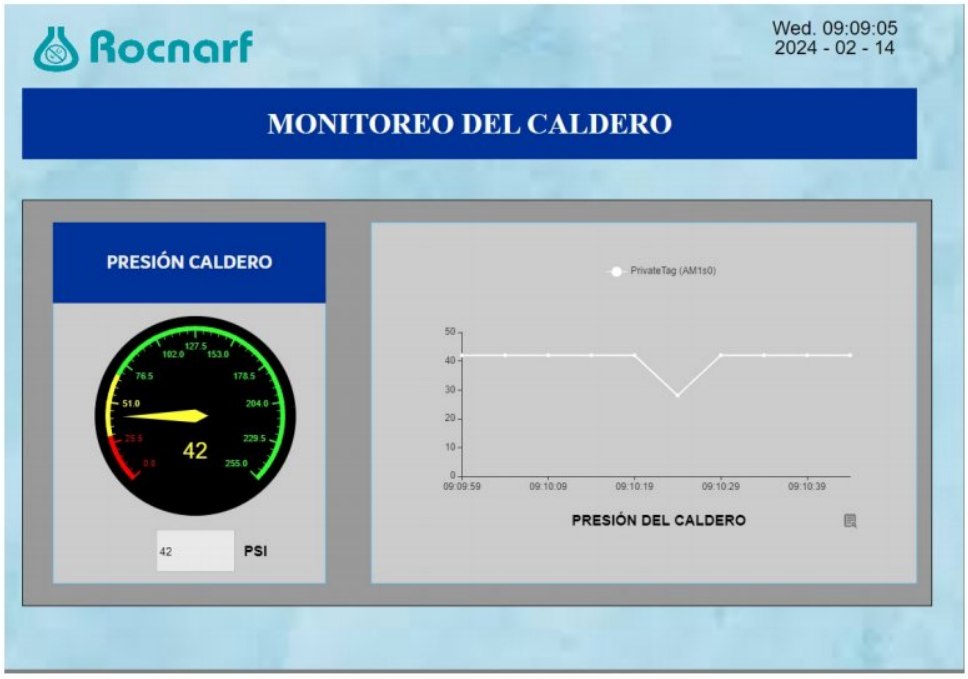

Figura 75. Variación de la presión del caldero

Es fundamental destacar que esta variación en la presión es parte normal del proceso y tiende a estabilizarse una vez que se alcanzan las condiciones de operación adecuadas. Aunque esta fluctuación inicial no indica un problema en el funcionamiento del equipo, es crucial monitorearla de cerca para garantizar un arranque seguro y eficiente del caldero, y prevenir posibles sobrepresiones que puedan comprometer la integridad del sistema.

En la presente interfaz, se expondrán los resultados derivados de las mediciones de la presión del caldero manteniéndose en 83 Psi, proporcionando una validación de su funcionamiento adecuado durante el periodo continuo de prueba de 2 días. En dicha interfaz, se incluirá un registro histórico detallado de cada medición de presión, presentado de manera gráfica para permitir una evaluación visual inmediata.

La gráfica de historial proporciona una representación visual de la evolución temporal de la presión del caldero. A través de esta representación gráfica, se posibilita la rápida detección de variaciones, permitiendo determinar si se mantiene una secuencia de presión constante o si, por el contrario, se registra alguna disminución. Este enfoque visual robustece la capacidad de interpretación y análisis de los datos obtenidos, ofreciendo una visión detallada y precisa del comportamiento del sistema a lo largo del periodo de observación, como se muestra en la figura 76.

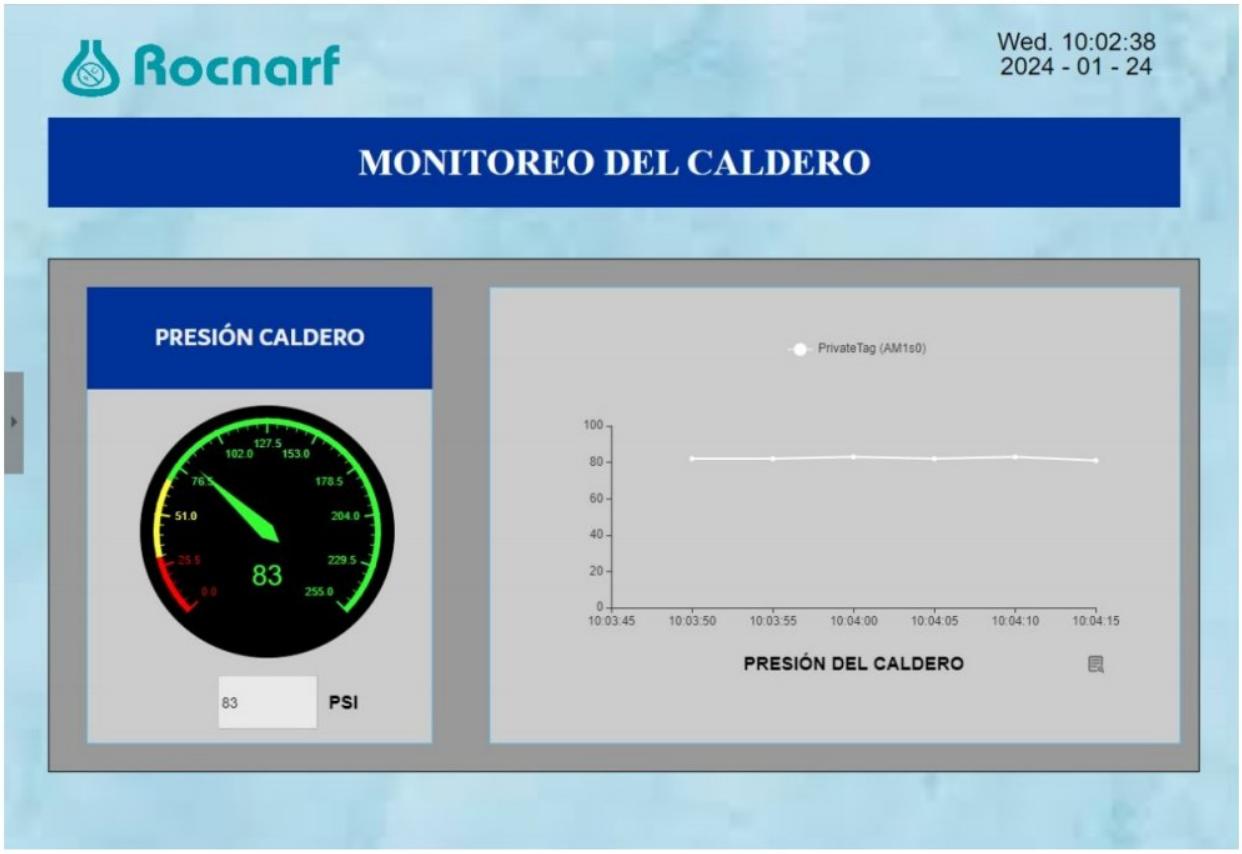

Figura 76. Resultado de la presión del caldero

En la presente interfaz, se exhiben los resultados derivados de las mediciones de la presión del compresor de aire, confirmando su operación adecuada al mantenerse constante en 120 Psi durante el extenso período de prueba continuada de 2 días. De manera adicional, se genera un detallado historial de cada medición de presión, representado gráficamente para facilitar la identificación de eventos significativos.

La gráfica de historial proporciona una representación visual de la evolución temporal de la presión del compresor. A través de esta representación gráfica, se posibilita la rápida detección de variaciones, permitiendo determinar si

se mantiene una secuencia de presión constante o si, por el contrario, se registra alguna disminución. Este enfoque visual robustece la capacidad de interpretación y análisis de los datos obtenidos, ofreciendo una visión detallada y precisa del comportamiento del sistema a lo largo del periodo de observación, como se muestra en la figura 77.

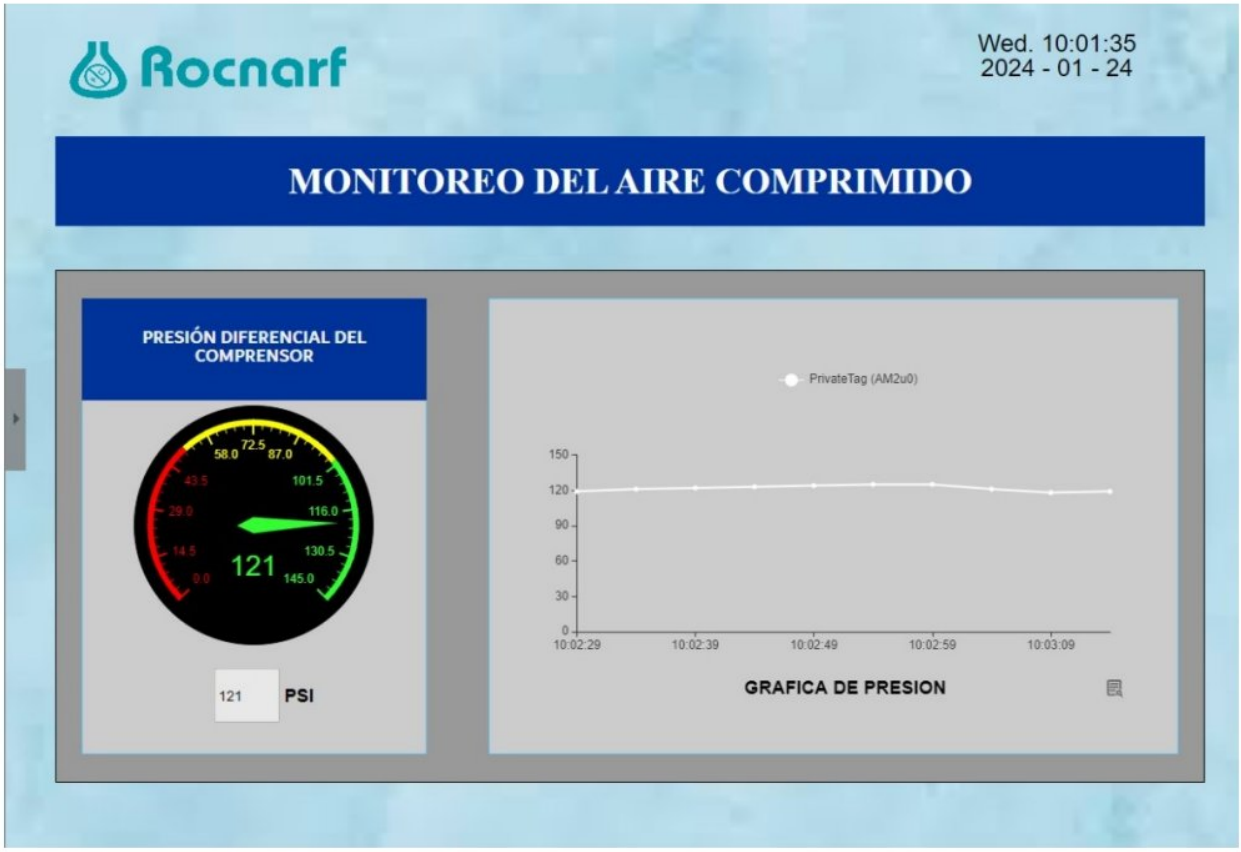

Figura 77. Resultado de la presión del compresor de aire

IX-C. Registro de los datos censados en excel

El resultado de los datos registrados por sensores de presión y temperatura en formato Excel incluye información detallada sobre las lecturas obtenidas durante un período específico, destacando valores máximos, mínimos y promedio para cada parámetro. Además, proporciona gráficos visuales que ilustran la variación de presión y temperatura a lo largo del tiempo, facilitando la interpretación de tendencias y patrones. Este documento es una herramienta invaluable para el análisis y monitoreo continuo de las condiciones ambientales y operativas en el entorno de trabajo.

Time	CALDERO PS	AIRE PS	TEMP.	BOMBA 1	BOMBA 2 Y 3
8:10:00	15	28	45	1	1
8:15:00	15	28	45	1	1
8:20:00	84	124	45	1	1
8:25:00	98	126	45	1	1
8:30:00	84	126	45	1	1
8:35:00	98	126	45	1	1
8:40:00	98	126	45	1	1
8:45:00	98	124	45	1	1
8:50:00	98	126	45	1	1
8:55:00	98	126	45	1	1
9:00:00	98	126	45	1	1
9:05:00	98	126	45	1	1
9:10:00	98	126	45	1	1
9:15:00	98	126	45	1	1
9:20:00	84	126	45	1	1
9:25:00	84	126	45	1	1
9:30:00	98	124	45	1	1
9:35:00	98	126	45	1	1
9:40:00	98	126	45	1	1
9:45:00	98	126	45	1	1
9:50:00	98	126	45	1	1
9:55:00	98	126	45	1	1
10:00:00	98	126	45	1	1

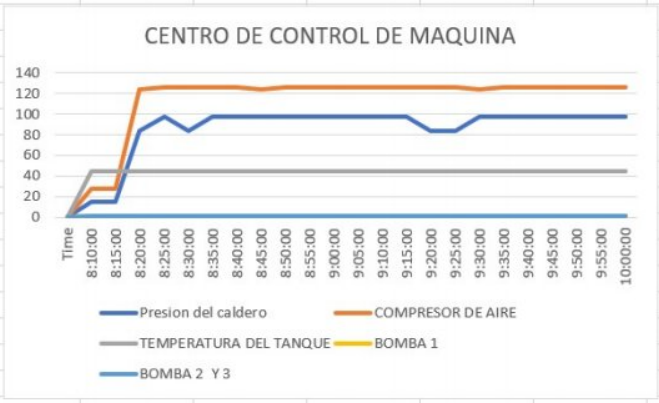

Figura 78. Registro de datos en excel

IX-D. Visita del tutor a la empresa ROCNARF

En esta sección como se muestra en la figura 79, nuestro tutor de proyecto verifica la funcionalidad el proyecto en la interfaz del web server donde se almacena los datos censados del sistema, además del control y el estado de los equipos.

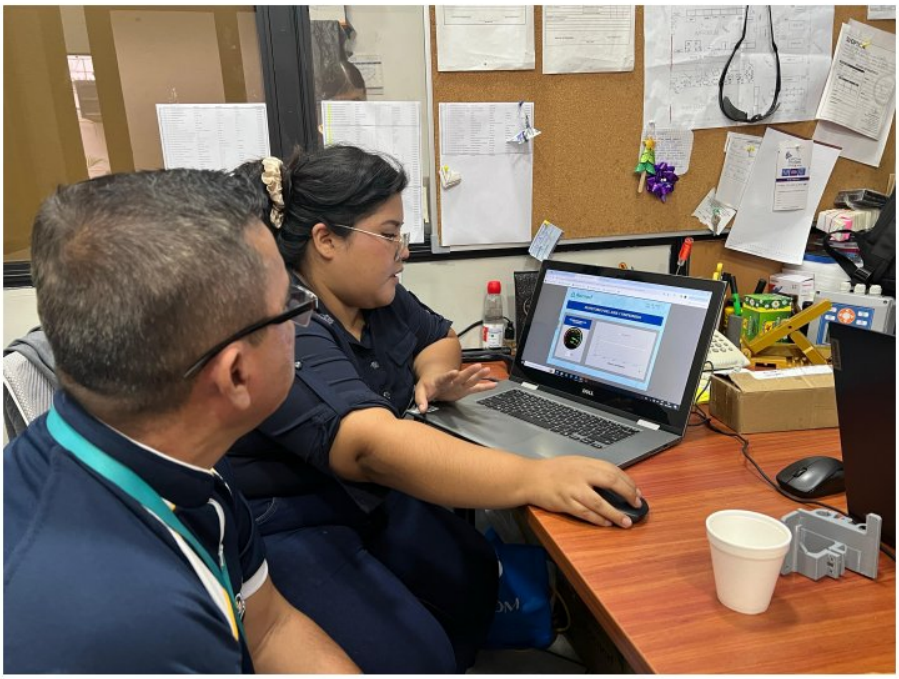

Figura 79. Revisión del funcionamiento del web server

Se realizó un recorrido en las distintas áreas de la empresa, verificando el cumplimiento del proyecto, como se muestra en la figura 80.

Figura 80. Recorrido por la planta de producción

X. Conclusiones

- La ausencia inicial de evaluación para sensores críticos en Laboratorio Rocnarf fue superada con éxito mediante la implementación de un sistema integral. Este logro no solo mejoró la interacción de los técnicos con los equipos esenciales, sino que también posibilitó la automatización del arranque/paro de las bombas, ofreciendo un monitoreo eficiente de variables clave. Este avance técnico ha optimizado sustancialmente las operaciones, destacando un progreso significativo en la gestión de equipos y procesos dentro de la empresa.

- En el desarrollo de la programación en el software Logosoft Confort con se utilizó Logo V8, junto con la integración de sensores de presión diferencial y sensor de temperatura, ha facilitado un monitoreo efectivo de las variables, como se evidencia en la imagen anterior. Este enfoque tecnológico ha demostrado ser crucial para el seguimiento preciso y la gestión óptima de las condiciones asociadas a dichos sensores en el entorno operativo.

- Con la implementación del sistema se realizó pruebas de funcionamiento previas que fueron cruciales para obtener los parámetros necesarios de los sensores, lo que permitió la automatización del encendido de bombas, el control de temperatura y presión en Laboratorio Rocnarf. Este enfoque garantizó la eficiencia operativa y sentó las bases para sistemas de monitoreo más avanzados en el futuro.

- Gracias a la verificación de este proyecto, hemos logrado obtener datos precisos de los sensores, los cuales son visualizados por el personal técnico en la empresa Laboratorio Rocnarf. Esta implementación exitosa garantiza un funcionamiento óptimo del sistema, contribuyendo significativamente a las operaciones de la empresa.

XI. Recomendaciones

El proyecto de Monitoreo y Análisis de Equipos Críticos se ha destacado por su implementación exitosa y ejecución satisfactoria, logrando cumplir con los objetivos planteados y proporcionando una serie de beneficios tangibles. A partir de los resultados obtenidos, se presentan las siguientes recomendaciones clave para maximizar la eficacia y sostenibilidad del proyecto:

- Es esencial mantener un enfoque continuo en la mejora del sistema CCM. La tecnología y las metodologías están en constante evolución, por lo que se recomienda establecer un ciclo iterativo de mejoras que incorpore nuevas técnicas analíticas y tecnologías emergentes.

- Desarrollar un sistema de alertas personalizadas basado en datos históricos y modelos predictivos puede agilizar la toma de decisiones y permitir una respuesta más rápida a las situaciones críticas. Establecer umbrales específicos para cada equipo y tipo de anomalía contribuirá a una gestión más eficiente.

- Incorporar técnicas avanzadas de análisis de causa raíz permitirá comprender las causas subyacentes de las anomalías identificadas. Esto conducirá a soluciones más efectivas y a la prevención de problemas recurrentes, en lugar de simplemente abordar los síntomas.

- Proporcionar capacitación continua al personal encargado del monitoreo y análisis garantizará que estén al tanto de las últimas tecnologías y metodologías. Esto optimizará la utilización del sistema y permitirá que el equipo saque el máximo provecho de las herramientas disponibles.

- Programar auditorías regulares del sistema para evaluar su efectividad y asegurarse de que esté cumpliendo con los objetivos y las expectativas establecidas. Las auditorías también pueden revelar oportunidades adicionales de mejora y ajuste.

- Recopilar y analizar el feedback del personal que utiliza el sistema de monitoreo puede proporcionar ideas valiosas para mejoras y ajustes. Escuchar las experiencias y las sugerencias de los usuarios puede guiar la evolución del sistema de manera efectiva.

XII. Anexos

XII-A. Anexo 1

XII-A1. Cálculos de consumo de vapor: Con el objetivo de alcanzar un control altamente preciso de la presión, se llevarán a cabo cálculos detallados del consumo de vapor en el sistema. Basados en principios termodinámicos, estos cálculos permitirán comprender las interacciones entre variables y componentes que influyen en la presión. Esto facilitará estrategias de control más efectivas para mantener la presión en rangos deseados con gran exactitud.

En un contexto diferente, el proceso comienza con cálculos específicos para la transferencia de calor en un tanque. La finalidad es determinar la cantidad óptima de calor necesaria para iniciar el calentamiento. Estos cálculos emplean análisis detallados de las propiedades termo físicas, considerando la capacidad calorífica y las temperaturas iniciales y objetivo.

Además, se abordan aspectos más amplios relacionados con la energía total requerida para completar el proceso de calentamiento. Esto incluye no solo el calor para alcanzar la temperatura deseada, sino también las pérdidas energéticas por radiación y convección. Estas pérdidas, provenientes de la transferencia de calor hacia el entorno, se calculan con precisión para determinar la energía necesaria.

Para el diseño de la generación de vapor para el laboratorio, se ha tomado como referencia los requerimientos de vapor calculados, en la cual se asume que cada bacheo tome ½ hora.

La empresa cuenta con 3 marmitas, las cuales se tomarán en cuenta para obtener los cálculos:

Dimensiones cilíndricas

1. Tanque a = 150 litros de capacidad
2. Tanque b = 650 litros de capacidad
3. Tanque c = 160 litros de capacidad

Datos extra proporcionado por la empresa.

- Marmita de 1500 litros corresponde a 613 lbs vapor/hora
- Marmita de 650 litros corresponde a 338 lbs vapor/hora
- Marmita de 160 litros corresponde a 83 lbs vapor/hora

La suma total da un valor de 1034 lbs de vapor requerido. Entonces, se calcula las siguientes variables:
Fórmula de vapor

$$\frac{G * S.G * C_P * \Delta t * 8,3}{L * T} \tag{39}$$

- G = Galones de líquido a calentar.
- S.G = Gravedad específica del líquido.
- Cp = Calor específico del líquido.
- ΔT = Aumento de temperatura del líquido.
- L = Calor latente del vapor.

- t = Tiempo en horas.

- Datos de chapa metálica

Diámetro = 5,25 ft
Altura parte cilindrica = 3,44 ft
Área de la parte metálica cilíndrica = $56,75 ft^2$

- Datos de la chaqueta térmica

h = 1.48 ft, altura de la chaqueta térmica.
a = 2.62 ft, radio de la chaqueta térmica.
r = 3.08 ft, radio de la esfera.
Densidad del acero = $490 lbs/ft^3$.
$Espesor = 0,04 ft.$
$Volúmen\ del\ metal$ =3,42 ft.
Área de la chaqueta térmica = $28,63 ft^2$.

Por lo siguiente, los datos para el interior del tanque con fondo tipo plano, se obtiene el valor del volumen de la marmita A.

El volúmen de las marmitas

$$Volumen : \pi * r^2 * H \tag{40}$$

Para obtener datos de cuántos galones se necesita, se procede a convertir un metro cúbico a galones:

$$1m^3 = 264\ Galones \tag{41}$$

Multiplicamos el volumen del tanque A * 264 Galones

$$1m^3 *\ 264\ Galones = 396\ Galones equivalente\ a\ 52{,}97 ft^3. \tag{42}$$

Por otro lado, necesitaremos conseguir el cálculo de la diferencia de temperatura, para esto se indica lo siguiente:

Temperatura inicial: 20.ºC
Temperatura final: 100.ºC

$$\Delta T : 20^oC - 100^oC = 80^oC \tag{43}$$

Para obtener datos de la masa de agua, se considera que cuando el agua llegue a tener una temperatura de 20°C, se obtiene:

$$62{,}2 \frac{lb}{^oF} \tag{44}$$

Entonces, se explica que la masa del agua es:

$$52{,}97 ft^3 * 62{,}2 \frac{lbs}{ft^3} \tag{45}$$

Para obtener datos de la masa de la glucosa, se considera que la densidad sea:

$$0{,}1 \frac{lbs}{ft^3} \tag{46}$$

Dicho esto, se procede a realizar la siguiente operación:

$$Masa\ de\ glucosa\ \ 0{,}1\frac{lbs}{ft^3}\ *\ 52,97\ ft^3\ =\ 5,30\ lbs. \tag{47}$$

Como datos importates se establece lo siguiente:
Calor específico del agua:

$$1\frac{btu}{lb\ ^oF} \tag{48}$$

Calor específico de la glucosa:

$$0{,}54\frac{btu}{lb\ ^oF} \tag{49}$$

Calor específico del Acero:

$$0{,}12\frac{btu}{lb\ ^oF} \tag{50}$$

Si se desarrolla dentro de una hora, se debe indicar que:
Energía requerida del agua (Qa) se obtiene con la siguiente fórmula:

$$Qa = m * Cp * \Delta T \tag{51}$$

$$Qa\ =\ 3,294\ *\ 1\frac{btu}{lbf}\ (212\ ^oF\ -68\ ^oF) \tag{52}$$

$$Qa\ =\ 474{,}397\frac{btu}{h} \tag{53}$$

Calor necesario para metal (Qm):
la fórmula necesaria para metal es:

$$Qp\ = Peso\ de\ la\ olla\ *\ Cp\ de\ acero\ *\ diferencia\ de\ temperatura$$

(54)

Para obtener el peso de la olla, se procede a multiplicar el volumen del metal junto a la densidad del acero.

$$3,42ft^3 * 490\frac{lbs}{ft^3} = 1673\ libras \tag{55}$$

Entonces, reemplanzando valores obtendremos Qm

$$1673lb * 0,12\frac{btu}{lb^oF}\ *\ 144^oF$$

(56)

$$Q_m\ =\ 28{,}917\frac{btu}{h} \tag{57}$$

Calor de arranque

$$Q_{total} = ((Q_a + \frac{Q_m}{t}) + \frac{Q_s}{2}) * (1 + F_s) \tag{58}$$

$$Q_{total} = (474{,}397\frac{btu}{h} + 28{,}917\frac{btu}{h}) + (\frac{28{,}917\frac{btu}{h}}{2}) * 1{,}2 \tag{59}$$

$$Q_{total} = 621{,}327\frac{btu}{h} \tag{60}$$

Finalmente, se reemplaza los valores y se obtiene:

$$\frac{264 * 0{,}13 * 1\ \frac{btu}{lb^o f} * 144^o F * 8,3}{880 * 0{,}5} = 23{,}30\frac{lbs}{h}$$

(61)

Si se multiplica el valor previamente obtenido por las 8 horas laborales se deduce lo siguiente:

$$23{,}30\frac{lbs}{h} * 8h = 186,45lbs \tag{62}$$

Lo que corresponde a que, para el funcionamiento de nuestro sensor, se debe obtener un parámetro mínimo de 23.30 lbs de vapor requerido mínimo por hora.

REFERENCIAS

[1] *¿Qué es un servidor web y cómo funciona?* https://www.hostinger.es/tutoriales/que-es-un-servidor-web, 2018.

[2] *Descripción general de los gases de efecto invernadero*, https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero, 2017.

[3] S. Electric, *Lenguaje de diagrama de bloques de funciones.* https://product-help.schneider-electric.com/Machine20Expert/V1.1/es/SoMProg/SoMProg/FBD_LD_IL_Editor/FBD_LD_IL_Editor-4.htm, 2019.

[4] J. ELECTRICOS, *¿QUÉ ES Y CÓMO FUNCIONA UN BREAKER ELÉCTRICO O DISYUNTOR?* https://jdelectricos.com.co/como-funciona-un-breaker-electrico/, 2020.

[5] Electrobombasjavea, *¿Qué es una bomba de agua?* https://electrobombasjavea.com/blog/que-es-una-bomba-de-agua-y-como-funciona-una-electrobomba, 2023.

[6] P. electromecánico, *Calderas Acuotubulares*, https://portalelectromecanico.com/CURSOS/MaquinasMecanicas/calderas_acuotubulares.com, 2023.

[7] Facogen Industrial, *Tableros de Automatización Industrial*, https://facogemi.com.pe/fabricacion/tableros-de-automatizacion-industrial-plc-pac-dcs, 2021.

[8] Gemlsa, *Manufactura y Diseño de Sistemas de Control y Monitoreo Digital*, https://www.gemlsa.com/monitoreo-y-control, 2021.

[9] Gepeca, *Bombas transferencia de diesel*, https://srcsl.com/thttps://gepecave.com/producto/bomba-de-transferencia-diesel//, 2020.

[10] HBM, *Qué es un sensor de presión.* https://www.hbm.com/es/7646/que-es-un-sensor-de-presion/, 2022.

[11] A. I., *¿Qué es un Chiller? Funcionamiento y Mantenimiento*, https://www.airsoningenieros.com/que-es-un-chiller-funcionamiento-y-mantenimiento/, 2022.

[12] V. Industrial, *Calderas Acuotubulares*, https://vycindustrial.com/calderas-de-vapor-pirotubulares-y-acuotubulares/, 2018.

[13] Luis Cyrino, *¿Cómo funcionan las calderas industriales?* https://tractian.com/es/blog/como-funcionan-las-calderas-industriales, 2020.

[14] Metalindustria, *clave para mejorar la eficiencia energética industrial*, https://www.metalindustria.com/noticias/20230328/calderas-industriales-vapor-clave-para-mejorar-eficiencia-energetica-industrial.

[15] L. México, *Guía de Chillers para principiantes?* https://www.lg.com/mx/business/sistemas-de-aire-acondicionado/Guia-de-Chillers-para-principiantes, 2023.

[16] *Monitor de computadora / Pantalla de ordenador*, https://www.hostinger.es/tutoriales/que-es-un-servidor-web, 2012.

[17] Pirobloc, *¿Qué es un PID?.* https://www.pirobloc.com/blog-es/que-es-un-piping-and-instrumentation-diagram/, 2017.

[18] *Qué es un sistema SCADA, para qué sirve y cómo funciona*, https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-scada/, 2019.

[19] SIEMENS, *LOGO- LO PEQUEÑO ES HERMOSO.* https://new.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc/logo.html, 2023.

[20] SRC, *Tipos de Sensores de Temperatura*, https://srcsl.com/tipos-sensores-temperatura/, 2020.

[21] Universidad Nacional de la Plata, *Eléctricidad*, https://unlp.edu.ar/wp-content/uploads/29/33729/08e425f5255f47f7fd9e7dbc92ee7dfe.pdf.