



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE MECATRÓNICA

**DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA MONITOREO DE
PRESIÓN DIFERENCIAL EN ÁREAS DE PRODUCCIÓN DE UN
LABORATORIO FARMACÉUTICO BASADO EN TECNOLOGÍA IOT**

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

AUTORES: José David Castro Mendoza
Luis Fernando Ramírez Suárez
TUTOR: Gabriel Santiago García Vásquez

Guayaquil - Ecuador
2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **José David Castro Mendoza** con documento de identificación N° **0940322654** y **Luis Fernando Ramírez Suárez** con documento de identificación N° **0932322381**; 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, 3 de Septiembre del año 2024

Atentamente,



José David Castro Mendoza
0940322654



Luis Fernando Ramírez Suárez
0932322381

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

Nosotros, **José David Castro Mendoza** con documento de identificación N° **0940322654** y **Luis Fernando Ramírez Suárez** con documento de identificación N° **0932322381**, 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: DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA MONITOREO DE PRESIÓN DIFERENCIAL EN ÁREAS DE PRODUCCIÓN DE UN LABORATORIO FARMACÉUTICO BASADO EN TECNOLOGÍA IOT**, 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, 3 de Septiembre del año 2024

Atentamente,



José David Castro Mendoza
0940322654



Luis Fernando Ramírez Suárez
0932322381

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Gabriel Santiago García Vásquez**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA MONITOREO DE PRESIÓN DIFERENCIAL EN ÁREAS DE PRODUCCIÓN DE UN LABORATORIO FARMACÉUTICO BASADO EN TECNOLOGÍA IOT**, realizado por **José David Castro Mendoza** con documento de identificación N° **0940322654** y por **Luis Fernando Ramírez Suárez** con documento de identificación N° **0932322381**, 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, 3 de Septiembre del año 2024

Atentamente,



Ing. Gabriel Santiago García Vásquez.
0920256500

DEDICATORIA

A mi querido padre, gracias por educarme con los valores que me ha llevado quien soy y por estar siempre a mi lado, enseñándome la determinación para perseguir mis sueños. Este logro te lo dedico.

A mi amada madre, gracias por su amor incondicional, ayuda constante, sabios consejos que me han guiado a través de mi camino y me han dado las herramientas necesarias para lograr este objetivo. Gracias por confiar en mí y ser mi principal inspiración.

Mis amigos queridos, quienes siempre me han acompañado cuando el mundo se desmoronó, llenaron mi camino de alegría. Quiero expresar mi gratitud por su amabilidad conmigo, sus risas compartidas y por permanecer conmigo todo este tiempo.

Cada uno de ustedes tiene un lugar especial en mi corazón porque me han demostrado un amor incondicional durante estos tiempos difíciles. Un agradecimiento a todas las personas que han sido fundamentales en la implementación de este proyecto. Su orientación y conocimientos fueron importantes.

José David Castro Mendoza

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a mis padres Ana y Johnny, quienes han sido mi roca y mi inspiración a lo largo de mi formación académica y personal. Gracias por su amor incondicional, su apoyo inquebrantable y por celebrar cada uno de mis logros como si fueran suyos propios.

A todos los que han creído en mí, especialmente a aquellos que me han desafiado, pues su escepticismo me ha impulsado a superarme y demostrar que puedo alcanzar mis sueños.

A mis queridos amigos y compañeros de la Universidad, por brindarme momentos inolvidables, por ser un apoyo académico y personal en los momentos difíciles, y por hacer de esta etapa una de las más memorables de mi vida.

A todas aquellas personas que de alguna u otra forma fueron parte de este proceso de formación.

Luis Fernando Ramírez Suárez

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento a mi compañero de tesis, por ser un pilar importante en este proyecto. Su colaboración y amistad hicieron que esta experiencia sea enriquecedora y memorable.

Gracias por los momentos compartidos, las discusiones y el conocimiento aprendido.

A mis profesores, por la inspiración de seguir aprendiendo, además por compartir sus conocimientos y experiencia a través de enseñanza y consejos a lo largo de la carrera, lo que me ha permitido crecer en la parte académica como persona. Sus enseñanzas han dejado una huella en mi formación.

Para concluir, me gustaría exponer mis agradecimientos a todos aquellos que, de alguna manera, han intervenido en mi camino logrando nuevas amistades y experiencia y que de alguna forma me han motivado a alcanzar mis objetivos.

José David Castro Mendoza

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a mi familia, por haberme brindado el apoyo necesario para cumplir cada una de mis metas y su apoyo incondicional.

Agradezco profundamente a mis padres, Ana Suárez y Johnny Ramírez, por todos los sacrificios que han hecho por mí, siendo su esfuerzo una base fundamental para poder alcanzar mis metas. Siempre estuvieron impulsándome y dándome palabras de apoyo, esa confianza hacia mi persona ha sido mi mayor motivación.

A mi abuela y hermanos, gracias también por su compañía y apoyo, sin ellos no habría logrado esta meta tan anhelada.

En este contexto profesional, quiero dedicar unas palabras de agradecimiento a Laboratorios Rocnarf S.A, por permitirme realizar el presente trabajo de titulación dentro de sus instalaciones. Asimismo, extendiendo mi gratitud al Ing. Esp. Edward Díaz, quien desde el primer momento me brindó su apoyo y orientación a lo largo de este trayecto.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi Tutor de Proyecto de Titulación Ing. Gabriel García, por su invaluable guía y orientación durante el desarrollo de este proyecto. Su vasta experiencia y conocimientos en el campo me permitieron superar los desafíos y alcanzar los objetivos propuestos.

Luis Fernando Ramírez Suárez

RESUMEN

El presente trabajo de titulación está enfocado en la automatización de procesos de monitoreo de presión diferencial en salas blancas dentro de un laboratorio farmacéutico. Estas empresas deben garantizar un ambiente controlado, y la presión diferencial juega un papel esencial, puesto que al mantener los valores adecuados evita que ingresen contaminantes a cada una de las áreas. Dicho factor se ha supervisado de forma manual, revisando el valor mostrado por el sensor en la parte externa de las áreas de producción. Estos valores no pueden ser monitoreados fuera del área de producción, impidiendo que, ante algún problema de fluctuación, los técnicos de mantenimiento puedan actuar de manera inmediata. En base a estos desafíos, se desarrolló un sistema SCADA, el mismo que integra tecnología IoT, reduciendo la necesidad del ingreso constante al área de producción, optimizando los procesos de supervisión y control de la presión diferencial.

Palabras clave:

Presión diferencial, Monitoreo, Salas blancas.

ABSTRACT

The present thesis focuses on the automation of differential pressure monitoring processes in cleanrooms within a pharmaceutical laboratory. These companies must ensure a controlled environment, and differential pressure plays a crucial role, as maintaining appropriate values prevents contaminants from entering each area. This factor has been monitored manually by checking the values displayed by the sensor located outside the production areas. These values cannot be monitored outside the production area, which hinders maintenance technicians from acting immediately in the event of any fluctuations. Based on these challenges, a SCADA system was developed, integrating IoT technology, which reduces the need for constant entry into the production area, optimizing the processes of supervision and control of differential pressure.

Keywords:

Differential pressure, Monitoring, Cleanrooms.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	PROBLEMA	2
III.	JUSTIFICACIÓN	3
IV.	OBJETIVOS	4
IV-A.	Objetivo general	4
IV-B.	Objetivos específicos	4
V.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	5
V-A.	Sensores	5
V-A1.	Sensores analógicos	5
V-A2.	Sensores digitales	5
V-A3.	Sensores de presión	5
V-A4.	Sensores de presión diferencial	5
V-B.	Baliza	6
V-C.	Cade Simu	6
V-D.	SolidWorks	7
V-E.	LOGO! SIEMENS	7
V-F.	Lenguaje de Programación	8
V-G.	Relé Electromagnético	8
V-H.	Fuente de alimentación conmutada	9
V-I.	SCADA	9
V-J.	Node-RED	10
V-K.	Adafruit.io	10
V-L.	IoT	10
V-M.	Modelos de comunicación industrial	11
V-M1.	Comunicación Serial	11
V-N.	Red cliente-servidor	11
VI.	MARCO METODOLÓGICO	12
VI-A.	Topología del sistema	13
VI-B.	Investigación preliminar.	14
VI-C.	Análisis y solución.	14
VI-D.	Diseño e implementación de sistema.	16
VI-D1.	Diagramas eléctricos de paneles de control	16
VI-D2.	Prueba de funcionamiento de circuito eléctrico	17
VI-E.	Diseño del software de control	19
VI-E1.	Fase inicial	19
VI-E2.	Fase final	23
VI-F.	Diseño e impresión de soporte para balizas	26
VI-G.	Diseño de la interfaz de usuario	29
VI-H.	Implementación de tablero	30
VI-I.	Conexión y comunicación.	32
VI-I1.	Comunicación PC-LOGO!	35
VI-J.	Implementación IoT	35
VI-J1.	Configuración de conexión de Node-Red con LOGO!	35
VI-J2.	Configuración LOGO Soft Comfort	37

VI-J3.	Programación de Nodos	37
VI-J4.	Diseño de interfaz en Adafruit IO	40
VII.	Resultados	43
VII-A.	Resultados de tableros de control	43
VII-B.	Monitoreo de presión diferencial en sistema SCADA	45
VII-C.	Monitoreo de presión diferencial en sistema IoT	47
VIII.	CRONOGRAMA	48
IX.	PRESUPUESTO	49
X.	CONCLUSIONES	50
XI.	RECOMENDACIONES	51
Anexo A:	Planos	55
Anexo B:	Instalaciones y conexiones	58

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Sensor analógico [10].	5
2.	Sensor digital [12].	5
3.	Sensor de presión diferencial [15].	6
4.	Balizas de señalización [17].	6
5.	Cade Simu [18].	7
6.	SolidWorks [20].	7
7.	Microcontrolador LOGO! [21].	8
8.	Bloques de Función [24].	8
9.	Relé electromagnético [26].	9
10.	Fuente Conmutada [28].	9
11.	SCADA [31].	9
12.	Node-RED [33].	10
13.	Dashboard [35].	10
14.	IoT [37].	11
15.	IoT [40].	11
16.	Cliente-Servidor [42].	11
17.	Diagrama de flujo del Proyecto, por L. Ramírez y J. Castro.	12
18.	Topología del Sistema, por L. Ramírez y J. Castro.	13
19.	Sensor analógico mecánico, por L. Ramírez y J. Castro.	14
20.	Medidor de presión diferencial digital, por L. Ramírez y J. Castro.	15
21.	Entrada de alimentación de medidor de presión diferencial, por L. Ramírez y J. Castro	15
22.	Especificaciones de medidor de presión diferencial, por L. Ramírez y J. Castro.	16
23.	Esquema eléctrico, por L. Ramírez y J. Castro.	17
24.	Sensor de presión diferencial, por L. Ramírez y J. Castro.	18
25.	Prueba de funcionamiento de circuito eléctrico/electrónico, por L. Ramírez y J. Castro.	18
26.	Prueba de funcionamiento de la baliza, por L. Ramírez y J. Castro.	18
27.	Prueba de funcionamiento del relé, por L. Ramírez y J. Castro.	19
28.	Tabla de rangos de presión (Pascales), por L. Ramírez y J. Castro.	20
29.	Configuración del conmutador analógico de valor umbral diferencial, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.	21
30.	Primer programa, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.	22
31.	Configuración de la instrucción aritmética, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.	22
32.	Diagrama incluyendo la instrucción aritmética, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.	23
33.	Parámetros VM, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.	24
34.	Salida incorrecta del valor en Logo! principal, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.	24
35.	Salida incorrecta del valor en Logo! secundario, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.	25
36.	Código final en Logo! principal, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.	25
37.	Código final en Logo! secundario, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.	26
38.	Primer soporte para baliza diseñado, por L. Ramírez y J. Castro, SolidWorks	26
39.	Segundo soporte para baliza diseñado, por L. Ramírez y J. Castro, SolidWorks	27
40.	Diseño final del soporte para baliza, por L. Ramírez y J. Castro, SolidWorks	27
41.	Vista posterior del diseño de soporte para baliza, por L. Ramírez y J. Castro, por L. Ramírez y J. Castro, SolidWorks.	28
42.	Soporte para baliza impreso, por L. Ramírez y J. Castro, impresión 3D.	29
43.	Interfaz de usuario inicial, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.	30
44.	Interfaz de usuario final, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.	30
45.	Tablero fase inicial, por L. Ramírez y J. Castro.	31
46.	Tablero con conexiones, por L. Ramírez y J. Castro.	32
47.	Asignación de dispositivo, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.	32

48.	Configuración IP, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.	33
49.	Logo! 8.3 Dosificado, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.	33
50.	Entrada de red, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.	34
51.	Conexión Logo-Logo, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.	34
52.	Red LOGO, por L. Ramírez y J. Castro.	35
53.	Librerías logo en node red, por L. Ramírez y J. Castro, Node-red.	36
54.	Bloques de Flows, por L. Ramírez y J. Castro, Node-red.	36
55.	Flow to adapt the s7 node to the LOGO from Siemens, por L. Ramírez y J. Castro, Node-red.	37
56.	Nodos LOGO!, por L. Ramírez y J. Castro, Node-red.	37
57.	Parámetros de conexión, por L. Ramírez y J. Castro.	37
58.	Configuración del Nodo entrada, por L. Ramírez y J. Castro, Node-red.	38
59.	Configuración de conexión entre el nodo y el LOGO, por L. Ramírez y J. Castro, Node-red.	38
60.	Programación de comunicación LOGO y Adafruit IO, por L. Ramírez y J. Castro, Node-red.	39
61.	Configuración nodo mqtt de salida, por L. Ramírez y J. Castro, Node-red.	39
62.	Mqtt broker node, por L. Ramírez y J. Castro, Node-red.	40
63.	Registro de Usuario y contraseña, por L. Ramírez y J. Castro, Node-red.	40
64.	Adafruit IO key, por L. Ramírez y J. Castro, Adafruit.	40
65.	Bloques, por L. Ramírez y J. Castro, Adafruit.	41
66.	Feeds, por L. Ramírez y J. Castro, Adafruit.	41
67.	Condición del indicador luminoso, por L. Ramírez y J. Castro, Adafruit.	42
68.	Ejecución de programa de Node-red, por L. Ramírez y J. Castro, Adafruit.	42
69.	Tablero 1 instalado, por L. Ramírez y J. Castro.	43
70.	Tablero 2 instalado, por L. Ramírez y J. Castro.	43
71.	Tablero 3 instalado, por L. Ramírez y J. Castro.	44
72.	Tablero 4 instalado, por L. Ramírez y J. Castro.	44
73.	Funcionamiento de balizas junto a sensores dentro de la primera área.	45
74.	Funcionamiento de balizas y sensores dentro de la segunda área.	45
75.	Funcionamiento de SCADA 1, por L. Ramírez y J. Castro.	46
76.	Funcionamiento de SCADA 2, por L. Ramírez y J. Castro.	46
77.	Funcionamiento de IoT bajo Adafruit, por L. Ramírez y J. Castro.	47
78.	Base para baliza, versión final, por L. Ramírez y J. Castro, SolidWorks.	55
79.	Base para baliza, versión curva, por L. Ramírez y J. Castro, SolidWorks.	56
80.	Base para baliza, versión larga, por L. Ramírez y J. Castro, SolidWorks.	57
81.	Conexiones internas del tablero de control, por L. Ramírez y J. Castro.	58
82.	Ubicación del tablero en el área designada, por L. Ramírez y J. Castro.	59
83.	Instalación del sensor de presión diferencial, por L. Ramírez y J. Castro.	60
84.	Ubicación de balizas junto a los sensores, por L. Ramírez y J. Castro.	61
85.	Conexión de balizas a los sensores y tablero de control, por L. Ramírez y J. Castro.	62
86.	Conexión de balizas y sensores al tablero de control, por L. Ramírez y J. Castro.	63
87.	Data sheet LOGO! AM2 AQ expansion module	64
88.	Data sheet Baliza Led Multifunción para PLC, 24V	65
89.	Data sheet Relevos de 14 pines planos Serie R4N	66
90.	Data sheet Sensor de presión diferencial	67
91.	Data sheet LOGO!	68
92.	Data sheet Fuente conmutada 24V 5A	69

ÍNDICE DE TABLAS

I.	Cronograma	48
II.	Presupuesto	49

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente en la industria farmacéutica, la automatización de los procesos de los laboratorios ha evidenciado un crecimiento de demanda en el mercado por la necesidad de trascender en lo tecnológico y optimizar la eficiencia en los sistemas de monitoreo.

Este trabajo de titulación tiene como finalidad buscar una solución tecnológica para los problemas presente en un ambiente controlado donde las diferencias de presión son importantes para evitar la contaminación cruzada y garantizar la calidad de los medicamentos.

En este contexto, el sistema Scada se lo mostrará como una solución capaz para la monitorización de datos en ese mismo tiempo en un entorno de producción. La implementación de tecnología IoT nos dará una ventaja en los procesos dado que su accesibilidad nos ayudará a tener un mantenimiento predictivo para la supervisión constante del estado de los sensores digitales de presión diferencial.

La modificación hacia un sistema de monitoreo remoto no solo nos favorece en la gestión de datos, sino que también nos ayudará a mejorar los proyectos y aumentar la seguridad en la producción.

La comunicación será de Logo a Logo lo que nos permitirá que los controladores se conecten entre sí, lo que optimizará el envío de información y la eficiencia operativa. Este es un gran paso hacia la modernización de los procesos en la industria farmacéutica, lo que motiva a la mejora continua de proyectos y la rentabilidad en el ambiente de producción.

II. PROBLEMA

El sector farmacéutico ecuatoriano experimentó un crecimiento notable en sus ventas durante la pandemia de COVID-19. Entre 2014 y 2019, la industria mantuvo un crecimiento promedio anual moderado del 1,70 %. Sin embargo, en 2020, este crecimiento se disparó a un 13,00 %, una cifra significativamente superior a la tendencia previa [1].

Actualmente, la industria farmacéutica se encuentra en el umbral de una transformación significativa. Sin embargo, a pesar de estos avances prometedores, existen desafíos y problemas que deben abordarse para aprovechar completamente el potencial de estas tecnologías innovadoras [2].

En laboratorios farmacéuticos la supervisión de la presión diferencial, es un elemento crítico en la fabricación de medicamentos, se realiza en su gran mayoría de forma manual [3]. Esta metodología no permite un seguimiento constante y preciso, lo que genera incertidumbre entre los trabajadores y podría comprometer la calidad de los productos si hay fluctuaciones significativas en la presión.

Además, el equipo de mantenimiento debe entrar frecuentemente a las zonas de producción para verificar la presión, lo que conlleva el riesgo de que contaminantes externos sean llevados al interior de las instalaciones, poniendo en peligro la esterilidad del entorno y, por ende, la seguridad de los medicamentos producidos.

El ajuste, revisión y la calibración de los sistemas que controlan la presión diferencial son tareas de alta precisión y de gran relevancia en el proceso de producción farmacéutica. Estos procedimientos, aunque vitales para garantizar la calidad del producto, requieren una pausa en la manufactura de los medicamentos para que los técnicos puedan llevar a cabo los ajustes con la meticulosidad y exactitud que el proceso exige.

III. JUSTIFICACIÓN

La normativa 37 de la OMS establece directrices claras sobre las condiciones ambientales necesarias para garantizar la calidad y pureza de los productos farmacéuticos, lo que subraya la pertinencia y urgencia de implementar un sistema SCADA eficiente para monitorear y mantener los niveles adecuados de presión diferencial [4].

La implementación de tableros de control eléctricos y la sustitución de sensores analógicos por digitales es una estrategia de mejora en el equipamiento técnico. Este avance es fundamental para la integración con un sistema SCADA, lo que nos permitirá incrementar la precisión y eficiencia en la recopilación de datos, aspectos importantes para mantener controlado el diferencial de presión en salas blancas de un laboratorio farmacéutico.

Al adoptar un sistema SCADA en laboratorios farmacéuticos, este puede representar una estrategia pro activa en el mejoramiento de la gestión dentro de las áreas de trabajo [5]. Esta tecnología elimina la necesidad de que los operarios ingresen físicamente a cada zona para realizar controles, lo que se traduce en una mayor optimización del rendimiento operativo. Con la capacidad de supervisar la presión diferencial de manera remota y en tiempo real, el sistema no solo optimiza los procesos internos y minimiza los riesgos por fluctuaciones no detectadas, sino que también asegura un control constante y detallado. Esto permite mantener la más alta calidad y seguridad en todas las operaciones, sin interrupciones ni compromisos.

Además, la implementación de supervisión remota mediante tecnología IoT representa una alternativa confiable para la visualización en tiempo real de los datos capturados por los sensores [6]. Esta estrategia permite acceder a la información desde cualquier dispositivo conectado, lo que contribuye a la optimización de los procesos de control de la presión diferencial en las salas blancas, asegurando así un entorno estéril y regulado.

IV. OBJETIVOS

IV-A. Objetivo general

Desarrollar un sistema de alarma y monitoreo de presión diferencial en un laboratorio farmacéutico empleando IoT y sensores digitales, de manera que cumpla con la normativa 37 de la OMS referente a la elaboración de medicamentos.

IV-B. Objetivos específicos

- Desarrollar un sistema SCADA que permita la observación y manipulación de las ventanas del sistema de monitoreo y genere alarmas de alerta en un laboratorio farmacéutico.
- Implementar un sistema IoT, que permita la revisión de forma remota de los valores de presión diferencial fuera de las salas blancas del laboratorio.
- Implementar un sistema de alerta de activación automática, ante las desviaciones de los valores estándares del proceso de elaboración farmacéutica.

V. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

V-A. Sensores

Son herramientas que ayudan a detectar algún estímulo en su entorno y, a su vez, responden a cierta información del entorno físico [7] y traduciéndola a un impulso eléctrico que, posteriormente, generará una acción preestablecida en una máquina o sistema [8].

V-A1. *Sensores analógicos:* Su función principal es la de interpretar cada uno de los puntos contenidos dentro de una señal, generando datos continuos en el tiempo. Una ventaja de este tipo de sensores es que tiene la capacidad de interpretar una cantidad infinita de valores, siendo más preciso en mediciones, pero a su vez podría presentar algún error de paralaje en su interpretación, al ser esta de forma visual [9].



Figura 1. Sensor analógico [10].

V-A2. *Sensores digitales:* Es un componente electrónico diseñado para registrar y transformar variaciones en condiciones físicas en datos digitales. En contraste con los sensores analógicos, que traducen la información en valores continuos, los dispositivos digitales producen datos en términos de valores binarios [11].



Figura 2. Sensor digital [12].

V-A3. *Sensores de presión:* Un sensor de presión es un dispositivo que mide y registra la presión aplicada a él, luego convierte esa información en una señal de salida utilizando un elemento detector de presión y otros componentes electrónicos [13].

V-A4. *Sensores de presión diferencial:* Los dispositivos conocidos como sensores de presión diferencial están diseñados específicamente para medir la presión en dos puntos distintos, esto significa que el sensor generará una señal positiva si hay un aumento de presión en una de las tomas en comparación con la otra, o una señal de voltaje negativa si lo que se registra es una disminución de la presión [14].



Figura 3. Sensor de presión diferencial [15].

V-B. Baliza

Las balizas de señalización se emplean en todas las industrias para avisar o informar sobre un estado de forma acústica o visual. El propósito principal es alertar efectivamente a los trabajadores de riesgos, brindando una respuesta rápida en caso de emergencia.

Dependiendo de cada circunstancia, los colores de las balizas tienen significados distintos.[16].



Figura 4. Balizas de señalización [17].

V-C. Cade Simu

Es un programa de tecnología electrónica que permite ingresar símbolos de manera organizada, similar a una biblioteca. El sistema creará rápida y fácilmente diagramas eléctricos con fines de simulación. Luego, el programa mostrará el estado de los componentes eléctricos y marcará los conductores eléctricos del flujo de corriente.[18].

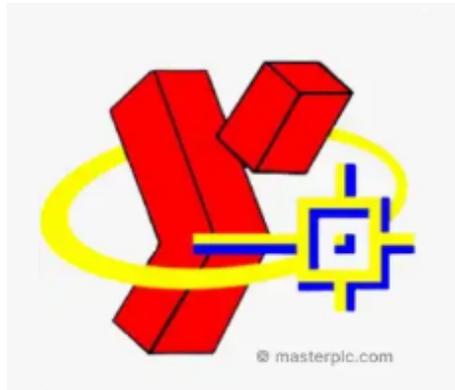


Figura 5. Cade Simu [18].

V-D. *SolidWorks*

Es un software de diseño mecánico tipo CAD le permiten crear de forma rápida e intuitiva modelos, ensamblajes y dibujos sólidos en 3D. Debido a que las cotas y la escala utilizadas para realizar las operaciones se conservan en el modelo, se reduce el esfuerzo necesario para cambiar y crear variaciones de diseño. Su diseño tiene poderosas herramientas para los Ingenieros y diseñadores, permitiendo crear diseños únicos.[19].



Figura 6. SolidWorks [20].

V-E. *LOGO! SIEMENS*

Es un módulo lógico inteligente que se utiliza en proyectos de automatización, ideal para aplicaciones industriales como la gestión de compresores, control de accesos y otras funciones en oficinas, comercios y hogares [21]. De forma interna cuenta con un amplio registro de funciones básicas y especiales, las mismas que podrían ayudarnos a resolver problemas de automatización con gran facilidad, sin embargo, estas funciones están diseñadas principalmente para abordar problemas no tan complejos, y no son adecuadas para aplicaciones que requieran una automatización sofisticada [22].

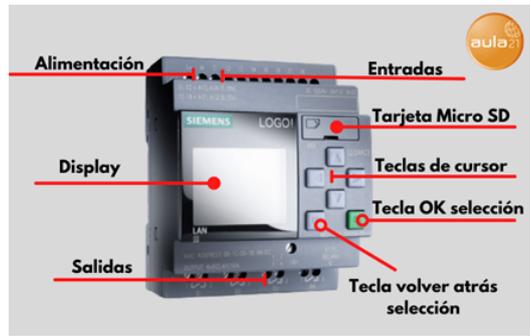


Figura 7. Microcontrolador LOGO! [21].

V-F. Lenguaje de Programación

Existen diversos tipos de lenguajes de programación para la elaboración de los esquemas eléctricos en la cual se destaca los bloques de función. Las conexiones se hacen por bloques conectadas a una variable de salida y entrada. [23].

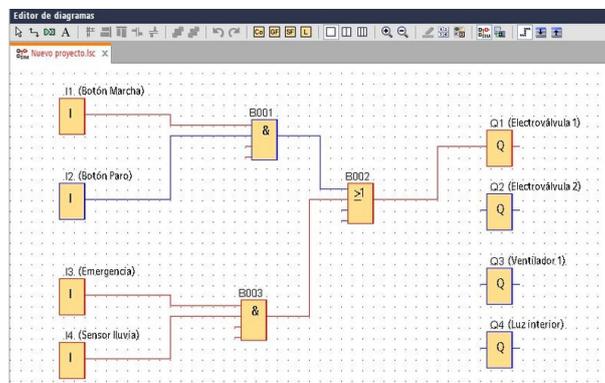


Figura 8. Bloques de Función [24].

V-G. Relé Electromagnético

Un relé es un dispositivo que funciona como un conmutador accionado electromagnéticamente. Se activa mediante una corriente eléctrica de baja intensidad y tiene la capacidad de controlar el flujo de una corriente mucho más alta, permitiendo así abrir o cerrar circuitos eléctricos. Existen otros componentes, como los transistores, que cumplen un propósito similar, pero están limitados a operar con voltajes inferiores y poseen distintas propiedades, lo que los hace idóneos únicamente para aplicaciones en el campo de la electrónica. Por otro lado, los relés se adaptan a una amplia variedad de usos en numerosas áreas debido a su versatilidad [25].



Figura 9. Relé electromagnético [26].

V-H. Fuente de alimentación conmutada

Las fuentes conmutadas, conocidas como SMPS, son un dispositivo electrónico que, mediante conmutación, transforma energía eléctrica de entrada a una salida diferente. Hay 4 tipos de estas fuentes que son: CA a CC, CA a CA, CC a CA y CC a CC [23]. Su principio de funcionamiento se basa en un interruptor, que se enciende y apaga a una frecuencia alta, controlando la cantidad de energía transferida al dispositivo. Además, tienen una ventaja en comparación a las fuentes de alimentación lineales, debido a que ofrecen una eficiencia superior en la conversión de voltaje y corriente [27].



Figura 10. Fuente Conmutada [28].

V-I. SCADA

Un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) es una plataforma tecnológica esencial para la automatización industrial. Su diseño permite gestionar operaciones en estaciones remotas, facilitando que los operadores supervisen y controlen los procesos sin necesidad de acceder físicamente a las áreas de trabajo [29]. A través de este sistema, es posible monitorear una amplia gama de parámetros críticos como la presión, temperatura y humedad. Los datos relevantes se recopilan mediante una red de sensores y transmisores, que están interconectados por una red de comunicaciones, la cual puede configurarse tanto en modalidades inalámbricas como cableadas, dependiendo de las necesidades específicas del entorno industrial. [30].

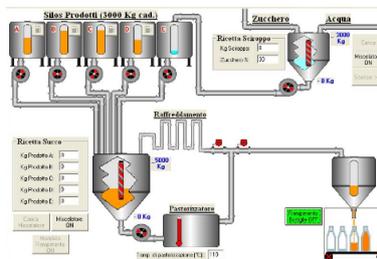


Figura 11. SCADA [31].

V-J. Node-RED

Es una aplicación cuyo desarrollo es de código abierto con una interfaz que sería una programación visual por nodos desarrollada por IBM que permite conectar API, servicios en línea y dispositivos de hardware. Esta herramienta es una de las aplicaciones de gestión de datos que nos muestra en tiempo real datos que es importantes y útil para las soluciones IoT que se necesita para diferentes proyectos. Permite la conexión gráfica de nodos, que son componentes predefinidos, para diseñar flujos de trabajo específicos. Estos nodos de entrada, procesamiento y salida se combinan para formar un flujo coherente, lo que facilita la implementación de tareas complejas de manera simple y fácil de entender. [32].

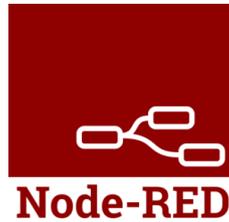


Figura 12. Node-RED [33].

V-K. Adafruit.io

El Adafruit.io muestra los datos de los proyectos IoT en tiempo real. Es un servidor en la nube que puede conectarse a dispositivos IoT a través de wifi y proporcionar un panel de control para controlarlos. Se puede usar como un servicio gratuito y tiene una interfaz de diseño de paneles de control simple. La clave de autenticación se puede generar directamente desde la cuenta del usuario y se puede agregar al programa para conectar los componentes IoT al panel de control correspondiente.[34].

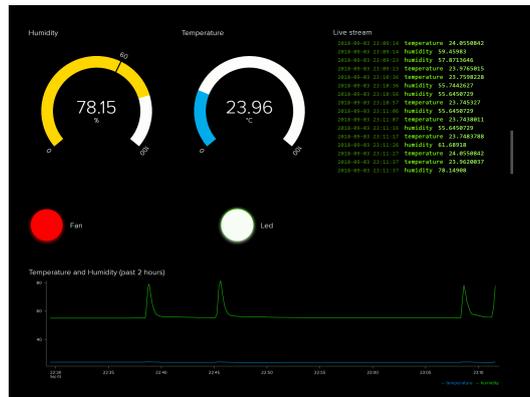


Figura 13. Dashboard [35].

V-L. IoT

El término IoT, que se traduce como Internet de las Cosas, se refiere a la red de dispositivos físicos que tienen la capacidad de recopilar y enviar información mediante la utilización de conexiones sin cables, la característica distintiva del IoT es su capacidad para operar de manera autónoma, minimizando la necesidad de intervención humana y permitiendo una comunicación fluida entre dispositivos a través de redes inalámbricas [36].



Figura 14. IoT [37].

V-M. Modelos de comunicación industrial

V-M1. Comunicación Serial: Se refiere al sistema de comunicación primordial que se atribuye a cada controlador o Logo. Esta comunicación se ejecuta mediante el uso de protocolos como RS232, RS422 [38]. El puerto serial presenta desventajas en comparación con la comunicación en paralelo, ya que transmite y recibe bytes de información, pero lo hace de bit en bit, mientras que la comunicación en paralelo puede manejar un byte completo simultáneamente [39].

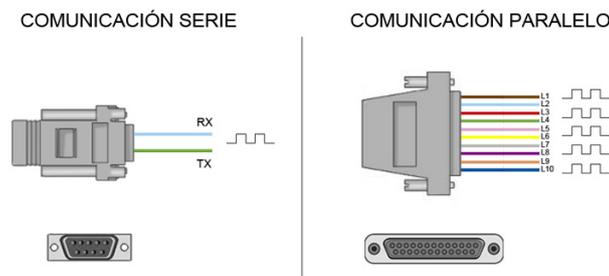


Figura 15. IoT [40].

V-N. Red cliente-servidor

La arquitectura cliente-servidor se lo denomina modelo de comunicación en el que los clientes se conectan a un servidor que reúne datos y recursos con el fin de ponerlo a disposición de los clientes cuando se lo requieren. Es un modelo importante para el diseño de sistema compartido, puesto que facilita la comunicación entre varios usuarios.[41].



Figura 16. Cliente-Servidor [42].

VI. MARCO METODOLÓGICO

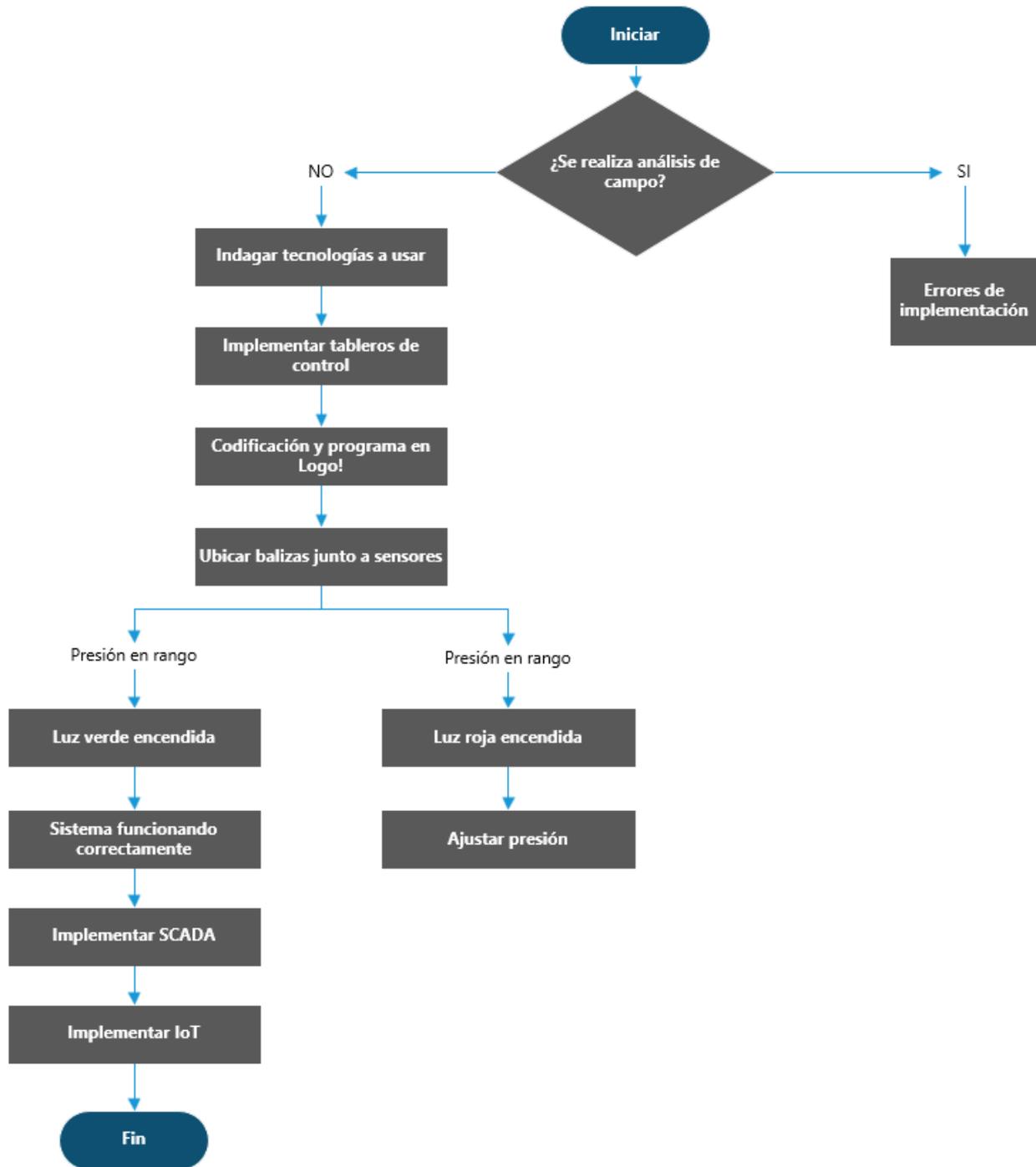


Figura 17. Diagrama de flujo del Proyecto, por L. Ramírez y J. Castro.

Para llevar a cabo el proyecto de forma correcta, se debe realizar primero un análisis de campo, en donde se indagará todas las tecnologías a usar y como lograr que sea de forma óptima, para así evitar futuros errores al momento de llegar a la implementación.

Mediante esto se podrá implementar los tableros de control a usar, los cuales van a controlar las mediciones de los sensores instalados en las áreas de producción, generando los valores de presión diferencial de las mismas. Esto gracias a la codificación y programa cargado dentro del Logo! que se tiene dentro de cada uno de los tableros.

Una vez instalados los sensores y tableros, se ubicaran al costado de cada sensor una baliza, la cual emitirá dos luces, una de color verde y otra de color rojo, la primera estará encendida cuando el valor de presión diferencial se encuentre en rango, mientras que la segunda, es decir la de color rojo, se encenderá cuando el valor salga del rango estipulado.

Mientras todo esto se cumpla, se sabrá que el sistema está funcionando correctamente. Y con esta confirmación se podrá llevar a cabo la fase de la implementación del SCADA, este será un programa visible mediante un servidor de red dentro del laboratorio, donde se podrá monitorear fuera de la planta de producción los valores de presión. Seguido de esto se implementará el IoT para visualizar dichos valores fuera del laboratorio y en cualquier dispositivo a través de un servidor de internet.

VI-A. Topología del sistema

Una topología, en este caso física, es de gran ayuda para tener un mayor control y visualización de como están distribuidos los dispositivos y sistemas del proyecto. Como se puede apreciar en la figura mostrada, se representa el sistema SCADA e IoT, se tienen varios Logo! configurados como esclavos conectados a un solo Logo! configurado como maestro, de tal forma que sea mas fácil de visualizar sus datos y realizar la comunicación con el SCADA, de este Logo! maestro se envía la señal al servidor o a la nube, que será la encargada de que podamos visualizarla de manera remota en la red, en dispositivos como celulares, laptops o tablets, sin necesidad de estar dentro de la misma red IP.

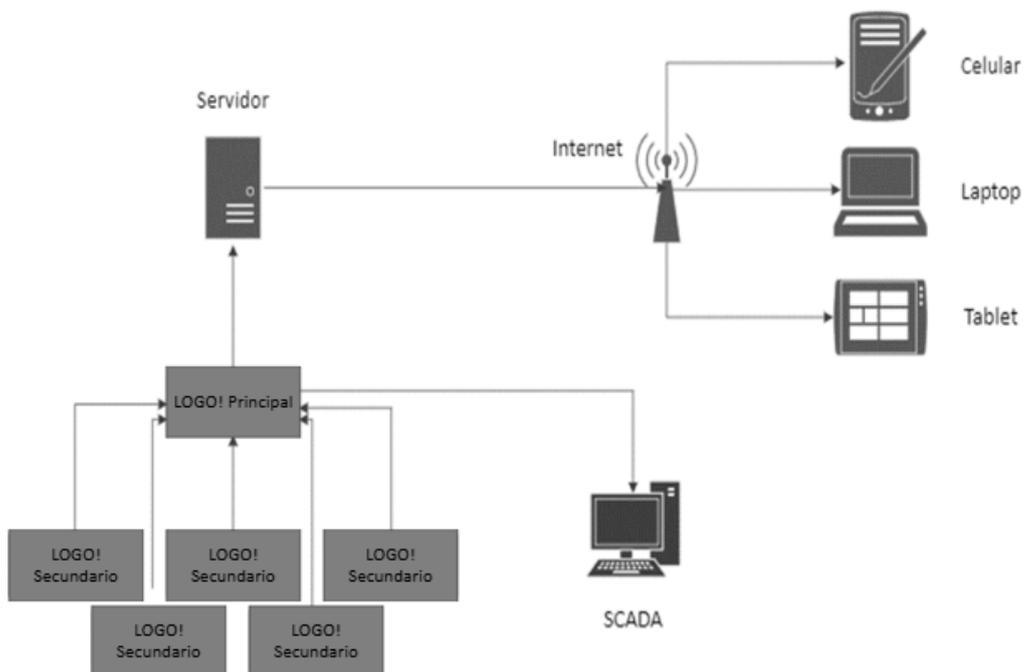


Figura 18. Topología del Sistema, por L. Ramírez y J. Castro.

VI-B. Investigación preliminar.

Antes de iniciar este proyecto, es imprescindible llevar a cabo un estudio exhaustivo sobre los factores determinantes del mismo. Esta información será crucial para asegurar una implementación exitosa.

Dentro del laboratorio farmacéutico se encuentran inicialmente instalados sensores de presión diferencial, los mismos que son analógicos mecánicos como se puede ver en la figura 19



Figura 19. Sensor analógico mecánico, por L. Ramírez y J. Castro.

Estos sensores son precisos en cuanto al valor que muestran, pero el inconveniente se presenta al momento de realizar las lecturas correspondientes, ya que se toma un control diario de presión en cada área antes de iniciar los procesos de producción, y así evitar contaminación cruzada, los operadores ven desde abajo el sensor y puede representar errores de paralaje.

Presentan componentes mecánicos, los mismos que por su composición pueden llegar a sufrir desgastes con el tiempo, llegando a limitar su precisión, requiriendo un mantenimiento para que así, pueda medir de forma correcta. A más de dicho desgaste hay otros factores que pueden afectar en la medición, como pueden ser la temperatura, la humedad, y las vibraciones.

Otro inconveniente presentado en el laboratorio es la necesidad que tienen los operadores de salir a revisar si dentro de su área de trabajo, la presión diferencial se encuentra dentro del rango establecido y requerido, siendo este, entre 20Pa a 5Pa y -20Pa a -5Pa, dependiendo de lo que se esté produciendo.

Este paso inicial es de suma importancia, ya que con la información recopilada se buscará la mejor solución ante los problemas presentados, de tal forma que dentro del laboratorio farmacéutico, el proceso y revisión de la presión diferencial se lleve de manera óptima.

VI-C. Análisis y solución.

Una vez entendidos cuales son los principales problemas que se presentan dentro de la planta, referente a la presión diferencial en sus áreas, se podrá buscar las soluciones adecuadas que ayuden a solventarlos.

En base a los problemas que puedan presentar los sensores analógicos mecánicos se podrían instalar sensores digitales. Estos sensores necesitarán ser alimentados por 24 VDC, por lo cual se deberá implementar un tablero, con una fuente conmutada, que convierta 110 VAC a 24 VDC. Para suplir las necesidades de las diversas áreas, el sensor deberá contar con un rango de valores tanto negativos como positivos, puesto que, como fue detallado previamente, hay áreas que trabajan con presiones dentro de -20Pa a -5Pa y otras áreas que necesitan una presión positiva de 20Pa a 5Pa. Se logró conseguir un medidor de presión digital con las características deseadas.



Figura 20. Medidor de presión diferencial digital, por L. Ramírez y J. Castro.

Tal como se puede observar en la imagen 21, este sensor necesita de una alimentación de 24V de corriente continua para su correcto funcionamiento.



Figura 21. Entrada de alimentación de medidor de presión diferencial, por L. Ramírez y J. Castro

De igual forma tiene un rango de -30 Pa a 30 Pa, y una salida de 0-10V, tal como se muestra en la imagen 22.



Figura 22. Especificaciones de medidor de presión diferencial, por L. Ramírez y J. Castro.

Dentro del tablero también se instalará un modulo lógico Logo! de Siemens para poder captar y tratar la señal proporcionada por los medidores de presión, en el que se subirá la programación debida que permita convertir dicha señal en otra que sea visible en el sistema de monitoreo. Este sistema podría desarrollarse en el propio programa de Logo! llamado Logo Web Editor o por sus siglas "LWE", editor web simple pero útil para aplicaciones como la nuestra.

La programación generará indicadores LED que se mostrarán en el servidor web y físicamente mediante balizas. Una luz verde indicará que el área se encuentra dentro de los valores adecuados de presión diferencial, mientras que una luz roja señalará valores fuera de rango

Las balizas deberán operar preferentemente con un voltaje de 0-24VDC para minimizar riesgos asociados a voltajes más altos, como el de 110 VAC. Estas se conectarán a la salida conmutada de un relé, permitiendo así la alternancia entre los dos colores.

Una vez que se pueda visualizar correctamente de manera local, dentro de la red interna de la empresa, los valores y las alertas de la presión diferencial de las áreas de producción, empieza el proceso de cargarlo a la nube. Haciendo uso de Node-red y Adafruit, se puede llevar a cabo esta fase del proyecto, ya que ofrece un servicio de nube, en el cual subiremos el programa de tal manera que se pueda monitorear de forma remota, desde cualquier dispositivo, fuera de la planta.

VI-D. *Diseño e implementación de sistema.*

Tras una completa revisión de los aspectos preliminares, estaremos en condiciones de proceder con la implementación. No obstante, antes de eso, es esencial elaborar diagramas, ya sean eléctricos o esquemáticos de los sistemas. Por ejemplo:

VI-D1. Diagramas eléctricos de paneles de control: La creación de estos diagramas es crucial para asegurar una instalación precisa y libre de errores del panel eléctrico. Herramientas como CadeSimu u otros simuladores similares pueden ser de gran ayuda en este proceso.

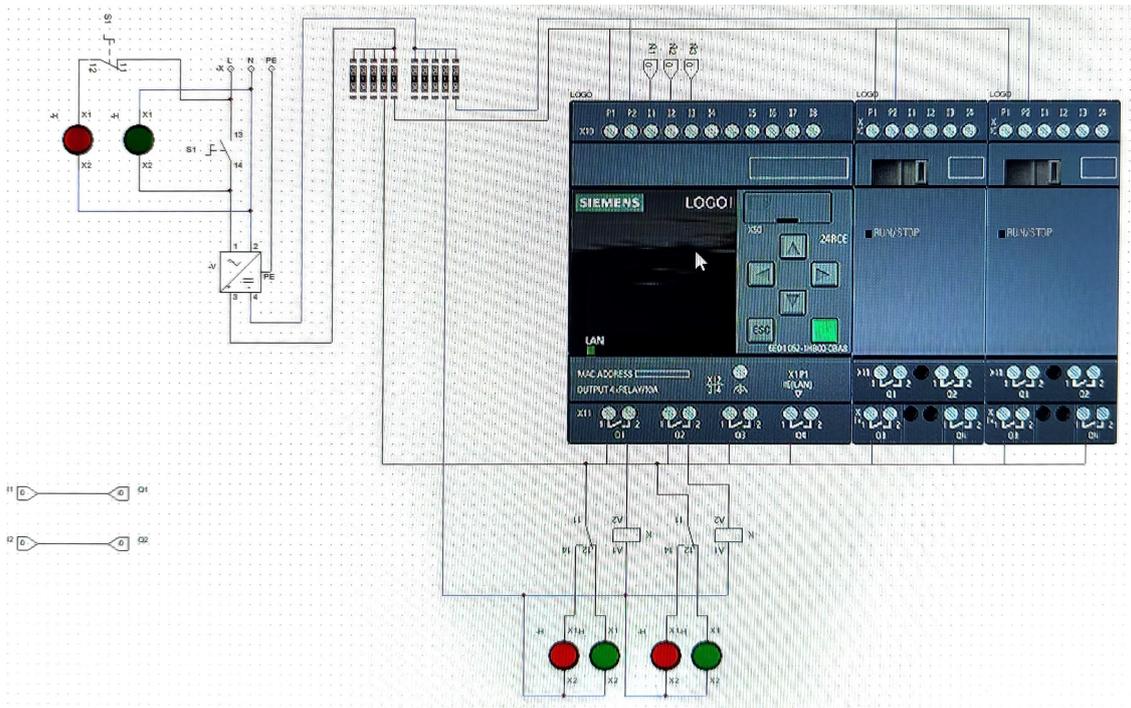


Figura 23. Esquema eléctrico, por L. Ramírez y J. Castro.

En la figura 23, se ilustra una versión preliminar del sistema eléctrico que se implementará en los tableros. Este circuito incluye una fuente de alimentación conmutada, que transforma la tensión de 110V a 24V DC. Esta fuente proporciona energía tanto al módulo Siemens Logo! como a los relés y las balizas.

El Siemens Logo! actúa como el cerebro del sistema, responsable de procesar las señales provenientes de los sensores de presión diferencial y de controlar las salidas hacia los relés. Las entradas digitales del Logo! están conectadas a estos sensores, lo que les permite verificar si la presión se encuentra dentro del rango especificado. Cuando se introduce el valor del sensor, el Logo! lo procesa y genera salidas en Q1 y Q2, que se dirigen a un relé electromagnético. La bobina del relé se alimenta a través de las salidas Q1 y Q2 del Logo! y del terminal negativo de la fuente. Los contactos del relé se conectan de tal manera que el común se dirige al positivo de la fuente, mientras que los terminales normalmente abierto (NA) y normalmente cerrado (NC) se conectan a los dos colores de la baliza.

VI-D2. Prueba de funcionamiento de circuito eléctrico : En el contexto de montaje experimental se realizó el circuito anteriormente simulado en CadeSimu con el fin de visualizar su correcto funcionamiento. El circuito eléctrico esta conformado por una parte electrónica donde se explicará cada componente a detalle.

■ **Sensor Digital de Presión Diferencial**

El sensor se conecta a la entrada I7, ya que, al tratarse de una señal analógica, la entrada AI1 corresponde a I7. La alimentación del sensor se realiza directamente a partir del positivo y negativo de la salida de 24V de la fuente.

El sensor cuenta con tres cables: rojo, negro y amarillo. Los cables rojo y negro se utilizan para la alimentación, siendo el rojo positivo y el negro negativo. Por otro lado, el cable amarillo se destina a la transmisión de la señal, la misma que tiene un valor de 0 a 10V.



Figura 24. Sensor de presión diferencial, por L. Ramírez y J. Castro.

■ **Fuente conmutada 110v a 24v**

Una fuente conmutada es una opción viable para obtener una alimentación con las características deseadas, en este caso son 24V DC 5A, gracias a esto se puede alimentar sin riesgo los componentes de bajo voltaje del circuito.



Figura 25. Prueba de funcionamiento de circuito eléctrico/electrónico, por L. Ramírez y J. Castro.

■ **Baliza**

Los cables de alimentación de la baliza se conectan en el relé electromagnético, en los contactos 1 y 5, con la finalidad de que se genere el cambio de color dependiendo de la señal de salida del Logo!



Figura 26. Prueba de funcionamiento de la baliza, por L. Ramírez y J. Castro.

■ **Relé**

Actúa como interruptor controlado, es decir la bobina del relé esta alimentado por 24 V DC. El funcionamiento principal es el cambio de posición de los contactos según la señal transmitida por el Logo con el objetivo de alterar el color de la baliza, la cual puede indicar diferentes estados como alertas. Para verificar la conmutación

del color rojo al verde de la baliza, se presionó manualmente el botón de los contactos simulando una señal del Logo.



Figura 27. Prueba de funcionamiento del relé, por L. Ramírez y J. Castro.

VI-E. Diseño del software de control

El software de control que se desarrollará, debe cumplir las características necesarias y solventar la problemática presente dentro del laboratorio farmacéutico.

Para esto se usará el software "Logo Soft Comfort" de Siemens, mediante el uso del diagrama de funciones o bloques, haciendo que la programación sea mas sencilla.

VI-E1. Fase inicial: En esta fase se inicia el desarrollo de la programación del sistema, lo primero que se debe hacer es lograr que mediante la señal del sensor de presión se logre activar la salida, que mostrará si el área se encuentra dentro de rango establecido.

Para lograr esto, se utiliza una entrada analógica, seguida de un conmutador analógico de valor umbral diferencial, el mismo que se encargará de definir el rango en el que se van a encender las luces indicadoras. Estas luces al estar conectadas a un relé electromagnético, basta con que genere una sola salida en el programa. La configuración del bloque se realiza en función del sensor de presión diferencial, como se ilustra en la figura 29. En la sección correspondiente al sensor, se selecciona un rango de 0-10V, ya que este es el rango de señal generado por el.

El rango de medida se mantiene en su forma inicial, es decir un mínimo de 0 y un valor máximo de 1000. En cuanto al delta, se establece un intervalo dentro del cual la presión se considera correcta, pero dentro del rango de 0 a 1000, que corresponde a la salida del sensor.

Es necesario realizar un escalado que permita que los valores de presión queden alineados con los rangos de -20 a -5 o de 5 a 20. Una regla de 3 será de gran ayuda para obtener esto, haciendo uso de los valores que conocemos y el valor que se desee conocer. Se tiene conocimiento que el sistema reconoce al sensor con una salida de 0 a 1000 y que el rango de trabajo de los sensores es de -30Pa a 30Pa, pero no podemos realizar esta regla de 3 con los valores negativos, para lo cual se deberá asumir que se trabaja en un rango de 0 a 60, es decir $-30 = 0$ y $30 = 60$. como se puede observar en la figura 28.

rango 0 - 1000	0											1000	
rango -30 a 30	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
rango 0 - 60	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60

Figura 28. Tabla de rangos de presión (Pascuales), por L. Ramírez y J. Castro.

Una vez asumido esto, si se desea conocer el valor de -5 se realiza de la siguiente forma:
Sabiendo que -5 = 25, según la tabla mostrada se usa este valor

$$\begin{aligned} 60 &= 1000 \\ 25 &= X \end{aligned} \quad (1)$$

Dadas estas igualdades, se procede con el cálculo:

$$\begin{aligned} X &= \frac{25 * 1000}{60} \\ X &= 416,667 \end{aligned} \quad (2)$$

Para -20 se aplica de forma semejante, sabiendo que -20 = 10:

$$\begin{aligned} 60 &= 1000 \\ 10 &= X \\ X &= \frac{10 * 1000}{60} \\ X &= 166,667 \end{aligned} \quad (3)$$

Esto es en cuanto a las presiones negativas, para los valores de presión positiva se realiza el mismo proceso.

Cálculo de 5, siendo 5 = 35:

$$\begin{aligned} 60 &= 1000 \\ 35 &= X \\ X &= \frac{35 * 1000}{60} \\ X &= 583,333 \end{aligned} \quad (4)$$

Cálculo de 20, siendo 20 = 50:

$$\begin{aligned} 60 &= 1000 \\ 50 &= X \\ X &= \frac{50 * 1000}{60} \\ X &= 833,333 \end{aligned} \quad (5)$$

Dentro del recuadro "ON" se debe indicar el valor menor del rango deseado, es decir, 166,667 para el rango negativo y 583,333 para el rango positivo. En cuanto al delta es la diferencia entre ambos valores:

Rango negativo:

$$416,667 - 166,667 = 250 \quad (6)$$

Rango positivo:

$$833,333 - 583,333 = 250 \quad (7)$$

Una vez, obtenidos estos valores se podrá configurar de forma óptima el conmutador.

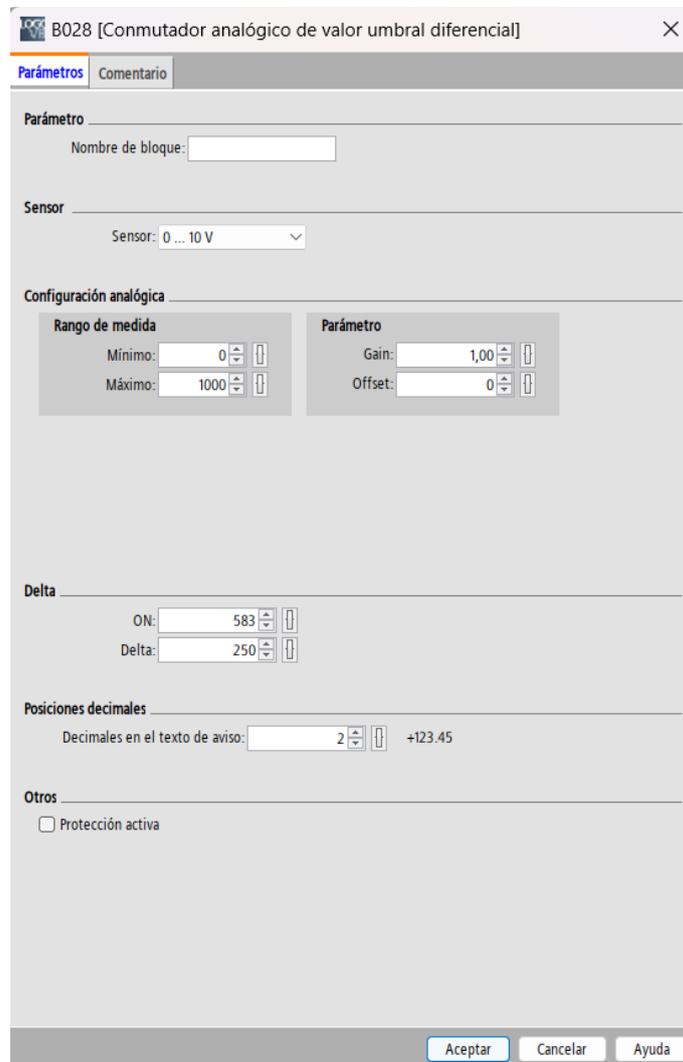


Figura 29. Configuración del conmutador analógico de valor umbral diferencial, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.

Se coloca un retardo a la conexión para prevenir cambios en el color del indicador debido a variaciones normales en la presión, como las que pueden ocurrir al abrir o cerrar la puerta del área. Este sistema debe generar una señal de salida únicamente cuando la presión se encuentre fuera de los valores estándar y desactivarse de inmediato una vez que regrese a estar dentro del rango establecido.

Teniendo esto, ya el programa funcionaría perfectamente, quedando como se observa en la imagen 30, pero el inconveniente se presenta al momento de querer conocer el valor real de la presión, ya que muestra únicamente el valor en el rango de 0 a 1000, para esto se debe hacer un escalado.

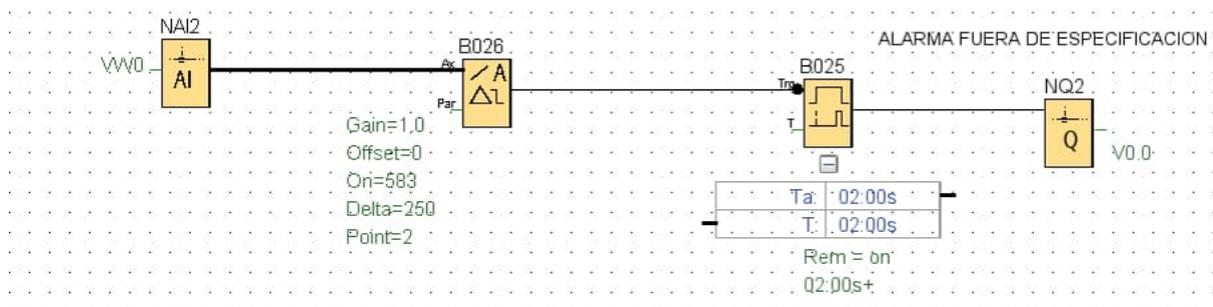


Figura 30. Primer programa, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.

El escalado mencionado también se puede realizar mediante un bloque llamado Instrucción aritmética, sabiendo que la relación entre los rangos mencionados es de 16,667 se procede a realizar la operación respectiva. El único inconveniente que presentaba dicho bloque fue la imposibilidad de introducir valores decimales, así que se optó por realizar la misma mediante divisiones. Como se muestra en la figura 31.

Figura 31. Configuración de la instrucción aritmética, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.

Con esta instrucción aritmética ya es posible visualizar el valor real de la presión diferencial.

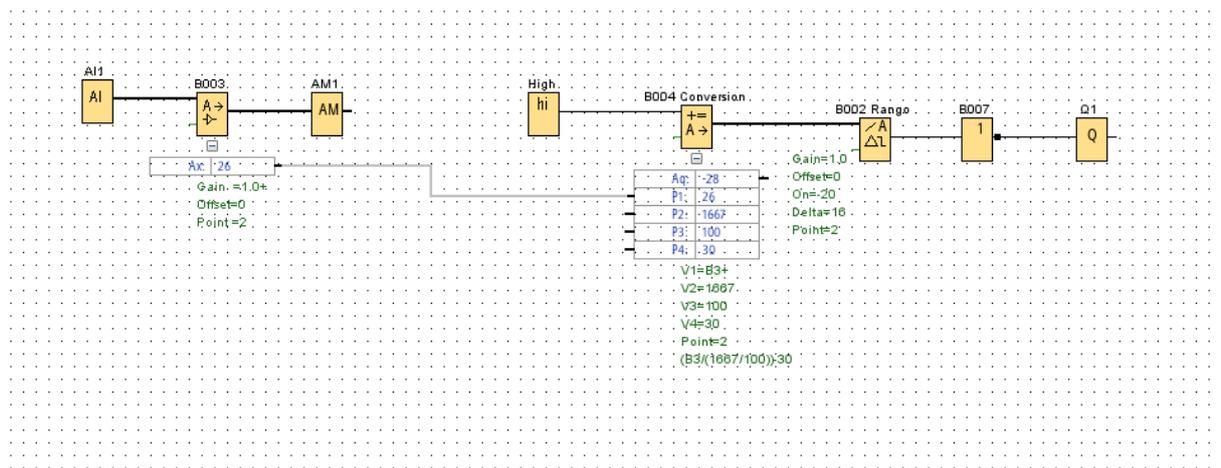


Figura 32. Diagrama incluyendo la instrucción aritmética, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.

En la figura 32 se muestra el estado final del diagrama realizado para controlar y monitorear el valor del diferencial de presión. El sensor envía el valor por la entrada analógica asignada, la misma que es ajustado para que el rango de medición sea entre -30Pa a 30Pa, seguido se selecciona intervalo de funcionamiento que envía la señal de salida, que deberá conectarse físicamente conectada a un relé realizando el cambio de luz verde a roja.

VI-E2. Fase final: La planta está equipada con un tablero que integra el sistema LOGO!, el cual cuenta con una programación diseñada para monitorizar el estado del caldero, los chillers y los compresores de aire. Este sistema actuará como el controlador principal, por lo que es esencial establecer una comunicación efectiva entre los dispositivos Logo! instalados, de manera que el controlador principal pueda visualizar todos los valores necesarios. Inicialmente, se contempló implementar una comunicación en modo maestro/esclavo entre los controladores. Sin embargo, se decidió optar por una comunicación directa entre dispositivos Logo!, lo que permitirá la revisión individual de cada una de las áreas donde esté integrado el sistema. En esta configuración, se designará un único dispositivo como el controlador principal, el cual recibirá los datos de los demás dispositivos y los presentará de manera centralizada en el sistema que se implementará.

Configurando de esta manera el proyecto de red, se generará una mesa de trabajo individual para cada dispositivo, pero con la opción de intercomunicarlos.

Se llama a la variable del segundo dispositivo mediante entradas o salidas de red, según sean los requerimientos del proyecto. Para identificar la variable de la instrucción aritmética que se va a poner como entrada al otro Logo! se selecciona el bloque y en herramientas se elige la opción de "Mapeando parámetro VM"

En esta ventana se debe elegir el bloque en cuestión así como el parámetro que se desea leer, como puede observarse en la figura 33, el valor que se vea reflejado en "Dirección" será el que se usará para tener la conexión de red

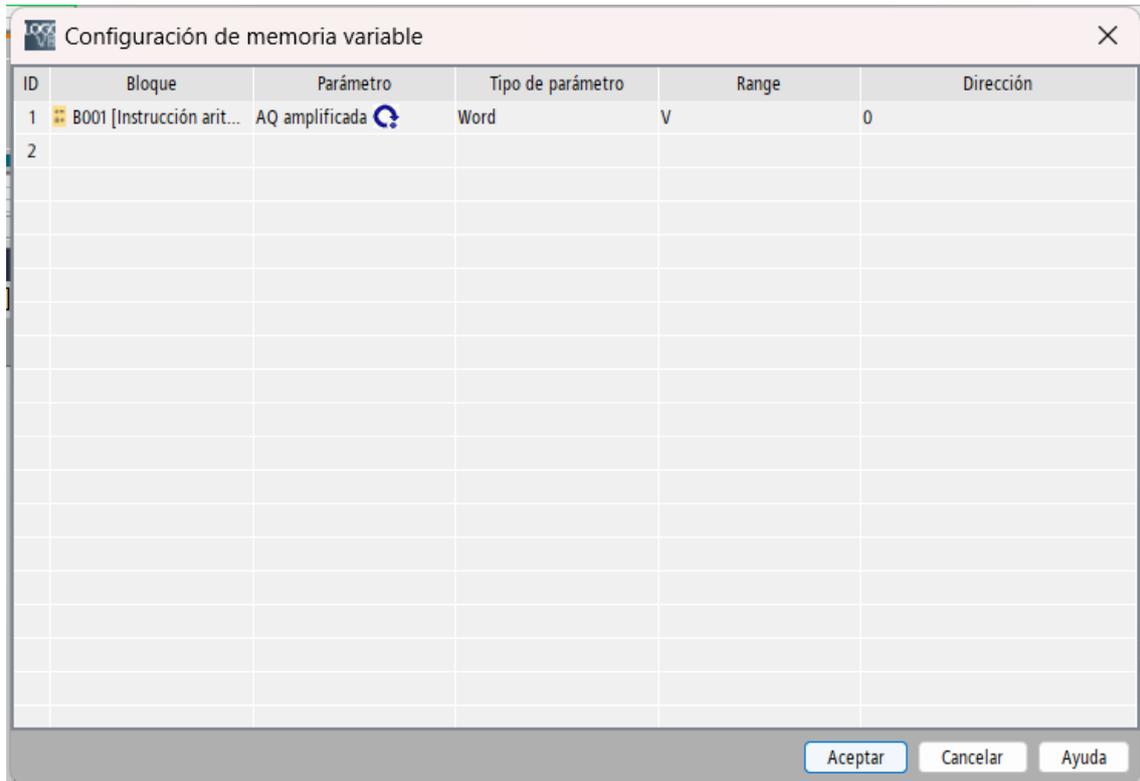


Figura 33. Parámetros VM, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.

Una vez que se realiza la programación respectiva, se presenta un inconveniente, como el mostrado en la figura 34, los valores negativos no se visualizan de forma correcta en el Logo! principal, el -2 marca como 65534.

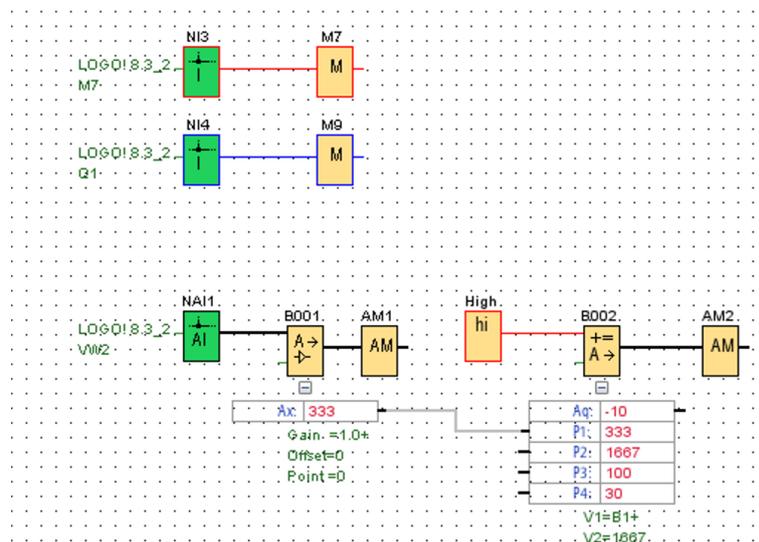


Figura 34. Salida incorrecta del valor en Logo! principal, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.

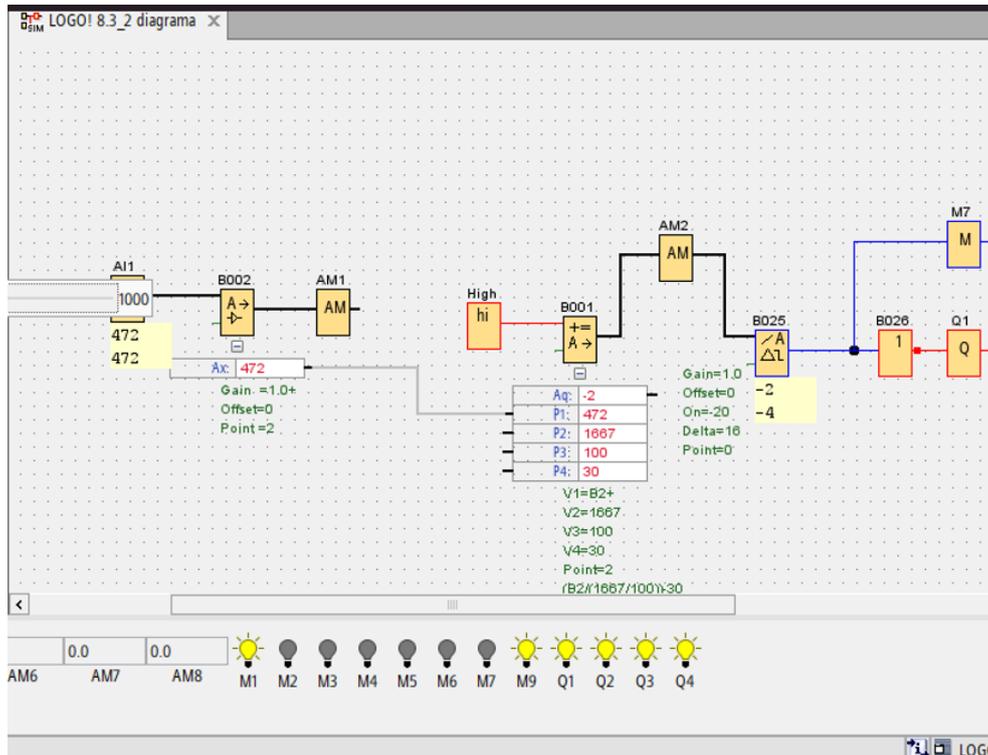


Figura 35. Salida incorrecta del valor en Logo! secundario, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.

Para solucionar este inconveniente, Se coloca una nueva instrucción aritmética en la programación dentro del Logo! principal, pero haciendo uso de la señal generada por el amplificador dentro del segundo controlador. Quedando el programa de la siguiente forma:

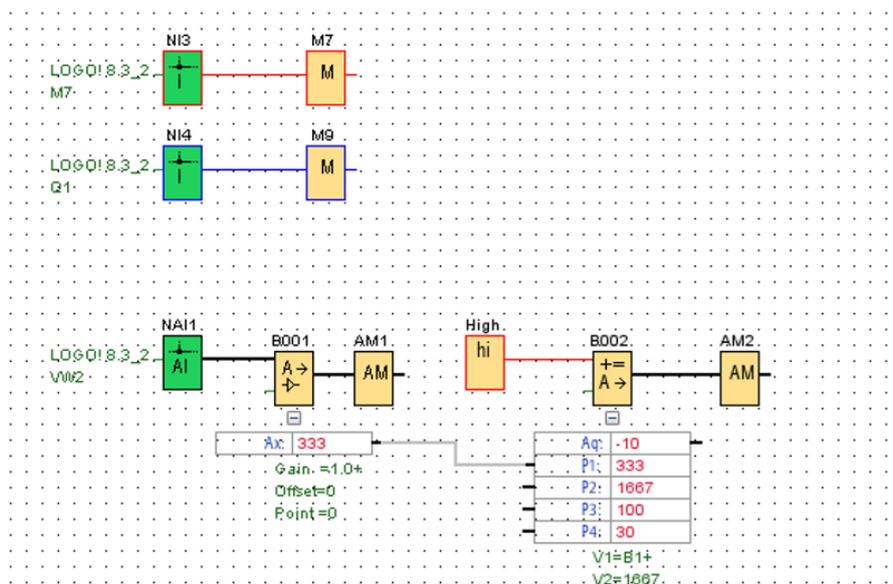


Figura 36. Código final en Logo! principal, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.

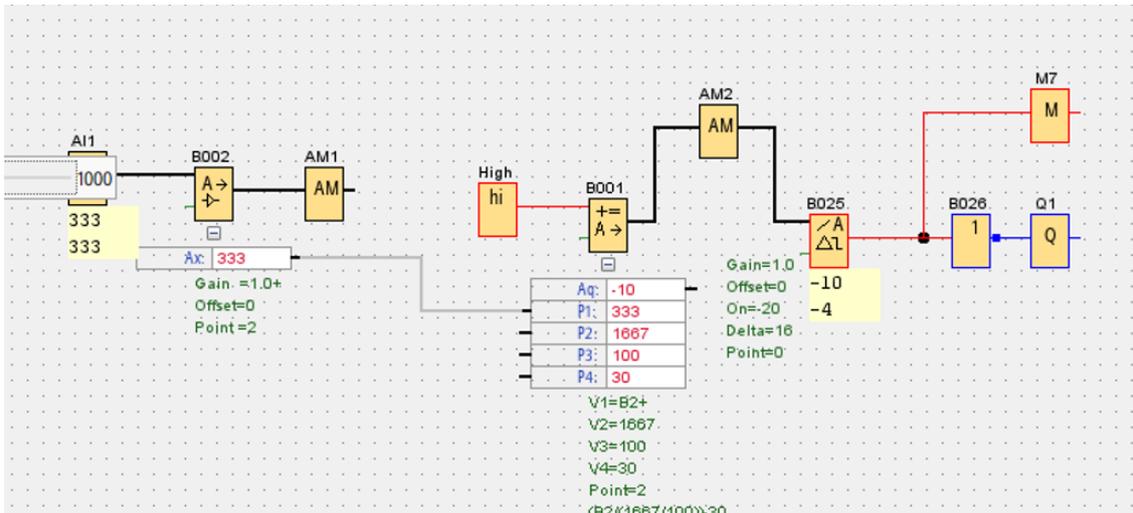


Figura 37. Código final en Logo! secundario, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.

VI-F. Diseño e impresión de soporte para balizas

Las balizas que se implementarán en las áreas de producción no contaban con un soporte adecuado para su fijación en la pared. Por esta razón, se desarrolló una base que permita su instalación de manera segura y eficiente. Se llevaron a cabo varias pruebas hasta alcanzar el diseño definitivo, el cual se ajusta perfectamente a las necesidades del proyecto.

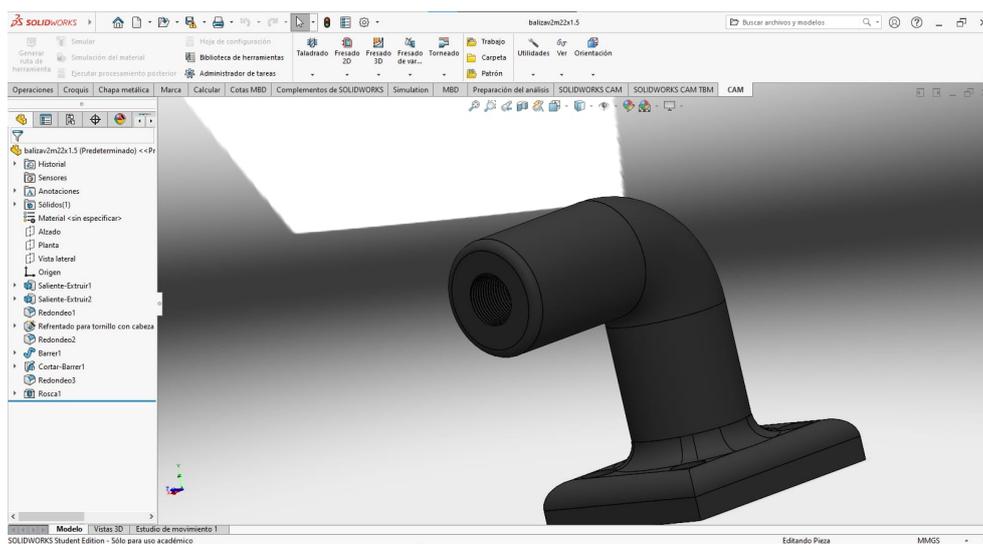


Figura 38. Primer soporte para baliza diseñado, por L. Ramírez y J. Castro, SolidWorks

El primer diseño del soporte para la baliza se concibió para que la baliza se visualizara de forma vertical. Sin embargo, este enfoque presentaba inconvenientes en espacios reducidos, ya que podría no permitir la instalación adecuada si la distancia entre el soporte y el techo era limitada.

En consecuencia, se optó por un diseño que permite que la baliza se coloque de forma vertical y perpendicular a la pared. Esta solución se muestra en la figura 39.

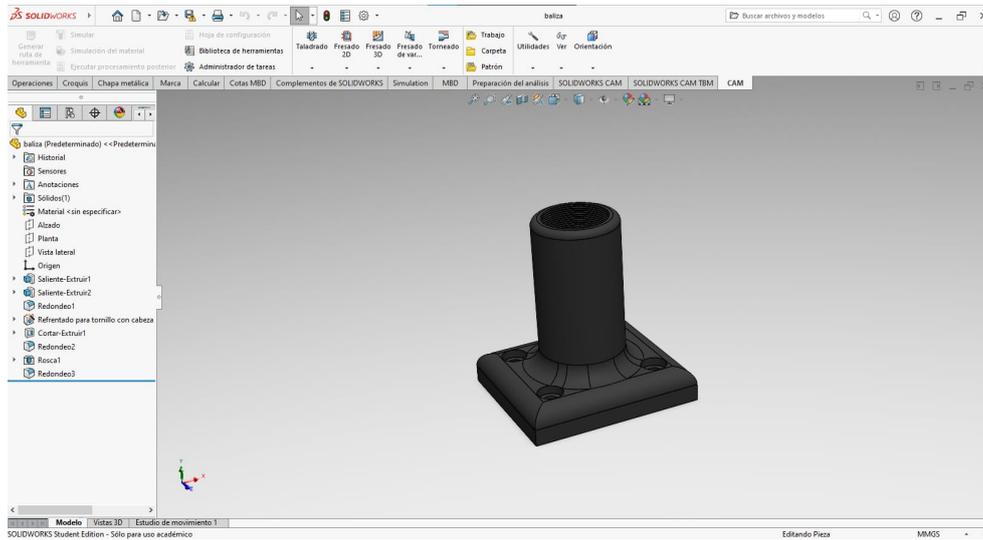


Figura 39. Segundo soporte para baliza diseñado, por L. Ramírez y J. Castro, SolidWorks

Aunque el diseño inicial presentaba un cuello excesivamente largo, lo que afectaba su estética visual, se determinó que la opción más viable era acortarlo. Además, se incorporaron pequeñas ranuras en la base para permitir el paso de los cables de alimentación y señal sin inconvenientes.

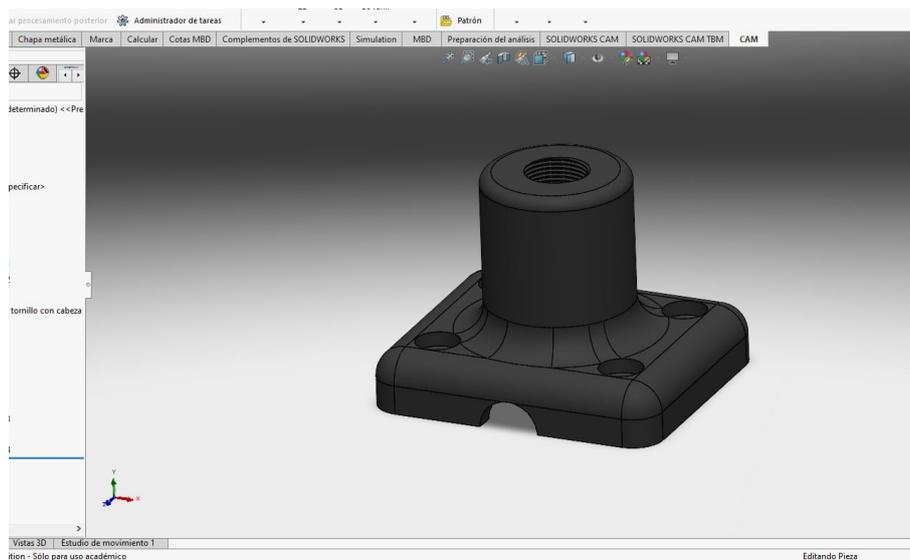


Figura 40. Diseño final del soporte para baliza, por L. Ramírez y J. Castro, SolidWorks

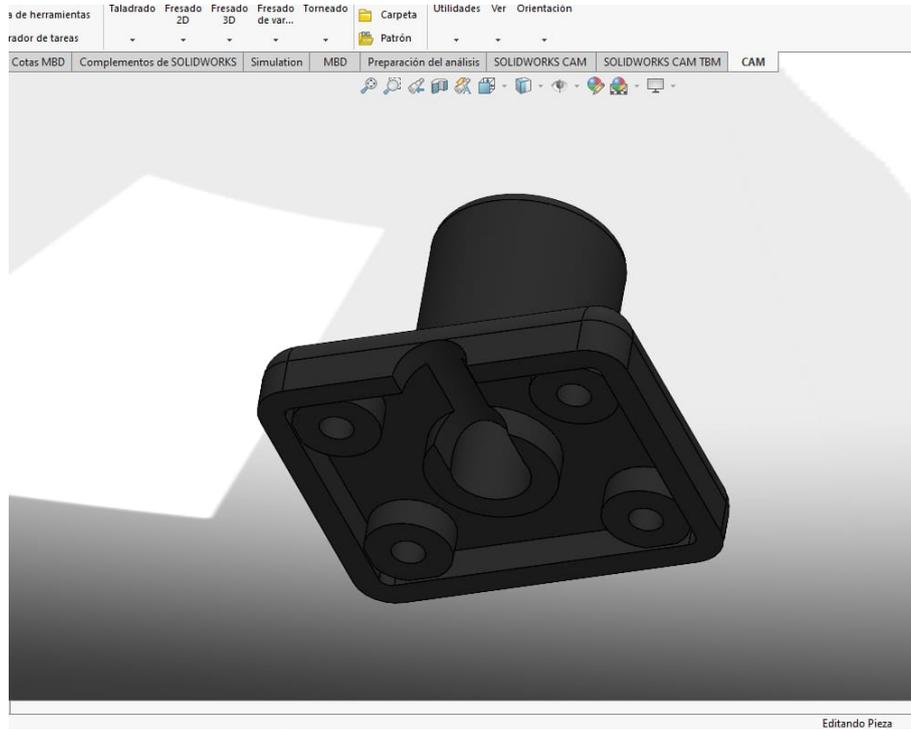


Figura 41. Vista posterior del diseño de soporte para baliza, por L. Ramírez y J. Castro, por L. Ramírez y J. Castro, SolidWorks.

Una vez finalizado el diseño optimizado, el siguiente paso fue imprimirlo utilizando una impresora 3D. Esto garantizará una colocación óptima en cada una de las áreas donde se implementará el sistema. El resultado final de la misma se lo puede apreciar en la figura 42.



Figura 42. Soporte para baliza impreso, por L. Ramírez y J. Castro, impresión 3D.

VI-G. Diseño de la interfaz de usuario

La interfaz de usuario es importante, debido a que será lo que el operador visualizará de una manera precisa y accesible del estado actual del sistema de presión diferencial en diversas áreas de las salas blancas.

Dentro de esta, estará el valor de la presión diferencial en Pascales (Pa) repartida para cada área crítica, así como también los indicadores led a modo de alerta, cuya función es alternar de color según los rangos de presión diferencial ajustado en la programación del Logo! y del área asignada. Es decir, se iluminará el led verde o rojo, según los valores proporcionados por el sensor, tal como se detalló anteriormente.

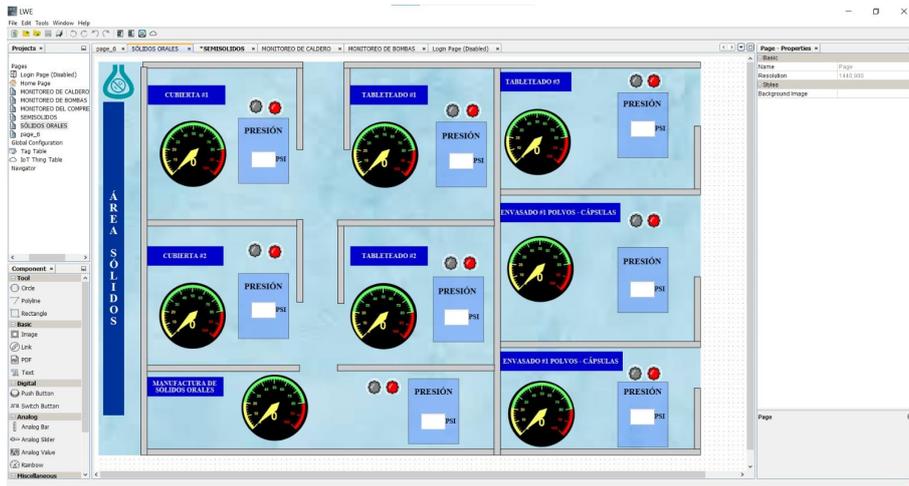


Figura 43. Interfaz de usuario inicial, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.

La figura 43 muestra la primera versión realizada del sistema de monitoreo, se planteó realizar la distribución en base al área y sus sub-áreas con sus respectivos nombres. Dentro de cada una se encuentra un indicador analógico en forma de manómetro, a su vez de un Analog Value, ambos mostrarán el valor de la presión en Pascales, el primero de forma visual mientras que el segundo de forma numérica.

También se pueden encontrar dos indicadores leds en la parte superior de los Analog Value, uno verde que estará encendido si la presión diferencial se encuentra dentro del rango permitido y un led rojo que se activa en caso de que se encuentre fuera de dicho rango.

Luego se actualizó la interfaz, haciendo que la misma sea mas agradable de forma visual, mucho mas sencilla y fácil de entender. En la figura 44 se puede observar que se eliminaron los manómetros analógicos, dejando únicamente los Analog Value, para mostrar el valor del diferencial de presión en Pascales y sus indicadores leds respectivos.



Figura 44. Interfaz de usuario final, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.

VI-H. Implementación de tablero

Una vez finalizada la simulación, se procede con la fase de implementación y montaje del tablero eléctrico. Para ello, es fundamental contar con todos los componentes necesarios previamente seleccionados. Los componentes se ubican dentro del tablero de tal forma que queden correctamente organizados, optimizando el espacio disponible y facilitando la realización de las conexiones respectivas. Es crucial mantener un orden y distribución adecuados

para garantizar la eficiencia y accesibilidad del sistema.



Figura 45. Tablero fase inicial, por L. Ramírez y J. Castro.

Cuando los componentes han sido correctamente organizados y montados dentro del tablero como se muestra en la figura 45, se da inicio al proceso de conexión eléctrica entre ellos. Este paso es crucial para asegurar el funcionamiento adecuado y seguro del sistema. Es importante seguir estrictamente los esquemas y diagramas eléctricos para evitar errores en el cableado.

Asimismo, se deben seleccionar cables apropiados para esta aplicación, tomando en cuenta factores como el voltaje y la corriente que deberán soportar.

Para mantener un aspecto ordenado y profesional, se recomienda enrutar los cables a través de canaletas o conductos. Esto ayuda a organizar los cables, evitar desorden y facilitar futuras modificaciones o mantenimiento.



Figura 46. Tablero con conexiones, por L. Ramírez y J. Castro.

VI-I. Conexión y comunicación.

Para iniciar una Comunicación Logo! -Logo! Cliente-Servidor primero se debe agregar un dispositivo el cual se llamará Logo! Principal como se ilustra en la figura 47.

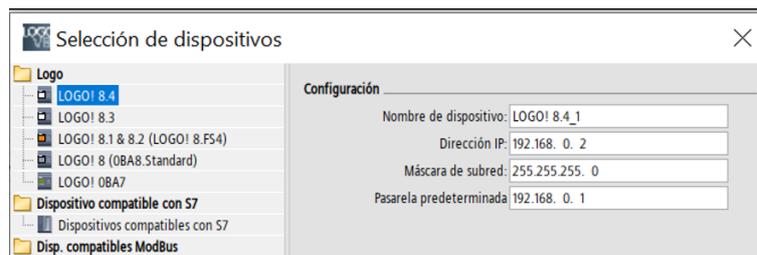


Figura 47. Asignación de dispositivo, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.

Se cambia la configuración IP para así poder adaptarlo a la red que se está usando, donde la dirección IP y la pasarela predeterminada son las más importantes, puesto que nos permiten establecer una correcta conexión entre los dispositivos.

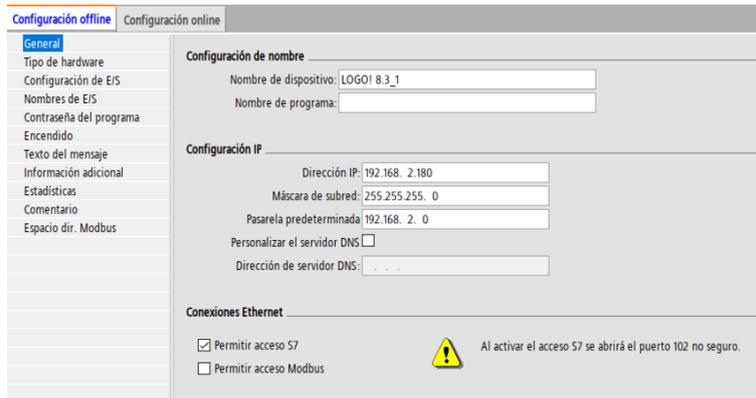


Figura 48. Configuración IP, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.

Se adicionó otro dispositivo para establecer comunicación, es decir Logo! 8.3 denominado Logo! Dosificado, en la imagen 49 se puede visualizar la IP que sería 192.168.2.150, la misma en la cual el ultimo host se puede alternar.

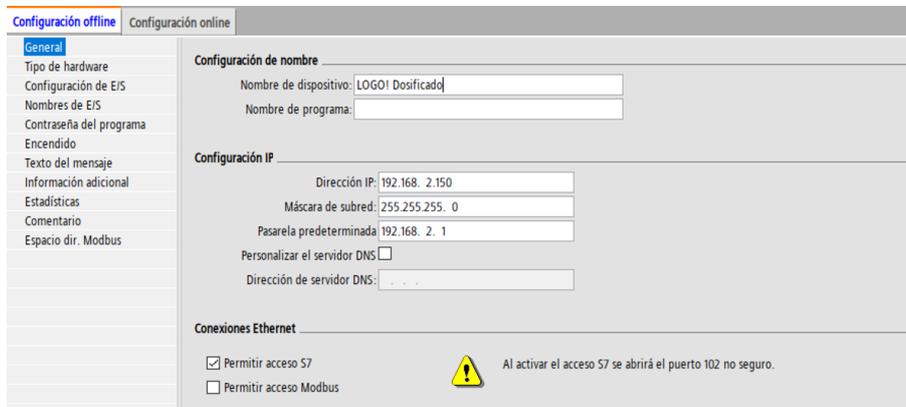


Figura 49. Logo! 8.3 Dosificado, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.

Dentro del Logo! principal se comienza a programar, utilizando primero una entrada de red, configurando en el apartado de parámetros la opción de dispositivo remoto lo que nos dará opción de vincular con el dispositivo Logo! Dosificado con su dirección IP.

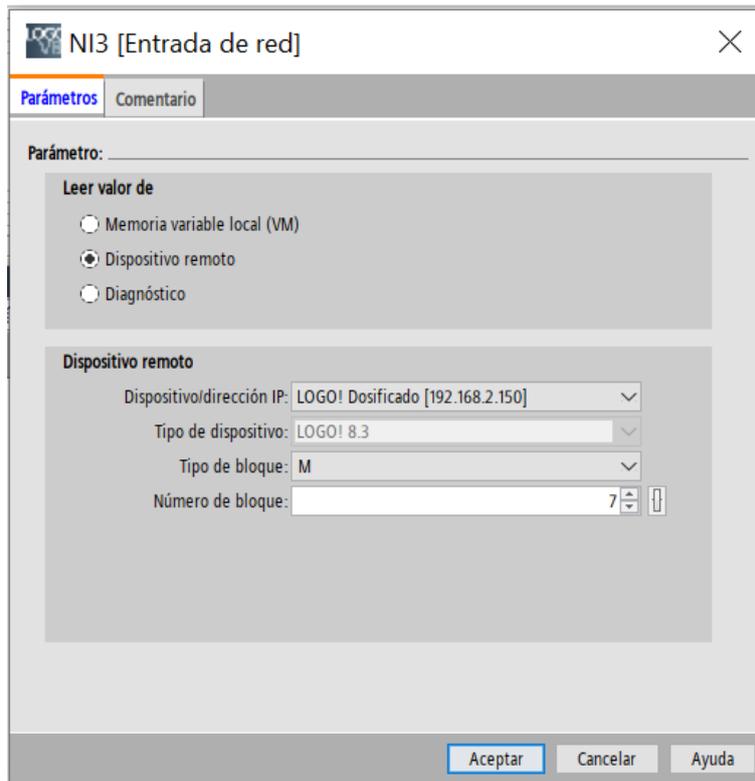


Figura 50. Entrada de red, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.

El Logo! Principal se programa para gestionar la llamada de las variables y realizar el escalado de los rangos, los cuales se encuentran en el Logo! Dosificado, el mismo que a su vez recibirá las señales transmitidas por los sensores instalados. Esto permitirá recopilar los datos de varias áreas para posteriormente vincular las marcas situadas en el programa del Logo! principal al Logo Web Editor, en donde se diseñará la interfaz de usuario.

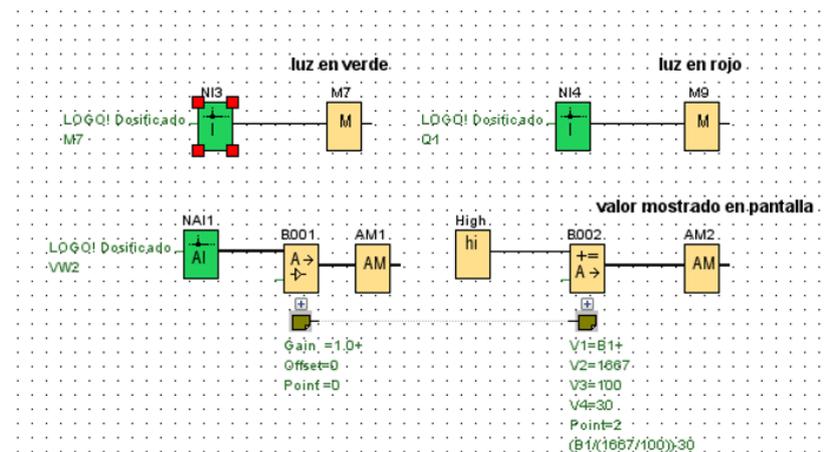


Figura 51. Conexión Logo-Logo, por L. Ramírez y J. Castro, Logo Soft Comfort.

En este punto del proceso, se establece la conexión entre el controlador lógico programable y el sistema SCADA, asegurándose de que todos los paneles y sensores estén ya montados en sus ubicaciones asignadas. Seguido, se procede a la verificación del desempeño del sistema y a la resolución de cualquier inconveniente que pueda presentarse.

VI-II. Comunicación PC-LOGO!: Para transferir un programa desde la PC hacia el Logo! se debe configurar el dispositivo físico, es decir se tiene que colocar de forma correcta las variables como son: dirección IP, máscara de subred y pasarela. Esto según la red en la cual esté conectado el mismo. Podemos acceder a esto en el menú del controlador, entre las opciones encontramos una de red, que permitirá realizar los cambios ya descritos. Tal como se muestra en la figura 52.



Figura 52. Red LOGO, por L. Ramírez y J. Castro. [43].

En el software de Logo Soft Comfort, una vez terminada la programación, esta se carga al controlador Logo!, donde se visualizará una ventana de interfaz para la conexión. La comunicación entre el controlador y el software será por cable Ethernet y utilizando un switch como intermediario, para hacer la conexión se debe ingresar IP del dispositivo Logo! en el campo designado “Dirección IP del destino”, lo que permitirá establecer conexión con el controlador.

VI-J. Implementación IoT

Finalmente, se lleva a cabo la configuración de la tecnología IoT, la cual facilitará el acceso y la visualización de la información recabada por el sistema SCADA desde dispositivos remotos, más allá del área de control.

Se usará como intermediario la herramienta Node-Red para hacer la comunicación entre LOGO! y la plataforma Adafruit IO para la solución IoT.

El LOGO! no está diseñado para conectarse de manera directa a servicios en la nube, por esta razón se usará el Node-Red como puente de comunicación dando ventajas como la traducción de protocolos, la conexión y que los datos se desarrollen de manera continua entre los dos sistemas.

VI-JI. Configuración de conexión de Node-Red con LOGO!: Para hacer una correcta comunicación del Node-Red con los Siemens LOGO!, se tiene que instalar una librería denominada node-red-controb-s7 y se ajustará con el flujo de Node-Red que nos ayudará en el acceso de las entradas, salidas y marcas de LOGO!. Para instalar esta librería se busca dentro del Node-Red el apartado de Manage palette, en esta podrá ser visible una biblioteca, en la cual se deberá digitar el nombre de la librería deseada, para seguido a esto proceder con su respectiva instalación.

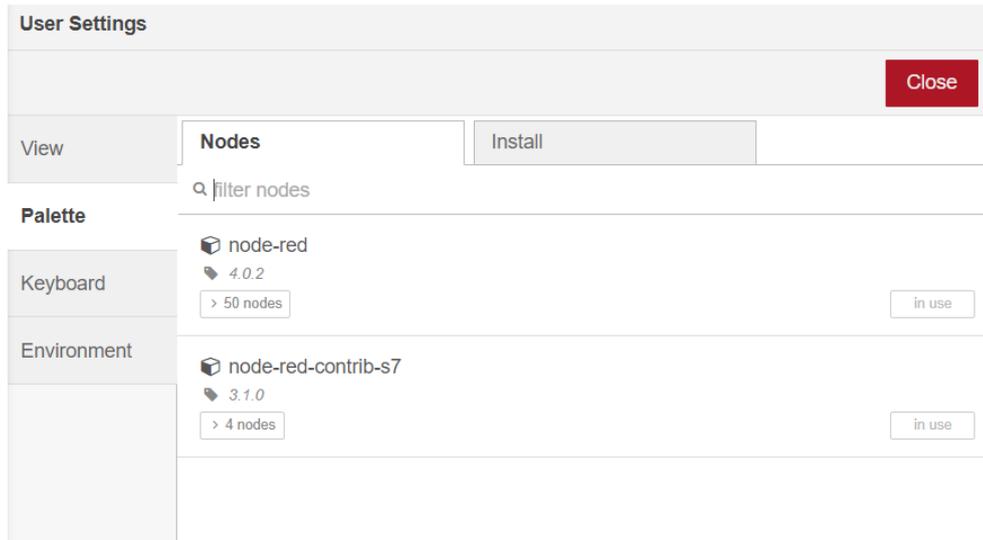


Figura 53. Librerías logo en node red, por L. Ramírez y J. Castro, Node-red.

Para que Node-Red reconozca las entradas, salidas y marcas del LOGO!, se deberá buscar el código de flujo compatible con Siemens LOGO, la ubicación de este código esta disponible en la pagina de Node-red denominada Node-red website. Es importante buscar el bloque llamada Flow to adapt the s7 node to the LOGO from Siemens como se ilustra en la imagen 54.

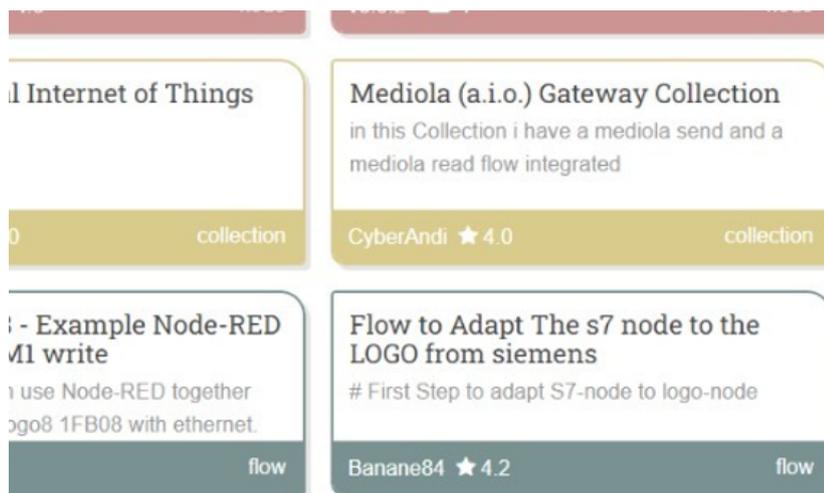


Figura 54. Bloques de Flows, por L. Ramírez y J. Castro, Node-red.

El código también cumple otra funcionalidad la cual es brindar acceso a los nodos del LOGO! necesarios para hacer la programación de nodos.

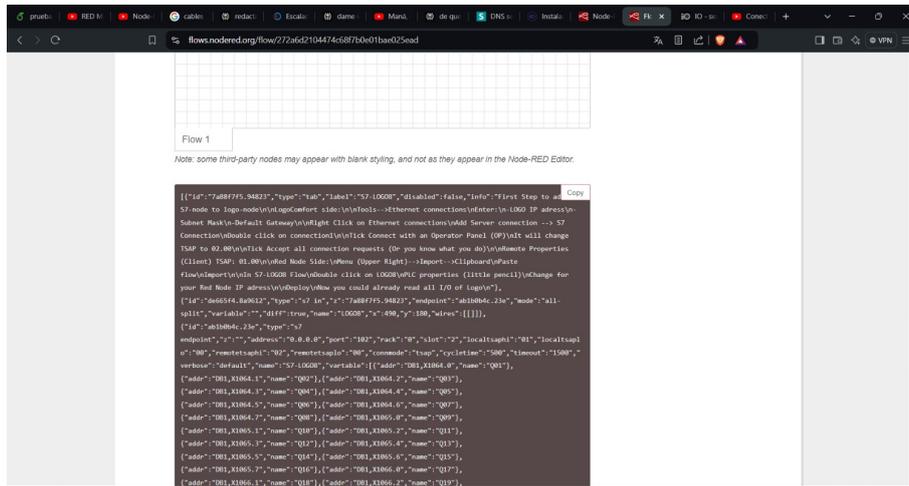


Figura 55. Flow to adapt the s7 to the LOGO from Siemens, por L. Ramírez y J. Castro, Node-red.

Al ingresar el código se nos desbloquea 3 nodos que sería de entrada, salida y control. Cada nodo tiene que configurarse según el trabajo requerido.

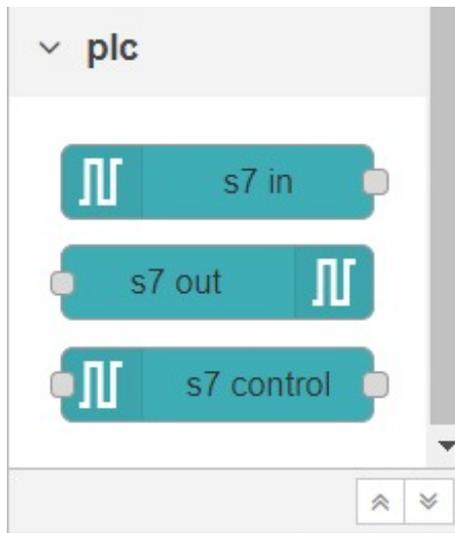


Figura 56. Nodos LOGO!, por L. Ramírez y J. Castro, Node-red.

VI-J2. Configuración LOGO Soft Comfort: Se configura el LOGO en la opción conexión Ethernet donde se digita la dirección IP del LOGO y la pasarela predeterminada, habilitaremos la opción permitir acceso s7 con el fin de ajustar el parámetro TSAP que significa Transport Service Access Point. Nos podemos guiar de las siguientes condiciones que se muestra en la imagen. 57.

LOGO Dosificado	Node-Red
TSAP servidor 02.00	TSAP servidor 01.00
TSAP cliente 01.00	TSAP cliente 02.00

Figura 57. Parámetros de conexión, por L. Ramírez y J. Castro.

VI-J3. Programación de Nodos: Una vez finalizado la configuración del LOGO Soft Comfort y del Node-Red, se realiza la programación que nos permitirá enlazar las salidas, entrada de nuestro LOGO con la herramienta

Adafruit IO. Usaremos un nodo de entrada de Logo y lo editaremos para configurar la variable que en este caso llamaremos a la marca AM2, además tenemos que indicar que trabajaremos con un LOGO entonces elegimos la opción S7-LOGO8 lo que significa que sirve tanto para Plc Siemens como para LOGO.

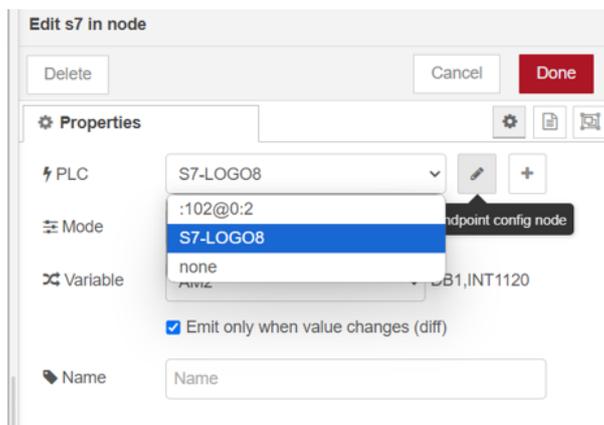


Figura 58. Configuración del Nodo entrada, por L. Ramírez y J. Castro, Node-red.

En la opción conexión se deberá registrar la IP que fue puesta en el ILOGO, que en este caso sería 192.168.2.220 y también se ajusta el local TSAP.

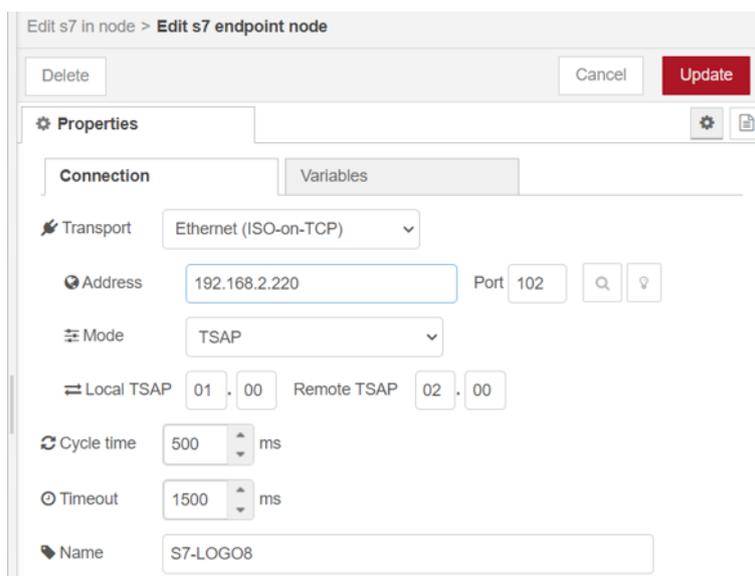


Figura 59. Configuración de conexión entre el nodo y el LOGO, por L. Ramírez y J. Castro, Node-red.

Se agrega el nodo mqtt de salida, el mismo que sería una suscripción que trasmite datos a través de internet. Se debe editar el nodo para registrar el server que vamos a usar, en este momento se usara el Adafruit IO. Otro requisito es llenar el apartado llamado topic con la siguiente estructura: el usuario/f/el registro feed name del Dashboards.

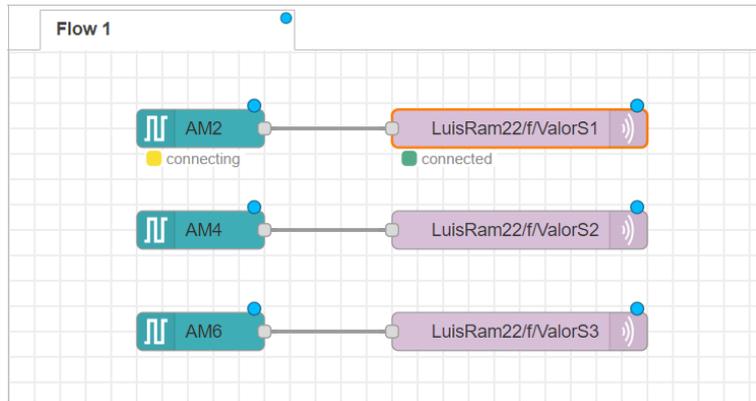


Figura 60. Programación de comunicación LOGO y Adafruit IO, por L. Ramírez y J. Castro, Node-red.

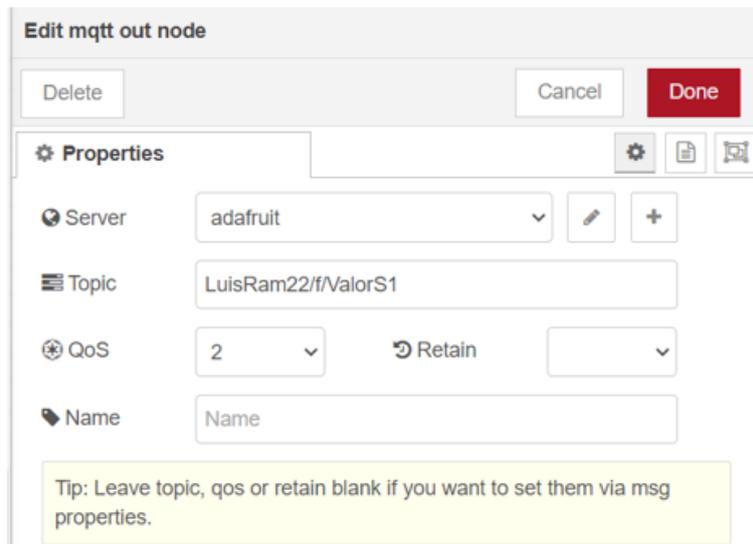


Figura 61. Configuración nodo mqtt de salida, por L. Ramírez y J. Castro, Node-red.

Es importante configurar el mqtt broker node, siendo necesario especificar el server, que en este caso es la direccion io.adafruit.com. Además en la sección de seguridad se debe ingresar el usuario y contraseña proporcionadas por la plataforma Adafruit IO.

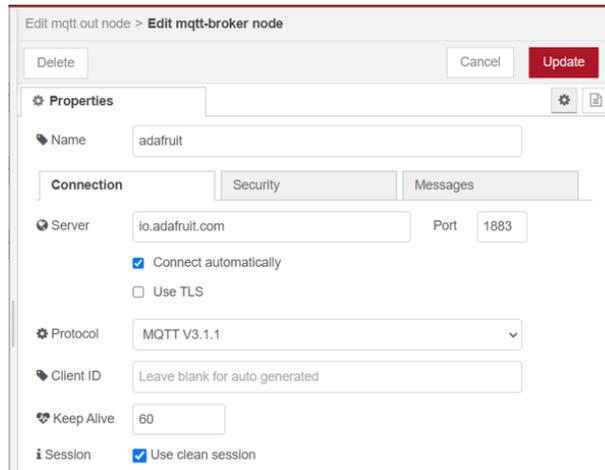


Figura 62. Mqtt broker node, por L. Ramírez y J. Castro, Node-red.

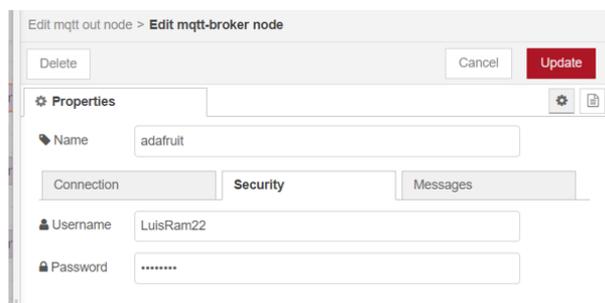


Figura 63. Registro de Usuario y contraseña, por L. Ramírez y J. Castro, Node-red.

VI-J4. Diseño de interfaz en Adafruit IO: Se usara Adafruit IO dado que es la nube mas completa y sirve como base de datos seguro.

Antes de usar todas las funcionalidades que ofrece Adafruit, es necesario crear una cuenta, siendo este un requisito importante. Nos proporcionará el usuario y la contraseña para la vinculación con el LOGO a través de Node-red.

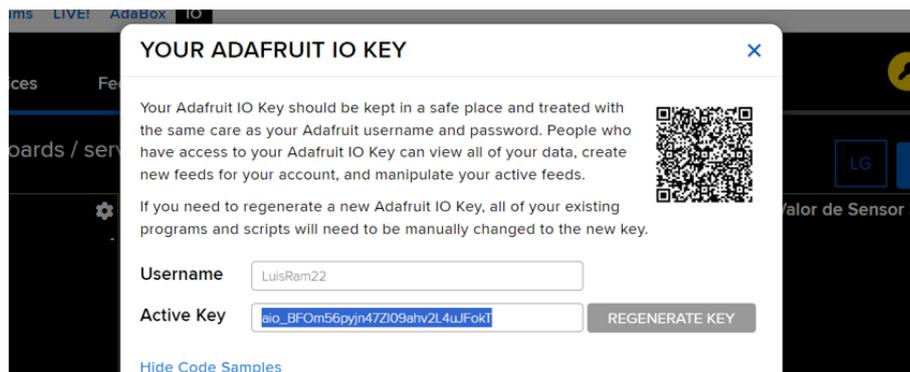


Figura 64. Adafruit IO key, por L. Ramírez y J. Castro, Adafruit.

Para diseñar una interfaz de usuario en Adafruit IO, se requiere de aquellos bloques que permiten transmitir información. En este caso, se utilizó el bloque stream, el cual muestra los datos recibidos desde varios feeds. Además, se integraron varios indicadores luminosos como se muestra en la figura 65.

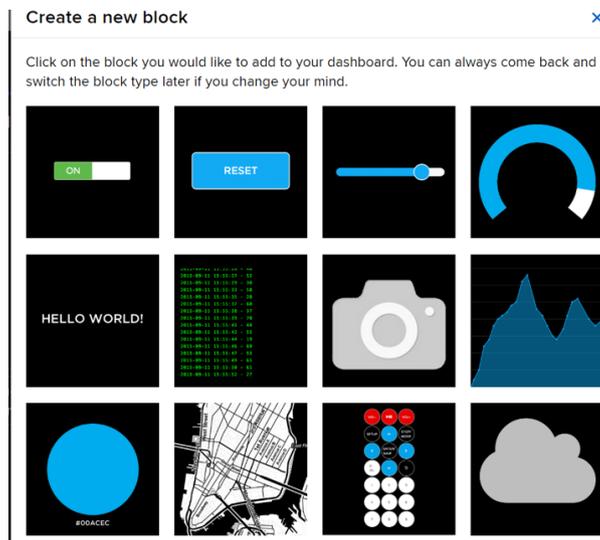


Figura 65. Bloques, por L. Ramírez y J. Castro, Adafruit.

La configuración del bloque de stream se realiza ingresando una feed, la misma que esta configurada en node-red, es decir nuestro feed será ValorS1, ValorS2 Y ValorS3. Cada uno de estos recibirá un dato del sensor, en pocas palabras se necesitará de 3 bloques de stream para conectarlo con su respectivo feed, dado que se va a supervisar 3 áreas.

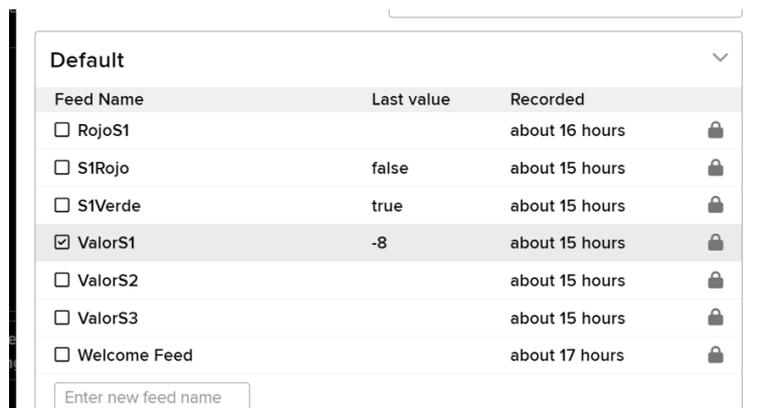


Figura 66. Feeds, por L. Ramírez y J. Castro, Adafruit.

Para los bloques de indicador luminoso se debe configurar las condiciones de encendido, tanto como para indicar si el valor se encuentra fuera de rango o dentro del mismo. Como podemos observar en la imagen 67 se ha configurado para que se encienda la luz verde dentro del rango de -5 a -20.

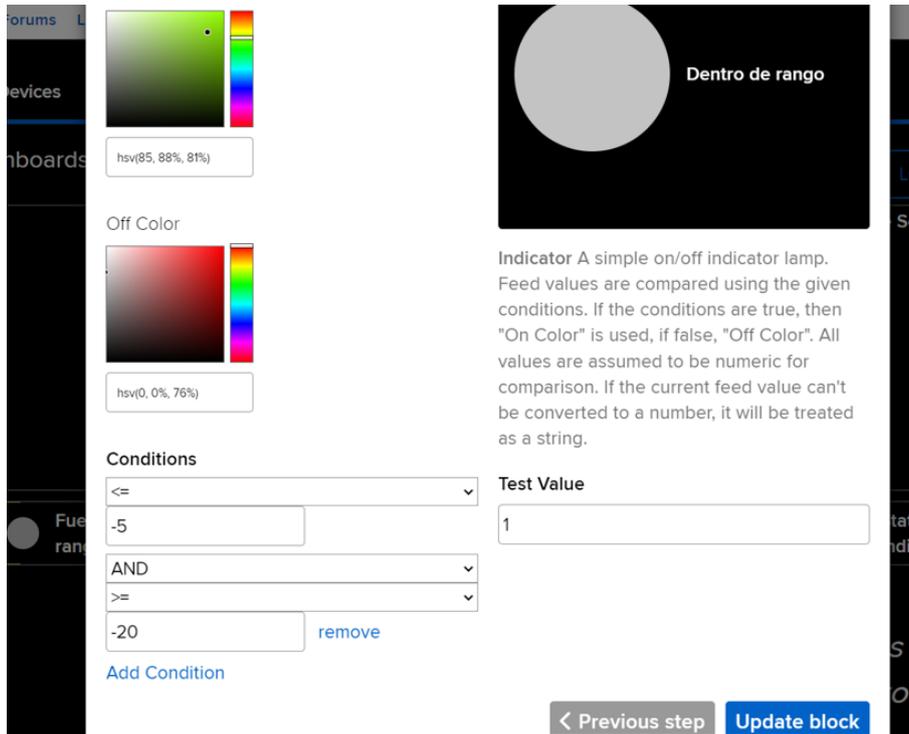


Figura 67. Condición del indicador luminoso, por L. Ramírez y J. Castro, Adafruit.

Una vez que se han configurado los bloques en Node-Red, es posible ejecutar el Adafruit IO. Para ello, debemos acceder a la página de Node-Red donde se encuentra la programación de nodos y hacer clic en el botón Deploy. Al hacerlo, se mostrará que la conexión con el LOGO se ha establecido y se podrá visualizar los datos que recibe en tiempo real como se muestra en la figura 68.

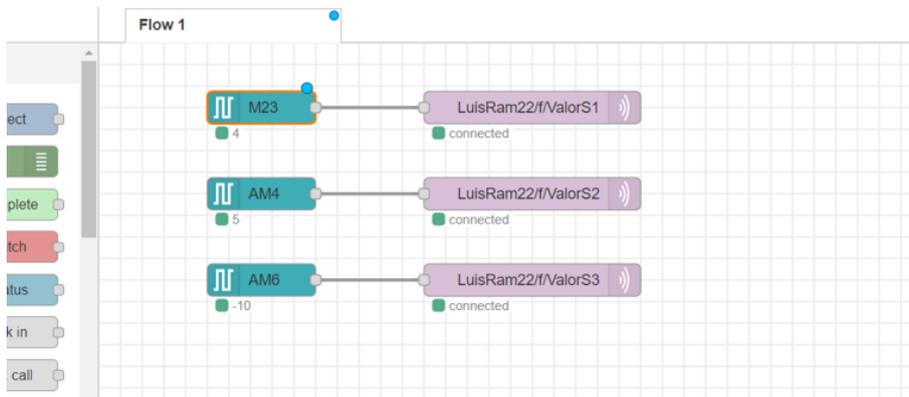


Figura 68. Ejecución de programa de Node-red, por L. Ramírez y J. Castro, Adafruit.

Se comunicara automáticamente con el Adafruit y comenzara enviar datos de forma remota.

VII. RESULTADOS

VII-A. Resultados de tableros de control

Se logró implementar de manera exitosa los diferentes tableros de control en las diferentes áreas del laboratorio como se puede observar en las imágenes 69, 70 y 71, 72, los cuales representan un papel crucial en la visualización del valor de presión diferencial dentro de las mismas.



Figura 69. Tablero 1 instalado, por L. Ramírez y J. Castro.



Figura 70. Tablero 2 instalado, por L. Ramírez y J. Castro.



Figura 71. Tablero 3 instalado, por L. Ramírez y J. Castro.

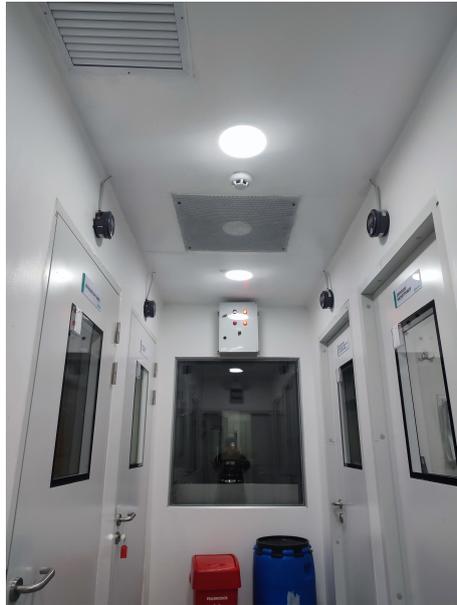


Figura 72. Tablero 4 instalado, por L. Ramírez y J. Castro.

La programación interna de estos tableros permite que trabajadores puedan visualizar dentro de la planta si su área se encuentra en rango del diferencial de presión establecido.



Figura 73. Funcionamiento de balizas junto a sensores dentro de la primera área.



Figura 74. Funcionamiento de balizas y sensores dentro de la segunda área.

VII-B. Monitoreo de presión diferencial en sistema SCADA

El sistema SCADA desempeña de igual forma un papel crucial en la mejora de la seguridad y la colaboración interdepartamental. Gracias a su capacidad de monitoreo remoto, los trabajadores externos a la producción, como el personal de mantenimiento, pueden supervisar continuamente el estado del sistema de presión diferencial. Esta visibilidad proactiva permite una respuesta rápida ante cualquier evento inesperado, reduciendo el riesgo de incidentes y garantizando un entorno de trabajo más seguro. Como puede observarse en las imágenes 75 y 76, este sistema presenta un correcto funcionamiento, mostrando el valor real y generando la alerta visual debida.

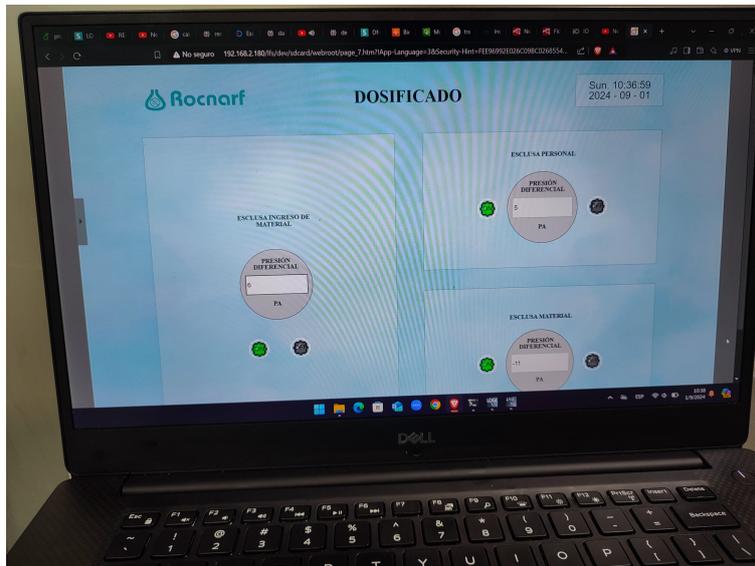


Figura 75. Funcionamiento de SCADA 1, por L. Ramírez y J. Castro.

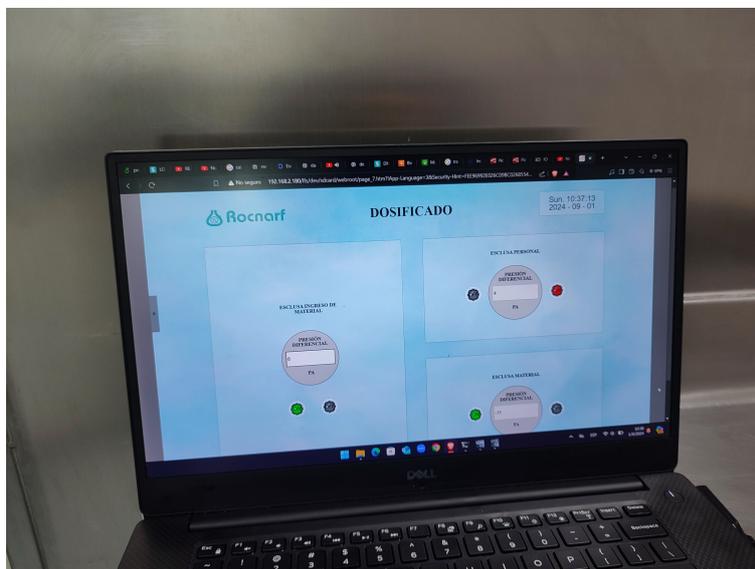


Figura 76. Funcionamiento de SCADA 2, por L. Ramírez y J. Castro.

VII-C. Monitoreo de presión diferencial en sistema IoT

De igual forma, se logró implementar un sistema IoT, para monitorear los valores presentados previamente de forma remota, sin necesidad de estar en la planta o conectado a la misma red IP.

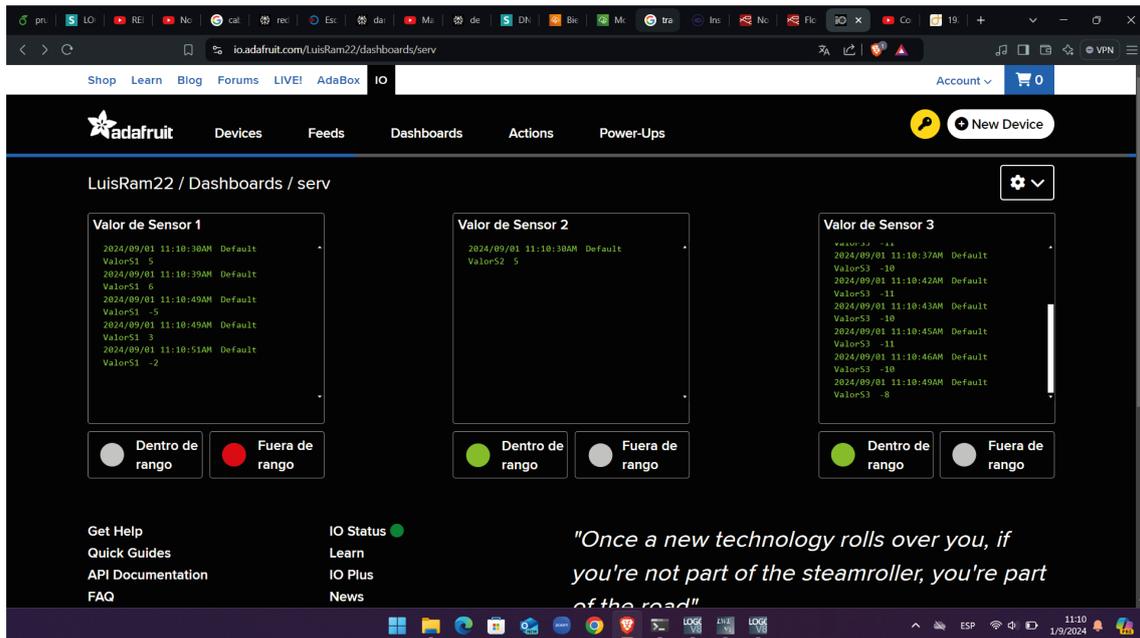


Figura 77. Funcionamiento de IoT bajo Adafruit, por L. Ramírez y J. Castro.

VIII. CRONOGRAMA

A continuación se muestra el cronograma de trabajo en la tabla I.

Tabla I
CRONOGRAMA

DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA BASADO EN TECNOLOGÍA IOT PARA MONITOREO DE PRESIÓN DIFERENCIAL EN ÁREAS DE PRODUCCIÓN EN UN LABORATORIO FARMACÉUTICO.		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR																											
TITULO: CRONOGRAMA COMITÉ DE ETICA EN INVESTIGACIÓN 2024		VIGENCIA 2024																											
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6							
		SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4				
Estudio e investigación de los factores ambientales importantes dentro de salas blancas en la industria farmacéutica.		1	1	1	1	1	1	1	1																				
Análisis de datos obtenidos, cuya información sea de importancia y relevancia dentro de la investigación/proyecto.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																		
Clasificación correcta tanto de artículos, enlaces o archivos obtenidos, según tema e importancia de datos dentro de los mismo.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																
Investigación de las mejores opciones para obtener un sistema SCADA con las características deseadas en el proyecto.						1	1	1																					
Estudio y análisis de componentes a usar en el sistema SCADA, de manera que se cumpla correctamente con los objetivos del proyecto.									1	1																			
Estudio de las áreas en las que se van a instalar los sensores, así como el área en donde se ubicarán los tableros de control.										1	1																		
Diseño de tablero en simulación.											1	1																	
Construcción de tablero eléctrico de un área.											1	1																	
Programación de sistema SCADA para el primer tablero.												1	1																
Diseño de interfaz SCADA en LWS.													1																
Instalación de sensores y tablero dentro del primer sector a monitorizar.														1															
Conexión y comunicación de tablero y sensores a la red y equipo en donde será visible la monitorización.															1	1													
Instalación de sensores y tableros dentro de las otras zonas a monitorizar.																1	1												
Implementación de IOT																													
Calibración de presión adecuada dentro de las áreas de implementación para determinación exacta del sistema SCADA																											1	1	1

IX. PRESUPUESTO

Tabla II
PRESUPUESTO

Nombre del elemento	Cantidad	Unidad	Valor total
SERVICIOS BÁSICOS			
Transporte	1	GLOBAL	\$ 248
Internet	1	GLOBAL	\$ 220
Alimentación	1	GLOBAL	\$ 280
Energía eléctrica	1	GLOBAL	\$ 160
COMPONENTES			
Sensores de presión diferencial	15	U	\$ 750
Logo!	5	U	\$ 800
Cableado eléctrico de control y fuerza	1	GLOBAL	\$ 120
Cuadros eléctricos monomodulares	5	U	\$ 250
Borneras para riel din	24	U	\$ 34
Selectores	5	U	\$ 20
Luces piloto	12	U	\$ 30
Balizas 24V	10	U	\$ 400
Fuente de alimentación conmutada 24V AC/DC	5	U	\$ 125
Relé electromagnético 24V	20	U	\$ 66
Módulo de expansión logo!	5	U	\$ 600
TOTAL			\$ 4103

X. CONCLUSIONES

El desarrollo de la programación en el software LOGO! Soft Comfort para el sistema de monitoreo permitió convertir los datos eléctricos originados de los sensores de presión a valores reales para la supervisión efectiva por parte de los operadores. Este ha sido una parte importante para la implementación de un sistema Scada, que proporciona una visualización mejorada y remota de las condiciones operativas.

La integración de tecnología IoT mediante el uso de la herramienta Adafruit IO como nube, nos permitió visualizar los datos de presión diferencial de manera remota y segura. Este sistema ha facilitado la comunicación estable entre dispositivos, el PLC LOGO! y la plataforma de Adafruit IO, lo que ha resultado en el desarrollo de una interfaz de usuario intuitiva y accesible a través de la web.

Esta interfaz permite a los operadores monitorear los valores de presión desde cualquier dispositivo con conexión a internet.

XI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar calibraciones a los sensores de presión diferencial previa a la instalación. Esta medida es importante para garantizar la precisión de las mediciones y minimizar fluctuaciones no deseadas.
- Se debe realizar una revisión absoluta de la configuración de las direcciones IP y pasarelas predeterminadas que han sido asignadas a cada PLC LOGO! Con el objetivo de establecer una comunicación estable y evitar problemas de conectividad en la red.
- En la instalación de las balizas, se usa el datasheet del fabricante como guía, puesto que estas constan de varios terminales de polarización y señal. Lo indicado asegura una instalación correcta y evita daños al equipo.
- Para una representación precisa de señales analógicas en Logo! Web Editor, es fundamental configurar el 'analog value' como 'signed'. Esta opción habilita la visualización de valores negativos, ampliando el rango de medición y permitiendo un análisis más completo.

REFERENCIAS

- [1] P. M. Panchi, «LA VALORACIÓN DE EMPRESAS Y LAS DECISIONES DE INVERSIÓN EN EL SECTOR COMERCIAL FARMACÉUTICO,» 2023.
- [2] INCOA, *Ejemplos de Automatización de Procesos en la Industria Farmacéutica*, Accedido: 9-04-2024, 2023. dirección: <https://incoa.com.mx/industria/automatizacion-de-procesos-en-la-industria-farmaceutica/>.
- [3] R. L. ROBERTO, «REMODELACIÓN DE LA PLANTA FARMACÉUTICA “SÓLIDOS ORALES”,» 2006.
- [4] Cercal Group, *Desentrañando el Informe 37 de la OMS y su Impacto Global*, Accedido: 22-02-2024, 2021. dirección: <https://cercal.cl/envinculo/informe-37-oms/>.
- [5] MesAutomation, *¿Qué es un sistema SCADA y cómo puede ayudar a tu fábrica?* Accedido: 23-02-2024, 2023. dirección: <https://mesautomation.com/que-es-un-sistema-scada-y-como-puede-ayudar-a-tu-fabrica/>.
- [6] AirDroid, *Guía de acceso remoto a dispositivos IoT y sus desafíos*, Accedido: 24-02-2024, 2023. dirección: <https://www.airdroid.com/es/mdm/remote-access-iot-devices-over-internet/>.
- [7] National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering, *Sensores*, Accedido: 22-02-2024, 2022. dirección: <https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/sensores#:~:text=la%20atenci%C3%B3n%20m%C3%A9dica%3F-,%20BFQu%C3%A9%20son%20los%20sensores%3F,cantidades%20y%20caracter%C3%ADsticas%20que%20detectan..>
- [8] SDINDUSTRIAL, *¿Cómo funcionan los sensores?* Accedido: 22-02-2024, 2021. dirección: <https://sdindustrial.com.mx/blog/sensores/#:~:text=Se%20emplean%20en%20numerosas%20soluciones,en%20movimiento%20en%20%C3%A1reas%20espec%C3%ADficas..>
- [9] Grupo de Investigación en Sistemas Inteligentes, *Sensores*, Accedido: 22-02-2024, 2018. dirección: <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/intar/ime/sensores/#:~:text=Existen%20dos%20tipos%20de%20sensores,datos%20que%20dan%20son%20discretos..>
- [10] Dreamstime, *Sensor analogico con la escala a partir de la 0 a 100 en el fondo blanco*, Accedido: 04-05-2024, 2009. dirección: <https://es.dreamstime.com/fotograf%C3%ADa-de-archivo-sensor-image10561912>.
- [11] Polaridad, *¿Qué es un sensor digital: Guía completa sobre esta tecnología*, Accedido: 23-02-2024, 2023. dirección: https://polaridad.es/que-es-un-sensor-digital/?expand_article=1.
- [12] ManufacturaLatam, *Sensores digitales de presión tipo conector, Serie PSAN*, Accedido: 04-05-2024, 2022. dirección: <https://www.manufactura-latam.com/es/noticias/sensores-digitales-de-presion-tipo-conector-serie-psan>.
- [13] HBM, *¿Qué es un sensor de presión?* Accedido: 23-02-2024, 2022. dirección: https://polaridad.es/que-es-un-sensor-digital/?expand_article=1.
- [14] Sensing, *Sensores de presión diferencial*, Accedido: 23-02-2024, 2021. dirección: <https://sensores-de-medida.es/medicion/sensores-y-transductores/sensores-de-presion/sensores-de-presion-diferencial/>.
- [15] AliExpress, *Indicador de presión diferencial neutra, pantalla Digital, indicador de presión negativa*, Accedido: 04-05-2024, 2024. dirección: <https://es.aliexpress.com/i/1005005497010798.html#nav-specification>.
- [16] withled, *Balizas de señalización*, Accedido: 20-08-2024, 2020. dirección: <https://withled.com/balizas-de-senalizacion/>.
- [17] withled, *Balizas de señalización Serie Sentinel: fabricación propia a base de innovación*, Accedido: 20-08-2024, 2023. dirección: <https://withled.com/senalizacion-industrial/balizas-de-senalizacion-led-serie-sentinel/>.
- [18] cade-simu, *¿Qué es y para qué sirve CadeSimu?* Accedido: 20-08-2024, 2024. dirección: https://cade-simu.com/#para_qu%C3%A9_sirve_CadeSimu.
- [19] ADR Formación, *¿Qué es SolidWorks?* Accedido: 20-08-2024, 2023. dirección: https://www.adrformacion.com/knowledge/ingenieria-y-proyectos/_que_es_solidworks_.html#:~:text=SolidWorks%20es%20un%20software%20tipo,en%203D%20Ensamblajes%20y%20Dibujos..
- [20] 1000marcas, *SolidWorks Logo*, Accedido: 20-08-2024, 2022. dirección: <https://1000marcas.net/solidworks-logo/>.
- [21] Aula 21, *LOGO! de Siemens: ¿Qué es y cómo funciona*, Accedido: 23-02-2024, 2023. dirección: <https://www.cursosaula21.com/logo-de-siemens-que-es-y-como-funciona/>.

- [22] Automatismos Mundo, *LOGO! de SIEMENS, qué es? Es realmente un PLC?* Accedido: 23-02-2024, 2022. dirección: <https://automatismosmundo.com/logo-de-siemens-que-es-es-realmente-un-plc/>.
- [23] Wikipedia, *Fuente conmutada*, Accedido: 24-02-2024, 2023. dirección: https://es.wikipedia.org/wiki/Fuente_conmutada#:~:text=Las%20fuentes%20conmutadas%20pueden%20ser,%2C%20rectificador%20de%20salida%2C%20filtro.
- [24] tecnopl, *CONEXIONES ENTRE FUNCIONES LOGO SIEMENS UNIÓN ENTRE LOS BLOQUES*, Accedido: 30-07-2024, 2023. dirección: <https://www.tecnopl.com/conexiones-entre-funciones-logo-siemens-union-entre-los-bloques/>.
- [25] SOLECTRO, *Funcionamiento y características de los relés*, Accedido: 24-02-2024, 2022. dirección: <https://solectroshop.com/es/blog/funcionamiento-y-caracteristicas-de-los-reles--n116#:~:text=La%20gran%20ventaja%20de%20los,con%20peque%C3%B1as%20tensiones%20de%20control.>
- [26] Relpol, *Industrial relays R2N*, Accedido: 04-05-2024, 2024. dirección: <https://www.repol.pl/en/Products/Industrial-plug-in-Relays/Industrial-relays-R2N.>
- [27] Electricity Magnetism, *¿Qué es una fuente de alimentación conmutada?* Accedido: 24-02-2024, 2023. dirección: <https://www.electricity-magnetism.org/es/que-es-una-fuente-de-alimentacion-conmutada/>.
- [28] Sicoelecgroup, *FUENTES DE ALIMENTACIÓN CONMUTADA*, Accedido: 04-05-2024, 2024. dirección: <https://www.sicoelecgroup.com/producto/fuentes-de-alimentacion-conmutada/>.
- [29] Vester Industrial Training Center, *Tecnología SCADA: Supervisión Control y Adquisición de Datos*, Accedido: 24-02-2024, 2018. dirección: <https://vestertraining.com/blog/tecnologia-scada/>.
- [30] Autex Open, *Qué es un sistema SCADA? Información completa*, Accedido: 24-02-2024, 2022. dirección: https://www.autex-open.com/automatizacion-industrial/que-es-un-sistema-scada-informacion-completa/#Tipos_de_sistemas_SCADA.
- [31] Welivesecurity, *¿Qué tan críticos son los sistemas SCADA?* Accedido: 04-05-2024, 2013. dirección: <https://www.welivesecurity.com/la-es/2013/01/25/criticos-sistemas-scada/>.
- [32] pickdata, *Node-RED, la herramienta de programación visual para el Internet of Things*, Accedido: 31-08-2024, 2020. dirección: <https://www.pickdata.net/es/noticias/node-red-programacion-visual-iot.>
- [33] wikipedia, *Node-RED*, Accedido: 31-08-2024, 2023. dirección: <https://es.wikipedia.org/wiki/Node-RED.>
- [34] Saba Hilal, *El Adafruit.io*, Accedido: 31-08-2024, 2023. dirección: <https://www.tutorialspoint.com/the-adafruit-io#:~:text=Adafruit.io%20is%20needed%20to,use%20interface%20to%20design%20dashboards..>
- [35] Sander van de Velde, *Prototype an IoT Dashboard with Adafruit IO*, Accedido: 31-08-2024, 2018. dirección: <https://sandervandeveld.wordpress.com/2018/09/04/prototype-an-iot-dashboard-with-adafruit-io/>.
- [36] Milanuncios, *¿Qué es el Internet de las cosas (IoT) y por qué se llama así?* Accedido: 26-02-2024, 2022. dirección: [https://blog.milanuncios.com/lifestyle/internet-de-las-cosas/#:~:text=El%20Internet%20de%20las%20cosas%20\(IoT\)%20hace%20referencia%20a%20todos,inform%C3%A1ticos%20a%20trav%C3%A9s%20de%20Internet..](https://blog.milanuncios.com/lifestyle/internet-de-las-cosas/#:~:text=El%20Internet%20de%20las%20cosas%20(IoT)%20hace%20referencia%20a%20todos,inform%C3%A1ticos%20a%20trav%C3%A9s%20de%20Internet..)
- [37] Napratica, *Conheça 3 iniciativas brasileiras de Internet das Coisas (IoT)*, Accedido: 04-05-2024, 2020. dirección: <https://www.napratica.org.br/iniciativas-brasileiras-de-internet-das-coisas-iot/>.
- [38] Aula21, *Qué son las redes de comunicación industrial*, Accedido: 12-07-2024, 2019. dirección: <https://www.cursosaula21.com/que-son-las-redes-de-comunicacion-industrial/>.
- [39] Monografias, *Comunicación serial: conceptos generales*, Accedido: 13-07-2024, 2015. dirección: <https://www.monografias.com/trabajos104/comunicacion-serial-conceptos-generales/comunicacion-serial-conceptos-generales.>
- [40] educarparaelcambio, *RETO 5: COMUNICÁNDONOS CON ARDUINO – PUERTO SERIE*, Accedido: 13-07-2024, 2017. dirección: <https://educarparaelcambio.com/arduino/reto-5-comunicandonos-con-arduino-puerto-serie/>.
- [41] Wikipedia, *Cliente-servidor*, Accedido: 21-08-2024, 2024. dirección: <https://es.wikipedia.org/wiki/Cliente-servidor#:~:text=La%20red%20cliente%2Dservidor%20es,vez%20que%20estos%20son%20solicitados..>
- [42] Ramón Invarato, *Cliente vs Servidor*, Accedido: 21-08-2024, 2019. dirección: <https://jarroba.com/cliente-vs-servidor/>.

- [43] elcajondeelectronico, *MANDO MEDIANTE SMARTPHONE DE UNA VIVIENDA CONTROLADA POR RELÉ PROGRAMABLE LOGO V8 SIEMENS*. Accedido: 22-08-2024, 2016. dirección: <https://jarroba.com/cliente-vs-servidor/>.
- [44] Siemens, *LOGO! AM2 AQ expansion module, PS: 24 V DC, 2 AO, 0-10 V, 0/4-20 mA for LOGO! 8*, e*, Data sheet, Siemens, Sir William Siemens House, Agosto de 2024.
- [45] isaindustrial, *Baliza Led Multifuncion para PLC, 24V (IF5M024ZM05)*, e*, Data sheet, isaindustrial, Calle Manuel Suárez 378 - SMP, jun. de 2024.
- [46] electricasbogota, *Relevos de 14 pines planos Serie R4N*, e*, Data sheet, electricasbogota, Calle 16 No. 12 - 56.
- [47] made-in-china, *Factory Supply High Accuracy 0-5V 4-20mA Clean Room Digital Differential Pressure Gauge Mrc-2000*, Accedido: 4-09-2024, 2024. dirección: <https://bjxytck.en.made-in-china.com/product/YZbAQyKUgmGB/China-Factory-Supply-High-Accuracy-0-5V-4-20mA-Clean-Room-Digital-Differential-Pressure-Gauge-Mrc-2000.html>.
- [48] Siemens, *LOGO! 12/24RCE, logic module, display PS/I/O: 12/24VDC/relay, 8 DI (4 AI)/4 DQ*, e*, Data sheet, Siemens, Sir William Siemens House, Agosto de 2021.
- [49] uelectronics, *Fuente conmutada 24V 5A*, Accedido: 4-09-2024, 2024. dirección: <https://uelectronics.com/producto/fuente-conmutada-24v-5a/>.

ANEXO A PLANOS

Planos de diseños hechos en SolidWorks:

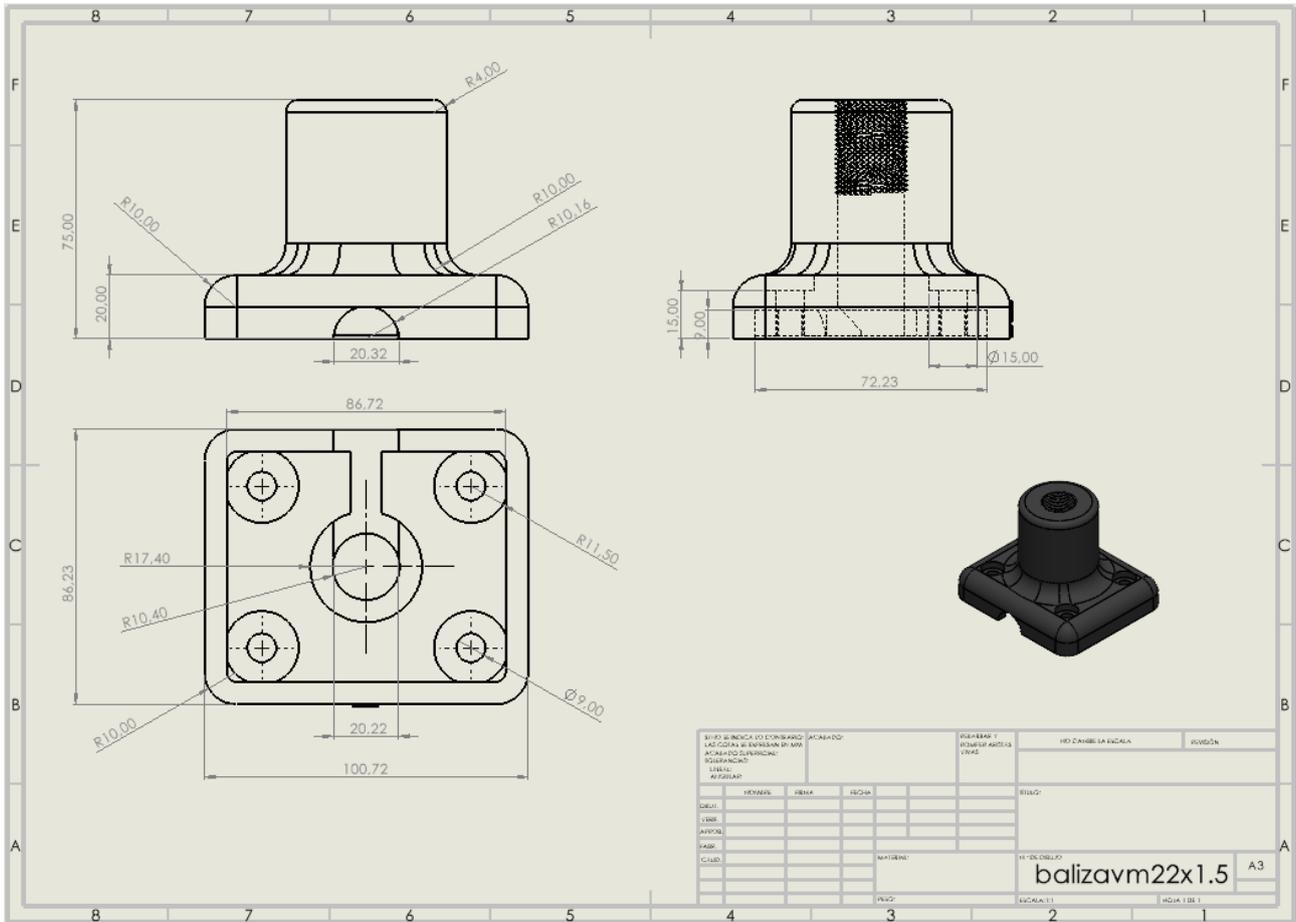


Figura 78. Base para baliza, versión final, por L. Ramírez y J. Castro, SolidWorks.

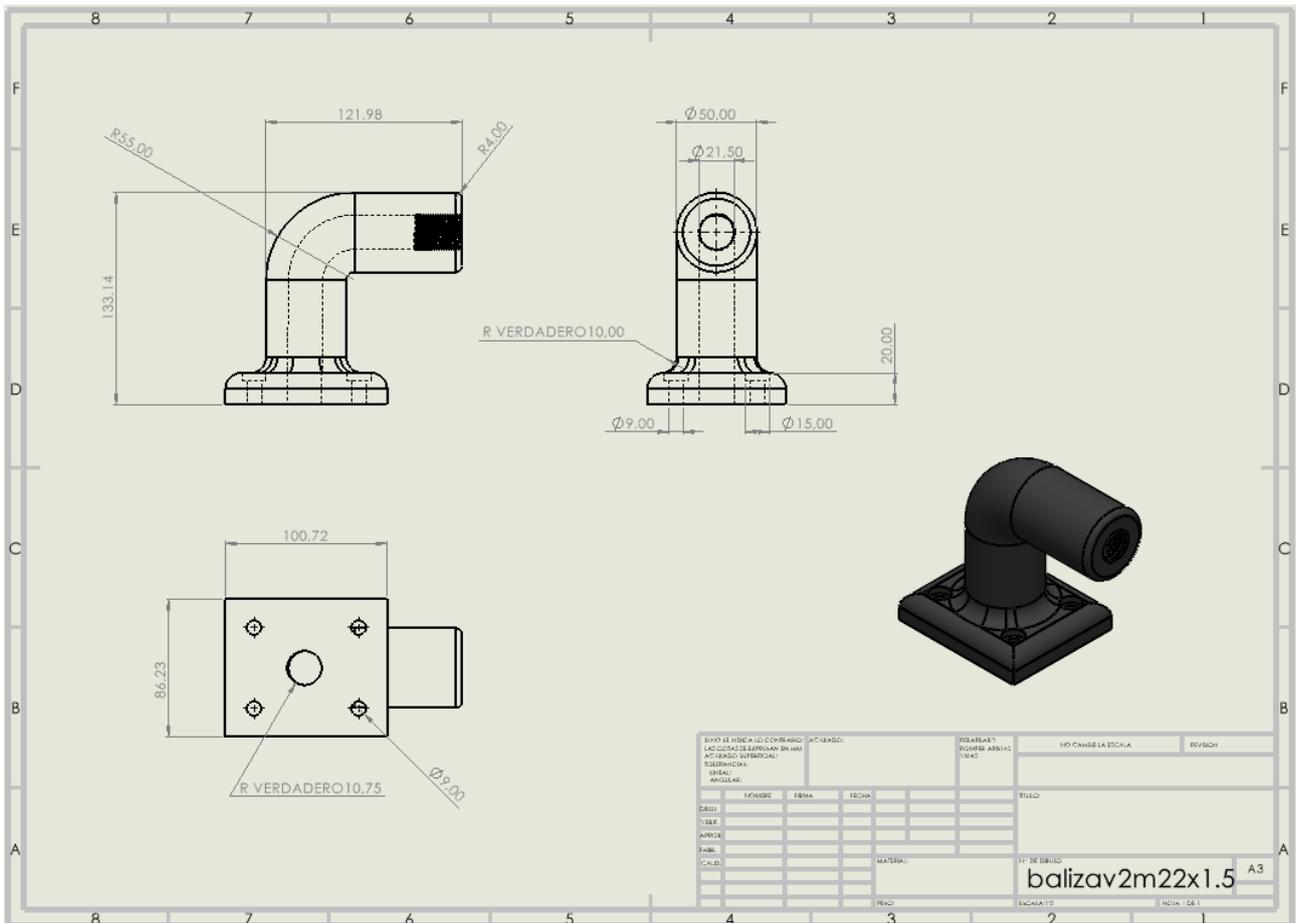


Figura 79. Base para baliza, versión curva, por L. Ramírez y J. Castro, SolidWorks.

ANEXO B
INSTALACIONES Y CONEXIONES

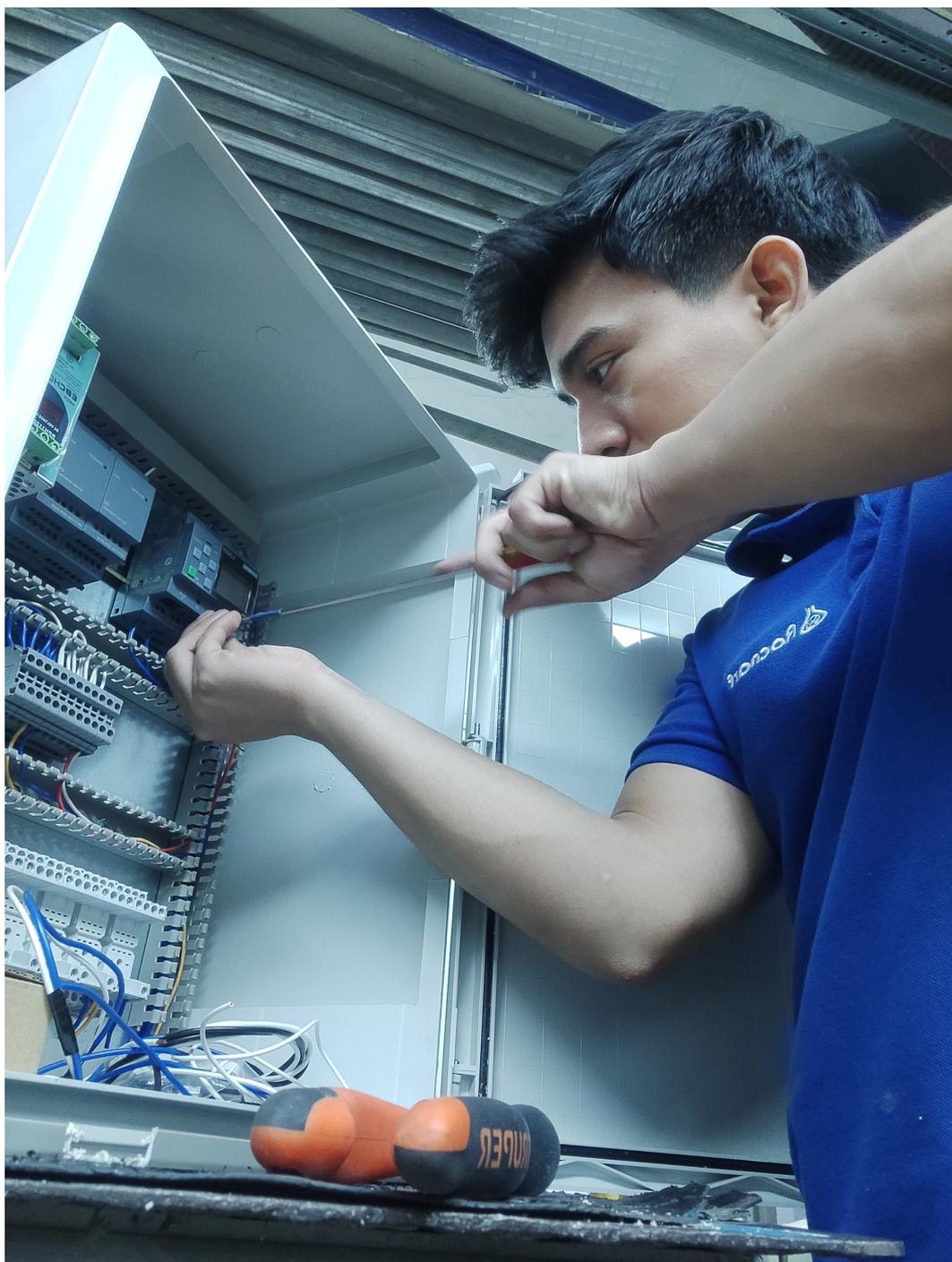


Figura 81. Conexiones internas del tablero de control, por L. Ramírez y J. Castro.



Figura 82. Ubicación del tablero en el área designada, por L. Ramírez y J. Castro.



Figura 83. Instalación del sensor de presión diferencial, por L. Ramírez y J. Castro.



Figura 84. Ubicación de balizas junto a los sensores, por L. Ramírez y J. Castro.



Figura 85. Conexión de balizas a los sensores y tablero de control, por L. Ramírez y J. Castro.



Figura 86. Conexión de balizas y sensores al tablero de control, por L. Ramírez y J. Castro.

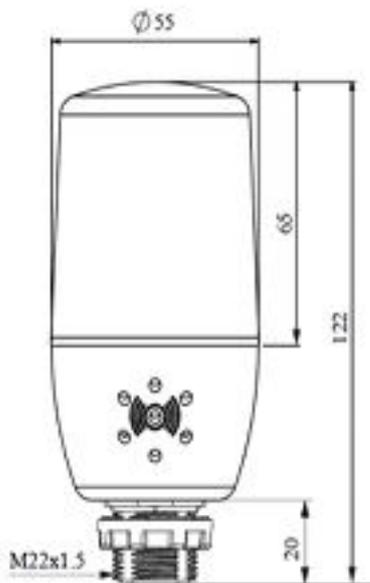


LOGO! AM2 AQ expansion module, PS: 24 V DC, 2 AO, 0-10 V, 0/4-20 mA for LOGO! 8

Installation type/mounting	
Mounting	on 35 mm DIN rail, 2 spacing units wide
Supply voltage	
Rated value (DC)	24 V
Analog outputs	
Number of analog outputs	2
Output ranges, voltage	
• 0 to 10 V	Yes
Output ranges, current	
• 0 to 20 mA	Yes
• 4 mA to 20 mA	Yes
EMC	
Emission of radio interference acc. to EN 55 011	
• Limit class B, for use in residential areas	Yes
Degree and class of protection	
IP degree of protection	IP20
Standards, approvals, certificates	
CE mark	Yes
CSA approval	Yes
UL approval	Yes
FM approval	Yes
developed in accordance with IEC 61131	Yes
according to VDE 0631	Yes
Marine approval	Yes
Ambient conditions	
Ambient temperature during operation	
• min.	0 °C; ES03 and higher: -20 °C
• max.	55 °C
Dimensions	
Width	35.5 mm
Height	90 mm
Depth	58 mm

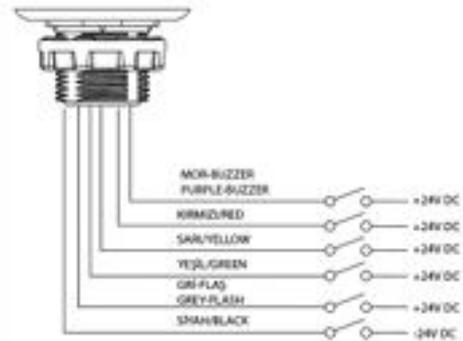
Figura 87. Data sheet LOGO! AM2 AQ expansion module [44].

Technical Specifications : IF5T024ZM05-1



Order Code:

IF5T024ZM05-1



Technical Information :

Body:

- Heat resistant, clear vision polycarbonate signal modules
- Easy and tool less connection thanks
- Easy wiring

Standards:



-Operating Temperature	-25 / +70 °C
-Electrical life	10.000 hours
-Protection degree	IP65
-Cable Length	1 m

Electrical Informations :

General Specifications :

-Operating voltage	Ue	24 V AC
-Insulation voltage	Ui	300 V
-Sound level	SL	90 dB
-Power consumption(Red)	P	0.80W
-Power consumption(Yellow)	P	0.80W
-Power consumption(Green)	P	0.80W
-Power consumption(Buzzer)	P	0.82W

Figura 88. Data sheet Baliza Led Multifunción para PLC, 24V [45].

Number and type of contacts		4 CO
Contact material		AgNi , AgNi/Au flash gold plating, AgNi/Au hard gold plating
Rated / max. switching voltage	AC	250 V / 250 V
Min. switching voltage		10 V AgNi, 10 V AgNi/Au flash gold plating 5 V AgNi/Au hard gold plating
Rated load (capacity)	AC1 AC15 DC1 DC13	7 A / 230 V AC (VDE) 6 A / 250 V AC 1,5 A / 120 V 0,75 A / 240 V (C300) 6 A / 24 V DC (see Fig. 3) 0,22 A / 120 V 0,1 A / 250 V (R300)
Motor load	acc. to UL 508 AC3 acc. to IEC 60947-4-1	1/3 HP 240 V AC, 3,6 FLA, single-phase motor  0,125 kW 240 V AC, single-phase motor
Min. switching current		5 mA
Max. inrush current		12 A
Rated current		7 A
Max. breaking capacity	AC1	1 500 VA
Min. breaking capacity		0,3 W AgNi, 0,3 W AgNi/Au flash gold plating 0,1 W AgNi/Au hard gold plating
Contact resistance		≤ 100 mΩ
Max. operating frequency		
• at rated load	AC1	1 200 cycles/hour
• no load		18 000 cycles/hour
Coil data		
Rated voltage	50/60 Hz AC DC	6, 12, 24 , 42, 48, 60, 80, 110, 115, 120, 127, 220, 230 , 240 V 5, 6, 12 , 24 , 48, 60, 80, 110, 125, 220 V
Must release voltage		AC: ≥ 0,2 U _n DC: ≥ 0,1 U _n
Operating range of supply voltage		see Tables 1, 2
Rated power consumption	AC DC	1,6 VA 0,9 W
Insulation according to EN 60664-1		
Insulation rated voltage		250 V AC
Rated surge voltage		2 500 V 1,2 / 50 μs
Overvoltage category		II
Insulation pollution degree		2
Dielectric strength		
• between coil and contacts		2 500 V AC type of insulation: basic
• contact clearance		1 500 V AC type of clearance: micro-disconnection
• pole - pole		2 000 V AC type of insulation: basic
Contact - coil distance	• clearance • creepage	≥ 1,6 mm ≥ 3,2 mm
General data		
Operating / release time (typical values)		AC: 10 ms / 8 ms DC: 13 ms / 3 ms
Electrical life	• resistive AC1 • cosφ	> 5 × 10 ⁴ 7 A, 230 V AC (VDE) > 10 ⁵ 6 A, 250 V AC see Fig. 2
Mechanical life (cycles)		> 2 × 10 ⁷
Dimensions (L x W x H)		27,4 x 21 x 35,5 mm
Weight		35 g
Ambient temperature	• storage (non-condensation and/or icing) • operating	-40...+85 °C AC: -40...+55 °C DC: -40...+70 °C
Cover protection category		IP 40 EN 60529
Environmental protection		RT1 EN 61810-7
Shock resistance	(NO/NC)	10 g / 5 g
Vibration resistance		5 g 10...150 Hz

Figura 89. Data sheet Relevos de 14 pines planos Serie R4N

[46].

Basic Info.

Model NO.	MRC-2000
Customized	Customized
Output Signal	4 ~ 20mA;0~5V/10V; RS485
Power Supply	12~30VDC
Pagoda	6mm
Output Load	≤250Ω
Specification	0.5kg
Origin	China
Production Capacity	5000pieces/Month

Certification	ISO
Display	LCD
Medium Temperature	-20~85 Degree Celsius
Static Pressure Resistanceon	10MPa
Medium	Medium: Air and Non- Flammable, Non- Corrosive Gas,
Transport Package	Carton
Trademark	XYT
HS Code	9026201090

Figura 90. Data sheet Sensor de presión diferencial [47].



Figura similar

LOGO! 12/24RCE, mód. lógico, display F/A/E/S: 12/24 V DC/relé, 8 DI (4 AI)/4 DO, mem. 400 bloques, posibilidad de ampliación modular, Ethernet, servidor web integrado, Datalog, páginas web personalizadas, tarjeta microSD estándar para LOGO! Soft Comfort a partir de V8.3, proyectos anteriores ejecutables conexión a la nube en todos los aparatos base LOGO! 8.3

Display	
Con display	Sí
Diseño/montaje	
Montaje	sobre perfil normalizado de 35 mm, 4 módulos de ancho
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	
• 12 V DC	Sí
• 24 V DC	Sí
Rango admisible, límite inferior (DC)	10,8 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Hora	
Programadores horario	
• Cantidad	400; Máx. 400, según la función
• Reserva de marcha	480 h
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	8; de ellas, 4 aptas como E analógicas (0 a 10 V)
Salidas digitales	
Número de salidas	4; Relé
Protección contra cortocircuito	No; requiere protección externa
Intensidad de salida	
• para señal "1" rango admisible para 0 a 55 °C, máx.	10 A
Salidas de relé	
Poder de corte de los contactos	
— con carga inductiva, máx.	3 A
— con carga resistiva, máx.	10 A
CEM	
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
• Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial	Sí; Desparasitado según EN 55011, clase límite B
Normas, homologaciones, certificados	
Marcado CE	Sí
Homologación CSA	Sí
Homologación UL	Sí
Homologación FM	Sí
desarrollado conforme a IEC 61131	Sí
según VDE 0631	Sí

Figura 91. Data sheet LOGO! [48].

PINOUT Fuente Conmutada 24V 5A

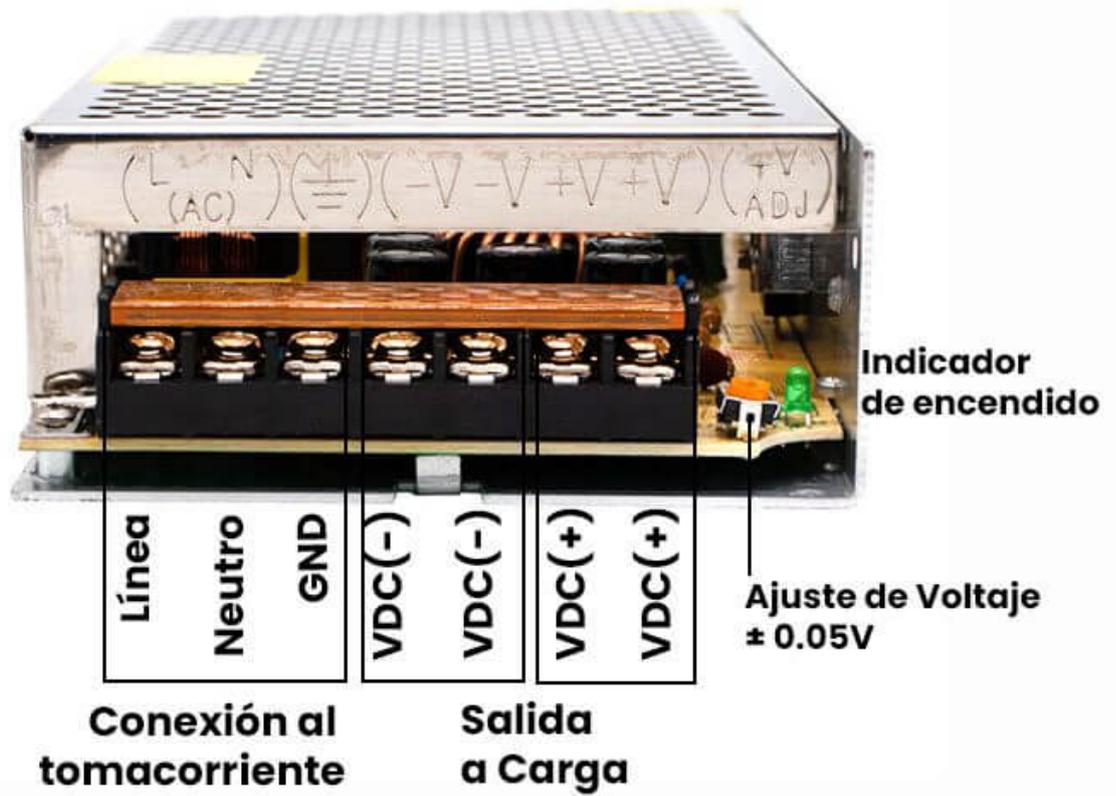


Figura 92. Data sheet Fuente conmutada 24V 5A [49].