



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO
PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL NIVEL DE GLICOL
EN UNA SALMUERA DE HELADOS MEDIANTE TECNOLOGÍA
OPC PARA LA MICROEMPRESA “HELADOS MI CHIQUITO””.**

Trabajo de titulación

Tipo: Dispositivo tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES: ZAMBRANO CASTILLO KATERINE LICETH

ZAMBRANO PULLUTAXI ANDRÉS SEBASTIÁN

DIRECTOR: Dr. GEOVANNY VALLEJO MsC.

Riobamba – Ecuador

2021

@2021, Andrés Sebastián Zambrano Pullutaxi, Katerine Liceth Zambrano Castillo.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Zambrano Castillo Katerine Liceth y Zambrano Pullutaxi Andrés Sebastián, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados de los mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 07 de septiembre de 2021.

Handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized, elongated shape with the name 'Katerine 2' written inside.

Katerine Liceth Zambrano Castillo
060427274-0

Handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized, elongated shape with the name 'Andrés Zambrano' written inside.

Andrés Sebastián Zambrano Pullutaxi
180491556-7

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Dispositivo tecnológico, **“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL NIVEL DE GLICOL EN UNA SALMUERA DE HELADOS MEDIANTE TECNOLOGÍA OPC PARA LA MICROEMPRESA “HELADOS MI CHIQUITO”**”, realizado por la Señorita KATERINE LICETH ZAMBRANO CASTILLO y el Señor ANDRÉS SEBASTIÁN ZAMBRANO PULLUTAXI, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Pablo Lozada PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	Firmado digitalmente por PABLO EDUARDO LOZADA YANEZ	2021-09-07
Dr. Geovanny Vallejo MsC. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	GEOVANNY ESTUARDO VALLEJO VALLEJO Firmado digitalmente por GEOVANNY ESTUARDO VALLEJO VALLEJO Fecha: 2021.09.08 06:50:21 -05'00'	2021-09-07
Ing. Edwin Altamirano. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	EDWIN VINICIO ALTAMIRANO SANTILLAN Firmado digitalmente por EDWIN VINICIO ALTAMIRANO SANTILLAN Fecha: 2021.09.08 09:34:52 -05'00'	2021-09-07

DEDICATORIA

El presente trabajo de integración curricular dedico a mis padres Luis Zambrano y Sandra Castillo, por sus consejos, apoyo incondicional y enseñanza, de igual manera a mis hermanas Sandra y Lilian por su cariño.

Katerine

Dedico el trabajo de integración curricular a mi mamá Amparo Pullutaxi, mi papá Mario Zambrano y mi hermano Aarón Zambrano por creer en mí, su apoyo y sobre todo por celebrar mis logros.

Andrés

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por iluminar mi camino y permitir culminar mi carrera universitaria, a mi tutor Dr. Geovanny Vallejo MsC, por la ayuda brindada y la entrega en el presente trabajo de integración curricular.

Katerine

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por concederme la vida y permitirme culminar la ingeniería en electrónica y automatización, de manera especial agradezco al Dr. Geovanny Vallejo MsC, por dedicar tiempo para guiarnos en el desarrollo del presente trabajo de integración curricular.

Andrés

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	3
1.1 Máquina Salmuera de Helados.....	3
1.2 Medición de Nivel de Glicol.....	6
1.2.1 <i>Métodos de medición de nivel</i>	6
1.3 Sistemas de control.....	7
1.3.1 <i>Clasificación de un sistema de control</i>	7
1.3.2 <i>Estructura de un sistema de control en lazo cerrado</i>	8
1.3.2.1 <i>Controlador</i>	8
1.3.2.2 <i>Actuador</i>	9
1.3.2.3 <i>Sensor</i>	11
1.4 Tecnología OPC.....	12
1.4.1 <i>Tipos de servidores OPC</i>	13
1.5 Protocolo Modbus TCP/IP.....	14
1.6 Materiales para el prototipo electrónico según la normativa para la industria alimentaria.....	15

CAPÍTULO II

2.	PROPUESTA Y DISEÑO DE PROTOTIPO	16
2.1	Requerimientos para el prototipo electrónico del monitoreo y control de nivel de glicol en una salmuera de helados.....	16
2.2	Concepción de la arquitectura general del prototipo electrónico.....	17
2.3	Diseño de Bloques del Prototipo Electrónico.....	17
2.3.1	<i>El Bloque de almacenamiento de glicol.....</i>	<i>18</i>
2.3.2	<i>El Bloque de instrumentación.....</i>	<i>18</i>
2.3.3	<i>El Bloque de control.....</i>	<i>18</i>
2.3.4	<i>El bloque de comunicación</i>	<i>19</i>
2.4	Descripción de los componentes <i>hardware</i> del prototipo electrónico	19
2.4.1	<i>Interruptores de circuito de potencia Schneider.....</i>	<i>19</i>
2.4.2	<i>Contactores TeSys D de Schneider</i>	<i>21</i>
2.4.3	<i>Relé de sobrecarga térmica Schneider (TeSys LRD).....</i>	<i>22</i>
2.4.4	<i>Siemens LOGO! POWER 6EP1332-1SH43.....</i>	<i>22</i>
2.4.5	<i>Siemens LOGO! 12/24 RCE – 6ED1052-1MD08-0BA0.....</i>	<i>23</i>
2.4.6	<i>Módulo GSM Siemens CMR2020</i>	<i>24</i>
2.4.7	<i>Módulo de expansión SIEMENS 6ED1055-1MB00-0BA2</i>	<i>26</i>
2.4.8	<i>Módulo de Temperatura AM2 RTD LOGO!</i>	<i>26</i>
2.4.9	<i>Pantalla Siemens LOGO! TDE.....</i>	<i>27</i>
2.4.10	<i>Sensor Ultrasónico Sumergible Jsn-sr04t</i>	<i>28</i>
2.4.11	<i>Tarjeta de desarrollo Arduino Uno</i>	<i>30</i>
2.4.12	<i>Ethernet shield W5100</i>	<i>30</i>
2.4.13	<i>Sensor de Temperatura PT-100</i>	<i>31</i>
2.4.14	<i>Bomba Periférica QB-60 DHINO.....</i>	<i>32</i>
2.4.15	<i>Computadora.....</i>	<i>33</i>
2.5	Esquema de conexión eléctrica	33
2.6	Requerimiento de diseño para el <i>software</i>.....	38

2.7	Desarrollo de <i>Software</i>	38
2.7.1	<i>Software Arduino IDE 1.8.13</i>.....	38
2.7.2	<i>Software LOGO Soft Comfort V8.2</i>	40
2.7.3	<i>Software LabVIEW</i>.....	41
2.8	Montaje del tablero eléctrico de control	42
2.9	Implementación de la estructura mecánica	43

CAPÍTULO III

3.	VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO	46
3.1	Implementación del prototipo	46
3.2	Pruebas de validación de los sensores	46
3.2.1	<i>Análisis de medición de temperatura del sensor Pt-100</i>.....	47
3.2.2	<i>Análisis de medición de distancia del sensor ultrasónico Jsn-sr04t</i>.....	48
3.3	Pruebas de estabilidad	50
3.3.1	<i>Prueba de relación temperatura-tiempo encendido el sistema de congelación</i>.....	50
3.3.2	<i>Prueba de relación temperatura-tiempo apagado el sistema de congelación</i>.....	52
3.3.3	<i>Prueba de relación de distancia-tiempo</i>.....	53
3.3.4	<i>Prueba de relación de distancia-porcentaje</i>.....	55
3.4	Pruebas de comunicación	56
3.4.1	<i>Prueba de tiempo de latencia en la comunicación GSM</i>.....	56
3.4.2	<i>Prueba de tiempo de latencia en la comunicación PLC LOGO! y LabVIEW</i>.....	57
3.5	Pruebas de potencia de consumo	58

CAPÍTULO IV

4.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	60
4.1	Análisis de costos	60

4.2	Proyección de recuperación monetaria por el ahorro de glicol	62
4.3	Consumo eléctrico	63
	CONCLUSIONES.....	64
	RECOMENDACIONES.....	65
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Propiedades del Propilenglicol.....	4
Tabla 2-1:	Métodos de medición de nivel.....	6
Tabla 3-1:	Principales características de la bomba de recirculación.....	10
Tabla 4-1:	Principales características del compresor.....	10
Tabla 5-1:	Principales características de los ventiladores.....	11
Tabla 6-1:	Características de sensores ultrasónicos.....	11
Tabla 7-1:	Comparación entre AISI 304 y AISI 316.....	15
Tabla 1-2:	Principales características de los interruptores de potencia.....	20
Tabla 2-2:	Principales características de los contactores LC1D25 y LC1D09.....	21
Tabla 3-2:	Principales características de los relés térmicos.....	22
Tabla 4-2:	Principales características de la fuente de alimentación Siemens.....	23
Tabla 5-2:	Principales características del Siemens LOGO! 12/24 RCE.....	24
Tabla 6-2:	Principales características del Módulo CMR2020.....	25
Tabla 7-2:	Intensidad de señal (CSQ/dBm) del Módulo CMR2020.....	25
Tabla 8-2:	Principales características del Módulo de expansión.....	26
Tabla 9-2:	Principales características del Módulo AM2 RTD.....	27
Tabla 10-2:	Principales características de la pantalla Siemens LOGO! TDE.....	28
Tabla 11-2:	Principales características del sensor ultrasónico Jsn-sr04t.....	29
Tabla 12-2:	Principales características de la tarjeta de desarrollo Arduino UNO.....	30
Tabla 13-2:	Principales características del Arduino Ethernet Shield W5100.....	31
Tabla 14-2:	Principales características del sensor PT-100.....	32
Tabla 15-2:	Principales características de la bomba periférica QB-60 DHINO.....	32
Tabla 16-2:	Principales características de la computadora MSI GL63.....	33
Tabla 17-2:	Descripción de las entradas del PLC LOGO!.....	35
Tabla 18-2:	Descripción de las salidas PLC LOGO!.....	36
Tabla 19-2:	Configuración de las direcciones IP.....	38
Tabla 1-3:	Medición de temperatura y cálculo del error absoluto.....	47

Tabla 2-3:	Mediciones de distancia con el sensor ultrasónico Jsn-sr04t.....	49
Tabla 3-3:	Valores de temperatura-tiempo encendido el sistema de congelación	50
Tabla 4-3:	Valores de temperatura-tiempo apagado el sistema de congelación	52
Tabla 5-3:	Muestras de la prueba de relación de distancia-tiempo	53
Tabla 6-3:	Muestras de la prueba de relación de distancia-porcentaje	55
Tabla 7-3:	Prueba de tiempo de latencia en la comunicación GSM	56
Tabla 8-3:	Prueba de tiempo de latencia entre PLC LOGO! y LabVIEW	58
Tabla 9-3:	Consumo eléctrico del prototipo electrónico.....	59
Tabla 1-4:	Análisis de costos del prototipo electrónico	60
Tabla 2-4:	Comparación del prototipo electrónico con Robopop Start 2	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Estructura de la Máquina Salmuera de Helados	4
Figura 2-1:	Estructura de un sistema de control en lazo abierto.....	7
Figura 3-1:	Estructura de un sistema de control en lazo	8
Figura 4-1:	Paradoja de Pascal en diferentes contenedores	12
Figura 5-1:	Bloque de estructura del protocolo TCP/IP	14
Figura 1-2:	Arquitectura general del prototipo electrónico	17
Figura 2-2:	Bloques del prototipo electrónico	18
Figura 3-2:	Bloque de control del prototipo electrónico.....	19
Figura 4-2:	Interruptor de circuito de potencia Schneider	20
Figura 5-2:	Contactores TeSys D Schneider.....	21
Figura 6-2:	Relé de sobrecarga térmica TeSys LRD Schneider	22
Figura 7-2:	Fuente de alimentación Siemens.....	23
Figura 8-2:	Siemens LOGO! 12/24 RCE.....	24
Figura 9-2:	Módulo Siemens CMR2020 y antena ANT794-4MR	25
Figura 10-2:	Módulo de expansión.....	26
Figura 11-2:	Módulo AM2 RTD	27
Figura 12-2:	Pantalla Siemens LOGO! TDE.....	28
Figura 13-2:	Sensor Ultrasónico Sumergible Jsn-sr04t	29
Figura 14-2:	Tarjeta de desarrollo Arduino UNO.....	30
Figura 15-2:	Arduino Ethernet Shield W5100.....	31
Figura 16-2:	Sensor PT-100.....	31
Figura 17-2:	Bomba periférica QB-60 DHINO	32
Figura 18-2:	Computadora MSI GL63	33
Figura 19-2:	Circuito de potencia automatización de la salmuera de helados.....	34
Figura 20-2:	Circuito de control del prototipo electrónico	35
Figura 21-2:	Conexión del sensor jsn-sr04t y Arduino UNO	37
Figura 22-2:	Conexión Ethernet del prototipo electrónico	37

Figura 23-2:	Diagrama de flujo para el sensor ultrasónico.....	39
Figura 24-2:	Diagrama de flujo del programa LOGO Soft Comfort v8.2	41
Figura 25-2:	Pantalla de monitoreo en LabVIEW	42
Figura 26-2:	Tablero Eléctrico de control.....	43
Figura 27-2:	Estructura mecánica del prototipo electrónico.....	44
Figura 1-3:	Prototipo electrónico implementado	46
Figura 2-3:	Prueba de validación del sensor Pt-100	47
Figura 3-3:	Prueba del sensor ultrasónico Jsn-sr04t	48
Figura 4-3:	Prueba de tiempo de latencia en la comunicación GSM.....	56

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Tendencia del tiempo encendido el sistema de congelación	51
Gráfico 2-3:	Tendencia del tiempo apagado el sistema de congelación	53
Gráfico 3-3:	Tendencia del tiempo de la medición del nivel de glicol	54

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Manual de Usuario
- Anexo B:** Fuente de alimentación LOGO! 6EP1332-1SH43
- Anexo C:** Siemens LOGO! 12/24 RCE – 6ED1052-1MD08-0BA0
- Anexo D:** Módulo CMR2020 LOGO!
- Anexo E:** Modulo de expansión 6ED1055-1MB00-0BA2
- Anexo F:** Módulo de temperatura AM2 RTD LOGO!
- Anexo G:** Pantalla LOGO! Siemens TDE
- Anexo H:** Programación en LOGO Soft Comfort v8.2

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AISI:	American Iron and Steel Institute (Instituto Americano del Hierro y el Acero).
CSQ:	Calidad de la Señal Celular.
DCS:	Digital Cellular System.
DNS:	Domain Name System (Sistema de Nombres de Domino).
ERP:	Planificación de Recursos Empresariales
GPRS:	General Packet Radio Service (Servicio General de Paquetes Vía Radio).
GSM:	Global System for Mobile Communications (Sistema Global para las Comunicaciones Móviles).
HMI:	Interfaz Hombre-Máquina.
INEN:	Instituto Ecuatoriano de Normalización.
LIE:	Límite Inferior de Explosividad.
LSE:	Límite Superior de Explosividad.
LTE:	Long Term Evolution (Evolución a Largo Plazo).
OPC:	OLE for Process Control.
OPC A&E:	Alarmas y Eventos.
OPC DA:	Datos de Tiempo Real.
OPC HDA:	Datos Históricos.
OPC UA:	Arquitectura Unificada.
PLC:	Controlador Lógico Programable.
RSSI:	Intensidad de Campo de Recepción.
SCADA:	Supervisory Control and Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos).
SMS:	Short Message Service (Servicio de Mensajes Corto).
TCP/IP:	Transmission Control Protocol/Internet Protocol.

RESUMEN

El presente trabajo de integración curricular tuvo como objetivo la implementación de un prototipo electrónico para el monitoreo y control de nivel de glicol en una máquina salmuera de helados mediante tecnología OPC para la microempresa “HELADOS MI CHIQUITO” evitando el desperdicio de glicol que es la sustancia básica para congelar los helados. La propuesta y diseño del prototipo electrónico contiene cuatro bloques: almacenamiento encargado del acopio del glicol para el llenado en la tina de la máquina salmuera, instrumentación, control encargado de la adquisición de datos del sensor ultrasónico hacia el controlador lógico programable para la emitir señales al actuador y la supervisión del nivel, por último, el bloque de comunicación referente a la tecnología OPC para el sistema SCADA mediante LabVIEW. Para la validación del prototipo se desarrollaron cuatro pruebas verificando su funcionalidad partiendo de: validación del sensor ultrasónico Jsn-sr04t y el sensor de temperatura Pt-100, demostrando que ninguno excede el error permisible de $\pm 1,0$ cm y $\pm 1,0$ °C, respectivamente; la segunda para verificar la estabilidad a través de la relación entre temperatura-tiempo, distancia-tiempo; la tercera prueba verifica el funcionamiento de la comunicación GSM y PLC-LabVIEW mediante el análisis del tiempo de latencia y en la cuarta prueba se analiza el consumo eléctrico que generará la máquina salmuera de helados mensualmente con el prototipo electrónico. Se concluye que la microempresa tiene un ahorro del 32.02% al no adquirir una máquina salmuera de helados automatizada existente en el mercado internacional, el prototipo electrónico disminuye el consumo de glicol y no excede en el consumo de energía eléctrica. Se recomienda incorporar un sistema ERP para generar el pedido del glicol directamente al proveedor considerando la incorporación de un sensor de nivel en el tanque de almacenamiento.

Palabras clave: <SALMUERA DE HELADOS>, <MONITOREO Y CONTROL>, <SENSOR>, <GLICOL>, <PROTOTIPO ELECTRÓNICO>, <TECNOLOGÍA>



Firmado digitalmente por:
JEONATAN RODRIGO
PARRERO UQUILLAS



25-08-2021

1643-DBRA-UTP-2021

SUMMARY

The objective of this curricular integration work was the implementation of an electronic prototype for the monitoring and control of the glycol level in an ice cream brine machine using OPC technology for the “HELADOS MI CHIQUITO” micro-enterprise, avoiding the waste of glycol, which is the main substance to freeze ice cream. The proposal and design of the electronic prototype contains four blocks: storage in charge of the collection of glycol for filling in the tank of the brine machine, instrumentation, control in charge of data collection from the ultrasonic sensor to the programmable logic controller to emit signals to the actuator and level supervision, finally, the communication block referring to OPC technology for the SCADA system using LabVIEW. For the validation of the prototype, four tests were developed to verify its functionality starting from: validation of the ultrasonic sensor Jsn-sr04t and the temperature sensor Pt-100, showing that none exceeds the permissible error of ± 1.0 cm and ± 1.0 ° C, respectively; the second to verify stability through the relationship between temperature-time, distance-time; the third test verifies the operation of the GSM and PLC-LabVIEW communication by analyzing the latency time and in the fourth test, it is analyzed the electrical consumption that the ice cream brine machine will generate monthly with the electronic prototype. It is concluded that the micro-enterprise has a saving of 32.02% by not acquiring an automated ice cream brine machine available in the international market, the electronic prototype reduces the consumption of glycol and does not exceed the consumption of electrical energy. It is recommended to incorporate an ERP system to generate the glycol order directly to the supplier, considering the incorporation of a level sensor in the storage tank.

Keywords: <ICE CREAM BRINE> <MONITORING AND CONTROL> <SENSOR> <GLYCOL>
<ELECTRONIC PROTOTYPE> <TECHNOLOGY>



circuito electrónico por:
NELLY MARGARITA
PADILLA PADILLA

INTRODUCCIÓN

El uso de los sistemas automáticos se potencializa para mejorar los procesos de producción y aprovechar al máximo la capacidad de las máquinas con la finalidad de desarrollar una tarea definida, la cual viene ejecutando de forma manual por parte del ser humano. Con este proceso de automatización se reducen los costos de producción y se asegura la calidad del producto final, en virtud de generar las cantidades necesarias evitando desperdicios y optimizando los recursos como agua, energía eléctrica, sustancias químicas y compuestos en tiempos determinados.

Gracias a la existencia de los sistemas remotos existe la posibilidad de implementar un control automático con la supervisión del ser humano a distancia de una instalación en donde se establece el intercambio de datos entre los componentes del sistema para ejecutar una determinada tarea en tiempo real.

Se evidencia que en la microempresa “Helados Mi Chiquito” existe la necesidad de aplicar un control automático en la máquina salmuera para el enfriamiento de helados dentro de sus respectivos moldes, debido a que en este proceso el helado debe adquirir los cristales de hielo para alcanzar un adecuado endurecimiento, mediante el uso del glicol como un anticongelante para el agua, por ello la importancia de la aplicación del sistema automático de llenado de glicol en el tanque de almacenamiento de la máquina salmuera de helados a través de la automatización mediante la tecnología OPC para la comunicación entre el PLC y LabVIEW en procura de evitar posibles derramamientos de la sustancia líquida en la producción, adicionalmente el control remoto de la activación y desactivación de la máquina salmuera de helados, lo que implica que a través de estos procesos tecnológicos y de equipos de instrumentación industrial junto con dispositivos de transmisión para redes locales o remotos es posible controlar y monitorear el nivel del líquido en la tina de almacenamiento de glicol.

El control, supervisión y adquisición de datos mediante una computadora requiere del uso de una aplicación de instrumentación virtual como es el caso de LabVIEW, que es una interfaz gráfica que le otorga al usuario la posibilidad de interactuar en tiempo real con el prototipo, evidenciando cambios y características presentadas en los parámetros de cada una de las variables de entrada y salida del sistema (Bohorquez Valderrama, Fonseca Sanabria y Gutiérrez Puertas, 2017, pp. 12-21).

El presente trabajo tiene como objetivo principal implementar un prototipo electrónico para el monitoreo del control de nivel de glicol en una salmuera de helados mediante tecnología OPC para la microempresa “HELADOS MI CHIQUITO”, para lo cual se plantea los siguientes objetivos específicos:

- Analizar los fundamentos básicos de los sistemas de control de nivel de glicol para una salmuera de helados en el proceso de enfriamiento de los helados mediante la recopilación de información.
- Determinar los requerimientos que debe cumplir el prototipo electrónico para la automatización de una salmuera de helados mediante el uso de la tecnología OPC y módulo de comunicación GSM.
- Seleccionar el *software*, *hardware* y el diseño electrónico adecuado que permita implementar el prototipo propuesto.
- Evaluar el prototipo electrónico implementado para que cumpla con los requerimientos planteados.

El documento consta de cuatro capítulos detallando el trabajo de integración curricular, en donde el primer capítulo conocido como marco teórico referencial contiene información de la máquina salmuera de helados, medición de nivel de glicol, sistemas de control en lazo cerrado y la tecnología OPC. El segundo capítulo consta del desarrollo del prototipo electrónico, sus bloques y la descripción de los componentes requeridos para la implementación tanto *hardware* y *software*. El tercer capítulo denominado Validación del prototipo que consiste en la evaluación del prototipo electrónico y su respectivo funcionamiento. Por último, el capítulo cuatro referente a la evaluación económica de la microempresa después de implementación del prototipo electrónico.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

En el presente capítulo se describe las características de la máquina salmuera de helados, del glicol y los métodos de medición, adicionalmente de los sistemas de control y los componentes de su estructura. Se estudia el sistema SCADA y la tecnología OPC para el desarrollo de la comunicación con la interfaz gráfica LabVIEW.

1.1 Máquina Salmuera de Helados

Es una máquina industrial encargada de transmitir el frío a los moldes de acero inoxidable que contienen la mezcla de helado en el menor tiempo posible, con esto se produce un congelamiento eficiente del producto, formando cristales de hielo en el helado. La máquina cuenta con un sistema de congelación (modo enfriador), un sistema agitador (modo remover) y una tina donde es colocado el propilenglicol o conocido comúnmente como glicol, en la base de la tina se encuentra un serpentín de cobre que transfiere el frío por el glicol, como se puede observar en la Figura 1-1.

El módulo de congelación consta de cinco componentes que en conjunto expulsan un aire comprimido frío hacia la tina de la máquina salmuera de helados permitiendo el enfriamiento del glicol, estos son un tanque de gas refrigerante R404A con su respectivo filtro, un compresor que tiene el trabajo de enfriar el gas y enviarlo por el serpentín de cobre, una válvula de expansión encargado de regular la inyección del gas y dos ventiladores para enfriar el motor del compresor evitando el sobrecalentamiento. El módulo de agitación dispone de una bomba centrífuga que permite la recirculación del glicol dentro de la tina de la máquina salmuera de helados mediante un sistema de tuberías de acero inoxidable.

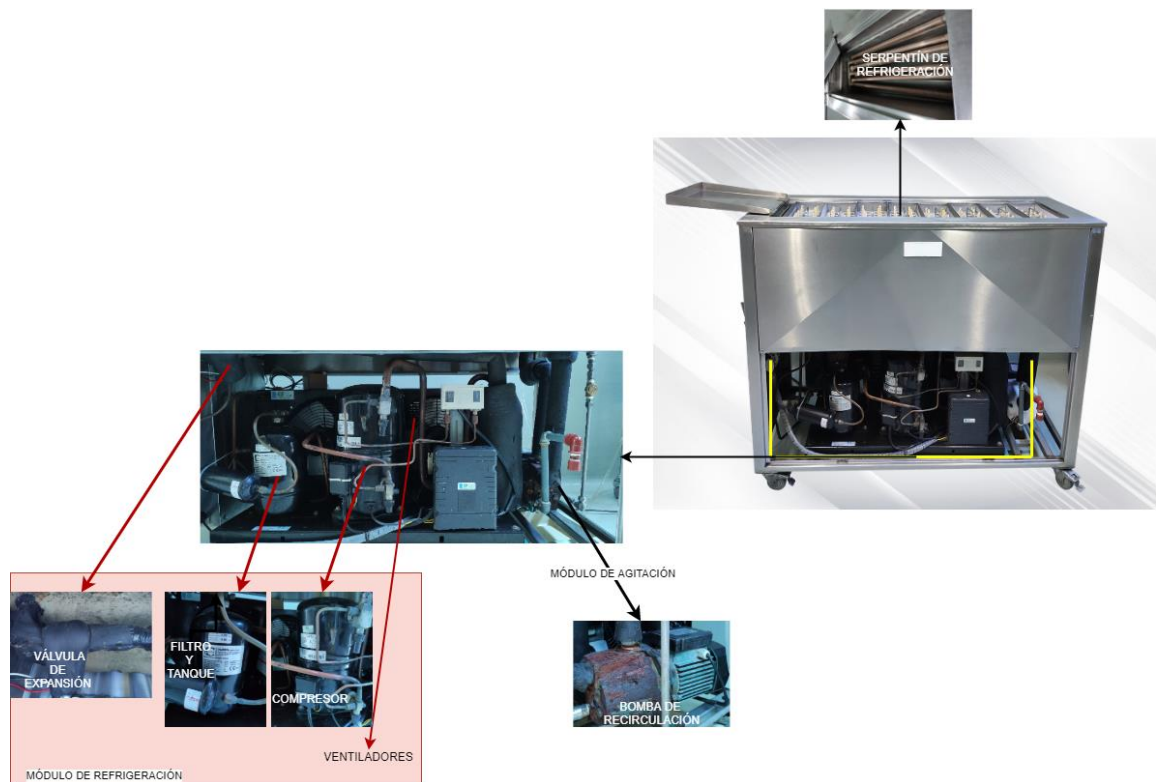


Figura 1-1: Estructura de la Máquina Salmuera de Helados

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

El propilenglicol también conocido comúnmente como glicol es una sustancia líquida anticongelante utilizada en equipos de congelación para la transferencia de bajas temperaturas por medio de serpentinas consiguiendo que los alimentos y bebidas adquieren directamente el frío, por lo tanto es excelente para cualquier sistema de enfriamiento (ArQuimi, 2019).

Para entender de mejor manera esta sustancia se presenta las propiedades físicas y químicas de esta sustancia líquida en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1: Propiedades del Propilenglicol

Estado físico:	Líquido
Color:	Incoloro
Olor:	Casi inodoro
pH (valor)	6-8 (100 g/l H ₂ O, 20 °C)
Punto de fusión/punto de congelación	-60 °C a 101,3 Pa
Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición	186 - 189 °C a 760 mmHg
Punto de inflamación	99 °C a 760 mmHg

Tasa de evaporación	no determinado
Inflamabilidad (sólido, gas)	no relevantes (fluido)
Límites de explosión: -Límite inferior de explosividad (LIE) -Límite superior de explosividad (LSE)	2,6% Vol 12,6% Vol
Presión de vapor	0,11 hPa a 20 °C 1,81 hPa a 50 °C
Densidad	1,04 g /cm ³ a 20 °C
Solubilidad en agua (20 C)	soluble
Viscosidad dinámica	45 mPa*s (20 °C)
Corrosión	No en plásticos, metal y acero inoxidable

Fuente: Comercializadora y Petroquímicos, 2016, pp. 1-10.

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

La microempresa “Helados Mi Chiquito” actualmente tiene una máquina salmuera de helados con los modos de agitador y congelador que se activan para que el glicol que fue colocado previamente en la tina de la máquina llegue a -28°C, para lograr estos valores de temperatura requiere un tiempo estimado de 55 minutos desde los 18,5 °C.

Al colocar de manera manual el glicol en la tina de la máquina salmuera de helados se desperdicia un litro de la sustancia aproximadamente debido a que se trasfiere de las canecas contenedoras del glicol a una jarra para posteriormente colocarle en la tina de la máquina salmuera de helados, durante todo este proceso se exige un esfuerzo físico del personal, por otro lado existe una baja de nivel de glicol en la tina de la máquina al momento de sacar los moldes existiendo una disminución del glicol de un tercio de litro por día, por lo que el tanque de acero inoxidable para el almacenamiento de glicol requiere una capacidad de volumen con un máximo de 40 litros y un mínimo de 20 litros, debido a que la adquisición del producto se realizará cada dos meses por concepto de disminución de glicol en la tina de la máquina salmuera de helados.

Esta pérdida provoca que el nivel de la tina disminuya 0,14 cm por lote de 8 moldes (96 helados), por lo que se determina que la distancia mínima para activar el llenado de glicol es de 7,3 cm tomando como referencia la parte superior de la tina de la máquina salmuera de helados y un nivel máximo para desactivar el llenado de glicol de 6,3 cm.

Gracias a la utilización de la máquina salmuera de helados la microempresa “Helados Mi Chiquito” produce entre 100 y 144 helados por hora dependiendo del sabor que se realice, en cada

utilización de esta máquina se colocan ocho moldes de helados, los cuales cada uno contiene una capacidad de doce helados de paleta y para realizar el congelamiento los moldes permanecen a flote cuarenta minutos en el glicol, cuando los helados se encuentran congelados y compactos se procede a retirar los moldes de la tina con glicol.

La microempresa “Helados Mi Chiquito” no cuenta con interconexión inalámbrica de dispositivos electrónicos, por lo que no es posible realizar la activación remota de la máquina por medio de Wifi, optando por la utilización de mensajes SMS aprovechando de la existencia en el mercado del módulo GSM.

1.2 Medición de Nivel de Glicol

En el ámbito industrial una de las variables más empleadas es el nivel de sustancias líquidas para la supervisión de posibles derrames y desperdicios que afectan a la producción, en el caso de la industria de los helados en especial de la microempresa “Helados Mi Chiquito”, no existe un sistema de medición de nivel de glicol en la tina de la máquina salmuera de helados.

1.2.1 Métodos de medición de nivel

“Los métodos utilizados para la medición del nivel de líquidos básicamente pueden ser clasificados en: métodos de medición directa e indirecta (presión hidrostática y características eléctricas del líquido)” (Cortés Aguilar, 2017, pp. 4-9).

Por las condiciones del sistema de agitación de la máquina salmuera de helados y por las propiedades físicas y químicas del glicol se prefiere el método de medición de nivel indirecto por las características eléctricas del líquido.

Por el análisis comparativo de los métodos de medición de nivel por características eléctricas del líquido visualizado en la Tabla 2-1, se determina la utilización del método ultrasónico, porque permite la detección de nivel en diferentes superficies de líquidos e incluso para el glicol.

Tabla 2-1: Métodos de medición de nivel

MÉTODO	FUNCIÓN	APLICACIÓN
Conductivo o resistivo	El nivel se mide por las condiciones conductoras de electricidad del líquido.	Medición de uno o varios niveles dentro. Regulación entre dos niveles.

Ultrasónico	Medición por ondas ultrasónicas. El nivel se mide por el tiempo entre la emisión y la recepción. La distancia es proporcional al tiempo.	Permite la detección en una superficie de vidrio, objetos transparentes y líquidos. Tiene una precisión milimétrica.
Capacitancia	Forma un condensador con la pared del depósito. La capacitancia depende de la cantidad de la sustancia.	Fiabile en productos viscosos.
Microondas	Se basada en el tiempo de propagación de los impulsos de microondas.	Para líquidos y sólidos granulados.

Fuente: Cortés Aguilar, 2017, pp. 4-9.

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

1.3 Sistemas de control

Hace referencia a la utilización de herramientas matemáticas y técnicas de modelamiento de sistemas físicos que permitan el adecuado funcionamiento de la planta de acuerdo a los requerimientos del sistema (Capiro y Orozco, 2017, pp. 6-7).

1.3.1 Clasificación de un sistema de control

Los sistemas de control se clasifican en lazo abierto y lazo cerrado. “El sistema de control de lazo abierto tiene la característica principal de que la salida no afecta la acción de control, es decir no existe una realimentación para compararla con la entrada” (Rojas Gómez, 2019, pp. 16-18). Como se observa en la Figura 2-1.

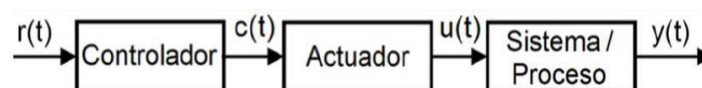


Figura 2-1: Estructura de un sistema de control en lazo abierto

Fuente: Rojas Gómez, 2019, pp. 16-18.

El sistema de control en lazo cerrado tiene la característica de que la acción de control está en función de la señal de salida, por lo que se utiliza la retroalimentación, comparando la señal de referencia y la señal de retroalimentación para calcular el error entre la respuesta deseada y el

valor real presente en el sistema para mediante la etapa de proceso conseguir que el sistema llegue al estado deseado como se puede observar en la Figura 3-1 (Rojas Gómez, 2019, pp. 16-18).

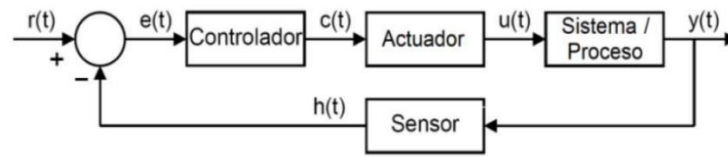


Figura 3-1: Estructura de un sistema de control en lazo

Fuente: Rojas Gómez, 2019, pp. 16-18.

El sistema de control adecuado para la realización del prototipo electrónico por la medición de nivel con un sensor y los datos que interactúan en la acción de control se acoge a la estructura del sistema en lazo cerrado.

1.3.2 Estructura de un sistema de control en lazo cerrado

1.3.2.1 Controlador

Es el encargado de recibir las señales de los sensores de la planta para procesarlas obteniendo una señal que permita que el sistema alcance el valor deseado referente a las señales de las entradas del sistema consiguiendo que la planta responda según las especificaciones (Rojas Gómez, 2019, pp.16-18).

Para la implementación del prototipo electrónico se establece el uso de un controlador lógico programable (PLC), por su fiabilidad y durabilidad en entornos industriales permitiendo al diseñador del sistema implementar soluciones ante problemas específicos mediante programación con funciones lógicas, secuenciales, temporizadas, recuentos y funciones aritméticas, con el fin de controlar mediante entradas y salidas ya sean digitales o analógicas diversos tipos de máquinas o procesos industriales (Molina Cruz et al., 2019, p.20).

La microempresa “Helados Mi Chiquito” requiere de una activación remota por lo que se propone realizar una comunicación GSM (Global System for Mobile) el cual es un sistema de comunicación referente a la telefonía, transferencia de datos, fax, mensajes cortos de texto de hasta 160 caracteres, con una aplicación de ancho de banda en el rango de frecuencia de 900 MHz a 1800 MHz conocida como DCS (Digital Cellular System) con una tasa de transferencia de 9,6 kbps (Zavala Davalos, 2017, pp.8-10).

Existe en el mercado un PLC con módulo para comunicación GSM compatibles los cuales prestan los requerimientos necesarios para realizar la transmisión de mensajes SMS entre un teléfono y el dispositivo de control.

1.3.2.2 Actuador

Es el elemento que receipta la orden enviada por el controlador, de acuerdo a la variable de salida este ejecuta una acción para el elemento final del proceso (Rojas Gómez, 2019, pp. 16-18).

La máquina salmuera de helados cuenta con cuatro equipos para el sistema de congelación y agitación estos son: un compresor, dos ventiladores y una bomba, adicionalmente para la implementación del prototipo electrónico se requiere de una bomba para el llenado de glicol.

Según la información anterior se identifica la aplicación de actuadores eléctricos, estos transfieren la energía eléctrica en mecánica o viceversa. A continuación, se dispone de información de los actuadores estudiados en la implementación del prototipo electrónico.

a. Bomba

Para impulsar los fluidos y poder movilizarlos por el sistema de tuberías es necesario el uso de bombas, para los líquidos, y compresores para los gases. Las bombas son equipos que transforman la energía mecánica suministrada por un motor eléctrico o térmico, en energía hidráulica que se transfiere al fluido (Brenes et al., 2018, pp. 35-37).

Para realizar el bombeo del glicol del tanque almacenador se considera el uso de una bomba periférica por ser un equipo robusto de buen rendimiento en el campo industrial, además de considerar la capacidad de bombear líquidos espesos con la viscosidad dinámica del propilenglicol en 45 mPa*s.

En base a los requerimientos del prototipo electrónico es importante determinar la potencia de la bomba tomando en consideración que la carrera del glicol desde el tanque de almacenamiento hasta la tina de la máquina salmuera de helados es de 5,12 m y el área de la tina de la misma es de 5246 cm², considerando que esta debe llenarse desde su estado vacío hasta alcanzar el nivel máximo en un tiempo de 600 segundos, por lo tanto, se considera la obtención del caudal.

$$Q = \text{Área} \times \text{Velocidad}$$

$$Q = 0,5246m^2 \times \frac{5,12 m}{600 s} \times \frac{60 s}{1 min} \times \frac{1000 L}{1 m^3}$$

$$Q = 26,86 LPM$$

En base a este caudal se puede determinar que la potencia de 0,05 KW o 0,067 hp, este valor ayuda a determinar la bomba requerida para el llenado automático de glicol.

La bomba de recirculación existente en la máquina salmuera de helados es de tipo centrifuga de 1 HP que a diferencia de la bomba periférica tiene la capacidad de llevar más caudal por minuto, con una potencia máxima de 750 W como se observa en la Tabla 3-1. Esta bomba tiene la función de evitar que el glicol entre en reposo, para así conseguir que la temperatura que se adquiere mediante el frio del serpentín se disperse en toda la tina de la máquina salmuera de helados.

Tabla 3-1: Principales características de la bomba de recirculación

Descripción	Característica
Voltaje	115 VAC/220 VAC
Frecuencia	50-60 Hz
Potencia	1 HP
Caudal	55 LPM

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

b. Compresor

Es un dispositivo que mediante un motor eléctrico transforma la energía eléctrica en energía potencial almacenado en aire presurizado, este equipo tiene el trabajo de enfriar el gas y enviarlo por el serpentín de cobre situado en la tina de la máquina salmuera de helados. El compresor tiene un consumo de potencia de 3168 W como se visualiza en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1: Principales características del compresor

Descripción	Característica
Voltaje	220 VAC
Amperaje	14,4 A
Frecuencia	50 - 60 Hz
Potencia	3 168W
Refrigerante	R404A

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

c. Ventiladores

Tiene la función de enfriar al motor del compresor para evitar un sobrecalentamiento, además de mejorar el enfriamiento del refrigerante, en la máquina salmuera de helados dispone de dos ventiladores cada uno de una potencia máxima de 175 W. La Tabla 5-1 se describen las principales características de los ventiladores.

Tabla 5-1: Principales características de los ventiladores

Descripción	Característica
Voltaje	220 VAC
Frecuencia	50-60 Hz
Potencia	150W-175W

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

1.3.2.3 *Sensor*

Es aquel componente que mide la variable a controlar en el sistema, esto permite saber el estado del mismo y corregir las desviaciones para lograr conseguir la respuesta deseada (Rojas Gómez, 2019, pp. 16-18).

Los medidores de nivel se utilizan en procesos de líquidos, lodos y sólidos. La selección adecuada del instrumento dependerá del proceso, su corrosión, temperatura, rango de medición, propiedades eléctricas del fluido o sólido, reflexión (Cortés Aguilar, 2017, pp. 4-9).

Al ser el método ultrasónico el más adecuado para la medición de nivel de glicol, se puede observar en la Tabla 6-1 una comparación entre dos sensores con especificaciones técnicas, determinando que la mejor opción es el sensor ultrasónico JSN-SR04T porque soporta temperaturas bajo 0°C y principalmente por el costo ya que el sensor UC2000-L2-I-V15 tiene un valor aproximado de \$600,00 a comparación del sensor JSN-SR04T con un costo de \$20,00.

Tabla 6-1: Características de sensores ultrasónicos

CARACTERÍSTICAS	JSN-SR04T	UC2000-L2-I-V15
Voltaje de Operación	5V CC	10 - 30 V CC
Corriente de trabajo	30mA	≤ 50 mA

Rango de detección	25cm - 450cm	60mm - 2000 mm
Precisión	3mm	0,4mm
Frecuencia de emisión acústica	40KHz	175 kHz
Duración mínima del pulso de disparo	10 μ S	0,5ms - 300 ms
Ángulo de detección	45°-75°	-
A prueba de agua	parte delantera	IP67
Temperatura de trabajo	-10°C hasta 70°C	-25°C hasta 70 °C

Fuente: Makerguides, 2020.

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Para evitar posibles perturbaciones y daños en el sensor se aplica el sistema de vasos comunicantes donde se comunican depósitos de diferente tamaño y forma, el líquido alcanza el mismo nivel en todas ellas como se observa en la Figura 4-1, esto se explica mediante la paradoja de pascal.

La paradoja de pascal determina que la forma y el tamaño del volumen de fluido no afectan el resultado. El cambio en la presión depende solo del cambio en la elevación y el tipo de fluido. Por lo tanto, mientras los contenedores estén conectados tendrían la misma presión en la parte inferior, aunque la cantidad de fluido es diferente (Mott, 2015, pp. 45-46).

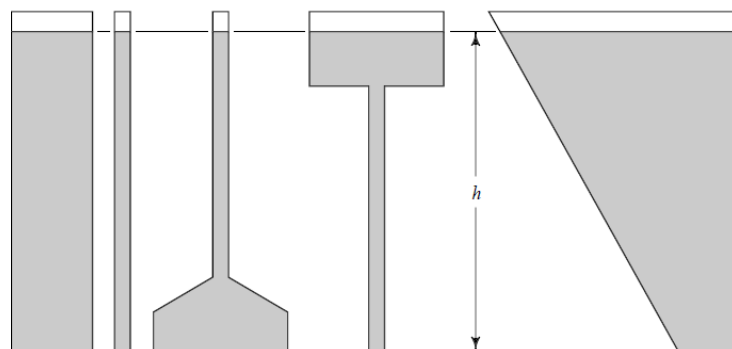


Figura 4-1: Paradoja de Pascal en diferentes contenedores

Fuente: Mott, 2015, pp. 45-46.

1.4 Tecnología OPC

Es un estándar de comunicación para la aplicación de control y supervisión bajo la conectividad de datos en procesos industriales permitiendo que diferentes herramientas *software* estén

interconectados, sus siglas en inglés significan OLE for Process Control (OPC) (Pérez Fernández, 2016, pp. 9-11).

La tecnología OPC tiene una estructura de maestro-esclavo, el maestro es el encargado de emitir la información al esclavo para que este ejecute las instrucciones de lectura o escritura de datos. La flexibilidad de esta tecnología permite la comunicación entre diferentes dispositivos mediante un servidor a esta aplicación se conoce como OPC Cliente-Servidor, el servidor actúa como el esclavo, y por ende el cliente representa al maestro (Pérez Fernández, 2016, pp.9-11).

El prototipo electrónico cuenta con el PLC como cliente por ser el encargado de almacenar la información del sensor y transferir los datos al Servidor que en este caso es la computadora que va hacer manipulada por un operador mediante la aplicación OPC SERVER, encargado de conectar varios clientes OPC o herramientas *software* de proveedores diferentes.

Los Clientes OPC están embebidos en aplicaciones como HMI, SCADA, graficadores. El sistema SCADA receipta la información y transfiere los datos al sitio central, permitiendo la comunicación digital con instrumentos, actuadores e interfaz gráfica para el operador (pantallas táctiles, ratones o cursores, lápices ópticos, etc.) (Pérez-López, 2015, pp.3).

1.4.1 Tipos de servidores OPC

Transferir datos entre dispositivos, controladores y aplicaciones en automatización se puede encajar en cuatro tipos de servidores OPC:

- Datos de tiempo real (OPC DA).
- Datos históricos (OPC HDA).
- Alarmas y Eventos (OPC A&E).
- Arquitectura Unificada (OPC UA).

Para le realización del monitoreo y control de nivel de glicol mediante comunicación OPC se requiere la obtención de datos en tiempo real. “El sistema en tiempo real permite que una variable (Caudal, nivel, temperatura etc.) ejecute un proceso determinado para que mediante una variable a controlar el computador genere señales en el algoritmo de control” (Departamento de Ingeniería Electrica, 2011, pp.1-23).

OPC Datos de tiempo real (OPC DA) permite el transmitir datos, valores, variables e información, cuenta con los siguientes aspectos (Tamairón Pérez y Maza Alcañiz, 2016, pp.1-74):

- OPC Cliente/Servidor.
- Definición de datos, espacio de direcciones, explorador, lector y escritor para las notificaciones de aquellos datos reformados.
- Descripción minuciosa de la interfaz, parámetros y comportamiento deseado.
- Descripción de los de datos y estructuras.
- OPC Server con la definición de interfaz y códigos de error.

La plataforma LabVIEW incorpora un sistema SCADA, para la comunicación requiere de una computadora que actúa como Servidor OPC para establecer un enlace entre los clientes OPC. LabVIEW es un *software* que permite diseñar sistemas con un lenguaje de programación gráfico, a través de extensas librerías de funciones básicas y para la adquisición de datos, control de instrumentación y comunicación serie, análisis, presentación y almacenamiento de datos (Rojas Gómez, 2019, pp.16-18).

1.5 Protocolo Modbus TCP/IP

Se emplea para monitorear y gestionar dispositivos mediante el intercambio de información, es utilizado en la industria por su simplicidad, bajo costo y por ser un protocolo abierto que encapsula la trama base del protocolo Modbus en la capa de aplicación TCP/IP de forma sencilla (Vásquez Plama, 2018, pp.1-75).

El protocolo tiene la ventaja de aplicar sistemas remotos para el mantenimiento y control de una planta mediante el uso de una PC, tiene una estructura que se observa en la Figura 5-1 en donde la primera etapa de la trama corresponde la dirección del dispositivo al que se envía la información seguido del código de la función que el destino debe cumplir, en la tercera etapa el dato y finalmente el chequeo del error (Vásquez Plama, 2018, pp. 1-75).

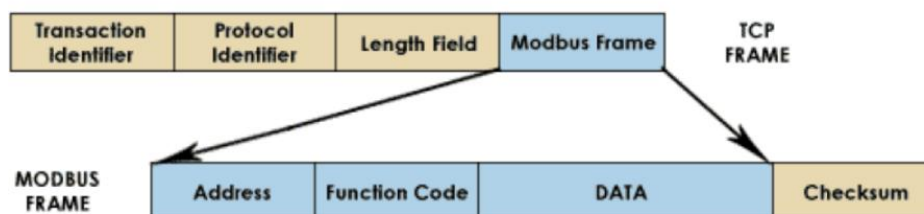


Figura 5-1: Bloque de estructura del protocolo TCP/IP

Fuente: Vásquez Plama, 2018, pp.1-75.

1.6 Materiales para el prototipo electrónico según la normativa para la industria alimentaria

La norma técnica ecuatoriana INEN 3039 para regular las buenas prácticas de manufactura determina que los equipos y utensilios deben estar contruidos con materiales impermeables, resistentes a la corrosión y que no transmitan sustancias tóxicas, olores ni sabores. Además, deben ser resistentes a operaciones repetidas de limpieza y desinfección. Todos los equipos deben estar diseñados y contruidos de forma tal que aseguren su higiene general y permitan realizar las operaciones de limpieza y desinfección de sus superficies, en forma fácil y completa (INEN, 2015, pp.1-17).

Considerando lo anteriormente en la regulación de materiales para la industria alimentaria se establece la utilización del acero inoxidable AISI, por lo que en la Tabla 7-1 se observa la comparación entre dos tipos de este material, llegando a la conclusión que la mejor opción por sus aplicaciones y características es el acero inoxidable AISI 304 porque es el más recomendado para industrias alimentaria y para equipamiento en procesos con lácteos.

Tabla 7-1: Comparación entre AISI 304 y AISI 316

	ACERO INOXIDABLE AISI 304	ACERO INOXIDABLE AISI 316
FUNCIÓN	Industria alimenticia	Industria alimenticia
APLICACIONES	- Equipos de cervecería, de lácteos, de producción alimentaria y farmacéutica. -Fregaderos y salpicaderos.	- Bancos y equipos de laboratorio. - Recipientes químicos, incluidos para el transporte. - Herrajes para embarcaciones.
CARACTERÍSTICAS	- El contenido en cromo lo hace muy resistente a la corrosión y la oxidación. - Excelente tenacidad incluso a temperaturas muy bajas.	- Puede soportar ataques corrosivos por salmueras de sodio y calcio, soluciones de hipoclorito y ácido fosfórico.

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

CAPÍTULO II

2. PROPUESTA Y DISEÑO DE PROTOTIPO

En esta sección se define los requerimientos, una concepción de la arquitectura, se detalla el diseño de *hardware* y *software* del prototipo electrónico, puntualizando cada uno de los bloques del prototipo electrónico y las especificaciones de los componentes utilizados con sus características técnicas.

2.1 Requerimientos para el prototipo electrónico del monitoreo y control de nivel de glicol en una salmuera de helados

Por medio del estudio realizado en el capítulo anterior se pueden definir los requerimientos para satisfacer el prototipo electrónico con respecto a la estructura *hardware* para el monitoreo y control de nivel de glicol en una máquina salmuera de helados mediante tecnología OPC:

- Encendido remoto de la máquina salmuera de helados por el módulo GSM mediante mensajes de texto.
- Control de nivel y llenado de glicol desde el tanque de almacenamiento hasta la tina de la máquina salmuera de helados.
- Medir los niveles de glicol mediante un sensor ultrasónico según lo determinado en el marco teórico y el límite de tolerancia de medición del sensor ultrasónico (nivel mínimo 36 cm sin los moldes de helado y 33 cm con moldes, el nivel máximo de glicol con 35,03 cm sin moldes y 32,4 cm con moldes).
- Cumplir con la regulación de industria alimentaria según la Norma INEN 3039.
- Mantener la comunicación entre el sensor y el controlador lógico programable mediante el protocolo Modbus TCP/IP.
- Supervisar los niveles de glicol en una interfaz gráfica amigable de uso industrial.
- Implementar un tanque de almacenamiento de glicol con capacidad de suministro para dos meses y un sistema de visualización de nivel.
- Automatizar el proceso del sistema de llenado de glicol en la tina de la máquina salmuera de helados.
- Incorporar un sistema de paro del proceso por posibles emergencias.

2.2 Concepción de la arquitectura general del prototipo electrónico

Como se presenta en la Figura 1-2 el prototipo electrónico para el monitoreo y control de nivel de glicol en la máquina salmuera de helados mediante la tecnología OPC consta de un tanque de acero inoxidable para el almacenamiento del glicol, el cual mediante una bomba periférica se impulsa el fluido por medio de tuberías AISI 304 para realizar el llenado automático del glicol en la tina de enfriamiento de la máquina hasta que el sensor determine el nivel ideal para detener el llenado (nivel mínimo 36 cm sin los moldes de helado y 33 cm con moldes, el nivel máximo de glicol con 35,03 cm sin moldes y 32,4 cm con moldes), el sensor ultrasónico se encuentra en una tubería en la parte posterior de la máquina salmuera de helados correspondiente al sistema de vasos comunicantes, la señal del sensor será configurado por el protocolo Modbus para la comunicación con el controlador lógico programable y la administración de las variables del PLC se realiza por el servidor OPC para comunicar con la interfaz gráfica LabVIEW, la interfaz Hombre-máquina podrá ser visualizada mediante un tablero de control con el uso de una pantalla, adicionalmente el sistema de encendido de la máquina se realiza de manera remota a través de un módulo GSM para mensajes SMS.

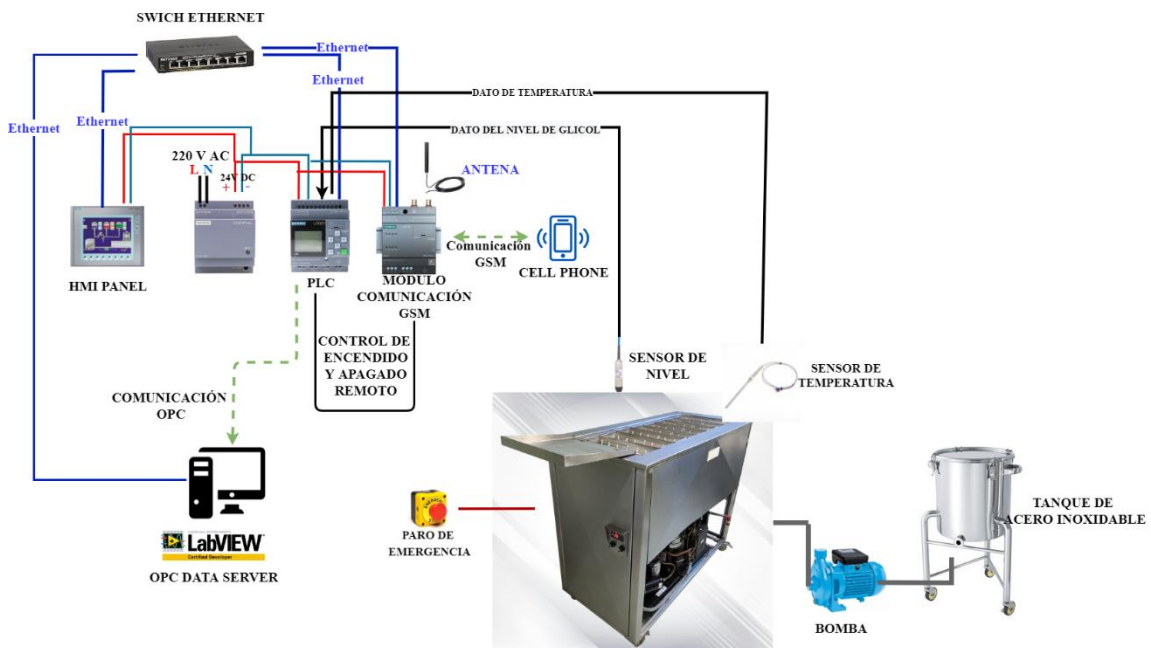


Figura 1-2: Arquitectura general del prototipo electrónico

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

2.3 Diseño de Bloques del Prototipo Electrónico

Una vez establecida la concepción de la arquitectura es posible determinar los bloques que conforman el prototipo electrónico, dispuestos en cuatro etapas, bloque de almacenamiento,

bloque de instrumentación, bloque de control y bloque de comunicación, como se observa en la Figura 2-2.

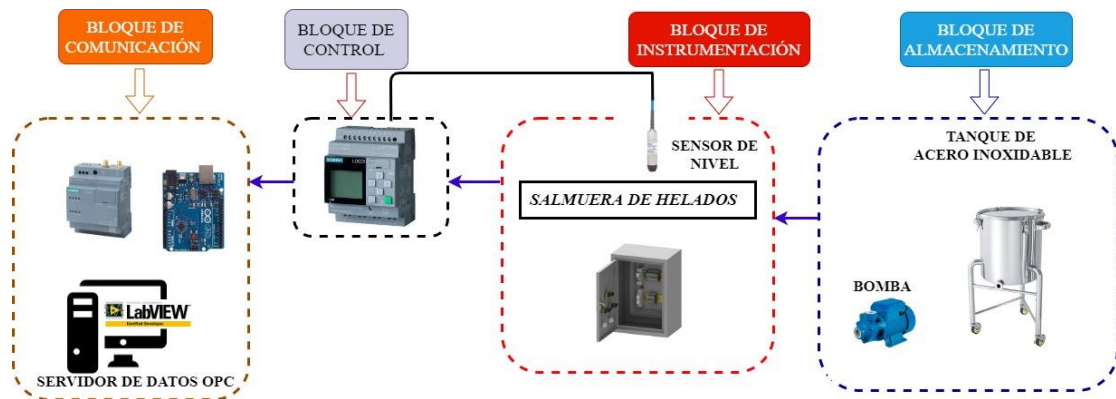


Figura 2-2: Bloques del prototipo electrónico

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

2.3.1 *El Bloque de almacenamiento de glicol*

Tiene la función de almacenar el glicol en un tanque de acero inoxidable y distribuirlo por medio de una bomba hacia la tina de la máquina salmuera de helados, es importante tener presente el nivel de glicol en el tanque de almacenamiento para su suministro por lo que cuenta con un visor de nivel que cumple con los requerimientos.

2.3.2 *El Bloque de instrumentación*

Dentro de este bloque se encuentran todos los equipos necesarios para la automatización del prototipo electrónico, es decir, interruptores de potencia, contactores, relés térmicos y equipos de control los cuales estarán concentrados en un tablero de control, debido a que es necesario un sistema de arranque con protección para los motores y bombas propias de la máquina salmuera de helados.

2.3.3 *El Bloque de control*

Tiene la función de recibir la señal del sensor ultrasónico adquiriendo sus datos y procesándolos para activar la bomba de llenado de glicol cuando este se encuentre en un nivel mínimo y desactivarla cuando el glicol se encuentre en un nivel máximo, como se observa en la Figura 3-2, la etapa es ejecutada por un controlador lógico programable debido a su uso industrial.

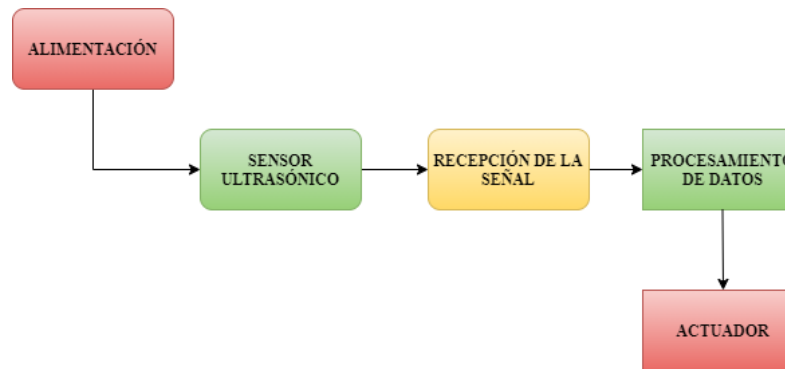


Figura 3-2: Bloque de control del prototipo electrónico

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

2.3.4 *El bloque de comunicación*

Trabaja con tecnología OPC, conectando el ordenador con el controlador lógico programable y demás dispositivos mediante cableado Ethernet permitiendo el procesamiento de los datos en la interfaz gráfica de LabVIEW, por otro lado, se considera el uso del protocolo Modbus TCP/IP para comunicar el sensor de nivel del prototipo electrónico con el módulo Arduino Ethernet Shield. Además, se considera la comunicación GSM para la emisión y recepción de mensajes SMS.

2.4 Descripción de los componentes *hardware* del prototipo electrónico

En la presente sección se detalla los componentes del *hardware* que conforman el sistema de monitoreo y control del nivel de glicol en la máquina salmuera de helados, en los Anexos B, C, D, E, F, G se muestran las hojas de datos de los elementos de control como Fuente de alimentación LOGO!, Siemens LOGO! 12/24 RCE, Módulo CMR2020 LOGO!, Módulo de expansión, Módulo de temperatura AM2 RTD LOGO! y Pantalla LOGO! Siemens TDE.

2.4.1 *Interruptores de circuito de potencia Schneider*

En la Figura 4-2 se observa los dispositivos de protección de sobrecargas y cortocircuitos eléctricos en el prototipo, los mismos que son adecuados para uso industrial según la norma IEC/EN 60947-2 e IEC/EN 60898-1, permitiendo la interrupción de la corriente en caso de averías eléctricas para no causar daños en los equipos.



Interrupor principal



Interrupor del compresor y ventiladores



Interrupor de la bomba de recirculación



Interrupor de la bomba de llenado



Interrupor de control

Figura 4-2: Interrupor de circuito de potencia Schneider

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Para la implementación del circuito de potencia del prototipo electrónico se utiliza varios interruptores de circuitos de potencia que se describen a continuación en la Tabla 1-2 con las principales características.

Tabla 1-2: Principales características de los interruptores de potencia

Componente	Amperaje	Números de Polos	Temperatura de operación
Interrupor principal	32 A	3 Polos	-35°C a +70°C
Interrupor del compresor y ventiladores	20 A	3 Polos	-35°C a +70°C
Interrupor de la bomba de recirculación	16 A	2 Polos	-35°C a +70°C
Interrupor de la bomba de llenado	2 A	2 Polos	-35°C a +70°C
Interrupor de control	2 A	2 Polos	-35°C a +70°C

Fuente: Schneider Electric, 2020b.

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

El interruptor de potencia principal de 32 A protege de sobrecargas eléctricas a todos los elementos eléctricos del tablero, se implementó un interruptor de 20 A para la protección del compresor y los dos ventiladores, mientras que para interrumpir la corriente en caso de fallas para

la bomba de recirculación se colocó un interruptor de potencia de 16 A, para la protección de la bomba de llenado y el circuito de control se dispone de dos interruptores de potencia de 2 A.

2.4.2 Contactores TeSys D de Schneider

Son dispositivos que habilitan o cortan el paso de la corriente por un sistema de enclavamiento, los Contactores TeSys D son de alta fiabilidad, porque cumple con los estándares internacionales permitiendo su uso en sistemas de control y desarrollar arrancadores de motor para distintas aplicaciones contando con una configuración rápida y sencilla, además de tener una durabilidad que garantiza la vida útil mecánica y eléctrica (Schneider Electric, 2020a).

Los contactores de la gama TeSys D de Schneider (LC1D25 y LC1D09) se observa en la Figura 5-2 que se han requerido para la implementación del prototipo electrónico, sus principales características se especifican de manera independiente en la Tabla 2-2.



Figura 5-2: Contactores TeSys D Schneider

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Tabla 2-2: Principales características de los contactores LC1D25 y LC1D09

Componente	Amperaje	Potencia del motor	Temperatura de operación
Contactador LC1-D25	25A	5,5 kW a 220 V AC	-40°C a 60°C
Contactador LC1-D09	9 A	2,2 kW a 220 V AC	-40°C a 60°C

Fuente: <https://www.se.com/co/es/about-us/company-profile/schneider-ecuador.jsp>

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

El contactor LC1-D25 resiste una intensidad de corriente de 25 A por lo que es utilizado para el compresor y los dos ventiladores, mientras que para permitir el paso de la corriente a la bomba de recirculación y bomba de llenado se requiere de dos contactores independientes LC1-D09.

2.4.3 Relé de sobrecarga térmica Schneider (TeSys LRD)

Los relés de sobrecarga térmica Schneider tienen un reset automático y manual de 0,06 kW a 75 kW, diseñados para ser montados directamente debajo de los contactores TeSys D para que sean más compactos como se observa en la figura 6-2, en la Tabla 3-2 se presenta las principales características (Schneider Electric, 2020c).



Figura 6-2: Relé de sobrecarga térmica TeSys LRD Schneider

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Tabla 3-2: Principales características de los relés térmicos

Componente	Amperaje	Dimensiones
Relé de sobrecarga térmica LRD 22	16-24 A	5,2 cm x 7,8 cm x 8,8 cm
Relé de sobrecarga térmica LRD 14	7-10 A	5,2 cm x 7,8 cm x 8,8 cm
Relé de sobrecarga térmica LRD 12	5,5-8 A	5,2 cm x 7,8 cm x 8,8 cm

Fuente: <https://www.se.com/ar/es/product-range/1885-tesys-lrd/>

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

El Relé de sobrecarga térmica LRD 22 resiste un amperaje de hasta 24 A dimensionado para el compresor y los dos ventiladores, se dispone de un relé térmico LRD 14 implementado para la protección de la bomba de recirculación y finalmente para la bomba de llenado se dispone de relé térmico LRD 06 con capacidad de resistencia de amperaje de máximo 1,6 A.

2.4.4 Siemens LOGO! POWER 6EP1332-1SH43

En la Figura 7-2 se observa la fuente de alimentación primaria de corriente alterna monofásica a una salida de voltaje de corriente continua de 24 V regulado electrónicamente mediante un potenciómetro, en la Tabla 4-2 se presenta las principales características (Siemens, 2020, pp.4-7).



Figura 7-2: Fuente de alimentación Siemens

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Tabla 4-2: Principales características de la fuente de alimentación Siemens

Descripción	Características
Voltaje de entrada	110 V - 240V
Voltaje de salida	24 V
Corriente de salida	2,5 A
Temperatura de operación	-20°C a 70°C

Fuente: Siemens, 2020, pp. 4-7.

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

2.4.5 Siemens LOGO! 12/24 RCE – 6ED1052-1MD08-0BA0

El dispositivo contiene interfaces para la comunicación Ethernet, un panel de mando y *display* retroiluminado como se observa en la Figura 8-2, ofrece soluciones para ingeniería de armarios de distribución, así como para ingeniería mecánica y construcción de máquinas y aparatos, además se utiliza para implementar sistemas de control en el procesamiento de señales, en la Tabla 5-2 se establece sus principales características (Siemens, 2020).



Figura 8-2: Siemens LOGO! 12/24 RCE

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Tabla 5-2: Principales características del Siemens LOGO! 12/24 RCE

Descripción	Características
Voltaje de entrada	12/24 V DC
Entradas	8 entradas digitales
Salidas	4 salidas digitales
Corriente continua de salida	10 A con carga resistiva 3 A con carga inductiva
Temperatura de operación	-20°C a 55°C

Fuente: Siemens, 2020.

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

2.4.6 Módulo GSM Siemens CMR2020

Permite leer información y transferir por mensajes SMS o correo electrónico, en la Figura 9-2 se observa que el dispositivo contiene dos conectores hembra para antena de comunicación cuya máxima longitud admisible del cable es de 15m, por lo que se utiliza una antena recomendada por Siemens GPRS/LTE, ANT794-4MR de varilla con un cable de conexión de 5m fijado a la antena, en Tabla 6-2 se establece las principales características técnicas del módulo GSM CMR2020 (Siemens AG, 2019, pp. 1-190).



Figura 9-2: Módulo Siemens CMR200 y antena ANT794-4MR

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Tabla 6-2: Principales características del Módulo CMR200

Descripción	Características
Voltaje de entrada	12/24 V DC
Entradas	2 digitales
Salidas	2 digitales
Temperatura de operación	-20°C a 70°C

Fuente: Siemens AG, 2019, pp.1-190.

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

El CMR200 establece la conexión con la red de telefonía móvil, mediante un correo electrónico y SMS se puede acceder a la memoria imagen de proceso del BM memoria de ubicación (memoria de layout) en la que se guarda la disposición gráfica de los bloques y las líneas de función permitiendo el envío y recepción de mensajes SMS debido a un evento y acciones (Siemens AG, 2019, pp.1-190).

El CMR200 verifica la intensidad de la red de telefonía móvil mediante la calidad de la señal celular (CSQ) y la intensidad de campo de recepción (RSSI) establecidos en los siguientes parámetros respectivamente como se observa en la Tabla 7-2 (Siemens AG, 2019, pp.1-190).

Tabla 7-2: Intensidad de señal (CSQ/dBm) del Módulo CMR200

CSQ	RSSI	Descripción
0...8	-112...≤-97 dBm	No hay cobertura
9...16	-95... -81 dBm	Calidad de la señal media
17...31	≥-79 dBm	Calidad de la señal buena

99	≤ -113 dBm	No puede detectarse ninguna señal
----	-----------------	-----------------------------------

Fuente: Siemens AG, 2019, pp.1-190.

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

2.4.7 Módulo de expansión SIEMENS 6ED1055-1MB00-0BA2

El módulo pertenece a la familia SIEMENS LOGO!, como se observa en la Figura 10-2 contiene cuatro entradas digitales y cuatro salidas de relé de cinco amperios de intensidad, en la Tabla 8-2 se detalla las principales características del módulo.



Figura 10-2: Módulo de expansión

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Tabla 8-2: Principales características del Módulo de expansión

Descripción	Características
Voltaje de entrada	12/24 V DC.
Temperatura de operación	0°C a 55° C.
Intensidad de salida	5 A.

Fuente: Siemens AG, 2014, pp.10-11.

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

2.4.8 Módulo de Temperatura AM2 RTD LOGO!

En la Figura 11-2 se observa que el módulo contiene dos entradas analógicas para conectar de manera específica sondas de temperatura RTD sean estas Pt 100 o Pt 1000 de dos o tres hilos, el

módulo es utilizado en sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, en la Tabla 9-2 se detalla sus principales características (Siemens, 2014, pp.1-2).



Figura 11-2: Módulo AM2 RTD

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Tabla 9-2: Principales características del Módulo AM2 RTD

Descripción	Características
Serie	6ED1055-1MD00-0BA2
Voltaje de entrada	12/24 V DC
Condiciones de temperatura ambiente	0°C – 50°C

Fuente: Siemens, 2014, pp.1-2.

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

2.4.9 Pantalla Siemens LOGO! TDE

Es un visualizador de textos adicionales del sistema controlado por el LOGO 8 con el que se puede orientar al usuario y dar avisos de alarmas fuera del armario eléctrico, además permite parametrizar programas en ejecución e identificar el estado de las entradas y salidas (Siemens AG, 2019, p.10).

La pantalla Siemens LOGO! TDE dispone de botones para la manipulación de la interfaz Hombre-Máquina como se presenta en la Figura 12-2, las principales características técnicas de la misma se muestran en la Tabla 10-2.



Figura 12-2: Pantalla Siemens LOGO! TDE

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Tabla 10-2: Principales características de la pantalla Siemens LOGO! TDE

Descripción	Características
Voltaje de entrada	12/24 V DC, 24 V AC
Número de líneas	6
Nº de caracteres por línea	20
Temperatura de operación	-20°C a 70°C

Fuente: Siemens AG, 2019, p.10.

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

2.4.10 Sensor Ultrasónico Sumergible Jsn-sr04t

El medidor de distancia Jsn-sr04t es de reducido tamaño por lo que es útil para realizar la técnica de vasos comunicantes, además de contar con un grado industrial, tipo impermeable y rendimiento estable, incluye un circuito de control para poder programar con cualquier tarjeta de desarrollo Arduino (Silva Mayorga, 2016, pp.32-35). En la Tabla 11-2 se presenta las principales características del sensor Jsn-sr04t.

El sensor es compacto y dispone de un módulo de Arduino para el acoplamiento de la señal como se visualiza en la Figura 13-2.



Figura 13-2: Sensor Ultrasónico Sumergible Jsn-sr04t

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Tabla 11-2: Principales características del sensor ultrasónico Jsn-sr04t

Descripción	Características
Voltaje de entrada	3,3 o 5 V DC
Rango de detección	20cm - 4m
Precisión de distancia	$\pm 1,0$ cm
Consumo de corriente en reposo	5mA
Consumo de corriente en funcionamiento	30mA

Fuente: Silva Mayorga, 2016, pp.32-35.

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Se establece el uso del sensor ultrasónico Jsn-sr04t para la tarjeta de desarrollo Arduino por su bajo costo a diferencia de sensores de carácter industrial que cumplen con similares características, tomando en cuenta que el dispositivo cumple con las condiciones requeridas para la implementación del prototipo electrónico.

En la implementación del prototipo electrónico se eleva el sensor con 33mm respecto del tubo del vaso comunicante debido al campo de acción de pulso del sensor que no es emitido únicamente en línea recta sino en un lóbulo de forma cónico, provocando que la recepción del eco sea la respuesta a la reflexión del sonido de un objeto en el cono acústico (Silva Mayorga, 2016, pp.32-35).

2.4.11 Tarjeta de desarrollo Arduino Uno

En la Figura 14-2 se observa que dispone de 14 terminales de entrada / salida digital, 6 entradas analógicas, un resonador cerámico de 16 MHz, un conector de alimentación, se utiliza este componente además de contar con un entorno de programación (Arduino, 2020b). En la Tabla 12-2 se presenta las características técnicas principales.



Figura 14-2: Tarjeta de desarrollo Arduino UNO

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Tabla 12-2: Principales características de la tarjeta de desarrollo Arduino UNO

Descripción	Características
Voltaje de entrada	7-12 V DC
Voltaje de operación	5 V
Velocidad del reloj	16 MHz

Fuente: Arduino, 2020b.

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

2.4.12 Ethernet shield W5100

Es un elemento de la familia Arduino, como se observa en la Figura 15-2 tiene una conexión RJ-45 estándar empleado en aplicaciones industriales para la conexión de dispositivos, ideal para realizar comunicación Ethernet, es compatible con tarjeta de desarrollo Arduino UNO y Mega 2560 REV3, para la programación, se basa en Ethernet Wiznet W5100 chip el cual proporciona una pila de red IP (Arduino, 2020a). En la Tabla 13-2 se presenta las principales características técnicas del elemento.

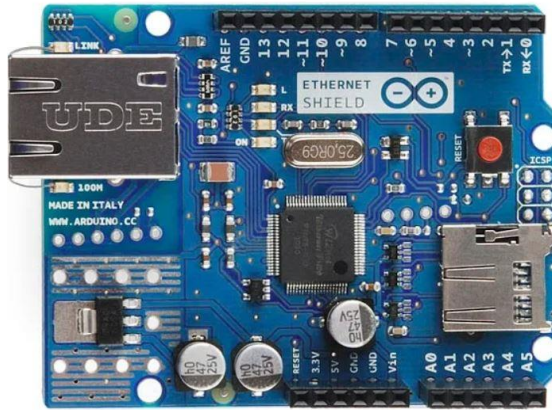


Figura 15-2: Arduino Ethernet Shield W5100

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Tabla 13-2: Principales características del Arduino Ethernet Shield W5100

Descripción	Características
Voltaje de entrada	36-57 V DC
Voltaje de salida	12 V
Entradas y salidas digitales	14 terminales
Entradas analógicas	6 terminales

Fuente: Arduino, 2020a.

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

2.4.13 Sensor de Temperatura PT-100

Es un detector de temperatura por resistencia RTD, se caracteriza principalmente porque están fabricados con platino como se observa en la Figura 16-2, cuando la temperatura es de 0°C la resistencia eléctrica es de 100 ohmios (OMEGA, 2020). En la Tabla 14-2 se presenta sus características técnicas.



Figura 16-2: Sensor PT-100

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Tabla 14-2: Principales características del sensor PT-100

Descripción	Características
Termorresistencia	0-100 ohmios
Cable	3 hilos
Tolerancia	$\pm 0,5$ ° C a 0 ° C

Fuente: OMEGA, 2020.

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

2.4.14 Bomba Periférica QB-60 DHINO

Transforma la energía mecánica en energía hidráulica, se usa generalmente para la extracción de agua de depósitos, a diferencia de las bombas centrifugas no tienen gran caudal. En la Figura 17-2 se visualiza la bomba periférica, en la Tabla 15-2 se especifica sus principales características técnicas.



Figura 17-2: Bomba periférica QB-60 DHINO

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Tabla 15-2: Principales características de la bomba periférica QB-60 DHINO

Descripción	Características
Voltaje de alimentación	110 VAC
Rango de caudal	0,14 LPM – 35 LPM
Rango de altura	6,4 m – 35 m
Potencia	0,5 HP
Corriente nominal	4,5 A

Fuente: Manual bomba periférica QB-60 DHINO.

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

2.4.15 Computadora

Como se observa en la Figura 18-2 para el control y monitoreo del nivel de glicol por medio de la interfaz gráfica se utilizó una computadora de marca MSI GL63 con el sistema operativo Windows 10, en la Tabla 16-2 se describen las principales características.

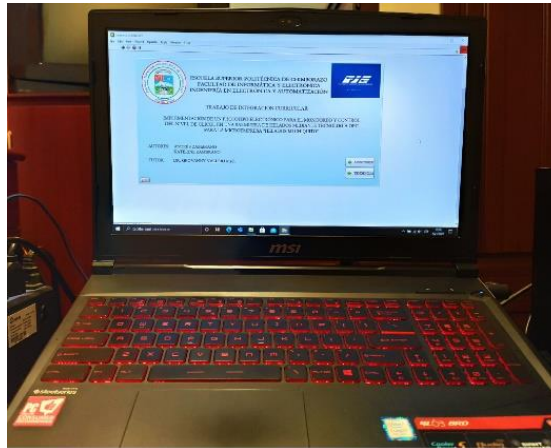


Figura 18-2: Computadora MSI GL63

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Tabla 16-2: Principales características de la computadora MSI GL63

Descripción	Características
Procesador	Intel Core i7 8va generación
Memoria RAM	16 GB
Tipo de sistema	Sistema Operativo de 64 bits
Disco duro	1 TB
Tarjeta de video	GTX 1050ti

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

2.5 Esquema de conexión eléctrica

Se presenta en la Figura 19-2 el esquema de conexión eléctrica del circuito de potencia en el cual se muestra los elementos de protección de sobrecargas eléctricas y corto circuitos conectados para el motor trifásico del compresor y ventilador, la bomba bifásica del agitador y la bomba bifásica para el llenado de glicol.

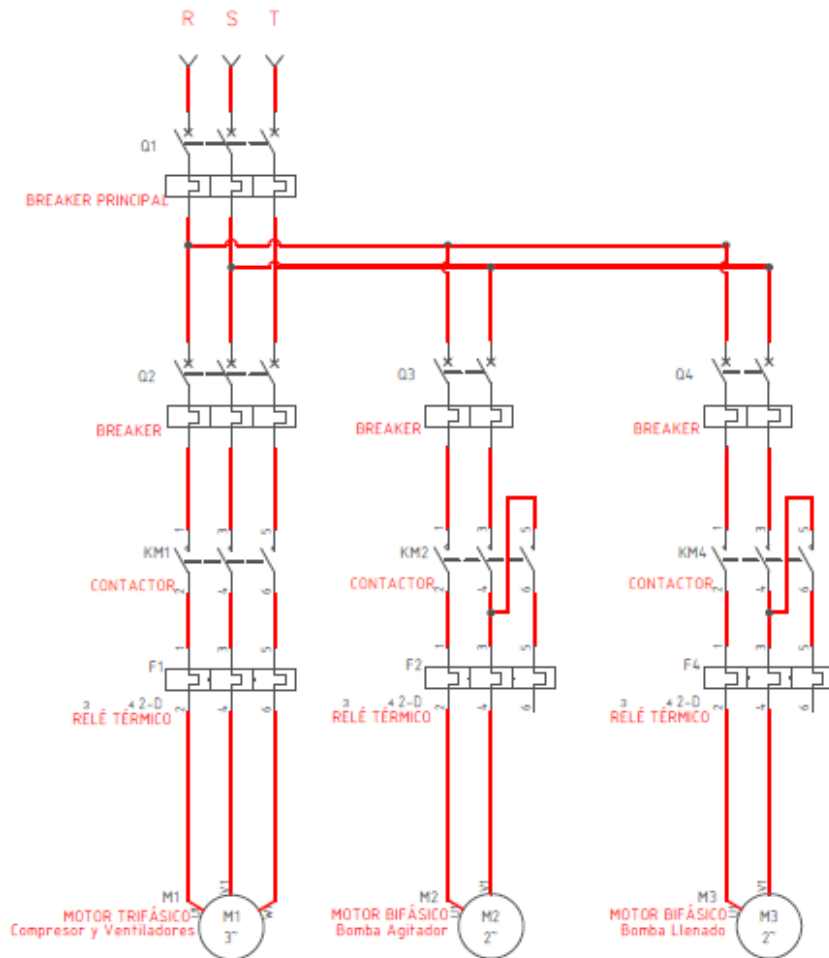


Figura 19-2: Circuito de potencia automatización de la salmuera de helados

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

El circuito de control o mando con la respectiva lógica cableada del automatismo se observa en la Figura 20-2, en la que se dispone del controlador lógico programable y el módulo de expansión en donde las entradas son alimentadas a 24 VDC y las salidas son contactos de relé que se alimentan con 24 VDC enviando la señal a los contactores del compresor y ventilador, bomba de agitación, bomba de llenado de glicol y una luz piloto rojo que muestra que la máquina Salmuera de helados está apagada. Los contactos normalmente abiertos de los contactores se conectan a unas luces piloto verdes para identificar que el motor este encendido, por otro lado, se visualiza la conexión del sensor Pt-100 de tres hilos en el módulo AM2 RTD.

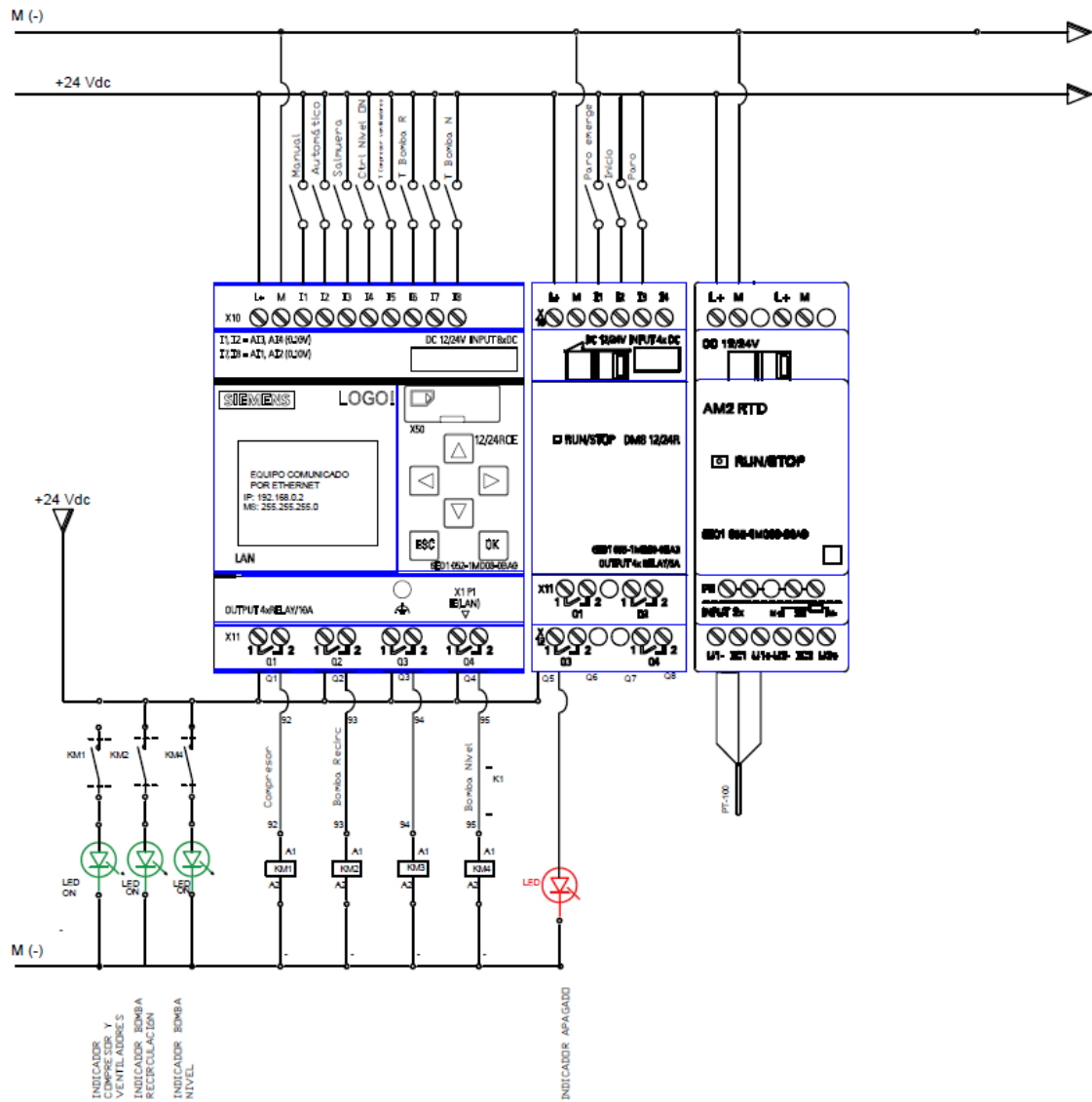


Figura 20-2: Circuito de control del prototipo electrónico

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

En la Tabla 17-2 se muestra las entradas del PLC LOGO! con su correspondiente descripción.

Tabla 17-2: Descripción de las entradas del PLC LOGO!

Entradas LOGO!	Nombre	Descripción
I1	Modo Manual	Se activa la máquina cuando el operador gobierna el prototipo electrónico con un selector.
I2	Modo Automático	Se activa la máquina mediante mensajes SMS o mediante un pulsador.
I3	Compresor y ventiladores	Una vez seleccionado el modo manual esta entrada permite encender compresor-ventiladores.

I4	Bomba de llenado	Una vez seleccionado el modo manual esta entrada permite activar el llenado de glicol en la tina de la máquina salmuera de helados.
I5	Térmico compresor y ventiladores	Alerta del térmico del compresor.
I6	Térmico Bomba Recirculación	Alerta del térmico de la Bomba de Recirculación.
I8	Térmico Bomba de Nivel	Alerta del térmico de la Bomba de llenado de glicol.
I9	Paro de Emergencia	En caso de que exista una avería en el prototipo electrónico se detiene todo el proceso.
I10	Botón de Inicio	Permite activar el compresor-ventiladores y la bomba de recirculación una vez seleccionado el modo manual.
I11	Botón de Paro	Permite activar el compresor-ventiladores y la bomba de recirculación siempre que este el modo manual.

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

En la Tabla 18-2 se muestra las salidas del PLC LOGO! con su correspondiente descripción:

Tabla 18-2: Descripción de las salidas PLC LOGO!

Salidas del LOGO!	Nombre	Descripción
Q1	Compresor	Activa la bobina del contactor del compresor.
Q2	Bomba Recirculación	Activa la bobina del contactor de la bomba de recirculación.
Q3	Bomba de Nivel	Activa la bobina del contactor de la bomba de nivel.
Q4	Indicador	Luz piloto que indica que está apagada la máquina salmuera de helados.

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K.,2021.

En la Figura 21-2 se observa que el módulo de Arduino ethernet shield W5100 se encuentra montado el Arduino UNO, debido a que los terminales entre los dos dispositivos son compatibles, el sensor ultrasónico Jsn-sr04t contiene cuatro terminales el primero y el cuarto corresponde a VCC y GND respectivamente, mientras que los terminales dos y tres corresponde al TRIG y ECHO que representan la señal del sensor, están conectadas a los terminales tres y cuatro de Arduino Ethernet Shield W5100.

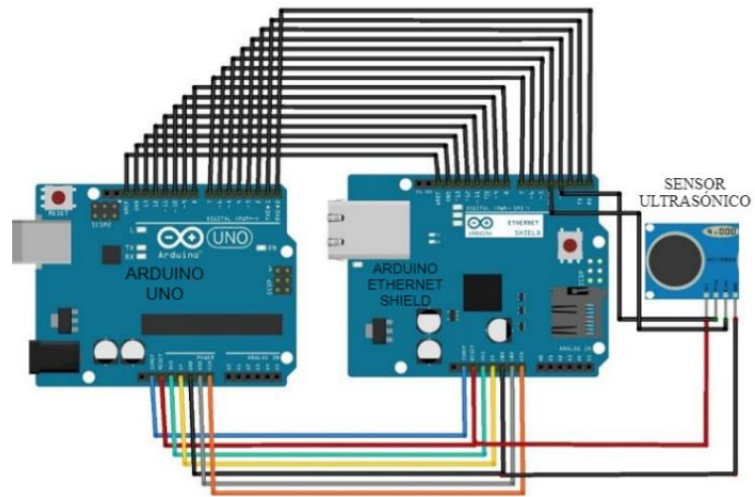


Figura 21-2: Conexión del sensor jsn-sr04t y Arduino UNO

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

La comunicación entre los dispositivos se realiza por cableado Ethernet como se observa en la Figura 22-2 determinando las direcciones IP para los dispositivos en la Tabla 19-2.

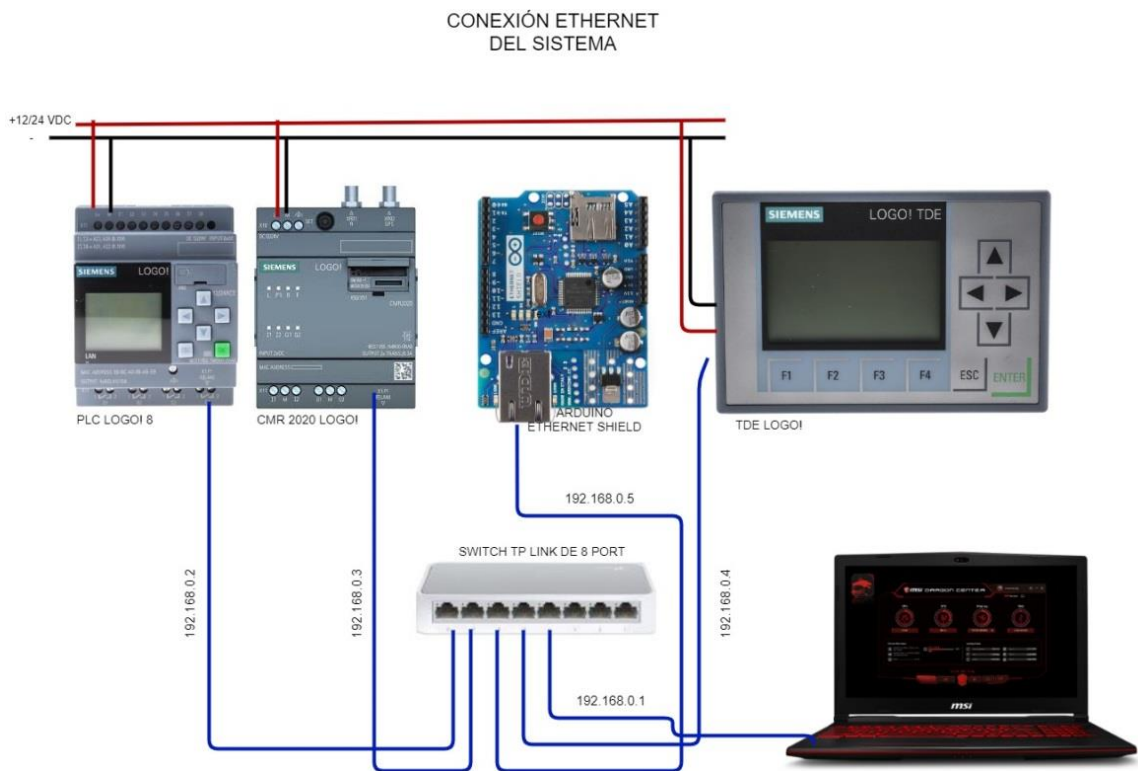


Figura 22-2: Conexión Ethernet del prototipo electrónico

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Tabla 19-2: Configuración de las direcciones IP

Dispositivos	Direcciones IP
Ordenador	192.168.0.1
PLC LOGO!	192.168.0.2
Módulo CMR2020	192.168.0.3
Pantalla TDE	192.168.0.4
Arduino UNO	192.168.0.5

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

2.6 Requerimiento de diseño para el *software*

Una vez establecidos los requerimientos del *hardware* del prototipo electrónico, para la adquisición de los datos, el control y la comunicación del prototipo electrónico se determina los requerimientos del *software* en los siguientes ítems:

- Proporcionar información del nivel de glicol en la máquina salmuera de helados en valores de porcentajes.
- Accionar la bomba para el sistema automático de llenado de glicol si el nivel está entre un 0% y 97%.
- Realizar un control de congelación del glicol para la activación y desactivación del compresor, ventiladores y bomba de recirculación.
- Enviar y recibir mensajes de texto de los estados del funcionamiento del prototipo electrónico mediante comunicación GSM.
- Realizar una interfaz gráfica para la supervisión del prototipo electrónico.

2.7 Desarrollo de *Software*

Se basa en la utilización de los programas LOGO Soft Comfort V8.2 para la etapa de control del prototipo electrónico y Arduino IDE 1.8.13 indispensable para la configuración del sensor ultrasónico Jsn-sr04t, por otro lado, el programa LabVIEW para el monitorea aplicando un sistema SCADA, a continuación, se presenta la descripción de los programas mencionados.

2.7.1 *Software Arduino IDE 1.8.13*

Es un entorno de desarrollo informático compuesto por un conjunto de herramientas de programación, es decir, consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica, además de incorporar una gestión de librerías (Arduino, 2017).

En la Figura 23-2 se muestra el diagrama de flujo de la programación en Arduino IDE 1.8.13 para la toma de datos de la señal del sensor ultrasónico Jsn-sr04t y establecer la comunicación mediante el protocolo Modbus TCP/IP.

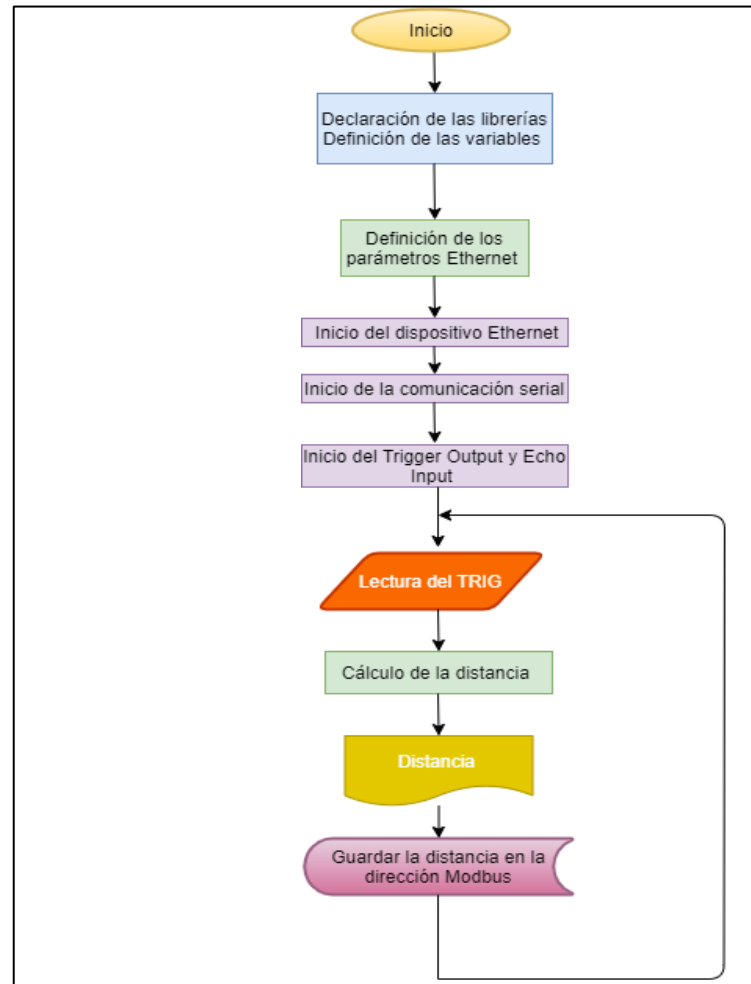


Figura 23-2: Diagrama de flujo para el sensor ultrasónico

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

A continuación, se detalla la descripción del diagrama de flujo de la Figura 23-2:

- Se inicia con la importación de las librerías <SPI.h> (para la comunicación con el PLC), <Ethernet.h> (para manejar el Ethernet Shield que implementa la pila de protocolos TCP/IP), <MgsModbus.h> (utilizado para la aplicación de Modbus) y la declaración de las variables TRIG en el puerto 3 y ECHO en el puerto 4 del Arduino UNO, correspondientes a la señal del sensor ultrasónico Jsn-sr04t.
- Se establecen los parámetros de la red Ethernet como son la dirección IP del dispositivo, dirección IP del servidor DNS, dirección IP del Gateway y la máscara de red.

- Mediante el comando Ethernet.begin() se inicia el servidor Modbus del dispositivo Ethernet y la comunicación serial mediante el comando Serial.begin().
- Se determina el Trigger de la señal del sensor como salida y el Echo como entrada.
- Se calcula la distancia a partir de la diferencia de tiempos entre la emisión del pulso de sonido TRIG y la medida de la anchura del pulso del retorno ECHO.
- Finalmente se guarda el valor de la distancia en la dirección Modbus.

2.7.2 Software LOGO Soft Comfort V8.2

Sirve para la creación de programas, documentación y simulación de proyectos de automatismos para el uso de PLC LOGO, adicionalmente cuenta con la operación simple en modo red, configuración de comunicación con una pantalla de visualización de red y permitir la migración de programas de versiones anteriores (Feria Virtual, 2019).

Antes de iniciar la programación en LOGO Soft Comfort es necesario que todos los módulos se encuentren configurados previamente, en este caso el Módulo CMR2020 para una comunicación GSM como se muestra en el manual de usuario (Anexo A) en base a la sintaxis de comandos (Anexo I).

En la Figura 24-2 se observa el diagrama de flujo de la programación realizado LOGO Soft Comfort V8.2 donde la parte esencial es el control de congelación de la máquina salmuera de helados y control de nivel, en el Anexo H se muestra la programación en Logo Soft Comfort V8.2.

En el sistema de congelación se encuentra activo el compresor, los ventiladores y la bomba de recirculación cuando la temperatura es mayor a los $-28,0^{\circ}\text{C}$, una vez que el glicol tiene esta temperatura se desactiva el compresor y los ventiladores; la bomba de recirculación siempre permanece encendida durante el proceso de fabricación debido a que si esta se apaga el glicol entra en reposo y provoca que se eleve la temperatura de la sustancia anticongelante en la parte superior de la tina, en la parte inferior el glicol tiene una temperatura más baja producto de la cercanía con el serpentín de tubería de cobre.

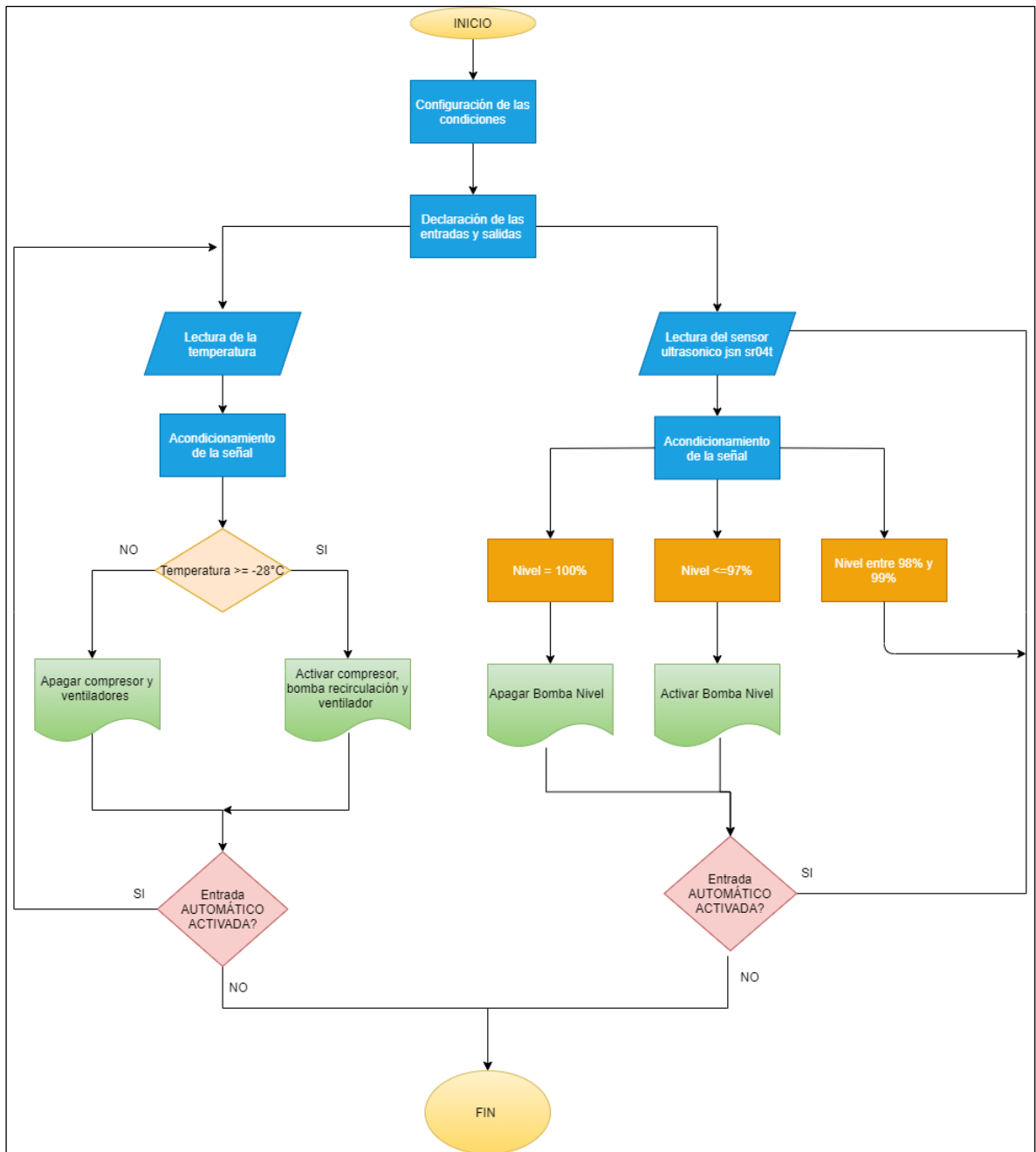


Figura 24-2: Diagrama de flujo del programa LOGO Soft Comfort v8.2

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

2.7.3 Software *LabVIEW*

Es un *software* ideal para sistemas SCADA porque permite el control con acceso rápido a *hardware* e información de datos. Ofrece un enfoque de programación gráfica que le ayuda a visualizar cada aspecto de su aplicación, simplificando la integración del *hardware* de medidas de cualquier proveedor, representa una lógica compleja en el diagrama, desarrolla algoritmos de análisis de datos y diseña interfaces de usuario de ingeniería personalizadas (National Instruments, 2020).

La interfaz gráfica como se muestra en la Figura 25-2 es amigable con el usuario porque se identifica los elementos que conforma el prototipo electrónico, además de disponer de la visualización de la temperatura y el proceso de llenado de glicol mediante el medidor de nivel, en el Anexo A se puede observar de manera más detallada las pantallas de la interfaz gráfica y una ayuda para su manejo.



Figura 25-2: Pantalla de monitoreo en LabVIEW

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

2.8 Montaje del tablero eléctrico de control

En la Figura 26-2 se observa el tablero de control realizado para la máquina salmuera de helados, está compuesto por los elementos de potencia (interruptores de potencia, contactores y relés térmicos) y los elementos de control (Fuente LOGO!, PLC LOGO!, módulo de expansión, módulo de temperatura AM2 RTD, módulo GSM CMR2020, TDE LOGO! y selectores, botoneras, luces pilotos). En el Anexo A del manual de usuario se detalla con mayor precisión el uso del tablero eléctrico.



Figura 26-2: Tablero Eléctrico de control

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

2.9 Implementación de la estructura mecánica

La estructura mecánica está compuesta por la bomba, tubería y accesorios que permiten llevar el glicol desde el tanque de almacenamiento de acero inoxidable hacia la tina de la máquina salmuera de halados. En la Figura 27-2 se observa la estructura mecánica del prototipo electrónico cumpliendo con la Norma INEN 3039 acerca del uso de material de acero inoxidable en una industria de tipo alimentaria, el esquema P&ID para verificar la conexión de tuberías y componentes para el flujo del glicol se encuentra en el Anexo A.

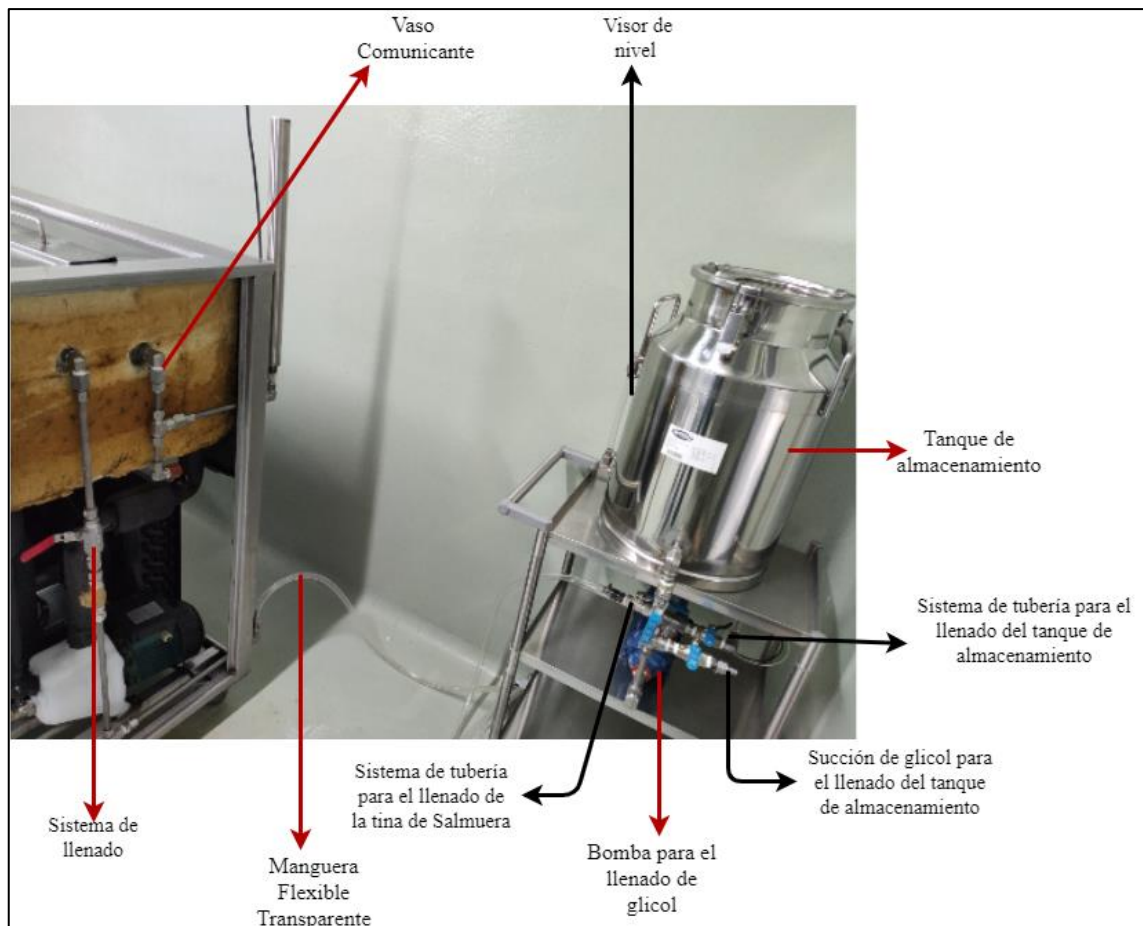


Figura 27-2: Estructura mecánica del prototipo electrónico

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

En el proceso de limpieza de la zona de producción de la microempresa “Helados Mi Chiquito” se traslada la máquina salmuera de helados, como se observa en la Figura 25-2 se colocó manguera flexible transparente reemplazando a la tubería de acero inoxidable permitiendo la movilización de la máquina sin necesidad de trasladar al mismo tiempo el tanque de almacenamiento.

La bomba periférica es utilizada principalmente para extraer el glicol del tanque de acero inoxidable AISI 304 hacia la tina de la máquina salmuera de helados, sin embargo, por las necesidades de la planta de producción de la microempresa “Helados Mi Chiquito” se proyecta un doble uso a este componente permitiendo por una parte extraer el glicol de los envases de 20 litros distribuidos por el proveedor y por otro lado se establece el uso de la bomba para llenar la tina de glicol, mediante un conjunto de llaves de paso y la programación en el *software* LOGO Soft Comfort se establece la entrada I10 de botón de inicio siempre que la máquina este apagada y este se encuentre pulsado hasta llenar los 40 litros del tanque de almacenamiento.

Desde la parte lateral derecha de la máquina salmuera de helados se realizó una apertura por tubería para la implementación del vaso comunicante considerando que la maquina tiene incorporado un serpentín de tubería de cobre en la parte inferior de la tina. El uso del vaso comunicante permite obtener el mismo nivel de glicol de la tina de la máquina salmuera de helados basado en el principio de Pascal con el beneficio de evitar perturbaciones por el funcionamiento de la máquina, el vaso comunicante cuenta con un tubo de acero inoxidable alargado debido a que la tolerancia de medición del sensor es a partir de los 20 cm.

CAPÍTULO III

3. VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO

En el presente capítulo se detalla las pruebas realizadas al prototipo electrónico para evidenciar los resultados obtenidos de la implementación por medio de pruebas de temperatura del glicol en la salmuera de helados en consideración con los tiempos de congelación, pruebas de temperatura con respecto al sensor Pt-100, pruebas de nivel respecto al tiempo de llenado de glicol en la salmuera y pruebas de nivel de glicol respecto al sensor ultrasónico Jsn-sr04t.

3.1 Implementación del prototipo

Se realizó la implementación del prototipo electrónico en las instalaciones de la microempresa “Helados Mi Chiquito” de manera específica en la máquina salmuera de helados como se observa en la Figura 1-3, procediendo con las pruebas de validación de los sensores, pruebas de estabilidad y pruebas de comunicación para la verificación del funcionamiento del prototipo electrónico.



Figura 1-3: Prototipo electrónico implementado

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

3.2 Pruebas de validación de los sensores

La aplicación de estas pruebas tiene el objetivo de validar los sensores Pt-100 y ultrasónico Jsn-sr04t mediante el cálculo del error de medición considerando el uso de instrumentos manuales estos son un termómetro digital y un flexómetro respectivamente.

3.2.1 Análisis de medición de temperatura del sensor Pt-100

El objetivo de esta prueba es verificar que el sensor Pt-100 conserve el límite de tolerancia de $\pm 0,5$ °C descrito en la Tabla 14-2 mediante la diferencia entre los valores de temperatura obtenidas del sensor y de un termómetro digital, el cual tiene un error de medición $\pm 0,5$ °C. En la Figura 2-3 se observa la realización de la toma de muestras de temperatura.

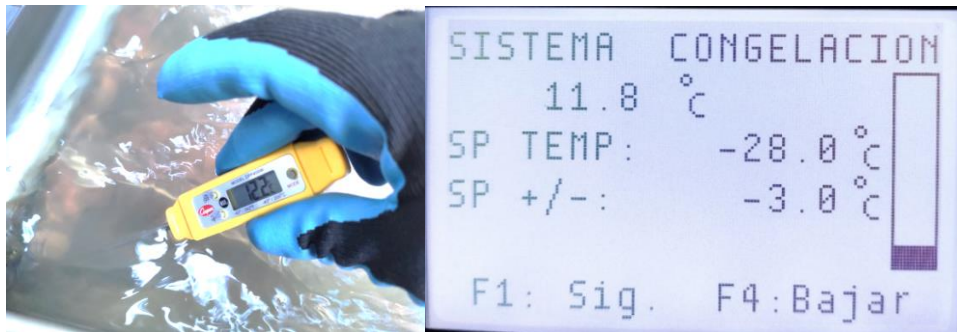


Figura 2-3: Prueba de validación del sensor Pt-100

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

En la Tabla 1-3 se visualiza los valores de temperatura considerados en el rango de 18,3 °C hasta los -8,5 °C adquiridos del sensor Pt-100 y el termómetro digital, además se observa el error absoluto calculado por la diferencia entre la temperatura del termómetro y el sensor, tomando en cuenta que este no puede exceder los $\pm 1,0$ °C (suma del error del sensor Pt-100 $\pm 0,5$ °C y el termómetro digital $\pm 0,5$ °C) (Saqui Valla, 2018, pp. 42-49).

Tabla 1-3: Medición de temperatura y cálculo del error absoluto

Muestra	Termómetro (°C)	Sensor Pt-100 (°C)	Error Absoluto (°C)
1	18,4	18,3	0,10
2	17,8	17,5	0,30
3	17,3	17,0	0,30
4	16,7	16,5	0,20
5	16,3	16,0	0,30
6	15,0	14,8	0,20
7	13,8	13,5	0,30
8	12,9	12,5	0,40
9	12,2	11,8	0,40
10	11,4	11,0	0,40
11	11,0	10,5	0,50

12	10,0	9,5	0,50
13	5,8	5,3	0,50
14	3,2	2,8	0,40
15	2,6	1,8	0,80
16	1,6	0,8	0,80
17	-3,7	-4,5	0,80
18	-5,1	-6,0	0,90
19	-7,1	-8,0	0,90
20	-7,7	-8,5	0,80
Error máximo absoluto			0,90

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

En base a la aplicación de la estadística descriptiva se obtuvo un error máximo absoluto de 0,90 °C en la medición de la temperatura por lo que se evidencia que el error del sensor Pt-100 no supera el $\pm 1,0$ °C concluyendo que el prototipo electrónico cuenta con lecturas válidas respecto a la temperatura.

3.2.2 *Análisis de medición de distancia del sensor ultrasónico Jsn-sr04t*

En la Figura 3-3 se observa la medición experimental de la distancia del glicol con referencia a la ubicación del sensor ultrasónico con el objetivo de analizar el error absoluto del este dispositivo para constatar su validación con respecto al error de $\pm 1,0$ cm establecido en las características del sensor en la Tabla 11-2.

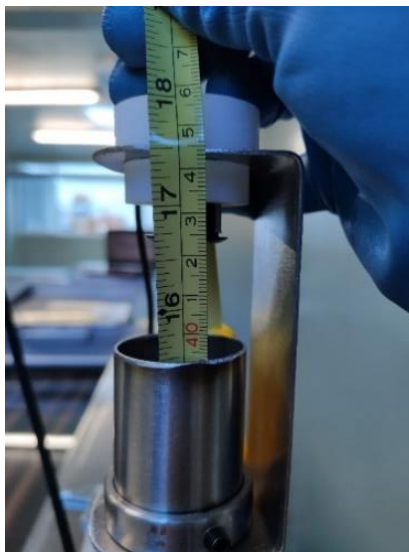


Figura 3-3: Prueba del sensor ultrasónico Jsn-sr04t

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

En la Tabla 2-3 se visualiza 20 muestras realizadas en diferentes distancias para determinar el error de medición del sensor mediante la diferencia entre la distancia determinada por el sensor y la distancia medida por el flexómetro.

Tabla 2-3: Mediciones de distancia con el sensor ultrasónico Jsn-sr04t

Muestra	Distancia (cm)	Sensor (cm)	Error (cm)
1	43,1	42,55	0,65
2	43,0	42,22	0,78
3	42,7	42,01	0,69
4	42,5	41,60	0,90
5	42,0	41,24	0,76
6	41,9	41,09	0,81
7	41,4	40,45	0,95
8	40,8	39,90	0,90
9	40,4	39,43	0,97
10	40,0	39,21	0,79
11	39,5	38,57	0,93
12	39,2	38,29	0,91
13	38,9	38,02	0,88
14	37,9	36,90	1,00
15	37,5	36,66	0,84
16	37,1	36,10	1,00
17	36,8	36,01	0,79
18	36,3	35,48	0,82
19	35,9	35,13	0,77
20	35,2	34,56	0,64
Error máximo absoluto			1,00

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Después de aplicar las 20 muestras se concluye que el error máximo absoluto es de 1,00 cm por lo que se comprueba que el sensor ultrasónico Jsn-sr04t mantiene la precisión de la medición de distancia y por ende no afecta en la ejecución del prototipo electrónico.

3.3 Pruebas de estabilidad

Estas pruebas tienen como objetivo determinar la estabilidad del prototipo electrónico para la verificación del rendimiento mediante diversas pruebas de medición de temperatura y nivel del glicol.

3.3.1 Prueba de relación temperatura-tiempo encendido el sistema de congelación

El objetivo de esta prueba es medir el tiempo desde un valor de temperatura inicial a una temperatura final en intervalos de $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ mediante la utilización del sistema de monitoreo y la ayuda de un cronómetro.

En la Tabla 3-3 se observa los resultados de las 20 muestras de temperatura recolectadas desde los $18,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta los $-15,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ tomando en consideración que para esta prueba se encuentra encendido el compresor, los dos ventiladores y la bomba de recirculación de la salmuera de helados.

Tabla 3-3: Valores de temperatura-tiempo encendido el sistema de congelación

Muestra	Temperatura Inicial ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatura Final ($^{\circ}\text{C}$)	Tiempo (mm:ss)
1	18,3	17,3	0:58
2	17,3	16,3	1:00
3	16,5	15,5	1:40
4	15,8	14,8	1:00
5	13,5	12,5	1:06
6	11,8	10,8	1:10
7	10,5	9,5	1:28
8	8,8	7,8	1:26
9	5,3	4,3	2:02
10	2,8	1,8	1:14
11	0,8	-1,8	1:20
12	-4,5	-5,5	1:49
13	-5,0	-6,0	0:52
14	-6,0	-7,0	1:25
15	-7,0	-8,0	1:00
16	-8,0	-9,0	0:27

17	-10,0	-11,0	2:08
18	-11,0	-12,0	1:09
19	-13,0	-14,0	2:16
20	-14,0	-15,0	2:06
Total			27:36
Media			1:25

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Mediante el estudio estadístico descriptivo se calcula la media de 1:25 minutos que es el tiempo que transcurre en pasar de una temperatura inicial a una temperatura final en la diferencia de $-1,0$ °C, por otro lado, se visualiza que, activados el compresor, los ventiladores y la bomba de recirculación la temperatura decrece a temperaturas bajo cero, el tiempo que transcurre desde los $18,3$ °C a los $-15,0$ °C es de 27:36 minutos.

En el Gráfico 1-3 se observa la tendencia del tiempo en minutos durante las 20 muestras considerando la estadística descriptiva con la variable tiempo en una escala cronológica, la temperatura varía desde un mínimo de 0:52 minutos y un máximo 2:16 minutos por lo que el sistema de congelación del glicol en los intervalos de $-1,0$ °C tiene rangos de tiempo cercanos.

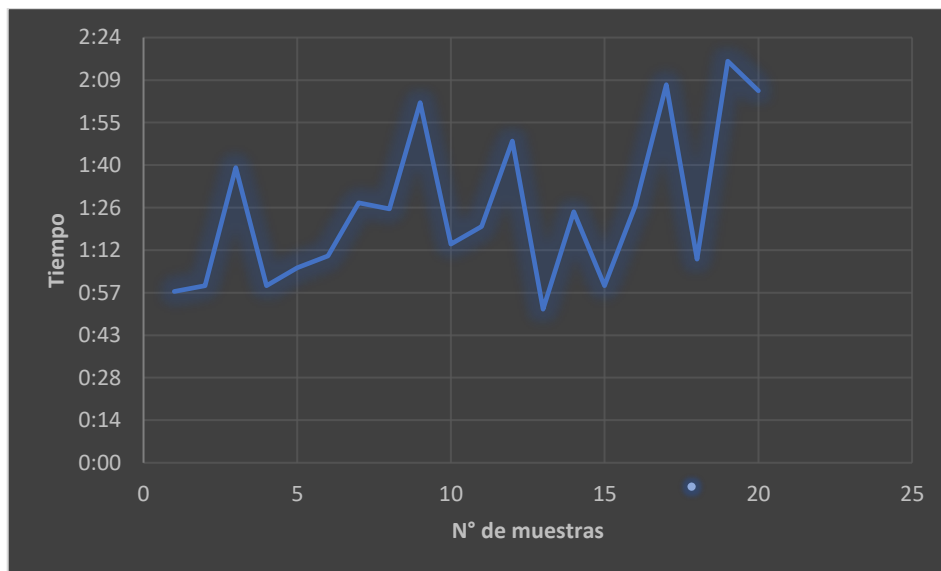


Gráfico 1-3: Tendencia del tiempo encendido el sistema de congelación

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

3.3.2 Prueba de relación temperatura-tiempo apagado el sistema de congelación

El objetivo de esta prueba es medir el tiempo desde un valor de temperatura inicial a una temperatura final en intervalos de 1,0 °C mediante la utilización del sistema de monitoreo con la ayuda de un cronómetro cuando se encuentra encendida únicamente la bomba de recirculación. En la Tabla 4-3 se evidencia 20 muestras consideradas desde los -17,2°C hasta los 3,0°C.

Tabla 4-3: Valores de temperatura-tiempo apagado el sistema de congelación

Muestra	Temperatura Inicial (°C)	Temperatura Final (°C)	Tiempo (mm:ss)
1	-17,2	-16,2	2:39
2	-16,0	-15,0	3:03
3	-15,0	-14,0	3:40
4	-14,0	-13,0	3:43
5	-13,0	-12,0	3:36
6	-12,0	-11,0	5:25
7	-11,0	-10,0	5:49
8	-10,0	-9,0	5:55
9	-9,0	-8,0	6:05
10	-8,0	-7,0	6:09
11	-7,0	-6,0	6:20
12	-6,0	-5,0	6:31
13	-5,0	-4,0	6:35
14	-4,0	-3,0	6:58
15	-3,0	-2,0	7:35
16	-2,0	-1,0	7:55
17	-1,0	0,0	6:14
18	0,0	1,0	7:41
19	1,0	2,0	7:43
20	2,0	3,0	7:53
Total			45:29
Media			5:52

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

La estadística descriptiva determina una media de 5:52 minutos en transcurrir de una temperatura inicial y una final incrementada en 1,0 °C, en conclusión, cuando únicamente está encendida la

bomba de recirculación tiende a aumentar los niveles de temperatura en mayor tiempo, así como de -17,2 °C a 3,0 °C transcurre un tiempo de 45:29 minutos.

En el Gráfico 2-3 se muestra la tendencia del tiempo cuando la bomba de recirculación está encendida considerando la estadística descriptiva con la variable tiempo en una escala cronológica evidenciando que a medida que la temperatura aumenta el tiempo tiende a crecer llegando incluso cercano a los 8 minutos, por lo que es factible apagar el compresor y los ventiladores para ahorrar recursos eléctricos.



Gráfico 2-3: Tendencia del tiempo apagado el sistema de congelación

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

3.3.3 Prueba de relación de distancia-tiempo

La presente prueba se base a la estadística descriptiva con la variable tiempo en una escala cronológica, tiene como objetivo medir el tiempo del llenado del glicol en diferentes distancias mediante el uso del sistema de supervisión para la adquisición de datos y un cronómetro. En la tabla 5-3 se observa 20 muestras desde una distancia inicial a una distancia final.

Tabla 5-3: Muestras de la prueba de relación de distancia-tiempo

Muestra	Nivel Inicial (cm)	Nivel Final (cm)	Tiempo (mm:ss,0)
1	45,56	45,03	0:10,2
2	45,03	44,39	0:06,9
3	44,39	43,84	0:08,2
4	43,84	43,29	0:09,5

5	43,29	42,74	0:08,6
6	42,74	42,19	0:11,9
7	42,19	41,64	0:10,0
8	41,64	41,09	0:07,9
9	41,09	40,45	0:07,7
10	40,45	39,90	0:13,0
11	39,90	39,43	0:10,9
12	39,43	39,21	0:08,6
13	39,21	38,34	0:12,7
14	38,34	38,29	0:08,3
15	38,29	38,02	0:04,8
16	38,02	36,81	0:13,4
17	36,81	36,66	0:07,1
18	36,66	36,10	0:07,7
19	36,10	35,90	0:08,5
20	35,90	35,54	0:09,2
Total			03:05,1
Media			00:09,3

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Se concluye mediante las pruebas que el sistema de llenado es eficiente porque en el rango de 45,56 cm a 35,54 cm de nivel medido por el sensor ultrasónico Jsn-sr04t transcurre 3:05.1 minutos, por lo que el llenado de glicol en la tina de la salmuera de helados no requiere de mucho tiempo como se observa en el Gráfico 3-3 de la tendencia del tiempo.

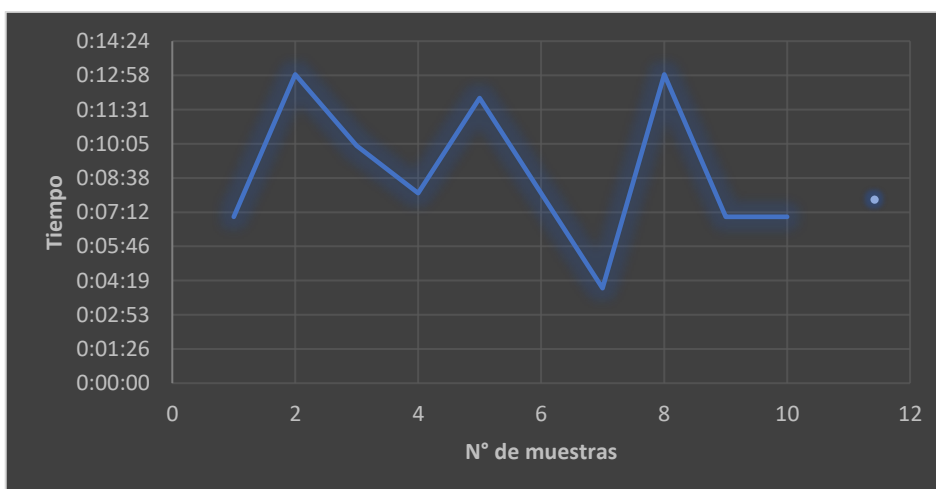


Gráfico 3-3: Tendencia del tiempo de la medición del nivel de glicol

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

3.3.4 Prueba de relación de distancia-porcentaje

Para la visualización en el monitoreo del prototipo electrónico se representa el llenado del glicol en la tina de la máquina salmuera de helados mediante porcentaje, por lo que el objetivo de esta prueba es determinar el valor de la distancia según el porcentaje del sistema de llenado mediante la toma de 20 muestras como se observa en la Tabla 6-3.

Tabla 6-3: Muestras de la prueba de relación de distancia-porcentaje

Muestra	Distancia (cm)	Porcentaje
1	44,47	75%
2	43,89	76%
3	43,29	77%
4	42,74	78%
5	42,02	79%
6	41,40	80%
7	40,86	81%
8	40,34	82%
9	39,69	83%
10	39,57	85%
11	39,10	87%
12	38,54	89%
13	38,28	90%
14	37,65	92%
15	37,35	93%
16	37,24	94%
17	36,67	96%
18	36,39	97%
19	36,04	98%
20	35,54	100%

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Los valores de la Tabla 6-3 reflejan los porcentajes según la medición del sensor ultrasónico Jsn-sr04t respecto al nivel de glicol, considerando que las distancias tomadas corresponden a la medida desde la ubicación de la salida de la onda del sensor ultrasónico hasta la superficie en donde se encuentra el glicol.

3.4 Pruebas de comunicación

El prototipo electrónico cuenta con dos sistemas de comunicación el primero por medio de mensajería móvil para el encendido, apagado y recepción de la actividad de la máquina salmuera de helados, el segundo por medio de la tecnología OPC para el monitoreo del prototipo electrónico en LabVIEW. Estas pruebas tienen la finalidad de evidenciar el tiempo de latencia para transmitir los datos entre los dispositivos.

3.4.1 Prueba de tiempo de latencia en la comunicación GSM

Esta prueba tiene el objetivo de determinar la eficiencia de la comunicación GSM por medio del módulo LOGO! CMR2020, utilizando un teléfono móvil y un cronómetro para la toma de datos, La prueba consiste en enviar y recibir mensajes al prototipo electrónico y mediante el cronómetro adquirir el tiempo de transmisión del dato. En la Figura 4-3 se observa el proceso de la prueba.

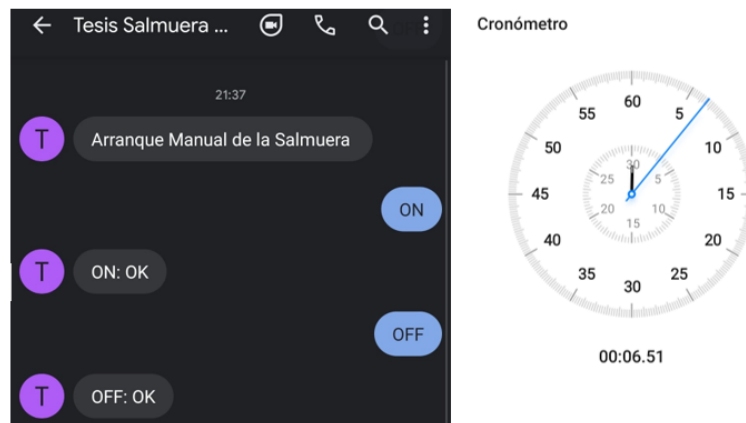


Figura 4-3: Prueba de tiempo de latencia en la comunicación GSM

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

La prueba de tiempo de latencia en la comunicación GSM proyectó los resultados presentes en la Tabla 7-3, en la que se tomó 20 muestras para el envío de un mensaje desde un teléfono móvil hacia el prototipo electrónico y la recepción de los mensajes desde el LOGO! CMR2020 hacia el teléfono móvil.

Tabla 7-3: Prueba de tiempo de latencia en la comunicación GSM

Muestra	Tiempo (mm:ss,0)
1	00:06,5
2	00:05,8
3	00:06,1

4	00:06,9
5	00:05,7
6	00:05,0
7	00:05,7
8	00:05,6
9	00:06,2
10	00:06,4
11	00:05,6
12	00:06,6
13	00:06,7
14	00:05,9
15	00:06,0
16	00:05,7
17	00:05,9
18	00:06,4
19	00:06,9
20	00:05,3
Media	00:06,1

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

En base a la estadística descriptiva se determina una media del tiempo de latencia en la comunicación GSM de aproximadamente seis segundos constatando la eficiencia de la misma a pesar de que el teléfono móvil se encontraba fuera de la planta de producción de la microempresa “Helados Mi Chiquito”.

3.4.2 Prueba de tiempo de latencia en la comunicación PLC LOGO! y LabVIEW

La comunicación entre el PLC LOGO! y el sistema SCADA en LabVIEW se debe al uso de la tecnología OPC, por lo que necesario realizar esta prueba para constatar el tiempo de transmisión de la información entre el dispositivo PLC LOGO! y el computador con la aplicación de monitoreo en LabVIEW.

En la Tabla 8-3 se visualiza los datos obtenidos en la realización de la prueba mediante el uso de un cronómetro como instrumento de medición del tiempo y la recepción de la información enviada desde el PLC LOGO! hasta LabVIEW.

Tabla 8-3: Prueba de tiempo de latencia entre PLC LOGO! y LabVIEW

Muestra	Tiempo (mm:ss,0)
1	00:01,2
2	00:01,1
3	00:01,5
4	00:01,2
5	00:01,4
6	00:01,4
7	00:01,7
8	00:01,3
9	00:01,5
10	00:01,1
11	00:01,1
12	00:01,2
13	00:01,3
14	00:01,3
15	00:01,2
16	00:01,4
17	00:01,6
18	00:01,5
19	00:01,3
20	00:01,3
Media	00:01,3

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Con base en las muestras obtenidas se analizó mediante la estadística descriptiva que el tiempo de latencia en la comunicación para la transferencia de datos entre el PLC LOGO! y la computadora con LabVIEW es aproximadamente de un segundo, permitiendo mayor eficiencia en el prototipo electrónico porque no existiría pérdida de información.

3.5 Pruebas de potencia de consumo

La realización de estas pruebas tiene el objetivo de detallar la potencia de consumo que genera la máquina salmuera de helados con la implementación del prototipo electrónico mediante el detalle de los componentes electrónicos respecto a sus valores de voltaje y amperaje para calcular el consumo energético en vatios como se puede observar en la Tabla 9-3.

Tabla 9-3: Consumo eléctrico del prototipo electrónico

Equipos	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)
Equipos de la máquina salmuera de helados			
Compresor	220 V AC	14,4	3168
Ventiladores (x2)	220 V AC	0,795	350
Bomba de recirculación	220 V AC	3,4	750
Subtotal de potencia consumida			4 268
Equipos del prototipo electrónico			
Bomba de llenado	110 V AC	4,5	495
Siemens LOGO! POWER 6EP1332-1SH43	24 V DC	2,5	60
Siemens LOGO! 12/24 RCE – 6ED1052-1MD08-0BA0	24 V DC	3	72
Módulo GSM Siemens CMR2020	24 V DC	0,15	3,6
Módulo de expansión SIEMENS 6ED1055-1MB00-0BA2	24 V DC	5	120
Módulo de Temperatura AM2 RTD LOGO!	24 V DC	0,02	0,48
Pantalla Siemens LOGO! TDE	24 V DC	0,075	1,8
Sensor Ultrasónico Sumergible Jsn-sr04t	5 V DC	0,03	0,15
Tarjeta de desarrollo Arduino Uno	5 V DC	0,05	0,25
Ethernet shield W5100	5 V DC	0,04	0,2
Subtotal de potencia consumida			747
TOTAL DE LA POTENCIA CONSUMIDA			5 021,48

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Mediante la Tabla 9-3 se determina que el prototipo electrónico en conjunto con los equipos de la máquina salmuera de helados genera una potencia aproximadamente de 5 KW, donde se visualiza que el equipo que tiene un mayor consumo es el compresor con 3 168 W el cual pertenece al sistema de congelación de la máquina salmuera de helados, es decir, la implementación del prototipo no incrementa de manera excesiva el consumo energético debido a que la potencia de consumo es de 747 W.

CAPÍTULO IV

4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

A continuación se describe los recursos económicos necesarios para la implementación del hardware del prototipo electrónico y una relación beneficio-costo demostrando las ventajas de la incorporación del presente trabajo de titulación.

4.1 Análisis de costos

En la Tabla 1-4 se presenta el análisis de costos del hardware de la implementación de prototipo electrónico, verificando cada uno de los componentes tanto del tablero de control como la estructura mecánica.

Tabla 1-4: Análisis de costos del prototipo electrónico

Cant.	Componente	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Tablero de control			
1	Tablero de acero inoxidable	\$ 80,00	\$ 80,00
1	Breaker Riel 3*32 AMP	\$ 11,23	\$ 11,23
1	Breaker Riel 3*20 AMP	\$ 11,23	\$ 11,23
1	Breaker Riel 2*16 AMP	\$ 7,27	\$ 7,27
2	Breaker Riel 2*2 AMP	\$ 15,33	\$ 30,66
1	Contactador trifásico 25 AMP 220V	\$ 69,94	\$ 69,94
2	Contactador trifásico 25 AMP 220V	\$ 33,48	\$ 66,96
1	Relé térmico 16-24 AMP	\$ 53,24	\$ 53,24
1	Relé térmico 7-10 AMP	\$ 53,24	\$ 53,24
1	Relé térmico 1-1,6 AMP	\$ 33,76	\$ 33,76
2	Selectores	\$ 3,53	\$ 7,06
3	Luces piloto	\$ 1,43	\$ 4,29
2	Pulsador Plástico	\$ 1,70	\$ 3,40
1	Botón de paro de emergencia	\$ 2,45	\$ 2,45
1	Cableado	\$ 70,00	\$ 70,00
1	LOGO 12/24 RCE ETHERNET	\$ 181,66	\$ 181,66
1	Fuente LOGO 2,5 A 110/220 VAC	\$ 100,82	\$ 100,82
1	LOGO MOD EXP 4E/4S 12/24VDC	\$ 90,83	\$ 90,83

1	LOGO MOD AM2 PT-100 12/24VDC	\$ 129,16	\$ 129,16
1	LOGO CMR2020	\$ 490,00	\$ 490,00
1	Pantalla LOGO TDE	\$ 215,00	\$ 215,00
1	ANTENA ANT794-4MR	\$ 90,00	\$ 90,00
1	Switch TP-LINK 8	\$ 17,50	\$ 17,50
1	Arduino UNO	\$ 12,00	\$ 12,00
1	Arduino Ethernet Shield	\$ 14,00	\$ 14,00
1	Sensor Ultrasónico Jsn-sr04t	\$ 20,00	\$ 20,00
1	Sensor Pt-100	\$ 10,00	\$ 10,00
1	Regleta Corta picos	\$ 5,00	\$ 5,00
Estructura mecánica			
1	Bomba Periférica DHINO 1/2 HP QB60	\$ 38,00	\$ 38,00
1	Tanque de acero inoxidable 40 lt	\$ 133,00	\$ 133,00
1	Tubería y accesorios	\$ 145,89	\$ 145,89
COSTO TOTAL DEL PROTOTIPO			\$ 2.197,59

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Se determina que el costo total del prototipo electrónico es de \$ 2.197,59, sin embargo, es necesario considerar que la máquina salmuera de helados adquirido por la microempresa “Helados Mi Chiquito” tuvo un costo de \$ 8.000,00; es decir que con la implementación tiene un costo total de \$10.197,59.

En el Ecuador no se fabrican máquinas salmuera de helados con control de nivel de glicol, mediante investigación se detectó una empresa extranjera llamada “Finamac” ubicada en Brasil, cuenta con máquinas de salmuera de helados automatizadas a un precio de \$15.000,00 sin el costo del envío, sus características se visualizan en la Tabla 2-4, adicionalmente de una comparación con el prototipo electrónico implementado en la microempresa “Helados Mi Chiquito”. El prototipo electrónico desarrollado es 32,02% más económico que una máquina existente en el mercado.

Tabla 2-4: Comparación del prototipo electrónico con Robopop Start 2

	Prototipo electrónico de la máquina salmuera para la microempresa “Helados Mi Chiquito”	Robopop Start 2 (Sistema Comercial)
Costo	\$ 10.197,59	\$15.000,00
DETALLES TÉCNICOS		
Instalación eléctrica	220 V, Monofásica, 60 Hz	220 V, Monofásica, 50 Hz o 60 Hz
Consumo eléctrico	5KW	6KW
DIMENSIONES		
Equipo (Frente x Altura x Lado (mm))	1420 x 1230 x 690	1165 x 1015 x 975
PRODUCCIÓN		
Capacidad de producción de helados (por hora)	100 a 144	72 a 90
Condensación	Gas R404A	Aire

Fuente: Finamac, 2020.

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

4.2 Proyección de recuperación monetaria por el ahorro de glicol

La microempresa “Helados Mi Chiquito” adquiere el producto anticongelante glicol en el valor de \$62,00 por la cantidad de 20 litros.

Implementado el prototipo electrónico existe un ahorro considerable de glicol porque no hay pérdida por derramamiento al colocar en la tina de la máquina de salmuera de helados. Esta pérdida de glicol representa en la cantidad de 26 litros al mes, alcanzando un valor económico de \$80,60.

El costo de inversión por la implementación del prototipo electrónico alcanza un valor de \$2.197,59, lo que implica que este valor se recuperaría aproximadamente en dos años y medio tomando en consideración el ahorro de \$80,60 por el desperdicio del glicol en la máquina salmuera de helados.

4.3 Consumo eléctrico

En base a la Tabla 9-3 en el presente apartado se determina el consumo eléctrico mediante la siguiente ecuación (Saqui Valla, 2018, pp. 42-49):

$$CM = P \times hd \times dm$$

Dónde:

CM: consumo mensual viene dado en KWh

P: potencia del dispositivo viene dado en W

hd: horas de uso por día

dm: días de uso al mes

La máquina salmuera de helados con la implementación del prototipo electrónico se encuentra en funcionamiento ocho horas laborables durante veinte días al mes y tiene una potencia de consumo de 5 KW determinado en la Tabla 9-3; aplicando la fórmula del consumo mensual se obtiene el valor de 800 KWh.

$$CM = 5 \times 8 \times 20$$

$$CM = 800 \text{ KWh}$$

La microempresa “Helados Mi Chiquito” cuenta con una calificación artesanal, ante lo cual tiene la autorización de la empresa eléctrica un nivel de tensión de 0-300 V a un valor de 0,092 (USD/KWh) de acuerdo al pliego tarifario del año 2020. Tomando en cuenta los datos anteriormente mencionados se determina que el costo de consumo eléctrico mensual por la máquina salmuera de helados es de \$73,60.

El consumo energético solo del prototipo electrónico es 747 W determinado en la Tabla 9-3, tomando como referencia los datos anteriormente mencionados del tiempo de funcionamiento de la máquina se calcula el valor de consumo mensual del prototipo electrónico

$$CM = 0,747 \times 8 \times 20$$

$$CM = 119,52 \text{ KWh}$$

El prototipo electrónico tiene un consumo mensual de energía de 119,52 KWh, el cargo tarifario en el Ecuador es de 0,092 (USD/KWh), por lo tanto, el costo por concepto de energía eléctrica es de \$10,99, es decir no excede un recargo elevado en la facturación de la empresa eléctrica para la microempresa “Helados Mi Chiquito”.

CONCLUSIONES

- Se implementó un prototipo electrónico para el monitoreo y control del nivel de glicol en una salmuera de helados mediante tecnología OPC para la microempresa “Helados Mi Chiquito”.
- Para el congelamiento de los helados dentro de la tina de la máquina salmuera se requiere que los moldes estén recubiertos totalmente por el glicol, motivo por el cual si el nivel de glicol disminuye hasta un 97% automáticamente se activa la bomba periférica de llenado para completar el nivel faltante, obteniendo un producto compacto.
- Se seleccionó equipos industriales marca SIEMENS LOGO! por su fiabilidad, durabilidad y precios económicos tomando en consideración que para la programación del dispositivo de control se utilizó el *software* Logo Soft Comfort V8.2, mientras que para el sistema SCADA se seleccionó LabVIEW como un software de ingeniería con interfaz de programación gráfica.
- Una vez realizadas las pruebas de comunicación en el prototipo electrónico se determina que tanto la comunicación GSM y OPC cumplen de manera eficiente la función de transmitir datos con respecto a los tiempos de latencia en virtud de que no sobrepasan los seis segundos y un segundo respectivamente.
- Mediante el análisis de costos se concluye que el prototipo electrónico, incluida la máquina salmuera de helados es 32,02% más económica que una máquina automatizada existente en el mercado internacional, mencionando que este tipo de instrumentación no existe en el Ecuador.

RECOMENDACIONES

- Una vez implementado el prototipo electrónico en la máquina salmuera de helados, es posible incorporar un sistema de planificación de recursos empresariales (ERP) para generar el pedido del glicol directamente al proveedor tomando en cuenta la incorporación de un sensor de nivel en el tanque de almacenamiento.
- Tomando en consideración la importancia del sistema de congelación del helado, se recomienda mantener encendida la bomba de recirculación en todo el proceso para permitir que el glicol conserve la misma temperatura en toda la tina de la máquina salmuera de helados, porque en caso de que el glicol entre en reposo se eleva la temperatura en la parte superior de la tina.
- Mediante la aplicación de la interfaz gráfica LabVIEW para el sistema SCADA, se recomienda adicionar la administración de base de datos de los valores de medición del sensor ultrasónico para implementar mecanismos de control tipo P, PI, PID dependiendo del estudio de la planta del sistema.
- Para futuras investigaciones se recomienda que se configure el módulo LOGO! CMR2020 para el envío y recepción de correos electrónicos, mediante el uso de datos móviles para la tarjeta SIM del prototipo electrónico, para ello deben posicionar la antena GPRS/LTE en una zona alta para mayor receptibilidad de señal, verificando la intensidad de red de la telefonía móvil de un celular CSQ y el campo de recepción RSSI.

BIBLIOGRAFÍA

ARDUINO, *Software / Aprendiendo Arduino*. [en línea]. 2017,. [Consulta: 30 diciembre 2020]. Disponible en: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/software/>.

ARDUINO, *Arduino Ethernet Shield 2*. [en línea]. 2020a,. [Consulta: 19 diciembre 2020]. Disponible en: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-ethernet-shield-2>.

ARDUINO, *Arduino Uno Rev3*. [en línea]. 2020b,. [Consulta: 19 diciembre 2020]. Disponible en: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>.

ARQUIMI, *Propilenglicol, Que es y cuales son sus usos..?* [en línea]. 2018,. [Consulta: 8 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.arquimi.com/blog/p13410-propilenglicol-que-es-y-cuales-son-sus-usos.html>.

BOHORQUEZ VALDERRAMA, K.B., FONSECA SANABRIA, D.F., & GUTIÉRREZ PUERTAS, S., Sistema didáctico para el control de nivel con tanques acoplados. (Trabajo de Titulación). Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones. Bogotá-Colombia. 2017. pp.12-21.

BRENES, L.E., GÓMEZ, D., TOBELLA, B., RUIZ, A., & LLORCA, M., *Planta de producción de cloruro de vinilo*. Barcelona-España: Universidad Autónoma de Barcelona, 2018, pp. 35-37.

CAPIO, M., & OROZCO, W., *Introducción al análisis e implementación de sistemas de control automático*. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2017, pp. 6-7.

CORTÉS AGUILAR, T.A., *Instrumentos de medición de nivel*. Instituto Tecnológico Superior Zapopan, 2017. pp. 4-9.

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRICA, E. y de C., *Sistemas en Tiempo-Real*, 2011, pp. 1-23.

ZAVALA DAVALOS, L.A., Aplicación de un módulo de comunicación enlazado a un controlador lógico para un sistema de riego automatizado. (Trabajo de Titulación) (Maestría). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador, 2017. pp.8-10.

FERIA VIRTUAL, Controladores lógicos inteligentes Siemens Logo! 8 - Electrónica - Controladores lógicos inteligentes. [en línea]. 2019. [Consulta: 30 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.interempresas.net/Electronica/FeriaVirtual/Producto-Controladores-logicos-inteligentes-Siemens-LOGO-8-129784.html>.

FINAMAC, ROBOPOP 2 Máquinas de Paletas. [en línea]. 2020. [Consulta: 11 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.finamac.com/es/productos/maquinas-de-picoles/robopop-2>.

INEN, S.E. de N., *Servicios De Restauración*. Buenas Prácticas De Manufactura. NTE INEN 3039, 2015. pp. 1-17.

MOLINA CRUZ, D.A., CEDEÑO FERRIN, J.A., MARCILLO PARRALES, A., MARCILLO PARRALES, K., ORTIZ HERNANDEZ, M., & MERCHAN GARCIA, F., *Módulo con controladores lógicos programables para la enseñanza-aprendizaje de electrónica*. Manabí-Ecuador: Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S.L., 2019. ISBN 9788494998577, p. 20.

MOTT, R.L., *Mecánica de fluidos*. 7ª ed. México: Pearson, 2015. ISBN 9702608058, pp. 45-46.

NATIONAL INSTRUMENTS, ¿Qué es LabVIEW? - NI. [en línea]. 2020. [Consulta: 30 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html>.

OMEGA, ¿Qué es una Pt100 y cómo funciona? | Termorresistencia pt100. [en línea]. 2020. [Consulta: 19 diciembre 2020]. Disponible en: <https://es.omega.com/prodinfo/pt100.html>.

PÉREZ-LÓPEZ, E. "Los sistemas SCADA en la automatización industrial". *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 28, no. 4 (2015), pp. 3. ISSN 0379-3982. DOI 10.18845/tm.v28i4.2438.

PÉREZ FERNÁNDEZ, R., Simulación de una instalación de un proceso industrial. PLC, Robot e IHM, mediante OPC.(Trabajo de Titulación) (Maestría). Universidad de Valladolid, Escuela de Ingenierías Industriales. 2016. pp. 9-11.

ROJAS GÓMEZ, M.J. Control de nivel en una planta de proceso con labview. (Trabajo de Titulación). Universidad Tecnica Federico Santa Maria. 2019. pp. 16-18.

SAQUI VALLA, J.E. Implementación de un prototipo electrónico inalámbrico para supervisión, aviso y control de gases contaminantes en invernaderos artesanales.(Trabajo de Titulación)

Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales. Riobamba-Ecuador. 2018. pp. 42-49.

SCHNEIDER ELECTRIC. Contactores TeSys D. [en línea]. 2020a. [Consulta: 17 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.se.com/es/es/product-range-presentation/664-tesys-d/?parent-subcategory-id=1510&selected-node-id=12146440908#tabs-top>.

SCHNEIDER ELECTRIC. Relés de sobrecarga térmica - TeSys LRD. [en línea]. 2020b. [Consulta: 17 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.se.com/ar/es/product-range/1885-tesys-lrd/>.

SIEMENS. "Product Data Sheet AM2 RTD Expan Module". *Siemens*, (2014), pp. 1-2.

SIEMENS. "Hoja de datos LOGO POWER". *Siemens*, vol. 3964, (2020), pp. 4-7.

SIEMENS. "Manual de Sistema". *Siemens*, (2020).

SIEMENS AG. "LOGO ! 8 ¡ Bienvenidos !". *Siemens*, (2019), p. 10.

SIEMENS AG. "SIMATIC NET LOGO ! - Industrial Ethernet LOGO ! CMR2020, LOGO ! CMR2040". *Siemens*, (2019), pp. 1-190.

SILVA MAYORGA, C.D. Diseño e implementación de un sistema de adquisición de video y medición de distancia durante el retroceso de un vehículo en un dispositivo móvil. (Trabajo de Titulación). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Quito-Ecuador. 2016. pp. 32-35.

TAMAIRÓN PÉREZ, A. y MAZA ALCANIZ, I. Sistema OPC para automatización mediante redes de estado. (Trabajo de Titulación) (Maestría). Universidad de Sevilla, Dep. de Ingeniería de Sistema y Automática, Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Sevilla. 2016. pp. 1-74.

VÁSQUEZ PLAMA, J.A. Homologación de protocolo de comunicación Modbus RTU a protocolo Modbus TCP/IP utilizando un controlador lógico programable. (Trabajo de Titulación). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Guatemala. 2018. pp. 1-75.

ANEXOS

Anexo A: Manual de Usuario.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO PARA
EL MONITOREO Y CONTROL DEL NIVEL DE GLICOL EN UNA
SALMUERA DE HELADOS MEDIANTE TECNOLOGÍA OPC
PARA LA MICROEMPRESA “HELADOS MI CHIQUITO”.**

MANUAL DE USUARIO

AUTORES: ZAMBRANO CASTILLO KATERINE LICETH

ZAMBRANO PULLUTAXI ANDRÉS SEBASTIÁN

DIRECTOR: Dr. GEOVANNY VALLEJO MsC.

Riobamba – Ecuador

2020

MANUAL DE USUARIO DEL PROTOTIPO ELECTRÓNICO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE NIVEL DE GLICOL EN UNA MÁQUINA SALMUERA DE HELADOS

El prototipo electrónico para el monitoreo y control de nivel de glicol de una máquina salmuera de helados está diseñado para permitir el llenado automático desde un tanque de almacenamiento hacia la tina de congelación de la máquina evitando el uso del esfuerzo físico humano y un sistema manual.

1. ESTRUCTURA DE LA PARTE MECÁNICA DEL PROTOTIPO ELECTRÓNICO

En la Figura 1-1 se muestra las partes de la estructura de la parte mecánica del prototipo electrónico donde se visualiza de manera gráfica el sistema de llenado desde el tanque de almacenamiento hasta la tina de glicol, el sistema de llenado del tanque de almacenamiento y el sistema para el vaso comunicante.

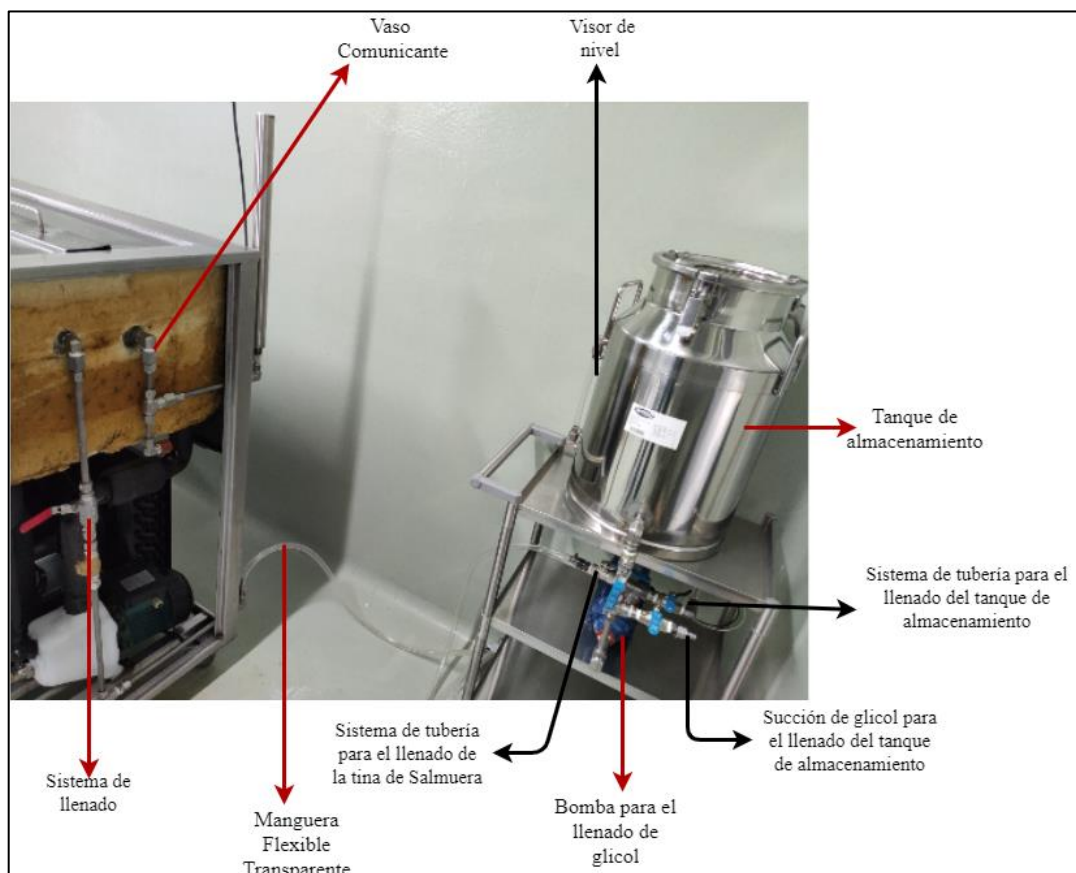


Figura 1-1: Partes de la estructura mecánica del prototipo electrónico

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

En la Figura 2-1 se identifica los elementos hidráulicos de la estructura mecánica mediante un diagrama P&ID.

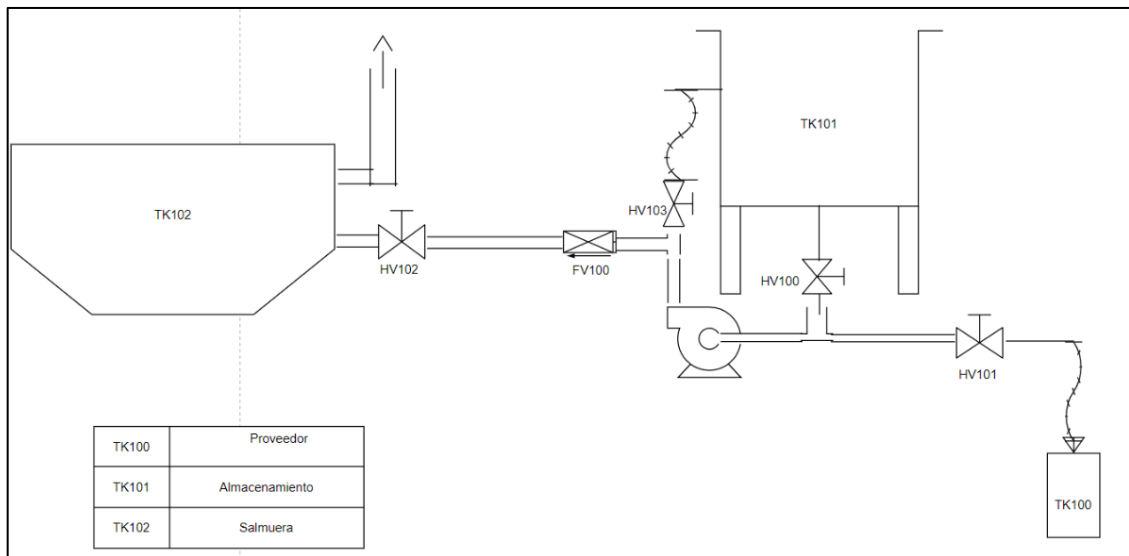


Figura 2-1: Diagrama P&ID de la estructura mecánica del prototipo electrónico

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

2. ESTRUCTURA DE LA PARTE ELÉCTRICA

En la Figura 3-1 se observa el tablero de control en donde la parte frontal de la puerta consta de la pantalla LOGO! TDE; tres luces piloto verdes que corresponden al compresor y ventiladores, bomba de recirculación, bomba de llenado de glicol indicando que se encuentran en actividad; una luz piloto rojo que representa que la máquina salmuera de helados está apagada. El tablero de control dispone de dos selectores de tres posiciones, un botón de inicio, un botón de paro y uno de emergencia.

En el selector que se encuentra en la parte izquierda del tablero, la primera posición representa el modo manual para la realización de mantenimiento, si el selector se encuentra en esta posición con el segundo selector se activa independientemente el compresor-ventilador, bomba de agitación y la bomba para el llenado de glicol una vez pulsado el botón inicio y se desactiva individualmente con el botón de paro. La posición dos del primer selector representa un OFF y la última está configurado para el modo automático en el que todos los elementos de la máquina salmuera de helados incluido el control de nivel si es menor al 97% se activa una vez presionado el botón de inicio para así empezar con la congelación y agitación del glicol.

En el modo manual es posible llenar el tanque de almacenamiento con la bomba periférica manteniendo presionado el botón de inicio para que se encienda la misma y dejando de presionar

se desactiva automáticamente, esto es por seguridad debido a que los contenedores del glicol comprados al proveedor solo tienen una capacidad de 20 litros. Finalmente se debe regresar el selector 1 a la posición de OFF.

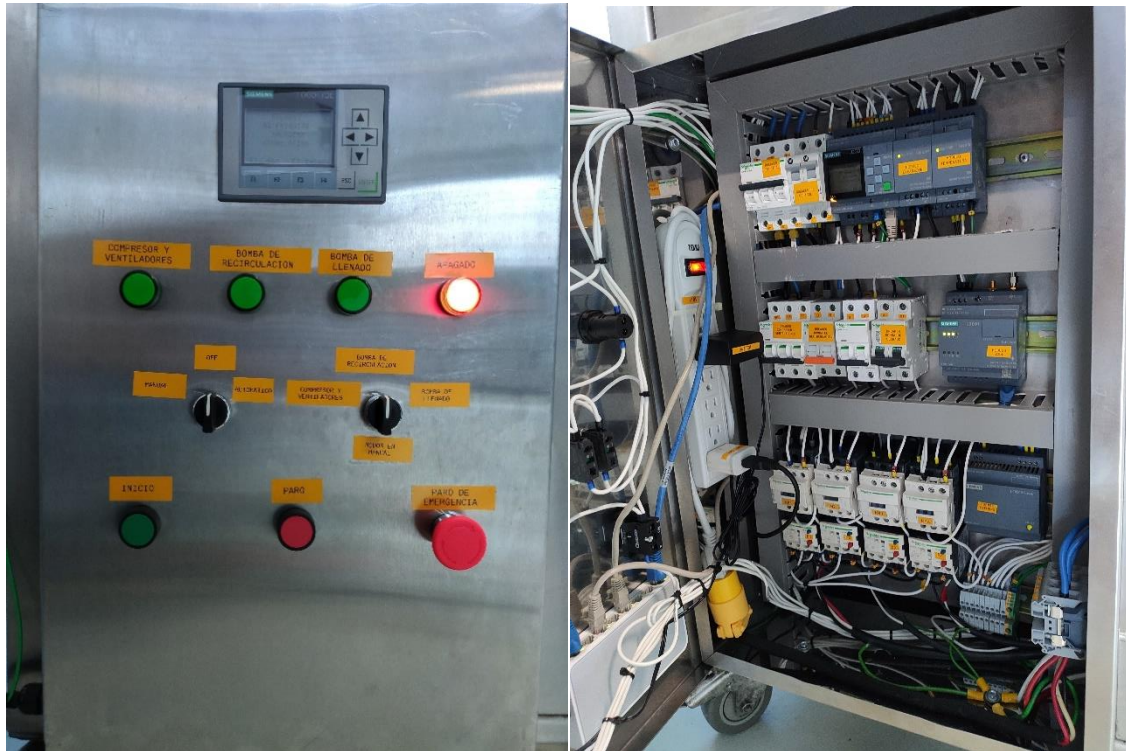


Figura 1-2: Tablero de control del prototipo electrónico

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021

En el tablero de control se encuentra un botón de paro de emergencia, cuando este se activa permite detener el proceso por completo en caso de una situación crítica ya sea que se encuentre el funcionamiento el modo manual o el modo automático, para identificar la alerta del botón de emergencia la pantalla TDE se pone de color rojo.

3. CONFIGURACIÓN DEL MÓDULO CMR2020 PARA LA COMUNICACIÓN GSM

Para realizar las configuraciones el módulo CMR2020 LOGO!, en primer lugar, es necesario verificar la presencia de la tarjeta SIM en el puerto del dispositivo, en este caso el número telefónico es 0984404809



Figura 1-3: Tarjeta SIM en el módulo GSM

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Ingresar en el URL del navegador la dirección 192.168.0.3 (por defecto en el módulo) como se observa en la Figura 5-1, en la página de entrada se escribe el usuario (admin) y la contraseña (tesis2020), después se dispone de la página principal para la configuración del dispositivo, mostrando en un inicio un resumen general en donde se debe verificar que se encuentre conectado el CMR200 en **Ethernet Interfase/Connection status**.

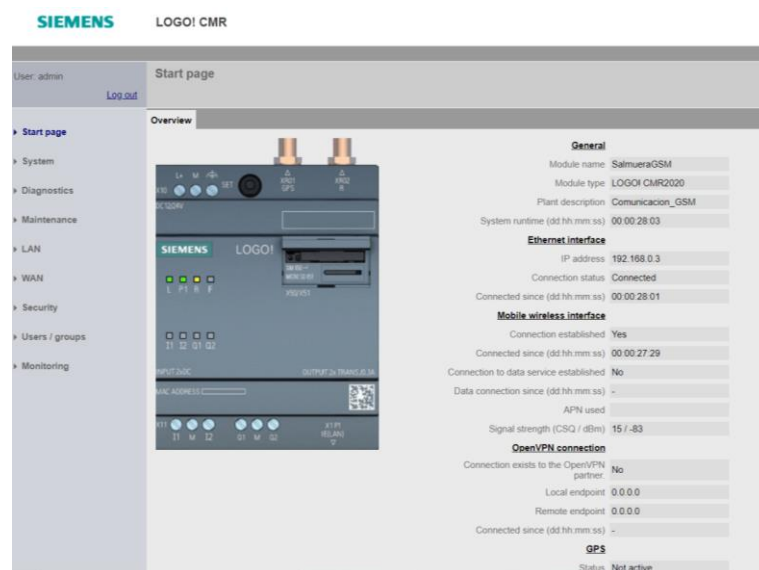


Figura 2-3: Página de inicio del módulo CMR200

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

En la página de sistema como se muestra en la Figura 6-1 se encuentra cuatro pestañas, en la primera denominada General se observa el nombre del módulo, un tiempo para cerrar la sesión cuando no se use el servidor web y deshabilitado el GPS, si en futuras aplicaciones se incorpora la antena de GPS se activaría. Para realizar configuraciones se debe pulsar el botón **Aplicar** efectuar los cambios.

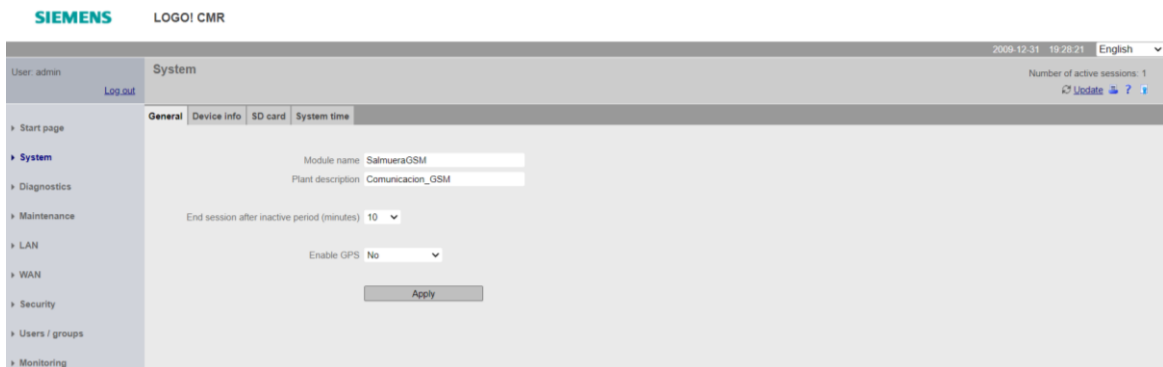


Figura 3-3: Página de sistema en el módulo CMR2020

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

En la Figura 7-1 se observa que la página de la red WAN dispone de cuatro pestañas, en la red móvil inalámbrica se establece la conexión marcando la casilla **Enable mobile wireless interface** y se procesa a dar clic en aplicar.



Figura 4-3: Red inalámbrica en el módulo CMR2020

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

En la Figura 8-1 se muestra la pestaña denominada celda inalámbrica se verifica la intensidad de la antena GSM/GPRS, permitiendo encontrar la posición de la antena para mejor recepción de la señal.

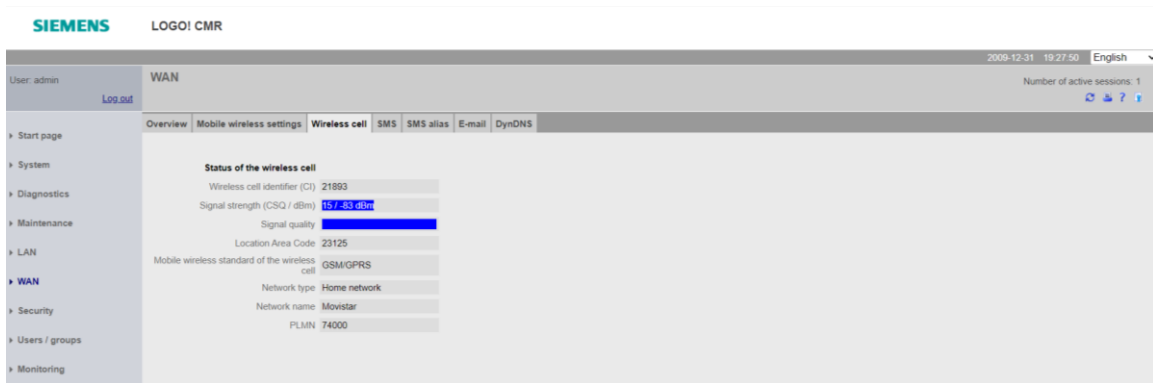


Figura 5-3: Celda inalámbrica en el módulo CMR2020

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

En la Figura 9-1 se observa la página de usuarios y grupos, está diseñada para el ingreso de nuevos números telefónicos para el control remoto del dispositivo, siempre que se anteponga el código del país, en este caso +593 para Ecuador, el módulo tiene un límite máximo de 20 usuarios.

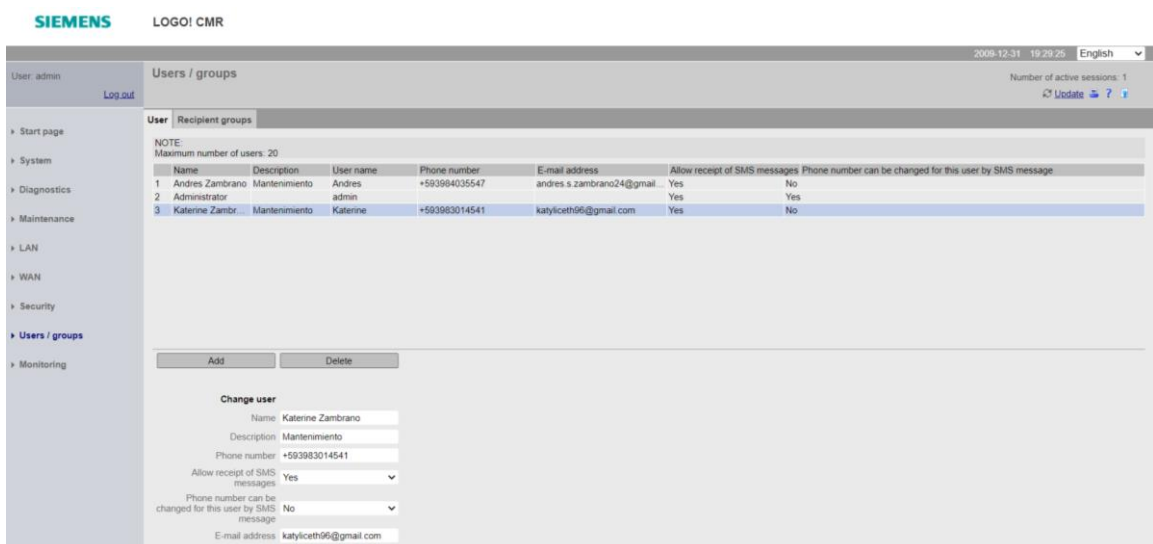


Figura 6-3: Usuarios y grupos en el módulo CMR2020

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

En la Figura 10-1 se observa la pestaña de la ventana de usuario que es la administración de los grupos de destinatarios, para crear grupos se selecciona el botón **Add** y se selecciona los usuarios que pertenecerán a dicho grupo con un limitante de cinco usuarios, la descripción para la recepción de SMS y finalmente seleccionar **Aplicar**.

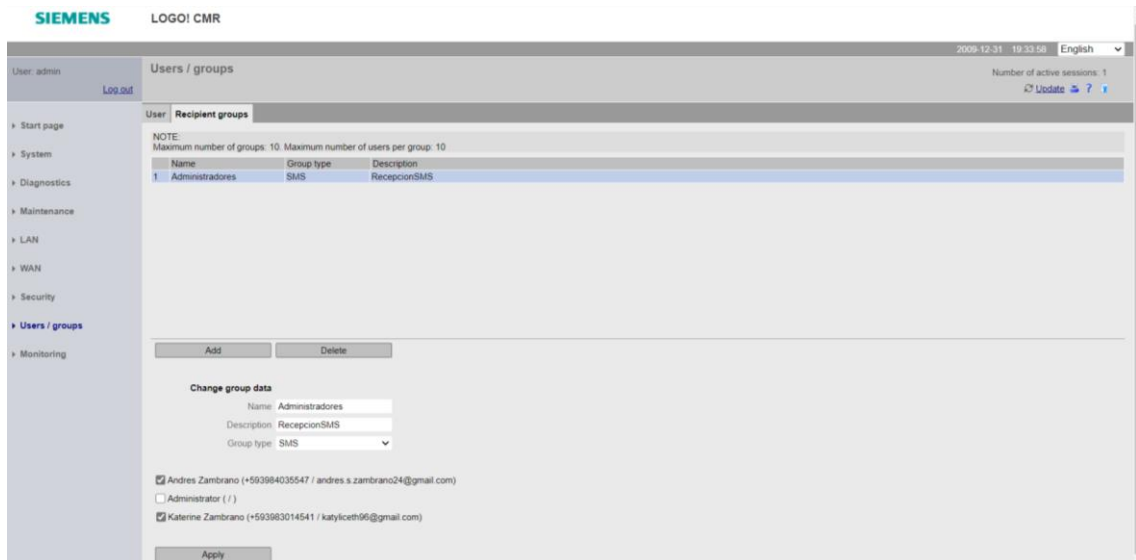


Figura 7-3: Configuración de un grupo en el módulo CMR2020

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

En la Figura 11-1 se muestra la ventana de supervisión y la pestaña de mensajes de texto donde se configuran los mensajes que recibirán los usuarios referente a las entradas del PLC LOGO!

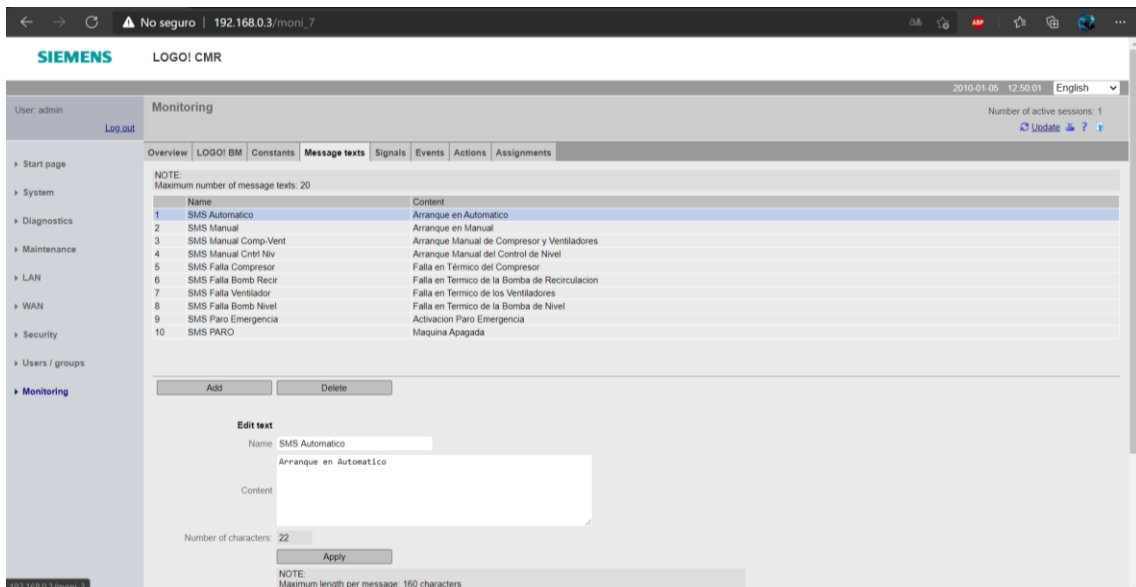


Figura 8-3: Supervisión del mensaje de texto en el módulo CMR2020

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

En la Figura 12-1 se presenta la pestaña de Señales, se muestran las variables que están enlazadas entre el CMR2020 y el PLC LOGO!, para añadir una nueva señal se pulsa en añadir una vez que se configure la señal se selecciona en aplicar.

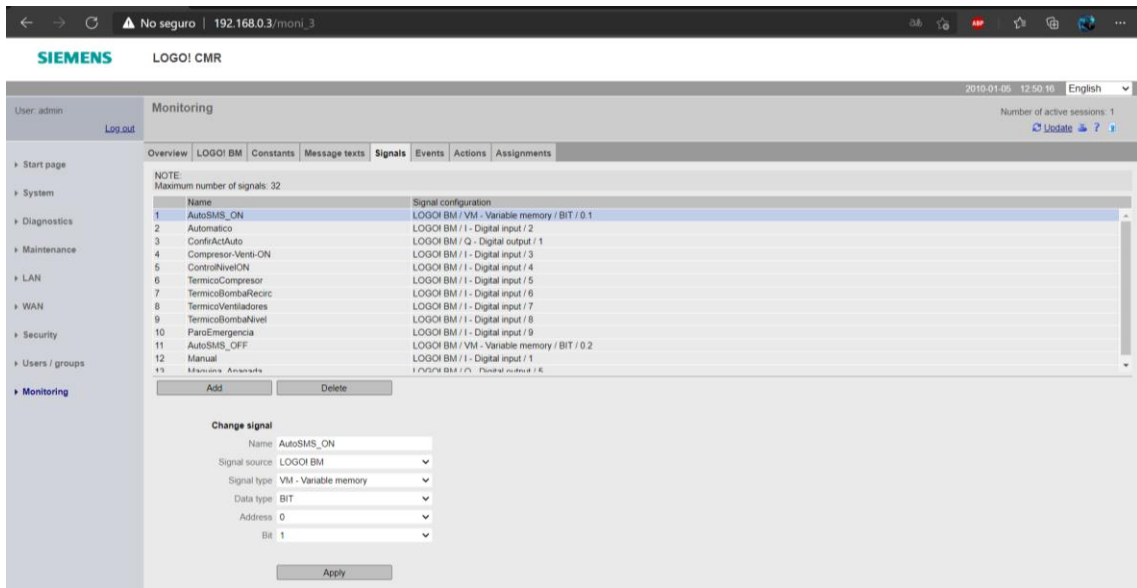


Figura 9-3: Supervisión de las señales en el módulo CMR2020

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Para visualizar y añadir las acciones de control, es decir, cuando una variable cambia de estado se dirige a la pestaña de eventos como se observa en la Figura 13-1.

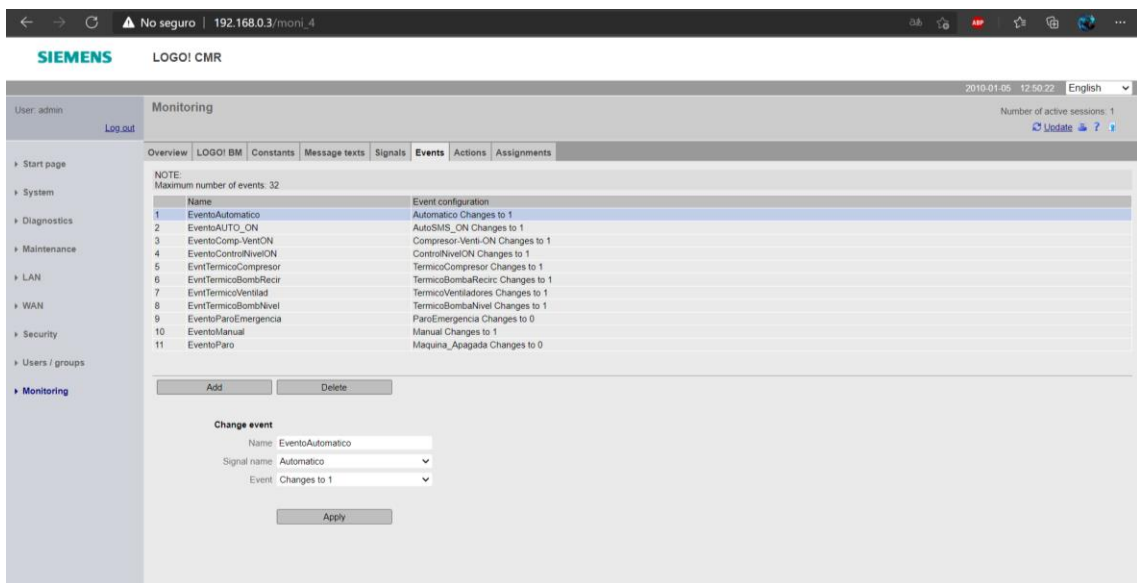


Figura 10-3: Acciones de control en el módulo CMR2020

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

En la Figura 14-1 se muestra la configuración de los mismos establecidos según las condiciones del proceso de control.

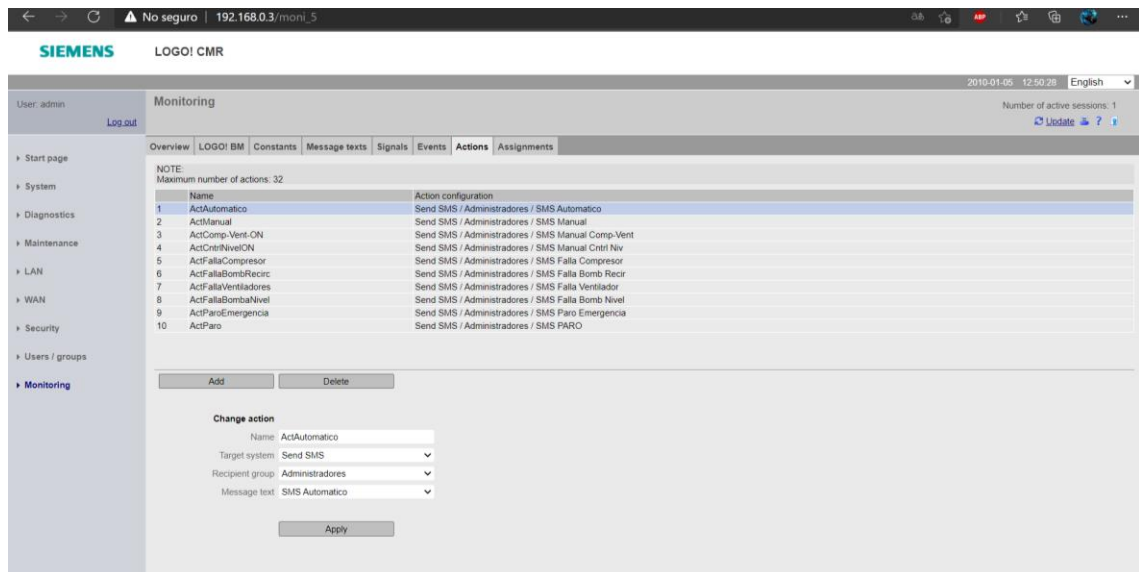


Figura 11-3: Configuración de las acciones en el módulo CMR2020

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

La pestaña de asignaciones está diseñada para enlazar el evento con la acción configurada previamente como se observa en la Figura 15-1.

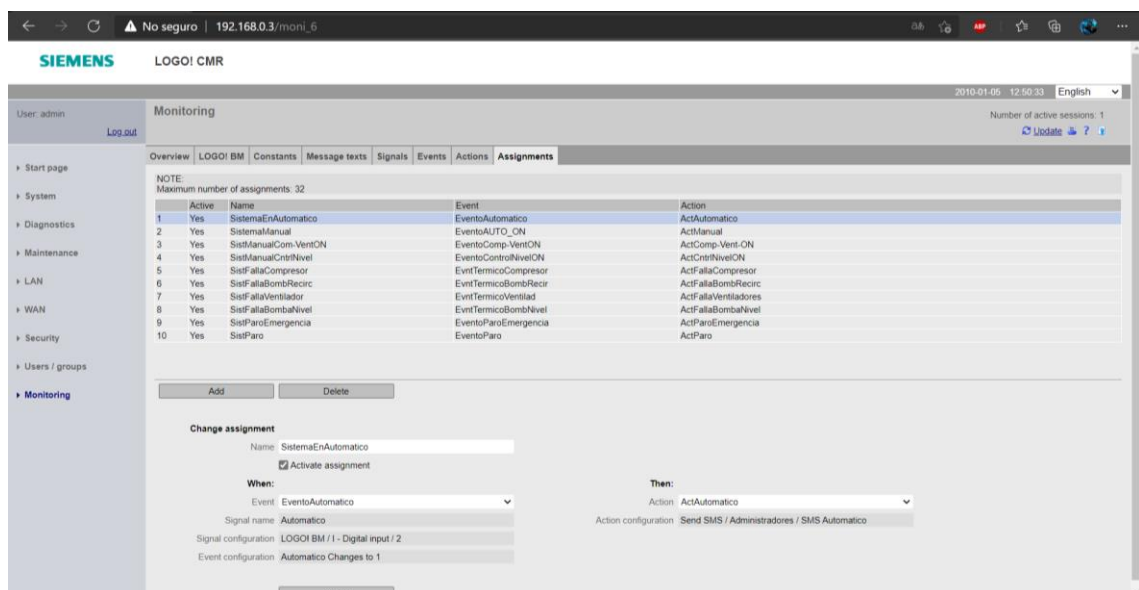


Figura 12-3: Asignación de las acciones en el módulo CMR2020

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Para verificar la configuración del monitoreo remoto de la máquina salmuera de helados, es decir, el envío de mensajes respecto a las acciones y eventos del proceso, se accede a la pestaña de resumen de la pantalla de monitoreo como se observa en la Figura 16-1.

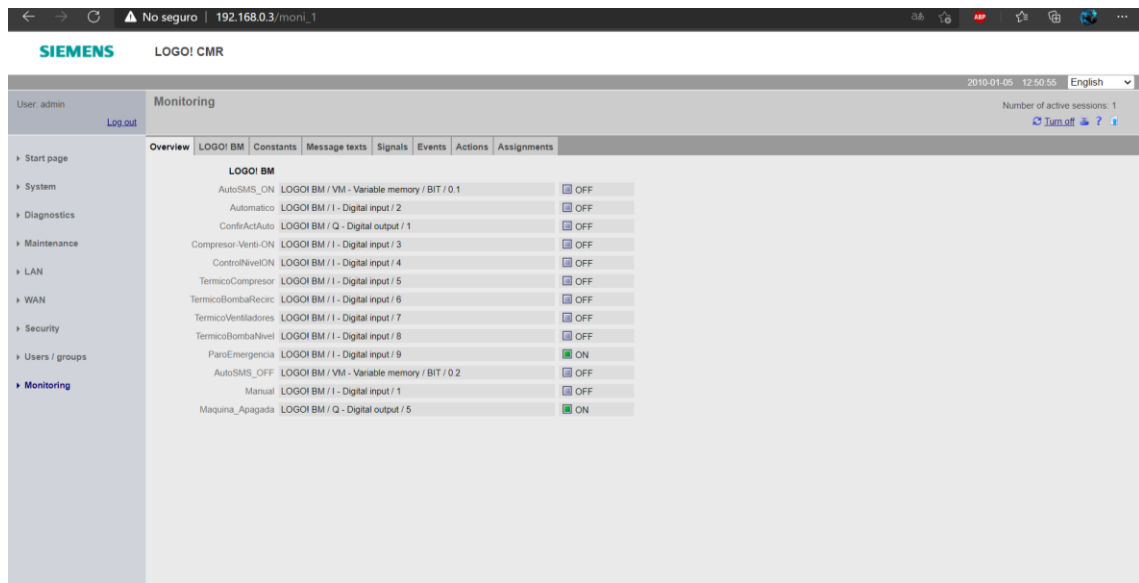


Figura 13-3: Monitoreo del proceso en el módulo CMR2020

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

El módulo LOGO! CMR2020 cuenta con una seguridad para la recepción de mensajes, por ende, para realizar el control de envío de activación y desactivación de la máquina salmuera de helados se colocó la contraseña “SALMUERA”, en la pestaña SMS de la pantalla WAN como se observa en la Figura 17-1.

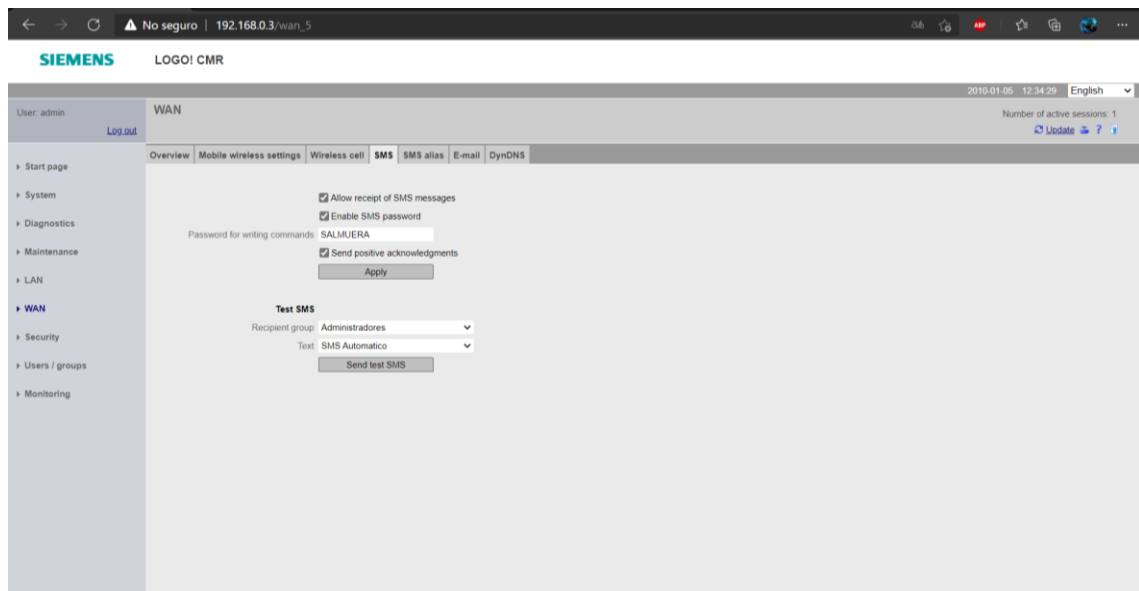
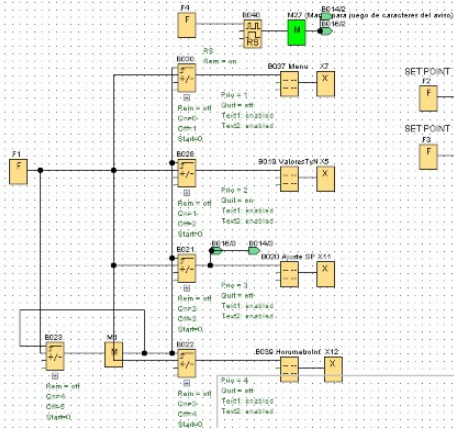


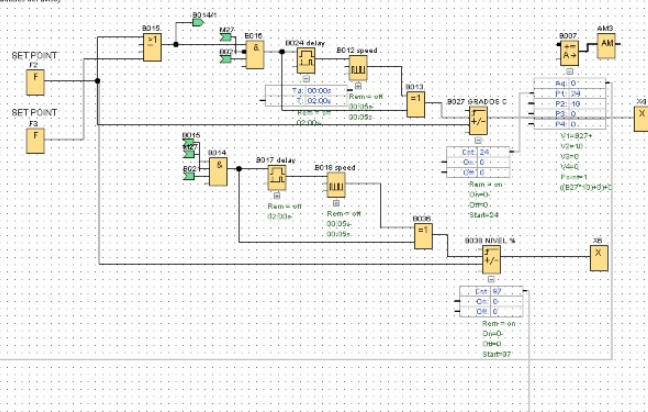
Figura 14-3: Seguridad en el módulo CMR2020

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

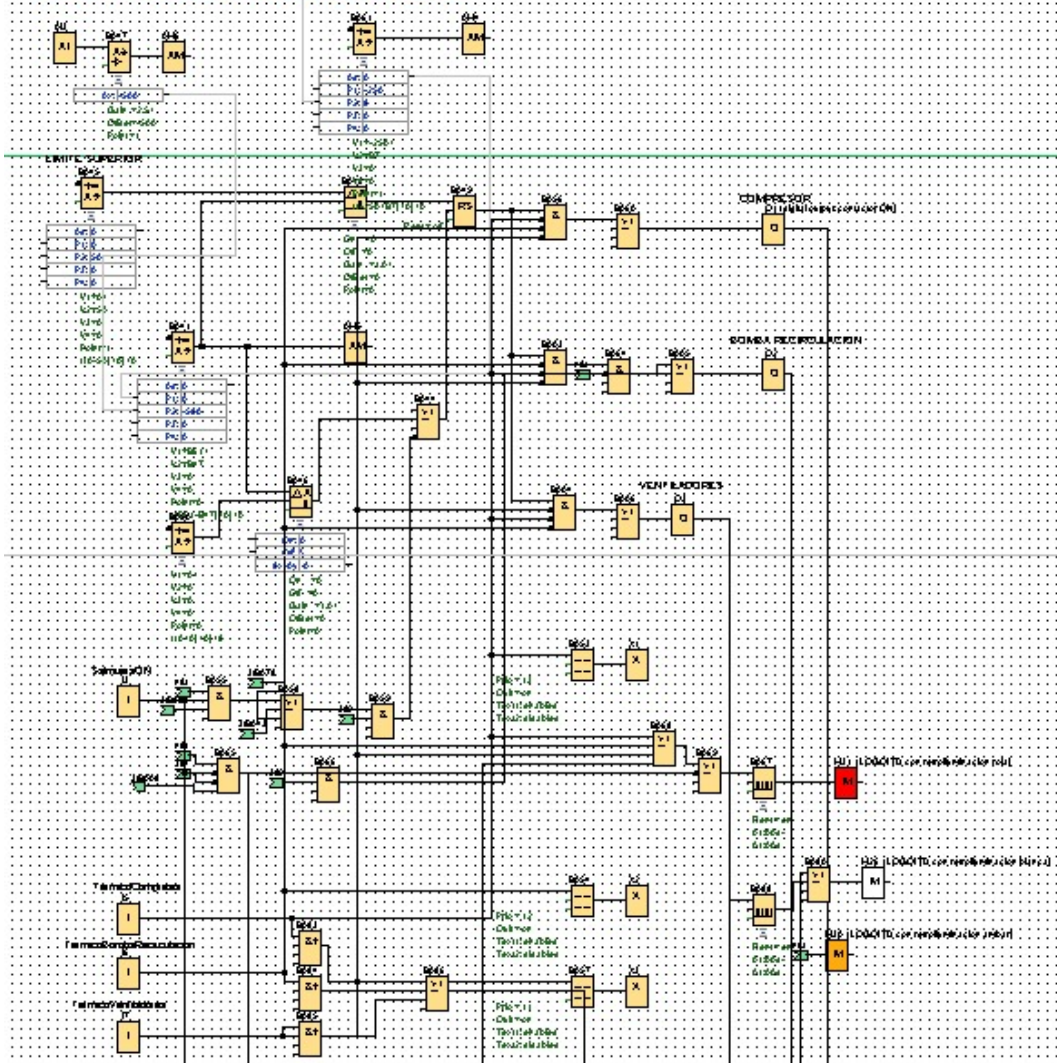
MENU



SET POINT



CONTROL CONGELACION



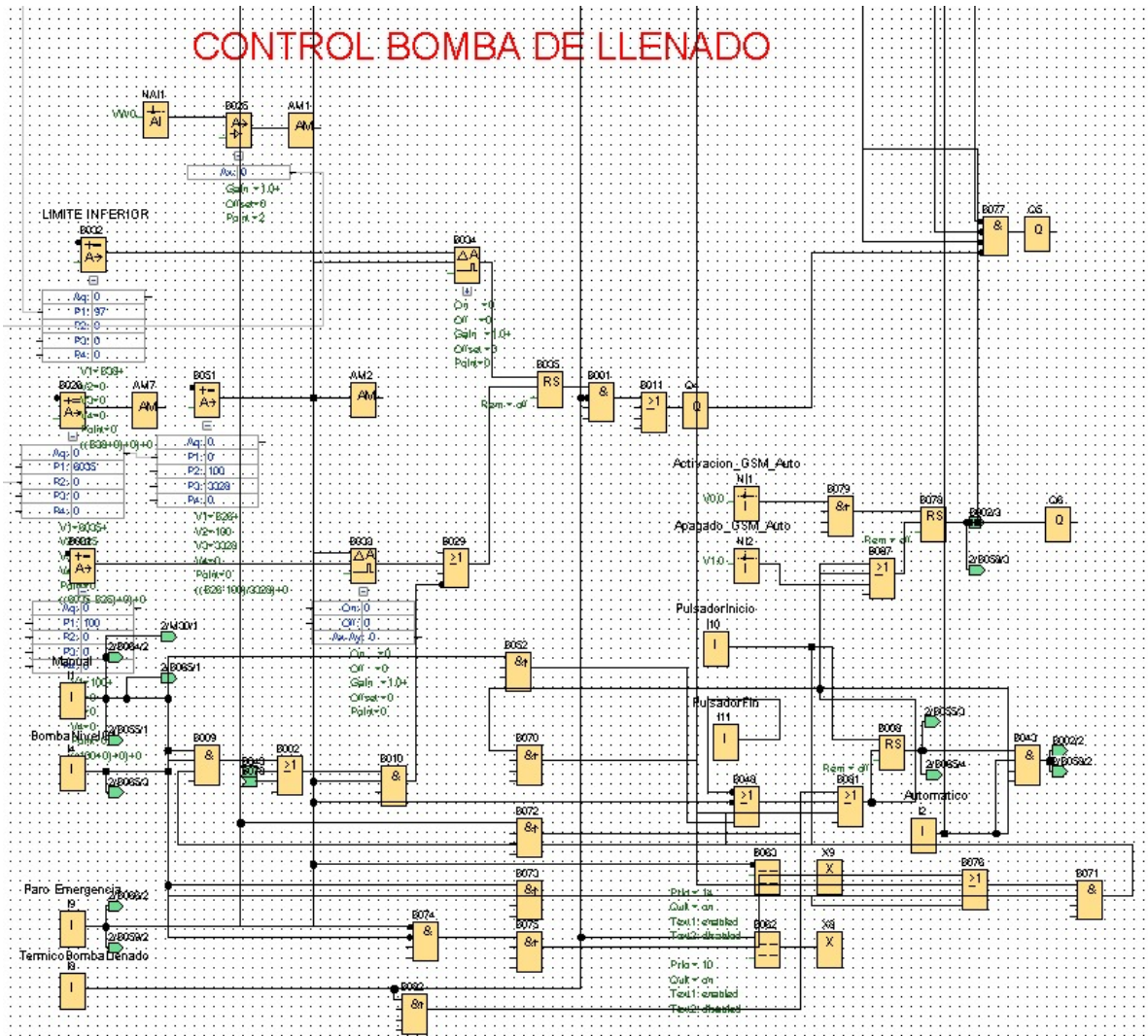


Figura 1-4: Programación en LOGO Soft Comfort V8.2

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

5. DESCRIPCIÓN DE USO DE LA PANTALLA LOGO! TDE

La pantalla LOGO! TDE cuenta con dos pantallas principales y tres pantallas secundarias que se describen a continuación.

En el primer panel se visualiza el nombre de la microempresa “Helados Mi Chiquito” y el nombre de la máquina salmuera de helados como se observa en la Figura 20-1, mediante el botón F1 se dirige a las subpantallas y con el F4 se dirige a la segunda pantalla principal.

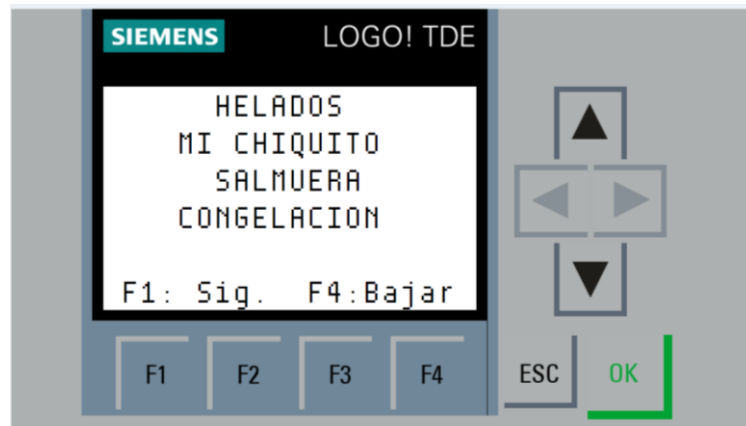


Figura 1-5: Nombre de la empresa y de la máquina

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Con el botón F1 se observa los datos del sistema de congelación con la temperatura en tiempo real del glicol y el *set point* establecido, así como el rango que debe existir como se visualiza en la Figura 21-1.

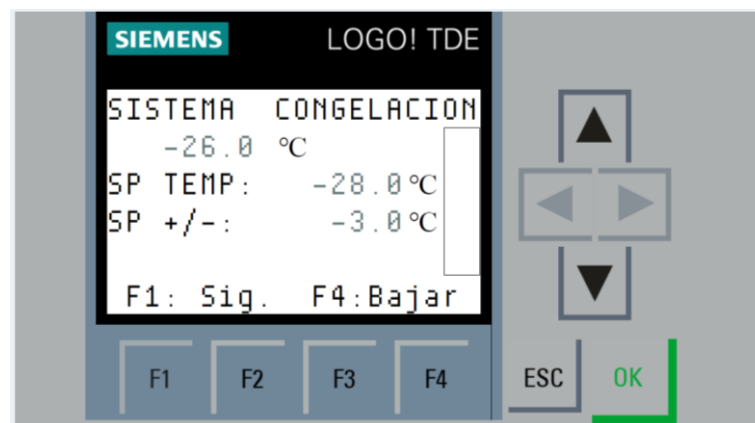


Figura 2-5: Pantalla del sistema de congelación

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Si se encuentra en la pantalla de la Figura 21-1 y se presiona el botón F1 se muestra la siguiente pantalla donde se puede variar el *set point* de la temperatura mínima del glicol en la máquina salmuera de helados y con los botones F2 y F3 se puede bajar o subir este valor, tal como se observa en la Figura 22-1.

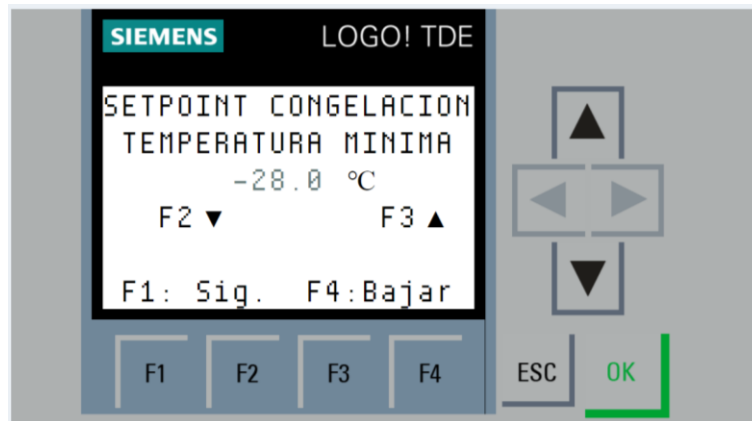


Figura 3-5: Modificación del *set point* del sistema de congelación

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Al pulsar el botón F4 se dirige a la segunda pantalla principal en donde se presenta la información de las personas que realizaron la implementación del prototipo como se observa en la Figura 23-1.

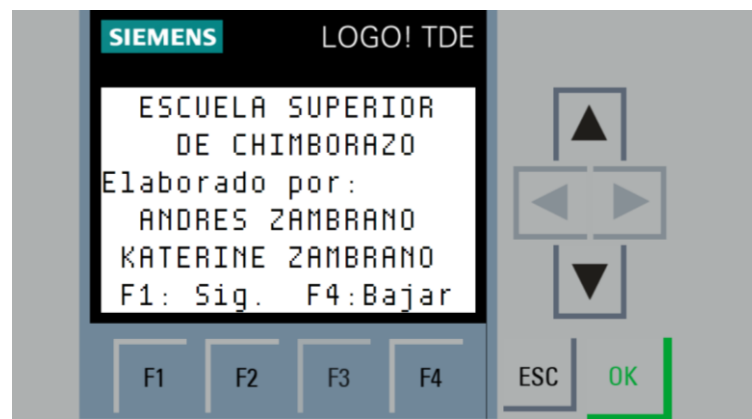


Figura 4-5: Pantalla de presentación

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Si se encuentra en la Figura 24-1 y se presiona el botón F1 se muestra la pantalla de la Figura 21-1, donde se observa el nivel del glicol en la tina de la máquina salmuera de helados y el nivel máximo y el nivel mínimo del glicol en porcentaje.

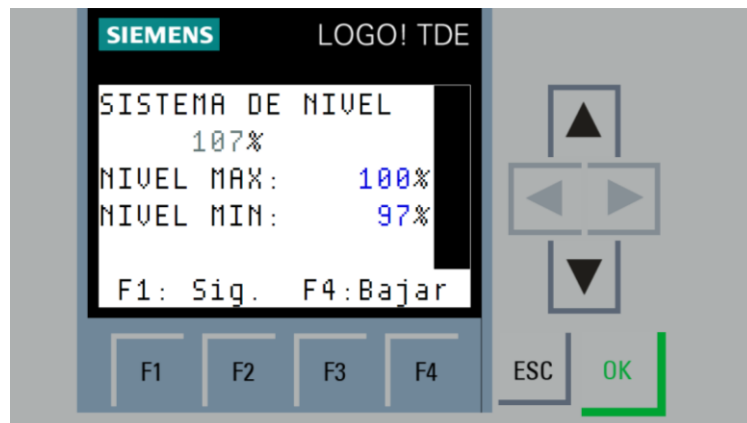


Figura 5-5: Pantalla del sistema de nivel del glicol

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Al presionar el botón F1 se muestra la siguiente pantalla para modificar el nivel mínimo del glicol en la tina de la máquina salmuera de helados, el valor se puede subir o bajar con los botones F2 y F3 respectivamente como se observa en la Figura 25-1.

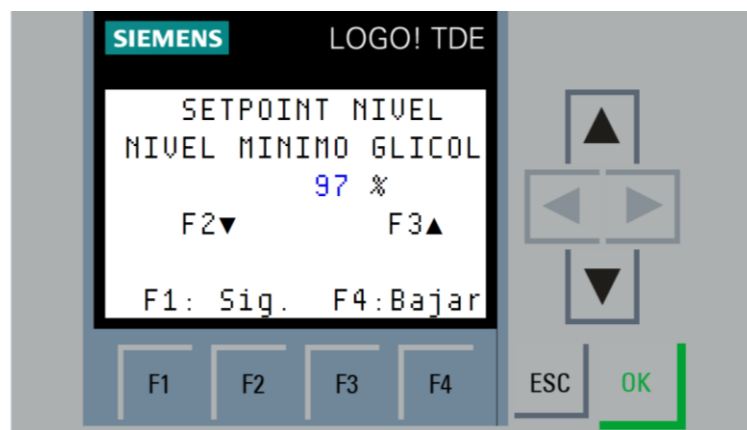


Figura 6-5: Pantalla para modificar el *set point* del sistema de nivel

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

En la pantalla Siemens TDE se puede distinguir los modos de funcionamiento mediante diferentes colores del display, se visualiza de color naranja cuando se encuentra en modo manual; en modo automático en color blanco y en modo remoto de color blanco intermitente como se observa en la Tabla 1-1. Se puede visualizar distinta información navegando en la pantalla como la temperatura y nivel del glicol, además se puede establecer valores mínimos para cada uno.

Tabla 1-5: Color de la pantalla TDE

COLOR DE LA PANTALLA SEGÚN LA FUNCIÓN	
COLOR	FUNCIÓN
Rojo	Alerta paro de emergencia
Naranja	Modo manual
Blanco	Modo Automático
Blanco intermitente	Comunicación remota GSM

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

6. DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA EN LABVIEW

Para la realización de la interfaz gráfica en LabVIEW en este caso por la aplicación de la tecnología OPC se requiere previamente configuración del servidor como se observa en la Figura 26-1.

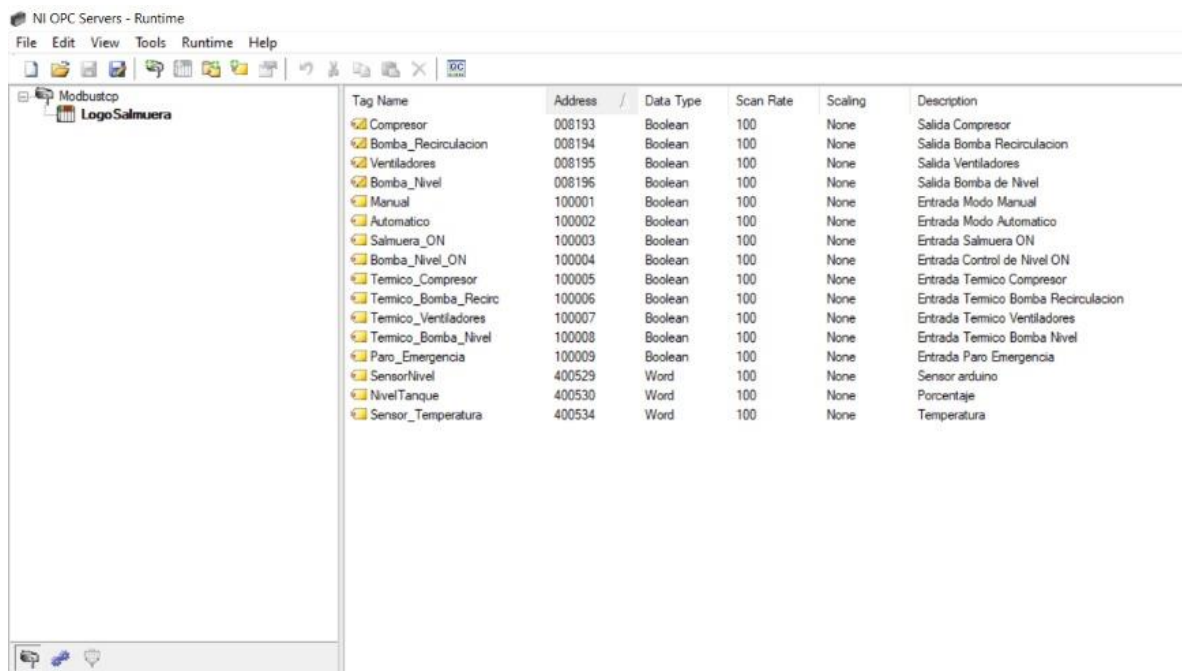


Figura 1-6: Configuración del OPC

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

La interfaz gráfica del prototipo electrónico, que está compuesto por tres pantallas en la primera se describe la portada del trabajo de integración curricular como se observa en la Figura 27-1, también se dispone de botones que permiten acceder a las otras pantallas de la interfaz.

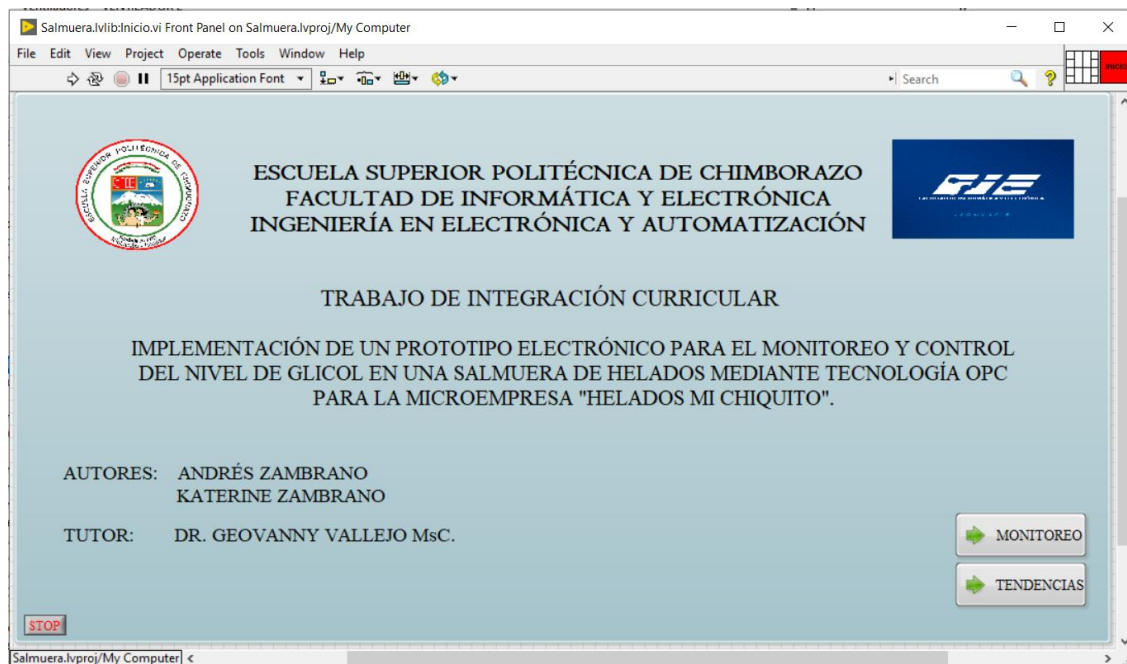


Figura 2-6: Pantalla de presentación en LabVIEW

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Mediante la pantalla de la Figura 28-1 se puede monitorear cada equipo si se encuentra funcionando mediante indicadores los cuales son de color rojo cuando se encuentran apagados y de color verde cuando están encendidos. Además, se observa la temperatura y el nivel del glicol en la máquina salmuera de helados, el primero se visualiza de manera gráfica (tanque) y de manera numérica con un porcentaje, el segundo de manera gráfica por un termómetro y también de manera numérica.

La programación en la interfaz gráfica de LabVIEW del monitoreo y control de nivel se observa en la Figura 29-1, se evidencia la configuración de los indicadores de las variables del proceso.



Figura 3-6: Pantalla de monitoreo y control en LabVIEW

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

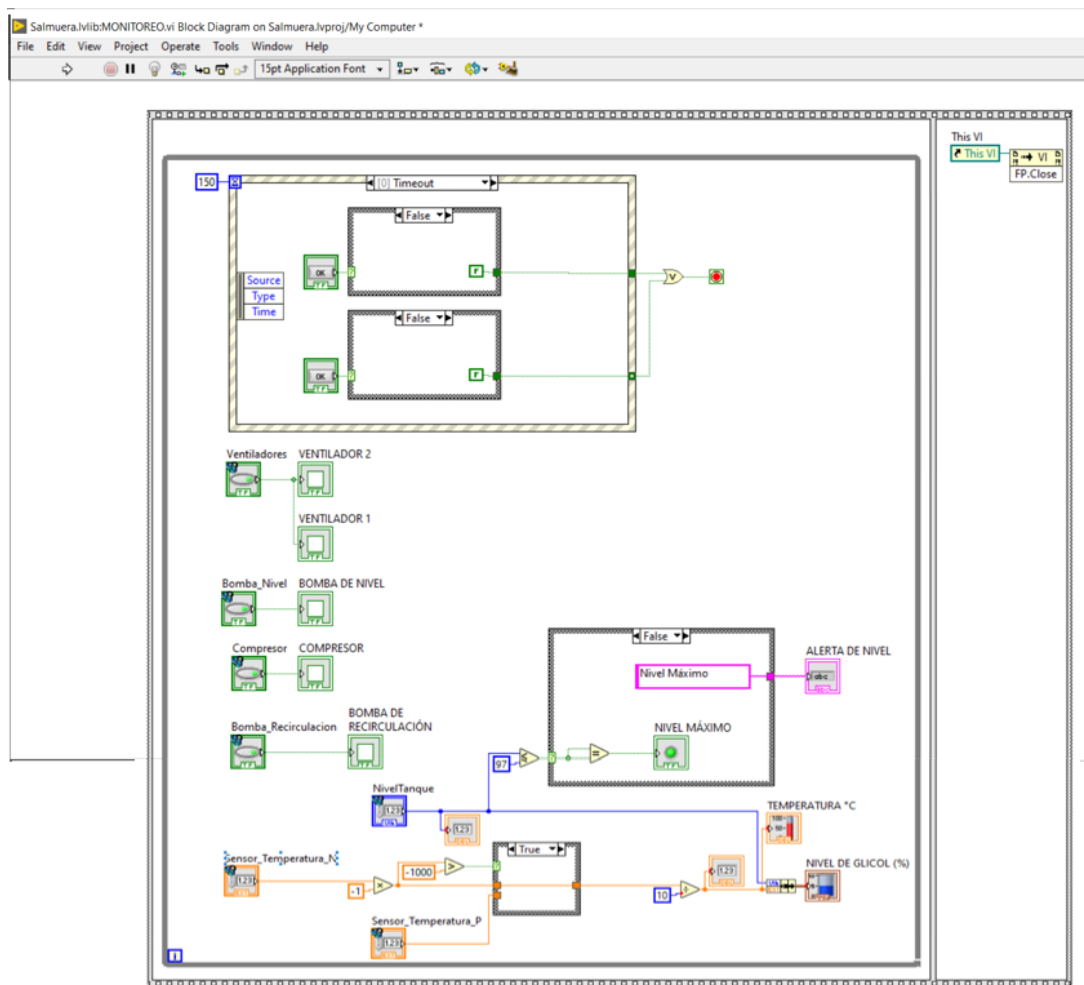


Figura 4-6: Pantalla de monitoreo en LabVIEW

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

En la Figura 30-1 se puede observar gráficas con las tendencias de la temperatura y el nivel del glicol para conocer la variación durante el tiempo de funcionamiento de la máquina salmuera de helados, mientras que en la Figura 31-1 se evidencia la programación de las gráficas de nivel y temperatura de glicol.

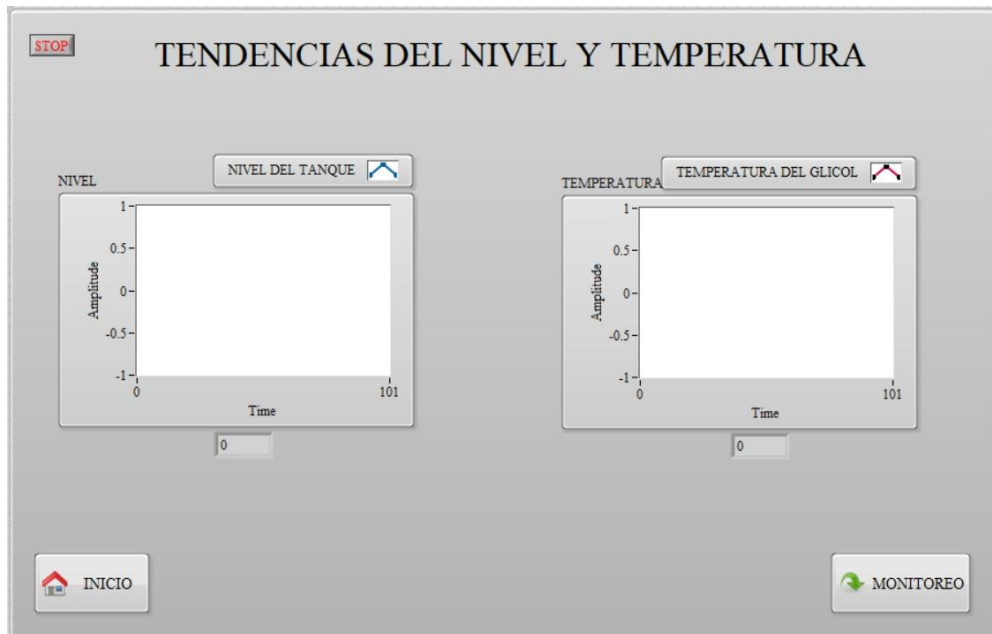


Figura 5-6: Pantalla de tendencias en LabVIEW

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

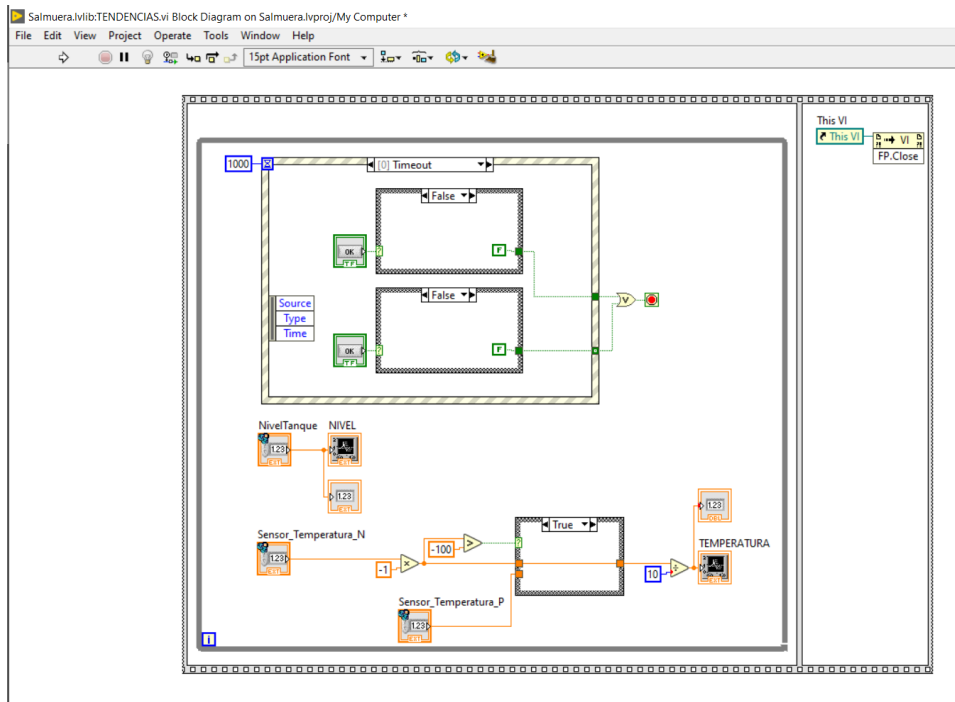


Figura 7-6: Pantalla de tendencias en LabVIEW

Realizado por: Zambrano, A.; Zambrano, K., 2021.

Anexo B: Fuente de alimentación LOGO! 6EP1332-1SH43.

Hoja de datos

6EP1332-1SH43



LOGOPOWER 24 V/2.5 A

LOGOPower 24 V/2.5 A Fuente de alimentación estabilizada entrada AC 100-240 V DC 110-300 V salida: DC 24 V/2.5 A

Entrada	
Entrada	AC monofásica o DC
Tensión nominal U _{in} nom	100 ... 240 V
Rango de tensión AC	85 ... 264 V
tensión de entrada	
• con DC	110 ... 300 V
Entrada de rango amplio	SI
Resistencia a sobretensiones	2.3 x U _{in} nom, 1.3 ms
Respaldo de red	Con U _{in} = 187 V
Respaldo de red con la nom. mín.	40 ms, Con U _{in} = 187 V
Frecuencia nominal de red 1	50 Hz
Frecuencia nominal de red 2	60 Hz
Rango de frecuencia de red	47 ... 63 Hz
intensidad de entrada	
• con valor nominal de la tensión de entrada 120 V	1,22 A
• con valor nominal de la tensión de entrada 230 V	0,66 A
Limitación de la intensidad de conexión (+25 °C), máx.	46 A
I _T máx.	3 A ¹⁾
Fusible de entrada incorporado	Interno
Protección del cable de red (IEC 608)	Interruptor magnetotérmico recomendado: a partir de 10 A, característica B o a partir de 6 A, característica C
Salida	
Salida	Tensión continua estabilizada y aislada galvánicamente
Tensión nominal U _{out} nom DC	24 V
Tolerancia total, estática ±	3 %
Compens. estática variación de red, aprox.	0,1 %
Compens. estática variación de carga, aprox.	1,5 %
Ondulación residual entre picos, máx.	200 mV
Ondulación residual entre picos, tip.	10 mV
Spikes entre picos, máx. (ancho de banda aprox. 20 MHz)	300 mV
Spikes entre picos, tip. (ancho de banda aprox. 20 MHz)	50 mV
Rango de ajuste	22,2 ... 26,4 V
función del producto tensión de salida es ajustable	SI
Ajuste de la tensión de salida	Mediante potenciómetro
Pantalla normal	LED verde para tensión de salida O, K.

6EP13321SH43
Página 1/2

31.12.2020

Sujeto a cambios
© Copyright Siemens

• entrada de red	L, N: 1 bome de tornillo resp. para 0,5 ... 2,5 mm ² monofilar/flexible
• salida	+ ... 2 bomes de tornillo resp. para 0,5 ... 2,5 mm ²
• contactos auxiliares	-
anchura de la caja	72 mm
altura de la caja	80 mm
profundidad de la caja	52,6 mm
distancia que debe respetarse	
• arriba	20 mm
• abajo	20 mm
• izquierda	0 mm
• derecha	0 mm
Peso aprox.	0,25 kg
propiedad del producto de la caja carcasa disponible en hilera	SI
Montaje	Sobre perfil normalizado EN 60715 35x7,5/15 por abroche
MTBF con 40 °C	3 723 563 h
notas adicionales	Siempre que no se diga lo contrario, son aplicables todos los datos para la tensión nominal de entrada y una temperatura ambiente de +25 °C

Comportamiento al conectar/desconectar	Sin rebote transitorio de U _{in} (arranque suave)
Retardo de arranque, máx.	0,5 s
Subida de tensión, tip.	10 ms
Intensidad nominal I _{in} nom	2,5 A
Rango de intensidad	0 ... 2,5 A
• Observación	+55 ... +70 °C; Derating 2%/K
potencia activa entregada típico	60 W
Posibilidad de conex. en paralelo para aumento de potencia	SI
Número de equipos conectables en paralelo para aumentar la potencia, unidades	2
Rendimiento	
Rendimiento con U _{in} nominal, la nominal, aprox.	88 %
Pérdidas con U _{in} nom. la nom. aprox.	8 W
pérdidas [W] en vacío máx.	1,8 W
Regulación	
Compens. dinám. variación de red (U _{in} nom ± 15%), máx.	0,2 %
Compens. dinám. variación de carga (I _{in} 10/60/10%), U _{in} ± tip.	2 %
Tiempo de recuperación escalón de carga 10 a 90%, tip.	1 ms
Tiempo de recuperación escalón de carga 90 a 10%, tip.	1 ms
Protección y vigilancia	
Protección sobretensión en salida	SI, según EN 60950-1
Limitación de intensidad, tip.	3,3 A
propiedad de la salida resistente a cortocircuitos	SI
Prot. contra cortocircuito	Característica de intensidad constante
intensidad de cortocircuito sostenido valor eficaz	
• máx.	4,8 A
Selbsthaltung de sobrecarga/cortocircuito	-
Seguridad	
Aislamiento galvánico primario secundario	SI
asíslamiento galvánico	Tensión de salida MET/S/SELV U _{out} según EN 60950-1 y EN 50178
Clase de protección	Clase II (sin conductor de protección)
Grado de protección (EN 60529)	IP20
Homologaciones	
• Marcado CE	SI
Aprobación UL/ULI, (CSA)	cULus-Listed (UL 408, CSA C22.2 No. 107.1), File E187299 (d/R)-Recognized (UL 6060, CSA C22.2 No. 6060), File E151273, NEC class 2 (según UL 1310)
Protección contra explosiones	ATEX (EX) II 3G Ex nA IIC T3; cCSAus (CSA C22.2 No. 213-M1987, ANSI/ISA-12.12.01-2007) Class I, Div. 2, Group ABCD, T4
certificado de aptitud NEC Class 2	SI
Homologación FM	Class I, Div. 2, Group ABCD, T4
Homologación CB	SI
Homologación para la construcción naval	ABS, BV, DNV, GL, LRS
EMC	
Emisión de interferencias	EN 55022 clase B
Limitación de armónicos en red	No aplicable
Inmunidad a interferencias	EN 61000-6-2
Temperatura ambiente	
• durante el funcionamiento	-20 ... +70 °C
• Observación	Con conexión natural
• durante el transporte	-40 ... +85 °C
• durante el almacenamiento	-40 ... +85 °C
Clase de humedad según EN 60721	Clase climática 3K3, 5 ... 95% sin condensación
Conexiones	
Sistema de conexión	conexión por tornillo
Conexiones	

6EP13321SH43
Página 2/3

31.12.2020

Sujeto a cambios
© Copyright Siemens

Anexo C: Siemens LOGO! 12/24 RCE – 6ED1052-1MD08-0BA0.

Esto es LOGO!

LOGO! es el módulo lógico universal de Siemens que incorpora:

- Controles
- Panel de mando y display retroiluminado
- Fuente de alimentación
- Interfaz para módulos de ampliación
- Interfaz para una tarjeta micro SD
- Interfaz para un visualizador de textos (TDE) opcional
- Funciones estándar preconfiguradas, p. ej. retardo a la conexión, retardo a la desconexión, relé de impulsos e interruptor software
- Temporizadores
- Marcas digitales y analógicas
- Entradas y salidas en función del tipo de dispositivo

LOGO! 8 incluye además los componentes siguientes:

- Interfaces para la comunicación Ethernet
- Borne FE (tierra funcional) para conectar la toma de tierra
- Un LED para señalar el estado de la comunicación Ethernet

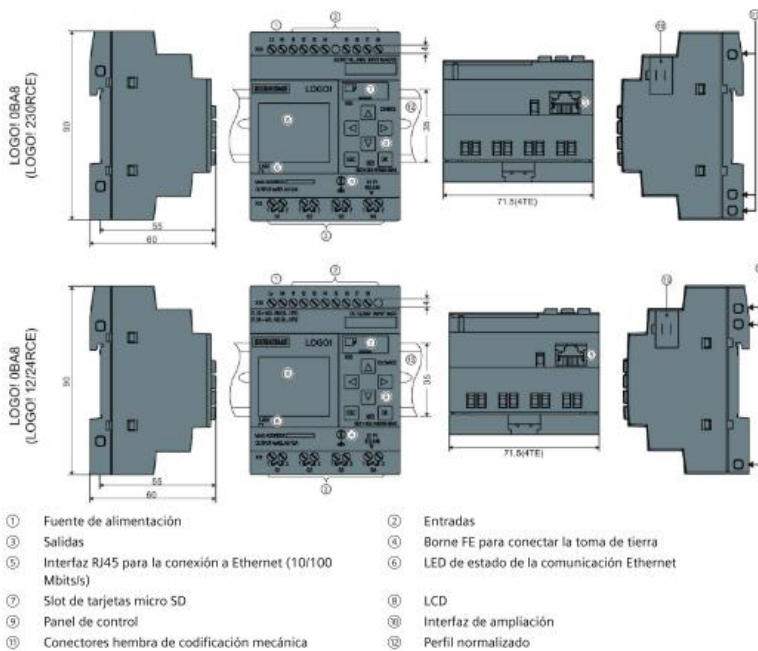
LOGO! puede hacerlo

LOGO! ofrece soluciones para aplicaciones domésticas y de la ingeniería de instalación como, por ejemplo, alumbrado de escaleras, iluminación exterior, toldos, persianas, alumbrado de escaparates, etc. También puede ofrecer soluciones para ingeniería de armarios de distribución, así como para ingeniería mecánica y construcción de máquinas y aparatos como, por ejemplo, sistemas de control de puertas, sistemas de climatización, bombas para agua pluvial, etc.

LOGO! también se utiliza para implementar sistemas de control especiales en invernaderos o invernáculos, para el procesamiento de señales de control y, mediante la conexión de un módulo de comunicaciones (p. ej. AS-i), para el control distribuido local de máquinas y procesos.

Para aplicaciones de producción en serie de máquinas pequeñas, aparatos y armarios eléctricos, así como en la técnica de instalación, existen versiones especiales sin panel de mando ni display.

La estructura de LOGO!



Anexo D: Módulo CMR2020 LOGO!

1

Aplicación y funciones

1.1 Aplicación y funciones de comunicación

Funciones de comunicación

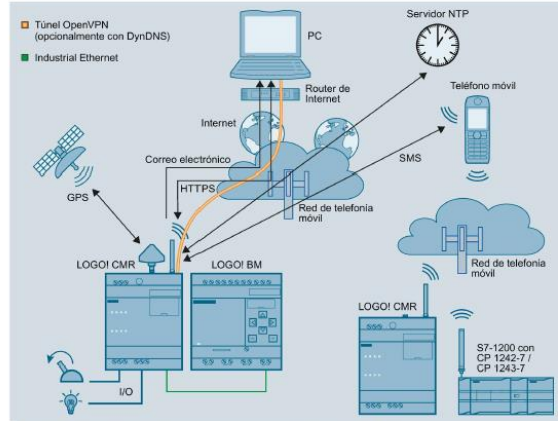


Figura 1-1 Descripción general de las funciones de comunicación del LOGO! CMR

Comunicación y acceso a datos de proceso

Acceso a datos de proceso

Desde el CMR es posible acceder a los datos de proceso en una configuración con BM: memoria imagen de proceso, entradas/salidas, marcas, etc.

1.4.2 Comunicación de telefonía móvil por SMS y correo electrónico con LOGO! BM

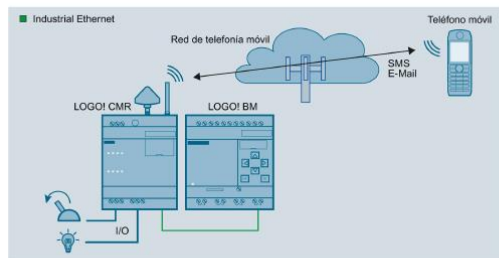


Figura 1-3 Comunicación de telefonía móvil con LOGO! BM

Si el CMR está conectado al BM y la antena de telefonía móvil está conectada, se dispone de las todas las funciones que ofrece el funcionamiento sin el BM conectado. Además, el acceso al LOGO! BM se ve ampliado:

- Envío de un SMS o un correo electrónico debido a un evento en el BM conectado
- Recepción de un SMS:
 - Disparo de una acción en el BM conectado
 - Solicitud de un SMS con información de estado del CMR

La configuración mediante el WBM también incluye el acceso a componentes del BM.

Requisitos

- El montaje, la conexión y la puesta en marcha están realizados.
- La antena para la recepción de telefonía móvil está conectada.

Tarjeta SIM

Se requiere una tarjeta SIM del operador de telefonía móvil.

Recomendaciones

Tenga en cuenta las siguientes recomendaciones para el contrato de telefonía móvil y la tarjeta SIM:

- En la medida de lo posible, contrate un servicio de telefonía móvil con un operador que le ofrezca todas las funciones que necesita.
 - Para utilizar DynDNS, por ejemplo, se necesita una dirección IP pública.
 - Para enviar SMS, la tarjeta SIM debe estar habilitada para dicha función y disponer de un número de teléfono.
- En la medida de lo posible, no utilice tarjetas multisIM. Pueden provocar errores en la sincronización horaria.
- Siempre que sea posible, cierre un contrato de telefonía móvil fijo y no utilice tarjetas de prepago.
 - Es recomendable contratar una tarifa plana para SMS y datos.
 - No obstante, si desea utilizar una tarjeta de prepago, debe tener en cuenta lo siguiente:
 - Una vez haya consumido el saldo, el CMR dejará de enviar advertencias automáticas.
 - Puede consultar el saldo actual al operador.

20

LOGO! CMR2020, LOGO! CMR2040
Instrucciones de servicio, 08/2019, C75000-G8978-C356-06

Aplicación y funciones 1.3 Requisitos de aplicación

- Para un tráfico de datos más rápido con el CMR2040 se recomienda disponer de un contrato (con la tarjeta SIM correspondiente) que soporte el estándar de telefonía móvil LTE.
 - De todas formas, el CMR2040 soporta también UMTS.
 - En la medida de lo posible, utilice una tarjeta SIM estándar sin adaptador.
 - Por lo general, el operador asigna un PIN (Personal Identification Number) a la tarjeta SIM.
 - Las tarjetas SIM que solo se utilizan para servicios de datos (véase más arriba), pueden utilizarse casi siempre sin PIN. En la configuración del CMR no hay que asignar ningún PIN.
 - Debe disponerse de los siguientes datos de acceso a la red de telefonía móvil:
 - Access Point Name (APN)
 - En función del operador del servicio, también nombre y contraseña para el APN
 - El método de autenticación
- Encontrará más información en el capítulo Mobile wireless settings (Página 94).

Procedimiento

Para configurar el acceso a través de la red de telefonía móvil y establecer una conexión con el BM, proceda del siguiente modo:

1. En primer lugar, establezca una conexión de configuración entre el CMR y un PC conectado. Use para ello un cable Patch Ethernet, véase Establecer la conexión con el CMR (Página 68).
2. Configure la conexión de telefonía móvil, véase Mobile wireless settings (Página 94).
3. Configure el dispositivo mediante el WBM.
4. Una vez finalizada la configuración, desconecte el CMR del PC.

Nota

Uso de un switch

Si se utiliza un switch, p. ej. LOGO! CSM, no es necesario deshacer las conexiones. El BM, el CMR y el PC pueden funcionar simultáneamente.

5. Si no se utiliza ningún switch, el CMR debe conectarse con el BM.

Anexo E: Modulo de expansión 6ED1055-1MB00-0BA2.

SIEMENS

hoja de datos del producto

6ED1055-1MB00-0BA2



LOGO! DM8 12/24R MOD. DE AMPL.,
AL/E/S: 12, 24V/12V/24V/RELE,
2 MODULOS, 4 ED/ 4 SD PARA LOGO! 8

Diseño/montaje	
Montaje	sobre perfil normalizado de 35 mm, 2 módulos de ancho
Tensión de alimentación	
12 V DC	SI
24 V DC	SI
Rango admisible, límite inferior (DC)	10,8 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	4
Tensión de entrada	
Tipo de tensión de entrada	DC
para señal "0"	< 5 V DC
Intensidad de entrada	
para señal "0", máx. (intensidad de reposo admisible)	0,88 mA
para señal "1", tip.	4,2 mA
Retardo de entrada (a tensión nominal de entrada)	
para entradas estándar	
en transición "0" a "1", máx.	1,5 ms
en transición "1" a "0", máx.	1,5 ms
Salidas digitales	
Número de salidas	4; Relé
Protección contra cortocircuito	No
Ataque de una entrada digital	SI
Poder de corte de las salidas	
Carga tipo lámpara, máx.	1000 W
Intensidad de salida	
para señal "1" valor nominal	5 A
Conexión en paralelo de 2 salidas	
para aumentar la potencia	No
Frecuencia de conmutación	
Con carga resistiva, máx.	2 Hz
con carga inductiva, máx.	0,5 Hz
mecánico, máx.	10 Hz
Salidas de relé	
Poder de corte de los contactos	
con carga inductiva, máx.	3 A
Con carga resistiva, máx.	5 A
CEM	
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
Emisión de perturbaciones radioeléctricas según EN 55 011 (clase E)	SI
Grado de protección y clase de protección	
IP20	SI
Normas, homologaciones, certificados	
Homologación CSA	SI
Homologación UL	SI
Homologación FM	SI
desarrollado conforme a IEC 61131	SI
Homologaciones navales	
Homologaciones navales	SI
Condiciones ambientales	
Temperatura de empleo	
min.	0 °C
máx.	55 °C

Anexo F: Módulo de temperatura AM2 RTD LOGO!

SIEMENS

Product data sheet

6ED1055-1MD00-0BA2



LOGO! AM2 RTD EXPAN. MODULE.
PU: DC 12/24V, 2AI,
-50 ... +200 DEGR/C PT100/1000 FOR LOGO! 8

Installation type/mounting	
Mounting	on 35 mm DIN rail, 2 spacing units wide
Supply voltage	
12 V DC	Yes ; 10.8V DC to 28.8V DC
24 V DC	Yes ; 10.8V DC to 28.8V DC
Analog inputs	
Number of analog Inputs	2 ; 2 or 3 wire connection
Input ranges	
Voltage	No
Current	No
Resistance thermometer	Yes ; For PT 100/PT1000 sensors
Input ranges (rated values), voltages	
0 to +10 V	No
Input ranges (rated values), currents	
0 to 20 mA	No
Input ranges (rated values), resistance thermometers	
Pt 100	Yes
EMC	

Emission of radio interference acc. to EN 55 011	
Emission of radio interference acc. to EN 55 011 (limit class B)	Yes
Degree and class of protection	
IP20	Yes
Standards, approvals, certificates	
CSA approval	Yes
UL approval	Yes
FM approval	Yes
developed in accordance with IEC 61131	Yes
Marine approval	
Marine approval	Yes
Ambient conditions	
Operating temperature	
min.	0 °C
max.	55 °C
Dimensions	
Width	35.5 mm
Height	90 mm
Depth	58 mm

Anexo G: Pantalla LOGO! Siemens TDE.

SIEMENS

Hoja de datos

6ED1055-4MH08-0BA0

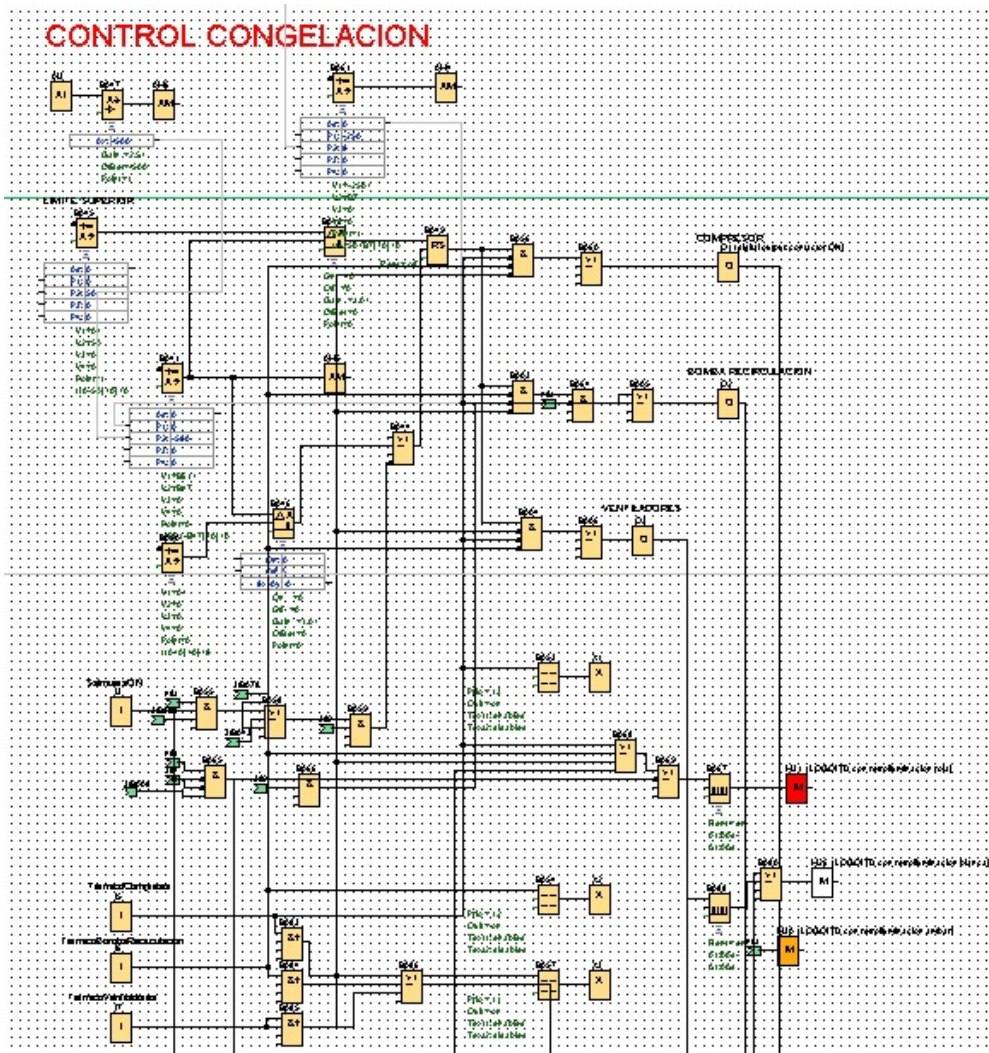
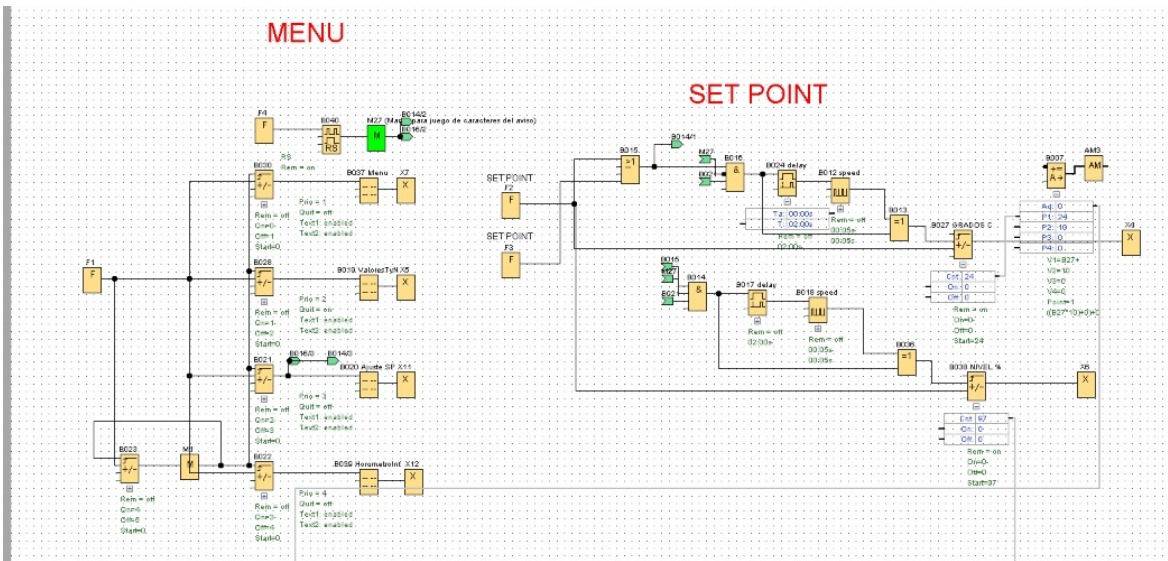
LOGO! TD Display texto, 6



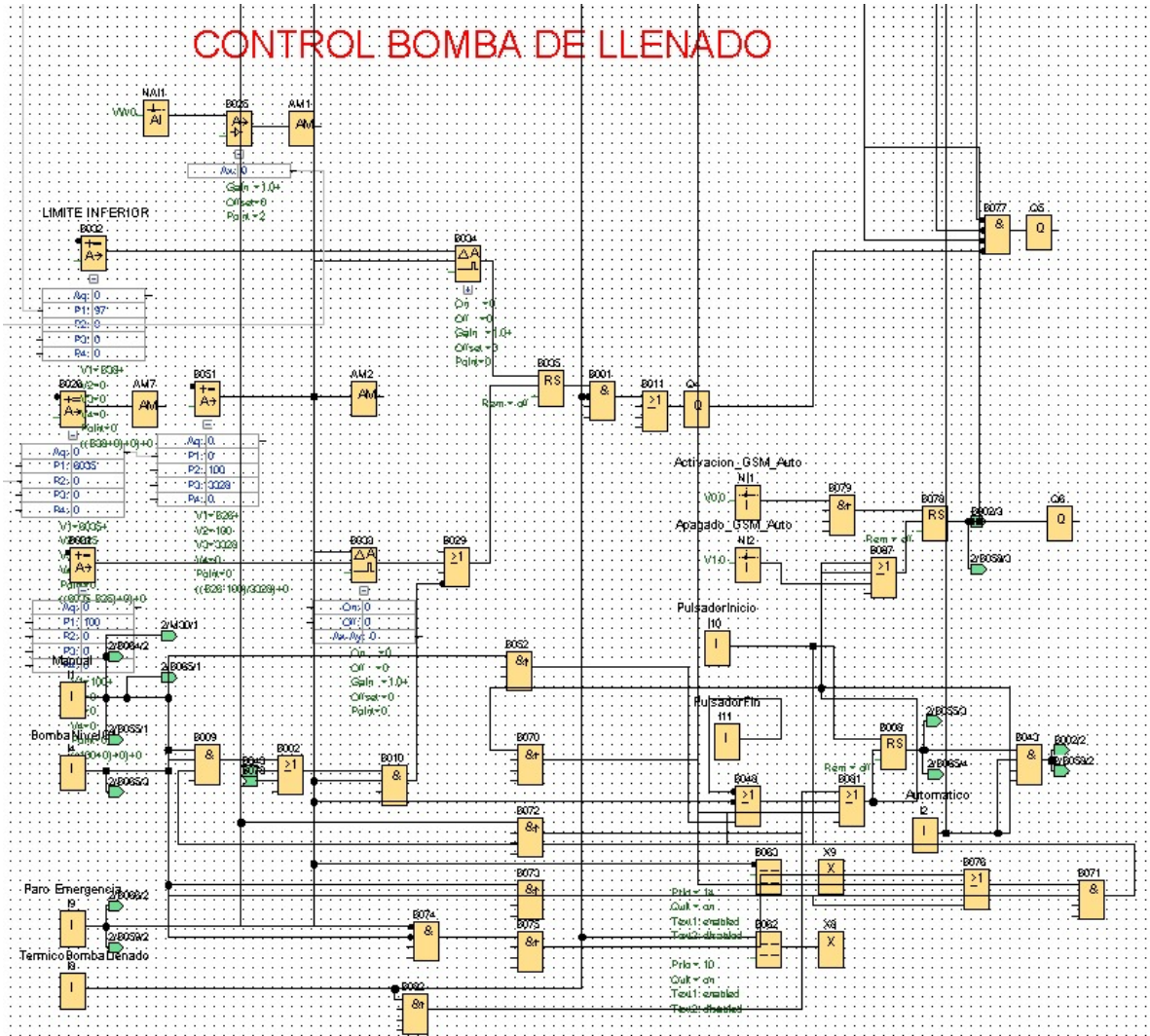
Figura similar

Información general	
Designación del tipo de producto	LOGO! TDE
Aptitud para el uso	Aplicable a partir de LOGO! 8
Display	
Tipo de display	FSTN
Visualización por líneas	
• Número de líneas	6
• N° de caracteres por línea	20
Retroluminación	
• Tipo de retroluminación	LED
Elementos de mando	
Fuentes de teclado	
• Teclas del sistema	Sí
— Número de teclas de sistema configurables	0
• Teclado alfanumérico	No
Diseño/montaje	
Montaje en pared/directo	No
Tensión de alimentación	
Tipo de tensión de la alimentación	AC/DC
Valor nominal (DC)	12 V; 12/24 V DC, 24 V AC
Pérdidas	
Pérdidas, tip.	1,8 W; Con 24 V DC
Alarmas/diagnósticos/información de estado	
Funciones de diagnóstico	No
Grado de protección y clase de protección	
IP (frontal)	IP65
Normas, homologaciones, certificados	
Marcado CE	Sí
Homologación UL	Sí
Homologación FM	Sí
Homologación KC	Sí
Homologaciones navales	
• American Bureau of Shipping (ABS)	Sí
Condiciones ambientales	
Temperatura ambiente en servicio	
• mín.	-20 °C; Sin condensación
• máx.	55 °C
Temperatura ambiente en almacenaje/transporte	
• mín.	-40 °C
• máx.	70 °C
Altitud en servicio referida al nivel del mar	
• Temperatura ambiente-presión atmosférica-altitud de instalación	Tmín ... Tmáx a 1 080 hPa ... 795 hPa (-1 000 m ... +2 000 m)
Configuración	
Software de configuración	
• Herramienta de configuración	LOGO! Soft Comfort V8
Accesorios	
Forma parte del producto	LOGO!
Elementos mecánicos/material	
Tipo de caja	plástico
Dimensiones	
Ancho	128,2 mm
Alto	86 mm
Profundidad	38,7 mm

Anexo H: Programación en LOGO Soft Comfort v8.2.



CONTROL BOMBA DE LLENADO



ANEXO I: Síntesis de los comandos SMS y posibles respuestas

¿Qué información se desea obtener?	Ejemplo
Leer datos de diagnóstico del CMR	DIAG?
Leer la posición GPS del CMR	GPSPOSITION?
Leer la imagen de proceso (PI)	MONITOR?
Leer el estado del BM	STATUS?
Leer el valor actual	LOGO?VM125,WORD

¿Qué deseo modificar?	Ejemplo
Ajustar el estado del BM	Contraseña;STATUS=RUN
Escribir el valor actual	Contraseña;LOGO=VM125,1,WORD
Ajustar la salida digital del CMR	Contraseña;OUTPUT=O1,1
Modificar el número de teléfono de un usuario	Contraseña;CHANGEUSER="Joe","01721234567"
Configurar la dirección de un servidor NTP	Contraseña;NTPSERVER="217.13.75.19"
Consultar un código de servicio al operador de telefonía móvil	Contraseña;SERVICECODE="*100#"

ANEXO J: Fotografías

Máquina salmuera de helados sin la implementación del prototipo y desarrollo del tablero eléctrico.

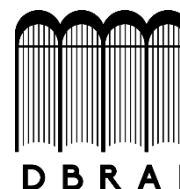


Explicación del funcionamiento del prototipo electrónico al personal de la planta de producción.





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA
INVESTIGACIÓN**



**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

Fecha de entrega: 30/08/2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)

Nombres – Apellidos: ZAMBRANO CASTILLO KATERINE LICETH
ZAMBRANO PULLUTAXI ANDRÉS SEBASTIÁN

INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

Carrera: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

Título a optar: INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. CPA. Jhonatan Rodrigo Parreño Uquillas. MBA.



30-08-2021
1643-DBRA-UTP-2021