



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN DE LECHE EN
LA FÁBRICA DE HELADOS IGLÚ DEL CANTÓN PUJILÍ PROVINCIA DE
COTOPAXI**

Propuesta Tecnológica presentado previo a la obtención del Título de Ingeniera en
Electromecánica

Autores:

Caisabanda Toapanta Marco Alexander

Choloquina Ninazunta Edwin Oswaldo

Tutor:

Freire Andrade Verónica Paulina Ing. Ms.C.

LATACUNGA- ECUADOR

2022



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Caisabanda Toapanta Marco Alexander** portador del número de cédula **180497076-0**, **Choloquina Ninazunta Edwin Oswaldo** portador del número de cédula **050431906-2** declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: “**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN DE LECHE EN LA FÁBRICA DE HELADOS IGLÚ DEL CANTÓN PUJILÍ PROVINCIA DE COTOPAXI**”, siendo Paulina Verónica Freire Andrade Ing. Ms.C., tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de exclusiva responsabilidad.

.....
Caisabanda Toapanta Marco Alexander
C.I.180497076-0

.....
Choloquina Ninazunta Edwin Oswaldo
C.I. 050431906-2



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

“AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN DE LECHE EN LA FÁBRICA DE HELADOS IGLÚ DEL CANTÓN PUJILÍ PROVINCIA DE COTOPAXI” de los ponentes: Caisabanda Toapanta Marco Alexander y Choloquina Ninazunta Edwin Oswaldo, Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes Científico-Técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto del 2022

Tutor

Verónica Paulina Freire Andrade Ing. Ms.C.

CI: 050205622-9



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el o los postulantes: Caisabanda Toapanta Marco Alexander y Choloquina Ninazunta Edwin Oswaldo , con el título de proyecto de titulación: **“AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN DE LECHE EN LA FÁBRICA DE HELADOS IGLÚ DEL CANTÓN PUJILÍ PROVINCIA DE COTOPAXI”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometidos al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto del 2022

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Ing. MSc. Gallardo Molina Cristian Fabián

CI: 050284769-2

Lector 2

Ing. Mg.C. Moreano Martínez Edwin Homero

CI: 050260750-0

Lector 3

Ing. MSc. Pacheco Mena Carlos Francisco

CI: 050307290-2



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA FABRICA DE HELADOS “IGLÚ”

Pujilí, 16 de agosto de 2022

Quien suscribe, Ing. Henry Almache en calidad de gerente de la fábrica de helados Iglú **CERTIFICO** que los Sres. Caisabanba Toapanta Marco Alexander y Choloquina Ninazunta Edwin Oswaldo, realizaron la implementación de la propuesta tecnológica titulado: “AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN DE LECHE EN LA FABRICA DE HELADOS IGLÚ DEL CANTÓN PUJILÍ PROVINCIA DE COTOPAXI.” En la ejecución de dicho proyecto los Sres. Estudiantes demostraron habilidades y conocimientos en su especialidad, con metas y cumplimientos al momento de realizar dicho proyecto que ayudara a su desarrollo profesional. El mencionado proyecto ayudara a mejorar y optimizar el proceso de pasteurización, demostrando que estoy **CONFORME** con el funcionamiento del equipo entregado a nuestra planta de elaboración de helados.

Los Sres. Mencionados se han hecho acreedores a nuestra confianza por la responsabilidad, honestidad y profesionalismo demostrado en todo momento.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los interesados dar uso de este documento como estimen conveniente.

Atentamente,

Ing. Henry Almache
0504260159
Gerente de Helados Iglú



AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida, y la sabiduría para terminar con éxito mi carrera universitaria.

A mis padres y hermanos por haberme apoyado incondicionalmente inculcándome valores, principios y motivándome a perseguir mis sueños día a día.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirme formarme académicamente con una educación de calidad y excelencia, especialmente a la Ing. Ms.C. Verónica Paulina Freire Andrade que ha sido un pilar fundamental en el desarrollo de este trabajo de titulación.

Marco Caisabanda

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida, por bendecirme a lo largo de mi formación académica y siempre estar presente en aquellos momentos difíciles. Gracias a mis padres: Silverio Choloquina y María Ninazunta, por ser los principales en apoyarme e incentivar me en cumplir mis metas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

A mis hermanos/as por representar la unidad familiar. Agradecemos a los ingenieros de la “Universidad Técnica de Cotopaxi “por su paciencia y enseñanza, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra formación académica, de manera especial, a la Ing. Ms.C. Paulina Freire tutor de nuestro proyecto de titulación quien ha guiado con paciencia y dedicación como docente.

Edwin Choloquina

DEDICATORIA

Esta tesis dedico con todo corazón a mis padres Luis Caisabanda y María Toapanta por brindarme apoyo económico y emocional durante mi carrera universitaria, y por creer en mí y enseñarme a luchar por mis sueños sin importar las circunstancias de la vida.

A mis hermanos Mentor, María, Geison, Ariel y Damaris quienes con su guía cuidado y compañía fueron un incentivo necesario para superar los obstáculos que se presentaron.

Y a mi familia que de una u otra manera estuvieron pendientes de mi desarrollo con sus palabras de apoyo.

Marco Caisabanda

DEDICATORIA

Mi proyecto de titulación la dedico con todo cariño a mis padres, Silverio Choloquina y María Ninazunta por su sacrificio y esfuerzo, por darme una carrera profesional y por creer en mi capacidad, aunque hemos pasado momentos difíciles. Además, a mis padrinos quienes me apoyaron durante toda mi formación académica y personal.

A mi amado hijo Maykel Choloquina por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

A mi amada esposa María Alomoto quien con su apoyo y palabras de aliento no me dejó decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla mis ideales.

Edwin Choloquina

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	v
FABRICA DE HELADOS “IGLÚ”	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	viii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT	xix
AVAL DE TRADUCCIÓN	xx
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN	3
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2.1.2 Matriz Causa Efecto	4
2.1.3 Formulación del problema	4
2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN	4
2.2.1 Objeto de estudio.....	4
2.2.2 Campo de Acción	4
2.3 BENEFICIARIOS	4
2.3.1 Beneficiarios Directos	4
2.3.2 Beneficiarios Indirectos.....	5
2.4 JUSTIFICACIÓN	5
2.5 HIPÓTESIS	5
2.6 OBJETIVOS	5
2.6.1 General	5

2.6.2 Específicos	5
2.7 SISTEMA DE TAREAS	6
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
3.1 Antecedentes	7
3.2 Fábrica de helados Iglú	9
3.2.1 Ubicación Geográfica.....	9
3.3 Automatización Industrial.....	9
3.3.1 Arquitectura de sistemas de producción.....	10
3.3.2 Uso de datos para supervisión sistema SCADA	11
3.4 Sistemas de control	12
3.4.1 Tipos de diseño de control	13
3.4.2 Integración del sistema.....	14
3.4.3 Tipos de Sistema de Control	15
3.5 Controlador lógico programable (PLC).....	16
3.5.1 Lenguajes de programación para PLC	17
3.5.2 Lenguaje Ladder.....	18
3.5.3 Elementos comunes en la programación del PLC.....	18
3.6 Interfaz hombre-máquina (HMI)	18
3.6.1 Normas para la implementación de baja tensión Instalaciones Electromecánicas (Norma Ecuatoriana de Construcción).....	19
3.6.2 Protocolo de comunicación Industrial MODBUS-RTU	20
3.7 Sensores	20
3.7.1 Tipos de sensores	21
3.8 Actuadores	21
3.8.1 Actuadores Eléctricos.....	22
3.8.1.1 Motor de inducción lineal	22
3.8.1.2 Motor de CC de imán permanente	22

3.8.1.3 Motores paso a paso	23
3.8.1.4 Electroválvula.....	24
3.9 Acero inoxidable.....	25
3.10 Agitadores	25
3.11 Marmita.....	25
3.11.1 Funcionamiento de la marmita.....	26
3.11.2 Partes de una marmita	26
3.12 Pasteurización de leche	27
4. METODOLOGÍA	27
4.1 Métodos	28
4.1.1 Método bibliográfico.....	28
4.1.2 Método de campo	28
4.1.3 Método experimental.....	28
4.1.4 Método inductivo	28
4.1.5 Método cuantitativo.....	28
4.2 Técnicas de investigación	28
4.2.1 Observación.....	28
4.2.2 Medición.....	29
4.2.3 Simulación.....	29
4.3 Instrumentos de medición	29
4.3.1 Multímetro.....	29
4.3.2 Cronómetro.....	29
4.4 Matriz de relación de variables	29
4.4.1 Variable Independiente	30
4.4.2 Variable Dependiente	30
4.5 Materiales.....	31
4.5.1 Controlador lógico programable (PLC)	31

4.5.2 Interfaz hombre-maquina (HMI).....	33
4.5.3 Sensores de Temperatura	34
4.5.4 Sensores de Nivel	35
4.5.5 Interruptor Automático.....	37
4.5.6 Electroválvulas de agua.....	38
4.5.7 Electroválvula de vapor.....	39
4.5.8 Motorreductor.....	40
4.5.9 Tipo de Agitador-Impulsador.....	41
4.5.10 Software de programación GX Developer	42
4.5.11 SolidWorks.....	43
4.5.12 Software Kinco DTools.....	43
4.6 Diseño Conceptual	44
4.6.1 Diagrama de funcionamiento básico	44
4.6.2 Esquema eléctrico	45
4.6.3 Programación de PLC Mitsubishi	46
4.7 Diseño de la interfaz gráfica HMI	46
4.7.1 Ubicación de los elementos de control dentro del tablero de mando.....	49
4.8 Diseño Mecánico del Prototipo.....	50
4.8.1 Estructura Externa	52
4.9 Diagrama de flujo de Programación	56
4.9.1 Diagrama General de Programación	56
4.9.2 Diagrama Automático de Programación	57
4.9.3 Diagrama Manual de Programación.....	57
4.10 Estado actual del proceso.....	57
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	58
5.1 Análisis de resultados	58
5.1.1 Selección de los materiales	58

5.1.2	Ensamble del sistema mecánico	58
5.1.3	Comparativa de los sensores	60
5.1.3	Análisis de beneficios de la implementación	63
5.1.4	Análisis del tiempo del proceso actual	63
5.2	RESULTADOS	64
5.2.1	Tiempo de proceso de pasteurización de leche	64
6.	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS	69
6.1	Presupuesto	69
6.1.1	Costos directos	69
6.1.2	Costos indirectos	70
6.1.3	Costo Total	70
6.2.	Análisis de impactos	70
6.2.1.	Impacto económico	70
6.2.2	Impacto tecnológico	71
6.2.3	Impacto Ambiental.....	71
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
7.1	Conclusiones	71
7.2	Recomendaciones	72
8.	REFERENCIAS	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1.	Diagrama de Ishikawa.....	4
Figura 3.1.	Ubicación geográfica	9
Figura 3.2.	Automatización Industrial.....	10
Figura 3.3.	Jerarquía funcional según (IEC 62264-3)	11
Figura 3.4.	Sistema SCADA típico	12
Figura 3.5.	Esquema General de un sistema de control	13

Figura 3.6. Sistema de control lazo abierto	15
Figura 3.7. Sistema de control lazo cerrado	16
Figura 3.8. Estructura básica de un controlador lógico programable (PLC).....	17
Figura 3.9. Lenguajes de programación para PLC	17
Figura 3.10. Funcionamiento del HMI.....	19
Figura 3.11. Protocolo de comunicación Industrial MODBUS-RTU	20
Figura 3.12. Motor de corriente alterna lineal.....	22
Figura 3.13. Esquema de motor de CC imanes permanentes	23
Figura 3.14. Sistema del motor paso a paso	24
Figura 3.15. Tipos de electroválvulas de control de procesos y fluidos.....	25
Figura 3.16. Ejemplo de Marmita.....	26
Figura 3.17. Partes de una marmita	26
Figura 3.18. Diagrama de flujo proceso de pasteurización de leche	27
Figura 4.1. PLC Mitsubishi FX3U-24MR.....	32
Figura 4.2. HMI Kinco Green de la serie GL070E	34
Figura 4.3. Sensor de temperatura MLX90614.....	35
Figura 4.4. Sensor de nivel de agua HW-103.....	36
Figura 4.5. Interruptor automático.....	37
Figura 4.6. Tipo de electroválvula utilizado en el proyecto	39
Figura 4.7. Motorreductor DC.....	40
Figura 4.8. Ejemplo de agitador tipo helicoidal	42
Figura 4.9. Interfaz del del software GX Developer	43
Figura 4.10. Interfaz del software SolidWorks	43
Figura 4.11. Interfaz del software Kinco DTools.....	44
Figura 4.12. Diagrama de funcionamiento básico.....	45
Figura 4.13. Diagrama general de conexiones del proceso de automatización.....	46
Figura 4.14. Pantalla principal del HMI.....	47

Figura 4.15. Pantalla del control manual.....	48
Figura 4.16. Pantalla del proceso automático.....	48
Figura4.17. Tablero gráfico del control.....	49
Figura 4.19. Marmita automatizar	50
Figura 4.20. Vista en sección del diseño mecánico del motor y la parte céntrica de la tapa ..	51
Figura 4.21. Diseño de las paletas para el proceso de pasteurización	51
Figura 4.22. Tapas con orejas y hendiduras para ingreso de marmita	52
Figura 4.23. Ensamble total del diseño mecánico	52
Figura 4.24. Construcción de la parte central.....	53
Figura 4.25. Acoples y chumaceras en el motor DC.....	53
Figura 4.26. Estructura primaria de los alabes	54
Figura 4.27. Ensamble del proceso de mezclado para la marmita	54
Figura 4.28. Montaje de la tapa en la marmita	55
Figura 4.29. Instalación finalizada del proceso de pasteurización	55
Figura 4.30. Diagrama de flujo general.....	56
Figura 4.31. Estado actual del proceso	57
Figura 5.1. Elementos del diseño sometidos a las materias primas.....	59
Figura 5.2. Detalles de los acoples mecánicos	60
Figura 5.3. Comparación y calibración del sensor automático	61
Figura 5.4. Comparativa de temperatura aleatoria.	61
Figura 5.5. Tiempos de proceso de pasteurización de leche	67
Figura 5.6. Tiempos de trabajo Manual y Automático.....	68
Figura 5.7. Proceso de pasteurización automático adecuado	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Sistema de tareas en relación con los objetivos planteados.....	6
Tabla 3.1. Tipos de datos y variables para los PLC	18

Tabla 4.1. Matriz de variable independiente	30
Tabla 4.2. Matriz de variable dependiente	31
Tabla 4.3. Comparación de PLC	31
Tabla 4.4. Especificaciones generales del PLC Mitsubishi FX3UMR.....	33
Tabla 4.5. Comparación de HMI	33
Tabla 4.6. Comparación de sensores de temperatura	35
Tabla 4.7. Comparación de sensores de Nivel.....	36
Tabla 4.8. Datos técnicos de la protección eléctrica.....	37
Tabla 4.9. Capacidad de protección en función al amperaje soportado	38
Tabla 4.10. Comparación de electroválvulas de agua	38
Tabla 4.11. Datos técnicos de la electroválvula On/Off 2/2 NC	39
Tabla 4.12. Datos técnicos de la electroválvula Vapor 2/2 NC.....	40
Tabla 4.13. Especificaciones generales motor DC].....	41
Tabla 4.14. Selección de Tipo de impulsador.....	41
Tabla 4.15. Descripción del tipo helicoidal	42
Tabla 5.1. Materiales seleccionados	58
Tabla 5.2. Propiedades física-químicas del acero A304.....	59
Tabla 5.3. Comparativa de temperatura de los sensores.....	62
Tabla 5.4. Comparativa de los sensores de nivel.....	62
Tabla 5.5. Beneficios de la implementación del sistema.....	63
Tabla 5.6. Análisis del tiempo del proceso actual	64
Tabla 5.7. Tiempo de proceso manual de pasteurización de leche.....	65
Tabla 5.8. Tiempo que no interviene el operario.....	66
Tabla 6.1. Costos directos.....	69
Tabla 6.2. Costos indirectos	70
Tabla 6.3. Costo Total	70

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN DE LECHE EN LA FÁBRICA DE HELADOS IGLÚ DEL CANTÓN PUJILÍ PROVINCIA DE COTOPAXI

Autores:

Caisabanda Toapanta Marco Alexander

Choloquina Ninazunta Edwin Oswaldo

RESUMEN

En la fábrica de helados Iglú se identificó que no existe un sistema automático en el proceso de pasteurización de leche lo cual conlleva un excesivo tiempo para el operador, de tal manera que el objetivo de esta propuesta tecnológica es implementar un sistema automático mediante tecnologías existentes en el mercado, la metodología consta de tres niveles que son: equipos de campo, en el que se encuentran el sensor de temperatura MLX90614, los sensores de nivel HW 103 y los actuadores de la máquina como son las electroválvulas para el sistema de ingreso y desfogue de agua, además el motor y un agitador que realiza la mezcla uniforme de la materia prima. En los equipos de control se encuentra el controlador lógico programable PLC Mitsubishi de la serie FX3U-24MR, el cual genera las condiciones y restricciones de la activación de los actuadores y pre-actuadores, realiza la adquisición y procesamiento de variables medidas por los sensores, ejecuta las acciones que se indiquen, otra función principal de este PLC es intercambio de información con el sistema de monitoreo a través de la comunicación serial RS-232 por puerto DB9. En los equipos de operación y supervisión se usó una pantalla táctil Kinco de la serie GL070E que a través de su sistema HMI que permite el monitoreo en tiempo real. La implementación del sistema automático facilita el trabajo del operador con un aprovechamiento de tiempo de reducción de 0,3 HORAS equivalente a 18 MINUTOS, teniendo una escala de reducción 19,41% de lo que normalmente se tardaba en el proceso dentro de fábrica de helados Iglú.

Palabras clave: Automatización, Pasteurización, Reducción de tiempos.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

THEME: AUTOMATION OF THE MILK PASTEURIZATION PROCESS AT THE IGLÚ
ICE CREAM FACTORY IN PUJILÍ, COTOPAXI PROVINCE

Authors:

Caisabanda Toapanta Marco Alexander

Choloquina Ninazunta Edwin Oswaldo

ABSTRACT

In the Iglú ice cream factory, it was identified that there is no automatic system in the milk pasteurization process, which leads to excessive time for the operator so the objective of this technological proposal is to implement an automatic system using existing technologies in the market, the methodology consists of three levels which are: field equipment, which includes the MLX90614 temperature sensor, the HW 103 level sensors, and the machine's actuators, such as the solenoid valves for the water inlet and outlet system, and an agitator for uniform mixing of the raw material. The control equipment includes a Mitsubishi PLC programmable logic controller FX3U-24MR series, which generates the conditions and restrictions for actuators and pre-actuators activation, performs the acquisition and processing of variables measured by the sensors, and executes the actions indicated, another main function of this PLC is the exchange of information with the monitoring system through RS-232 serial communication via DB9 port. In the operation and supervision equipment, a Kinco GL070E series touch screen was used, which through its HMI system allows real-time monitoring. The implementation of the automatic system facilitates the operator's work with a time reduction of 0.3 HOURS equivalent to 18 MINUTES, having a reduction scale of 19.41% of what it normally took in the process inside the Iglú ice cream factory.

Keywords: Automation, Pasteurization, Time Reduction

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de titulación cuyo título versa: **“AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN DE LECHE EN LA FÁBRICA DE HELADOS IGLÚ DEL CANTÓN PUJILÍ PROVINCIA DE COTOPAXI** presentado por: **Caisabanda Toapanta Marco Alexander y Choloquina Ninazunta Edwin Oswaldo**, estudiantes de la carrera de: **Ingeniería en Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2022

Atentamente,



Mg. Marco Beltrán



CENTRO
DE IDIOMAS

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502666514

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título:

Automatización del proceso de pasteurización de leche en la fábrica de helados Iglú del cantón Pujilí provincia de Cotopaxi.

Fecha de inicio:

Abril 2022

Fecha de finalización:

Agosto 2022

Lugar de ejecución:

Región: Sierra

Provincia: Cotopaxi

Cantón: Pujilí

Sector: Juan Salinas la Y

Facultad que auspicia:

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia:

Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado:

Proyecto formativo

Equipo de Trabajo:

Tutor

Nombres: Verónica Paulina

Apellidos: Freire Andrade

E-mail: veronica.freire@utc.edu.ec

Cédula: 050205622-9

Ponente 1

Nombres: Marco Alexander

Apellidos: Caisabanda Toapanta

E-mail: marco.caisabanda0760@utc.edu.ec

Cédula: 180497076-0

Ponente 2

Nombres: Edwin Oswaldo

Apellidos: Choloquina Ninazunta

E-mail: edwin.choloquina9062@utc.edu.ec

Cédula: 050431906-2

Área del Conocimiento: Según la UNESCO [1].

Campo Amplio

07 Ingeniería, Industria y Construcción

Campo Específico

071 Ingeniería y Profesiones Afines

Campo Detallado

0714 Electrónica y Automatización

Línea de investigación:

Procesos Industriales

Sublíneas de investigación de la Carrera:

Automatización, Control y Protecciones de Sistemas Electromecánicos

2. INTRODUCCIÓN

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La robótica, la inteligencia artificial y la digitalización han cambiado el mundo de trabajo como lo conocíamos, el rol tecnológico ha desarrollado el crecimiento en los sectores de la economía, generando cambios significativos y nuevas ocupaciones que realizaban los seres humanos, y las habilidades para abrirnos camino en el mercado laboral, en medio de estos cambios y con el afán de aplicar menos tiempo a cada tarea y aprovechar los recursos de la fábrica, la automatización es el aliado perfecto para lograr estos propósitos, gracias a estos avances y sus diversas aplicaciones se puede aportar a la industria láctea equipos que mejoran la productividad [2], [3], [4], [5].

Un estudio presentado por “Hybrid Operations Reporte de Mercado 2019” nos dice, que en América Latina específicamente en México el rol de la automatización es común dentro del ámbito actual de transformación digital, logrando que las empresas sean más rentables y eficientes, la publicación “El futuro del trabajo en América Latina y el Caribe” destaca que con la automatización la economía de México ha aumentado [6], [7], [8].

A medida que las tecnologías como Machine Learning (aprendizaje automático) o la Inteligencia Artificial avanzan, en Ecuador varias empresas han comprendido que el uso de la automatización beneficia el modelo de su negocio, este tipo de concepto ha llevado a cabo que empresas como Pronaca, comiencen a implementar modelos basados en la industria 4.0 de mayor o menor grado, en todas sus líneas de producción [9].

Para el proceso de pasteurización de leche la fábrica de helados Iglú, ha adquirido una marmita en el cual el proceso depende de la inspección visual y sensorial del ser humano, en el control del sistema de calentamiento por medio de vapor y el sistema de enfriamiento a base de agua se lo maneja de forma manual exponiendo la salud física del operador.

Otro inconveniente que se enfrenta la fábrica es el tiempo de ejecución de la mezcla, el esfuerzo mecánico del sistema depende de la fuerza del operador, siendo esto un método rudimentario lo cual hace que proceso de mezcla de leche no sea uniforme, otro método manual que se realiza es el control de temperatura a la materia prima, ya que estos valores se establecen de manera directa, lo cual lleva a la presencia de errores sistemáticos, además de exponer el producto a contaminantes por intervención humana.

Por lo tanto, existen maquinas automatizada para el proceso de pasteurización de leche a un costo muy alto que se les dificulta obtener a las pequeñas empresas. Por tal motivo se propone implementar un sistema automático a un costo accesible.

2.1.2 Matriz Causa Efecto

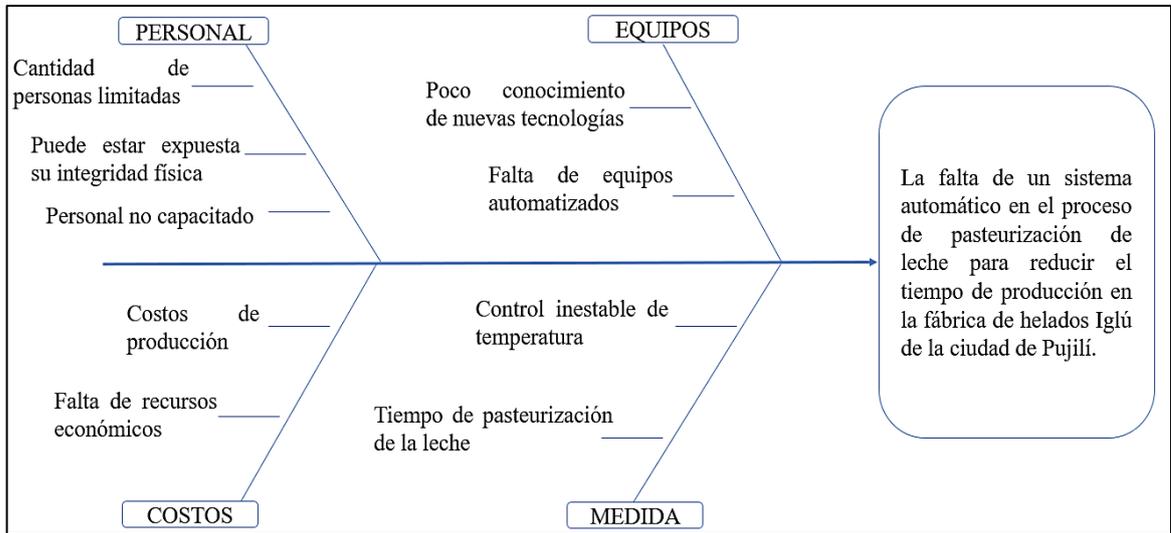


Figura 2. 1. Diagrama de Ishikawa

2.1.3 Formulación del problema

La falta de un sistema automático en el proceso de pasteurización de leche para reducir el tiempo de producción en la fábrica de helados Iglú de la ciudad de Pujilí.

2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1 Objeto de estudio

Automatización del proceso de pasteurización de la leche

2.2.2 Campo de Acción

Proceso de pasteurización

2.3 BENEFICIARIOS

2.3.1 Beneficiarios Directos

La implementación de un sistema de control automatizado de un proceso de pasteurización de leche beneficia directamente a la fábrica de helados Iglú y además a los postulantes para la obtención del Título de Ingenieros Electromecánicos.

2.3.2 Beneficiarios Indirectos

La propuesta tiene como beneficiarios indirectos a los consumidores debido a una mayor producción, así como a los propietarios de fábricas de lácteos que deseen utilizar la propuesta para realizar mejoras en la producción.

2.4 JUSTIFICACIÓN

El continuo desarrollo tecnológico y el crecimiento económico mejora las condiciones de vida es así que gracias a la automatización se puede dar un gran aporte a las fábricas, obligando de esta manera a modernizar procesos productivos con sistemas y equipos de última generación para la obtención de productos y servicio de calidad [10].

La fábrica de helados Iglú al estar en constante crecimiento y desarrollo, se ha propuesto mejorar su producción, teniendo cantidad de personas limitadas y control manual del proceso.

Por tal razón se propone implementar un sistema de control automático del proceso de pasteurización de leche para reducir tiempos producción. Su implementación será de gran ayuda al operario para realizar otras actividades, y también no se verá afectado su estado físico en la manipulación de dicho proceso. Este proyecto es factible de realizarse ya que se cuenta con el apoyo de quienes conforman la fábrica de helados Iglú.

2.5 HIPÓTESIS

La automatización del proceso de pasteurización de leche permitirá reducir el tiempo de producción en la fábrica de helados Iglú de la ciudad de Pujilí.

2.6 OBJETIVOS

2.6.1 General

Automatizar el proceso de pasteurización de leche mediante tecnologías existentes en el mercado para reducir tiempos de producción en la fábrica de helados Iglú de la ciudad de Pujilí.

2.6.2 Específicos

- Investigar en diferentes fuentes bibliográficas procesos de pasteurización de leche y su automatización.
- Diseñar un sistema electromecánico automático para el proceso de pasteurización de leche.

- Validar el funcionamiento del sistema automático del proceso de pasteurización de leche en la fábrica de helados Iglú asegurando la reducción de tiempo de producción.

2.7 SISTEMA DE TAREAS

Estas son las actividades que se realizan para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos planteados.

Tabla 2.1. Sistema de tareas en relación con los objetivos planteados

Objetivos Específicos	Actividades (tareas)	Resultados de la actividad	Descripción de la actividad (Técnicas e Instrumentos)
Investigar en diferentes fuentes bibliográficas procesos de pasteurización de leche y su automatización.	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda de información técnica en artículos científicos, sitios web y trabajos referente al proyecto de titulación. • Estudio de principio de funcionamiento de sistema automático del proceso de pasteurización de leche. • Visualización de proceso de pasteurización de leche en visitas técnicas al campo laboral. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de la documentación técnica (estado del arte) de la automatización del proceso de pasteurización. • Conocimiento del sistema automático del proceso de pasteurización de leche. • Descripción sobre la utilización de equipos eléctricos y electrónicos en el proceso de pasteurización de leche. 	Documentos y medios bibliográficos.
Diseñar un sistema electromecánico automático de pasteurización de leche.	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterización de la información técnica acerca de la instrumentación utilizada en el proceso de pasteurización de leche. • Dimensionamiento de los conductores eléctricos. • Selección de software para el diseño de diagramas eléctricos de control y de potencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento de selección de la instrumentación industrial, equipos eléctricos y electrónicos. • Desarrollo de los planos eléctricos para el proceso de pasteurización. 	Investigación bibliográfica y de campo.
Validar el funcionamiento del sistema automático del proceso de pasteurización de leche en la fábrica de helados Iglú asegurando la reducción de tiempo de producción.	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación del proceso de pasteurización de leche ejerciendo las pruebas de campo. • Análisis de tiempo de producción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento de las condiciones de trabajo y visualización de las variables controladas. 	Investigación de campo.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 Antecedentes

La leche es uno de los alimentos lácteos más importantes, que forma un componente esencial en la formulación de alimentos para bebés y niños en crecimiento, así como para adultos. Sin embargo, la calidad del producto final depende en gran medida de la temperatura del proceso de pasteurización. Por lo tanto, es necesario garantizar que se mantenga la temperatura óptima durante el proceso de pasteurización, ya que el exceso de temperatura elimina todos los nutrientes esenciales contenidos en el producto final y, de manera similar, la baja temperatura no es deseable ya que el producto final no producirá el valor nutricional deseado. En este sentido, en los últimos años, a la hora de resolver los problemas de automatización de los procesos tecnológicos de elaboración y producción de leche, tanto los medios tradicionales (sistemas de control local para determinados tipos de equipos tecnológicos) como los sistemas de control de calidad de los productos elaborados, incluidos los sistemas de control automatizado han sido usados. Varias empresas también utilizan los últimos sistemas de control automático equipados con microprocesadores y microcontroladores, sistemas informáticos de control, que permiten una transición real de la automatización parcial de ciertos tipos de equipos tecnológicos a la creación de líneas de producción, secciones y empresas automatizadas en general. Las características importantes de la industria láctea son la complejidad de los procesos físicos y químicos en la fabricación de productos lácteos, el cumplimiento de los requisitos sanitarios e higiénicos para la calidad de los productos. De ahí los altos requisitos para la precisión de la formulación y la esterilidad de los equipos tecnológicos [12], [13].

En este contexto, se estudia la adopción de la solución de automatización óptima para el proceso de pasteurización de leche desde el punto de vista de las dimensiones medidas y reguladas. Esta solución se basa en una regulación y un control preciso de algunos parámetros característicos de la operación de pasteurización (temperatura, tiempo) [14].

En este contexto, se realiza la aplicación de un esquema de control de temperatura óptimo que es un requisito fundamental para la pasteurización de leche. Se presenta el uso de un controlador Proporcional (P), Integral (I), Derivado (D) abreviado como PID para el control óptimo de la temperatura en el proceso de pasteurización de la leche. La temperatura de pasteurización de la leche se modela en base a la primera ley de la termodinámica, mientras que tres técnicas de ajuste diferentes, a saber; Se emplean Zigler-Nichols (ZN), Chien-Hrones-Reswick (CHR) y Cohen-Coon (CC) para ajustar el controlador PID para un control óptimo de la temperatura de

pasteurización de leche. Los esquemas de control se simulan en MATLAB/Simulink y el rendimiento de cada técnica de ajuste se evalúa utilizando el tiempo de subida, el tiempo de establecimiento, la amplitud máxima y el sobreimpulso [15].

En este contexto, se utiliza pasteurización de alta temperatura y tiempo corto para evaluar un sistema basado en computadora para controlar el proceso de pasteurización, adquirir datos y monitorear registros. Se utiliza un software para el control de la temperatura del agua caliente, el caudal a través de la bomba de sincronización centrífuga y el desvío del producto subprocesado. Se llevan a cabo tres tipos de estrategias de control: bucle único, cascada y multivariable. La estrategia de control de bucle único denota las respuestas más rápidas a los cambios de temperatura, pero la curva de respuesta de temperatura es la más lenta para volver a su punto de referencia. La estrategia de control en cascada muestra recuperaciones más lentas a los cambios de temperatura, pero la curva de respuesta de temperatura es más suave. La estrategia de control multivariable responde ligeramente más rápido que la estrategia de control en cascada, y la curva de respuesta de temperatura es ligeramente más suave que la estrategia de control en cascada. La estrategia de control multivariable puede controlar la válvula de desviación de flujo mediante el uso de un controlador de letalidad. El sistema de adquisición de datos, utilizado para monitorear los datos obtenidos del sistema de pasteurización de tiempo corto y alta temperatura, está dentro de $\pm 0,1$ °C de la temperatura registrada por el registrador de límite térmico de seguridad.

La confiabilidad se determina examinando los cambios en la posición de la válvula de desviación de flujo para identificar las desviaciones del proceso y comparando los cambios con el marcador de eventos en gráficos circulares. El sistema de adquisición de datos es una alternativa eficaz para monitorear la integridad de los datos [16].

En este sentido, el presente documento pretende automatizar el proceso de pasteurización de leche mediante tecnologías existentes en el mercado para reducir tiempos de producción en la fábrica de helados Iglú de la ciudad de Pujilí, los objetivos específicos que se plantean realizar son: investigar en diferentes fuentes bibliográficas procesos de pasteurización de leche y su automatización, diseñar un sistema electromecánico automático de pasteurización de leche utilizando y validar el funcionamiento del sistema automático del proceso de pasteurización de leche en la fábrica de helados Iglú asegurando la reducción de tiempo de producción.

3.2 Fábrica de helados Iglú

La fábrica de helados “Iglú” se dedica a la elaboración de helados, su proceso productivo consta de varios procesos en los cuales transforma materia prima para obtener un producto de calidad con el fin de satisfacer las expectativas del consumidor final, actualmente se utiliza como materia prima la leche y frutas.

3.2.1 Ubicación Geográfica

El lugar donde se va a implementar la automatización del proceso de pasteurización de leche se encuentra localizada en Ecuador, provincia de Cotopaxi, cantón Pujilí barrio Juan Salinas la Y; tanto las oficinas administrativas como la planta de producción se encuentran ubicados en el mismo lugar, en la figura 3.1 se aprecia la ubicación geográfica.

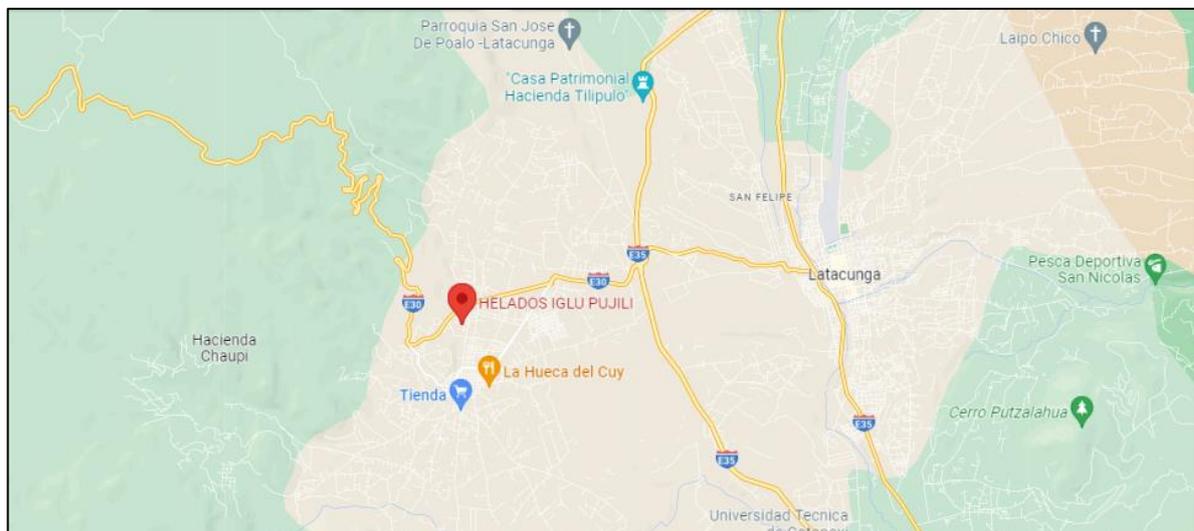


Figura 3.1. Ubicación geográfica

3.3 Automatización Industrial

La automatización industrial es el uso de varias tecnologías para controlar y observar máquinas, procesos o fábricas que realiza una función particular, como se muestra en estas pueden ser tareas periódicas automáticas, como se aprecia en la figura 3.2. Por otra parte, los sistemas automatizados tienen abierto a la aplicación de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) en sistemas innovadores como: sistemas móviles, sistemas basados en la nube, sistemas de banda ancha, sistemas de web aplicado a la industria entre otros más, facilitan la manipulación de las fábricas inteligentes, todas ellas basadas en la revolución industrial de cuarta generación (Industria 4.0) [17].



Figura 3.2. Automatización Industrial [17]

3.3.1 Arquitectura de sistemas de producción

Varios esfuerzos hasta la fecha se han dirigido a definir los aspectos estructurales y arquitectónicos de los sistemas de gestión de la producción. Las más populares y aplicadas en la práctica son las definiciones establecidas en el estándar ISA-95/IEC 62264 [18].

Por lo general, los sistemas de producción actuales (fábrica y proceso) están estructurados en un modelo jerárquico de cinco niveles, apreciar la figura 3.3. Además de este conocido modelo jerárquico, IEC 62264 define un modelo de gestión de operaciones de fabricación (como control de producción, programación de producción, gestión de mantenimiento, control de calidad, etc.), que no es tan popular, pero está representado implícitamente por instalaciones reales. El estándar define funciones asociadas principalmente a los niveles 3 y 4, objetos intercambiados y sus características y atributos, actividades y funciones relacionadas con la gestión de una planta, pero no especifica sobre las implementaciones (herramientas) que albergan estas operaciones específicas ni la asignación precisa a uno de los niveles 2, 3 o 4.

Las realizaciones dependen de las necesidades individuales del cliente y de las estrategias del fabricante de la herramienta. Por ejemplo, la operación de gestión de mantenimiento normalmente se puede asignar a un Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS), un sistema de ejecución de fabricación (ambos son herramientas típicas de Nivel 3), pero también a un Sistema de Planificación de Recursos Empresariales (ERP), dedicado al Nivel 4, o a un Sistema de Control Distribuido. (DCS) que se puede encontrar en el Nivel 2. Los bordes entre estos sistemas se vuelven flotantes.

Las operaciones individuales se pueden asignar a diferentes áreas de gestión de operaciones de fabricación específicas: gestión de operaciones de producción, gestión de operaciones de calidad, gestión de operaciones de mantenimiento o gestión de operaciones de inventario. Al observar estas áreas, las actividades individuales (como la gestión de recursos, la programación detallada, el envío, el seguimiento, el análisis, la gestión de definiciones, la recopilación de datos, la gestión de ejecución) se pueden identificar para ejecutarse dentro de fuentes únicas o distribuidas. Estas funciones se pueden implementar utilizando diferentes tecnologías. Actualmente, no existe una estandarización con respecto a las tecnologías que se utilizarán para implementar estas funciones [19].

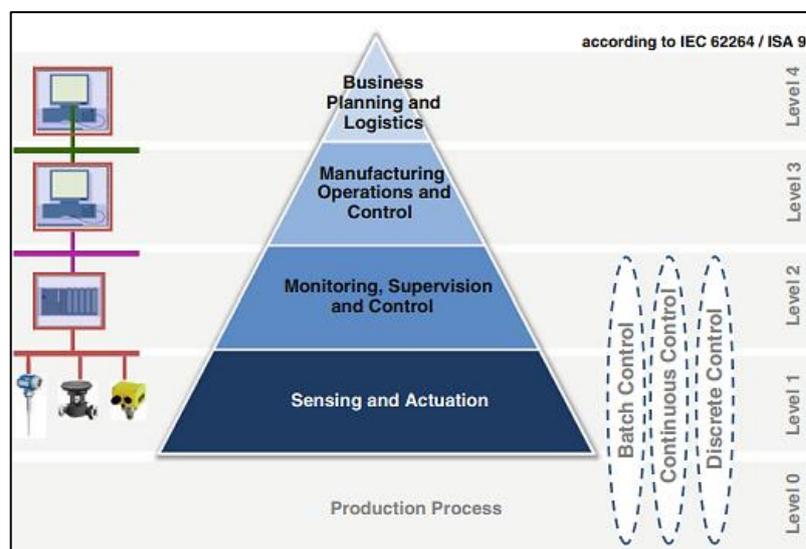


Figura 3.3. Jerarquía funcional según (IEC 62264-3) [18]

3.3.2 Uso de datos para supervisión sistema SCADA

SCADA se ocupa de la recopilación de datos en tiempo real desde ubicaciones remotas para controlar y monitorear el proceso, incluida la agregación y presentación de datos al usuario. SCADA se usa comúnmente en una amplia gama de campos de aplicación, como plantas de energía, refinación de petróleo y gas, telecomunicaciones, transporte y control de agua y desechos, por mencionar algunos. Un sistema SCADA típico, como se muestra aproximadamente en la figura 3.4, consta de varios subsistemas en particular [20].

El sistema de control de supervisión y adquisición de datos SCADA está formado por software y hardware. El hardware recopila y envía datos a un computador que tiene instalado un software SCADA, este software procesa los datos y los presenta de manera adecuada. SCADA también registra todos estos eventos en un archivo y lo envía a una terminal de usuario. Estos terminales

de usuario vienen en forma de pantallas de interfaz hombre-máquina (HMI) o interfaz de usuario (UI) que permiten que el sistema muestre datos y advierta cuando las condiciones se vuelven peligrosas mediante la generación de alarmas. Por último, los sistemas SCADA deben garantizar la integridad de los datos y las tasas de actualización adecuadas. El desarrollo de estándares SCADA por parte de grupos de usuarios industriales y organismos internacionales de estandarización ha permitido una mayor "interoperabilidad" de dispositivos y componentes dentro de los sistemas SCADA. Los protocolos abiertos permiten que los equipos de varios proveedores se comuniquen con el host SCADA. Existen muchos estándares y protocolos especializados con características específicas [21], [22].

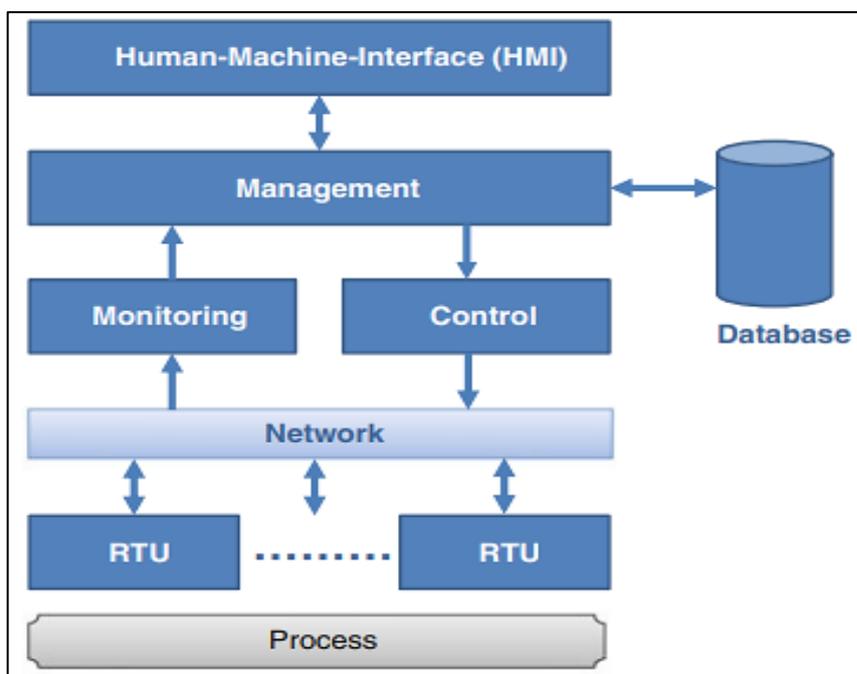


Figura 3.4. Sistema SCADA típico [20]

3.4 Sistemas de control

La ingeniería de control ha dado varios pasos importantes en momentos cruciales de la historia (por ejemplo, la revolución industrial, la Segunda Guerra Mundial, el impulso hacia el espacio, la globalización económica, el pensamiento de valor para los accionistas, etc.). Cada uno de estos guías ha ido surgiendo en un desarrollo de teoría de control subyacente. Al inicio, cuando se aplicó el convincente concepto de retroalimentación, los ingenieros se encontraron con resultados inesperados que más tarde estos se convirtieron en elementos importantes para un análisis riguroso. Por ejemplo, si volvemos al gobernador de bola voladora de Watt, se encontró que, bajo ciertas circunstancias, estos sistemas podían producir oscilaciones autosostenidas.

Como se puede observar en la figura 3.5. En ingeniería un sistema de control es un conjunto de dispositivos encargados de gestionar o regular la forma en que se comporta otro sistema [23], [24].

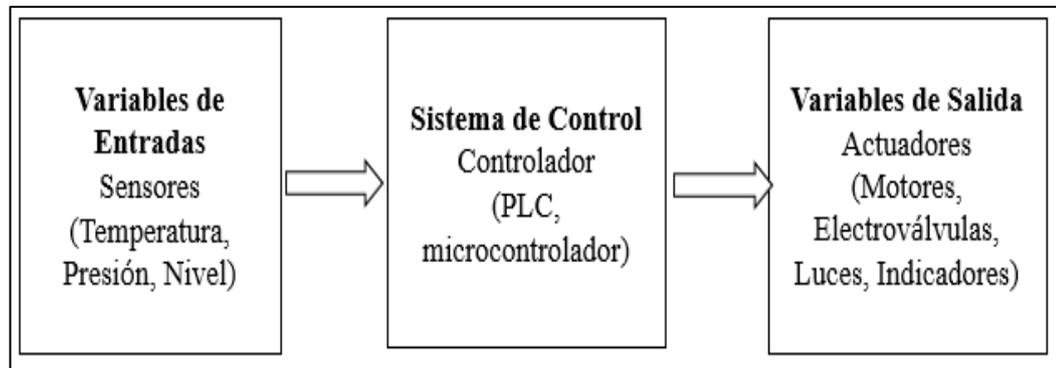


Figura 3.5. Esquema General de un sistema de control

3.4.1 Tipos de diseño de control

Un sistema de control requiere un modelado, diseño, simulación, prueba e implementación, para realizar el diseño de control se debe tomar en consideración su finalidad, por ejemplo, si se desea para fines comerciales, industriales u otros. En este sentido, los diseños que se realizan se aplican especialmente al ámbito técnico, pedagógico, de seguridad y confiabilidad. El costo asociado con el diseño depende de los controladores que se manejen, dentro del ámbito comercial los controladores no tienen un precio considerable, ya que, se busca optimizar costos, no obstante, dentro del campo industrial los precios de los controladores se acrecientan debido a que su complejidad aumenta para controlar procesos. El ciclo de vida de un sistema de control se puede clasificar de la siguiente manera [25].

Diseño básico inicial: En este apartado el ingeniero se encarga de desarrollar el proyecto desde cero. Al comenzar el diseño se toma en consideración los aspectos de estado estacionario, por ello generalmente suelen ocurrir inconvenientes en el proceso del diseño, ya que aún no se considera la parte dinámica del sistema. El trabajo se lo realiza poco a poco para poder solventar cualquier inconveniente.

Puesta en marcha y ajuste: Una vez terminada la parte inicial del proyecto el ingeniero debe ajustar el sistema a los requerimientos del cliente, para ello es necesario tener claros los conceptos de retroalimentación para garantizar un trabajo en óptimas condiciones.

Refinamiento y actualizaciones: Una vez que el proceso ya está en marcha el trabajo del ingeniero consiste en realizar mantenimientos del sistema, estos deberán ser periódicos para evitar el daño de cualquier equipo.

Estudios forenses: En este apartado el ingeniero de control se encarga de realizar un mantenimiento correctivo del sistema, es muy común que se presenten fallas en el diseño de planta, actuadores ineficientes o sensores mal calibrados, pero todos estos problemas pueden ser solventados por el ingeniero de control, para ello, debe visualizar al sistema de manera general, así, podrá determinar más fácilmente la causa de la falla.

3.4.2 Integración del sistema

La eficiencia de la ingeniería se apoya de manera general en apreciar los sistemas de control, este contexto, se menciona los aspectos que incorporar un diseño de control tradicional:

Planta: Es el proceso a controlar, su diseño es uno de los principales problemas en el control, por ello el ingeniero debe estar bien capacitado con la física del estudio, esto incluye, conocimiento sobre energía, balance de flujos y masa de los materiales del sistema, etc. Todo este conocimiento ayudará sobremanera al ingeniero a realizar un óptimo diseño de planta.

- **Objetivos:** Antes de realizar cualquier diseño, es necesario saber qué se desea obtener, para ello, se debe definir el alcance, las variables a controlar y el rendimiento que puede ofrecer el sistema una vez concluido.
- **Sensores:** Estos dispositivos son sumamente importantes en la medición de las acciones del sistema, son los ojos del control, con su ayuda se puede detectar cualquier problema del sistema, ya que envían señales que pueden ser posteriormente analizadas por el ingeniero de control, con el avance de la tecnología estos dispositivos poseen mejores características que los convierten en parte esencial del sistema de control.
- **Actuadores:** Cuando los sensores ejercen su función es necesario continuar con el proceso, el siguiente paso es la actuación del sistema, de manera se lleva al sistema de un estado inicial a otro deseado. Los actuadores deben ser eficientes para no presentar dificultades en el centro de control.
- **Comunicaciones:** Para la interconexión de sensores y actuadores se requiere un sistema de comunicación. Una planta puede poseer demasiadas señales separadas y para unificarlas se requiere de una comunicación y protocolos adecuados, de esta manera, este punto es sumamente importante para el traspaso de información. Según la

experiencia el principal problema que suele hallarse es el retraso de la información, se debe a interferencias que puedan ocurrir en la compartición de la información, el ingeniero en control debe ser capaz de solventar este problema muy común dentro del campo de las comunicaciones.

- **Informática:** Para realizar las comunicaciones del sistema, necesariamente se emplea una computadora, los sistemas de control utilizan varios dispositivos computacionales, por ejemplo, sistemas de control distribuido (DCS), controladores lógicos programables (PLC), computadoras personales (PC), etc.
- **Arquitecturas e interfaces:** En este apartado se trata la manera de conectar las señales del sistema, la manera menos usual es la de llevar todas las señales a un solo punto, este control es conocido como centralizado, por otro lado, la más usada es la distribuida, donde la información se divide en subsistemas manejables.
- **Algoritmos:** Los algoritmos son los encargados de conectar los sensores con los actuadores, mediante algún lenguaje de programación, así, se transmite la información de un lugar a otro [26].

3.4.3 Tipos de Sistema de Control

3.4.3.1 Sistema de control de lazo abierto

En un sistema de control de lazo abierto la salida no se mide ni se realimenta para compararla con la entrada, por esta razón los sistemas de control de lazo abierto son sistemas de control en los que la salida no tiene efecto sobre la señal o acción de control, es decir cada señal de entrada hacia el sistema tiene una condición de operación fija por esta razón la precisión del sistema depende únicamente de la calibración. Este sistema de control de lazo abierto es débil a las perturbaciones y solo se aplica cuando se conoce la función de transferencia (relación entre la entrada y la salida). La estabilidad del sistema no es importante en este tipo de control, en la figura 3.6, se puede apreciar la implementación de un sistema de control [27].

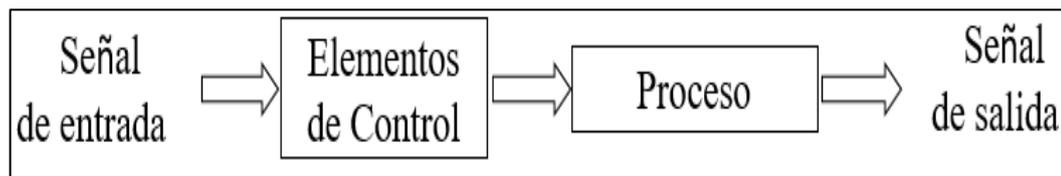


Figura 3.6. Sistema de control lazo abierto

3.4.3.2 Sistema de control de lazo cerrado

Estos sistemas de control son retroalimentados, ya que la señal controlada o salida no solo depende de la señal de entrada, ahora también interviene de la señal de error (sensor) para que el sistema tome una respuesta. La retroalimentación se emplea para reducir el error del sistema, además la respuesta se vuelve inmune a las perturbaciones externas y variaciones internas. Como otra ventaja la retroalimentación ayuda a reducir costos en la implementación ya que permite ocupar instrumentos económicos y baratos permitiendo incrementar la eficiencia del sistema, este tipo de controladores son estables y robustos. En la figura 3.7, se puede apreciar este tipo de sistema de control [27].

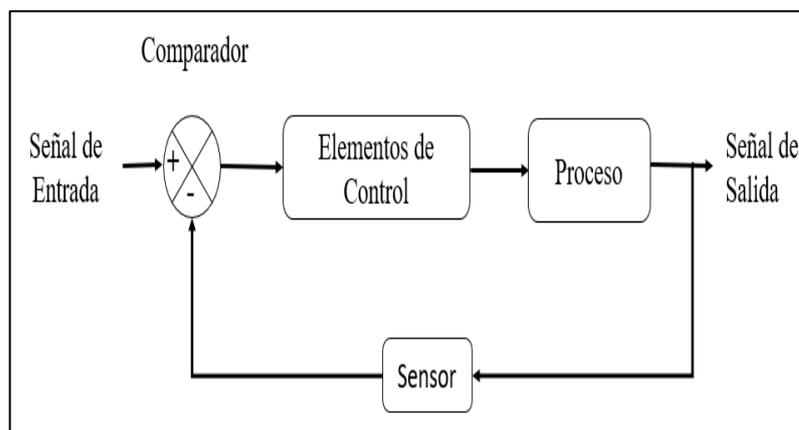


Figura 3.7. Sistema de control lazo cerrado

3.5 Controlador lógico programable (PLC)

El Controlador Lógico Programable o PLC (Programmable Logic Controller), es un equipo electrónico que se utiliza en la automatización industrial, el cual tiene el propósito de controlar la lógica de funcionamiento de procesos eléctricos, electromecánicos y neumáticos, entre otros.

En la actualidad no sólo controlan el funcionamiento de plantas, equipos y procesos industriales, sino también pueden efectuar operaciones aritméticas complejas, también pueden conectarse con otras computadoras y controladores en redes de área local también forman una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido [28].

Según la norma NEMA un (Controlador Lógico Programable) PLC es un dispositivo electrónico que contiene una memoria programable para almacenar instrucciones sobre una estructura de algunas funciones como operaciones lógicas, contadores, temporizadores, cálculo de unidades de control de variables, entradas y salidas analógicas y digital, aplicado a diferentes tipos de procesos o máquinas. En la figura 3.8, se aprecia la estructura básica de un PLC es:

procesador, memoria, fuente de alimentación, parte Interfaz de E/S, interfaz de comunicación y el dispositivo de programación [29].

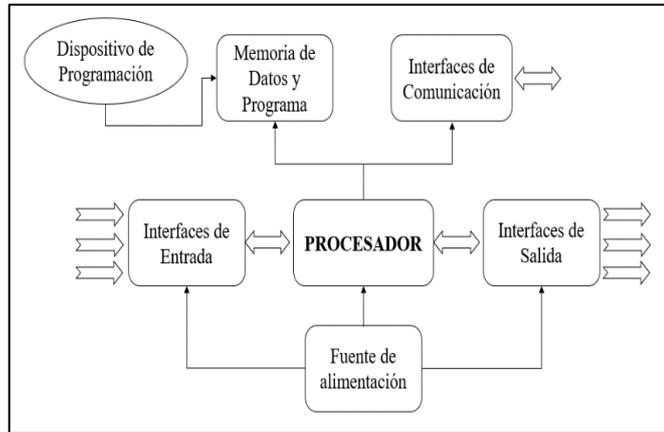


Figura 3.8. Estructura básica de un controlador lógico programable (PLC)

3.5.1 Lenguajes de programación para PLC

El lenguaje de programación posibilita a los programadores ingresar su lógica en un programa de control de la memoria del PLC (Controlador Lógico Programable) usando un tipo de sintaxis seleccionado, cabe recalcar que el programa es un conjunto de instrucciones con comandos y símbolos que reconoce el PLC, gracias a su módulo de programación que permite la ejecución de la secuencia de control requerida. En la actualidad gracias al desarrollo de un amplio lenguaje de programación se tiene nuevas instrucciones con más poder computacional porque se crean bloques más complejos para la ejecución potente de sistema de control, como se puede apreciar en la figura 3.9 los lenguajes de programación de PLC más utilizados son: lenguaje de lógica booleana, lenguaje de contactos o Ladder, lista de instrucciones, diagrama de funciones [30].

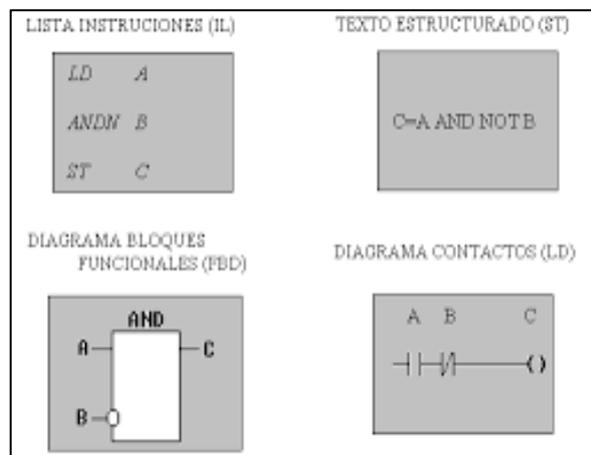


Figura 3.9. Lenguajes de programación para PLC [31]

3.5.2 Lenguaje Ladder

El Lenguaje de programación Ladder, también denominada lenguaje de contactos o lenguaje de escalera, es un lenguaje gráfico utilizado en la automatización con controladores lógicos programables, gracias a que se basa en el funcionamiento de los esquemas eléctricos de control clásico, su principal ventaja es que todos los fabricantes utilizan los símbolos básicos normalizados según la norma NEMA [32].

3.5.3 Elementos comunes en la programación del PLC

Los formatos de los datos empleados en la programación del PLC son número entero, número real, variables booleanas, byte y palabra. Otros datos como fecha, hora y cadenas (Strings). Con estos datos esenciales el programador puede ocupar, derivar o crear otro tipo de datos como un canal de entradas analógicas se puede apreciar en la tabla 3.1. También las variables son una unidad de recuperación y almacenamiento de datos con valores que pueden cambiar, la cual se identifica con un nombre único en el código del programa [33].

Tabla 3.1. Tipos de datos y variables para los PLC [33]

Palabra clave	Tipo de dato	Bits
BOOL	Booleano (binario o lógico)	1
SINT	Entero corto	8
INT	Entero	16
DINT	Entero doble	32
LINT	Entero largo	64
UINT	Número entero sin signo	16
REAL	Número real	32
TIME	Duración	Variable
DATE	Fecha	Variable
TIME_OF_DAY	Hora	Variable
DATE_AND_TIME	Fecha y hora del día	Variable
STRING	Cadena de 8 bits	8
WORD	Cadena de 16 bits	16
DWORD	Cadena de 32 bits	32
LWORD	Cadena de 64 bits	64

3.6 Interfaz hombre-máquina (HMI)

Es un software de automatización industrial utilizado como interfaz para sistemas de automatización industrial. Representa visualmente los dispositivos industriales en forma de componentes visuales que indican y hasta cierto punto simulan las características de los dispositivos que representan. Se utiliza para recopilar información, monitorear y diagnosticar componentes [34].

OPC (OLE for Process Control) es el nombre de una interfaz estándar para la comunicación en la ingeniería de automatización. OLE en sí mismo significa el modelo de componentes de Microsoft. Los componentes son los objetos de software o aplicaciones que proporcionan su funcionalidad a otras aplicaciones.

En la figura 3.10, se aprecia que el HMI (front-end) se ejecuta en la PC del cliente y se comunica con la capa intermedia (nivel medio) que a su vez se comunica con el servidor OPC. En primer lugar, HMI (capa intermedia) establece una conexión con el servidor OPC, agrega grupos al servidor OPC. Envía o recibe varios parámetros y valores con el servidor OPC. Esta capa intermedia es responsable de mantener los valores de varios parámetros utilizados por cualquier componente en particular, ejemplos motores, bombas, válvulas y amortiguadores, etc. El servidor OPC es responsable de comunicarse con el PLC e intercambiar información entre el PLC y los componentes HMI [34].

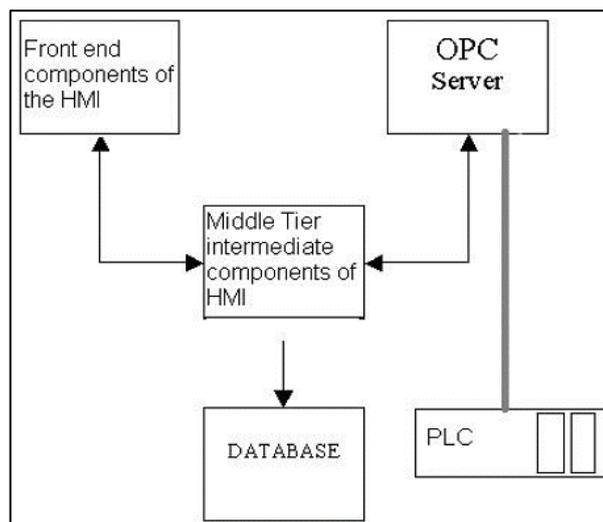


Figura 3.10. Funcionamiento del HMI [34]

3.6.1 Normas para la implementación de baja tensión Instalaciones Electromecánicas (Norma Ecuatoriana de Construcción)

El objetivo fundamental de esta norma fijar las condiciones mínimas de seguridad que deben cumplir las instalaciones eléctricas en Bajo Voltaje para salvaguardar a las personas que operan o hacen uso de ellas y proteger los bienes contra los riesgos que se puede sufrir en la presencia de electricidad, esta norma contiene:

- Instalaciones de equipos eléctricos conductores aplicados a edificaciones privadas o públicas.

- Instalaciones equipos y conductores que se conectan con suministros de energía eléctrica.
- Instalación de conductores y equipos dentro de fábricas o empresas que utilicen suministro de energía eléctrica, como oficinas, bodega almacenes, talleres, que no formen parte de una planta generadora o subestación de energía.
- Sistemas y circuitos de Emergencia [35].

3.6.2 Protocolo de comunicación Industrial MODBUS-RTU

Modbus-RTU es un protocolo de comunicación abierto serie (RS-232 o RS-485) más utilizado en la industria, derivado de la arquitectura Maestro/Esclavo protocolo ampliamente aceptado debido a su confiabilidad y facilidad de uso.

El protocolo Modbus-RTU contiene un simple CRC de 16 bits (suma de comprobación redundante-cíclica) que debido a su simplicidad garantiza la fiabilidad, y la alta precisión en la verificación y corrección de errores en la transmisión de mensajes en la figura 3.11, se puede apreciar el modelo protocolo Modbus-RTU [36].

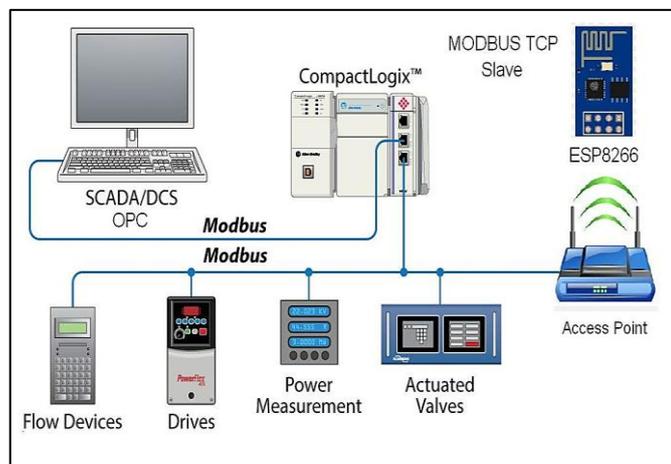


Figura 3.11. Protocolo de comunicación Industrial MODBUS-RTU [36]

En la actualidad este protocolo de comunicación Modbus-RTU es muy utilizado en el mercado ya que, al ser un protocolo libre y fácil de usar, y además se adapta a varias velocidades de transmisión acorde a la necesidad del fabricante. Las velocidades típicas utilizadas son: 300,600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 y 38400 bauds.

3.7 Sensores

El sensor es el dispositivo encargado de descubrir magnitudes físicas o químicas, que son conocidas como variables de instrumentación y convertirlas a señales de variables eléctricas,

dentro de estas variables de instrumentación se tiene: la temperatura, distancia, humedad, inclinación, aceleración, torsión, etc [37].

3.7.1 Tipos de sensores

En la literatura se ha clasificado a los sensores de la siguiente manera:

3.7.1.1 Sensores de presencia o proximidad

- Sensores inductivos: son ampliamente utilizados en la industrial para la detección de metales.
- Sensores capacitivos: reaccionan ante metales y no metales que al aproximarse a la superficie activa sobrepasan una determinada capacidad. La distancia de conexión respecto a un determinado material es tanto mayor cuanto más elevada sea su constante dieléctrica. Estos sensores son más utilizados para la identificación de objetos, para funciones contadoras y para toda clase de controles de nivel de carga de materiales sólidos o líquidos.

3.7.1.2 Sensor de temperatura

Este tipo de sensor se empleará en el presente proyecto, este corresponde al tipo de sensor capacitivo se menciona que en la industria se han extendido sobremanera debido a su alta capacidad de interpretar las señales, los dispositivos de medición de temperatura son los siguientes [38].

- Termocuplas
- Termorresistencias
- Termistores
- Diodos
- Sensores de silicio con efecto resistivo

3.8 Actuadores

En la industria los actuadores son aquellos dispositivos mecánicos que brindan un beneficio en la transmisión de energía como la presión neumática, presión hidráulica y la fuerza motriz eléctrica. Se definen generalmente con el nombre de actuadores a los elementos finales que facilitan la conversión de las variables a controlar en una instalación automatizada. Los principales actuadores se pueden clasificar por su fuerza generadora de movimiento.

3.8.1 Actuadores Eléctricos

Son dispositivos automáticos que requiere de la energía eléctrica como su fuente de poder para entregar energía mecánica sea lineal o rotativa, de acuerdo con la fuente de energía aplicada los actuadores eléctricos se pueden dividir en: Motores de corriente continua (DC), Motores de corriente alterna (AC), Motores paso a paso.

3.8.1.1 Motor de inducción lineal

El motor de inducción es un motor de tipo asíncrono de corriente alterna (CA), este motor a diferencia de los otros motores de inducción está diseñado para poder producir un movimiento en línea recta. Este tipo de motor tiene una longitud primaria o secundaria finita lo cual implica que las máquinas impulsen una fuerza de accionamiento lineal, mientras que en el motor de inducción convencional tiene un movimiento circular, por el desarrollo de esta al cortarle por una generatriz. Los motores de inducción lineal funcionan de igual manera que los motores rotativos, los cuales funcionan con frecuencia con una fuente de alimentación trifásica y pueden soportar altas velocidades. Este tipo de motor es menos eficiente que el motor rotativo debido a que existen efectos finales que hace que reduzca la fuerza del motor lo que hace que no sea posible instalar una caja de cambios para lograr compensar la fuerza y la velocidad del motor como se puede apreciar en la figura 3.12 [39].

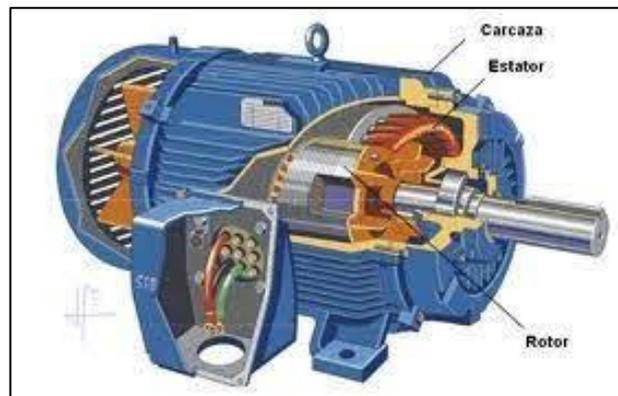


Figura 3.12. Motor de corriente alterna lineal [39]

3.8.1.2 Motor de CC de imán permanente

El motor de corriente continua es una máquina que otorga electricidad a través de medios electromagnéticos. Este tipo de motor se puede excitar con señales eléctricas tanto continua o alterna, este motor tiene varias ventajas con respecto a los tipos de campo de devanado. En este

motor no es necesario alimentar energéticamente para excitación ni para el devanado que conlleva asociado. En la figura 3.13, se aprecia el esquema del motor en cuestión.

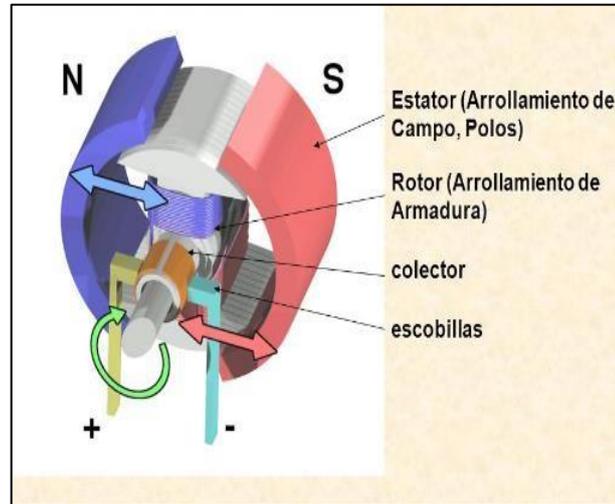


Figura 3.13. Esquema de motor de CC imanes permanentes [40]

En estos tipos de motores en su carcasa es donde se ubican los imanes, en este mismo lugar se encuentran las escobillas conjuntamente con su portaescobillas, estas se encargan de entregar al rotor la energía de alimentación mediante el colector y las delgas, esto permite que la corriente continua llegue a la bobina y así se genera la fuerza electromotriz [41].

3.8.1.3 Motores paso a paso

Los motores paso a paso son dispositivos electromecánicos que convierten una entrada de pulsos digitales a movimientos discretos e incrementales. Fueron creados por la necesidad de producir un desplazamiento angular definido y mantener su posición frente a un torque aplicado al eje.

Una de las principales características de los motores paso a paso es, su capacidad de avanzar por pasos. Los pasos de rotación es producto de un pulso de entrada y se refiere un incremento angular constante en la posición del rotor.

Los motores paso a paso competitivamente son de bajo costo, robustos, de rápida aceleración y respuesta. Una de las ventajas más significativas de los motores paso a paso con respecto a otros motores es su capacidad de poder ser controlado con precisión con un esquema de control de lazo abierto, por su otra parte los problemas típicos que presenta estos motores es su resonancia a altas velocidades en la figura 3.14, se evidencia el sistema del motor paso a paso [42].

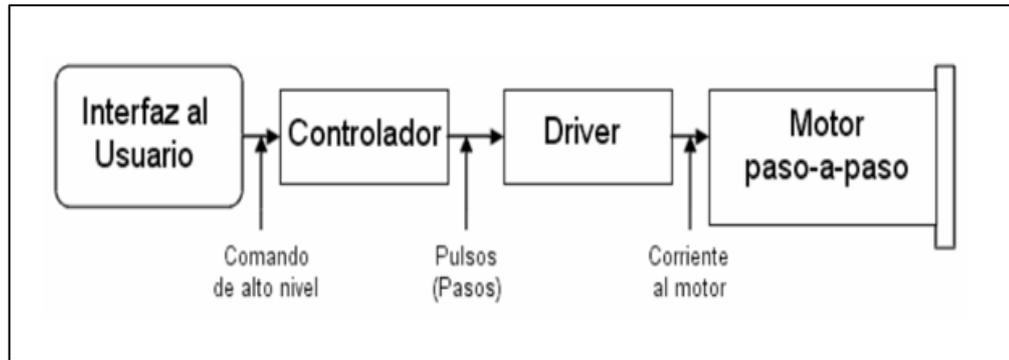


Figura 3.14. Sistema del motor paso a paso [42]

3.8.1.4 Electroválvula

La electroválvula es un dispositivo que responde a señales eléctricas. Poseen un solenoide que es sensible al paso de la corriente, esta sensibilidad permite la apertura o cierre de la válvula que controla el flujo de fluidos. Cuando existe la circulación de corriente a través del solenoide, se produce un campo magnético que atrae a un núcleo móvil, una vez que cesa el campo magnético este vuelve a su condición inicial, mediante un resorte [43].

Las electroválvulas son ampliamente utilizadas en el campo de la automatización industrial, debido a su flexibilidad de control mediante programas especializados, manejan fluidos como el agua, el aire, el vapor, aceites livianos, gases neutros y otros. En general, las electroválvulas son empleadas en sitios donde el acceso es limitado, ya que, puede ser accionada mediante impulsos eléctricos. Estas tienen distintas funcionalidades, por ejemplo:

- Surtidores automáticos de combustibles
- Irrigación de parques
- Fuentes de agua danzantes
- Dosificadores de líquidos o gases
- Regulación de niveles de líquidos
- Máquinas envasadoras
- Lavadores automáticos
- Máquinas de limpieza
- Procesos de galvanizados, etc.

Algunos tipos de electroválvulas de control de procesos y fluidos son de accionamiento directo e indirecto y son aptas para diversos tipos de fluidos tales como: aire, agua, vapor, gasóleo. En la figura 3.15, se puede apreciar los 2 tipos de electroválvulas.



Figura 3.15. Tipos de electroválvulas de control de procesos y fluidos [43]

3.9 Acero inoxidable

Este metal conformado por algunos elementos de aleación, siendo el más relevante el hierro con más del 50%, se ha convertido en el más empleado mundialmente, ya que, debido a sus características de composición tiene una resistencia elevada a la corrosión. Según la norma europea EN 10088-12, el acero es inoxidable si posee por lo menos 10.5% en masa de cromo y menos de 1.2% de carbono. Este material es ampliamente utilizado en el campo industrial, en el presente proyecto se lo emplea para la construcción de la marmita para leche [44].

3.10 Agitadores

En algunos procesos industriales de líquidos se requieren sistemas de agitación, que nos ayudan en principales aplicaciones de mezcla y homogenización, en el cual consiste que dos o más productos de distinta o igual fase, que dentro de un recipiente mediante la rotación de uno o varios elementos de accionamiento (paletas) puedan obtener productos ya mezclados y homogeneizados, de acuerdo con el modelo de flujo tiene tres tipos de agitadores. En la industria los principales tipos de agitadores son palas, turbinas y hélices los cuales resuelve el 95% de los problemas de agitación [45].

3.11 Marmita

En la figura 3.16, se puede apreciar una marmita está se define como un recipiente que trabajan en procesos industriales para la cocción de alimentos, también la marmita permite efectuar diversas operaciones en especial en la industria láctea tales como, la pasteurización de la leche, el cuaje para queso y la maduración del yogurt. Su tamaño, capacidad y eficiencia depende del

modelo y de la cantidad con la que se pretende trabajar, fabricadas por lo general de acero inoxidable, y su capacidad suele ser expresada en litros [46].



Figura 3.16. Ejemplo de Marmita [46]

3.11.1 Funcionamiento de la marmita

Las marmitas por lo general poseen una camisa vapor o chaqueta que funcionan como cámara de calentamiento esta rodea el recipiente y el calor se esparce de forma circular a una presión determinada. El vapor es suministrado por una caldera, el mecanismo de funcionamiento de una olla de presión o marmita consta básicamente de: un recipiente de metal con tapa, un regulador de presión, una o más válvulas de alivio de presión y un empaque sellador de hule [47].

3.11.2 Partes de una marmita

Las partes de una marmita se pueden apreciar en la figura 3.17.

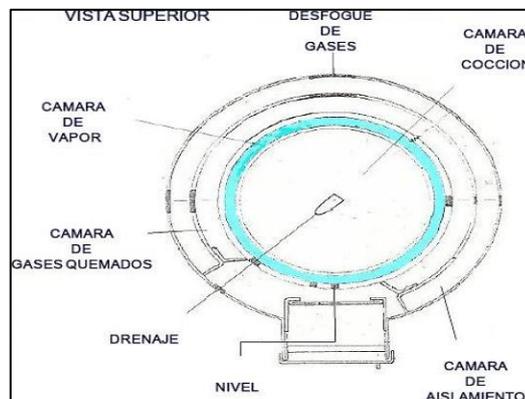


Figura 3.17. Partes de una marmita [47]

3.12 Pasteurización de leche

La pasteurización consiste en el tratamiento de conservación de alimentos, mediante el calentamiento a altas temperaturas y a un tiempo determinado y seguido de un enfriamiento rápido se puede eliminar todas las bacterias patógenas y reducir la actividad enzimática. El objetivo es hacer que los productos sean seguros para el consumo y que tengan una vida útil más prolongada en la figura 3.18, se puede apreciar un proceso de pasteurización de leche en general.

En el proceso de pasteurización de leche existen 3 tipos de proceso bien diferenciados pasteurización lenta(VAT), pasteurización a altas temperaturas durante un breve periodo (HTST, High temperature/Short time) y procesos a altas temperaturas (UHT, ultra-High Temperature).

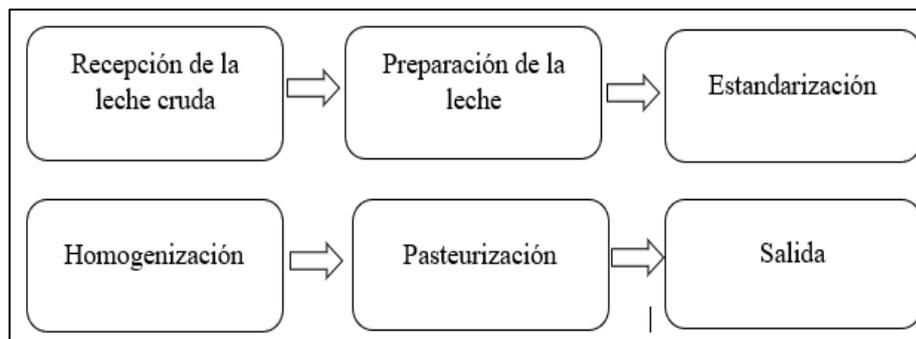


Figura 3.18. Diagrama de flujo proceso de pasteurización de leche

4. METODOLOGÍA

La presente propuesta tecnológica tiene como finalidad la descripción, el desarrollo y funcionamiento de la automatización y control del proceso de pasteurización de leche en la fábrica de helados Iglú ubicada en la ciudad de Pujilí, además de los planteamientos en cuanto se refiere a metodologías a fin de demostrar el correcto funcionamiento del sistema.

El objetivo de la automatización es reducir el tiempo del proceso de pasteurización, así como ayudar de forma directa al poco personal que se posee la fábrica. También la automatización del proceso de pasteurización de leche se fundamentó en instrumentos, métodos que ayudan en el diseño pleno de la Ingeniería Electromecánica, en base a herramientas computacionales de simulación, programación e implementación. El sustento de la automatización del proceso de pasteurización de leche se ve reflejado en la investigación de documentos, artículos científicos, softwares computacionales sitios web.

4.1 Métodos

4.1.1 Método bibliográfico

Para la automatización del proceso de pasteurización de leche se investigó antecedentes, revistas, libros, artículos científicos, sitios web que ayudan en la elaboración de este documento, además se investigó proyectos similares referentes a temas de la automatización del proceso de pasteurización de leche para la fábrica de helados Iglú.

4.1.2 Método de campo

Al encontrarse la marmita ya construida y en pleno funcionamiento de forma manual dentro de la fábrica Iglú, se empleó este método con la finalidad de determinar todas las características, medidas y funcionamiento que rigen el trabajo de dicho contenedor.

4.1.3 Método experimental

En este estudio se constituyó como uno de los más relevantes ya que, para la automatización de del proceso de pasteurización de leche se realizó una serie de pruebas de control de temperatura, en este caso del calentamiento y enfriamiento de la leche, y del nivel de agua con lo cual se determinará la eficiencia del sistema.

4.1.4 Método inductivo

El presente método también ha sido de gran utilidad ya que es indispensable la observación de los datos en este caso de la temperatura y de nivel proporcionados por los sensores que permita llevar un registro.

4.1.5 Método cuantitativo

Dentro de este método se permitió analizar e identificar los parámetros necesarios que rigen el correcto funcionamiento de la automatización en el proceso de pasteurización, ya que influye principalmente en las variables eléctricas como en el voltaje y corriente para las entradas y salidas del PLC Mitsubishi debido a que su voltaje es de 110 V. así como la cantidad de revoluciones y parámetros en las electroválvulas que son necesarios para que el proceso sea eficiente.

4.2 Técnicas de investigación

4.2.1 Observación

Mediante esta técnica se pudo visualizar el tiempo del proceso de pasteurización de leche que se demora entre la maquina automática y la forma manual y además las dimensiones que se requería para el diseño del prototipo.

4.2.2 Medición

Esta técnica contribuyó con la obtención de magnitudes y calibraciones de los sensores y actuadores que forman parte de la automatización, dentro de estas magnitudes encontramos variables referentes a la cantidad de temperatura que maneja la pasteurización, así como el porcentaje de la cantidad de voltaje dentro del PWM para la velocidad del motor, además se utilizaron instrumentos de medición como multímetro que nos ayudaron en la medición de voltaje y corriente.

4.2.3 Simulación

Esta técnica nos ayudó a identificar todas las partes fundamentales para la automatización y control de las variables digitales y analógicas dentro del proceso de pasteurización de la misma forma se utilizaron software de diseño como SolidWorks que nos ayudó a construir el bosquejo de la tapa para su posterior aprobación por parte del dueño de la fábrica, además se utilizó software de programación GX Developer para el PLC Mitsubishi.

4.3 Instrumentos de medición

4.3.1 Multímetro

Se utilizó este dispositivo para la identificación y agrupación de los elementos eléctricos con las mismas características ya sea voltaje o corriente de tal manera permita conectar sin tener algún daño eléctrico.

4.3.2 Cronómetro

La utilización de este dispositivo es para la toma de tiempo tanto el proceso manual y en el proceso automático

4.4 Matriz de relación de variables

A continuación, se describe las variables independiente y dependiente que se presenta en la automatización del proceso de pasteurización de leche.

4.4.1 Variable Independiente

En la presente propuesta tecnológica se presenta la siguiente variable independiente con sus variables, indicadores, ítem e instrumentos que son detallados en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Matriz de variable independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE: Sistema automático en el proceso de pasteurización de leche						
Concepto	Tipos de Variables	Variables de Entrada	Variables de Salida	Ítem	Indicador	Instrumento
Sistema automatizado del proceso de pasteurización de leche	Digitales	Selector On-Off	Voltaje	0 - 110 V	Diferencial de Potencial - Luz Piloto	Voltímetro
		Paro Emergencia	Voltaje	0 - 110 V	Diferencial de Potencial - Luz Piloto	Voltímetro
		Nivel Bajo	Voltaje	0 - 5 V	Diferencial de Potencial - HMI	Voltímetro
		Nivel Alto	Voltaje	0 - 5 V	Diferencial de Potencial - HMI	Voltímetro
		HMI Pantalla KINCO	Electroválvula Entrada EV1	0 - 110 V	Diferencial de Potencial - HMI	Voltímetro
			Electroválvula Entrada EV2	0- 110 V	Diferencial de Potencial - HMI	Voltímetro
			Electroválvula Entrada EV3	0 - 24 V	Diferencial de Potencial - HMI	Voltímetro
			PWM Motor DC	0 - 100 %	Porcentaje en Resolución de Trabajo	Tacómetro
			Analógicas	Temperatura	Grados Centígrados	0 - 100 °C

4.4.2 Variable Dependiente

En la presente propuesta tecnológica se presenta la siguiente variable dependiente con su categoría, indicadores, ítem, técnicas e instrumentos que son detallados en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Matriz de variable dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE: Reducir el tiempo de producción					
Concepto	categoría	indicadores	ítem	técnicas	instrumentos
Tiempo de reducción en el proceso de pasteurización.	Tiempo	Tiempo de pasteurización	Minutos	Medición	Cronómetro

4.5 Materiales

Para el desarrollo de la presente tesis se requieren materiales de investigación tales como: instrumentos de medición, softwares de simulación, herramientas computacionales. También por otro lado, para la automatización del proceso de pasteurización de leche, se quiere determinar los materiales a utilizar como: el controlador lógico programable (PLC), Interfaz Hombre-Máquina (HMI), sensores y actuadores. Además de conocer el estado actual de la fábrica para definir las variables y los procesos que intervienen, y que deben ser controladas en la programación, configuración y desarrollo de la tesis.

4.5.1 Controlador lógico programable (PLC)

Mediante la tabla 4.3, se realiza una comparación entre los diferentes tipos de controladores lógicos programables (PLC) de diferentes marcas y características existentes en el mercado, se determinará de acuerdo a los aspectos técnicos cada uno de controladores lógicos programables (PLC) como son: el número de entradas y salidas, voltaje de alimentación, tipo de salidas, protocolos de comunicación y compatibilidad con módulos de expansión con esto se podrá elegir el adecuado para la automatización del proceso de pasteurización de leche en la fábrica de helados Iglú del cantón Pujilí provincia de Cotopaxi.

Tabla 4.3. Comparación de PLC

Tipo de PLC	Número de E/S Voltaje de alimentación	Tipos de entradas	Tipos de salidas	Módulos y Protocolos	Precio
Siemens S7 1200 CPU 1212C	8/6 24VDC	8DI-24VDC 2AI-V	6DO-24VDC Tipo Relé	SI Profinet Modbus	\$ 480
¡Siemens LOGO! 8 24 CE	8/4 DC24V	4 DI a 24VDC 4AI (0 a 10 v)	4DO Tipo relé	SI Profinet Modbus Profibus	\$ 160

PLC Mitsubishi FX3U-24MR	14/10 DI (Relé) 100- 240 V DC24V	6 canales de entrada analógica	2 canales salida analógica	RS232 485 Ethernet	\$ 125
Schneider Electric	14/10 100/240 VAC	14 DI 24VDC	10 DO salidas tipo relés	SI Profinet Modbus Profibus	\$ 325

Con los datos seleccionados de la tabla 4.3, se pudo elegir de las diferentes características de cada PLC el correcto, tomando como decisión a utilizar el PLC Mitsubishi de la serie FX3U-24MR por su alta velocidad, grandes atributos de comunicaciones libres, rango de voltaje de alimentación adecuado, precio, número de entradas y salidas.

4.5.1.1 PLC Mitsubishi FX3U-24MR

El controlador lógico programable de la marca Mitsubishi FX3U-24MR contiene diversas funciones potentes que pueden satisfacer los diversos controles que se requieren en la industria. Siendo un PLC de diseño compacto, con mayor número de entradas y salidas, flexibilidad, mayor rendimiento capacidad de expansión, almacenamiento, precio razonablemente económico y funciones rápidas, como se observa en la figura 4.1, este tipo de PLC se ha convertido en una alternativa perfecta para realizar este tipo de proyectos de automatización, e incluso proyectos grandes ya que se puede expandir las señales analógicas hasta 16 entradas analógicas, hasta 16 salidas analógicas y el tiempo de procesamiento de instrucciones es muy rápido de 0,065 μ s/instrucción lógica [48].

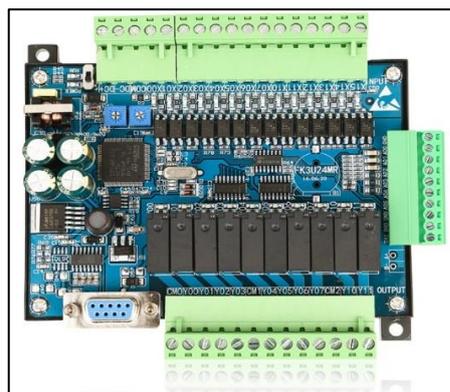


Figura 4.1. PLC Mitsubishi FX3U-24MR [48]

El controlador lógico programable Mitsubishi de la serie FX3U-24MR se puede programar mediante lenguaje Ladder siendo muy diverso y fácil de entender con una interfaz sencilla, Las

características generales del PLC Mitsubishi FX3U-24MR se pueden encontrar en la tabla 4.4, en la cual se especificará temperatura de trabajo, rango de voltaje.

Tabla 4.4. Especificaciones generales del PLC Mitsubishi FX3UMR

Ítems	Características
Modelo	FX3U-24MR
Punto de entrada X componente	(14 IN) X0-X15, entrada DC24, bajo nivel efectivamente. X0-5 puerto de entrada de alta velocidad
Punto de salida Y componente	(10 OUT) Y0-Y11 es salida de relé. Corriente de salida relé 5A, Y0-2 para salida de alta velocidad
Entrada analógica	6 canales de entrada analógica, precisión de 12 bits, tensión de entrada: 0-10 V; 0-20mA
Salida analógica	2 canales salida analógica, precisión de 12 bits, tensión de salida: 0-10V
Corriente de Salida	8A
Temperatura de funcionamiento	0 °F ~ + 131 °F

4.5.2 Interfaz hombre-máquina (HMI)

Con el interfaz hombre-máquina que existente en el mercado nacional se realizó una comparación mediante aspecto de compatibilidad, funcionalidad, conectividad, protocolos de comunicación y el costo. En la tabla 4.5, se puede observar la comparación para seleccionar el HMI adecuado. De igual forma debe ser compatible con los protocolos de comunicación del PLC Mitsubishi FX3U para realizar una red industrial eficiente y compartir los datos con lo que se podrá realizar el monitoreo control del sistema automatizado para el proceso de pasteurización de la leche en la fábrica de helados Iglú.

Tabla 4.5. Comparación de HMI

Marca	Tamaño de pantalla	Rango de Voltaje de alimentación	Memoria	Compatibilidad Y Protocolos	Precio
KINCO GL070E	7 in	24V DC 3,6W	128MB NAND Flash Memory+128MB DDR3 Memory	RS232/RS485/RS422; COM2:RS232 Ethernet	\$ 175
SAMKOON HMI TOUCH COLOR	4,3 in	24 VDC (+/- 15%)	128MB Flash +32 MB RAM	SI Profibus Modbus Serial	\$ 250
SIMATIC KTP600 Basic color	5,7 in	24 VDC 19.2-28,8 V	128MB Flash +32 MB RAM	SI Profinet Modbus	\$ 500

Por la calidad, flexibilidad y bajo costo se realiza la selección de la pantalla HMI de marca Kinco Green de la serie GL070E, la cual permitirá realizar el monitoreo del sistema al conectarse con el PLC que controla el proceso. Gracias a que la HMI tiene protocolos de comunicación libres mediante Modbus, Profinet, Profibus y Ethernet se puede realizar una conexión de red industrial. Otra característica que resalta esta HMI es la amplia memoria y su tamaño es ideal para poder visualizar todo el proceso como se puede apreciar en la figura 4.2.

4.5.2.1 Características importantes de la pantalla HMI Kinco GL070E

- Pantalla TFT 7 "
- Resolución 800*480 pixeles
- color de la pantalla 16,7 M color
- Almacenamiento Memoria flash NAND de 128 MB + memoria DDR3 de 128 MB
- Comunicación; RS232 / RS485 / RS422 con protocolo MODBUS-RTU
- 2 puertos COM
- Rango de voltaje de entrada 3.6W ~ 24VDC [49].



Figura 4.2. HMI Kinco Green de la serie GL070E [49]

4.5.3 Sensores de Temperatura

Es un sistema que capta vibraciones de la temperatura de líquidos, aire, u otros entornos ambientales. En la práctica existen una gran cantidad de sensores de temperatura que según su aplicación específica pueden ser utilizados de manera adecuada en la tabla 4.6, se podrá observar los diferentes sensores utilizados en la industria, con ello se podrá seleccionar el más adecuado [50].

Tabla 4.6. Comparación de sensores de temperatura

Tipo de sensor	Rango nominal	linealidad	Características	Costo
Termocupla	-200 a 1600 °C	Alta	Requiere referencia de temperatura Exactitud +/- 4°C	Bajo
Termistor	-15 a 115 °C	No Lineal	sensible	Medio
Termorresistencia RTD (PT, Ni)	-150 a 600°C	Alta	Exactitud	Medio
Diodos	-200 a 5°C	Alta	Bajo	Bajo
Termómetro de Mercurio	-10 a 300 °C	Estable	Simple, lento de lectura y manual	Bajo
Sensor de temperatura MLX90614	-70 a 380 °C	Alta	Sensible	Bajo

De acuerdo con las características del sensor de temperatura adecuado para el sistema de automatización será MLX90614, en este caso es un sensor infrarrojo que, por su exactitud y alta calidad en la medición. Además de tener un rango nominal apropiado para la aplicación porque no existe contacto con la materia prima [51].

4.5.3.1 Sensor de temperatura MLX90614

El sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 permite medir la temperatura de un objeto a distancia (sin contacto). Entrega un amplio rango de trabajo para objetos desde -70 °C hasta 380°C, con una precisión de 0.5 °C como se puede observar en la figura 4.3 [51].



Figura 4.3. Sensor de temperatura MLX90614 [51]

4.5.4 Sensores de Nivel

Un sensor de nivel es un dispositivo electrónico que mide la altura de un fluido, generalmente un líquido, dentro de un recipiente o tanque se pueden clasificar en dos grupos en el primer

grupo estos sensores de nivel de punto que es utilizado para determinar un predeterminado nivel, su salida es digital y se usa en forma de alarmas para niveles altos o bajos. El segundo grupo se habla de los sensores de nivel continuos estos son más complejos y pueden establecer medidas de nivel en todo un rango del sistema los cuales producen una salida analógica que se relaciona directamente con el nivel del recipiente o tanque, teniendo estos conceptos ya se puede seleccionar el adecuado, en la tabla 4.7 se podrá observar la comparación de sensores de niveles. [52].

Tabla 4.7. Comparación de sensores de Nivel

Tipo de sensor	Campo de medida	Precisión de escala	Característica	Costo
Radar	0~2,5m	+/- 0,5% ~ +/- 2.0%	Fuente radiactiva, todo tipo de tanques	Alto
Ultrasónico	0,3 ~10m	+/- 1%	Sensible a la densidad usa todo tipos de tanques	Alto
Sensor de nivel HW 103	0-0,2m	+/- 0,1%	Sensible	Bajo

Acorde con una gran variedad de sensores de nivel que existen en mercado y los beneficios que proporcionan se optó por elegir sensor de nivel HW 103 por su costo y requerimiento en el sistema de tuberías pequeñas ya que a diferencia de un sensor ultrasónico que son para sistemas grandes.

4.5.4.1 Sensor de nivel de agua HW-103

En la figura 4.4 se puede apreciar un sensor de nivel de agua HW-103, que se utilizó en este sistema ya que al ser un sensor simple que se puede usar para detectar nivel de agua y mide de 0 a 100% y es utilizado en sistemas de tuberías pequeñas [53].

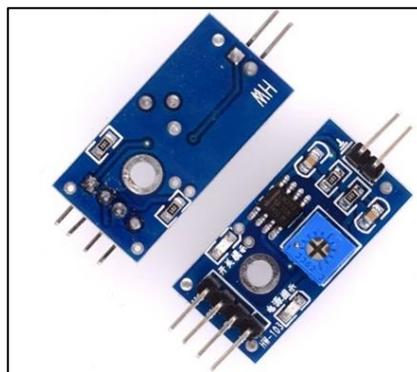


Figura 4.4. Sensor de nivel de agua HW-103 [53]

4.5.5 Interruptor Automático

Para el sistema de potencia se emplearon interruptores de efecto termomagnético para conectar componentes eléctricos. Los relés se definen como dispositivos electromagnéticos que funcionan como un interruptor controlado por un circuito para cumplir con ciertas condiciones en el circuito eléctrico, en este caso el interruptor automático será el dispositivo de interrumpir la corriente eléctrica del circuito cuando se detectan valores mayores a ciertos límites como se puede apreciar en la figura 4.5 [54].



Figura 4.5. Interruptor automático [54]

En la tabla 4.8, se detalla las especificaciones del interruptor automático utilizado en este proceso de automatización.

Tabla 4.8. Datos técnicos de la protección eléctrica [55]

Modelo de producto	NXB-63
Estándares con los que cumple	IEC60898-1
Corriente nominal	25A
Tensión nominal	220V~/230V
Frecuencia: 50Hz	50Hz
Tipo de disparo electromagnético	C
Número de polos	2P
Vida mecánica	10000 ciclos

Vida eléctrica	4000 ciclos
Poder nominal de corte en cortocircuito (Icn)	6000A
Poder de corte en cortocircuito (Ics)	6000A
Tensión nominal soportada al impulso (Uimp)	4kV
Grado de protección montaje en la caja de distribución	IP40

El interruptor que se utilizó en este proyecto tiene un grado de protección IP40, es decir contra la penetración de objetos sólidos de 1 mm y ninguna protección contra la penetración de agua. Para el dimensionamiento del calibre del conductor se considera el amperaje soportado de la protección automático como se puede observar en la tabla 4.9.

Tabla 4.9. Capacidad de protección en función al amperaje soportado

Calibre del conductor AWG	20	18	16	14	12
amperaje soportado de la protección (A)	2	10	13	18	25

4.5.6 Electroválvulas de agua

Para el sistema de agua se selecciona las electroválvulas por el material, marca, voltaje y por su disponibilidad en el mercado, con el cual se podrá realizar el control en esta parte del sistema como se puede apreciar en la tabla 4.10.

Tabla 4.10. Comparación de electroválvulas de agua

Material	Marca	Tipo de conexión de entrada	Especificación cumplida	Precio
Metal	Red Hat	National Pipe Tapered 120 VAC	Nema	\$ 60
Cobre, aluminio, latón	Beduan	National Pipe Tapered 12 Vcc	Nema	\$ 95
Acero Inoxidable	Darhor	National Pipe Tapered 120VAC	ISO 9001	\$ 80

En cuanto a la selección de la electroválvula para controlar los suministros del agua optó por elegir la marca Darhor modelo DW21-15S ya que es de acero inoxidable ideal para el proceso, además de poseer una temperatura de trabajo de $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \div +50\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la figura 4.6, se puede apreciar este tipo de electroválvula [56].



Figura 4.6. Tipo de electroválvula utilizado en el proyecto [56]

A continuación, en la tabla 4.11, se detalla las especificaciones de la electroválvula de accionamiento directo 2/2 vías G1/2"

Tabla 4.11. Datos técnicos de la electroválvula On/Off 2/2 NC [57]

Tamaño del puerto	G 1/2"
Temperatura del fluido	-10°C ÷ +130°C
Temperatura ambiente	-10°C ÷ +50°C
Material del cuerpo	latón (CW617N EN 12165)
Material del piloto	acero inoxidable
Material del cierre piloto	FKM
Potencia de la bobina	CA 18va (servicio) CA 36va (punta) CC 14w
Grado de protección	IP 65 (con conector)

La electroválvula utilizada en este proceso de automatización tiene un grado de protección IP65 es decir que están protegidos contra la entrada de polvo y el contacto. La carcasa de la electroválvula protege el interior del equipo contra los chorros de agua desde cualquier ángulo.

4.5.7 Electroválvula de vapor

A continuación, en la tabla 4.12, se detalla las especificaciones de la electroválvula de vapor de accionamiento directo 2/2 vías G1 ".

Tabla 4.12. Datos técnicos de la electroválvula Vapor 2/2 NC [57]

Tamaño del puerto	G 1"
Fluido	vapor
Temperatura del fluido	+80°C ÷ +180°C
Temperatura ambiente	-10°C ÷ +70°C
Material del cuerpo	(CW617N EN 12165)
Material del orificio	(1.4305 en 10088/AISI 303)
Material del piloto	acero inoxidable
Material del cierre piloto	PTFE
Material del cierre principal del piloto y de la membrana	PTFE
Potencia de la bobina	CA 18va (servicio) CA 36va (punta) CC 14w
Grado de protección	IP 65 (con conector)

De igual manera la electroválvula de vapor utilizada en este proceso de automatización es la adecuada ya que soporta una temperatura del fluido de +80°C ÷ +180°C ideal para este proceso y un grado protección IP65.

4.5.8 Motorreductor

En la selección del motor para el proceso de pasteurización de leche se optó por un motor DC, motorreductor ya que nos permite controlar variando la corriente como se aprecia en la figura 4.7 que a diferencia de un motor AC velocidad se controla variando la frecuencia, en la tabla 4,13 se aprecia las especificaciones este motor.



Figura 4.7. Motorreductor DC

Tabla 4.13. Especificaciones generales motor DC [59]

Datos del producto	Nidec 24Vdc Geared Motor
Tipo de motor DC	Con caja reductora y con escobillas
Velocidad de salida	21 RPM
Par de salida máximo	4 Nm
Corriente nominal	2 A
Construcción de la bobina	Imán permanente
Cumple estándares	ISO 965-2
Clasificación de potencia	7,79 W
Tipo de reductor	Cilíndrico con tornillo sin fin
Diámetro del eje	10 mm
Grado de protección	IP54

El motor utilizado en este proceso de automatización es un motorreductor DC con un grado de protección IP54, tiene una protección frente a polvo o humedad completos y, además, está protegido contra salpicaduras de agua.

4.5.9 Tipo de Agitador-Impulsador

En la tabla 4.14, se muestra una comparación mediante una tabla los tipos de impulsadores y se procederá a seleccionar el adecuado y acorde a las necesidades del proceso de pasteurización las medidas de la marmita disponible en la fábrica.

Tabla 4.14. Selección de Tipo de impulsador [60]

Tipo de Impulsador	Tipo de Flujo	Aplicaciones
Pala tipo ancla	Tangencial Radial	Líquidos viscosos y pegajosos Aptos para tanques circulares
Pala tipo rejilla	Tangencial	Líquidos viscosos Aptos para tanques amplios y bajos
Tipo hélice o helicoidal	Axial	Líquidos baja viscosidad Aptos para tanques circulares
Tipo turbina	Axial Radial	Líquidos poco viscosos

Para la selección del tipo de impulsor se optó por un impulsador tipo helicoidal ya que en el proceso de pasteurización se necesita tener una mezcla uniforme y el tipo de flujo adecuado que nos da esta mezcla es Axial.

En la figura 4.8, se puede observar un impulsador tipo helicoidal, trabaja a velocidades bajas, genera un flujo axial y se utiliza para líquidos poco viscosos que requieran poco esfuerzo de corte pueden estar compuestas de 2 a 6 paletas, en la tabla 4.15 se describe las características del impulsador tipo helicoidal que se utilizó en este proceso [60].



Figura 4.8. Ejemplo de agitador tipo helicoidal

Tabla 4.15. Descripción del tipo helicoidal

Descripción	Generalmente utilizan 2 a 6 alabes o paletas
Campo de flujo generado	Axial
Régimen alcanzado	Laminar
Velocidad tangencial	3 – 15 m/s
Viscosidad del medio	< 8 Pa·s

4.5.10 Software de programación GX Developer

GX Developer es un software diseñado para la programación de los PLC de marca Mitsubishi perteneciente a la serie GX, tiene una interfaz sencilla y permite la programación en lenguaje de contactos (LADDER), contiene también una lista de instrucciones en el cual nos muestra

todas las funciones básicas y avanzadas que nos facilita la correcta programación en la figura 4.9, se muestra un interfaz de programación d este software.

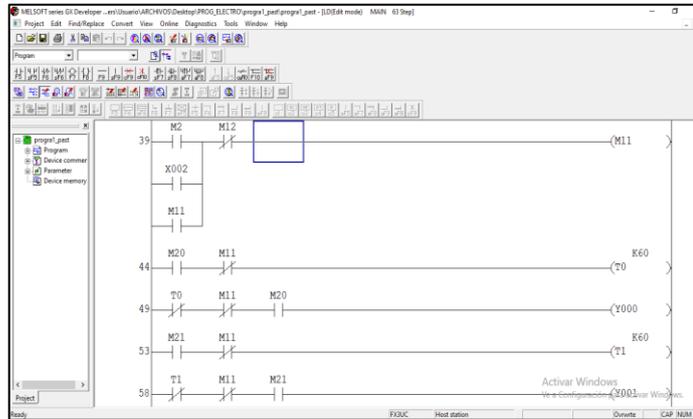


Figura 4.9. Interfaz del software GX Developer

El software de programación permite programar sus propios bloques de funciones y tiene una amplia gama de utilidades disponibles para configuración y también se puede probar todas las funciones antes de aplicarlas con el modo de simulador.

4.5.11 SolidWorks

SolidWorks es un software de diseño CAD 3D que nos permite moldear, diseñar, simular ensamblar piezas en 3D y planos en 2D, nos facilita y agiliza el diseño de las piezas antes de poder ensamblar el producto como se muestra en la figura 4.10, la interfaz de este programa.

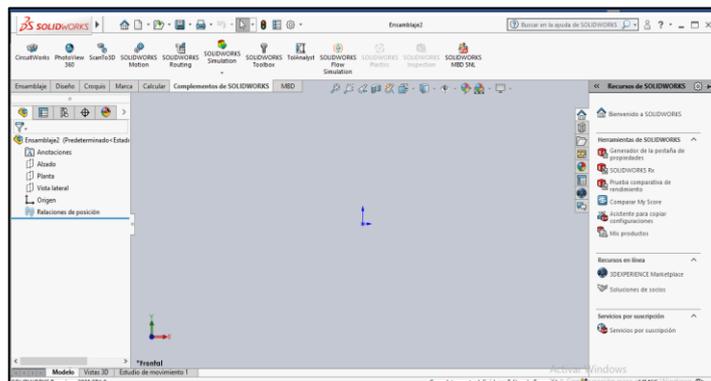


Figura 4.10. Interfaz del software SolidWorks

4.5.12 Software Kinco DTools

En la figura 4.11, se muestra la interfaz del software Kinco DTools fue creado por la marca Kinco, nos permite realizar la programación para HMI, son compatibles con gran mayoría de PLC gracias a sus protocolos libres. Es amigable con el usuario ya que proporciona una interfaz

sencilla basta con arrastrar y soltar los objetos que se desea que se muestren en la pantalla de la HMI y poderlos configurar de una manera rápida.

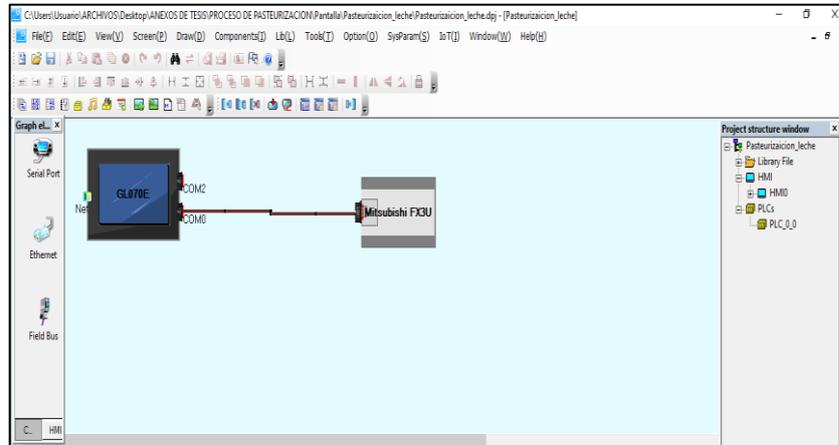


Figura 4.11. Interfaz del software Kinco DTools

4.6 Diseño Conceptual

Se basa en las funciones principales y secundarias de los parámetros establecidos por la fábrica a fin de poder realizar un correcto dimensionamiento en la estructura metálica, y a su vez llegar a contemplar la disponibilidad de sensores y actuadores que formaran parte del sistema de automatización y control dentro del mercado nacional, esto con el fin de aplicar una selección de componentes.

4.6.1 Diagrama de funcionamiento básico

El dispositivo se divide en tres etapas principales, de las cuales se pueden identificar en cada parte fundamental los equipos y características que los conforman, en la primera etapa tenemos dos partes fundamentales, la primera destinada a los sensores que son los que convertirán las variables de nivel de agua, temperatura en pulsos eléctricos que serán comandados por el controlador, aprecie el anexo 16. La segunda estará destinada a la pantalla táctil Kinco, que a través de su interfaz gráfica (HMI), se podrá controlar las variables tanto de entrada como de salida.

La segunda etapa destinada al controlador que para caso de estudio será un PLC de la marca Mitsubishi de la serie FX3U-24MR, el cual nos ayudara a controlar todas las variables tanto de la pantalla como las salidas necesarias para la automatización, cabe recalcar que las propiedades del PLC son una gran cantidad de salidas a relé y entradas digitales, así como entradas y salidas

analógicas que nos ayudaran a controlar las variables de temperatura y cantidad de PWM necesario para el motor.

En la última etapa disponemos de los actuadores de tipo electroválvulas las mismas que controlaran el ingreso y salida del agua a través del intercambiador de calor a fin de controlar la temperatura de pasteurización dentro de la marmita, también se dispone de un motor DC controlado por PWM, para controlar la mezcla a una velocidad adecuada del producto a fin de que el mismo no pierda las características necesarias para la pasteurización de leche, como se aprecia en la figura 4.12. En el anexo 4 se puede apreciar el diagrama de potencia de la conexión del motor, y el el diagrama de control.

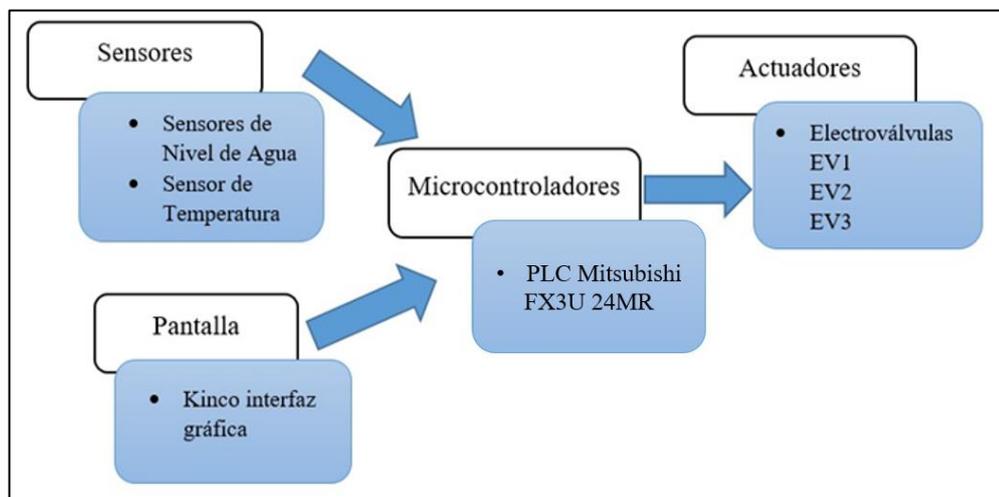


Figura 4.12. Diagrama de funcionamiento básico

4.6.2 Esquema eléctrico

En la figura 4.13, se puede apreciar el diagrama de conexiones que forman parte del proceso de automatización, dentro del cual se puede ver que la interfaz gráfica de HMI y el control del proceso se realiza a través de la pantalla y que solo el pulsador de emergencia es la entrada que comanda una posible falla. También se puede visualizar que el control de temperatura, así como el control de velocidad se realizan a través de módulos de acople (adquisidores de datos que modifican las señales de temperatura y PWM en una variable controlable por el PLC), de este modo la carga de corriente grande del motor DC se puede controlar sin que el microcontrolador sufra daños. De la misma forma pasa con el módulo de temperatura al poseer una comunicación que no es compatible con el PLC se usa un acople electrónico de tal forma que la comunicación o adquisición de los datos cambien a un lenguaje entendible para el PLC.

En el anexo 4 se detalla el plano eléctrico de alimentación y entradas del PLC FX3U-24MR y de igual manera en el anexo 4 se aprecia el plano eléctrico de salidas del PLC.

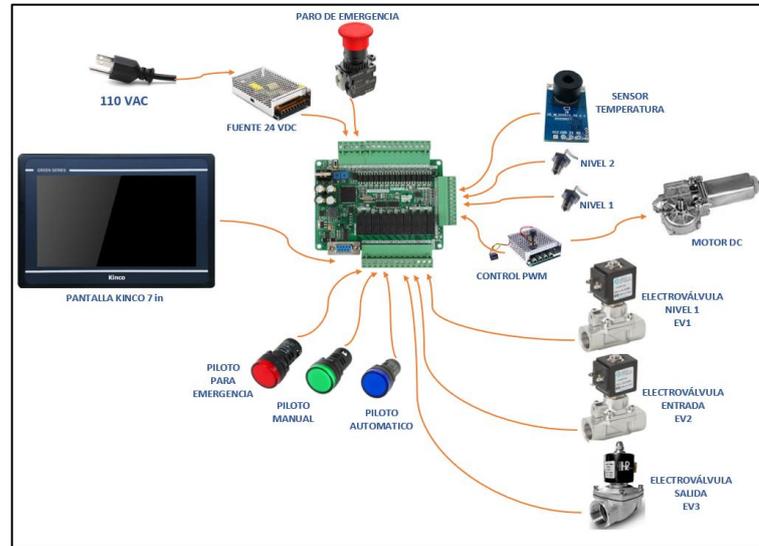


Figura 4.13. Diagrama general de conexiones del proceso de automatización

4.6.3 Programación de PLC Mitsubishi

De acuerdo a los requerimientos del diseño se realizó la programación para el PLC de la marca Mitsubishi FX3U-24MR. Este programa permite adquirir y procesar datos, se debe configurar parámetros y declarar variables, una vez declarado las variables nuestro PLC tiene la función de control On/Off en las electroválvulas mediante sensor de nivel, el control de la variable de temperatura con un sensor infrarrojo y la velocidad del motor controlado por un PWM todo estos variables controlada a través de un interfaz gráfico HMI. En el anexo 7 se detalla la programación de cada uno de los componentes del PLC.

4.7 Diseño de la interfaz gráfica HMI

Dentro de la automatización de la marmita se toma en cuenta los parámetros bajo los cuales trabaja dicho proceso de forma manual para implementar el mismo proceso, así como el nuevo proceso automático.

Para la interfaz gráfica se usa una pantalla táctil de 7 pulgadas Kinco en la cual se colocará la interfaz gráfica que comandará a todo el proceso de automatización, la descripción del proceso se detalla a continuación se puede apreciar en la figura 4.14.



Figura 4.14. Pantalla principal del HMI

La primera pantalla corresponde a una caratula donde se seleccionará el tipo de proceso que se requiere, al igual que el membrete de que se trata y demás características del proceso.

En la segunda pantalla se tiene el proceso manual en donde todas las variables son manuales y serán controladas desde los pulsos o botones programados en la misma, las señales visuales del proceso también se verán reflejadas en la pantalla con luces estilo piloto incorporado dentro del mismo HMI. De la misma forma la temperatura será reflejada en grados centígrados.

En la figura 4.15 se puede visualizar que la pantalla se dividió en 6 secciones importantes, la primera sección corresponde al encendido de la electroválvula uno EV1 y el Reset de los niveles del tanque, la segunda sección refleja el estado de los niveles de la marmita estos valores se presentan de forma numérica, en la tercera sección se dispone de dos pulsadores para abrir y cerrar la electroválvula de salida EV3, en la cuarta sección encontramos las velocidades variables del motor DC donde cada uno de los botones coloca al motor en velocidades lentas media y rápidas, al igual que el botón de paro total del motor. En la quinta sección se encuentra el botón de salida para regresar al HMI principal de modo que el operador pueda volver a seleccionar el método que considere primordial, en la última sección se tiene la temperatura en una slider y un visualizador numérico, de esta forma se puede visualizar la temperatura a la que se encuentra el proceso.

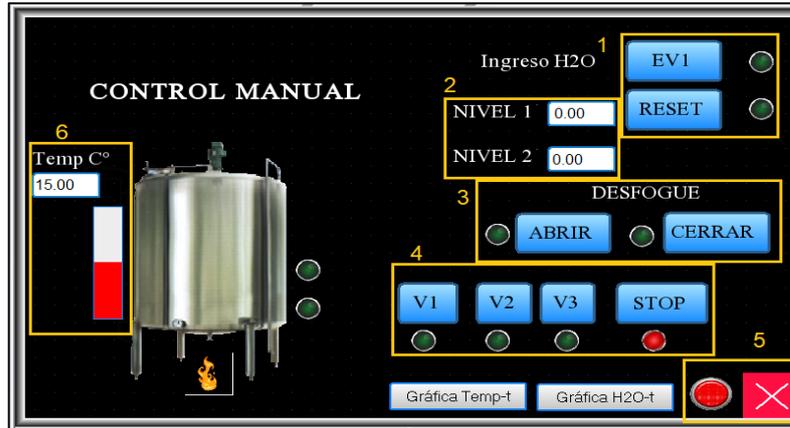


Figura 4.15. Pantalla del control manual

Por último, como se puede ver en la figura 4.16 se tiene una pantalla automática donde con un solo pulsador se dará inicio al proceso de pasteurización donde el equipo será capaz de controlar por completo todo el desarrollo, así como con ayuda de señales audibles se conocerá en qué estado está la producción y de la misma forma que en la anterior pantalla se tendrá visualizadores visuales.



Figura 4.16. Pantalla del proceso automático.

Para la parte de control se tiene un PLC que comandara las acciones que se tomen dentro de la pantalla y llevara estas órdenes a través de los actuadores del proceso como son válvulas, visualizadores, circuito de control de potencia del motor DC.

Para este proceso se dispone de dos electroválvulas de ½ pulgada en 110v, una electroválvula de 1 pulgada de 24v, también se dispone de indicadores visuales como luces piloto todas en 110v, así como un selector que activa y desactivara todo el proceso, por último, se tiene un paro de emergencia que anulara el proceso iniciado en cualquier momento.

La pantalla se alojará en una caja metálica que se ubicará alado del proceso a controlar como se aprecia en la figura 4.17.



Figura4.17. Tablero gráfico del control

4.7.1 Ubicación de los elementos de control dentro del tablero de mando

Para esta parte se distribuye los elementos de control sobre una superficie a fin de encontrar una medida adecuada y normada de tableros metálicos con el fin de encontrar un adecuado dentro del mercado nacional.

Dentro de la distribución de elementos en el tablero se colocan protecciones como Interruptor termomagnético (Breaker), y paros de emergencia, también se usa riel din para la colocación de los elementos sobre el tablero, los cables se colocan dentro un protector de forma que ninguno quede en el aire, y todo los elementos se encuentran membretado para el que el operador tenga el conocimiento como se muestra en la figura 4.18



Figura 4.18. Colocación de los elementos en el tablero de control

Para los cables sueltos se usa protección en espiral plástica a fin que ninguno quede fuera de sus protecciones.

4.8 Diseño Mecánico del Prototipo

Para el diseño tanto de la parte mecánica como de la eléctrica se tomó como datos referenciales la marmita que se encuentra en funcionamiento dentro de la fábrica en la figura 4.19, se aprecia la marmita que va automatizar. Al poseer solo la marmita de forma manual o solo la estructura y a su vez al encontrarse en pleno funcionamiento se tomó las dimensiones y medidas para poder realizar el bosquejo en un software mecánico para su posterior aprobación por el dueño de la fábrica.

Cabe recalcar que, según los requerimientos del dueño de la fábrica, se pidió explícitamente que no se dañe o modifique la marmita, lo que delimita a no poder realizar taladros, perforaciones o acoples que afecten con la estructura madre instalada en la fábrica. Lo cual obliga a realizar un diseño tipo acople a fin de cumplir con estos requerimientos.



Figura 4.19. Marmita automatizar

Para el diseño se toma en cuenta que para la instalación del motor en forma de mezclador se necesita una base en donde este pueda ser instalado y a su vez como se explica anteriormente este diseño no puede interferir con la estructura madre ya instalada.

De esta forma se opta por realizar un diseño de tipo tapa en donde en el centro se encuentre el sistema mezclador y en los extremos las tapas de la marmita a fin de ayudar a mantener libre de contaminantes la mezcla y también con el fin de cumplir con los parámetros ya establecidos

como se observa en la figura 4.20. En el anexo 3 se puede apreciar el diseño de soporte del motor con sus medidas.

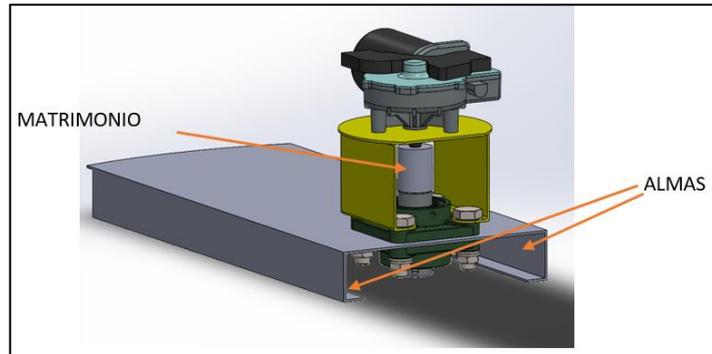


Figura 4.20. Vista en sección del diseño mecánico del motor y la parte céntrica de la tapa

Para las paletas al no poder modificar la marmita por requerimiento del dueño se optó por un diseño largo que abarque el 90% de la longitud completa de la marmita (el valor obtenido de la marmita desde su punto superior a su base es de 600 mm), esto con el fin de que si se pretendiera usar mezclas de productos por debajo del 100% de la capacidad del contenedor las paletas sean completamente funcionales, el modelo que se opta para las aspás será un modelo curvo de modo el mismo que al generar movimiento sea capaz de mezclar uniformemente el producto expuesto como se puede observar en la figura 4.21.

Al ser la marmita de un diámetro interno de 800 mm se optó por ubicar las paletas justo en el centro de la marmita que junto con el diseño expuesto dará lugar a una mezcla uniforme. En el anexo 3 se puede apreciar el diseño con sus dimensiones.

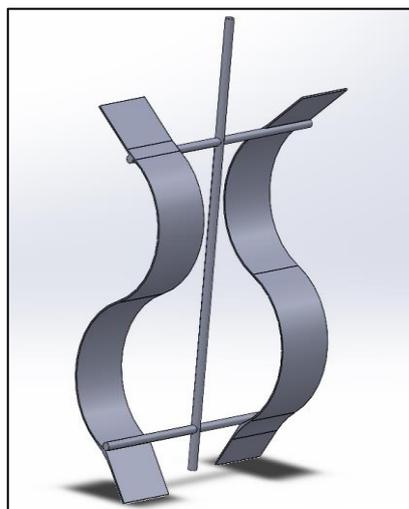


Figura 4.21. Diseño de las paletas para el proceso de pasteurización

En la figura 4.22, se puede apreciar el diseño de la tapa, a los lados con el fin de proteger a los usuarios del giro del motor, así como de evitar que contaminantes dañen el producto que se genera dentro de la pasteurización. Como se puede apreciar en el anexo 3 las dimensiones.

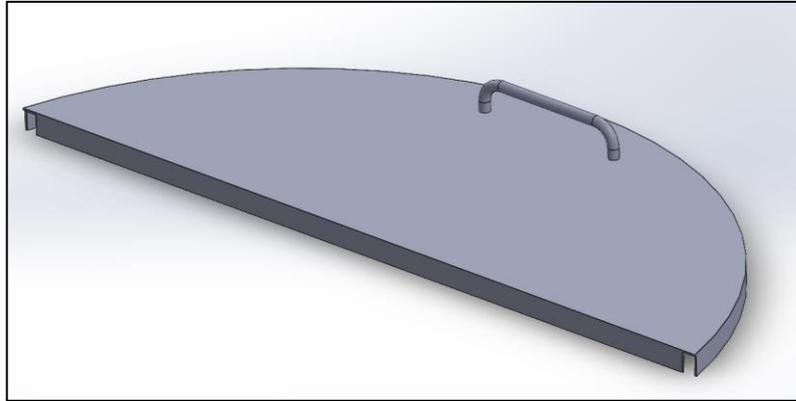


Figura 4.22. Tapas con orejas y hendiduras para ingreso de marmita

En la figura 4.23, se tiene el ensamble general de toda la parte mecánica que conformaría el proceso de automatización para la marmita, así como los elementos que se van a usar para el movimiento de la pasteurización. En el anexo 3 se puede apreciar el ensamble total.

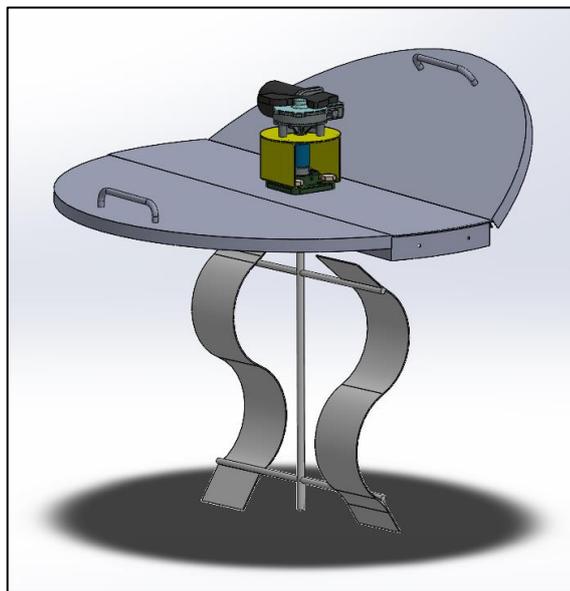


Figura 4.23. Ensamble total del diseño mecánico

4.8.1 Estructura Externa

El diseño mecánico después de ser aprobado por el dueño de la empresa, pasa al proceso de construcción, los planos y diseños se adjuntan en anexos. Al ser un acople para un proceso

alimenticio se busca dentro de catálogos nacionales aceros inoxidable que cumplan con estas características del cual se selecciona el A304, por sus propiedades a la corrosión y oxidación.

Como se aprecia en la figura 4.24, lo primero que se construye será la base central, así como las tapas de la marmita, las cuales se unirán al cuerpo central mediante bisagras de tal forma que se pueda abrir ambos extremos.



Figura 4.24. Construcción de la parte central

Para la parte del acople del motor se construye de la misma forma de acero inoxidable debido a que estos elementos estarán expuestos de forma directa a los productos que forman parte de la pasterización.

En este punto también se colocan las chumaceras de pared, una de cada lado de la tapa para con esto afianzar el movimiento del eje de las paletas, así como evitar la vibración que se genera el motor DC. Para la unión entre el motor con las paletas se opta por un acople flexible (comúnmente llamado matrimonio mecánico) como se observa en la figura 4.25.



Figura 4.25. Acoples y chumaceras en el motor DC.

Como se puede observar en la figura 4.26, para la construcción de las paletas de mezcla se usará de igual forma acero A304 ya que estas estarán directamente expuestas a la mezcla y productos. Para esto se comienza con la estructura primaria en la cual se alojarán los alabes de forma ondulada.



Figura 4.26. Estructura primaria de los alabes

Una vez ingresadas las paletas se procede al ensamble de todos los elementos que conforman el diseño de la automatización y se procede a las pruebas de encendido y control de velocidad del motor esto con el fin de comprobar su correcto funcionamiento antes de pasar a la estación de pulido y cepillado como se aprecia en la figura 4.27.



Figura 4.27. Ensamble del proceso de mezclado para la marmita

Una vez finalizada las pruebas y dados los acabados se procede a la instalación dentro de la fábrica, para esto se pide autorización al dueño de la fábrica, esto con el fin que en el día de la

instalación la marmita pueda estar desocupada. El proceso de instalación es casi inmediato puesto que las dimensiones y medidas recolectadas a lo largo de las visitas técnicas coinciden con el diseño en la parte real como se puede observar en la figura 4.28.



Figura 4.28. Montaje de la tapa en la marmita

Por último, como se puede observar en la figura 4.29, se coloca la caja metálica de control empotrada en la pared, para de esta forma poder realizar las pruebas de automatización de todas las variables antes mencionadas en este escrito. Para las conexiones de la alimentación, así como para la distribución del cableado de los equipos se procede a usar tubería Conduit metálica de modo que la misma se adapte a las curvaturas existentes dentro de la fábrica y a los equipos.



Figura 4.29. Instalación finalizada del proceso de pasteurización

4.9 Diagrama de flujo de Programación

En los diagramas de flujo se mostrará la programación fundamental del proceso, así como el diagrama ampliado de los sensores y actuadores.

4.9.1 Diagrama General de Programación

En la figura 4.30, se muestra el diagrama de flujo de la automatización aplicada dentro del proceso de pasteurización, en este primer grafico se puede visualizar como al momento de iniciar con este proceso todo dependerá del proceso que se elija, así como las variables que se requieran controlar.

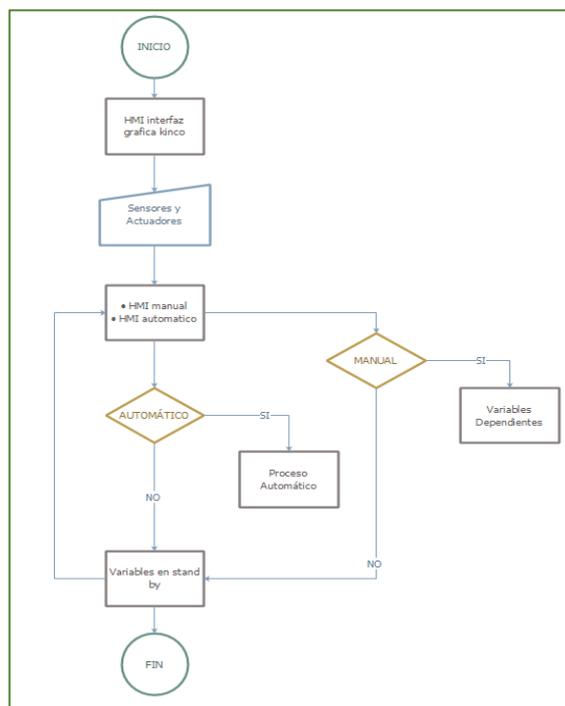


Figura 4.30. Diagrama de flujo general

Cuando se seleccione la programación manual el proceso controla las variables de forma independiente en donde la pantalla comandara la apertura y cierre del proceso, este proceso es muy fundamental ya que en la fábrica donde se aplicará la automatización, no solo se deja campo abierto para este tipo de proceso sino para procesos más complejos como la mezcla de cremas y especies a fin de conseguir diferentes tipos de productos.

Cuando se seleccione la programación automática el proceso solo servirá para la pasteurización de la leche debido a la programación inmersa en el PLC, en donde los actuadores, así como los visualizadores dependerán de la interfaz entre el microcontrolador con la pantalla. Dando como resultado un proceso sin necesidad de intervención de un operador.

Al final de los diagramas de flujo podemos observar que si no se selecciona ninguna de estas opciones la maquina queda en estado de preparación o lista para actuar sin que ninguna de las variables funcione hasta la selección obligatoria de un estado de proceso.

4.9.2 Diagrama Automático de Programación

El diagrama de flujo el proceso automático consta de tiempos y procesos donde prácticamente todos los procesos se rigen en base a la temperatura y niveles. En el anexo 6 se puede apreciar el diagrama automático de programación

4.9.3 Diagrama Manual de Programación

Dentro del diagrama de flujo manual se puede visualizar como todas las variables se controlan independientemente, aunque también se puede visualizar que por motivos de control en el proceso de pasteurización las temperaturas cuentan con alarmas sonoras las mismas que ayudaran a guiar el proceso de apertura y cierre de las electroválvulas en los tiempos oportunos. En el anexo 6 se puede apreciar el diagrama automático de programación

4.10 Estado actual del proceso

Como se muestra en la figura 4.31, la fábrica de helados Iglú ubicada en el sector Juan Salinas la Y perteneciente al cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi emplea métodos rudimentarios para el proceso de pasteurización de leche, los cuales son artesanales, exponiendo la integridad del operario a peligros de quemaduras y la contaminación de la materia prima por intervención humana. En el proceso de pasteurización de la leche se representa en el siguiente diagrama de proceso y los elementos principales que se deben analizar son:



Figura 4.31. Estado actual del proceso

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis de resultados

Se realizó los análisis de la automatización del proceso de pasteurización de leche en la fábrica de helados Iglú, obteniendo un efecto positivo en la reducción del tiempo llevando acabó la pasteurización y adquiriendo un mejor resultado.

5.1.1 Selección de los materiales

En este apartado se presentan los resultados obtenidos con respecto a la selección de materiales para la automatización del proceso de pasteurización de leche y su correcto funcionamiento, en la tabla 5.1 se describe los materiales seleccionados para la automatización.

Tabla 5.1. Materiales seleccionados

Materiales seleccionados		
Materiales	Tipo	Cantidad
Electroválvula	On/Off	2
Electroválvula	Proporcional	1
Sensor de temperatura	No invasivo MLX90614	1
Sensor de Nivel	HW-103	2
Motor reductor	DC	1
PLC Mitsubishi	FX3U-24MR	1
HMI Kinco	GL070E	1
Llave selectora	Dos posiciones	1
Luz	Piloto	3
Caja Metálica	Electrica	1
Acero Inoxidable	Grado alimenticio	1
Tubo	Conduit	2

5.1.2 Ensamble del sistema mecánico

Con respecto a selección mecánica, el desarrollo de la estructura y la construcción de la misma. se elegio de entre muchos materiales, el acero inoxidable A304 que su mayor aplicación es la industria química y alimenticia, esto debido a sus propiedades físico-químicas, como se aprecia en la tabla 5.2.

Tabla 5.2. Propiedades física-químicas del acero A304

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)								
C Max	Si Max	Mn	P Max	S Max	Ni	Cr	Mo	Otros
0,08	1	2	0,04	0,03	8-10,5	10-20	--	--
PROPIEDADES MECÁNICAS								
Resistencia Mecánica		Punto de Fluencia		Elongación	Pruebas de dureza (Max)			
Kg/mm ²	Psi	Kg/mm ²	Psi	% Min	Rockwell B	Vickers		
49	69500	18	25500	40	81,7	160		

Lo cual fue un acero acertado en la construcción de la marmita debido a que todas las piezas que conforman el diseño (refiérase a tapas, base central, chumaceras y paletas) están sometidas a un contacto directo con las materias primas, esto en la industria alimenticia si se usase otro acero este podría contaminar el producto terminado, en la figura 5.1, se puede apreciar el material seleccionado acero A304 para la construcción parte mecánica.



Figura 5.1. Elementos del diseño sometidos a las materias primas

Como se evidencia en anteriores capítulos los requerimientos para la parte mecánica son muy específicos, y uno de ellos es la ubicación del nuevo sistema de automatización sin que este

implemento pueda dañar o afectar a la estructura ya establecida en la fábrica, también se dispuso que para la sujeción del nuevo diseño no se puede realizar taladros.

Para cumplir con este diseño se usó una base robusta que ingresara a manera de bocín dentro de la marmita y también se dejó alas en la parte exterior a fin de que el sistema se pueda alojar en estas. Este diseño fue un diseño acertado ya que, con ayuda de las velocidades bajas del motor, así como el control que se realizó sobre el mismo se pudo evidenciar que al momento del funcionamiento este no generaba vibración o movimientos inesperados en la estructura instalada, incluso siendo esta una estructura que solo está apoyada en el suelo y no está sujeta como se aprecia en la figura 5.2.



Figura 5.2. Detalles de los acoples mecánicos

Hay que mencionar también que las paletas, así como las chumaceras antes de ser colocadas en la marmita se sometieron a una alineación de modo que la carga no se encuentre desbalanceada, con respecto al motor que conforma la estructura se usó un motor DC, que con ayuda de un control PWM se pudo lograr las velocidades requeridas por el dueño de la fábrica, este motor la esta agregado a una caja reductora del tipo tornillo sin fin corona, que ayuda a mantener la velocidad estable mientras que la potencia del motor es aprovechada al máximo.

5.1.3 Comparativa de los sensores

En el mercado ecuatoriano se encontró una cantidad de controladores lógicos programables (PLC), de los cuales también se buscó uno que cumpla con todas las necesidades de la automatización establecida, uno de los parámetros más fuertes del PLC FX3U-24MR, son las entradas y salidas analógicas anexadas en el mismo, lo que ayuda a controlar las variables de temperatura y control de nivel, estos ubicados en la marmita.

Para el sensor de temperatura se usó una señal adquisidora de datos y así obtener una señal analógica de entrada la cual mediante instrumentos de medición se logró su calibración. Las

primeras pruebas se las realizo con objetos que se conocían la temperatura estándar, para esto se usó agua dentro de la marmita a una temperatura de tratamiento (agua a 35-36 grados de temperatura), este valor se comprobó tanto con el medidor manual de la marmita, así como el valor obtenido en la pantalla como se observa en la figura 5.3.



Figura 5.3. Comparación y calibración del sensor automático

Estos valores también se los realizo a una temperatura alta de modo que se pueda obtener una tabla comparativa de datos del sensor manual con el sensor automático, en la siguiente grafica se observa una comparativa de los sensores a una temperatura alta aleatoria, para esta prueba.

Se escogió una temperatura de 58 grados, de aquí se usó muestras de temperatura cada 5 grados desde la temperatura ambiente hasta los 70 grados como se observa en la figura 5.4.

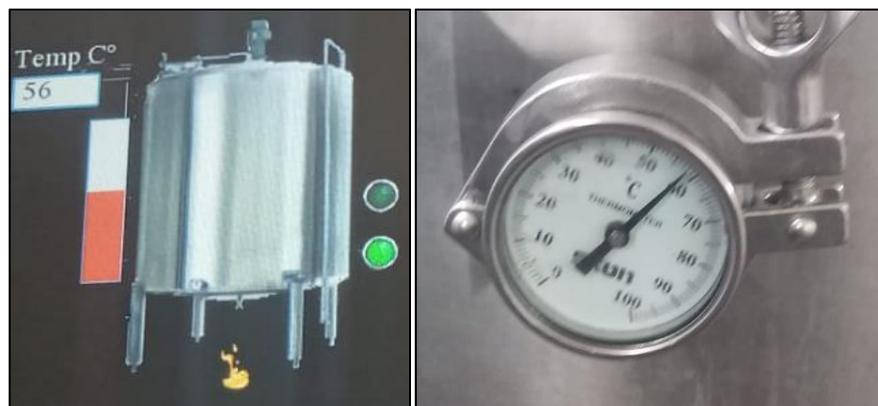


Figura 5.4. Comparativa de temperatura aleatoria.

En la tabla 5.3 podemos observar que los valores de los sensores prácticamente son iguales, de tal modo que podemos asegurar que el sensor funciona correctamente y que la pasteurización será exitosa.

Tabla 5.3. Comparativa de temperatura de los sensores

temperatura manual °C	temperatura sensor °C
20	20
25	26
30	30
35	35
40	39
45	45
50	49
55	56
60	59
65	65
70	70
75	74
80	80

Para los sensores de nivel se usa niveles lógicos para su accionamiento, esto quiere decir que cuando el sensor detecte el agua este enviara una señal de 5v y cuando se vacié o no exista liquido dentro del sensor nos enviara un cero lógico o 0v, para este efecto se usó electrodos de cobre para que al momento de realizar el contacto con el agua estos actúen.

Para la comprobación de la actuación de los sensores se usó cronómetros a fin de comprobar la velocidad de respuesta de los mismos y con esto verificar su funcionamiento ante la apertura y cierra de las electroválvulas como se puede apreciar en la a tabla 5.4.

Tabla 5.4. Comparativa de los sensores de nivel

Nivel 1 T = seg.	Nivel 2 T = seg.
0,51	0.75
0,65	0.63
0,50	0.85
0,45	0.72
0,55	1.3

Se puede observar que el sensor de nivel dos tiene un ligero aumento de tiempos puesto que se tratan de los mismos sensores esto se debe a la posición de los sensores, en las pruebas la posición más alta del sensor dos se encuentra por encima del sensor uno lo que ocasiona que los tiempos sean ligeramente más altos.

También dentro del análisis y pruebas que se desarrollaron fueron la simulación de sucesos adversos que podrían ocasionar fallas, esto se lo comprobó a través del paro de emergencia lo

que proporciono un adecuado sistema de paro de emergencia y de un reseteo obligatorio de todas las variables a fin de corregir cualquier tipo de error.

5.1.3 Análisis de beneficios de la implementación

Se realiza el análisis de los beneficios de la automatización del proceso de pasteurización de leche en la fábrica de helados Iglú, este sistema permite mejorar las condiciones de trabajo para el operador dejando a un lado las actividades que generaban esfuerzo físico, una eficiente lectura de temperatura, una mezcla más homogénea, además de otros beneficios que se pueden apreciar la tabla 5.5.

Tabla 5.5. Beneficios de la implementación del sistema

Proceso	Actividad	Método Artesanal	Sistema Automatizado
Pasteurización	Lectura Temperatura	Se utiliza un termómetro de mercurio y la lectura se realizaba de forma manual acuerdo a percepción óptica del operador	Lecturas continuas y precisas ya que se utiliza un sensor MLX90614
	Accionamiento sistema de Calentamiento	Accionamiento manual de válvulas de vapor tipo esfera, peligrosos para la salud del operario	Accionamiento mediante electroválvulas, permite al operador estar seguro y evitar contacto con tuberías calientes
	Accionamiento Sistema de Enfriamiento	Accionamiento manual de válvulas de agua	Accionamiento mediante electroválvulas
	Sistema de Agitación	Agitación manual mediante una paleta requiere la presencia constante aplicación de fuerza del operario, no es una mezcla homogénea	Agitación mediante un motor y agitadores mecánicos, permite una mezcla homogénea
	Control del tiempo	Usan cronometro externo	Se utiliza funciones del sistema de control para que mediante un ingreso y confirmación del tiempo se controla con precisión

5.1.4 Análisis del tiempo del proceso actual

Cada una de las etapas para la pasteurización de leche en la fábrica de helados Iglú, requieren un determinado tiempo, lo cual requiere de la intervención de un operario para cumplir dichas etapas del proceso, en la tabla 5.6 se puede observar este proceso actual.

Tabla 5.6. Análisis del tiempo del proceso actual

Proceso	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Observaciones
Pasteurización	40 a 45 min	65 a 70 °C	El operador debe encender y controlar manualmente el sistema de calentamiento, realizar la medición de temperatura de leche y tiene que mezclar la materia prima durante todo el proceso.
Choque Térmico	25 a 35 min	30 a 35°C	El operador debe apagar el sistema de calentamiento y encender el sistema de enfriamiento.

Como se puede apreciar el operador interviene en todo el proceso y realiza trabajos con esfuerzo físico además de tener una continua manipulación de la materia prima lo que provoca un potencial riesgo.

5.2 RESULTADOS

Cuando se usa la forma manual o tradicional para la producción de la pasteurización se necesita de un operador permanentemente en la estación de trabajo, lo que dificulta que el mismo no pueda realizar otras actividades lo que conlleva que la producción de la fábrica sea baja.

Al no contar con mucho personal calificado para este tipo de sistemas se empleó la automatización de esta estación de trabajo a fin de evitar demoras o incumplimiento de productos.

En la forma tradicional de pasteurización la temperatura se toma de forma manual, lo que ocasiona que ingrese un termómetro a la mezcla algunas veces hasta ajustar la temperatura adecuada, de modo que esto puede ocasionar el ingreso de contaminantes a la mezcla. Pese a que la persona lo limpia constantemente o esta permanente pendiente de que no caiga nada en la mezcla.

5.2.1 Tiempo de proceso de pasteurización de leche

En el proceso de pasteurización de leche la fábrica de helados Iglú realiza de forma manual con tiempos estimados como se detalla en tabla 5.7.

En el proceso de pasteurización total manual se toma un tiempo de 1 hora 32 minutos aproximadamente, durante ese lapso de tiempo realiza la mezcla (paleta) y la medición invasiva de temperatura (Termómetro) de 5 a 6 veces, para llegar a una temperatura de 70°C. Para el enfriamiento utilizan un tiempo de 35 minutos para llegar a una temperatura de 30°C, siendo

esto la finalización del proceso, Esta actividad hay que tomarse en cuenta que puede convertirse en repetitivas llevando a un mayor tiempo al operario en el proceso de pasteurización, cabe recalcar que el proceso manual el operario tiene que estar pendiente en la manipulación de válvulas, sentido de temperatura y agitación.

Tabla 5.7. Tiempo de proceso manual de pasteurización de leche

Tiempos de trabajo en la fábrica de helados Iglú						
Tiempos de trabajo en la fábrica de helados Iglú proceso manual						
Actividad	Personal	Descripción	N.º veces	Tiempo Min	Total Min	Método
Ingreso materia prima	Si	Leche	1	3	3	cronómetro
Preparación de la marmita	Si	Limpieza	1	4	4	cronómetro
Manipulación de válvulas tipo esfera	Si	Ingreso agua	2	3,1	6,2	cronómetro
Disposición de leche	Si	Colocación leche en la marmita	1	2	2	cronómetro
Mechero	Si	Encender mechero	1	0,33	0,33	cronómetro
Calentamiento de leche	Si	Calentamiento de leche a 70°C,	1	35	35	termómetro cronómetro
		Medición invasiva de temperatura	5	1	5	
		Agitación	5	0,30	1,5	
Choque térmico	Si	Enfriamiento de leche a 30°C	1	30	30	termómetro cronómetro
		Medición invasiva de temperatura	3	1	3	
Desfogue	Si	Desfogue de agua caliente	2	2,20	2,2	Cronometro
Total Manual					92,23	

En el proceso automático el operador ya no está pendiente en la manipulación de los dispositivos como se puede observar en la tabla 5.8.

Luego de haber sido implementado el sistema de control automático se tomó los datos (tiempo), siendo este aproximadamente 1 hora 14 minutos durante ese lapso de tiempo el operador reduce 0.3 horas equivalente a 18 minutos, siendo este tiempo utilizado para realizar otras actividades que ayuden en la producción de fábrica.

Tabla 5.8. Tiempo que no interviene el operario

Tiempos de trabajo en la fábrica de helados Iglú						
Proceso Automático de Pasteurización de Leche						
Actividad	Personal	Descripción	N. veces	Tiempo Min	Total Min	Método
Ingreso materia prima	Si	leche	1	3	3	cronómetro
Preparación de la marmita	Si	limpieza	1	4	4	cronómetro
Electroválvulas On/Off	No	Abrir válvula para ingreso agua	0	0	0	HMI/PLC
Disposición de leche	Si	Colocación leche en la marmita	1	2	2	cronómetro
Mechero	Si	Encender mechero	1	0,33	0,33	cronómetro
Calentamiento de leche	No	Calentamiento de leche a 70°C	1	35	35	HMI/PLC
		Medición no invasiva de temperatura	0	0	0	
		Agitación	0	0	0	
Choque térmico	No	Enfriamiento de leche a 30°C	1	30	30	HMI/PLC
		Medición no invasiva de temperatura	0	0	0	
Electroválvula Proporcional	No	Desfogue de agua caliente	0	0	0	HMI/PLC
Total Automático					74,33	

Se realizó un diagrama de barras donde el color azul representa el tiempo del proceso de pasteurización manual y el color naranja representa el tiempo con el sistema automatizado, como se puede observar en la figura 5.5, el tiempo se reduce en cada actividad.

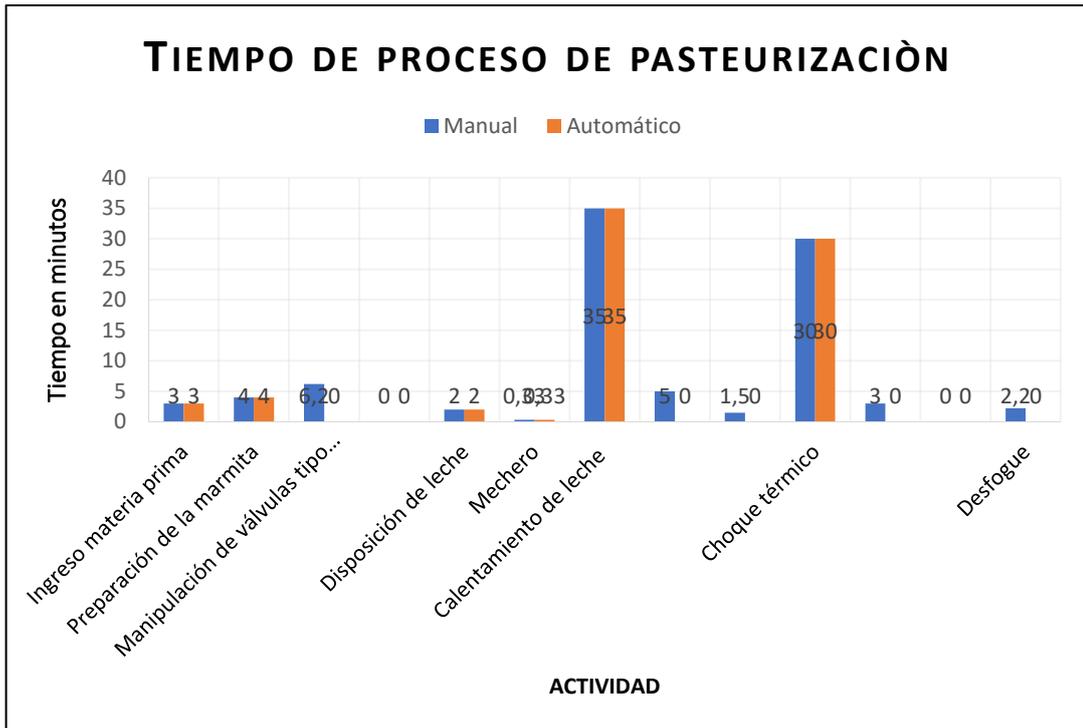


Figura 5.5. Tiempos de proceso de pasteurización de leche

Se realizó un cálculo y el diagrama de barras con el tiempo total de trabajo manual y automatizado en el proceso de pasteurización de leche, como se puede observar en la figura 5.6, el tiempo disminuye al igual que su esfuerzo físico, verificando dicha información mediante un certificado firmado por el propietario de la fábrica de helados Iglú.

$$Eficacia = \frac{\text{Resultado alcanzado} * 100\%}{\text{Resultado previsto}} = 80,60$$

$$Eficacia = \frac{74,33\text{min} * 100\%}{92,23\text{min}}$$

$$Eficacia = 80,60\%$$

$$\text{Tiempo eficacia} = 100\% - 80,60\%$$

$$\text{Tiempo eficacia} = 19,41\%$$

Tiempo de eficacia en el proceso de pasteurización de leche es de 19,41%.

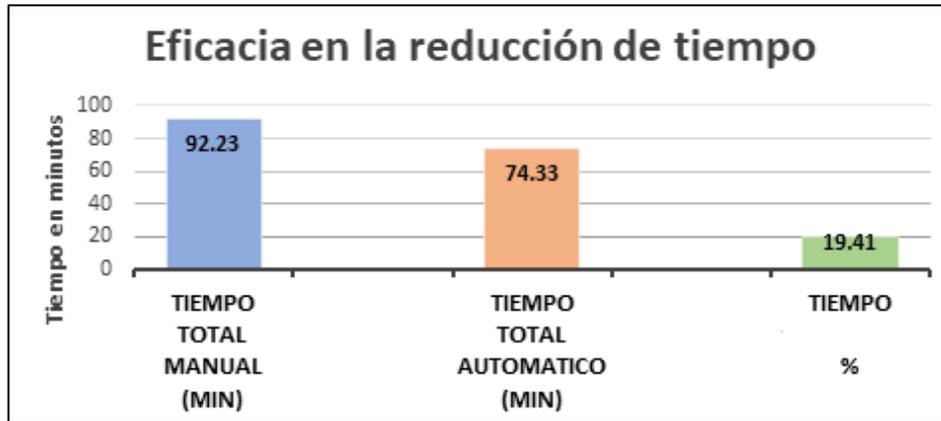


Figura 5.6. Tiempos de trabajo Manual y Automático

Entre la comparativa del proceso manual tradicional y el proceso automático se puede asegurar que una vez se inicia el proceso el operador se puede deslindar de la estación de trabajo y ocupar ese tiempo en otras estaciones de trabajo importantes como el licuado de las frutas o la congelación de los productos. Logrando el objetivo de reducir el tiempo y recurso de la mano de obra. En la figura 5.7 se puede ver cómo queda un proceso automatizado adecuado de pasteurización de leche.

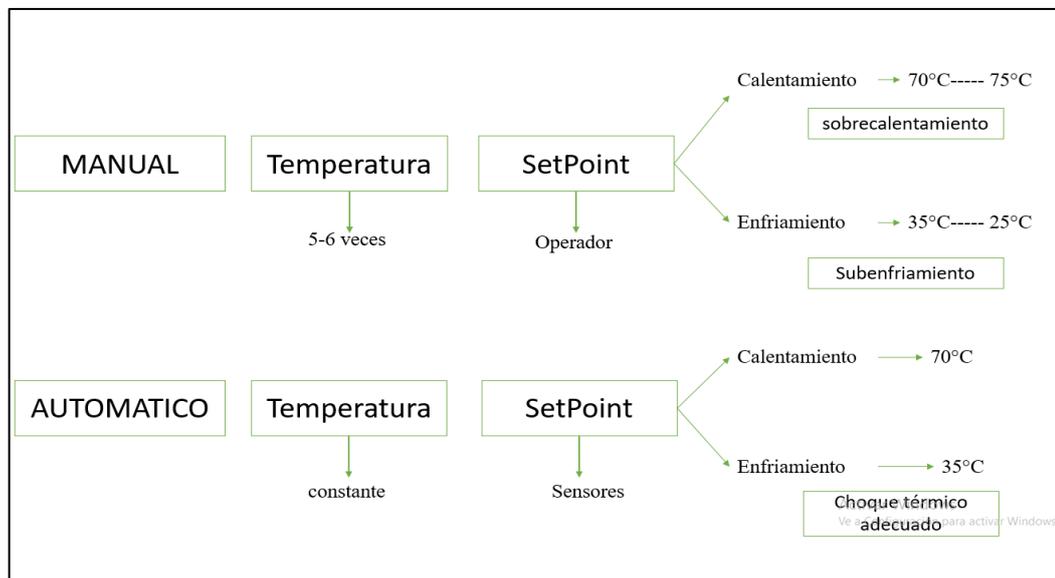


Figura 5.7. Proceso de pasteurización automático adecuado

En el proceso manual el Setpoint era el operador la media la temperatura de 5-6 veces y tenía que estar pendiente a que llegue a 70°C, pero a veces se pasaba de ese valor y había un sobre calentamiento en el proceso de pasteurización de igual forma en el proceso de enfriamiento, debía estar pendiente a 30°C, a veces se pasaba y existe un su enfriamiento en

cambio en el proceso automático el Setpoint es el sensor de temperatura que medirá la temperatura adecuada dentro del proceso.

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.1 Presupuesto

En el presupuesto se detallan cada uno de los materiales, costos directos, costos indirectos y la mano de obra, que se intervinieron para la automatización de proceso de pasteurización de leche.

6.1.1 Costos directos

En los costos directos se encuentran los valores económicos de los materiales electrónicos que se emplearon para la para la automatización de proceso de pasteurización de leche. En la tabla 6.1 se detalla cada una de los materiales con sus precios.

Tabla 6.1. Costos directos

Costos directos			
Materiales	Cantidad	Valor unitario (USD)	Valor total (USD)
Electroválvula On/Off 1/2 in	2	80	160
Electroválvula proporcional 1 in	1	150	150
Sensor de temperatura MLX90614	1	30	30
Sensor de Nivel HW-103	2	11	22
Motor reductor DC	1	130	130
PLC Mitsubishi FX3U-24MR	1	125	125
Cable de comunicación PLC-HMI	1	25	25
HMI Kinco GL070E	1	175	175
Llave selectora dos posiciones	1	3,50	3,50
Pulsador Paro de emergencia	1	7	7
Luz piloto	3	2	6
Breakers de 2 polos	1	10	10
Caja metálica electrica	1	40	40
Adaptaciones mecánicas marmita	1	400	400
Tubo Conduit	2	8	16
Cables	1	15	15

Electrónica menor	1	35	35
Total			1696

6.1.2 Costos indirectos

Son los costos que están ligados indirectamente a los gastos en la construcción, como lo son comidas, transporte como se muestra en la tabla 6.2

Tabla 6.2. Costos indirectos

Costos indirectos			
Detalle	Cantidad	Valor unitario (USD)	Valor total (USD)
Transporte	10	2	20
Comida	20	2	40
Equipos de protección personal	20	1	20
Total			80

6.1.3 Costo Total

En la tabla 6.3 se muestra el costo total de la automatización del proceso de pasteurización de leche.

Tabla 6.3. Costo Total

Costo Total	
Detalle	Cantidad
Costos directos	1696
Costos indirectos	80
Total	1776

El costo total de la propuesta tecnológica fue financiado por los estudiantes.

6.2. Análisis de impactos

La propuesta tecnológica tendrá un análisis de impacto económico tecnológico

6.2.1. Impacto económico

Como la automatización del proceso pasteurización de leche, hay una evidencia que tiene un impacto económico positivo ya que beneficia a la fábrica de helados Iglú, ya que optimiza un tiempo 19,41% que puede ser usado en otros procesos dentro de la fábrica.

6.2.2 Impacto tecnológico

La automatización del proceso de pasteurización de leche en la fábrica de helados Iglú reduce el tiempo y mejora el ambiente laboral del operador gracias a la implementación de dispositivos eléctricos y electrónicos utilizadas en esta propuesta.

6.2.3 Impacto Ambiental

Al ser una maquina automatizados construido principalmente con sistemas electrónicos, se obtiene un sistema silencioso que no causaran interferencias al medio ambiente.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- Se ha determinado a través de la investigación que dentro de la industria existe 3 métodos de pasteurización de leche (VAT, HTST, UHT), las cuales se diferencia por la temperatura y el proceso, siendo estas variables directamente proporcionales (a más temperatura más rápido el proceso). En la fábrica de helados Iglú al contar con un quemador y un proceso automatizado se determinó que la pasteurización se encuentra en el proceso lento (VAT).
- Se implementó un sistema electromecánico automático en el proceso de pasteurización de leche, en la parte mecánica se aplica estándares de construcción AISI donde nos especifica que para el proceso alimenticio se utiliza aceros inoxidable, siendo el más recomendado el acero A304. Para el diseño de las paletas se optó por un diseño largo que abarque el 90% de la longitud completa de la marmita (el valor obtenido desde su punto superior a su base es de 600 mm), el modelo que se optó para las aspas es de tipo curvo de modo que al generar movimiento sea capaz de mezclar uniformemente el producto expuesto. A su vez el proceso de automatización se incorporó a base de un PLC Mitsubishi como procesador, una pantalla Kinco como controlador, sensores y actuadores disponibles en el mercado, logrando el objetivo planteado por la fábrica de helados Iglú.
- En el proceso manual de pasteurización de leche se demora 1 hora 32 minutos y en el control automático se demora 1 hora 14 minutos, gracias a la automatización ayudó a reducir un tiempo de 0,3 horas equivalente a 18 minutos. En una escala de reducción 19,41% de lo que normalmente se tardaba en el proceso dentro de fábrica de helados Iglú.

7.2 Recomendaciones

- La automatización de la pasteurización de leche requiere de una temperatura constante, ya que debe existir control sobre flujo de gas, a fin de ayudar a mejorar el proceso junto con el tiempo de funcionamiento.
- Al finalizar el proceso de pasteurización de leche, el producto se mantiene en la marmita ocasionando mal almacenamiento, por ende, se debe diseñar y construir un sistema reservorio de producto terminado.
- La transferencia de temperatura a través del intercambiador de calor es un proceso que requiere un nuevo diseño, en donde el agua pueda recircular a través de un banco frío mejorando el sistema y efectuando aún más el consumo de agua.

8. REFERENCIAS

- [1] UNESCO, «UTPL,» 2018. [En línea]. Available: <https://vinculacion.utpl.edu.ec/sites/default/files/2018/documentosconsulta/anexo%20%C3%A1reas%20unesco.pdf>. [Último acceso: 19 Mayo 2022].
- [2] N. S. Laura Ripani, «Factor Trabajo,» El impacto de la automatización, más allá de las fronteras, pp. 1-2, 18 Febrero 2021.
- [3] A. Saunders, «El impacto de la tecnología en el crecimiento y el empleo,» de Economía Global, Canada, Sauder School of Business de la UBC, 2021, p. 1.
- [4] Á. M. Minian Isaac, «El impacto de las nuevas tecnologías en el empleo en México,» Revista Latinoamericana de Economía, vol. 49, n° 195, pp. 27-53, 2018.
- [5] «Horus Smart Control,» [En línea]. Available: <https://www.horussmartcontrol.com/el-impacto-de-la-automatizacion-en-la-vida-actual/>. [Último acceso: 26 Mayo 2022].
- [6] A. Durán, «La transformación digital y la automatización en América Latina,» Recursos MasterBase, pp. 1-2, 2020.
- [7] O. Automatizacion, «La importancia y los beneficios de la automatización industria,» El universal, vol. I, pp. 1-2, 2022.
- [8] R. Rodrigo, «El futuro del trabajo en América Latina y el Caribe,» p. 1, 2020.
- [9] C. Serrano, «La automatización avanza en el Ecuador,» Vistazo, pp. 1-2, 2020.
- [10] A. Saunders, «El impacto de la tecnología en el crecimiento y el empleo,» de Economía Global, Canada, Sauder School of Business de la UBC, p. 1.
- [11] K. Cabrera, «Diseño e implementación de un sistema SCADA para el proceso de pasteurización de leche,» La Libertad-Ecuador, 2017, p. 109.
- [12] S. Watts, «A mini review on technique of milk pasteurization,» Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, vol. 5, n° 5, pp. 99-101, 2016.

- [13] H. Mîndru, R. Biron, A. Riviş, N. Hădărugă, D. Hădărugă y D. Ştef, «The Adoption of Automatization Solution For Milk Pasteurization Operation From Measured and Regulated Dimensions Point of View,» Communication - Food Technologies and Processing Section, vol. XII, n° 1, pp. 61-64, 2006.
- [14] A. Amole, O. Olabode, D. Akinyele y S. Akinjobi, «Optimal Temperature Control Scheme for Milk Pasteurization Process Using Different Tuning Techniques for a Proportional Integral Derivative Controller,» Iranian Journal of Electrical and Electronic Engineering, vol. III, n° 2170, pp. 1-16, 2022.
- [15] J. Schlessler, D. Armstrong, . P. Cinar, J. Ramanauskas y A. Negiz, «Automated Control and Monitoring of Thermal Processing Using High Temperature, Short Time Pasteurization,» US Food and Drug Administration, National Center for Food Safety and Technology, vol. 80, n° 10, pp. 2291-2296, 1997.
- [16] E. I. Castellanos, «Sistema de Automatización,» Feijóo, 2012 , 2012.
- [17] G. Popov y J. Ovtcharova, «Scientific Technical Union Of Mechanical Engineering "Industry 4.0",» International Scientific Journal Industry 4.0, n° 5, pp. 4-6, 2017.
- [18] C. Cimini, F. Pirola, R. Pinto y S. Cavalieri, «A human-in-the-loop manufacturing control architecture for the next generation of production systems,» Journal of Manufacturing Systems, vol. 54, pp. 258-271, 2020.
- [19] D. Aguirre, «Desarrollo de un Sistema Scada para uso en pequeñas y medianas empresas,» Piura, 2013, pp. 1-92.
- [20] G. Oyaga, M. Izquierdo, M. Montecelo y F. San Sebastian, «Sistema SCADA,» INFORMADOR TECNICO, pp. 42-49, Marzo 2000.
- [21] R. Díaz, Implementación de un sistema de comunicaciones abierto mediante el protocolo de comunicación OPC UA, Santiago Chile: Universidad Andres Bello, 2020.
- [22] . M. Gandhi, «Autycom Innovación Inteligente,» [En línea]. Available: <https://www.autycom.com/que-es-un-sistema-de-control/>. [Último acceso: 09 Junio 2022].
- [23] A. Dávila, Diseño y construcción de un control difuso de lazo cerrado de temperatura mediante el microcontrolador 18F452 para los laboratorios de teoría de control de la Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2013.
- [24] J. Mendieta, M. Olarte y H. González, «Diseño de un sistema de control inteligente,» Prospect, vol. 10, n° 2, pp. 81-88, 2012.
- [25] L. Alvarez y O. Sotomayor, «Integración Optimización-control Predictivo y Aplicación a la Planta Tennessee Eastman,» Per.Quím.Ing.Quím, vol. 11, n° 1, pp. 47-59, 2008.
- [26] M. Perez, A. Hidalgo y . E. Berenguer, Introducción A Los Sistemas De Control Y Modelo Matemático para sistemas lineales invariables en el tiempo, Argentina, 2008.
- [27] «Library,» [En línea]. Available: <https://1library.co/article/controlador-1%C3%B3gico-programable-implementaci%C3%B3n-del-proyecto.q05pn7gy>. [Último acceso: 27 Junio 2022].

- [28] «Controlador Lógico Programable – PLC Elementos y Equipos Electricos,» [En línea]. Available: http://www.facultad.efn.uncor.edu/webs/departamentos/electrotecnia/cat/eye_archivos/apuntess/a_practico/CAP%209%20Pco.pdf. [Último acceso: 27 Junio 2022].
- [29] «IEC 61131-3 ESTANDARIZACION EN LA PROGRAMACIÓN DEL CONTROL INDUSTRIAL,» [En línea]. Available: (PLC) . [Último acceso: 30 Junio 2022].
- [30] M. Felipe, «Automatas Programables IEC-61131,» 2010. [En línea]. Available: <http://isa.uniovi.es/docencia/IngdeAutom/transparencias/Pres%20IEC%20611>. [Último acceso: 30 Junio 2022].
- [31] «PLC - Controladores Lógicos Programables,» 2005. [En línea]. Available: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3124/TorresZambranoJen;jsessionid=538F8BCB5182692F211E6DCB66762191?sequence=5>. [Último acceso: 30 Junio 2022].
- [32] A. Flores, «Qué es una variable en programación,» de International Business Machines Corporation, Nueva York, 2022, pp. 1-6.
- [33] P. Rrodriguez, «Diseño de Interfaces Hombre - Máquina (HMI),» de Instituto de Electricidad y Electrónica, Valdivia -Chile, 2018, pp. 1-7.
- [34] M. d. D. U. y. Vivienda, «Instalaciones Electromecànicas,» de Norma Ecuatoriana de Construcción, Ecuador, 2013, pp. 15-173.
- [35] L. Bus, «Blog LogicBus,» 14 Junio 2019. [En línea]. Available: <https://www.logicbus.com.mx/blog/modbus-rtu/>. [Último acceso: 19 Julio 2022].
- [36] E. Reyes y Flores, «Sensor Types,» Con-Ciencia Serrana Boletín Científico de la Escuela Ixtlahuaco, vol. 1, nº 2, pp. 31-33, 2019.
- [37] J. Aragonés, C. Gómez, B. Zaragozaí, A. Martínez, D. Campos y A. Llinares, «Sensores de Temperatura,» 2019, pp. 1-51.
- [38] M. Rodríguez, de Maquinas de Corriente Continua, Eespaña, 2017, pp. 1-72.
- [39] S. Chapman, Màquinas Electricas, Mc Graw Hill, 2012.
- [40] R. Aduino, Aplicación de la Inteligencia Artificial en la detección de Fallas en los motores eléctricos de corriente continua de imán permanente, Huancayo Peru, 2021.
- [41] A. Pèrez, «Motores paso a paso, Introducción a su funcionamiento y control en lazo abierto,» Comunicación Vivat Academia, vol. III, nº 15, pp. 13-29, 2000.
- [42] J. Sànchez y G. Rodríguez, Dispositivo electrónico automatizado con electrválvulas para el control de fugas de gas domiciliario, 2008, p. 192.
- [43] O. Diario, 02 Mayo 2021. [En línea]. Available: <https://okdiario.com/curiosidades/que-acero-inoxidable-como-hace-4203473>. [Último acceso: 16 Junio 2022].
- [44] «FLUIDMIX (Agitadores Industriales),» [En línea]. Available: <https://www.agitadoresfluidmix.com/agitadores-industriales/>. [Último acceso: 30 Junio 2022].

- [45] E. Camilo, 05 Mayo 2015. [En línea]. Available: <https://industriadelacteosblog.wordpress.com/maquinas/marmitas/>. [Último acceso: 07 Julio 2022].
- [46] lactoequipos, «wordpress,» 12 Noviembre 2017. [En línea]. Available: <https://lactoequipos.wordpress.com/2017/11/12/marmitas/>. [Último acceso: 12 Julio 2022].
- [47] P. Mitsubishi, «FX3U Un concepto perfecto de PLC,» de Un concepto perfecto, pp. 1-10.
- [48] K. Automation, «GREEN Series HMI,» de GL070/GL070E, pp. 1-3.
- [49] S&P, «El Blog de la ventilación eficiente,» de Sensor de temperatura, 2017, pp. 1-2.
- [50] naylampmechatronics. [En línea]. Available: <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/330-sensor-de-temperatura-mlx90614.html>. [Último acceso: 04 agosto 2022].
- [51] O. Engineering, «Articulos Tecnicos,» de Sensor de nivel, España, pp. 1-3.
- [52] G. Abraham, 01 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.automatizacionparatodos.com/sensor-de-humedad-de-suelo-con-arduino/>. [Último acceso: 04 Agosto 04].
- [53] G. Industrias, 24 Junio 2021. [En línea]. Available: <https://industriassgl.com/blogs/automatizacion/interruptor-termomagnetico>. [Último acceso: 04 Agosto 2022].
- [54] I. automáticos, «IEC60898-1,» [En línea]. [Último acceso: 24 agosto 2022].
- [55] P. Quotes, «Flowtrend,» 29 Julio 2020. [En línea]. Available: <https://flowtrend.com/es-es/news/que-es-un-solenoid-y-para-que-sirve>. [Último acceso: 04 Agosto 2022].
- [56] C. W. M. system. [En línea]. Available: <http://www.mmiberica.com/Descargas/ELECTROVLVULASYBOBINAS.pdf>. [Último acceso: 24 agosto 2022].
- [57] ExportrSdelivers, «Product Nidec,» [En línea]. Available: <https://export.rsdelivers.com/es/product/nidec/404868-dck31/motorreductor-dc-nidec-serie-dck31-24-v-779-w-21-4/8814554>. [Último acceso: 25 agosto 2022].
- [58] V. Castillo, «Diseño y cálculo de un agitador de fluidos,» de Universidad del BIO-BIO, Chile, Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Mecánica, 2013, pp. 1-79.
- [59] L. González, «Deloitte España,» 2017. [En línea]. Available: <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/operations/articles/automatizacion-con-inteligencia.html>. [Último acceso: 01 Enero 2022].
- [60] E. Cardoso, A. Alarcón y E. Hernández, «Diseño de un sistema informático (Software) para automatizar los procesos contables en el sector mecánico automotriz del régimen simplificado,» Innova Itfit, vol. II, n° 1, pp. 62-70, 2018.
- [61] J. Mora, Maquinas Eléctricas, Mc Graw Hill, 2022.

[62] Author, «respuestasrapidas,» 01 Noviembre 2020. [En línea]. Available: <https://respuestasrapidas.com.mx/como-es-el-funcionamiento-de-una-marmita/>. [Último acceso: 12 Julio 2022].

[63] U. d. Oviedo, «Interfaces de Usuario más comunes en los sistemas automatizados,» de Ingeniería de Sistemas Y Automática, España, 2020, pp. 1-35.

[64] N. Macedonio, «Cómo funciona un motor eléctrico,» de Generac, Canada, 2020, pp. 1-3.

ANEXOS

Document Information

Analyzed document	TESIS_CAISABANDA MARCO_CHOLOQUINGA_EDWIN.pdf (D143489411)
Submitted	2022-09-01 17:12:00
Submitted by	Veronica Freire
Submitter email	veronica.freire@utc.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	veronica.freire.utc@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	INFORME_FINAL_TESIS_RICARDO_CRESPO.pdf Document INFORME_FINAL_TESIS_RICARDO_CRESPO.pdf (D77718441)	 38
SA	Proyecto_de_investigación_Titulación_Morales_Jennifer.docx Document Proyecto_de_investigación_Titulación_Morales_Jennifer.docx (D110219141)	 1

Entire Document

i UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS TITULO: AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN DE LECHE EN LA FÁBRICA DE HELADOS IGLÚ DEL CANTÓN PUJILÍ PROVINCIA DE COTOPAXI Autores: Caisabanda Toapanta Marco Alexander Choloquina Ninazunta Edwin Oswaldo RESUMEN En la fábrica de helados Iglú se identificó que no existe un sistema automático en el proceso de pasteurización de leche para reducir el tiempo de producción, por tal razón el objetivo de esta propuesta tecnológica es automatizar este proceso mediante tecnologías existentes en el mercado, este sistema consta de tres niveles que son: equipos de campo, en el que se encuentran el sensor de temperatura MLX90614, los sensores de nivel HW 103 y los actuadores de la máquina como son las electroválvulas para el sistema de ingreso y desfogue de agua, además del motor agitador que realiza la mezcla uniforme de la materia prima. En los equipos de control se encuentra el controlador lógico programable PLC Mitsubishi de la serie FX3U24MR, el cual genera las condiciones y restricciones de la activación de los actuadores y pre-actuadores del sistema, realiza la adquisición y procesamiento de variables medidas por los sensores, ejecuta las acciones que se indiquen, otra función principal de este PLC es intercambio de información con el sistema de monitoreo a través de la comunicación serial RS-232 por puerto DB9. En los equipos de operación y supervisión se usó una pantalla táctil Kinco de la serie GL070E que a través de su sistema HMI que permite el monitoreo en tiempo real, La implementación del sistema facilita el trabajo del operador, con el sistema automatizado tiene un mejor aprovechamiento de los recursos en la pasteurización de leche, y concluyendo que al aplicar este sistema hay un tiempo de reducción de tiempo de 0,3 HORAS equivalente a 18 MINUTOS para que operador realiza otras actividades dentro de la fábrica y un tiempo de eficacia en el proceso de pasteurización de leche del 19,41%. Palabras clave: Automatización, Pasteurización, Reducción de tiempos.

1.1. INFORMACIÓN GENERAL Título: Automatización del proceso de pasteurización de leche en la fábrica de helados Iglú del cantón Pujilí provincia de Cotopaxi. Fecha de inicio: Abril 2022 Fecha de finalización: Agosto 2022 Lugar de ejecución: Región: Sierra Provincia: Cotopaxi Cantón: Pujilí Sector: Juan Salinas la Y Facultad que auspicia: Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica Proyecto de investigación vinculado: Proyecto formativo Equipo de Trabajo: Tutor Nombres: Verónica Paulina Apellidos: Freire Andrade E-mail: veronica.freire@utc.edu.ec



Marmita automatizar y toma de las dimensiones



Ensamble del proceso de mezclado para la marmita



Montaje de la tapa en la marmita



Colocación de electroválvulas



Colocación del Sensor de temperatura



Colocación de sensor de Nivel



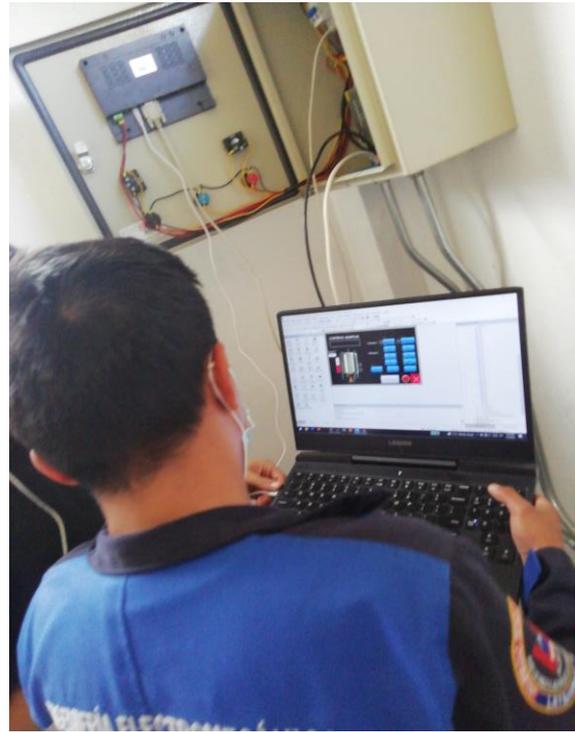
Montaje de tablero



Montaje de dispositivos electrónicos dentro del tablero



Toma de tiempo para la programación



Cargar la programación HMI/PLC



Elementos colocados en el tablero de control



Tablero grafico del control



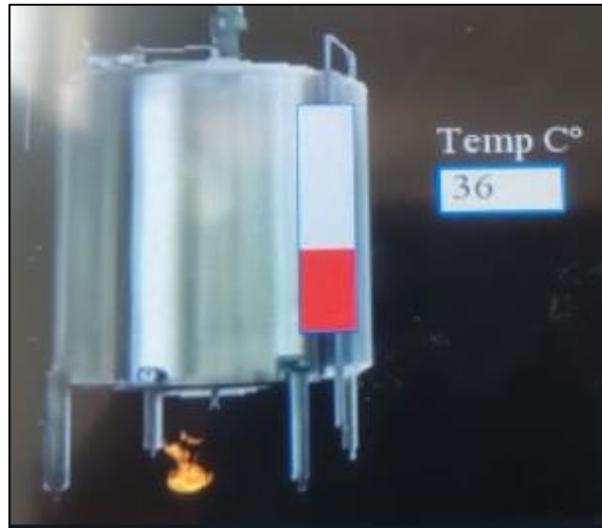
Mezcla de la materia prima Manual



Medición de temperatura de forma Manual



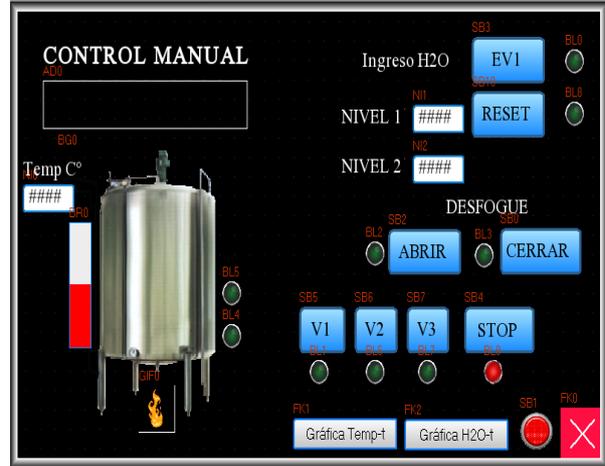
Mezcla de la materia prima a través de un motor y paleta diseñada



Sensado de la temperatura a través de sensor



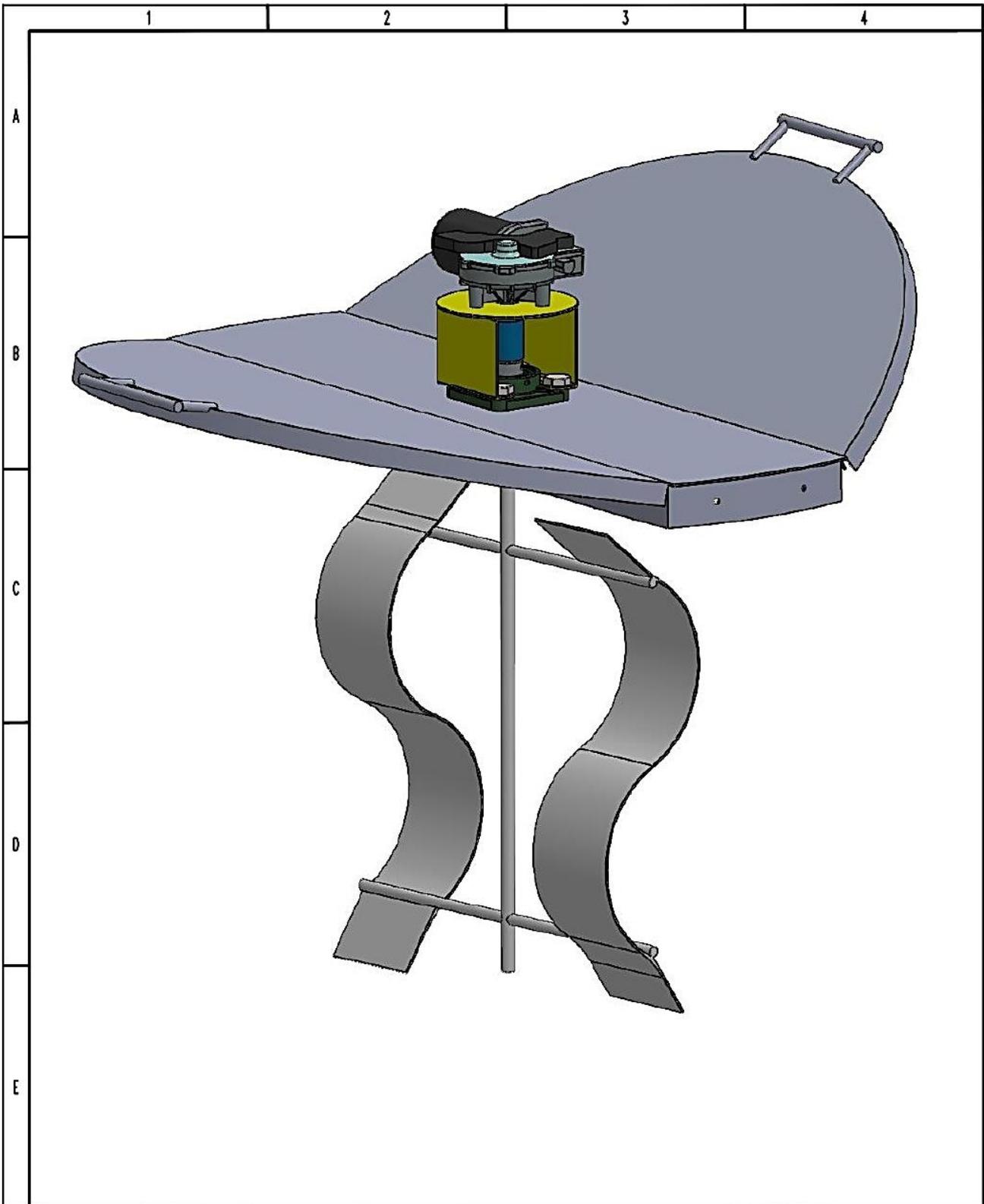
Pantalla del proceso automático



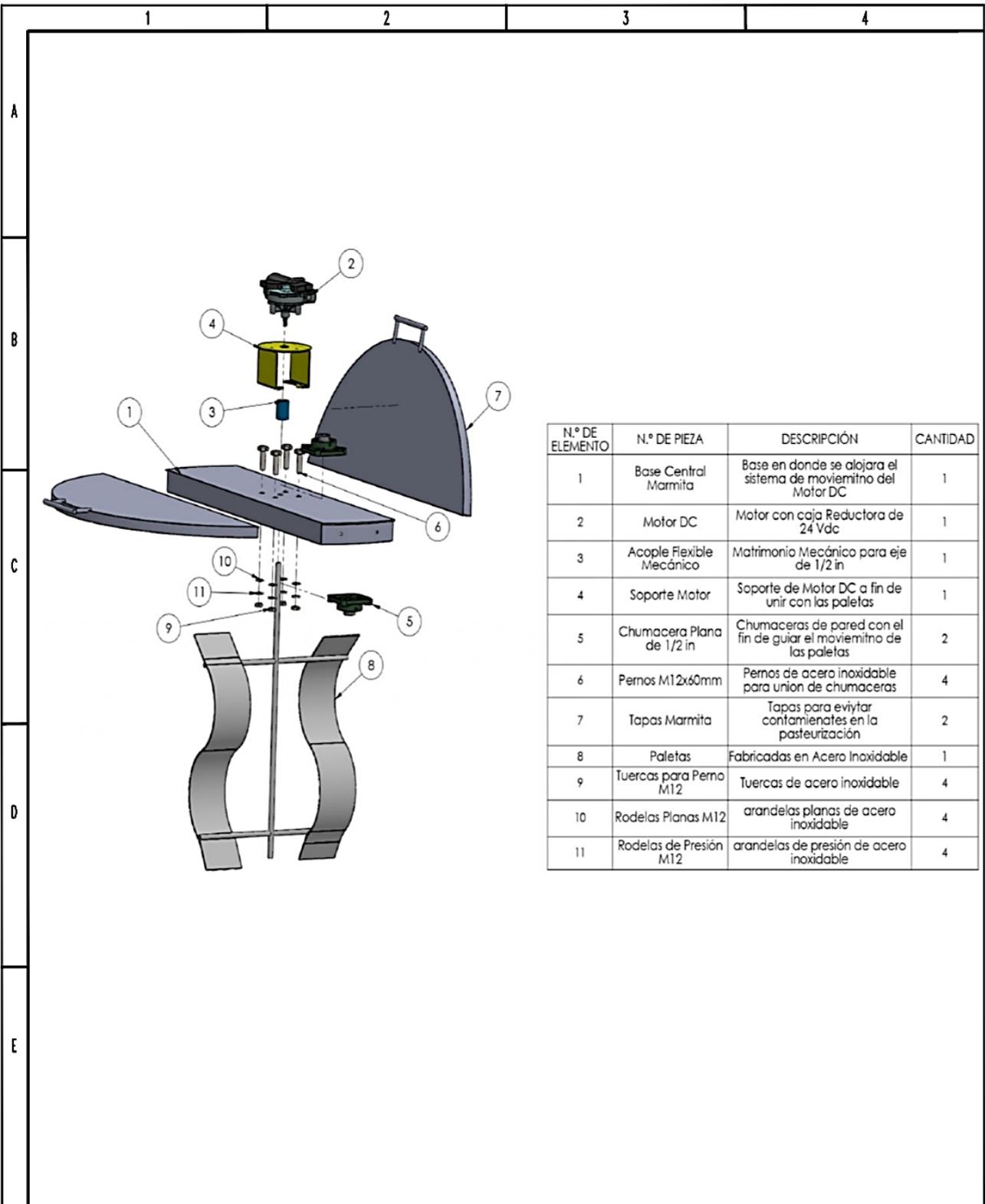
Pantalla del control manual



Pantalla principal del HMI

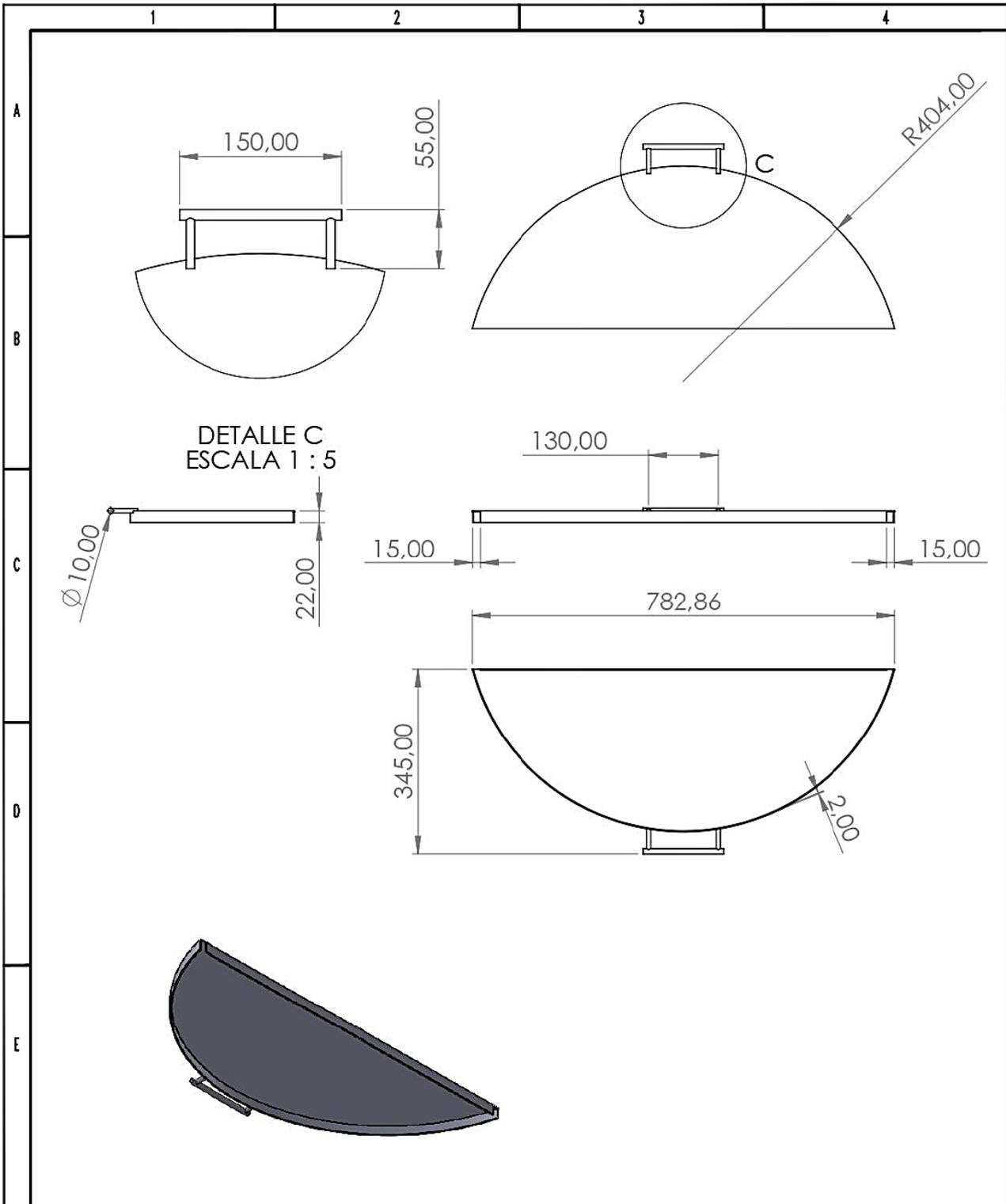


				tolerancias		(Peso)		INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
				Fecha		Nombre		Ensamble total	
				Dib.		Edwin-Marco			
				Rev.					
				Apr.				Escala 1:2	
				UTC		Fig.		ISO E	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustituye a:)			

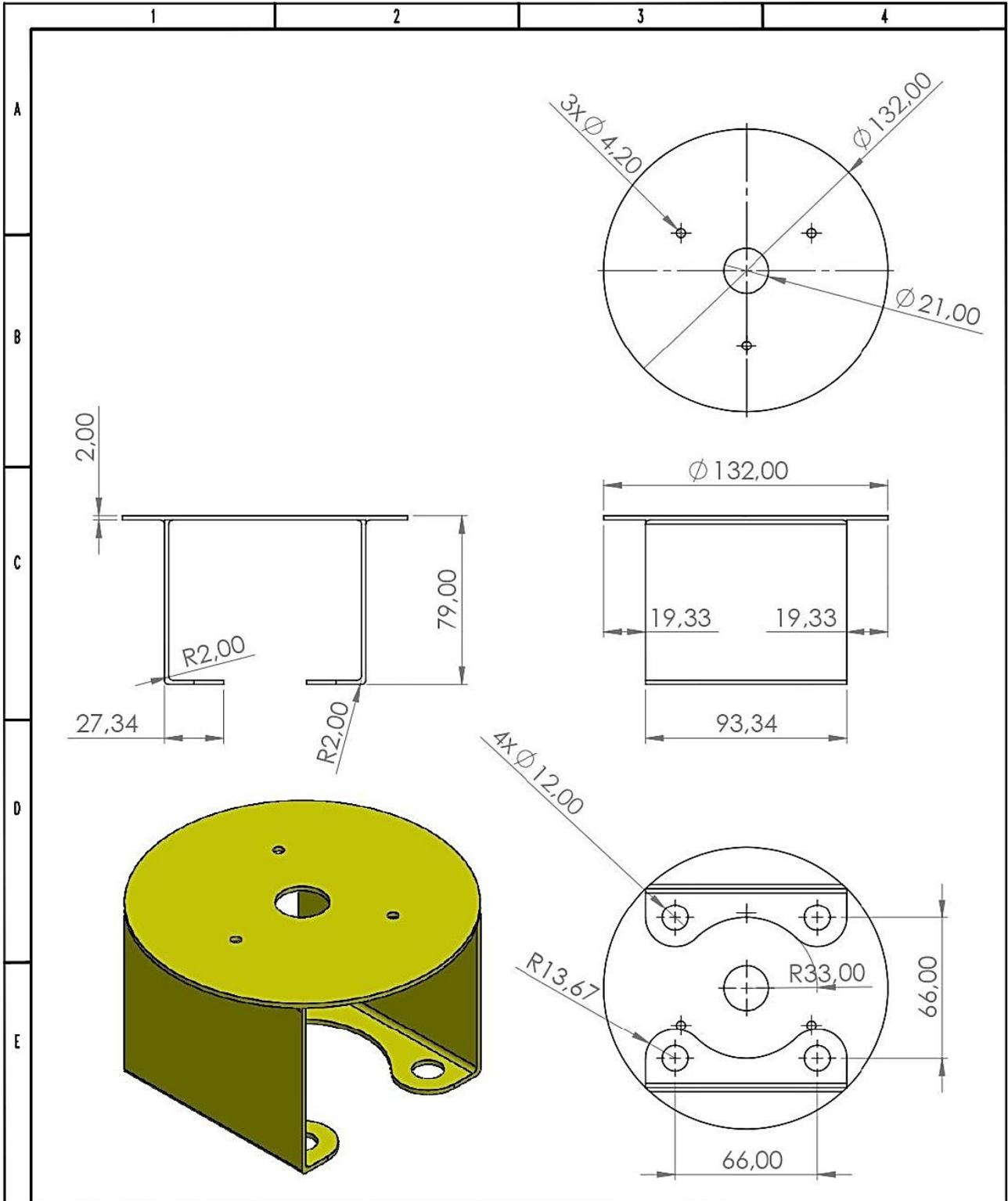


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Base Central Marmita	Base en donde se alojara el sistema de movimiento del Motor DC	1
2	Motor DC	Motor con caja Reductora de 24 Vdc	1
3	Acople Flexible Mecánico	Matrimonio Mecánico para eje de 1/2 in	1
4	Soporte Motor	Soporte de Motor DC a fin de unir con las paletas	1
5	Chumacera Plana de 1/2 in	Chumaceras de pared con el fin de guiar el movimiento de las paletas	2
6	Pernos M12x60mm	Pernos de acero inoxidable para unión de chumaceras	4
7	Tapas Marmita	Tapas para eviytar contaminates en la pasteurización	2
8	Paletas	Fabricadas en Acero inoxidable	1
9	Tuercas para Perno M12	Tuercas de acero inoxidable	4
10	Rodelas Planas M12	arandelas planas de acero inoxidable	4
11	Rodelas de Presión M12	arandelas de presión de acero inoxidable	4

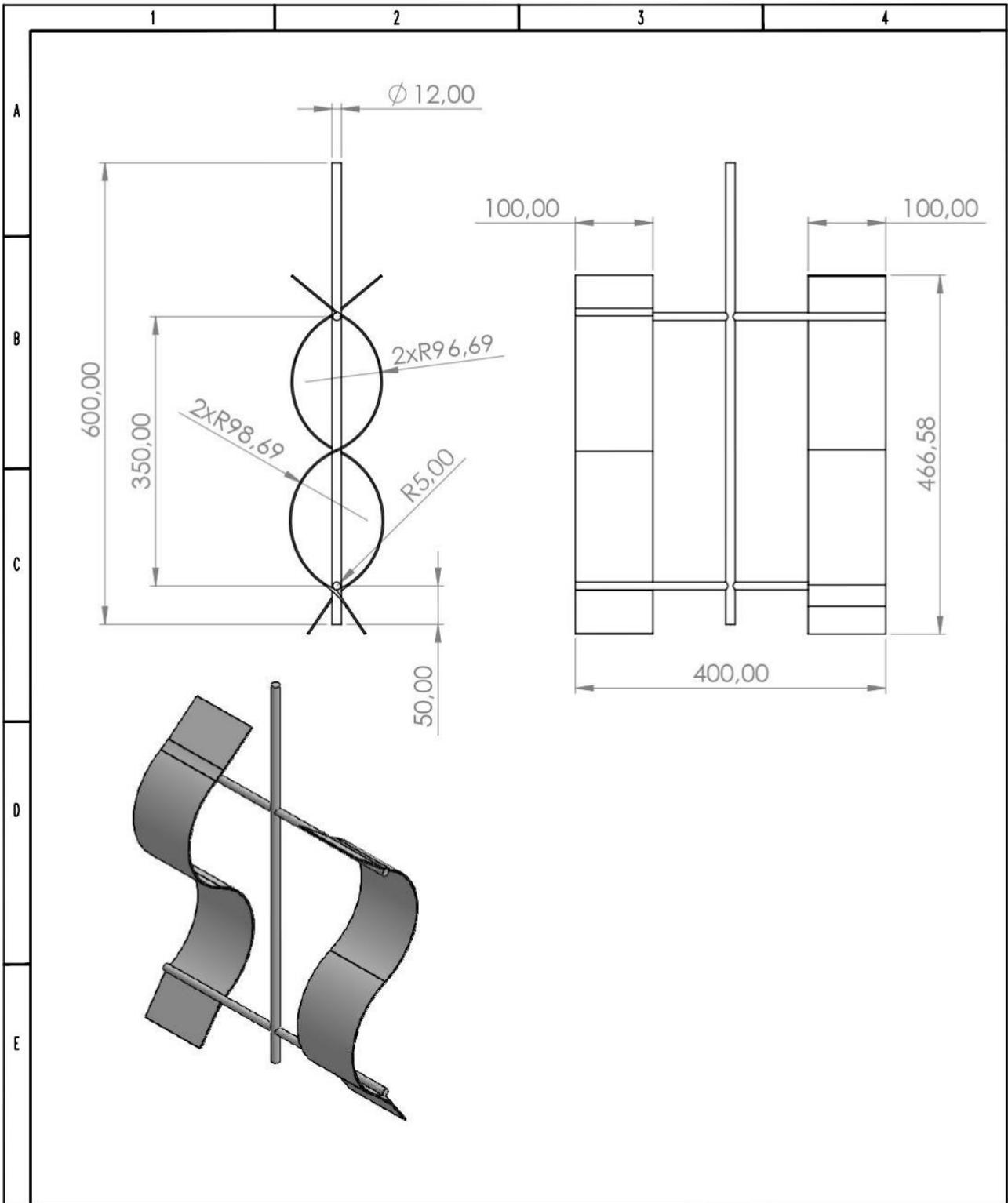
				tolerancias		(Peso)	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
				Fecha		Nombre		Escala 1:2
				Dib.		Edwin-Marco		
				Rev.				
				Apro.				
				UTC		Fig.		ISO E
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					



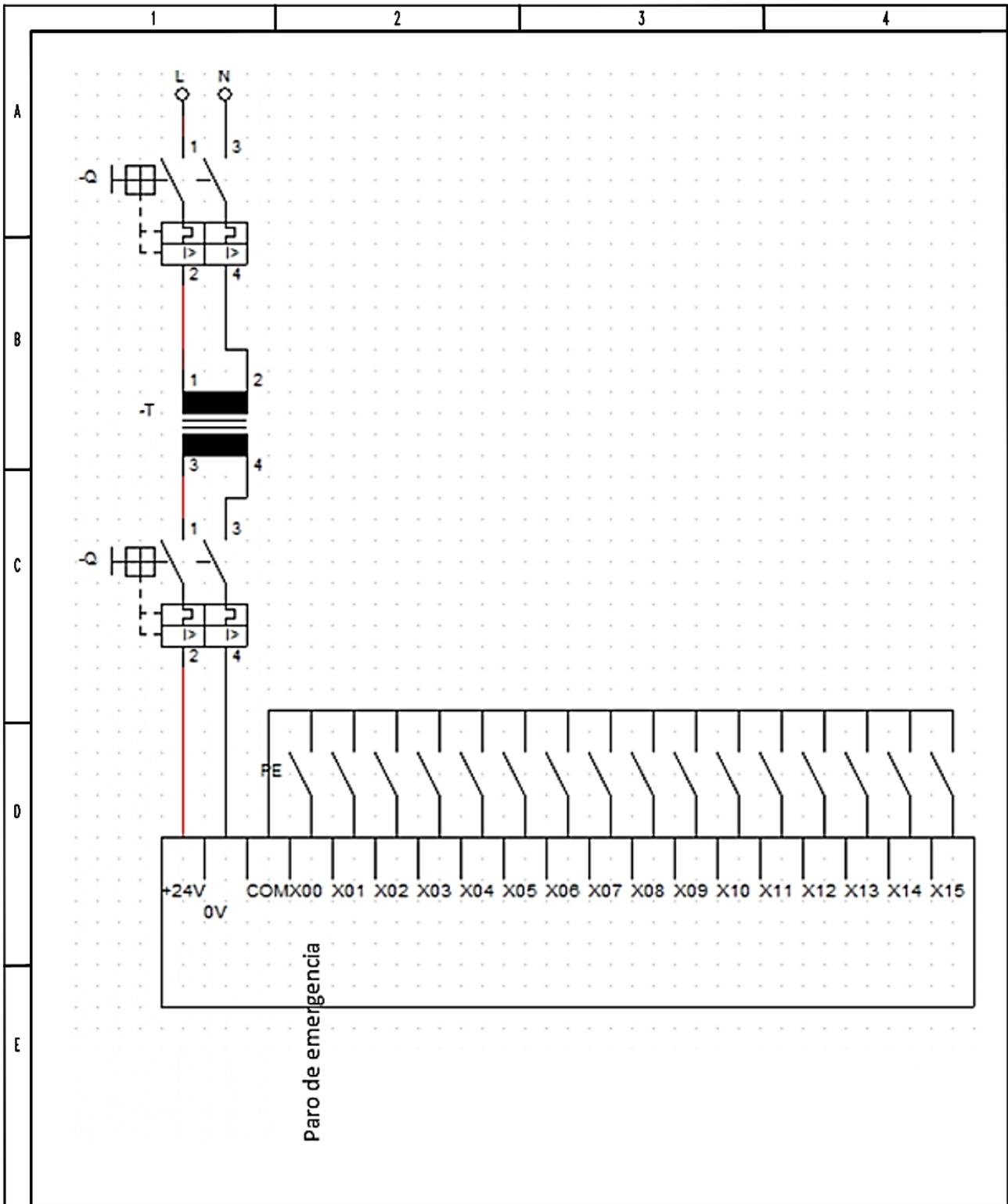
				tolerancias	(Peso)	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
						Tapa de la marmita	Escala 1:2
				Dib.	Fecha	Nombre	
				Rev.			
				Apro.			
				UTC		Fig.	ISO E
						(Sustituye a:)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



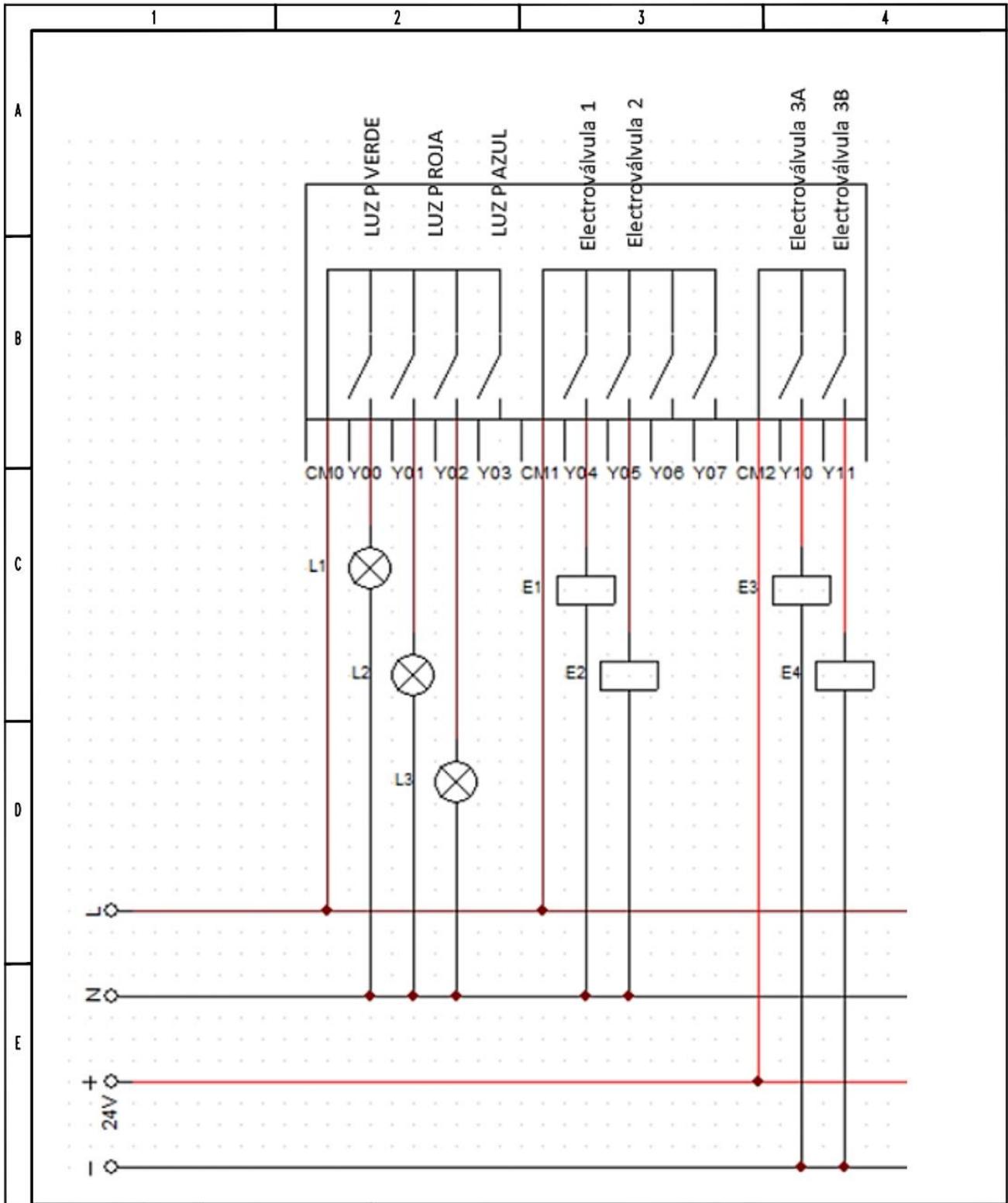
				tolerancias	(Peso)	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
				Fecha	Nombre	Soporte del motor	Escala 1:2
				Dib.	Edwin-Marco		
				Rev.			
				Apro.		Fig.	ISO E
				UTC			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustituye a:)	



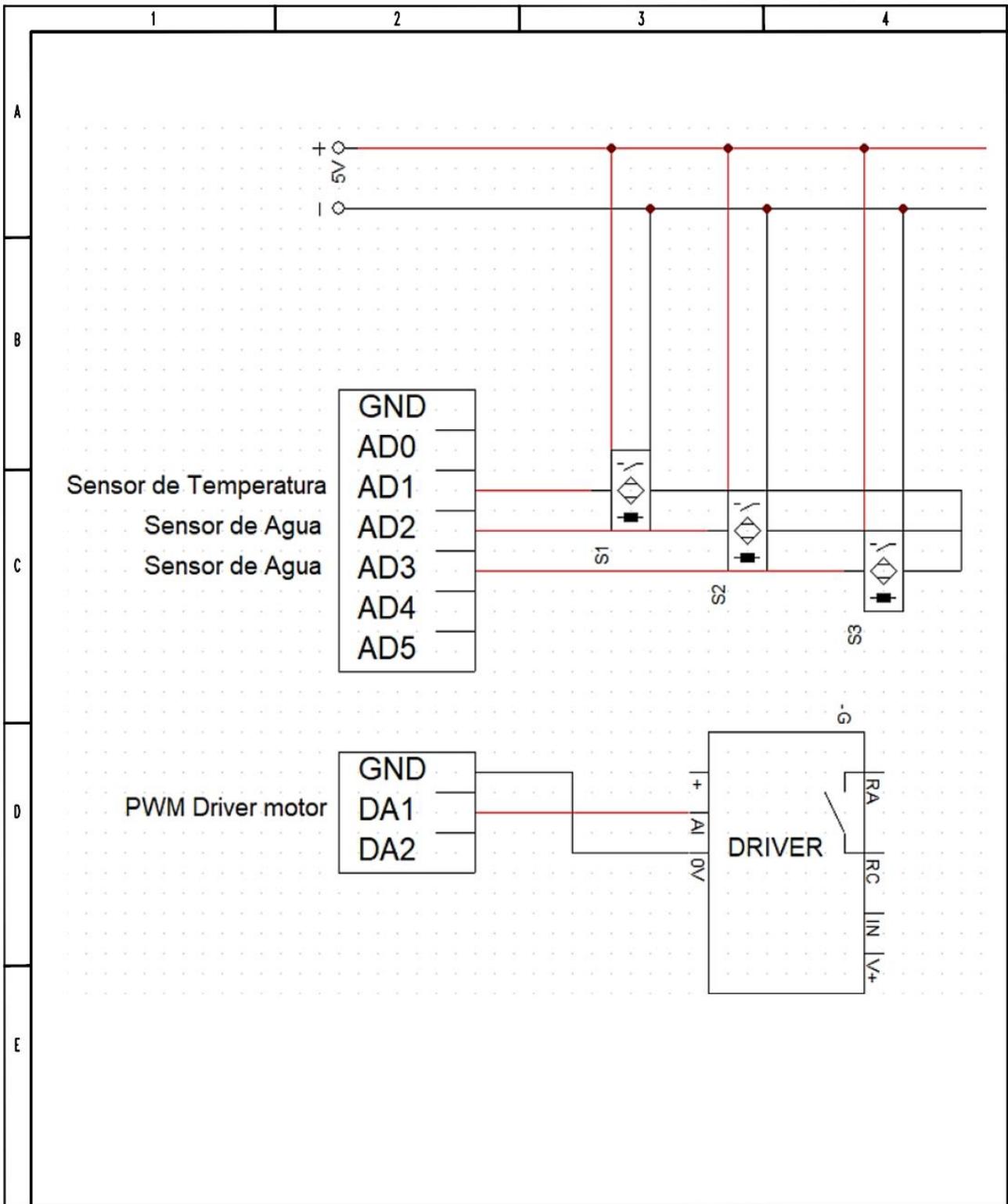
				tolerancias	(Peso)	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
						Aspa	Escala 1:2	
				Dib.	Fecha			Nombre
				Rev.				Edwin-Marco
				Apro.				
				UTC		Fig.	ISO E	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustituye a:)		



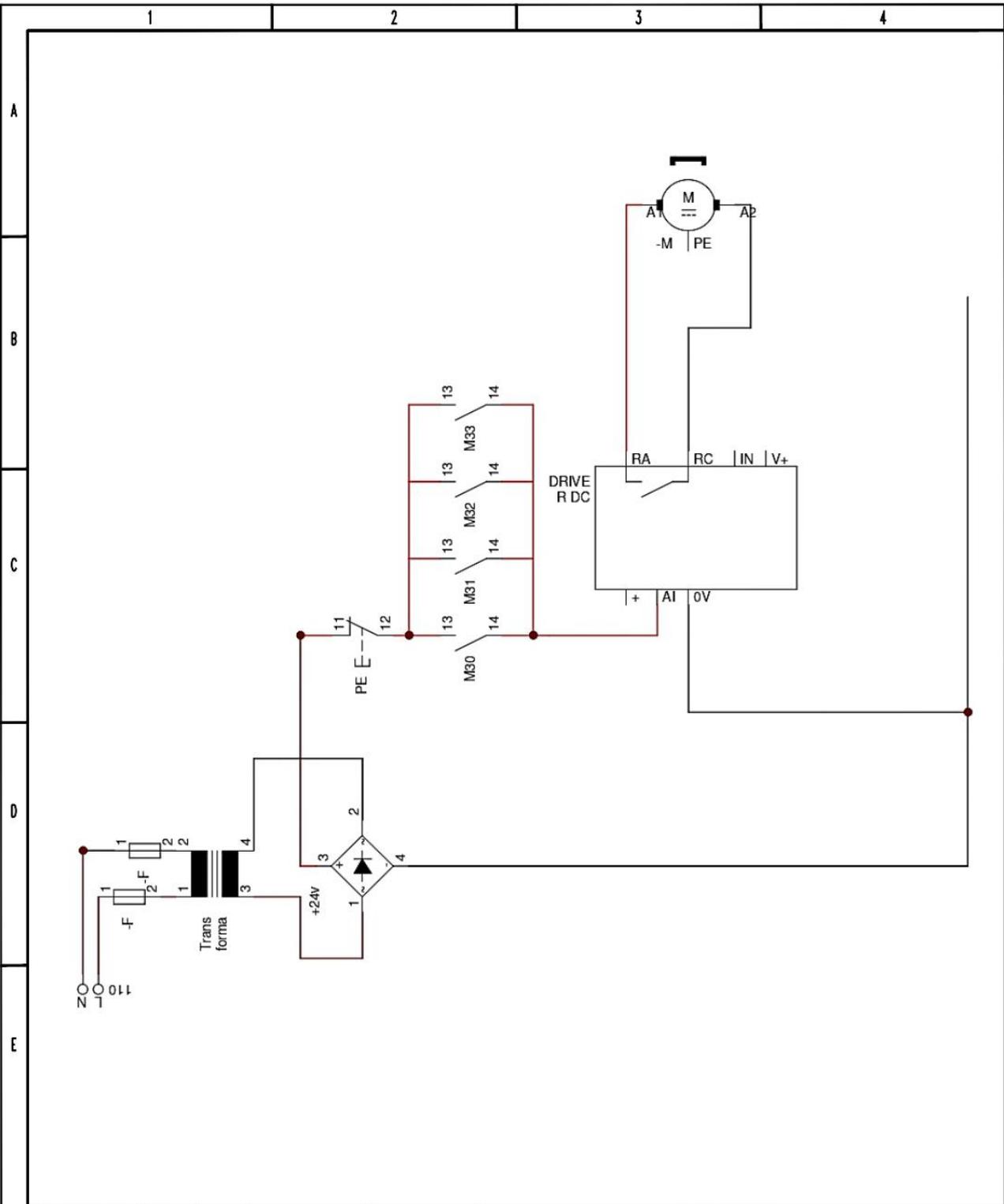
				tolerancias	(Peso)	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
				Fecha	Nombre	Plano eléctrico de alimentación y entradas del PLC FX3U	Escala 1:2
				Dib.	Edwin-Marco		
				Rev.			
				Apro.			
				UTC		Fig.	ISO E
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



				tolerancias	(Peso)	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
				Fecha	Nombre	Plano eléctrico de salidas del PLC FX3U	Escala 1:2
				Dib.	Edwin-Marco		
				Rev.			
				Apro.		Fig.	ISO E
				UTC			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustituye a:)	

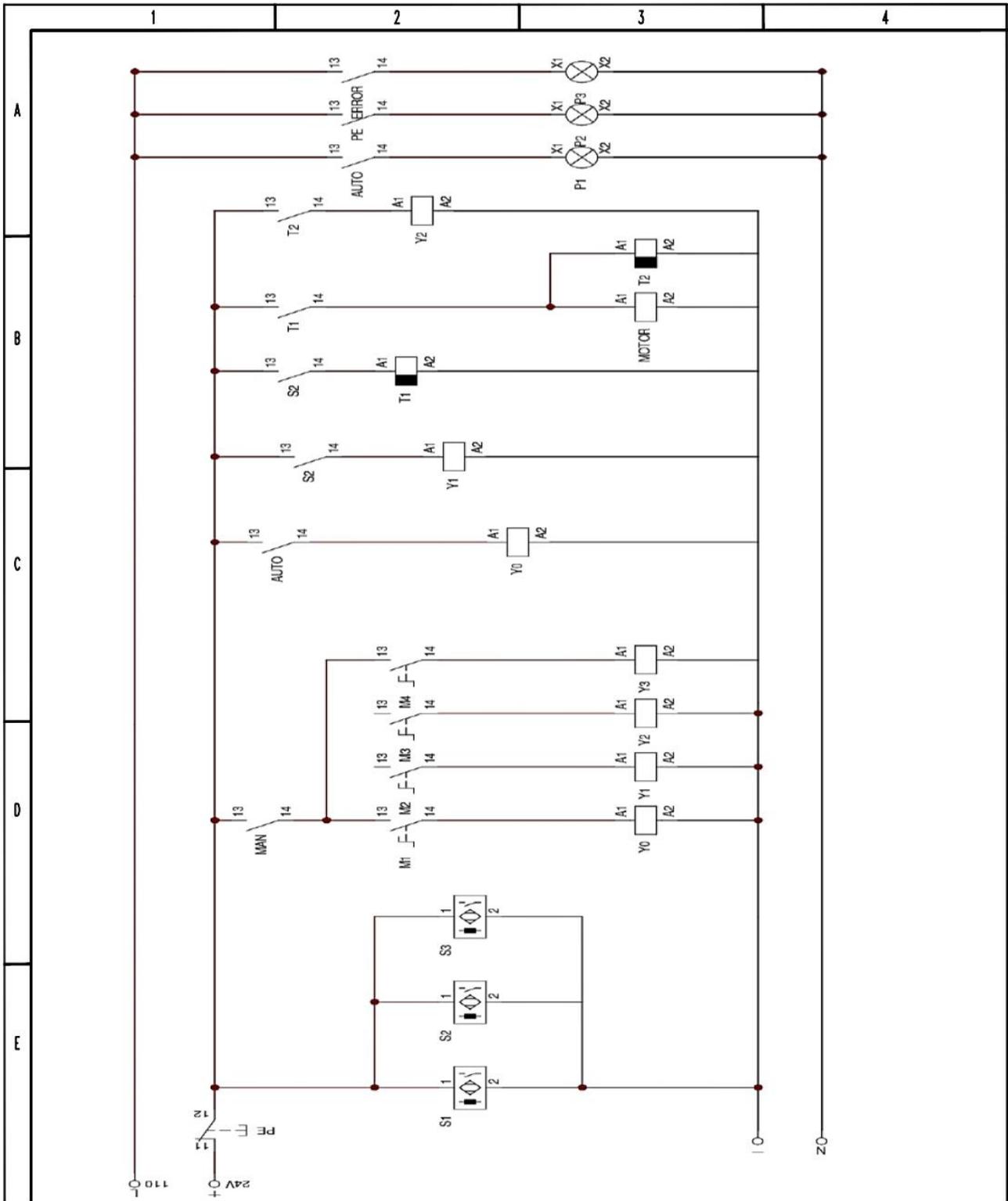


				tolerancias	(Peso)	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
				Fecha	Nombre	Plano eléctrico de entradas y salidas	Escala 1:2
				Dib.	Edwin-Marco		
				Rev.			
				Apro.		Fig.	ISO E
				UTC			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustituye a:)	



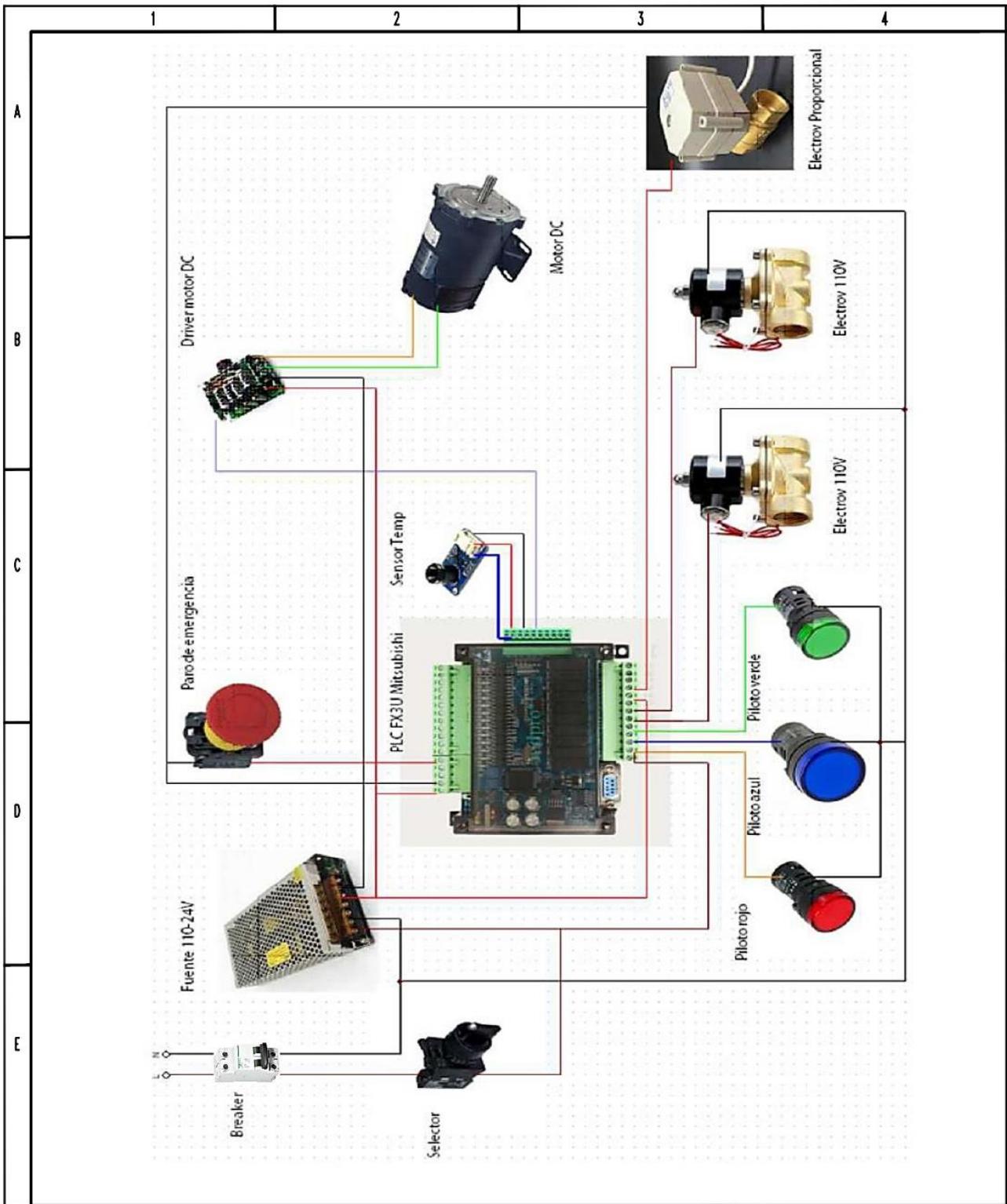
		tolerancias		(Peso)	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
		Fecha		Nombre		Diagrama de potencia
		Dib.		Edwin-Marco		
		Rev.				
		Apro.				Escala 1:2
				UTC		Fig. (Sustituye a:)
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			ISO E



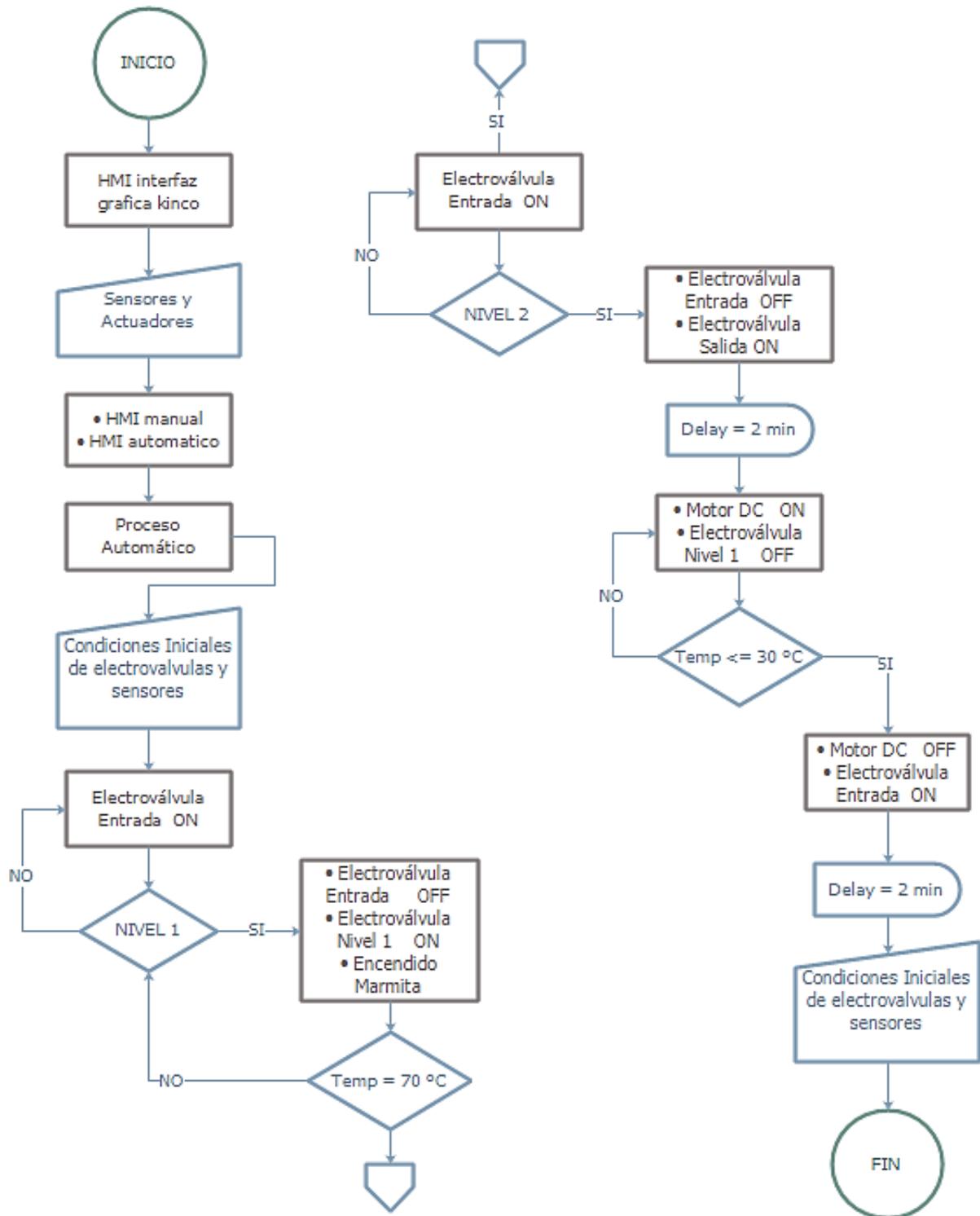


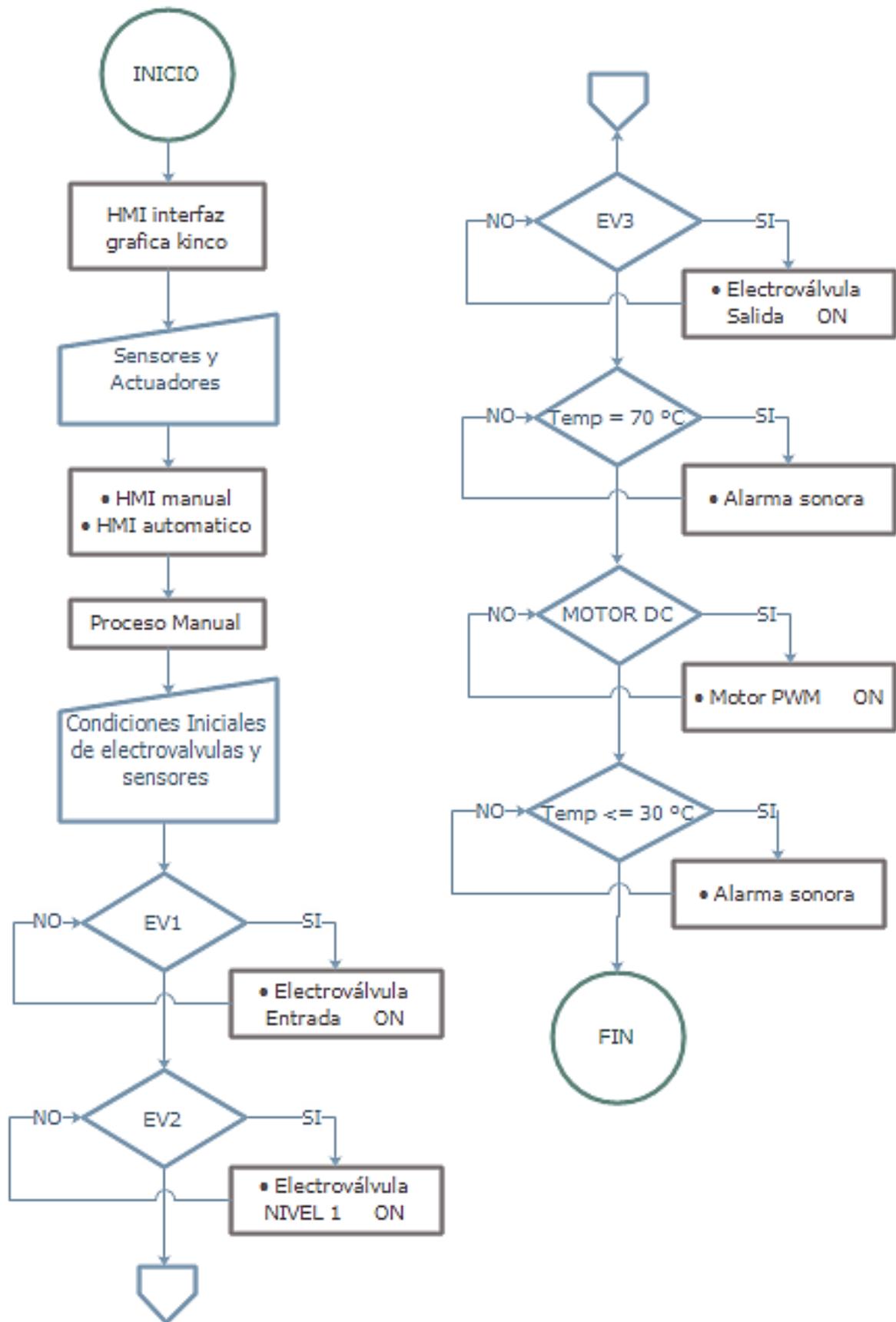
				tolerancias	(Peso)	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
				Fecha	Nombre	Diagrama de control	
				Dib.	Edwin-Marco		
				Rev.			
				Apro.		Escala 1:2	
				UTC		Fig.	
						(Sustituye a:)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	ISO E			

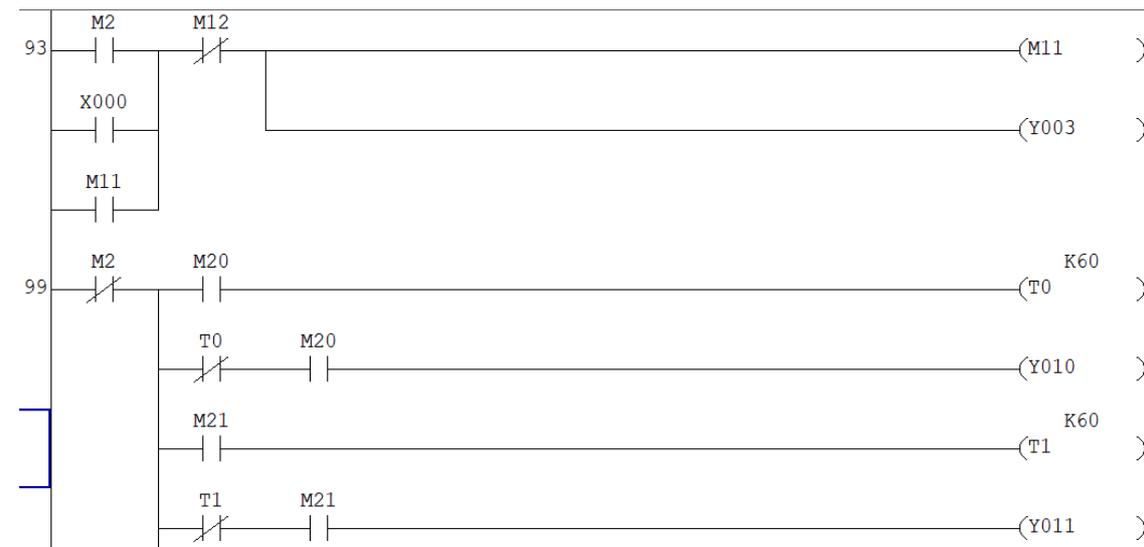
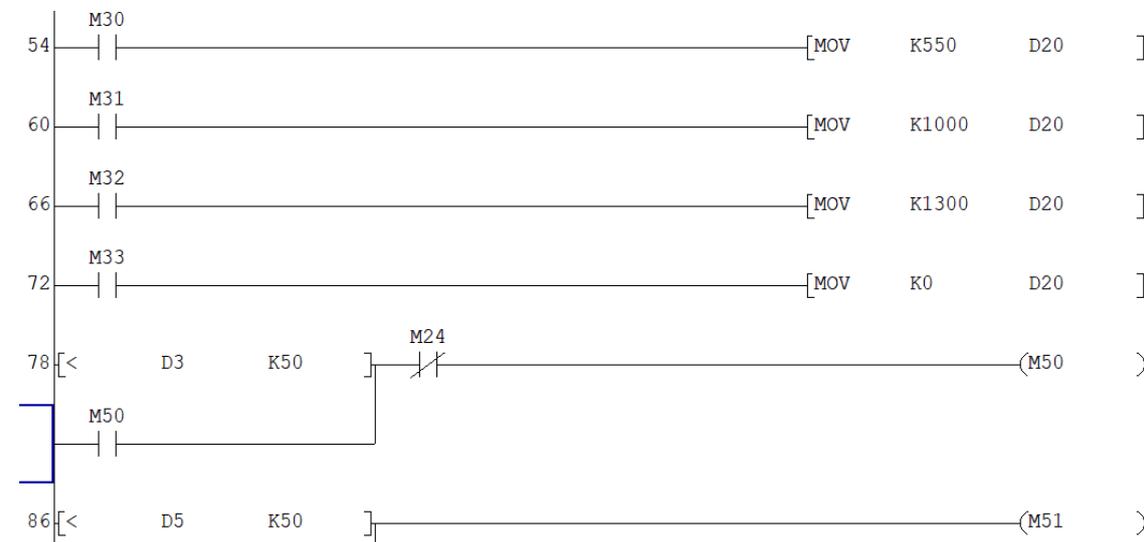


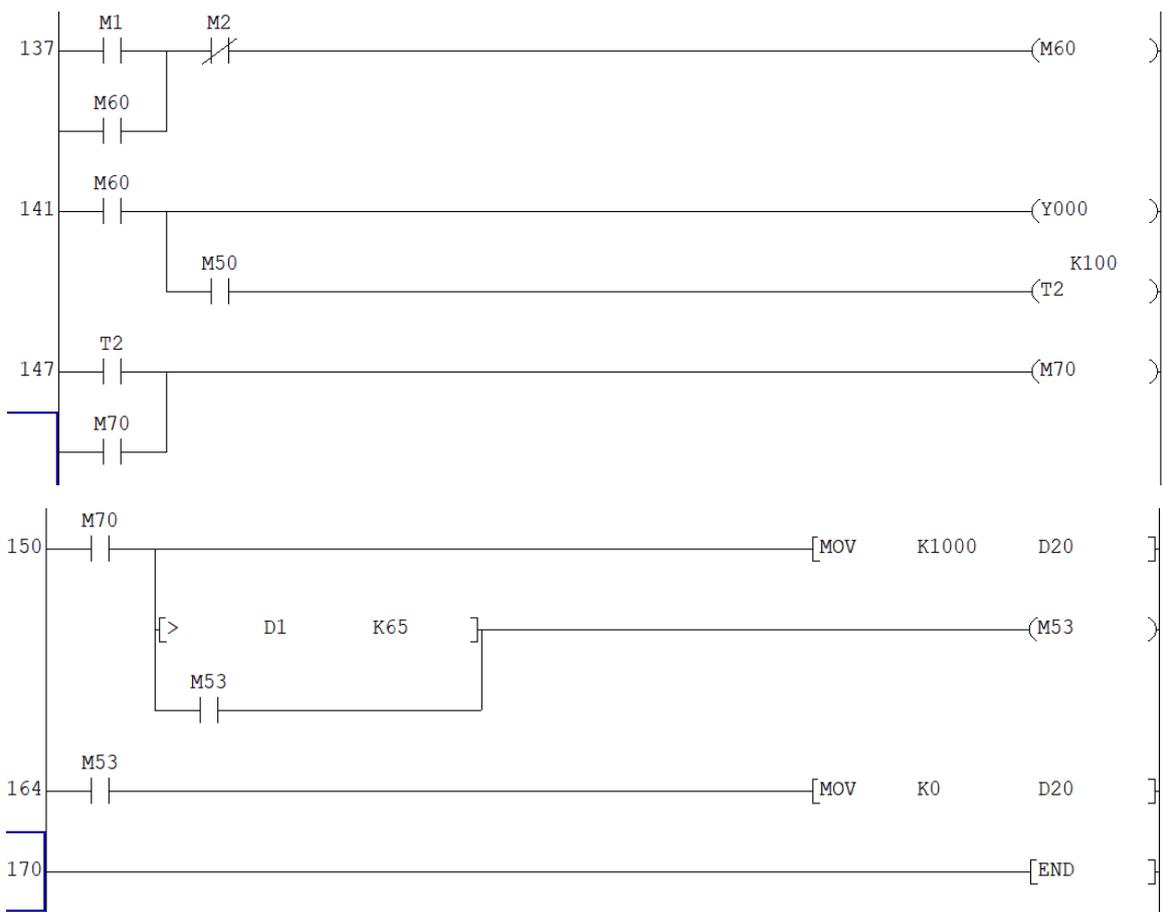


		tolerancias		(Peso)	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
		Fecha		Nombre		Escala 1:2
		Dib.		Edwin-Marco		
		Rev.				
		Apro.				ISO E
Edición		Modificación		Fecha		Fig. (Sustituye a:)
				UTC		



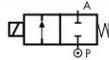








ELECTROVÁLVULA DE ACCIONAMIENTO DIRECTO 2/2 VÍAS, G 1/4" ÷ G 1/2"



normalmente cerrada

TIPO: D237/238/239

PROCESOS Y AUTOMATIZACIÓN

DATOS TÉCNICOS

- Fluidos: agua, aceite, aire
- Temperatura del fluido: -10°C ÷ +130°C
- Temperatura ambiente: -10°C ÷ +50°C
- Material del cuerpo: latón (CW617N EN 12165)
- Material del piloto: acero inoxidable
- Material del cierre piloto: FKM
- Potencia de la bobina: CA 18vA (servicio)
CA 36vA (punta)
CC 14w
- Grado de protección: IP 65 (con conector)

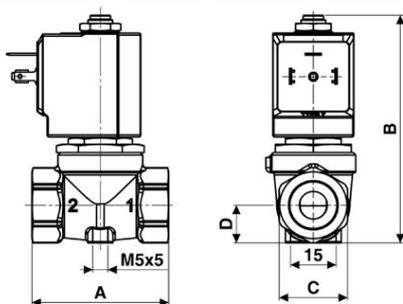
OPCIONES

- Cierre EPDM para aire y agua caliente Máx. 120°C (Ej. cód. D239DEU)
- Cierre NBR para aire, agua, aceite Máx. 90°C (Ej. cód. D237DBU)



TABLA DE SELECCIÓN

VÁLVULA	Conexiones G	diámetro nominal [mm]	coeficiente de caudal Kvs [l/min]	campo de presión			BOBINA	
				mín [barg]	máx. CA [barg]	máx. CC [barg]	código	[Volts/Hz]
código	[ISO 228 G]	[mm]	[l/min]	[barg]	[barg]	[barg]	código	[Volts/Hz]
D237DVU	1/4"	10.5	21	0	0.4	0.2	7250	24v CC
D238DVL	3/8"	4.0	6	0	8	5	7200	24v 50/60Hz
D238DVN	3/8"	5.0	7.5	0	5	2	7400	110v 50Hz - 120v 60Hz
D238DVP	3/8"	6.0	8.5	0	3.5	1.1	7600	200v 50Hz - 220v 60Hz
D238DVU	3/8"	10.5	24	0	0.4	0.2	7700	230v 50Hz - 240v 60Hz
D239DVL	1/2"	4.0	6	0	8	5		
D239DVN	1/2"	5.0	7.5	0	5	2		
D239DVP	1/2"	6.0	8.5	0	3.5	1.1		
D239DVU	1/2"	10.5	25	0	0.4	0.2		

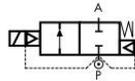


DIMENSIONES Y PESOS

Conexiones G	A	B	C	D	peso
[ISO 228 G]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]
1/4"	54	89	Hex. 27	15	0.45
3/8"	54	89	Hex. 27	15	0.4
1/2"	54	89	Hex. 27	15	0.4



ELECTROVÁLVULA SERVOCOMANDADA 2/2 VÍAS, G 1/4" ÷ G 1"



normalmente cerrada

VERSIÓN PARA VAPOR

TIPO: D887/888/889/890/892

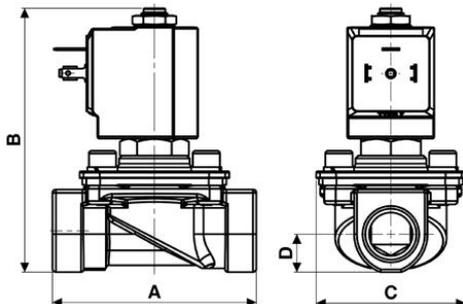
DATOS TÉCNICOS

- Fluidos: agua caliente, vapor
- Temperatura del fluido: -10°C ÷ +150°C
- Temperatura ambiente: -10°C ÷ +70°C
- Material del cuerpo: latón (CW617N EN 12165)
- Material del orificio: acero inoxidable (1.4305 EN 10088/AISI 303)
- Material del piloto: acero inoxidable
- Material del cierre piloto: EPM PX 70/80
- Material de la membrana: PTFE
- Material del obturador principal: EPM PX 70/80
- Potencia de la bobina: CA 18va (servicio)
CA 36va (punta)
CC 22w
- Grado de protección: IP 65 (con conector)



TABLA DE SELECCIÓN

VÁLVULA	Conexiones G	diámetro nominal	coeficiente de caudal Kvs	campo de presión			BOBINA sólo clase "H"	
				min	máx. CA	máx. CC	código	[Volts/Hz]
código	[ISO 228 G]	[mm]	[l/min]	[barg]	[barg]	[barg]	código	[Volts/Hz]
D887DPV	1/4"	11.5	35	0.3	4.5	4.5	72Z1	24v CC
D888DPV	3/8"	11.5	50	0.3	4.5	4.5	7201	24v 50/60Hz
D889DPV	1/2"	11.5	55	0.3	4.5	4.5	7401	110v 50Hz - 120v 60Hz
D890DPV	3/4"	11.5	70	0.3	4.5	4.5	7601	200v 50Hz - 220v 60Hz
D892DPV	1"	11.5	75	0.3	4.5	4.5	7701	230v 50Hz - 240v 60Hz



Dirección del fluido sobre asiento 1 → 2

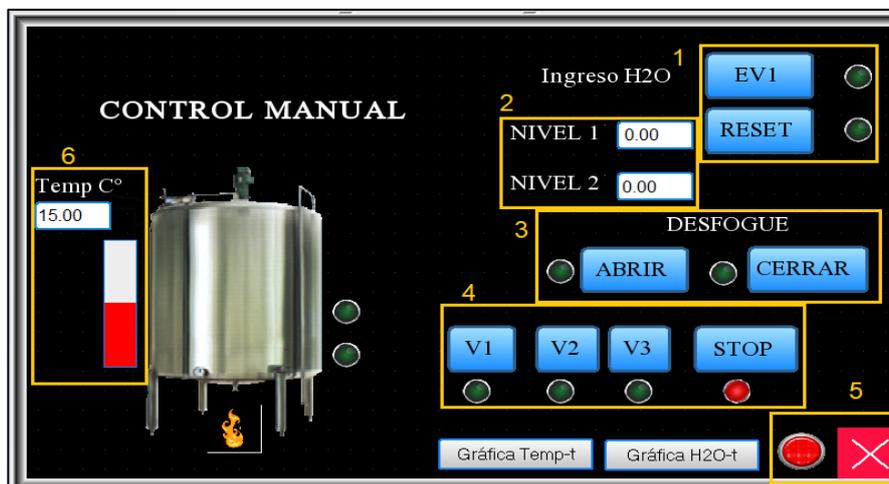
DIMENSIONES Y PESOS

Conexiones G	A	B	C	D	peso
[ISO 228 G]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]
1/4"	75	108	55	14	0.55
3/8"	75	108	55	14	0.5
1/2"	75	108	55	14	0.5
3/4"	85	108	55	21.5	0.8
1"	85	108	55	21.5	0.8

Manual de usuario para el tablero de control del proceso de pasteurización

Generalidades

El presente manual tiene como objetivo dar a conocer el uso y funcionamiento del sistema automatizado para el proceso de pasteurización de leche. Como se observa en la siguiente imagen la distribución de los elementos de control en el tablero.



El tablero este compuesto por los siguientes elementos dentro de la HMI (interfaz Hombre-Máquina)

1. EV1 Encendido de la electroválvula uno EV1 (ingreso de agua)

Reset para volver a puesta en condiciones iniciales del sistema.

2. Niveles de la marmita

Estos valores se presentan de forma numérica y detecta el nivel de agua

3. Desfogue

Se dispone de dos pulsadores para abrir y cerrar de forma proporcional la electroválvula de salida EV3

4. Las velocidades variables del motor DC

Cada uno de los botones coloca al motor en velocidades lentas media y rápidas, según el tipo de pasteurización que realiza la fábrica de helados Iglú, igual tenemos el botón de paro total del motor.

5. Cierre interfaz gráfica HMI

Cierre de la interfaz HMI

6. Indicador de temperatura

Se tiene un visualizador numérico, de esta forma se puede visualizar la temperatura a la que se encuentra el proceso, con su respectivo indicador timbre cuando la temperatura alcanzado los 70 °C y de igual manera el enfriamiento.

Navegación

Para la navegación entre pantallas de la HMI se tiene los botones de navegación además del botones manual, automático y cierre de sesión de usuario.



Se desplegará una interfaz donde el operario podrá seleccionar el tipo de control a realizar

1 manual

2 automático

3 cierre de sesión

4 Reset

Ingreso y operación del control manual

Botones de controles de sistema ON/OFF

- Botones de ingreso a las pantallas de actuadores y temperatura de proceso.
- Medición de temperatura y grafica de temperatura.
- Medición de nivel y graficas de nivel.
- Representación gráfica del sistema electroválvulas, motor, sensores.

Ingreso y operación del control automático

Una vez ingresado a la pantalla de control manual se puede observar que tiene:

Botones de controles de sistema ON/OFF

- Botones de ingreso a las pantallas flotantes de ingreso de temperatura de proceso.
- Medición de temperatura y grafica de temperatura.

- Medición de nivel y grafica de nivel.
- Representación gráfica del sistema electroválvulas, motor, sensores
- Indicadores y alarmas.



1. Start Encendido

El operador pulsa el botón start y se activa el proceso automático las variables son independientes

2. Reset

El operador pulsa Reset para volver a puesta en condiciones iniciales del sistema.

6. Indicador de temperatura

Se tiene un visualizador numérico, de esta forma se puede monitorear la temperatura a la que se encuentra el proceso con su respectivo indicador cuando alcanza la temperatura indicada.