



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS
CARRERA DE ELECTROMÉCANICA

TÍTULO DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

“REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA
TAPADORA DE BOTELLAS EN LA EMPRESA SELQUI DEL CANTÓN
LATACUNGA”.

PROPUESTA TECNOLÓGICA, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTROMÉCANICO

AUTOR(ES):

Kevin Andrés Caiza Cevallos
Luis David Paute Laguatasig

TUTOR:

Ing. Verónica Paulina Freire Andrade M.s.C.

LATACUNGA- ECUADOR

AGOSTO 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Latacunga, agosto del 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros **Caiza Cevallos Kevin Andrés** y **Paute Laguatasig Luis David** declaramos ser autores del proyecto de titulación "REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA TAPADORA DE BOTELLAS EN LA EMPRESA SELQUI DEL CANTÓN LATACUNGA", siendo la Ing. **Freire Andrade Verónica Paulina M.s.C** tutora del presente trabajo de titulación; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de titulación, son de mi exclusiva responsabilidad.



Kevin Andrés Caiza Cevallos
CC. 1755205489
AUTOR 1

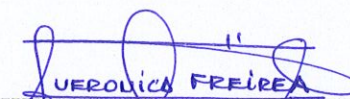


Luis David Paute Laguatasig
CC. 1754438057
AUTOR 2

Latacunga, 05 de agosto del 2025

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título: **“REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA TAPADORA DE BOTELLAS EN LA EMPRESA SELQUI DEL CANTÓN LATACUNGA”**, propuesto por los estudiantes **Caiza Cevallos Kevin Andrés** y **Paute Lagutasig Luis David** de la Carrera de Electromecánica considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.



Ing. Freire Andrade Verónica Paulina M.s.C
C.C. 0502056229
TUTORA

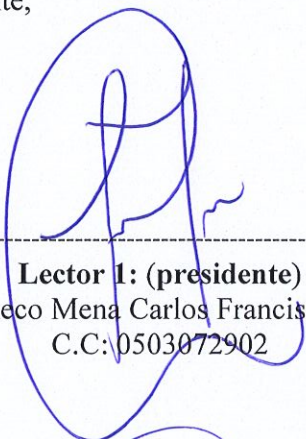
Latacunga, 05 de agosto del 2025

AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

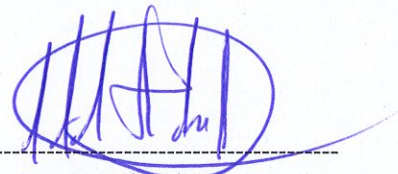
Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de la Propuesta Tecnológica con el Título **“REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA TAPADORA DE BOTELLAS EN LA EMPRESA SELQUI DEL CANTÓN LATACUNGA”**, propuesto por los estudiantes Caiza Cevallos Kevin Andrés con número de cédula N°1755205489 y Luis David Paute Laguatasig con número de cédula N°1754438057 de la Carrera de Electromecánica, me permito indicar que los estudiantes han concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, además de validar el funcionamiento de la propuesta, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad Propuesta Tecnológica en virtud de lo cual el o la postulante puede presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

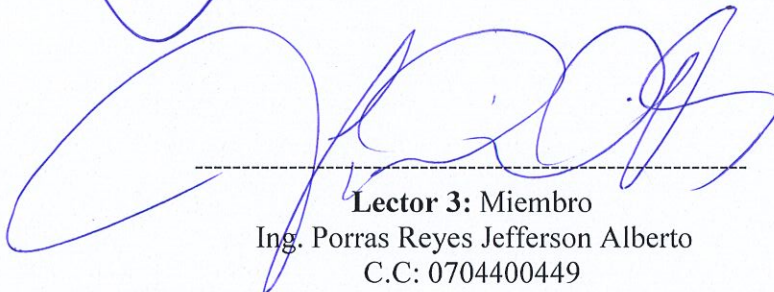
Atentamente,



Lector 1: (presidente)
Ing. Pacheco Mena Carlos Francisco Ms.C.
C.C: 0503072902



Lector 2: Miembro
Ing. Alban Andrade Efrén Damián
C.C: 0502529514



Lector 3: Miembro
Ing. Porras Reyes Jefferson Alberto
C.C: 0704400449

CARTA DE AVAL DE LA INSTITUCIÓN DONDE SE REALIZA EL TRABAJO



Latacunga, 04 de agosto del 2025

Presente. -

En calidad de gerente propietario de la empresa SELQUI, Yo Ing. Julio Cesar Quinatoa Lema Ms.C certifico que mediante la propuesta tecnológica “REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA TAPADORA DE BOTELLAS EN LA EMPRESA SELQUI DEL CANTÓN LATACUNGA”, los señores Caiza Cevallos Kevin Andrés con número de cédula N° 1755205489 y Paute Laguatasig Luis David con número de cédula N° 1754438057, realizan la entrega del proyecto de titulación en la industria ubicada en la Parroquia de Tanicuchi del cantón Latacunga, el día 04 del mes de agosto del 2025 en pleno funcionamiento.

Atentamente;

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Julio Cesar Quinatoa Lema".



Ing. Julio Cesar Quinatoa Lema Ms.C
Gerente Propietario de SELQUI
C.I: 0503242968



AVAL DE TRADUCCIÓN

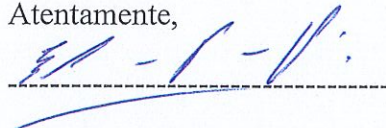
En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma inglés de la propuesta tecnológica cuyo título versa: **“REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA TAPADORA DE BOTELLAS EN LA EMPRESA SELQUI DEL CANTÓN LATACUNGA”** presentado por: **Kevin Andrés Caiza Cevallos y Luis David Paute Laguatasig**, egresados de la Carrera de: **Electromecánica** perteneciente a la **Facultad de Ciya**, 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, 1 de agosto del 2025

Atentamente,



Mg. Marcelo Pacheco
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502617350



**CENTRO
DE IDIOMAS**

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, a la Virgen de los Dolores que siempre han estado a mi lado brindándome fuerzas y fortaleza para seguir adelante en el camino hacia cumplir mis sueños y propósitos en la vida.

A mis padres, José y Rosario, a mis hermanos Edison, Javier, Sandra y Belén que han sido pilares fundamentales durante mi vida y más aún en mi carrera universitaria donde siempre han estado presentes en los momentos difíciles.

A cada persona que supo brindarme su apoyo desde lo más mínimo hasta lo que mas importante, por ello agradezco a los docentes que han sido importantes en este proceso y los ingenieros David y Julio Quinatoa que han sido una guía en este camino.

Por último, agradezco a mis amigos que han estado en las buenas y mucho mas en las malas por ello quiero agradecer a Víctor Hugo Segovia.

Por todo eso y más les estoy completamente agradecido y con una palabra tan nuestra y tan mía quiero decirles Dios le pague por todo.

Andrés Caiza

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado para mis padres José y Rosario que son quienes me han apoyado incondicionalmente en mi formación académica y por formarme como persona de bien.

Para mis hermanos Edison, Javier, Sandra y Belén quienes siempre confiaron en mí y que con sus consejos me han dado el aliento para no desmayar en este proceso.

También quiero dedicar este trabajo a una persona muy especial para mí que por cosas del destino no puede estar a mi lado, pero también estuvo presente a lo largo del proceso y a cada persona que formo parte de mi vida.

Andrés Caiza

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme salud y vida para alcanzar una meta más en mi vida. A mis padres y herman@s, por brindarme su apoyo incondicional, por creer en mí, por sus consejos, por darme fuerzas y motivación. Este logro también es de ustedes por su amor, paciencia y confianza.

A mis docentes por ser paciencia y ser parte de mi formación. De manera especial a la M.s.C. Paulina Freire Andrade por compartir sus conocimientos y por la orientación técnica para culminar el trabajo de titulación.

Agradezco a la empresa “SELQUI” y mis tutores externos por abrirnos las puertas de su empresa y aportar en mi formación profesional.

A mi pareja Brithany Farinango por su apoyo incondicional, su paciencia, comprensión y motivación este logro también lleva un poco de ti.

Por ultimo agradezco a mis amigos por cada palabra de aliento y apoyo en especial a Ángel y Dayana.

Luis Paute

DEDICATORIA

Dedico esta tesis, en primer lugar, a Dios por darme salud, fuerza y fortaleza necesaria para culminar esta meta.

A mis padres, por ser el pilar fundamental en mi vida, por los esfuerzos que han tenido que hacer a lo largo de mi vida profesional y por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo y dedicación

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mi mejor amiga y aunque no esté presente físicamente ha sido una de mis inspiraciones para poder lograr esta meta gracias por confiar en mí y siempre apoyarme en cada paso de mi vida con mucho cariño este logro se lo dedico a Andreina Llumigusin.

Luis Paute

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA TAPADORA DE BOTELLAS EN LA EMPRESA SELQUI DEL CANTÓN LATACUNGA”

Autores:

Kevin Andrés Caiza Cevallos

Luis David Paute Laguasig

RESUMEN

La presente propuesta tecnológica fue implementada en la empresa de servicios eléctricos y mecánicos “SELQUI” con el objetivo de repotenciar y automatizar una máquina tapadora de botellas la cual permite disminuir el tiempo y mejorar la producción en el proceso de tapado de botellas. Este proyecto sustituye componentes obsoletos y consta de equipos eléctricos como: seccionador trifásico, interruptores termomagnéticos para las protecciones principales, sensores, pulsadores y una pantalla HMI como entradas digitales y potenciómetro como entrada analógica conectada a una red de 220V, el módulo de control principal del tablero eléctrico es un controlador lógico programable PLC Mitsubishi Melsec Q00UJCPU el cual ejecuta señales de salida de contactores dependiendo de las señales de entrada las cuales se encuentran condicionadas por el funcionamiento de la tapadora, para poder optimizar los tiempos de producción se incorporó la actuación de las señales analógicas. En la parte mecánica se modificó la altura de los mandriles de 86 mm permitiendo acaparar la utilización de envases requeridos por la empresa, se disminuyó la altura del tornillo sin fin 30 mm permitiendo que las botellas tengan mayor sujeción al momento de ser tapada. Este proceso fue acompañado de un mantenimiento correctivo de todo el mecanismo. Al concluir la repotenciación y automatización se realizaron pruebas experimentales tomando el dato de la velocidad que trabajaba con las medidas de tapado anterior en comparación con la actual, la cual paso de producir 4500 a 39860 dando como resultado un aumento del 87,95% de la producción, además de una disminución por cada 10 botellas que paso de 0,52 ctvs. a 0,38 ctvs., lo que nos refleja una disminución del 36,5% en los costos de producción de esta manera justificando el cambio que tuvo en la parte de repotenciación y automatización y la reducción del 15,21% del tiempo de tapado de botellas.

Palabras claves: Repotenciación, Automatización, Mejora de Tiempo, Mejora de Producción, PLC, HMI

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

THEME: “REPOWERING AND AUTOMATION OF A BOTTLE CAPPING MACHINE IN TE SELQUI COMPANY IN LATACUNGA CANTON.”

Authors:

Kevin Andrés Caiza Cevallos

Luis David Paute Laguatasig

ABSTRACT

This technological proposal was implemented in the electrical and mechanical services company “SELQUI” with the objective to upgrade and automate a bottle capping machine, which allows to reduce time and improve production in capping process. This project replaces obsolete components and consists on electrical equipment such as: three-phase disconnecter, thermomagnetic switches for main protections, sensors, push buttons and an HMI screen as digital inputs and potentiometer as analog input connected to a 220V network, the main control module of the electrical panel is a PLC programmable logic controller Mitsubishi Melsec Q00UJCPU which runs output signals contactors depending on the input signals which are conditioned by the operation of the capping machine, in order to optimize production times, the performance of analog signals was incorporated. In the mechanical part, the height of the mandrels was modified, allowing the use of the containers required by the company, and the height of the worm screw was reduced, allowing the bottles to have a better grip capping time. This process was accompanied by corrective maintenance of the entire mechanism. At the end of the repowering and automation, tests were made taking the speed that worked with the previous capping measures in comparison with the current one, which gives an increase of 85.83% production, besides a decrease of 21.92% in the production costs, justifying the change that took place in the repowering and automation part.

Keywords: Repowering, Automation, Improvement, Production, Time.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	i.
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	ii.
AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES	iii.
CARTA DE AVAL DE LA INSTITUCIÓN DONDE SE REALIZA EL TRABAJO	iv.
<i>AGRADECIMIENTO</i>.....	v.
<i>DEDICATORIA</i>	vi.
RESUMEN	xix
ABSTRACT	X
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
Modalidad de Titulación:.....	1
Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto:.....	1
Equipo de Trabajo del Trabajo de Titulación:.....	1
Área de Conocimientos:	2
Línea de investigación:.....	2
Sub líneas de investigación de la Carrera:	2
2. INTRODUCCIÓN	3
2.1. Situación Problemática.....	3
2.2. Formulación del problema	4
2.3. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN	4
2.3.1. Objeto de Investigación:.....	4

Campo de Acción:	4
2.4. BENEFICIARIOS.....	4
2.4.1. Directos.....	4
2.4.2. Indirectos	4
2.5. JUSTIFICACIÓN	5
2.6. OBJETIVOS.....	5
2.6.1. Objetivo General.....	5
2.6.2. Objetivos específicos	5
2.7. SISTEMA DE TAREAS.....	6
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
3.1. Antecedentes	7
3.2. SELQUI: servicios Eléctricos y Mecánicos:	9
3.3. Ubicación Geográfica.....	9
3.4. Máquinas tapadoras	9
3.4.1. Máquinas de tapado a presión	10
3.4.2. Máquinas de tapado de envases roscados	10
3.5. Sistema Mecánico.....	10
3.6. Repotenciación	11
3.6.1. Mantenimiento.....	11
3.6.2. Mantenimiento Preventivo	12
3.6.3. Mantenimiento Correctivo.....	12

3.6.4.	Mantenimiento Predictivo	13
3.7.	Sistema Automatizado	13
3.7.1.	Automatización Industrial	14
3.7.2.	Automatización.....	14
3.7.3.	Componentes básicos de la automatización	15
3.7.4.	Objetivos de la automatización.....	15
3.7.5.	Niveles de automatización.....	16
3.7.6.	Sistemas de mando de control	16
3.7.7.	Funciones básicas de un PLC	17
3.7.8.	Plataforma MITSUBISHI.....	17
3.7.9.	Terminales De Operador HMI de la Serie GOT.....	18
3.8.	Sistema eléctrico.....	19
3.8.1.	Motor eléctrico	19
3.8.2.	Variador de frecuencia.....	20
3.8.3.	Sensor	20
3.8.4.	Sensor fotoeléctrico	20
3.8.5.	Paro de emergencia.....	21
4.	MÉTODOS Y PROCEDIMIENTO	22
4.1.	METODOLOGÍA	22
4.1.1.	Identificación de variables.....	22
4.1.2.	Diagrama de Metodología	23

4.1.3.	Métodos de investigación	23
4.2.	Evaluación y diagnóstico	24
4.2.1.	Identificación de problemas.....	24
4.3.	Evaluación de componentes de los sistemas	24
4.4.	Repotenciación de la máquina	29
4.4.1.	Dimensionamiento de alargamiento de cabezales.	30
4.4.2.	Cambio de altura del tornillo sin fin.....	31
4.4.3.	Reconexión del gabinete de control.....	32
4.4.4.	Aplicación norma RTE INEN 131 (2020).	33
4.4.5.	Accionamiento de motor	33
4.4.6.	Cálculo de protección	35
4.4.7.	Selección de conductor eléctrico	36
4.4.8.	Mantenimiento y Limpieza de sistema mecánico.....	36
4.5.	Programas a utilizar en el diseño del sistema de control y de tapado.....	37
4.5.1.	Software Cade_Simu	37
4.5.2.	Software AutoCAD	37
4.5.3.	Software Inventor	38
4.6.	Materiales	38
4.6.1.	Selección y comparación de los equipos utilizados.....	38
4.6.2.	Tabla comparativa para la elección del PLC.	38
4.6.3.	Tabla comparativa para la elección de la pantalla HMI	39

4.6.4.	Tabla comparativa para la elección del Variador de frecuencia.....	40
4.6.5.	Gabinete de Control.....	40
4.6.6.	Cableado y programación de VFD	42
4.6.7.	Programación del PLC.....	44
4.6.8.	Programación de HMI	46
4.6.9.	Diseño e implementación del Software	47
4.6.10.	Elementos de información para el control.....	48
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
5.1.	Análisis del problema inicial.....	51
5.2.	Resultados clave	51
5.3.	Mejoras en el Sistema Mecánico.....	51
5.4.	Mejoras en la automatización del proceso.....	51
5.5.	Eficiencia y Productividad	52
5.5.1.	Análisis del tiempo de tapados en diferentes frecuencias	52
5.5.2.	Comparación de producción.....	54
5.6.	Presupuesto.....	55
5.6.1.	Rentabilidad de la propuesta tecnológica	56
5.6.2.	Valor Actual Neto.....	56
5.6.3.	Tasa Interna de Retorno.....	57
5.6.4.	Periodo de recuperación de inversión.....	57
5.6.5.	Resultado	57

5.7. Análisis de impactos.....	57
5.7.1. Impacto Económico.....	57
5.7.2. Impacto técnico.....	58
5.7.3. Impacto ambiental	58
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
6.1. Conclusiones	59
6.2. Recomendaciones	59
7. REFERENCIAS.....	61
8. ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1 Ubicación geográfica	9
Figura 3-2. Tapadora de botellas a presión.....	10
Figura 3-3 Sistema de control de la automatización.....	15
Figura 3-4 Pirámide de la automatización [20].	16
Figura 3-5 Mitsubishi serie Q [21].	16
Figura 3-6 Plataforma Mitsubishi [12].	17
Figura 3-7 Mitsubishi GT 1055-QSMD	19
Figura 3-8 Funcionamiento de un variador de frecuencia [22]	20
Figura 3-9 Esquema general de transmisor	20
Figura 3-10 Sensor reflectivo[23].....	21
Figura 3-11 Estructura de un Contactor[24].....	21
Figura 4-1 Variables de entrada y salida	22
Figura 4-2. Diagrama de flujo.	23
Figura 4-3. Tamaño de los cabezales de tapado.	30
Figura 4-4. Piezas de alzado y relleno del mandril de tapado.	31
Figura 4-5. Avellanado de rosca para aumento de longitud en el cabezal de tapado.....	31
Figura 4-6. Altura inadecuada del tornillo sin fin.	32
Figura 4-7. Estado inicial del gabinete de control.....	32
Figura 4-8. Medición de corriente de motor (2,79 A).	35

Figura 4-9. Tabla para la selección de los conductores eléctricos a utilizar.	36
Figura 4-10. Presencia de óxido en la base del cabezal de tapado.	37
Figura 4-11. Parte frontal del gabinete de control.	41
Figura 4-12. Parte frontal del gabinete de HMI.	42
Figura 4-13. Datos de placa de motor.	43
Figura 4-14 Líneas de programación de encendido.	44
Figura 4-15. Línea de programación encendido del motor principal y luz indicadora ON.	44
Figura 4-16. Líneas de programación del contactor.	45
Figura 4-17. Líneas de programación para el reseteo del contactor.	45
Figura 4-18. Líneas de programación en caso de fallo por obstrucción.	45
Figura 4-19. Líneas de programación para parar el proceso y luz indicadora OFF.	46
Figura 4-20. Interfaz de HMI.	46
Figura 4-21. Programación HMI.	47
Figura 4-22. Programación HMI.	47
Figura 4-23 Elementos de información de control.	48
Figura 4-24. Interfaz del software GX-Developer.	49
Figura 4-25 Interfaz de GT Designer 3	49
Figura 4-26 Arquitectura del sistema.	50
Figura 4-27 Máquina tapadora de botellas	50
Figura 5-1. Grafica de resultados de las pruebas realizadas.	53

Figura 5-2. Resultados en función del tiempo de cada prueba.....	53
Figura 5-3. Gráfica de la comparación del proceso manual vs automático.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Modalidad de titulación.....	1
Tabla 1-2 Campos de la Ciencia y Tecnología UNESCO.....	2
Tabla 2-1 Sistema de tareas.....	6
Tabla 4-1 Identificación de sistemas.	24
Tabla 4-2. Evaluación del sistema estructural.....	25
Tabla 4-3. Evaluación del sistema mecánico.....	26
Tabla 4-4. Evaluación del sistema de tapado.	27
Tabla 4-5. Evaluación del sistema de control y mando.....	28
Tabla 4-6 Evaluación de máquina.....	29
Tabla 4-7 Características de PLC's.....	38
Tabla 4-8 Interfaces de visualización.....	39
Tabla 4-9 Características de VFD.....	40
Tabla 4-10 Material y espesor de gabinete de control.....	41
Tabla 4-11 Parámetros para VFD.....	43
Tabla 5-1. Pruebas de tapado a diferente frecuencia.....	52
Tabla 5-2. Comparativa de producción.....	54
Tabla 5-3. Detalles de valor de inversión del proyecto.....	55
Tabla 5-4. Calculo del TIR, VAN y PR.....	57
Tabla 8-1 Análisis de producción de tapado de botellas en función de la frecuencia empleada.....	90

Tabla 8-2. Cálculo del TIR y VAN	91
--	----

1. INFORMACIÓN GENERAL

Tema del proyecto: Repotenciación y automatización de una máquina tapadora de botellas en la Empresa “Selqui” del cantón Latacunga.

Modalidad de Titulación:

Tabla 1-1 Modalidad de titulación

MODALIDAD DE TITULACIÓN	HOMOLOGACIONES PARA INFORME FINAL DE TITULACIÓN	SELECCIÓN
Propuesta tecnológica	Informe de propuesta tecnológica	x
	Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual.	
	Artículo científico	
Proyecto de investigación	Informe de Proyecto de investigación	
	Artículo científico	
	Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual.	
Examen de indicadores de RDA		

Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto:

Innovación Tecnológica

Equipo de Trabajo del Trabajo de Titulación:

Caiza Cevallos Kevin Andrés

Paute Laguatasig Luis David

Ing. Freire Andrade Verónica Paulina M.s.C.

Tutores Externos:

Ing. Silvio David Quinatoa Lema.

Ing. Julio Cesar Quinatoa Lema.

Área de Conocimientos:

Tomando como referencia a la norma CINE-UNESCO las áreas de conocimiento se detallan a continuación:

Tabla 1-2 Campos de la Ciencia y Tecnología UNESCO.

3311.01 Tecnología de la automatización	3311.02 Ingeniería de control	3311.06 Instrumentos eléctricos
		3310.03 Procesos industriales
		3310.05 Ingeniería de procesos

Línea de investigación:

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental. Tecnología de la información y las comunicaciones, robótica, automatización y optimización de sistemas.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Ingeniería Electromecánica:

- Diseño, construcción y mantenimiento de proyectos electromecánicos.
- Automatización e inteligencia artificial aplicada a sistemas electromecánicos.
- Eficiencia energética e integración de fuentes de energía renovables.

2. INTRODUCCIÓN

La repotenciación y automatización de una máquina tapadora de botellas para la empresa “SELQUI” es el objetivo principal, puesto que al momento de empezar la investigación se encuentra fuera de producción; sin embargo se partió de datos almacenados en la memoria del PLC y HMI los mismos que sirvieron como línea base para establecer datos de la producción anterior, el funcionamiento de la máquina se suspendió por trabajar de manera incorrecta, debido a que el sistema de tapado no coincide con la altura de las botellas comerciales del país en Ecuador, además no se dispone de un control de velocidad en el motor para mejorar el tiempo de tapado en las botellas lo que conlleva al aumento de la producción.

El propósito de esta propuesta es presentar un proyecto detallado sobre la repotenciación y automatización en una máquina tapadora de botellas, utilizando componentes y soluciones que implican la programación mediante LADDER en el software GX Developer, un VFD Sinamics G110 que permitan una mejora sustancial en la precisión, velocidad y flexibilidad del proceso de tapado. Esta modernización no solo implica la actualización de hardware y software, sino también la mejora en la interacción entre el operador y el sistema mediante una pantalla HMI GOT 1055-QSBD así buscando facilitar el control y monitoreo de su funcionamiento, lo que redundará en una reducción de tiempos muertos y fallas operativas. Estos datos pueden ser utilizados para llevar a cabo un mantenimiento predictivo, reduciendo así el riesgo de fallas imprevistas y aumentando la disponibilidad de la máquina. Además, la incorporación de interfaces más intuitivas y fáciles de usar para los operadores facilita la interacción con el sistema y mejora la capacidad de controlar, lo que significa un proceso de producción más ágil y eficiente.

2.1. Situación Problemática

La máquina tapadora de botellas objeto de estudio, se encuentra en inactividad debido a fallas en el sistema de automatización por conexiones incompletas, falta de un variador de frecuencia e inexistencia de la programación, esto acompañado de un deterioro en su sistema mecánico hace imposible el accionamiento de la máquina.

Debido a las fallas que presenta la máquina no es posible accionarla, por lo tanto, no se puede conocer el tiempo de ciclo por unidad de la tapadora, al ser una maquina antigua y al no poseer una etiqueta del fabricante no es posible encontrar una tapadora del mismo

modelo o similar a esta con el fin de conocer la productividad de este tipo de maquinaria, dato que se desea conocer como referencia del estado inicial de la máquina.

La necesidad de un nuevo programa de automatización, acompañado de un mantenimiento correctivo y modificaciones en el sistema de tapado es crucial para reactivar la máquina y mejorar su desempeño. El nuevo programa debe abordar las deficiencias detectadas, así como aumentar la operatividad, disminuir el tiempo de inactividad y proporcionar una plataforma más robusta y flexible para futuras actualizaciones y expansiones.

2.2. Formulación del problema

La máquina se encontraba fuera de funcionamiento, al no disponer de un sistema de control y operación correcta; adicional el proceso de tapado de botellas carecía de un sistema de calibración de medidas de altura estándar vigente en el país.

2.3. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.3.1. Objeto de Investigación:

Sistema de automatización de la máquina tapadora de botellas.

Campo de Acción:

El campo de acción de acuerdo al código UNESCO de la ciencia, de ubica en el campo 3311.01, Tecnología de Automatización.

Repotenciación y automatización de una máquina tapadora de botellas en la empresa Selqui.

2.4. BENEFICIARIOS

2.4.1. Directos

El principal beneficiario directo de este proyecto es la empresa “SELQUI”.

2.4.2. Indirectos

Estudiantes de Ingeniería

Proveedores

2.5. JUSTIFICACIÓN

Una de las principales razones para repotenciar y automatizar la máquina tapadora de botellas es la obsolescencia de los componentes y tecnologías utilizadas en el sistema original. Con el paso del tiempo, las máquinas pueden enfrentar dificultades debido al desgaste de sus partes mecánicas, electrónicas y de tapado. Esto puede generar un bajo rendimiento, mayores costos de mantenimiento y una mayor probabilidad de fallas operativas. Este proyecto se implementó en la empresa Selqui porque actualmente dispone de una máquina tapadora de botellas fuera de servicio, por lo que requiere ponerla en funcionamiento debido a la necesidad que poseen en las instalaciones, ya que dependen de procesos manuales y equipos alternos menos eficientes.

Así que la finalidad de la presente propuesta tecnológica es reducir el tiempo de tapado mediante el desarrollo de un sistema que va a controlar la velocidad de salida del motor orientado a los tipos de botellas, realizando un diseño en la pantalla HMI amigable con el usuario que permita el funcionamiento sin dificultades.

2.6. OBJETIVOS

2.6.1. Objetivo General

Repotenciar y automatizar una máquina tapadora de botellas, mediante el uso de un PLC Mitsubishi Melsec serie Q00UJCPU para la disminución del tiempo y aumentar la producción.

2.6.2. Objetivos específicos

- Realizar una búsqueda bibliográfica en investigaciones, textos impresos y digitales de autores de relevancia relacionados con el campo y objeto de investigación.
- Diseñar el sistema de automatización, la programación necesaria para la operación de la máquina y reacondicionamiento del sistema mecánico y de tapado de la máquina tapadora de botellas.
- Implementar el diseño de la repotenciación en la máquina.
- Validar el funcionamiento y requerimientos del sistema automático de la máquina.

2.7. SISTEMA DE TAREAS

Tabla 2-1 Sistema de tareas

Objetivos específicos	Actividades	Resultados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Realizar una búsqueda bibliográfica en investigaciones, textos impresos y digitales de autores de relevancia relacionados con el campo y objeto de investigación.	Investigación de información relacionada con el tema de estudio.	Comprensión de variables, problemáticas y plantear las posibles soluciones del tema planteado	Artículos Libros
	Verificación de la información tomada de otras tesis ya elaboradas como referencias bibliográficas.	Utilización de la información correcta como base en el desarrollo del tema	Google académico Mendeley
Diseñar el sistema de automatización, la programación necesaria para la operación de la máquina y reacondicionamiento del sistema mecánico y de tapado de la máquina tapado de botellas.	Inspección de los componentes mecánicos y clasificarlos según su estado.	Identificación de componentes que requieran rectificación o se encuentren en mal estado.	Inspecciones visuales
	Habilitación del sistema mecánico de la maquina selladora de botellas.	Sistema mecánico en óptimas condiciones.	Reinstalación de piezas en buen estado. Lubricación de engranajes, piñones y ejes
	Identificación del software y del lenguaje de programación que posee el PLC elegido.	Enlazarse de manera correcta entre el ordenador y el PLC para realizar la programación.	Página oficial de Mitsubishi Electric GX Developer Lenguaje LADDER
	Consideración e identificación de las variables clave, las cuales afectan al proceso como presión, tiempo de tapado, etc.	Implementación correcta de entradas y salidas en la programación.	GX Developer
	Selección y especificación del hardware como seleccionar sensores, actuadores, etc.	Diseñar el programa con las especificaciones de cada uno de los elementos seleccionados	Catálogo de sensores y actuadores
	Definición de las especificaciones del producto final.	Crear una programación que cumpla con las necesidades que se requieren.	GX Developer

Realizar la implementación del diseño de programación en la máquina tapadora de botellas.	Aplicación del lenguaje indicado para el tipo de PLC seleccionado para la programación óptima de la máquina tapadora.	Diseño de secuencia del programa que facilite la operación de la máquina envasadora y selladora.	AUTOCAD GX Developer
	Creación de los diagramas de flujo detallados para visualizar el proceso de control.	Realizar el proceso de manera ordenada y secuencial.	Diagrama de flujo
	Instalación de hardware, colocando y configurando los sensores y actuadores en la máquina.	Controlar el proceso de envasado y llenado de la máquina.	Registros
	Configuración de HMI, enlazar la pantalla HMI con el programa de PLC para monitoreo y control del proceso.	Representar visualmente el proceso de la máquina en la pantalla.	GX Developer GT Designer 3
Validar el funcionamiento y requerimientos de programación de la máquina tapadora de botellas.	Demostración del funcionamiento de la máquina con su respectiva programación en PLC.	Validar si los tiempos de envasado y sellados son correctos.	Cronometro
	Corrección de errores, solucionar cualquier problema identificado durante las pruebas.	Máquina en funcionamiento cumpliendo con los parámetros establecidos.	GX Developer GT Designer 3 Ajuste de sensores

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. Antecedentes

Para nuestra propuesta tecnológica se llevó a cabo una investigación en repositorios digitales donde se logó encontrar proyectos similares al tema, con los cuales se pudo generar una fundamentación para la realización del trabajo de investigación.

De acuerdo al estudio realizado en la investigación **“REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACION DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE GRANOS PARA EL PROYECTO DE GRANOS ANDINOS DE A UNIVERSIDAD**

TÉCNICA DE COTOPAXI”, de la UTC realizado por Romer Tapia y Kevin Iza describe la repotenciación y automatización de una máquina que realizaron adecuaciones electromecánicas y se implementó un sistema de control que mejoro con la clasificación en tres tipos de granos, pequeños, medianos y grandes y la eliminación de residuos por cada tipo de grano, todo esto controlado por un PLC y HMI que mejoro la interacción entre el usuario y la máquina, [1]

En base a la investigación **“DISEÑO DE UNA MÁQUINA TAPADOR PARA ENVASES CON CAUJO”** de la Fundación Universidad de América Colombia-Bogotá realizado por David Pardo y Germán Salgado describe el proceso, diseño e implementación de un sistema automático de tapado de envases, que serán llenados por una dosificadora y serán transportados por una banda transportadora para manualmente ser tapados,[2]

En la investigación desarrollada por David Ojeda y Ochoa Jaramillo, en donde se realizó **“LA REPOTENCIACIÓN Y UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENVASADORA DE LÍQUIDOS VERTICAL PARA UNA CORPORACIÓN EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**. La repotenciación y diseño de un sistema de automatización en la Corporación BIMARCH permite analizar las situaciones iniciales de la envasadora identificando cada uno de sus sistemas, disminuir el tiempo y mejorar la producción. Se realizó una evaluación a los componentes de la máquina determinando un 51.44% de componentes en buen estado, 42.85% de componentes de recambio y 5.72% de elementos a ser desechados. Se realiza también un sistema de automatización que se carga a un equipo LOGO el cual permitirá a la maquina envasadora ser operada de forma automática disminuyendo el tiempo y mejorando la producción, [3]

Luis Cunalata explica que la utilización de un HMI para el control del PLC, facilita la comunicación del operador con la maquinaria, este a su vez está programada para generar alarmas de fallo de comunicación sobre el estado de la maquinaria. Además, ayuda para poder reducir los elementos físicos (botoneras, selectores, luces piloto) para realizar algún otro proceso reduciendo el costo del tablero de control, [4]

3.2. SELQUI: servicios Eléctricos y Mecánicos:

La empresa SELQUI, es una compañía constituida en el año 2018, en la parroquia de Tanicuchi, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, con el fin brindar mantenimiento de maquinaria industrial, servicios eléctricos especializados, consultoría y ejecución de proyectos de ingeniería.

SELQUI en los últimos años ha crecido notablemente, consolidándose como referente en brindar soluciones ingenieriles en las industrias de producción de alimentos de la provincia de Cotopaxi y provincias aledañas.

Actualmente, la empresa en convenio con una empresa de producción de líquidos consumibles ha decidido apostar por el aumento de producción de líquidos, de esta manera la repotenciación de la máquina tapadora de botellas es el objetivo principal para diversificar la producción y abrirse paso en el mercado local.

3.3. Ubicación Geográfica

El lugar donde se va a ejecutar la repotenciación y automatización de la máquina tapadora de botellas, se encuentra localizada en Ecuador, provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia de Tanicuchi; tanto las oficinas como el taller se encuentran ubicados en el mismo lugar, en la Figura 3.1 se aprecia la ubicación geográfica.

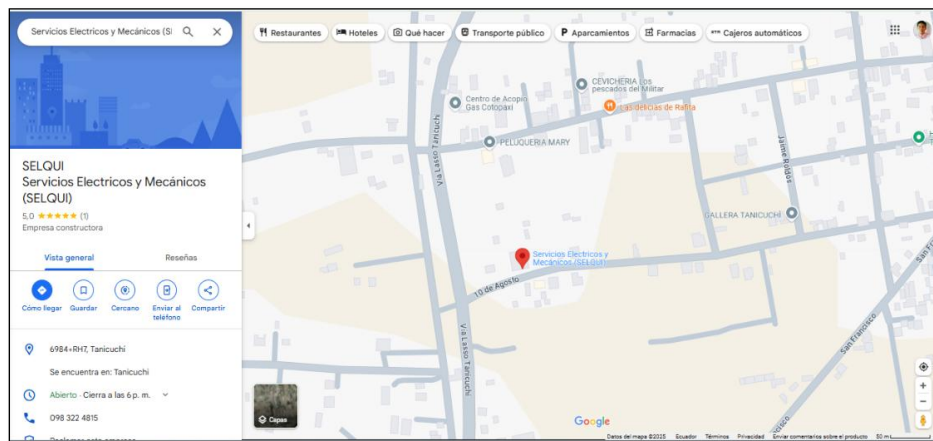


Figura 3-1 Ubicación geográfica

3.4. Máquinas tapadoras

Las máquinas tapadoras, están diseñadas para tapar envases de diferentes materiales, ya sea plástico, vidrio entre otros; puede ser a presión o enroscado, y diferente de la necesidad de consumo del producto final.

Es necesario conocer de antemano los diferentes sistemas de tapado, dentro de los cuales se encuentran de presión y de rosca, entre otros, [2]

3.4.1. Máquinas de tapado a presión

Estos equipos industriales tapan el envase por medio de una fuerza perpendicular al plano circular de la tapa, son de uso común en alimentos enlatados, gaseosas, envases de medicamentos, productos de aseo entre otros.

3.4.2. Máquinas de tapado de envases roscados

Estos sistemas colocan la tapa por medio de un movimiento rotativo para realizar el roscado de la tapa al envase, por lo consiguiente, el envase debe tener una rosca compatible con la tapa, [5]



Figura 3-2. Tapadora de botellas a presión

3.5. Sistema Mecánico

Según Bolton (2010). “son dispositivos que se pueden considerar convertidores de movimiento, en tanto transforman el movimiento de una forma a otra y son útiles para llevar a cabo funciones como:

- Ampliaciones de fuerza, como la que dan en las palancas.
- Cambio de velocidad, por ejemplo, mediante la aplicación de engranes.
- Transferencia de rotación de un eje a otro, por ejemplo, una banda sin corona.
- Determinados tipos de movimientos, como los que se puede obtener de un mecanismo de retorno rápido”.

Entre los elementos mecanismos se encuentran los mecanismos de barras articuladas, levas, engranajes piñón y cremalleras, cadenas, bandas de transmisión, etc. Por ejemplo,

el arreglo piñón y cremallera convierte un movimiento rotacional en uno lineal, una banda dentada o una cadena de transmisión transforman el movimiento rotacional de un eje en el movimiento de otro eje, [6]

3.6. Repotenciación

La repotenciación mecánica de maquinaria persigue restablecer e incluso mejorar las prestaciones originales de un equipo, con el propósito de aumentar el rendimiento y potencial de las industrias, exigiendo al mundo actual más rapidez y calidad, además de ahorro en el presupuesto.

En la repotenciación se debe considerar la alteración y adaptación del diseño actual, como finalidad cumplir los nuevos requerimientos. Reduciendo las modificaciones en el sistema actual y potenciando los componentes ya existentes.

Desde el ámbito financiero, re potencializar un activo es mejorarlo para tener un aumento en su vida útil y llegar a disponer de la capacidad que disponía inicialmente al aumentarla. De ahí que, re potencializar una maquinaria define el nivel de productividad que tiene el activo al aplicar reparaciones significativas que reducen la probabilidad de retraso o inoperancia que puedan poner en riesgo situaciones asociadas con interrupciones en procesos, siendo un claro ejemplo las maquinarias utilizadas en la producción.

3.6.1. Mantenimiento

Es un conjunto de acciones que al ejecutarse nos permiten lograr mayor confiabilidad en máquinas, equipos e instalaciones, etc.

El servicio de mantenimiento apropiado, busca aumentar la vida útil de equipos y bienes, a lograr un rendimiento considerado óptimo de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas.

Cuando aparecen efectos imprevistos o deja de funcionar una maquina deducimos que hay una falla que va en base a las especificaciones de diseño que fue construido nuestra máquina.

En los procesos de producción, la concepción del mantenimiento tiene un aporte en la repotenciación de las maquinarias, al ser favorable en generar y mantener disponible en lo que respecta a operatividad para el logro del desempeño alcanzando el máximo de la capacidad de los activos fijos para conservarlos y contribuyendo en prolongar su vida útil,

reduciendo los efectos del deterioro propio del uso. Existiendo tres tipos de mantenimiento, siendo preventivo, correctivo y productivo, [7]

3.6.2. Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo es primordialmente para la prevención de fallos de forma anticipada de equipos, sistemas e instalaciones que alteren el proceso productivo, donde se afecte el normal desempeño de los componentes, siendo posible gracias a una apropiada planificación y programación de intervenciones periódicas que permita identificar riesgos de fallas o intermitencia por daño, para evitarlo mediante procesos de inspección, revisión y reparación de forma oportuna. Este tipo de mantenimiento está afiliada al correctivo, pero existe una disimilitud con el preventivo, al tratarse de sustentar en óptimas condiciones las instalaciones, equipos, sistemas, máquina y cualquier otro elemento que requiera mantenimiento, mas no esperar a que ocurran de manera imprevista.

Entre las ventajas del mantenimiento preventivo se encuentran:

- Disminución de paralización de la maquinaria.
- Incremento de seguridad en la operatividad de la planta.
- Reduce la carga de trabajo al programar mantenimiento.
- Aumentar la vida útil de los equipos.
- Reducir el deterioro de la maquinaria.

3.6.3. Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo se centra en efectuar reparación de los equipos y maquinaria, posterior a sufrir fallos que generaron interrupción de la operatividad, un efecto directo en este punto es por averías o pérdidas de funcionalidad inesperadas, es decir, no fueron esperadas. Por ende, el mantenimiento correctivo considera en efectuar las correcciones por inoperancia de los equipos y maquinarias, debido a que, originan una discontinuidad en los procesos de producción, siendo un punto a considerar en empresas industriales.

Entre las ventajas del mantenimiento correctivo se consideran:

- Reapertura la operatividad de las maquinarias y equipos por medio de reapreciaciones necesarias.
- Mantiene un óptimo funcionamiento posterior a la identificación del problema identificado.

- Permite efectuar un diagnóstico para definir cuáles son las correcciones a efectuar en los equipos, incluyendo reponer piezas, en este punto se establece un efecto positivo mediante la repotenciación.
- Reduce las pérdidas económicas al disminuir el tiempo de interrupción de los procesos, pero esto no implica que no debe realizar una inversión para obtener el resultado esperado.

3.6.4. Mantenimiento Predictivo

Definiendo el mantenimiento predictivo es una técnica aplicada periódicamente para determinar el nivel de desempeño de las maquinarias, definiendo cual es la gestión durante el funcionamiento, cuyo fin es la optimización en los procesos de producción. Este tipo de mantenimiento pronostica las probabilidades de fallo, posteriormente define las condiciones de los equipos y si estos cumplen con los parámetros adecuados. Otro aspecto a tomar en cuenta, se debe a lograr un funcionamiento que no incremente los costos por tiempo de inactividad, pues las consecuencias son graves por la reducción en el tiempo de funcionamiento.

Entre las ventajas de mantenimiento predictivo:

- Contribuye en l planificación periódica de inspección de maquinaria.
- Define el nivel de inversión de acuerdo con el diagnostico de las maquinarias.
- Reduce el tiempo de paralización de los procesos.
- Brinda un aporte al personal, quienes dispondrían de maquinarias y equipos 100% funcionales que contribuyan con su labor, [8]

3.7. Sistema Automatizado

Se refiere a la sustitución de la acción humana por mecanismos, ya sean autónomos o no entre sí, impulsados por una fuente de energía externa, capaces de llevar a cabo ciclos completos de operaciones que se pueden repetirse de manera indefinida. Un sistema automático siempre implica la presencia de una fuente energía, de órganos de trabajo, que son los encargados de ordenar el ciclo a realizar, y de unos órganos de trabajo, que son los que los ejecutan.

De acuerdo con el nivel de automatización, se puede distinguir dos niveles: completo y parcial. La automatización completa es preferible en la producción a gran escala de

productos uniformes en ciclo continuo (como botellas de vidrios, fármacos, etc.), mientras que la automatización parcial es propia de la producción variable y restringida.

3.7.1. Automatización Industrial

Es la tecnología basada en la aplicación de complejos sistema mecánicos, electrónicos y computacionales a la operación y control de la producción. Esta tecnología incluye entre otras cosas, máquinas, herramientas automáticas para producir partes, sistemas automáticos de manejo de materiales, sistemas de control y retroalimentación de información para la calidad y la producción de sistemas computarizados de control de procesos, [1].

3.7.2. Automatización

La automatización nace con el fin de usar la capacidad de las máquinas para realizar determinadas tareas anteriormente efectuadas de forma manual, y para controlar procesos sin la intervención de los seres humano, [9]

Por lo tanto, la automatización permite reducir y optimizar los procesos de producción actuando directamente sobre la máquina, utilizando dispositivos capaces de tomar decisiones e interactuar con otros, basándose en una programación, que permiten controlar el encendido o apagado de todo tipo de actuador. Es decir que cada persona que haga el uso de estos equipos puede desarrollar una programación específica según las necesidades que pueda presentar y cargarla al elemento de control, como resultado la máquina realiza los procesos de una manera eficiente reduciendo tiempo y aumentando la calidad del producto final, [3]

En los sistemas automatizados se diferencian dos partes importantes, la parte de control y la parte de fuerza o parte operativa.

La parte de mando o control es la parte del sistema donde se encuentran los elementos electrónicos programables, los cuales guardan la programación para el encendido y apagado de los actuadores que se encuentran en la parte de fuerza.

La parte de fuerza o parte operativa es la parte del sistema que realiza el trabajo para desarrollar una actividad, los actuadores que se encuentran en la parte operativa podrían ser motores, cilindros, luces, sirenas, contactores, relés entre otros; cada uno de estos actuadores entrarán en funcionamiento cuando la parte de mando o control envíe la señal de encendido correspondiente.

3.7.3. Componentes básicos de la automatización

El objetivo principal de estos es tener el control total de un sistema o una planta sin que exista la presencia de un operador que intervenga de alguna manera directa o indirecta y está compuesta de dos partes fundamentales las cuales son:

- **Parte Operativa:** es el conjunto de equipos diseñados para ejecutar las funciones productivas que conciernen al circuito de potencia.
- **Parte de control:** esta etapa es formada por los elementos controladores, procesadores e interfaz de comunicación. En la figura 3.3 se puede observar el diagrama de bloques con los elementos que conforman una automatización y control.
- **Parte operaria:** es el encargado de manipular y poner en marcha un proceso determinado controlando la máquina desde un tablero de control.

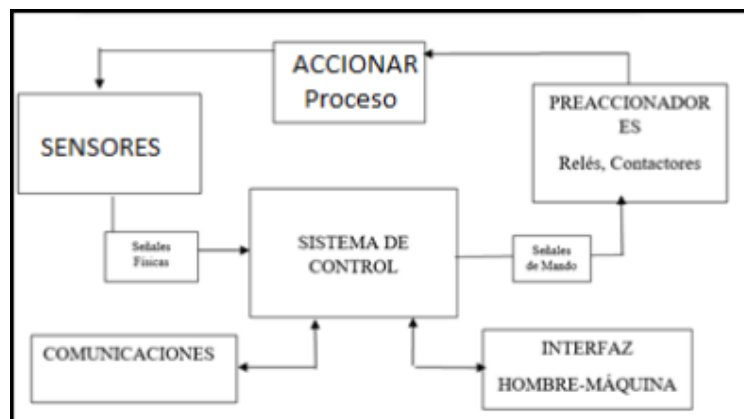


Figura 3-3 Sistema de control de la automatización

3.7.4. Objetivos de la automatización

Dentro del campo industrial los objetivos a alcanzar con la automatización son:

- Incrementar el rendimiento de las empresas
- Reducir los costos de fabricación y mantenimiento
- Elevar y mantener estables los estándares de calidad
- Incrementar el nivel de seguridad en el trabajo
- Obtener procesos de trabajo más precisos y estables

3.7.5. Niveles de automatización

Los niveles de automatización constituyen una visión teórico-visual para conocer lo que implica un proceso de automatización y la integración con la tecnología.

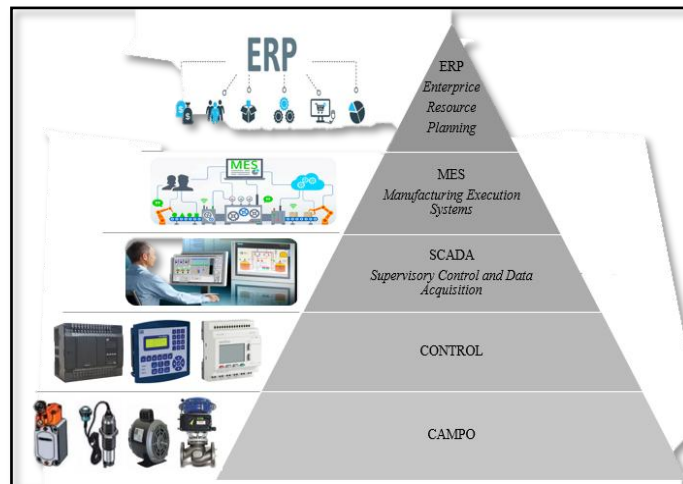


Figura 3-4 Pirámide de la automatización [20].

3.7.6. Sistemas de mando de control

Un sistema de control está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que se reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados, [10]

PLC. Se entiende por Controlador Lógico Programable (PLC) o Autómata Programable, a todo elemento electrónico diseñado para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales, [11].

El PLC funciona a base de la información que receipta y por medio del programa lógico interno previamente realizado y cargado en el mismo, una vez en funcionamiento envía las señales de acción a los elementos (actuadores, motores, electroválvulas, etc.).



Figura 3-5 Mitsubishi serie Q [21].

3.7.7. Funciones básicas de un PLC

- Detección: Lee las señales que mandan los sensores del sistema de producción.
- Mando: Elabora y manda señales de acción hacia los elementos de mando.
- Interacción entre hombre y máquina: Mantiene una interfaz con los operadores de producción cumpliendo sus instrucciones y reportando el estado del proceso (porcentaje de avances o algún problema presentado).
- La programación: Permite ingresar, crear y modificar el programa de aplicación del PLC conforme las necesidades del usuario, a su vez permite modificar el programa incluso si el PLC se encuentra controlando la máquina.

Ventajas

- Ocupa menos espacio
- Menor costo de instalación
- Posibilidad de controlar varias máquinas al mismo tiempo.
- Su mantenimiento es económico
- Posibilidad de modificar la programación

Desventajas

- Su costo es muy alto
- Debe tener personal capacitado para su manejo
- Software con licencia de pago

3.7.8. Plataforma MITSUBISHI



Figura 3-6 Plataforma Mitsubishi [12].

Cada PLC Mitsubishi puede adaptarse de modo que se ajuste exactamente a los requisitos de la aplicación. Puede elegirse entre PLC's bases sencillos para el usuario con un número fijo de entradas y salidas para las aplicaciones sencillas y PLC'S más flexibles con opciones de expansión. Los PLC'S base están disponibles con diferentes configuraciones de E/S, de modo que un Melsec serie Q constituye una solución adecuada independientemente de las tensiones disponibles y las señales de salidas exigidas.

Dado que no hay ninguna que se encuentre aislada, el autómata programable Melsec tiene numerosas opciones de comunicación para interconectarse al resto de la fábrica, la gama desde ETHERNET Y MODBUS hasta la sencilla comunicación serie de modo que pueda consultarse en todo momento a través de la red informativa sobre el estado de la maquina o el proceso.

Por supuesto un Melsec serie Q puede comunicarse también a varias redes, como AS Interface, ProfiBus/DP, CC-Link, DEviceNet, CAN open y Ethernet,[12] .

3.7.9. Terminales De Operador HMI de la Serie GOT

La familia de terminales de operador abarca, además de los terminales con pantalla táctil de gran forma, a los dispositivos de bajo costo estos terminales constituyen un completo ideal para la familia Q, proporcionando la unión de la interfaz hombre maquina central para aplicaciones de pequeña envergadura. La pantalla táctil de alta resolución tiene suficiente flexibilidad para, mostrar logotipos de la empresa o imágenes de máquinas, etc. Su retroalimentación multicolor y el extenso número de alarmas que ofrecen permiten alternar de manera rápida entre diferentes aplicaciones. El display puede instalarse tanto verticalmente como horizontalmente y por lo tanto se cuenta con la máxima flexibilidad en el diseño de paneles de control, [12].

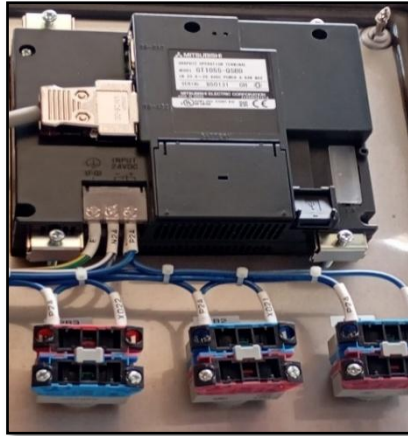


Figura 3-7 Mitsubishi GT 1055-QSMD

3.8. Sistema eléctrico

Se define un sistema o circuito eléctrico como aquellos componentes conectados entre sí donde fluye la corriente eléctrica, estos componentes pueden permitir o no el paso de la corriente eléctrica transportando energía desde un punto de alimentación hasta el punto de dispendio.

- **Circuito de potencia:** en ese tipo de circuito la energía es transportada directamente a los actuadores que generan movimiento de trabajo en la máquina.
- **Circuito de mando:** es un circuito cerrado capaz de controlar, ordenar y medir variables, también permite la protección del circuito y la seguridad del personal.
- **Circuito de iluminación:** es la iluminación del lugar e iluminación temporal de algunos elementos cuando están en funcionamiento, ayuda al operario a identificar alertas en el sistema.

3.8.1. Motor eléctrico

Los motores eléctricos suelen convertir la energía eléctrica en energía mecánica que se utilizan para alimentar diversos equipos y se conectan a las instalaciones eléctricas con los componentes adecuados y necesarios.

3.8.2. Variador de frecuencia

La función de este elemento es cambiar la frecuencia de la fuente de alimentación, el variador de frecuencia arranca con una velocidad de inicio hasta una llegar a una velocidad final programada por en un tiempo determinado desacelerando la frecuencia hasta llegar a 0Hz, este elemento también permite decidir sobre el sentido de giro del motor.

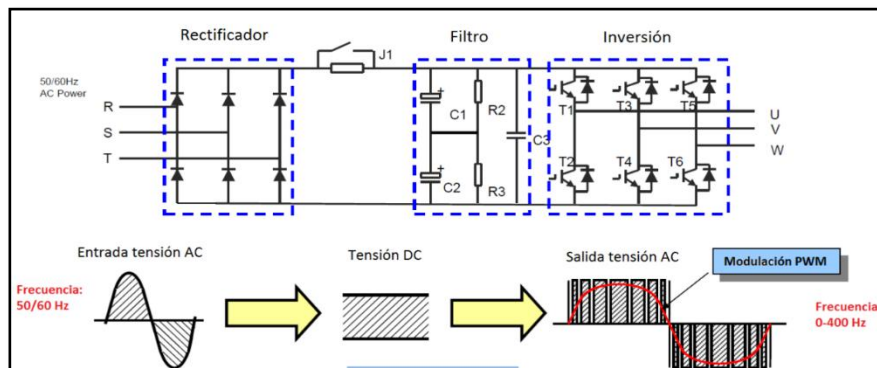


Figura 3-8 Funcionamiento de un variador de frecuencia [22]

3.8.3. Sensor

Es un dispositivo que detecta un cambio en el entorno a algunas propiedades de tipo eléctrico, mecánico, magnético, químico etc., dando una señal de tipo voltaje medible o en digital lo que ayuda a gestionar las variables mediante lecturas y toma de decisiones en procesos automatizados industriales. Cuando a un sensor le añade un dispositivo que recibe la señal, entonces se denomina transductor.

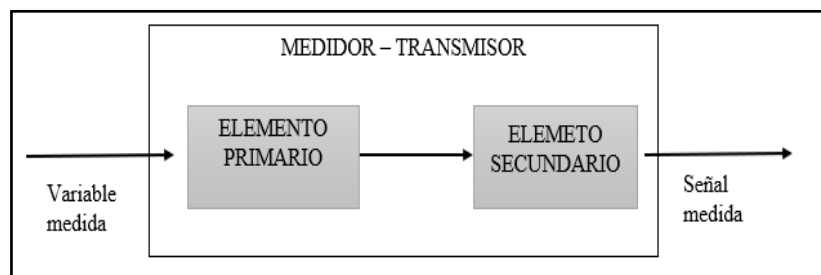


Figura 3-9 Esquema general de transmisor

3.8.4. Sensor fotoeléctrico

Es también llamado óptico, basa su funcionamiento en la emisión de un haz de luz que es interrumpido o reflejado por el objeto a detectar. En otras palabras, detectan la presencia de un objeto por medio de un haz de luz. Tienen muchas aplicaciones en el ámbito industrial y son ampliamente utilizados. Típicamente están compuestos por una fuente de

luz, un receptor de luz, dispositivos ópticos para guiar el haz de luz uy un circuito de salida,[13]

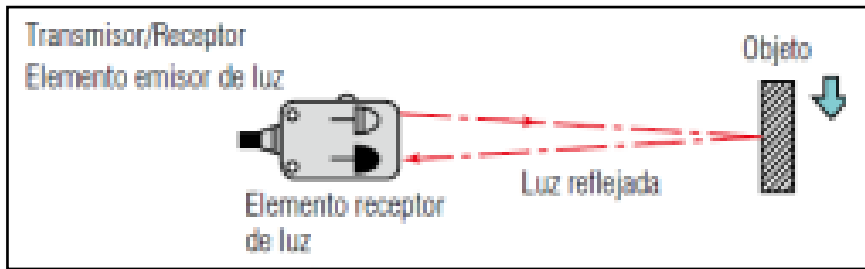


Figura 3-10 Sensor reflectivo[23]

3.8.5. Paro de emergencia

Es dispositivo eléctrico que corta la corriente eléctrica de forma manual en caso de producir un caso de emergencia, tiene la capacidad de parar toda la máquina, esta debe estar a la vista y alcance de cualquier persona, [14]

3.8.5.1. Luz piloto

Dispositivos eléctricos que permiten determinar si una máquina, motor o circuito se encuentra en funcionamiento o apagado. Generalmente se usan dos tipos de luces, el color verde es para indicar que se encuentra en funcionamiento y el color rojo indica que está apagado, [15]

3.8.5.2. Contactor

Dispositivo electromagnético que funciona como un interruptor al paso de la corriente eléctrica. Ayudan a controlar un motor y también como una especie de protección, pueden ser manipulados a larga distancia mediante un controlador lógico programable.

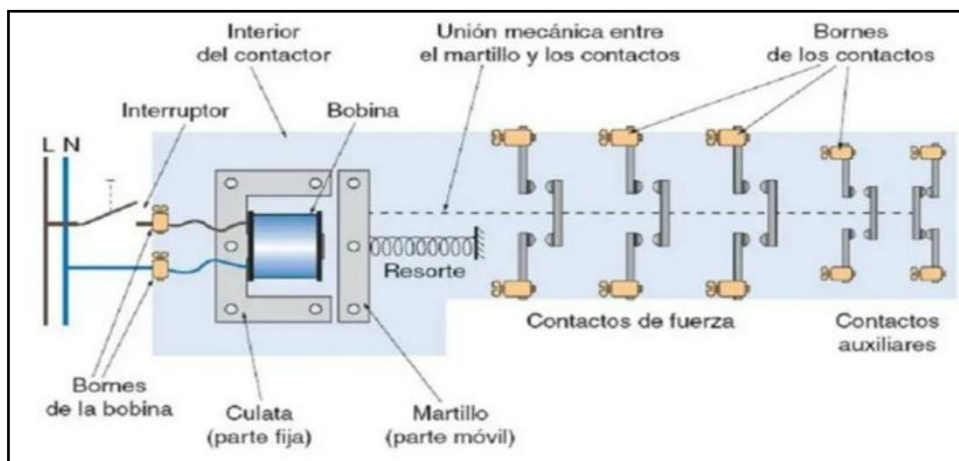


Figura 3-11 Estructura de un Contactor[24].

4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTO

4.1. METODOLOGÍA

La presente propuesta tecnológica tiene como finalidad la descripción, el desarrollo y funcionamiento de la repotenciación, automatización y control en el proceso de tapado de botellas en Selqui ubicada en el cantón Latacunga, además de los planteamientos en cuanto se refiere a metodologías con el propósito de demostrar el correcto funcionamiento del proyecto.

El objetivo de la automatización es reducir el tiempo del proceso de tapado de botellas, así como ayudar de forma directa a la empresa. También la automatización del proceso de tapado de botellas 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 se ve reflejado en la investigación de documentos, artículos científicos, softwares computacionales y sitios web.

4.1.1. Identificación de variables

Para la propuesta tecnológica se identificaron dos variables:

- **Variable Dependiente:** tiempo del proceso de tapado de botellas y numero de botellas tapadas en el proceso.
- **Variable Independiente:** tipo y tamaño de las botellas y la velocidad del motor.

Operacionalización de Variables. En la figura se puede observar las variables de entrada y salida. Figura 4.1.

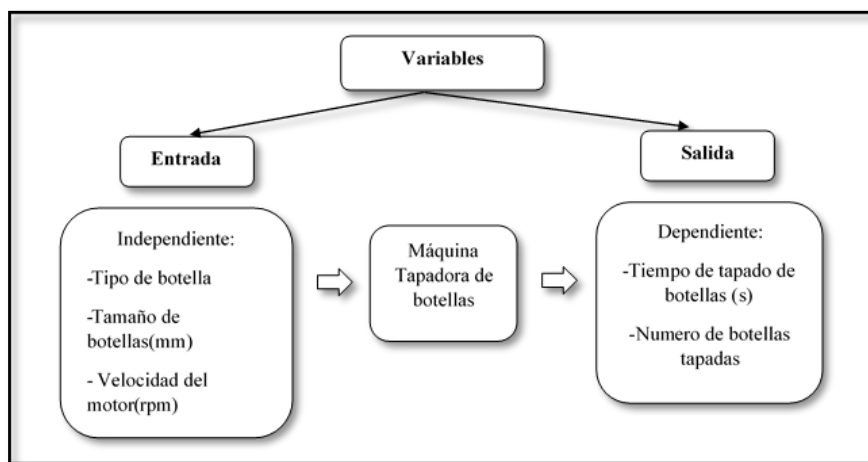


Figura 4-1 Variables de entrada y salida

4.1.2. Diagrama de Metodología

Para llevar a cabo este proyecto, se seguirá un plan de desarrollo organizado en varias etapas: diagnóstico, diseño, implementación, validación de pruebas y análisis de resultados. Cada fase tendrá como objetivo garantizar la efectividad del sistema, permitiendo controlar y mejorar el proceso. Este plan estará especificado en el diagrama de metodología, como se muestra a continuación.



Figura 4-2. Diagrama de flujo.

4.1.3. Métodos de investigación

Para la presente propuesta tecnológica se realizó tres tipos de métodos que son los siguientes.

4.1.3.1. Método Bibliográfico

Este método se utilizó para recopilar información de libros, investigaciones anteriores o páginas web que permiten el entendimiento del funcionamiento, repotenciación y

automatización de una máquina tapadora de botellas, ya que estos ayudaran a mejorar la producción y reducir tiempos de tapado.

4.1.3.2. Método Experimental

Como método experimental se puede manipular las variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en los resultados observados. Dicho de otra forma, un experimento consiste en hacer un cambio en el valor de una variable (Independiente) y observar su efecto en otra variable (dependiente)

En los experimentos realizados se controlaron variables independientes como son:

- Tipo de botellas
- Tamaño de botellas
- Velocidad de motor.

Con estas variables controladas se obtuvieron diferentes tipos de resultados al finalizar el tapado de botellas.

4.2. Evaluación y diagnostico

4.2.1. Identificación de problemas

Luego de una evaluación inicial de toda la máquina se procede a identificar los distintos sistemas que posee la misma, asignándole a cada sistema una letra, los sistemas identificados son:

Tabla 4-1 Identificación de sistemas.

SISTEMA	CODIGO
Estructural	A
Mecánico	B
Tapado	C
Control y mando	D

4.3. Evaluación de componentes de los sistemas

Una vez identificados los distintos sistemas se da inicio al desarmado de cada uno de ellos analizando el estado de todos sus componentes, con el propósito de identificar elementos que posiblemente se encuentren en malas condiciones los cuales deben ser reemplazados o a su vez elementos que se puedan reutilizar siempre y cuando realicemos un mantenimiento preventivo antes. Como se muestra en las Tablas 4.2.; 4.3.; 4.4; 4.5.

Tabla 4-2. Evaluación del sistema estructural.


SISTEMA: ESTRUCTURAL (A)				
ESQUEMA				
OBSERVACIONES GENERALES: Presencia de óxido, ausencia de tornillos y pernos.				
				
COD	PARÁMETRO	DETALLE	EVALUACIÓN	DIAGNÓST.
A-1	Elemento	Mesa principal	Cubierto de grasa y polvo. Presenta ralladuras y óxido. Ausencia de pernos y una vitrina.	Reutilizable
	Cantidad	1		
	Material	Acero		
A-2	Elemento	Soportes de bases ejes 5 cm	Cubiertos de polvo. Presencia de óxido y ralladuras.	Reutilizable
	Cantidad	4		
	Material	Acero		
A-3	Elemento	Soportes de bases ejes 3cm	Cubiertos de polvo. Presencia de óxido y ralladuras.	Reutilizable Con modificación
	Cantidad	8		
	Material	Acero		
A-4	Elemento	Soportes de bases ejes 2cm	Cubiertos de polvo. Presencia de óxido y ralladuras.	Reutilizable
	Cantidad	12		
	Material	Acero		
A-5	Elemento	Guía para los cabezales	Cubiertos de polvo y grasa.	Reutilizable
	Cantidad	1		
	Material	Acero inox 304		
A-6	Elemento	Guía para bases	Cubiertos de polvo y grasa.	Reutilizable
	Cantidad	1		
	Material	Acero inox 304		
A-7	Elemento	Bases	Cubiertos de polvo. Presencia de óxido.	Reutilizable
	Cantidad	3		
	Material	Acero inox 304		

Tabla 4-3. Evaluación del sistema mecánico.


SISTEMA: MECÁNICA (B)				
ESQUEMA				
OBSERVACIONES GENERALES: Cantidad excesiva de grasa y ausencia de mantenimiento.				
				
COD	PARÁMETRO	DETALLE	EVALUACIÓN	DIAGNÓST.
B-1	Elemento	Motor trifásico	Cubierto de polvo. Esta máquina no cuenta con un variador de frecuencia necesario para el motor.	Conseguir un variador de frecuencia para el motor
	Cantidad	1		
	Material	-		
B-2	Elemento	Reductor	Cubiertos de polvo y grasa	Reutilizable
	Cantidad	1		
	Material	Acero		
B-3	Elemento	Bomba de engranajes	Cubiertos de polvo y grasa.	Reutilizable
	Cantidad	1		
	Material	-		
B-4	Elemento	Cadenas	Cubiertos de polvo. Presencia de óxido y ralladuras.	Reutilizable
	Cantidad	7		
	Material	Acero		
B-5	Elemento	Engranajes	Cubiertos de polvo y grasa.	Reutilizable
	Cantidad	10		
	Material	Acero		
B-6	Elemento	Piñones	Cubiertos de polvo y grasa.	Reutilizable
	cantidad	5		
	Material	Acero		
B-7	Elemento	Chumaceras y rodamientos	Cubiertos de polvo y grasa.	Reutilizable
	cantidad	6		
	Material	Acero		
B-8	Elemento	Ejes	Cubiertos de polvo y grasa.	Reutilizable
	cantidad	8		
	Material	Acero Inox 304		

Tabla 4-4. Evaluación del sistema de tapado.


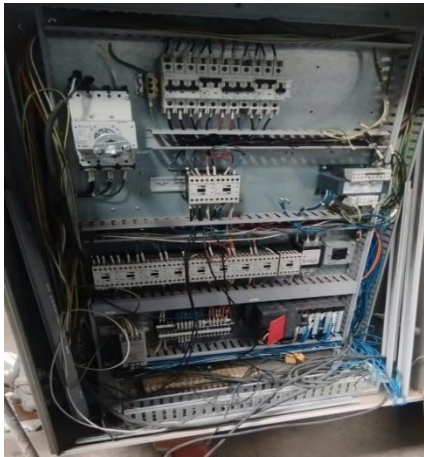
SISTEMA: TAPADO (C)				
ESQUEMA				
OBSERVACIONES GENERALES: Cubiertos de grasa y presencia de óxido.				
				
COD	PARÁMETRO	DETALLE	EVALUACIÓN	DIAGNÓST.
C-1	Elemento	Separador de botellas	Cubierto de polvo y grasa.	Reutilizable
	Cantidad	2		
	Material	Duralon		
C-2	Elemento	Cabezales superiores	Cubiertos de polvo y grasa. Presencia de óxido.	Modificación en la base para tornillos avellanados.
	cantidad	24		
	Material	Acero inox 304		
C-3	Elemento	Cabezales inferiores	Cubiertos de polvo y grasa. Presencia de óxido.	Reutilizable
	cantidad	24		
	Material	Acero inox 304		
C-4	Elemento	Mandriles	Cubiertos de polvo.	Modificación en el tamaño, es necesario alargar
	cantidad	24		
	Material	Duralon		
C-5	Elemento	Bases para botellas	Cubiertos de polvo y grasa.	Modificación
	cantidad	24		
	Material	Duralon		
C-6	Elemento	Piñones	Cubiertos de polvo y grasa.	Reutilizable
	cantidad	4		
	Material	Acero		

Tabla 4-5. Evaluación del sistema de control y mando.

SISTEMA: CONTROL Y MANDO (D)				
ESQUEMA				
OBSERVACIONES GENERALES: Cantidad excesiva de grasa y ausencia de mantenimiento.				
				
COD	PARÁMETRO	DETALLE	EVALUACIÓN	DIAGNÓST.
D-1	Elemento	Tablero	Presencia de polvo	Reutilizable
	Cantidad	1		
	Material	Acero		
D-2	Elemento	Seccionador Trifásico	Presencia de polvo	Reutilizable
	Cantidad	1		
	Material	-		
D-3	Elemento	Mitsubishi PLC	Presencia de polvo	Reutilizable
	cantidad	1		
	Material	-		
D-4	Elemento	HMI MITSUBISHI	Presencia de polvo	Reutilizable
	cantidad	1		
	Material	-		
D-5	Elemento	Contactores bobina de 110 v	Presencia de polvo	Cambio
	cantidad	2		
	Material	-		
D-6	Elemento	Contactores bobina de 24 v	Presencia de polvo	Reutilizable Disminuir a 6 Contactores
	cantidad	9		
	Material	-		
D-7	Elemento	Fuente 220v-24 v	Presencia de polvo	Reutilizable
	cantidad	1		
	Material	-		
D-8	Elemento	Interruptores térmicos	Presencia de polvo	Reutilizable
	cantidad	7		
	Material	-		
D-9	Elemento	Sensores reflectivos y espejos	Realizar calibración	Reutilizable

	cantidad	3		
	Material	-		

4.4. Repotenciación de la máquina

Para realizar una correcta repotenciación en la máquina tapadora de botellas se realizó un estudio técnico antes de proponer mejoras las cuales se realizan para mejorar su funcionalidad y su desempeño al momento de trabajar.

La máquina se encontró en un estado inicial fuera de servicio, ya que la misma no había sido utilizada por falta de componentes en el gabinete de control y ausencia de programación en el PLC y HMI al momento de tapar botellas, con esto como principal observación tenemos que volverla a ponerla en funcionamiento, para esto se realizó unas revisiones técnicas verificando observaciones como se visualiza en la Tabla 4.6.

Tabla 4-6 Evaluación de máquina

Observaciones	Propuesta
El tamaño del cabezal superior de tapado no tiene las dimensiones adecuadas al tamaño de las botellas que se utilizan en el proceso.	Propuesta: Se propone incrementar el dimensionamiento de mandriles en los cabezales para que sea acorde al tamaño de las botellas empleadas en el proceso, los cual se realizó los planos correspondientes. Ver Anexo 4. Plano 01
Observación: Altura del tornillo sin fin que posiciona y transporta las botellas no está correctamente alineada con la altura requerida con las botellas.	Propuesta: Cambiar la altura del tornillo sin fin de acuerdo a las alturas de posición de las botellas. Ver Anexo 2. Figura A. 6 Ajuste de altura de tornillo sin fin.
Observación: Sistema eléctrico fuera de servicio ya que se encuentran cables cortados, elementos desconectados y ausencia de elementos de control. Ver Anexo .1, Figura A. 4 Tablero de control con ausencia de elementos de control y desorganizado.	Propuesta: Cambiar de conductores eléctricos e identificarlos para proceder con su conexión con la máquina. y adquisición de los elementos faltantes como el VFD en el gabinete de control. Ver Anexo 2: Figura A. 10 Tablero de

	control con los componentes eléctricos y VFD.
Observación: El sistema mecánico presenta alta presencia de óxido y polvo en sus componentes. Ver Anexo .1, Figura A. 3 Sistema de tapado con presencia de óxido.	Propuesta: Brindar mantenimiento y limpieza a cada uno de los componentes del sistema mecánico. Ver Anexo 2, Figura A. 11 Base de tapado sin óxido.

4.4.1. Dimensionamiento de alargamiento de cabezales.

Se realizó pruebas de funcionamiento con distintas medidas de botellas (111,30mm, 140mm y 149 mm) a lo que se determinó que se requería realizar un aumento en el tamaño de los cabezales por lo cual en la obtención de medidas entre los cabezales y las bases para las botellas se determinó una longitud de 250mm, como se muestra en la Figura 4.3. Ver **Anexo 3 Construcción e instalación de acoples del sistema de tapado.**



Figura 4-3. Tamaño de los cabezales de tapado.

Para esto se propuso realizar una pieza de acople del mismo diámetro del mandril de tapado con una longitud de 86mm, que permitirá un proceso de tapado eficiente en los tres tamaños de las botellas y con un acople de relleno en el interior de los mandriles de 38mm de longitud y 40mm de diámetro, la cual se realizó el diseño de los planos correspondientes, mediante los datos obtenidos. Ver **Anexo 4. PLANOS MECÁNICOS DE AUMENTO DE CABEZALES DE TAPADO.** Esto para evitar que la tapa sufra daños por la presión que ejerce el sistema, como se muestra en la Figura 4.4.



Figura 4-4. Piezas de alzado y relleno del mandril de tapado.

Adicionalmente en la base superior de los mandriles de tapado se realizó el avellanado cónico con el fin de ganar longitud para la configuración en la altura de los cabezales, como se muestra en la Figura 4.5.



Figura 4-5. Avellanado de rosca para aumento de longitud en el cabezal de tapado.

4.4.2. Cambio de altura del tornillo sin fin

En las evaluaciones realizadas se detectó que el tornillo sin fin no está en la altura indicada para el adecuado transporte de las botellas, para lo cual se optó por la disminución de longitud de 20mm en los ejes de soporte del tornillo, con ello se llegó a la altura deseado como se muestra en la Figura 4.6. Ver **Anexo 2 Figura A.6 Ajuste de altura de tornillo sin fin.**



Figura 4-6. Altura inadecuada del tornillo sin fin.

4.4.3. Reconexión del gabinete de control

El estado inicial del cableado del gabinete de control daba indicios de que faltaban conductores como se muestra en la Figura 4.7., componentes eléctricos los cuales son primordiales en la estructura de un gabinete de control, para lo cuales e procedió a la desconexión total del cableado y reorganizarlo de manera más ordenada, adicionalmente se realizó la incorporación de un Variador de frecuencia el cual brinda más precisión en la velocidad del motor y llevar a cabo una producción eficiente.

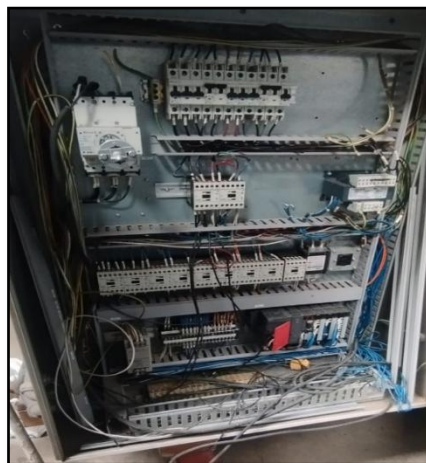


Figura 4-7. Estado inicial del gabinete de control.

Adicional se realizó las pruebas de funcionamiento en cada elemento del gabinete de control, lo cual favorablemente el resultado fue que los elementos funcionan de manera correcta. Ver **Anexo 2. INSTALACIÓN DE EQUIPOS Y MANTENIMIENTO DE SISTEMA MECÁNICO A.5 Instalación de variador de frecuencia.** Para lo cual se

realizó los planos del gabinete de control. Ver **Anexo 6. PLANOS DEL GABINETE DE CONTROL Y HMI.**

4.4.4. Aplicación norma RTE INEN 131 (2020).

Dentro del Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 131, se establece requisitos de higiene y seguridad para maquinaria que está destinada al procesamiento de alimentos y bebidas alimenticias, estos reglamentos son esenciales para la garantía de la inocuidad del producto y la seguridad operativa de la máquina.

Dentro de los parámetros que son esenciales que se deben cumplir, está la de materiales los cuales deben ser resistentes a la corrosión y no liberar sustancias tóxicas, olor ni sabor. Dentro de los materiales recomendados está el acero inoxidable AISI 304 o 316, plásticos de grado alimenticio como son PTFE, HDPE, UHHM.

En lo higiénico los materiales dentro de la maquinaria deben ser fáciles de limpiar y desinfectar sin el desmontaje total de la máquina, también deben evitar grietas, rincones o soldaduras rugosas. Dentro de las aplicaciones deben ser superficies lisas, y redondeadas, cubiertas accesibles, desmontaje rápido de los componentes móviles. En el diseño se debe evitar caída de residuos, polvo o grasa sobre los envases dentro del proceso. Dentro del ámbito de seguridad hacia el operador, se debe incluir un botón de paro de emergencia accesible, [16]

Dentro de las especificaciones de la norma nuestra máquina cumple con las especificaciones requeridas por que el material de construcción es el acero inoxidable AISI 304 y los elementos que hacen contacto con las botellas es el Duralon el cual es un plástico de grado alimenticio tipo PTFE, además la máquina cuenta con dos paros de emergencia visibles para el operador, uno en la parte frontal del gabinete del HMI, y el otro en la parte frontal a un lado de la salida de las botellas, esto generando seguridad en la construcción, higiene y prevención dentro del proceso de tapado de botellas.

4.4.5. Accionamiento de motor

El sistema de accionamiento para el motor principal y del sistema de tapado está conformado por un arranque directo con un freno eléctrico desde el gabinete de control a través del PLC y el VFD el mismo que debe encenderse solo bajo ciertas condiciones para evitar errores y posibles accidentes, para este sistema se hace uso de:

- Pulsador normalmente abierto

- Relé de interface

Para calcular y seleccionar el calibre de conductor utilizado nos basamos en la **Norma RTE INEN 021:2008** la cual explica sobre los conductores y alambres para uso eléctrico aislados con material termoplástico, [17]

Ahora con los datos de potencia que vienen dados en la placa del motor por el fabricante los aplicamos la siguiente ecuación de corriente:

$$I_{nominal} = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos(\varphi)} \quad (1)$$

Donde:

P: potencia activa de la placa del motor

V: voltaje de alimentación

Cos(φ): Factor de potencia

$$I_{nominal} = \frac{1500}{\sqrt{3} * 420 * \cos(0,80)}$$

$$I_{nominal} = 2,062 A$$

Se debe tener en cuenta que la corriente de nominal se multiplica por un factor de 1,25 para determinar la corriente diseño.

$$I_{nominal} = I_{nominal} * 1,25 \quad (2)$$

Donde:

I_{nominal}: corriente calculada a través de los datos de placa del motor

1,25: Valor de corrección.

$$I_{diseño} = 2,062 * 1,25$$

$$I_{diseño} = 2,577 A$$

Una vez realizados los cálculos correspondientes se seleccionó el calibre número 14 AWG para la alimentación del motor, este cable de conductor posee una capacidad de

conducir corriente hasta de 22 amperios. Para verificar que el dimensionamiento es correcto ver Figura 4.8.



Figura 4-8. Medición de corriente de motor (2,79 A).

4.4.6. Cálculo de protección

Según la Norma INEN 121, en donde se establece que la corriente nominal de un circuito debe ser calculada con un margen del 25% de la corriente nominal, para garantizar que las protecciones se activen antes de que la corriente exceda la capacidad de los cables y los equipos eléctricos, esto ayuda a evitar daños y accidentes.

Para calcular la corriente nominal de un circuito donde se conectan equipos que consumen se debe sumar la corriente nominal de cada uno de ellos. En este caso, la corriente nominal total es de 11,37 A.

$$C_{total} = 5,87 A + 0,3 A + 2,3 A + 0,11 A + 0,1 A$$

$$C_{total} = 11,37 A$$

$$C_{total} = C_{carga} * 1,25 \tag{3}$$

$$I_{diseño} = 11,37 A * 1,25$$

$$I_{diseño} = 14,21 A$$

Se recomienda utilizar el seccionador trifásico de 15 A para garantizar que el circuito este protegido de sobrecargas.

4.4.7. Selección de conductor eléctrico

Seleccionar el calibre o tamaño adecuado de un conductor eléctrico basado en el amperaje es esencial para garantizar la seguridad y el rendimiento de un sistema eléctrico. Como se muestra en la Figura 4.9.

Capacidad máxima de conductores aislados							
Voltaje nominal de 0-2000 voltios, 60° a 90° C. No más de tres conductores en canalización o cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30° C (86° F)							
Calibre	Temperatura de trabajo del conductor, ver tabla 310-13						Calibre
	60° C (140° F)	75° C (167° F)	90° C (194° F)	60° C (140° F)	75° C (167° F)	90° C (194° F)	
Tipos TW, UF	Tipos FEPW, RH, RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Tipos TBS, SA, SIS, FEP, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN- 2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW- 2, ZW-2	Tipos TW, UF	Tipos RH, RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Tipos TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2		Tipos
AWG o kcmil	COBRE			ALUMINIO O	ALUMINIO	COBRIZADO	AWG o kcmil
18			14				
16			18				
14*	20	20	25				12*
12*	25	25	30	20	20	25	
10*	30	35	40	25	30	35	10*
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1

Figura 4-9. Tabla para la selección de los conductores eléctricos a utilizar.

Se utiliza el cable THHN #14 para la alimentación del gabinete de control.

Así como el cable #18 para las secciones de control porque trabaja a bajos niveles de corriente.

4.4.8. Mantenimiento y Limpieza de sistema mecánico

Inicialmente el sistema mecánico se encontraba en condiciones de desuso lo cual reflejaba presencia de óxido en los componentes de transmisión como son cadenas, engranajes, ejes, chumaceras, reductor y en el motor, así como en el sistema de tapado se encontró presencia de óxido en la base de los cabezales como se puede observar en la Figura 4.10.



Figura 4-10. Presencia de óxido en la base del cabezal de

Por lo cual se procedió a desarmar, remover el óxido y las impurezas que estaban presentes en el sistema. Con ello se realizó el mantenimiento y limpieza de cada elemento. Esto también llevo a dotar de grasa vegetal en la máquina para un mejor funcionamiento en general.

4.5. Programas a utilizar en el diseño del sistema de control y de tapado

En lo que corresponde al diseño de los sistemas de control de la máquina tapadora de botellas se utilizaron los siguientes programas que nos ayudaron a diseñar, dimensionar y simular el funcionamiento del objeto a automatizar.

4.5.1. Software Cade_Simu

Por medio de este programa se diseñó el esquema eléctrico de control y de fuerza del sistema automatizado implementado en la máquina tapadora de botellas con este programa se pudo hacer una simulación de como funcionaria el sistema. Nos brinda la facilidad de añadir distintos símbolos y elaborar un esquema eléctrico fácil y rápido para después simular. Por medio del interfaz CAD el usuario diseña el esquema sin dificultades. Una vez realizado el esquema, por medio de la simulación se puede verificar el correcto funcionamiento.

4.5.2. Software AutoCAD

A través de este programa se logró diseñar el tablero de control con sus respectivas medidas de cada componente eléctrico teniendo una medición exacta para el tablero de control.

4.5.3. Software Inventor

A través de este programa se diseñó la pieza para el alzado de los cabezales del sistema de tapado, ya que nos brinda medidas exactas para mayor precisión a la hora de elaborar las piezas.

4.6. Materiales

4.6.1. Selección y comparación de los equipos utilizados




Para la selección de los materiales nos basamos de las especificaciones que se requieren dentro del proyecto las cuales tiene un fin específico dentro del sistema eléctrico y de control.

Los equipos descritos a continuación son algunos de los que existen en el mercado por lo que se seleccionó bajo criterio técnico al que se adapta de mejor manera a las necesidades del proyecto de automatización.

4.6.2. Tabla comparativa para la elección del PLC.

En la tabla 4,7., se observa modelos de controladores lógicos programables (PLC) por lo cual se realizará una comparación entre sí para poder determinar el que se adapte a las necesidades de nuestra propuesta tecnológica demostrando sus características como son las entradas y salidas digitales que se necesitan, la interfaz que se puede programar para su uso, dimensiones del módulo y normativas.

Tabla 4-7 Características de PLC's

Características			
Nombre (Serie)	1769-L30ER Allen Bradley	SIMATIC S7- 1200 (SIEMENS)	Q00UJCPU (MITSUBISHI)
Entradas/ Salidas	8 módulos	8/6 módulos	10 módulos
Memoria	1 MB	75 KB	520 KB
Comunicación	(2 Puertos Ethernet IP/ RS485)	Ethernet	(Ethernet/ USB/ RS485)
Software	Rslogix 500	Tía Portal	GX Developer
Tensión de alimentación	120/ 240 VAC	120 V ac	120/240 VAC




4.6.2.1. Selección de PLC

Considerando las características de cada uno de los dispositivos de control como se observa en la tabla 4.7, para el desarrollo del sistema de automatización se optó por el equipo industrial de marca MELESEC Mitsubishi de serie Q00UJCPU, debido a que posee expansión de hasta 10 módulos, tiene una respuesta de procesamiento de información rápido debido a su memoria de 520 KB y además la empresa posee el equipo con sus módulos de expansión.

4.6.3. Tabla comparativa para la elección de la pantalla HMI

Para poder seleccionar el modelo adecuado para la pantalla HMI se compararon en la siguiente tabla 4.8.

Tabla 4-8 Interfaces de visualización.

Características			
Nombre (Serie)	DELTA DOP-110WS	SIMATIC HMI KTP400	GOT1055-QBBD (MITSUBISHI)
Tamaño	TFT DE 10,1"	TFT DE 4"	Brigth 5,7"
Interfaz	Ethernet incorporada, USB, RS485, RS232	PROFINET, MPI, Ethernet	VGA, RS 485, RS232, USB y Tarjeta IF
Alimentación	24 VDC	24VDC	24VDC
Tarjeta	MicroSD	MicroSD	-----




4.6.3.1. Selección de la pantalla HMI

Como se observó en la descripción de cada elemento, se puede resumir que estos dispositivos pueden ser utilizados para realizar cualquier interfaz HMI en el campo industrial, sin embargo, se realizó un análisis técnico y se optó por la pantalla GOT 1055-QBBD de la marca Mitsubishi, porque tiene el protocolo RS485 incorporado para la comunicación con el PLC's al mismo tiempo es amigable con el usuario y la empresa posee este equipo así facilitando su obtención para la aplicación de este proyecto.

4.6.4. Tabla comparativa para la elección del Variador de frecuencia

Para disminuir el tiempo de tapado de botellas y obtener botellas tapadas de manera correcta se requiere controlar la velocidad de los cabezales de tapado por lo que bajo estas necesidades se incorporó un VFD los cuales se presentan en la tabla 4.9.

Tabla 4-9 Características de VFD

Características			
Nombre (Serie)	MODELO MS300	MODELO VFD015E21A	SINAMICS 110 SIEMENS
Interfaz	Modbus, Ethernet/IP, ProfiBus	Profibus-DP, Device Net, Can Open, Lon Works	USS, interfaz RS485, ProfiBus, Modbus
Alimentación	1 fase 110 V/220V, 3 Fases 220V/440V	220 V a 240 V	220 V a 240 V
Tarjeta	MicroSD	MicroSD	-----

4.6.4.1. Selección del Variador de Frecuencia

Los variadores de frecuencia de Siemens en específico el SINAMIC G110 puede manipular la velocidad del motor, mejorar la automatización de la máquina, proporcionan diferentes modos de operación de control y configuración con sus protocolos de comunicación entre ellos el RS485.

4.6.5. Gabinete de Control

El gabinete de control eléctrico se concentran los dispositivos de protección como son: seccionador trifásico, interruptores termomagnéticos, dispositivos de control: PLC, contactores, fuente de 24v, disipador de ruido y dispositivos de fuerza como un variador de frecuencia.

Además, posee un gabinete de menor tamaño el cual está destinado al HMI y las botoneras de mando, potenciómetro y paro de emergencia en un punto de manipulación más apropiado para el operador. Ver **Anexo 2. INSTALACIÓN DE EQUIPOS Y**

MANTENIMIENTO DE SISTEMA MECÁNICO Figura A.10 Tablero de control con los componentes eléctricos y VFD

El gabinete eléctrico cumple con la normativa, **NTE INEN 057** la cual habla y establece de material y las dimensiones de espesor que debe estar hecho el gabinete de control.[18]

El mismo que se especifica el espesor de la plancha de acero en cada parte del gabinete como se observa en la Tabla 4.10.

Tabla 4-10 Material y espesor de gabinete de control

Parte	Material	Espesor (mm)
Estructura	Acero laminado en frio	2,0
Puerta frontal	Acero laminado en frio	1,5
Tapas Laterales	Acero laminado en frio	1,2
Parantes	Acero laminado en frio	2,0
Piso	Acero laminado en frio	1,5

Además, en el gabinete principal tendrá en la tapa frontal el selector del interruptor del seccionador, que permita la circulación de corriente al tablero y su posterior habilitación al encendido de los componentes de control dentro del tablero como se puede observar en la Figura 4.11.



Figura 4-11. Parte frontal del gabinete de control.

En el gabinete de HMI tendrá en la tapa frontal botoneras de encendido, auto run, apagado y luz piloto de falla (RESET), así como el paro de emergencia y el potenciómetro del variador de frecuencia el cual será manipulado por el operador de la maquina tapadora de botellas como se puede observar en la Figura 4.12.



Figura 4-12. Parte frontal del gabinete de HMI.

4.6.6. Cableado y programación de VFD

Esta programación se realizará bajo los requerimientos que se necesita para la automatización de una maquina tapadora de botellas, para esto se seguirá diferentes pasos los cuales se detallan a continuación:

4.6.6.1. Cablear la alimentación

Conectar las fases L1 y L2 a las borneras del variador de frecuencia con el mismo.

Conectar las fases o líneas salientes del variador a los bornes del Motor Trifásico.

4.6.6.2. Cablear entradas analógicas (POTENCIOMETRO)

- Cablear Pin 1 del potenciómetro, al pin 8 de la bornera del variador de frecuencia. (Salida de 10v).
- Cablear pin 2 del potenciómetro, al pin 9 de la bornera del variador de frecuencia. (Entrada analógica).
- Cablear pin 3 del potenciómetro, al pin 10 de la bornera del variador de frecuencia. (Salida de 0V)

4.6.6.3. Programación de parámetros principales

Para la programación del variador de frecuencia debemos tomar en cuenta la placa del motor que este empleado en la máquina, como se puede observar en la Figura 4.13.

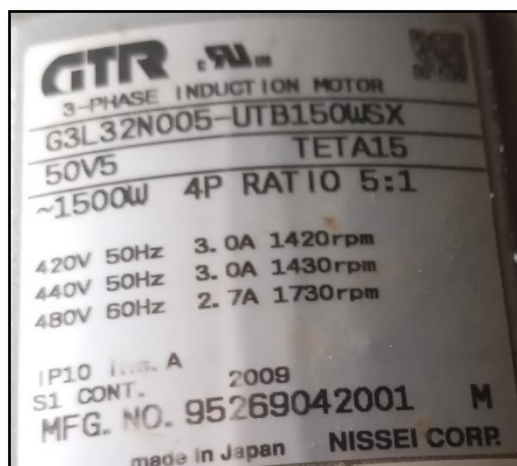


Figura 4-13. Datos de placa de motor.

Para la programación del variador, determinamos los siguientes parámetros como se muestra en la tabla 4.11.

Tabla 4-11 Parámetros para VFD

Parámetro	Significado	Asignación
P0003	Ajuste de fabrica	1
P0010	Guía básica	1
P0100	Unidades de potencia y la frecuencia	Según la placa de motor
P0304	Tensión nominal del motor	Según la placa de motor
P0305	Corriente nominal del motor	Según la placa de motor
P0307	Potencia nominal del motor	Según la placa de motor
P0310	Frecuencia nominal del motor	Según la placa de motor
P0311	Velocidad del motor	Según la placa de motor
P0700	Fuente de ordenes	5: Potenciómetro
P1000	Fuente de consignas	2: Control analógico
P1080	Frecuencia mínima del motor.	5Hz
P1082	Frecuencia máxima del motor.	50Hz
P1120	Tiempo de aceleración del motor.	5 segundos
P1121	Tiempo de desaceleración del motor.	5 segundos
P3900	Puesta en servicio rápido	1.25

4.6.7. Programación del PLC

Para la programación del PLC se utilizó el lenguaje LADDER, el cual se realizó cumpliendo los requerimientos del proceso para que nuestra máquina tapadora de botellas funcione de manera correcta como se detalla a continuación:

1. Encender una memoria principal (M0) con restricciones (paro de emergencia, paro e inicio), como se puede observar en la Figura 4.14., esta línea de programación tiene varios contactos abiertos ya que posee botones físicos y digitales en la pantalla por esta razón tiene diversas formas de encender la memoria principal.

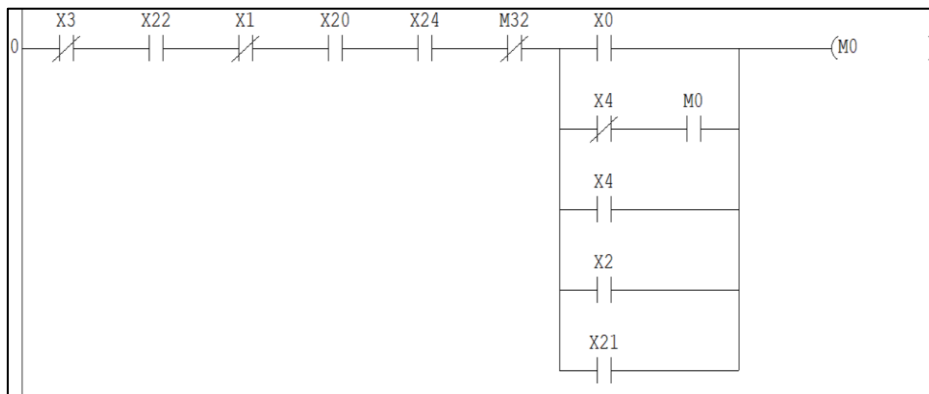


Figura 4-14 Líneas de programación de encendido.

2. Al pulsar cualquier botón de encendido la memoria principal se energizará activando la salida (Y4E) y al motor principal (Y40), este último activando la salida para que se encienda la luz indicadora (Y41), como se puede observar en la Figura 4.15.

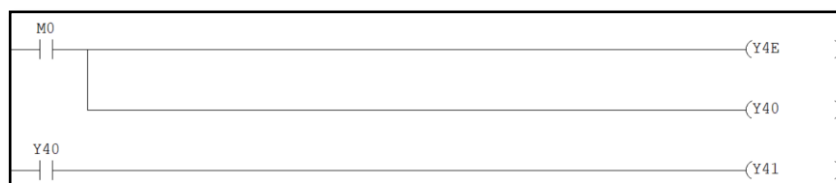


Figura 4-15. Línea de programación encendido del motor principal y luz indicadora ON.

3. Una vez comenzado el recorrido la botella pasará por un sensor reflectivo el que activará un pulso (X28) para que inicie el conteo esto se almacenará en un (C0), a su vez este dato almacenado será movido a un (D0) para poder ser visualizado en el HMI, como se ve a continuación.

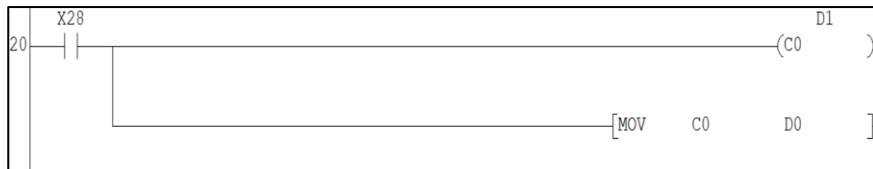


Figura 4-16. Líneas de programación del contador.

- Para reiniciar el contador se pulsará el botón Reset (X23 O X6) este activará el parámetro de borrado en las variables que almacenan los datos del contador, como se puede observar en la Figura 4.17.

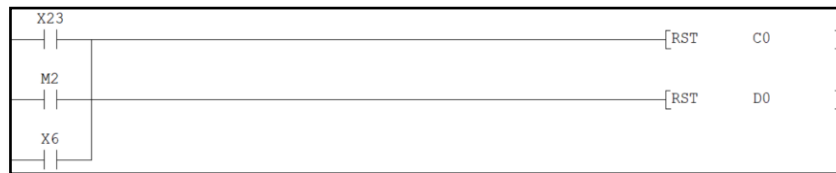


Figura 4-17. Líneas de programación para el reseteo del contador.

- En caso de ocurrir una falla, en este caso una obstrucción de una botella en el proceso de tapado los sensores (X28-X29) se mantendrán encendidos dando pulsos continuos haciendo que un temporizador se active y cuente 10 segundos haciendo que el proceso se pare automáticamente, como se muestra a continuación.



Figura 4-18. Líneas de programación en caso de fallo por obstrucción.

- Para apagar el proceso de tapado podemos pulsar el botón de paro o parada general, como se puede observar en la Figura 4.14 (esto encenderá la luz indicadora (Y43), como se muestra en la Figura 4.19.

1. Utilizamos los botones de salto de pestaña (Screen Switching) los mismos q nos permiten navegar de un lugar a otro según la programación como se observa a continuación.

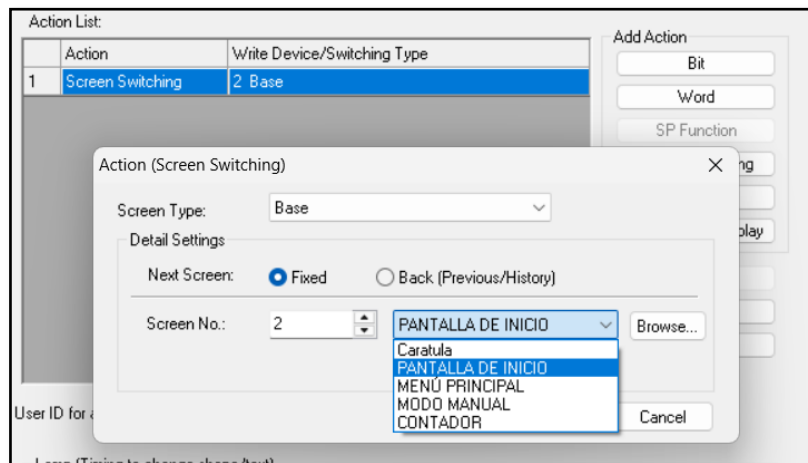


Figura 4-21. Programación HMI.

2. Guardar las variables de los botones, luces y display correspondientes los mismos que realizaran la acción que requiere el PLC, se utilizaran las mismas variables que se tiene en la programación LADDER como se puede observar en la Figura 4.22.

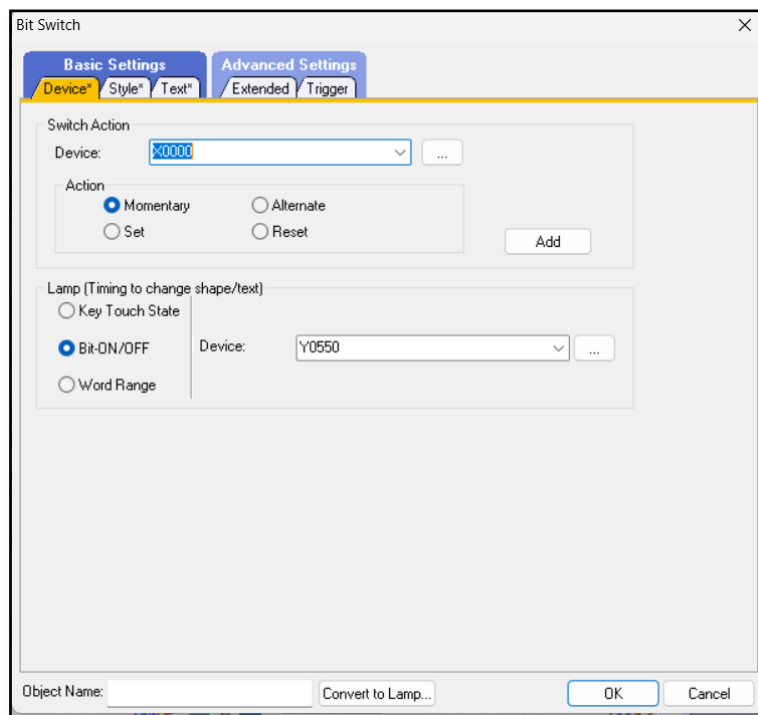


Figura 4-22. Programación HMI.

4.6.9. Diseño e implementación del Software

Para la elaboración del software que controla la máquina que controlara la máquina partimos de los elementos de información de control.

4.6.10. Elementos de información para el control

Una vez conocido el proceso y funcionamiento específico de la máquina tapadora de botellas, se pueden reconocer los elementos de información necesarios para el control con los que se pueden cumplir los objetivos del proyecto. Los elementos se encuentran estructurados dentro del diagrama de entradas y salidas. Como se puede observar en la Figura 4.23.

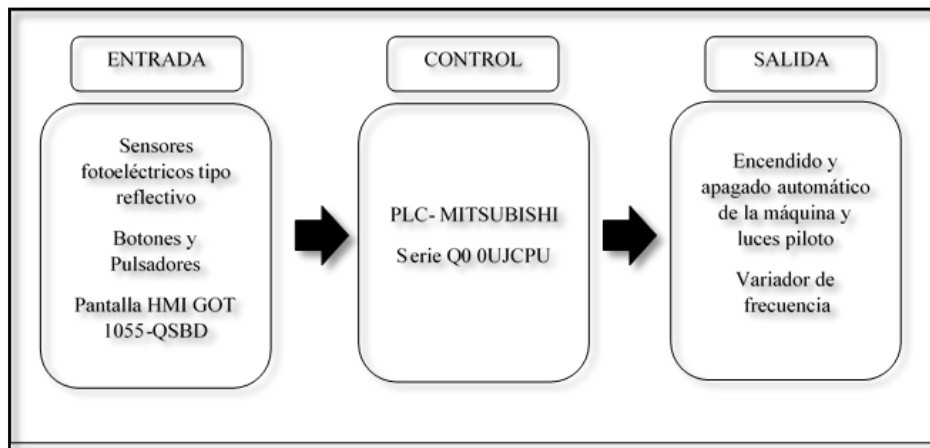


Figura 4-23 Elementos de información de control.

4.6.10.1. Software GX Developer

El PLC a utilizar tiene varias maneras de comunicación para realizar la transferencia del código desde el computador hasta el PLC:

- RS-232: Utiliza una conexión directa desde el computador al PLC mediante un cable serial, la desventaja de este tipo de comunicación es que en la actualidad las computadoras no cuentan con un puerto de comunicación serial y es necesario la utilización de un cable RS-232 a USB con su respectivo driver lo cual a menudo causa problemas de compatibilidad.

GX Developer es un software diseñado para la programación de los PLC de marca Mitsubishi perteneciente a la serie Q, tiene una interfaz sencilla y permite la programación en lenguaje de contactos (LADDER), contiene también una lista de instrucciones en la cual nos muestra todas las funciones básicas y avanzadas que nos facilita la correcta programación como se puede observar en la Figura 4.24, se muestra un interfaz de programación de este software.

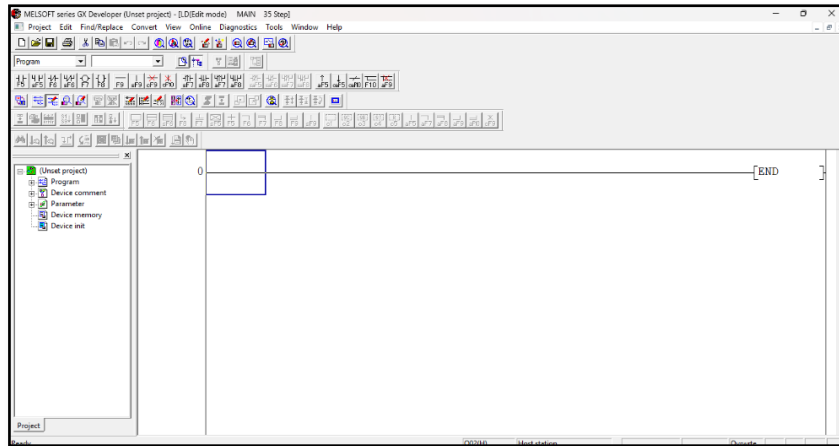


Figura 4-24. Interfaz del software GX-Developer.

El software de programación permite realizar sus propios bloques de funciones y posee una amplia gama de utilidades para su configuración y también se puede evaluar todas las funciones antes de aplicarlas en el modo de simulador.

4.6.10.2. Software GT Designer 3

- RS-232: Utiliza una conexión directa desde el computador al PLC mediante un cable serial, la desventaja de este tipo de comunicación es que en la actualidad las computadoras no cuentan con un puerto de comunicación serial y es necesario la utilización de un cable RS-422 a Mini DIN con su respectivo driver lo cual a menudo causa problemas de compatibilidad.

El software GT Designer 3 es uno de los productos de la familia MELSOFT, nos permite realizar la programación para la pantalla de los dispositivos GOT. Es amigable con el usuario ya que proporciona una interfaz fácil de usar con funciones orientadas al usuario.



Figura 4-25 Interfaz de GT Designer 3

Para que exista una correcta conexión de los componentes eléctricos se realizó los planos correspondientes al gabinete de control con sus componentes de fuerza, mando y control como se muestra en el *Anexo 5*.

4.6.10.3. Instalación de Hardware

Para realizar una correcta instalación del hardware se debe tomar en cuenta la arquitectura del sistema como se puede observar en la Figura 4.26.

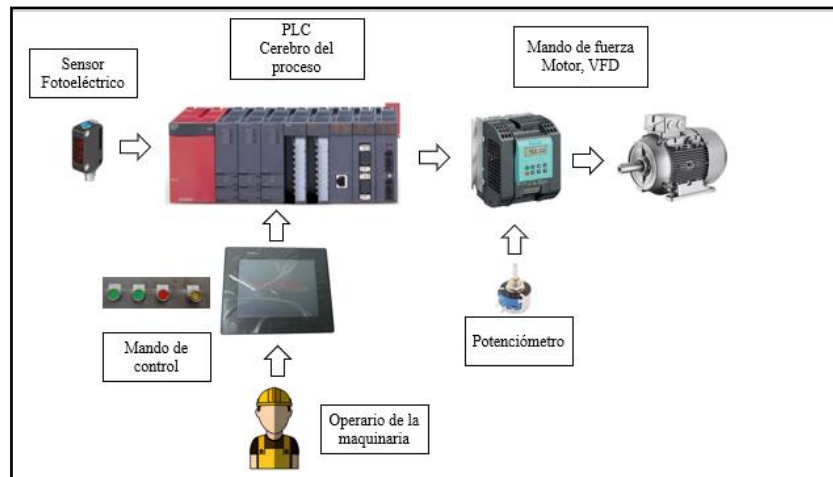


Figura 4-26 Arquitectura del sistema.

Una vez que se tiene clara la estructura del sistema el siguiente paso es diseñar un diagrama eléctrico de las conexiones y cableado.

Para el correcto funcionamiento de la máquina tapadora de botellas se realizó el manual de usuario donde se detalla el proceso de preparación y el funcionamiento de los componentes de conforman la máquina. Ver **Anexo 9. Manual de usuario**.

En la Figura 4.27, se observa la maquina tapadora de botellas que será automatizada.



Figura 4-27 Máquina tapadora de botellas

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Análisis del problema inicial

La máquina tapadora de botellas en la empresa “SELQUI” estaba inactiva debido a:

- Fallas en el sistema de automatización (conexiones incompletas, falta de variador de frecuencia, ausencia de programación).
- Deterioro en el sistema mecánico.
- Incompatibilidad con las medidas estándar de botellas comerciales en Ecuador.
- Falta de control de velocidad, lo que afectaba la precisión y eficiencia del tapado.

5.2. Resultados clave

Dentro de los resultados que se logró en la repotenciación y automatización del proceso de tapado de botellas son:

- Mejoras en el sistema mecánico.
- Mejoras en la automatización del proceso.
- Eficiencia y productividad.

5.3. Mejoras en el Sistema Mecánico

Modificación de Cabezales: Se alargaron los mandriles para adaptarse a diferentes tamaños de botella, dando un mayor rango para tapar botellas.

- **Ajuste de tornillo sin fin:** Se redujo su altura en 20mm para mejorar la sujeción de las botellas, gracias a esto obtuvimos mejor agarrare al momento de tapar la botella con la máquina.
- **Mantenimiento correctivo:** Se desarrolló la limpieza y lubricación de componentes mecánicos para restaurar su funcionalidad.

5.4. Mejoras en la automatización del proceso

- **Modificación de la programación:** Se reprogramo la máquina utilizando el lenguaje LADDER para controlar entradas y salidas digitales/ análogas, se disminuyó las líneas de programación.

- **Programación de un HMI:** Se rediseño la interfaz gráfica (HMI) facilitando la interacción del operador con la máquina, mostrando información en tiempo real (número de botellas tapadas).
- **Incorporación de un variador de frecuencia:** La incorporación de un nuevo variador de frecuencia (VFD) permite controlar la velocidad del motor, optimizando el tiempo de tapado según el tipo de botella. Esto aumenta considerablemente la productividad y reduce el desgaste mecánico que se genera entre los engranajes, piñones y ejes.

5.5. Eficiencia y Productividad

5.5.1. Análisis del tiempo de tapados en diferentes frecuencias

Al realizar pruebas con diferentes frecuencias se obtuvo una variación del tiempo en el que se desarrolló el proceso como se puede observar en la tabla 5.1, estos fueron los resultados trabajando con la misma cantidad de botellas en cada prueba.

Tabla 5-1. Pruebas de tapado a diferente frecuencia.

N.º de prueba	Frecuencia Utilizada	Tiempo (segundo)	Botellas	Tiempo * botella (segundo)	Botella * minuto	Botella * hora	Botella* 8 horas (de un día de producción)
1	7	36,6	10	3,66	16	984	7869
2	10	26,2	10	2,62	23	1374	10992
3	15	19,3	10	1,93	31	1865	14922
4	20	13,4	10	1,34	45	2687	21493
5	30	8,5	10	0,85	71	4235	33882
6	35	7,2	10	0,72	83	5000	40000
7	40	A partir de esta frecuencia las botellas se deforman por la velocidad.					

En la tabla 5.1 se reflejan los datos obtenidos en un rango de tiempo hasta un día de producción en el **Anexo 8. TABLA DE DATOS DE PRODUCCION DE BOTELLAS POR TIEMPO Y CALCULO DE VAN, TIR Y PR.** Se reflejarán los datos obtenidos de todo un año de producción, los datos se interpretan de la siguiente manera:

- Frecuencia: Podemos decir que a mayor frecuencia (Hz), el tiempo por botella disminuye significativamente.

- Tiempo: el tiempo va de la mano con la frecuencia aplicada, esto hace que la producción baje o suba siendo la frecuencia la variable independiente mientras que el tiempo y la producción la variable que depende de la frecuencia.

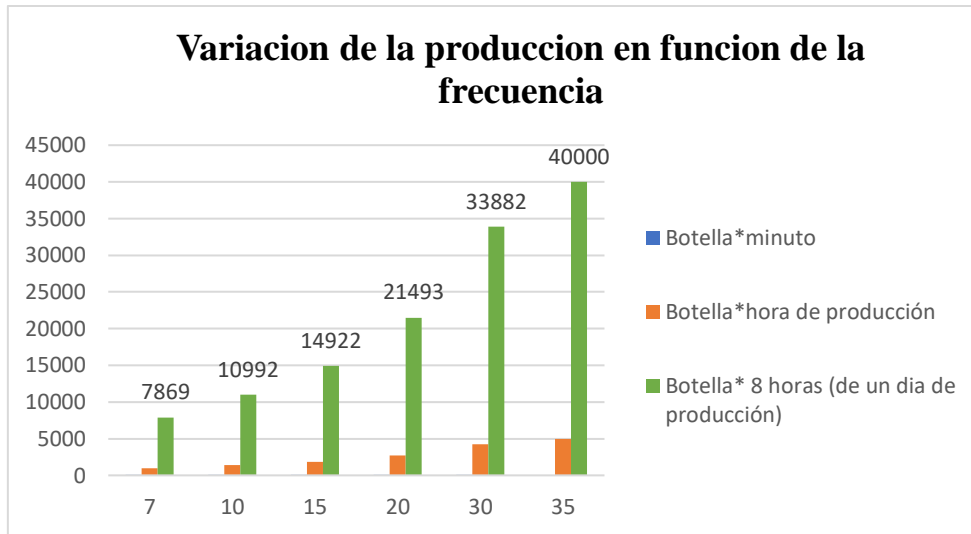


Figura 5-1. Grafica de resultados de las pruebas realizadas.

Al analizar el grafico de barras sobre los resultados reflejados como producto de los experimentos realizados se determina que a 35 Hz existe una mayor producción de botellas tapadas con un total de 40000 botellas en un día, estas tapadas herméticamente en un día de producción, lo que indica una disminución en el tiempo ya que se evidencia un 94,6% en el aumento de la producción con respecto a la frecuencia de 7 Hz.

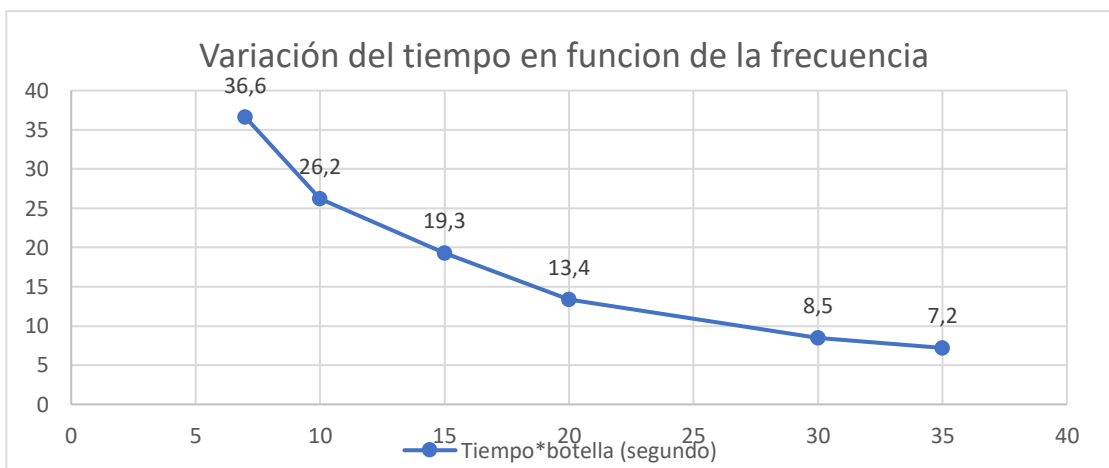


Figura 5-2. Resultados en función del tiempo de cada prueba.

Cabe recalcar que la máquina antes de estar repotenciada y automatizada trabajaba con una frecuencia de 19.2 Hz en su frecuencia máxima, con aproximadamente 46 botellas tapadas por minuto.

Al analizar la gráfica es evidente la disminución del tiempo llegando a un tiempo optimo que ofrece 35 Hz con la máxima eficiencia de (0.72 s/botella) a esto se suma la estabilidad del producto.

5.5.2. Comparación de producción

La automatización redujo significativamente el tiempo de tapado de la máquina. En pruebas realizadas, se seleccionó la frecuencia optima (85 Hz) la cual tapa 83 botellas por minuto con el sistema automatizado y la compararemos con el proceso manual la cual tapa 10 botellas por minuto. Esto representa un aumento de la productividad.

Tabla 5-2. Comparativa de producción.

Tiempo	Tapado Manual	Estado anterior de la máquina	Tapado Automatizado		
	N.º de botellas tapadas	N.º de botellas tapadas	N.º de botellas tapadas	% Aumento de Producción con respecto al tapado manual	% Aumento de Producción con respecto al estado anterior de la máquina
minuto	10	45	83	87,95	45,78
hora	600	2700	4980	87,95	45,78
8 horas (Producción de un día)	4800	21600	39840	87,95	45,78
Semanal	24000	108000	199200	87,95	45,78
Mensual	96000	432000	796800	87,95	45,78
Anual	1152000	5184000	9561600	87,95	45,78

Con los datos brindados luego de haber realizado las pruebas de funcionamiento se procedió a realizar una comparación entre la realización del proceso manual y proceso realizado por la máquina utilizada para el desarrollo de la presente propuesta tecnológica en donde se puede evidenciar que el proceso de tapado automatizado posee un tiempo de tapado superior obteniendo como resultado disminuir el tiempo de tapado y el aumento de la producción.

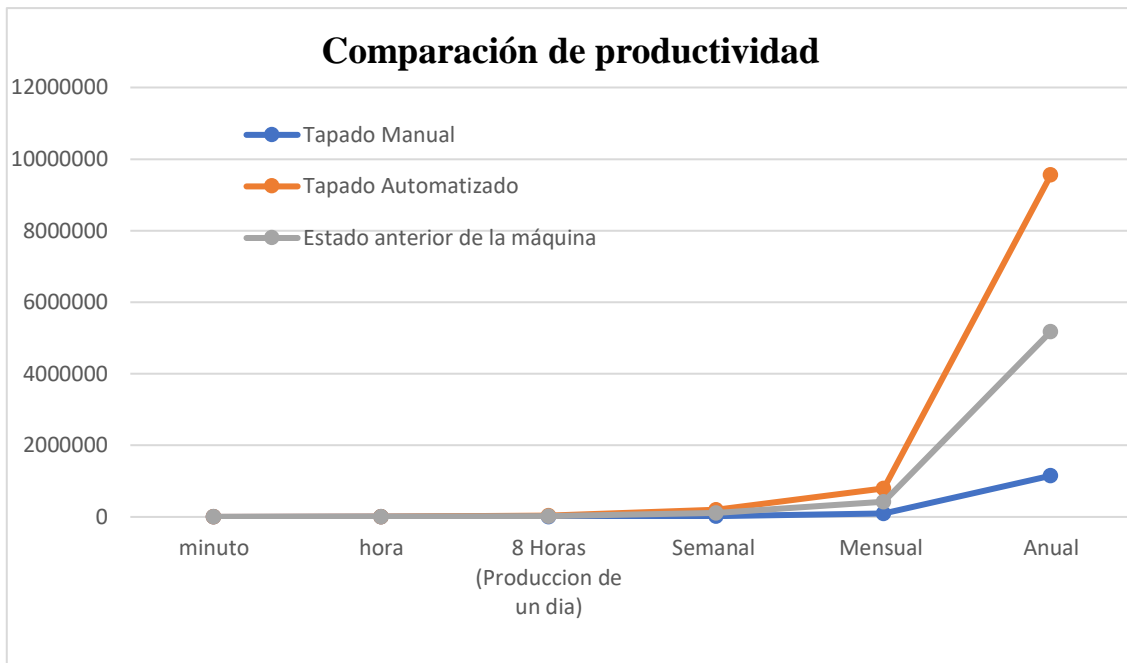


Figura 5-3. Gráfica de la comparación del proceso manual vs automático.

Al analizar los resultados reflejados en el gráfico de líneas se determina que el proceso de tapado automatizado septuplica la productividad en cada intervalo de tiempo en otras palabras como lo mencionamos anteriormente al automatizar la maquina aumentamos la producción en un 87,95%.

5.6. Presupuesto

En la siguiente tabla 5.1, se detalla los gastos que incurrieron en el desarrollo de la presente propuesta tecnológica, las cuales fueron divididos en tres tipos de gastos, de ejecución relacionados con los materiales utilizados para la construcción del tablero de control y los indirectos como el transporte y alimentación.

Tabla 5-3. Detalles de valor de inversión del proyecto.

INVERSIÓN ECONOMICA (EJECUCIÓN)			
Material	Cant	Costo Unitario	Total
Material Duralon para alzas	1	125	125
Cable control	1	45	45
Pernos, rodela inoxidable	120	0,3	36
Variador de frecuencia	1	200	200
Sensores reflectivos y espejo	1	40	40
Rollo de cable #18	1	23	23
Subtotal			\$469

INVERSIÓN ECONOMICA (DE PERSONAL)			
Descripción	Cant	Costo Unitario	Total
Armado de tablero, automatización y programación	2	200	400
Construcción de alzas para tapado	24	12	288
Subtotal			\$688

INVERSIÓN ECONOMICA (COSTES INDIRECTOS)			
Descripción	Cant	Costo Unitario	Total
Servicio de transporte	40	3	120
Alimentación	1	50	50
Impresiones y otros suministros	2	30	60
Subtotal			230

TOTAL	\$1387
--------------	---------------

Una vez obtenidos los datos para la inversión del proyecto se define el tiempo de recuperación del mismo, con la obtención del VAN y TIR.

5.6.1. Rentabilidad de la propuesta tecnológica

La forma de conocer si un proyecto como el realizado en la presente propuesta tecnológica es viable se realiza mediante el análisis de rentabilidad de los indicadores económicos conocidos, el VAN el valor actual neto y el TIR la tasa interna de retorno.

5.6.2. Valor Actual Neto

Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de baja futuros, originados por una inversión. También se entiende la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja del proyecto, deducido el valor de la inversión final.

5.6.3. Tasa Interna de Retorno

La Tasa Interna de Retorno es un indicador de rentabilidad relativa del proyecto, por lo cual cuando se hace una comparación de tasas de rentabilidad interna de dos proyectos no tiene en cuenta la posible diferencia en las dimensiones de los mismos.

5.6.4. Periodo de recuperación de inversión

Es el número de años que el proyecto tarda en recuperar la inversión. Este método selecciona aquellos proyectos cuyos beneficios permiten recuperar más rápidamente la inversión, es decir, cuanto más corto sea el periodo de recuperación de la inversión mejor será el proyecto.[19]

5.6.5. Resultado

Una vez determinado los datos que genera la máquina tapadora de fundas se procedió a calcular el TIR, VAN y PR, este último representa el periodo para el cual se prevé recuperar el capital invertido en 1 año, 11 meses y 29 días, siendo la recuperación luego se implementación, ver el **Anexo 8. TABLA DE DATOS DE PRODUCCION DE BOTELLAS POR TIEMPO Y CALCULO DE VAN, TIR Y PR.**

Tabla 5-4. Calculo del TIR, VAN y PR.

(Valor Actual Neto) VAN	\$ 2.8312,27
(Tasa Interna de Retorno) TIR	49%
(Periodo de recuperación) PR	1,99
¡Meses	11
Días	29

5.7. Análisis de impactos

5.7.1. Impacto Económico

La propuesta tecnológica implementada permite controlar de manera automática el proceso de tapado, mejorando significativamente la economía de la producción de tapado de botellas, el cual en términos de ganancias son significativas en margen de la inversión prevista, con una disminución de un 21,40% en costos de producción.

5.7.2. Impacto técnico

La implementación de equipos eléctricos y electrónicos de control orientados al ámbito de la automatización a maquinas industriales además de diferentes fuentes bibliográficas de información permitieron enfocar la presente propuesta tecnológica al área de automatización industrial, al incluir elementos (variador de frecuencia, PLC, HMI) se logra optimizar procesos de producción.

5.7.3. Impacto ambiental

Con la repotenciación y automatización de la máquina tapadora de botellas no se ha utilizado ningún equipo eléctrico que sea dañino con el medio ambiente y tampoco permitirá que se desperdicie el producto con el que va a hacer envasado las botellas al tener una mayor sujeción al momento de ser tapado por la fuerza de los cabezales.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Mediante el proceso de investigación en diferentes citas bibliográficas se consiguió entender el funcionamiento de los equipos utilizados en la presente investigación los cuales son: PLC, HMI y variador de frecuencia que ayudaron con el control de la máquina permitiendo la automatización del proceso de tapado.
- El reacondicionamiento y modificaciones que se realizó a la máquina permitió que esta pueda tapar tres tipos de envases de 111,30mm, 140mm y 149 mm, haciendo con esto que la máquina sea más versátil en el proceso de tapado.
- Se logró un control preciso de la velocidad de la máquina mediante un potenciómetro, integrado con el PLC y el variador de frecuencia, permitiendo controlar el tiempo y el número de envases tapados dependiendo de la frecuencia aplicada al variador.
- Con el análisis de datos realizado se demuestra una mejora significativa ya que en un tiempo registrado de una hora se tapaban 4.800 botellas diarias de forma manual y después de la automatización se elevó el número de botellas a 39.840 diarias lo que refleja un 87,95% de aumento de producción con la automatización en esta máquina y una disminución de costos de producción por tapado de botellas de 0.52 centavos de dólar a un valor de 0.38 centavos de dólar representando el 21,40% de ahorro, que en producción anual se establece en \$6.300 dólares.
- Con respecto a la frecuencia registrada en los datos almacenados en la memoria del PLC (19,2 Hz), y la frecuencia máxima actual de 35 Hz demuestra una mejora significativa del 45,78% del proceso de producción.

6.2. Recomendaciones

- Implementar un sistema de colocación automática de tapas para que este proceso no se realice de forma manual, evitando contaminación e incomodidad al operario de esta máquina.
- Instalar un sistema de limpieza al final del proceso de tapado para eliminar alguna de las impurezas adquiridas durante el proceso.

- Implementar un sistema de dosificado para que en futuro esta máquina pueda realizar el proceso completo de envasado y tapado de productos alimenticias para la cual hemos modificado.
- Implementar un plan de mantenimiento para evitar daños graves a futuro en la máquina.
- Se recomienda variar la velocidad de frecuencia del sistema hasta un máximo de 35 Hz puesto que a mayores frecuencias las botellas pueden sufrir deformaciones por la alta velocidad del sistema.

7. REFERENCIAS

- [1] P. Tecnológica *et al.*, “UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS CARRERA INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA ‘Repotenciación y automatización de una clasificadora de granos para el Proyecto de Granos Andinos de la Universidad Técnica de Cotopaxi,’” 2022.
- [2] D. E. Pardo, G. German, and A. Salgado Botero, “DISEÑO DE UNA MÁQUINA TAPADORA PARA ENVASES CON CUAJO,” Bogotá, Nov. 2017.
- [3] O. Mera, D. Efrén, O. Jaramillo, M. Gabriel, and T. De Titulación, “‘REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENVASADORA DE LÍQUIDOS VERTICAL PARA LA CORPORACIÓN BIMARCH CIA. LTDA.’ Previa a la obtención del Título de: INGENIERO INDUSTRIAL,” Riobamba, Nov. 2016.
- [4] B. DE Accionamiento Neumático, C. DE Electromecánica, C. Trávez Luis Felipe Director, and Y. Morales Tamayo La Maná -Ecuador, “‘IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE AUTOMATIZACIÓN A TRAVÉS DE UN MÓDULO DIDÁCTICO CON EL PLC SIMATIC S7-1200 PARA EL CONTROL DE UNA SELLADORA DE UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS PROYECTO DE INVESTIGACIÓN,’” Aug. 2017.
- [5] B. M. Barros Pérez and J. E. Bayas Freire, “Artículo Científico - Diseño y construcción de una máquina automática lineal de tapado de envases con yogurt para la reducción del tiempo de despacho de la producción de la Empresa- Productos Lácteos Paraíso,” 2015.
- [6] Willian Bolton, “M E C AT R Ó N I C A,” 2013.
- [7] Garza Flor, “El Mantenimiento Es Un Servicio Que Agrupa Una Serie de Actividades Cuya Ejecución Permite Alcanzar Un Mayor Grado de Confiabilidad

en Los Equipos | PDF | Ingeniería de confiabilidad | Calidad (comercial).”
Accessed: May 02, 2025. [Online]. Available:
<https://es.scribd.com/document/476659209/El-mantenimiento-es-un-servicio-que-agrupa-una-serie-de-actividades-cuya-ejecucion-permite-alcanzar-un-mayor-grado-de-confiabilidad-en-los-equipos>

- [8] Christian Pinzón, “CMMSHere - Tipos de Mantenimiento - CMMS - Software de mantenimiento | CMMSHere.” Accessed: May 02, 2025. [Online]. Available: <https://cmmshere.com/es/ebook-cmmshere-tipos-de-mantenimiento/>
- [9] “Automatización y robótica para la producción • gestiopolis.” Accessed: Jan. 27, 2025. [Online]. Available: <https://www.gestiopolis.com/automatizacion-robotica-produccion/>
- [10] C. AL Caldero Bremer Para Generación De and E. Y. Control Peña Gallegos Jorge Israel, “ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA LA ALIMENTACIÓN DE MATERIAL PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN,” Quito, Mar. 2013.
- [11] P. Aguilera, “Programación de PLCs,” *Universidad Autónoma de Nuevo León*, 2002.
- [12] J. I. Peña Gallegos, “Diseño e implementación de un sistema de control automático para la alimentación de material combustible al caldero Bremer para generación de vapor en la empresa Contrachapados de Esmeraldas S.A.,” Mar. 2013, Accessed: Jan. 27, 2025. [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6012>
- [13] E. Roque and J. Antonio Sensores Fotoeléctricos, “Logicbus SA de CV.” [Online]. Available: <https://tecnosinergia.zendesk.com/hc/es/article>
- [14] R. Chavarría, C. Ingeniero, and T. Eléctrico, “NTP 86: Dispositivos de parada de emergencia.”

- [15] Rodriguez y Gonzaga, “ELEMENTOS DE CONTROL Y SEÑALIZACIÓN (LUCES PILOTO Y PULSADORES) - Gonzaga & Rodriguez Cia. Ltda.” Accessed: May 12, 2025. [Online]. Available: <https://electricoindustrial.com.ec/2021/03/15/elementos-de-control-y-senalizacion/>
- [16] “RTE-131”.
- [17] Q. -Ecuador and P. Edición, “INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN CONDUCTORES Y ALAMBRES PARA USO ELÉCTRICO AISLADOS CON MATERIAL TERMOPLÁSTICO”.
- [18] Q. -Ecuador, “INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN: RTE INEN 057 ‘TABLERO, GABINETES, CAJAS DE PASO, CAJA ALUMBRADO, RACKS Y ACCESORIOS DE RACKS’”.
- [19] “ANÁLISIS ECONÓMICO Evaluación de Proyectos: VAN, TIR , PAYBACK”.
- [20] “Pirámide de la Automatización Industrial: Clave para la Industria 4.0.” Accessed: Apr. 03, 2025. [Online]. Available: <https://www.sicma21.com/piramide-de-la-automatizacion-industrial-que-es-y-por-que-es-clave-en-la-industria-4-0/>
- [21] “MELSEC System Q - Mitsubishi Electric Factory Automation - Spain.” Accessed: Apr. 03, 2025. [Online]. Available: <https://es.mitsubishielectric.com/fa/products/cnt/plc/plcq>
- [22] “Variadores de frecuencia: aplicaciones y funciones básicas - APIEM.” Accessed: Apr. 03, 2025. [Online]. Available: <https://www.apiem.org/variadores-de-frecuencia-aplicaciones-y-funciones-basicas/>
- [23] “¿Qué es un sensor fotoeléctrico? | Fundamentos del sensor: Guía de sensores para fábricas clasificados por principios | KEYENCE.” Accessed: Apr. 03, 2025. [Online]. Available: <https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/photoelectric/info/>

[24] “Contacto | Misitio.” Accessed: Apr. 03, 2025. [Online]. Available:
<https://www.solucionesindustrialeselqui.com/contacto>

8. ANEXOS

Anexo .1 ESTADO INICIAL DE MÁQUINA TAPADORA DE BOTELLAS

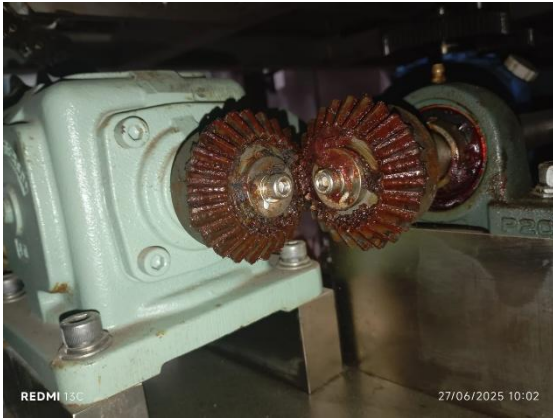


Figura A. 1 Estado Inicial del sistema mecánico



Figura A. 2 Presencia de óxido en los engranajes del sistema mecánico



Figura A. 3 Sistema de tapado con presencia de óxido

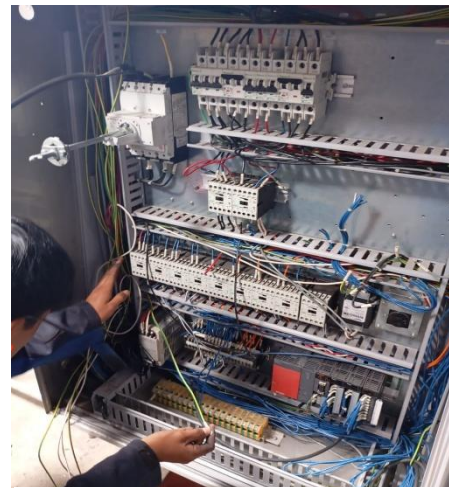


Figura A. 4 Tablero de control sin componentes de control y desorganizado

Anexo 2. INSTALACIÓN DE EQUIPOS Y MANTENIMIENTO DE SISTEMA MECÁNICO



Figura A. 6 Ajuste de altura de tornillo sin



Figura A. 5 Instalación de Variador de frecuencia



Figura A. 7 Desinstalación de motor para mantenimiento



Figura A. 8 Remoción de óxido de la base del sistema de tapado.



Figura A. 10 Tablero de control con los componentes eléctricos y VFD.



Figura A. 9 Armado se sistema de tapado



Figura A. 12 Mantenimiento de sistema mecánico y dotación de grasa en sus componentes.



Figura A. 11 Base de tapado sin óxido

Anexo 3. CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE ACOPLES DEL SISTEMA DE TAPADO.

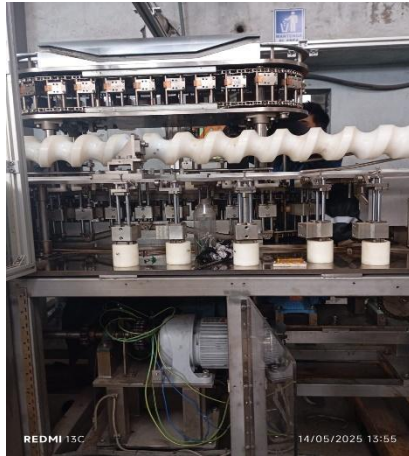


Figura A. 14 Desmontaje de cabezales de tapado



Figura A. 13 Construcción de aumentos para los cabezales de tapado

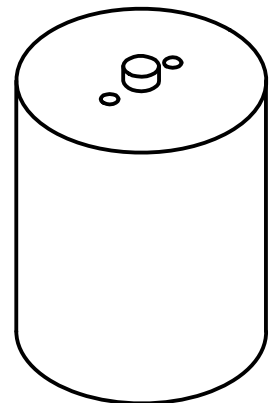
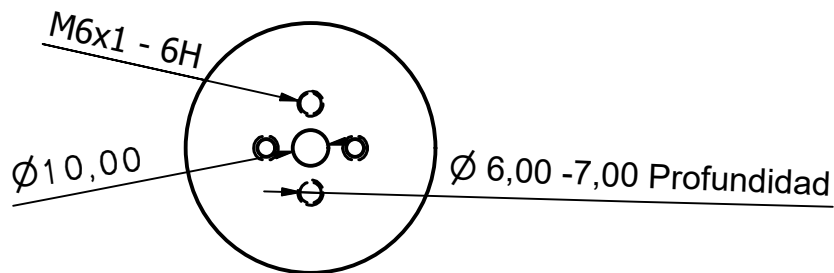
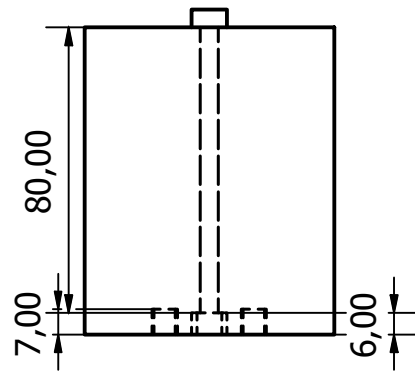
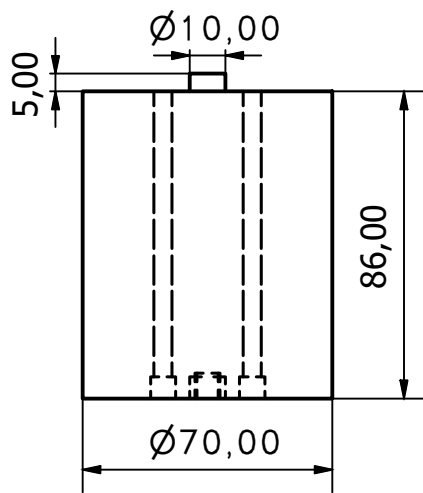
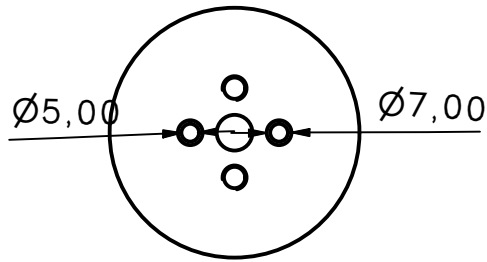


Figura A. 16 Aumentos para el cabezal de tapado

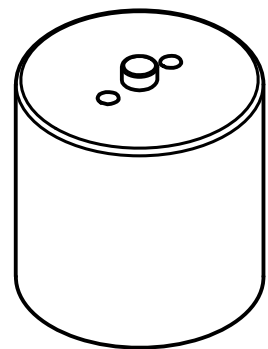
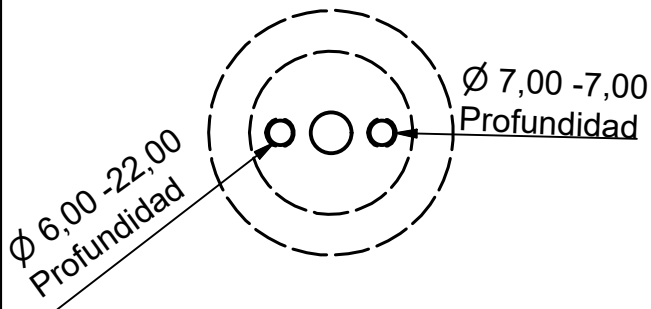
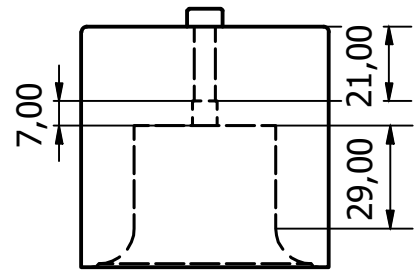
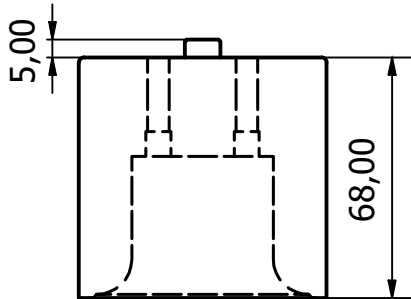
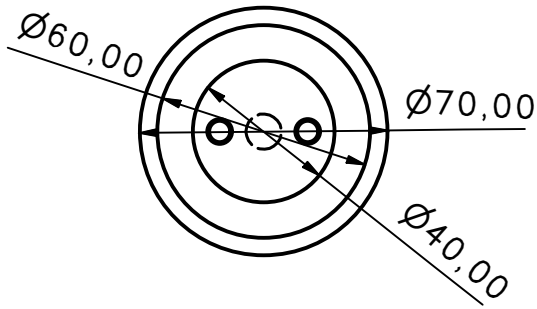


Figura A. 15 Instalación de cabezales de tapado.

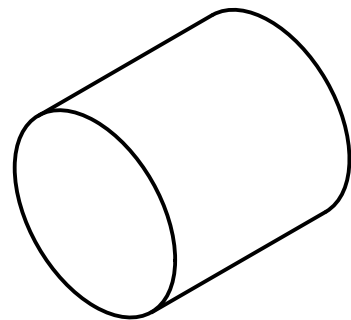
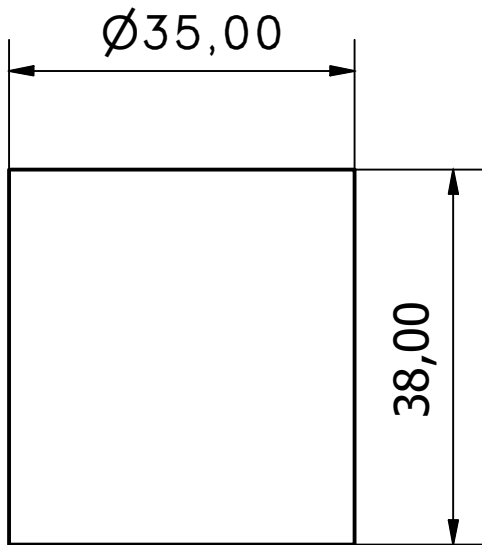
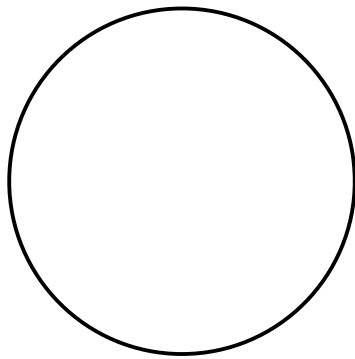
**Anexo 4. PLANOS MECÁNICOS
DE AUMENTO DE CABEZALES
DE TAPADO**



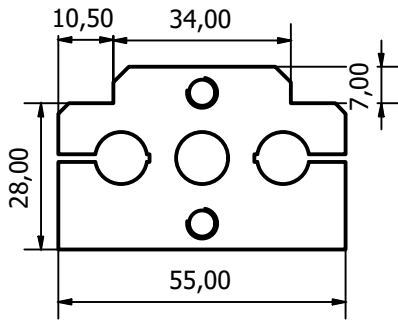
				Tolerancia	(Peso)	Materiales		
						Duralón		
				Fecha	Nombre	Denominación	Escala	
				Dib.	10/06/2025			Caiza K. Paute L.
				Rev.	16/06/2025			Ing. Paulina Freire
				Aprov.	16/06/2025	Ing. Paulina Freire	1:2	
				Número del dibujo				
				01				
				(Sustitución)				
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					




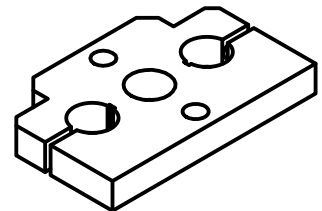
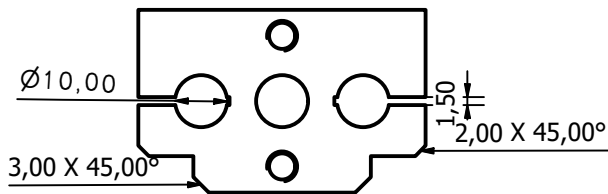
		Tolerancia		(Peso)	Materiales	
					Duralón	
		Fecha	Nombre		Denominación	
		Dib.	12/06/2025	Caiza K. Paute L.		Escala 1:2
		Rev.	16/06/2025	Ing. Paulina Freire		
		Aprov.	16/06/2025	Ing. Paulina Freire		
					Número del dibujo	
					02	
					(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			



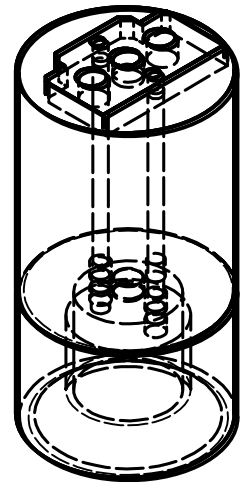
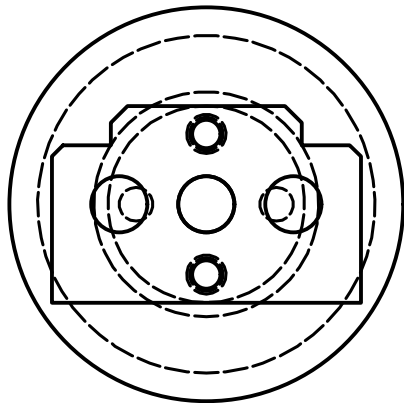
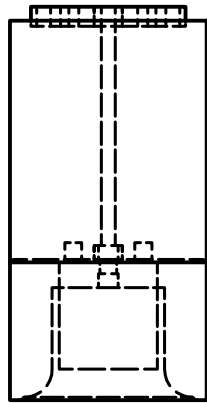
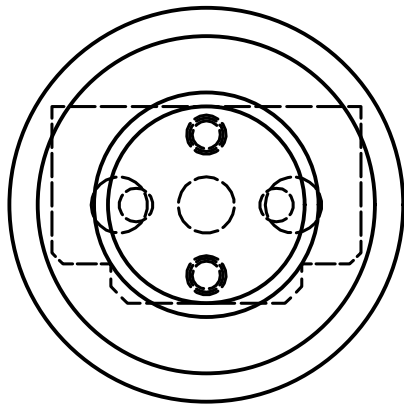
				Tolerancia	(Peso)	Materiales		
						Duralón		
				Fecha	Nombre	Denominación	Escala	
				Dib.	10/06/2025			Caiza K. Paute L.
				Rev.	16/06/2025			Ing. Paulina Freire
				Aprov.	16/06/2025			Ing. Paulina Freire
						Número del dibujo		
						03		
						(Sustitución)		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					



M3x0.5 - 6H  Ø 3,00 - 15,00 Profundidad



				Tolerancia	(Peso)	Materiales		
						Acero inox 304		
				Fecha	Nombre	Denominación	Escala	
				Dib.	10/06/2025			Caiza K. Paute L.
				Rev.	16/06/2025			Ing. Paulina Freire
				Aprov.	16/06/2025	Ing. Paulina Freire	1:1	
						Número del dibujo		
						04		
						(Sustitución)		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					





				Tolerancia	(Peso)	Materiales		
						Duralón		
				Fecha	Nombre	Denominación	Escala	
				Dib.	14/07/2025			Caiza K. Paute L.
				Rev.	16/06/2025			Ing. Paulina Freire
				Aprov.	16/06/2025	Ing. Paulina Freire	1:2	
						Número del dibujo		
						05		
						(Sustitución)		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					

Anexo 5. COMPONENTES ELECTRICOS Y PLANOS ELÉCTRICOS

Anexo 5.1 Variador Siemens G110 3HP

Variadores de velocidad SINAMICS G110, 200 - 240 VAC

Con voltaje de alimentación 220 VAC monofásico (bifásico).

No. de Depósito	Descripción
<p>Bombear/ ventilar/ comprimir</p> 	<p>Los SINAMICS G110 son especialmente adecuados para aplicaciones de variación de velocidad simples con bombas, ventiladores, sistemas de embalaje, accionamientos de puertas de fábricas, garajes, paneles publicitarios en diversos sectores industriales y residenciales.</p> <p>Es un convertidor de frecuencia robusto con funcionalidad básica compacto que funciona con control de tensión y frecuencia (V/f) en redes monofásicas de 200 V a 240 V (conocido en nuestro medio como alimentación "bifásica")</p>  <p>SINAMICS G110 con panel BOP</p>

Especificaciones Técnicas

Tensión de alimentación / Frecuencia	1 x 200...240VAC ± 10% con 50/60Hz +/- 5 %
Rango de potencia	0,37 - 3 kW/ 0,5-4HP
Grado de Protección	IP20
Entradas / Salidas	3 entradas digitales; 1 salida digital
Entradas analógica	1 entrada analógica escalable en tensión (0 V a 10 V)
Factor de potencia y Eficiencia	≥ 95%
Capacidad de sobrecarga	150% de sobrecarga durante 60s (ciclos de 300s)
Longitud del cable al motor	50 m (No apantallado) / 25m (apantallado)
Método de control	Características U/f lineal, cuadrática y multipunto
Temperatura de empleo	-10...+40°C (hasta +50 °C con derating)
Funciones de protección	Subtensión, sobretensión, defecto a tierra, cortocircuito, vuelco del motor, protección térmica del motor y variador.

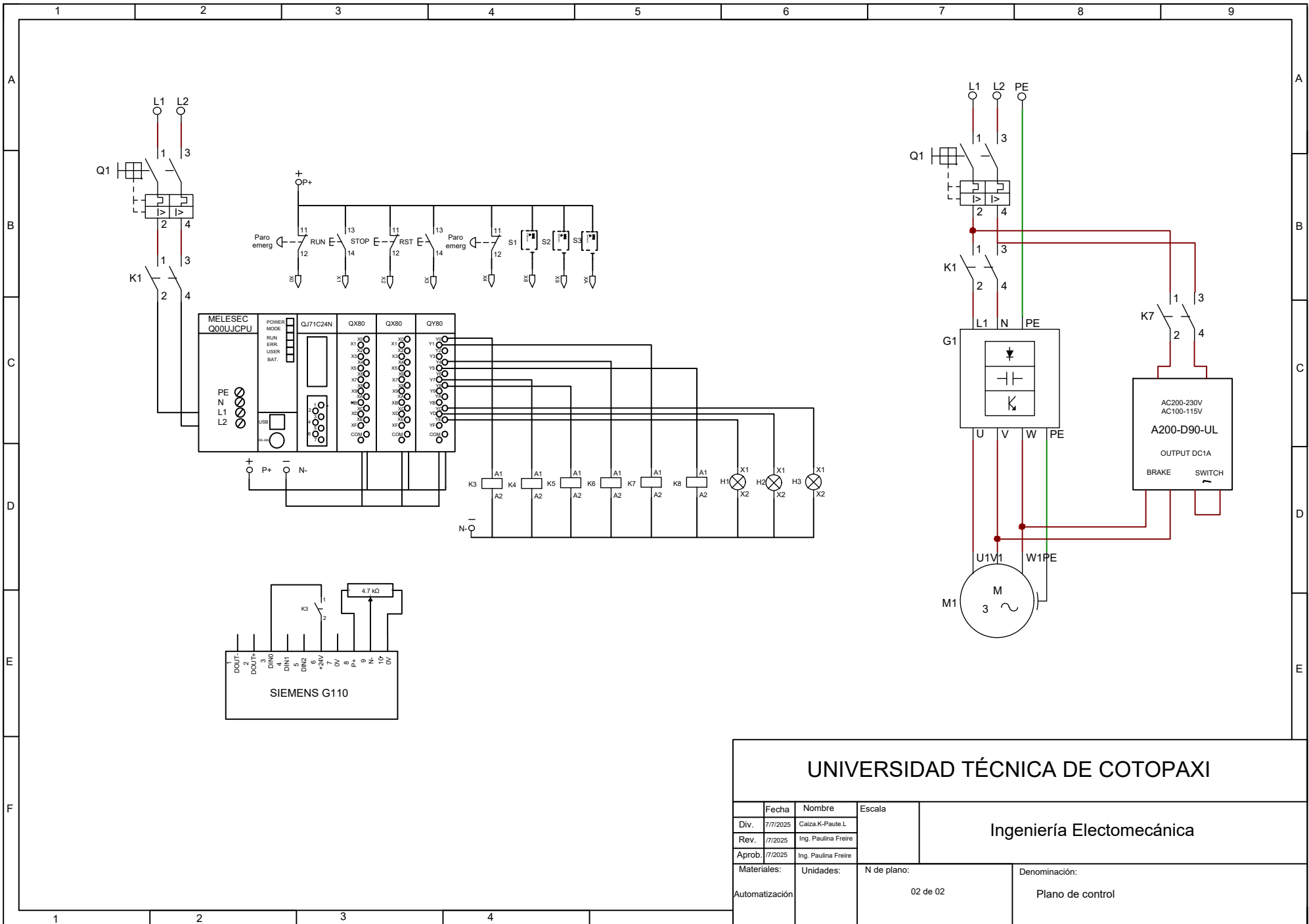
Anexo 5.2 Contactor CHNT NXC-25



Número de polos: 3
 Contactos auxiliares: 1 NA (normalmente abierto) + 1 NC (normalmente cerrado)
 I-ésimo Amperio Térmico: 40 Amperios
 Amperio operativo: 25 amperios
 Potencia KW/HP: 11/15
 Frecuencia nominal: 50 / 60 Hz
 Voltaje: 220 v AC
 Montaje: Rial DIN de 35 mm
 Certificado: KEMA, CE, UL, VDE, PCT, etc.
 Estándar: IEC/EN60947-4-1

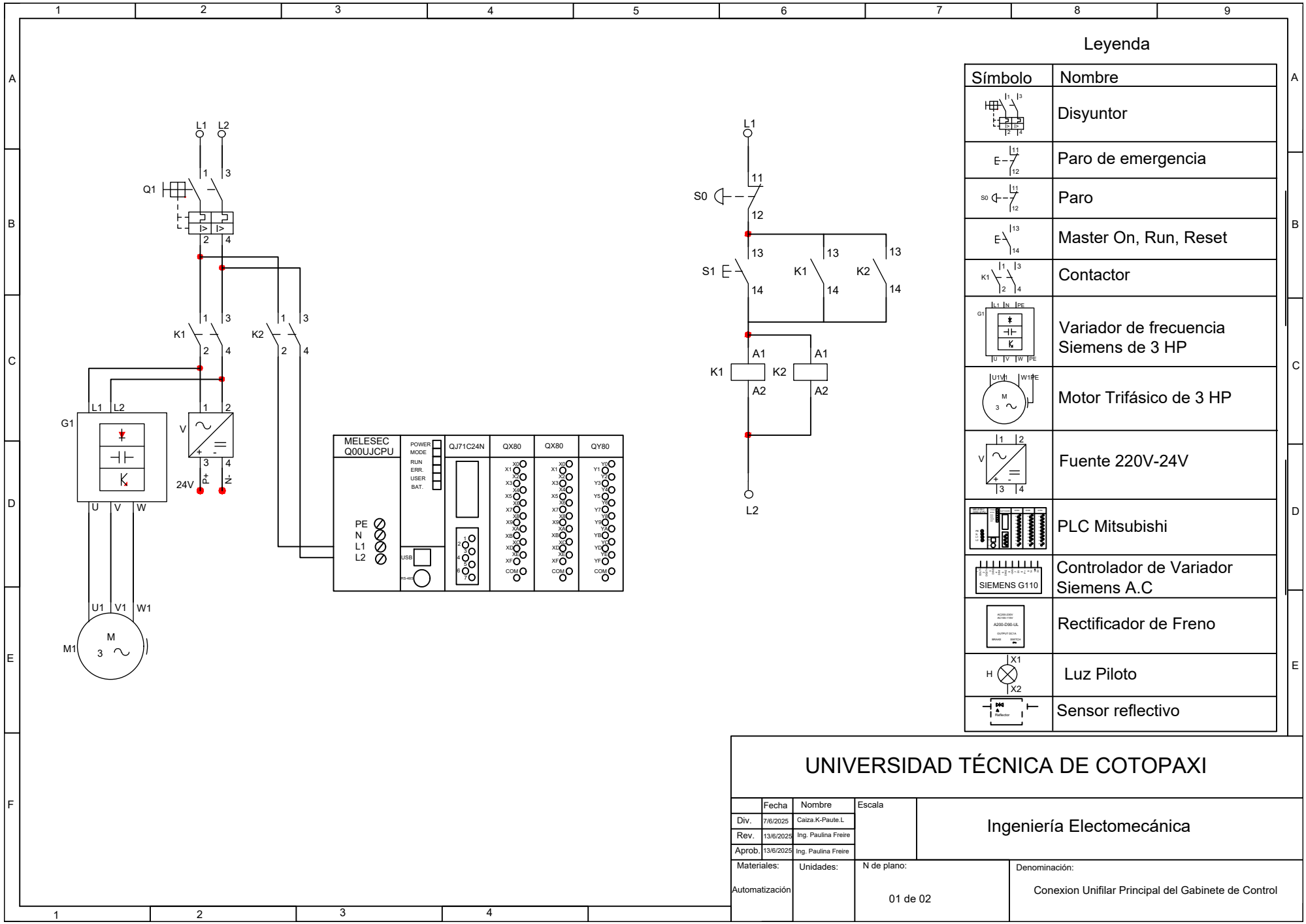
Tabla de selección de contactor NXC AC

Potencia de motor kW			Corriente máxima de funcionamiento A (AC-3 380V/400V)	Número de contactos inducidos en el cuerpo del contactor		Modelo de contactor
220V/230V/240V	380V/400V	660V/690V		NO	NC	
1.5	2.2	3	6	1	0	NXC-06M10
1.5	2.2	3	6	0	1	NXC-06M01
1.5	2.2	3	6	1	1	NXC-06
2.2	4	4	9	1	0	NXC-09M10
2.2	4	4	9	0	1	NXC-09M01
2.2	4	5.5	9	1	1	NXC-09
3	5.5	4	12	1	0	NXC-12M10
3	5.5	4	12	0	1	NXC-12M01
3	5.5	7.5	12	1	1	NXC-12
3	7.5	7.5	16	1	1	NXC-16
4	7.5	10	18	1	1	NXC-18
5.5	11	11	22	1	1	NXC-22
5.5	11	15	25	1	1	NXC-25
7.5	15	18.5	32	1	1	NXC-32
9	18.5	18.5	38	1	1	NXC-38
11	18.5	30	40	1	1	NXC-40
15	22	37	50	1	1	NXC-50
18.5	30	37	65	1	1	NXC-65
22	37	37	75	1	1	NXC-75
22	37	45	85	1	1	NXC-85
25	45	45	100	1	1	NXC-100
37	55	80	120	2	2	NXC-120
45	75	100	160	2	2	NXC-160
55	90	100	185	2	2	NXC-185
63	110	110	225	2	2	NXC-225
75	132	160	265	2	2	NXC-265
90	160	200	330	2	2	NXC-330
132	200	300	400	2	2	NXC-400
160	250	335	500	2	2	NXC-500
200	335	350	630	2	2	NXC-630



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

	Fecha	Nombre	Escala	Ingeniería Electromecánica	
Div.	7/7/2025	Caiza K-Paute L			
Rev.	7/7/2025	Ing. Paulina Freire			
Aprob.	7/7/2025	Ing. Paulina Freire			
Materiales:	Unidades:	N de plano:	Denominación:		
Automatización		02 de 02	Plano de control		



Leyenda

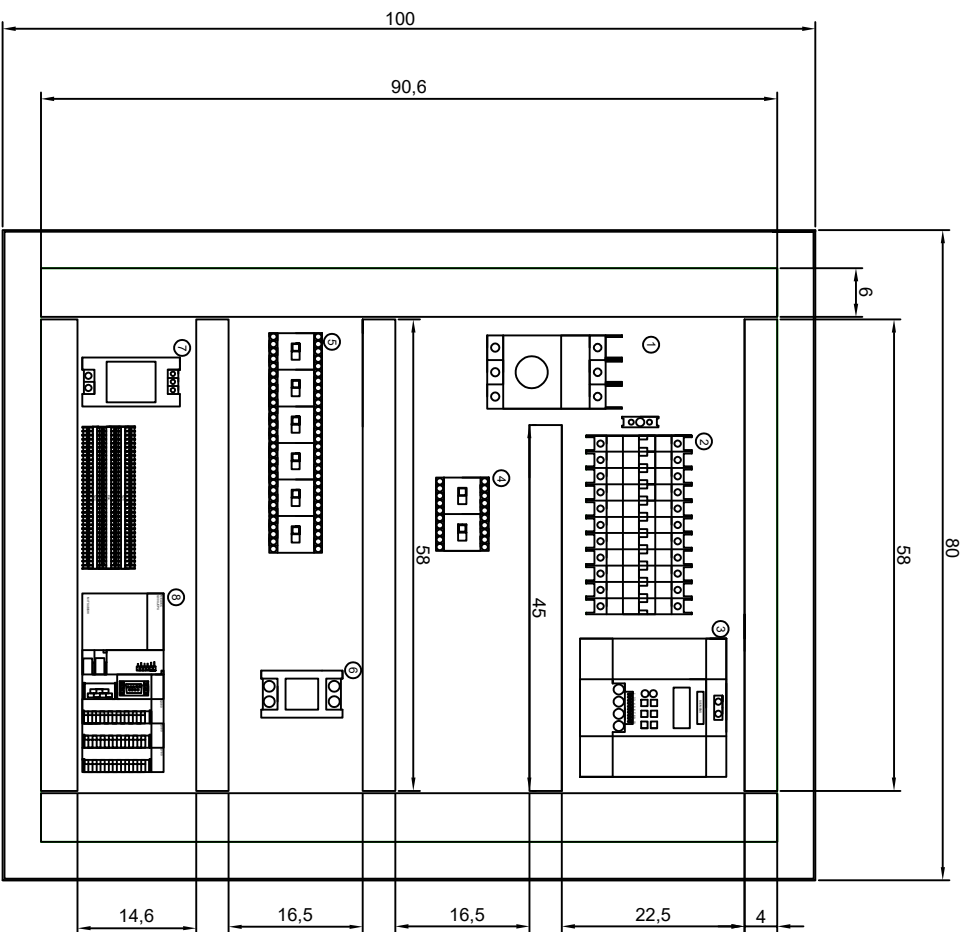
Símbolo	Nombre
	Disyuntor
	Paro de emergencia
	Paro
	Master On, Run, Reset
	Contactor
	Variador de frecuencia Siemens de 3 HP
	Motor Trifásico de 3 HP
	Fuente 220V-24V
	PLC Mitsubishi
	Controlador de Variador Siemens A.C
	Rectificador de Freno
	Luz Piloto
	Sensor reflectivo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

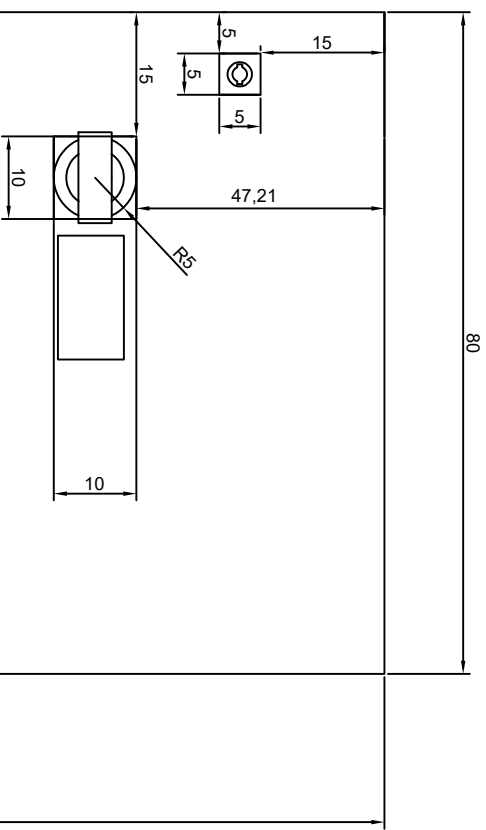
	Fecha	Nombre	Escala	Ingeniería Electromecánica
Div.	7/6/2025	Caiza K-Paute L		
Rev.	13/6/2025	Ing. Paulina Freire		
Aprob.	13/6/2025	Ing. Paulina Freire		
Materiales:	Unidades:	N de plano:	Denominación:	
Automatización		01 de 02	Conexion Unifilar Principal del Gabinete de Control	

Anexo 6. PLANOS DEL GABINETE DE CONTROL Y HMI.

Parte interior de gabinete eléctrico



Tapa frontal de gabinete eléctrico

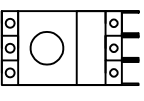
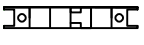
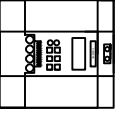
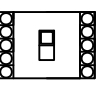
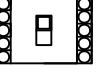


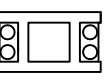
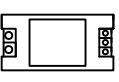

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Ingeniería Electromecánica

Fecha	Nombre	Escala	N de plano:		Denominación:
14/06/2025	Celiza K-Rosale L		04		Dimensionamiento del Gabinete de Control
Dib.	14/06/2025	Celiza K-Rosale L			
Rev.	07/11/2025	Ing. Paulina Freire			
Aprob.	07/11/2025	Ing. Paulina Freire			
Materiales:		Unidades:			
Control		cm			

Listado de elementos del gabinete de control

UBICACIÓN	CANTIDAD	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
1	1		Interruptor Seccionador 220 V
2	11		Interruptores Termomagnéticos 6A
3	1		Variador de frecuencia, Sinamics G110
4	2		Contactores NXC 220V 50 / 60 Hz
5	6		Contactores 24v 50 / 60 Hz

UBICACIÓN	CANTIDAD	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
6	1		Filtro de Ruido 250 Vac 6A 50 / 60 Hz
7	1		Fuente de alimentación 220 V AC/24V DC
8	1		PLC Mitsubishi serie Q modelo MELSEC Q00UJCPU

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Ingeniería Electromecánica

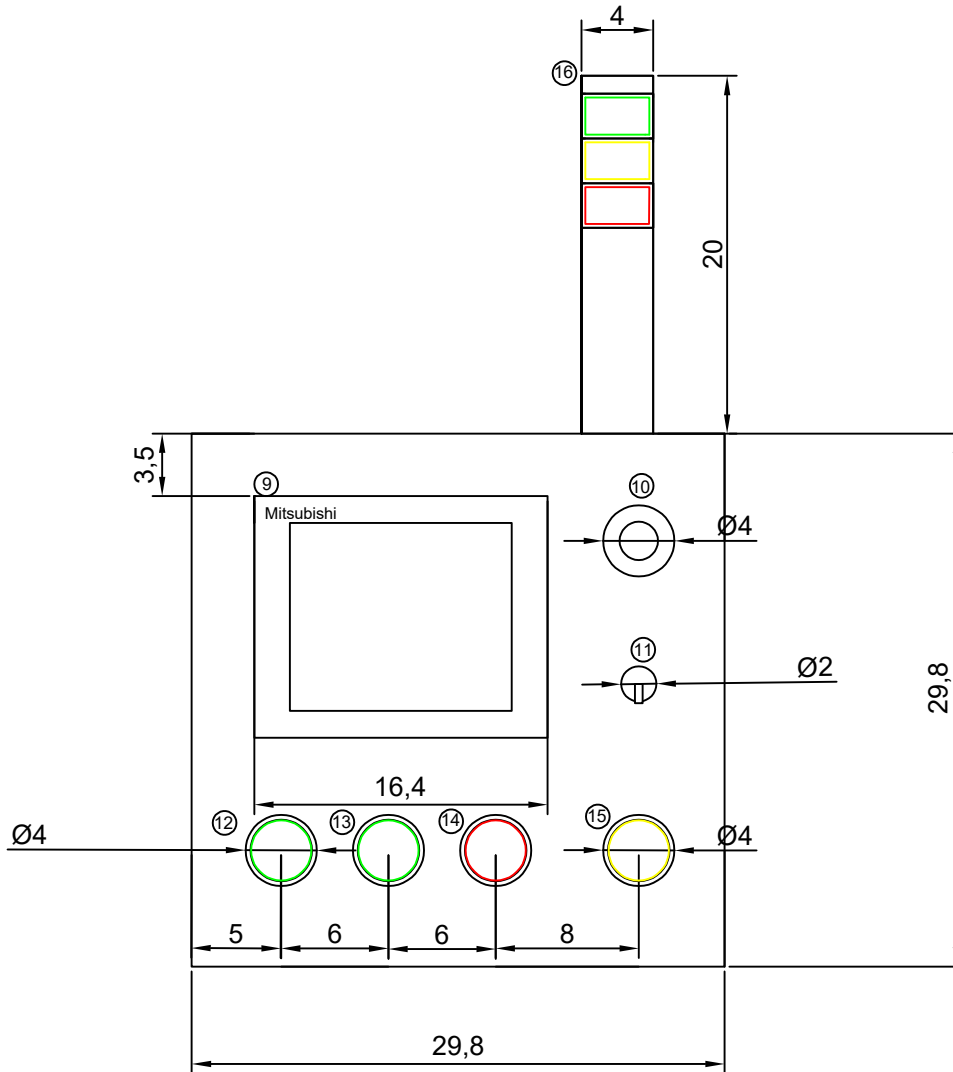
Fecha	Nombre	Escala
Dib. 14/6/2026	Caiza K- Paula L	
Rev. 07/7/2026	Ing. Paulina Fraije	
Aprob. 07/7/2026	Ing. Paulina Fraije	

Materiales: Unidades: N de plano: 05

Control cm

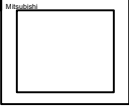






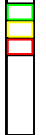
Denominación:

Listado de elementos del Gabinete de Control



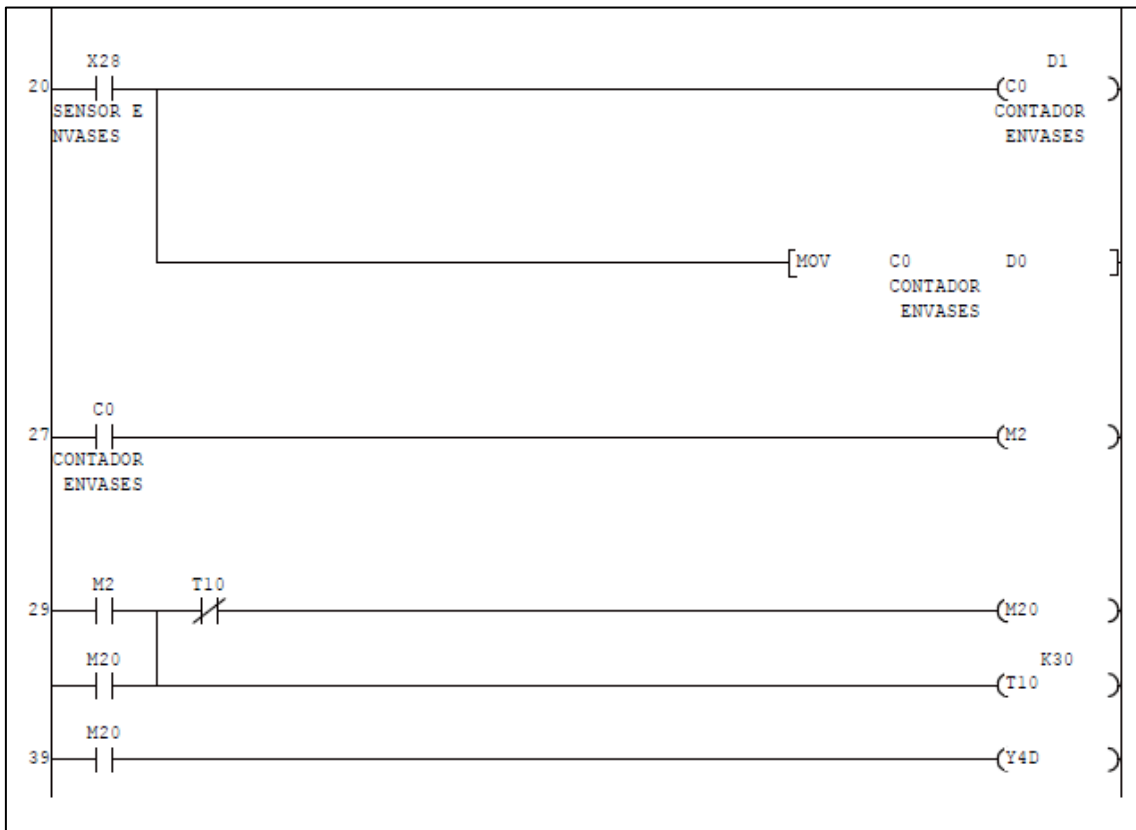
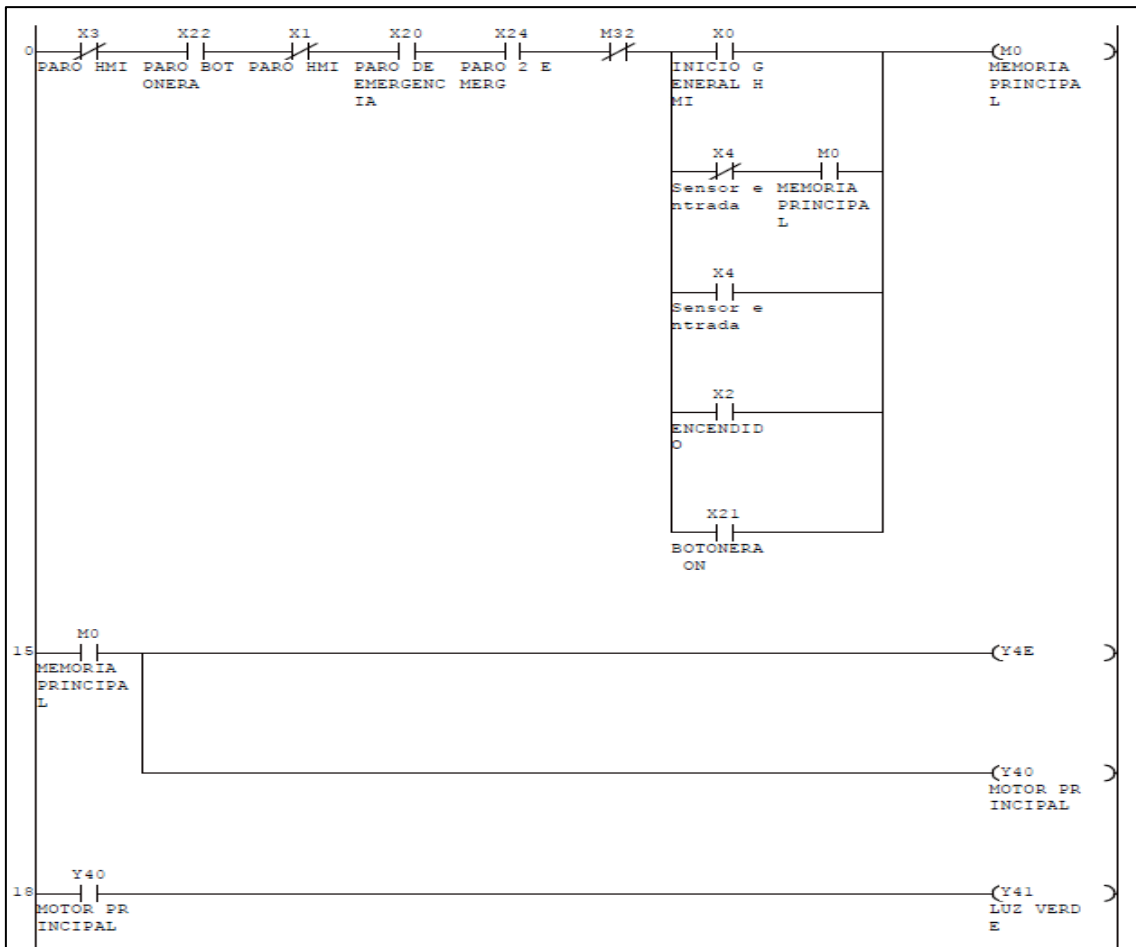
				Tolerancia	Peso	Materiales	
						Control	
				Dib.	Fecha	Nombre	Denominación
				Rev.	07/7/2025	Ing. Paulina Freire	Parte frontal gabinete de HMI
				Apro.	07/7/2025	Ing. Paulina Freire	
				 Ingeniería Electromecánica		Numero de dibujo	06
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Unidades: cm	
1		07/7/2025					

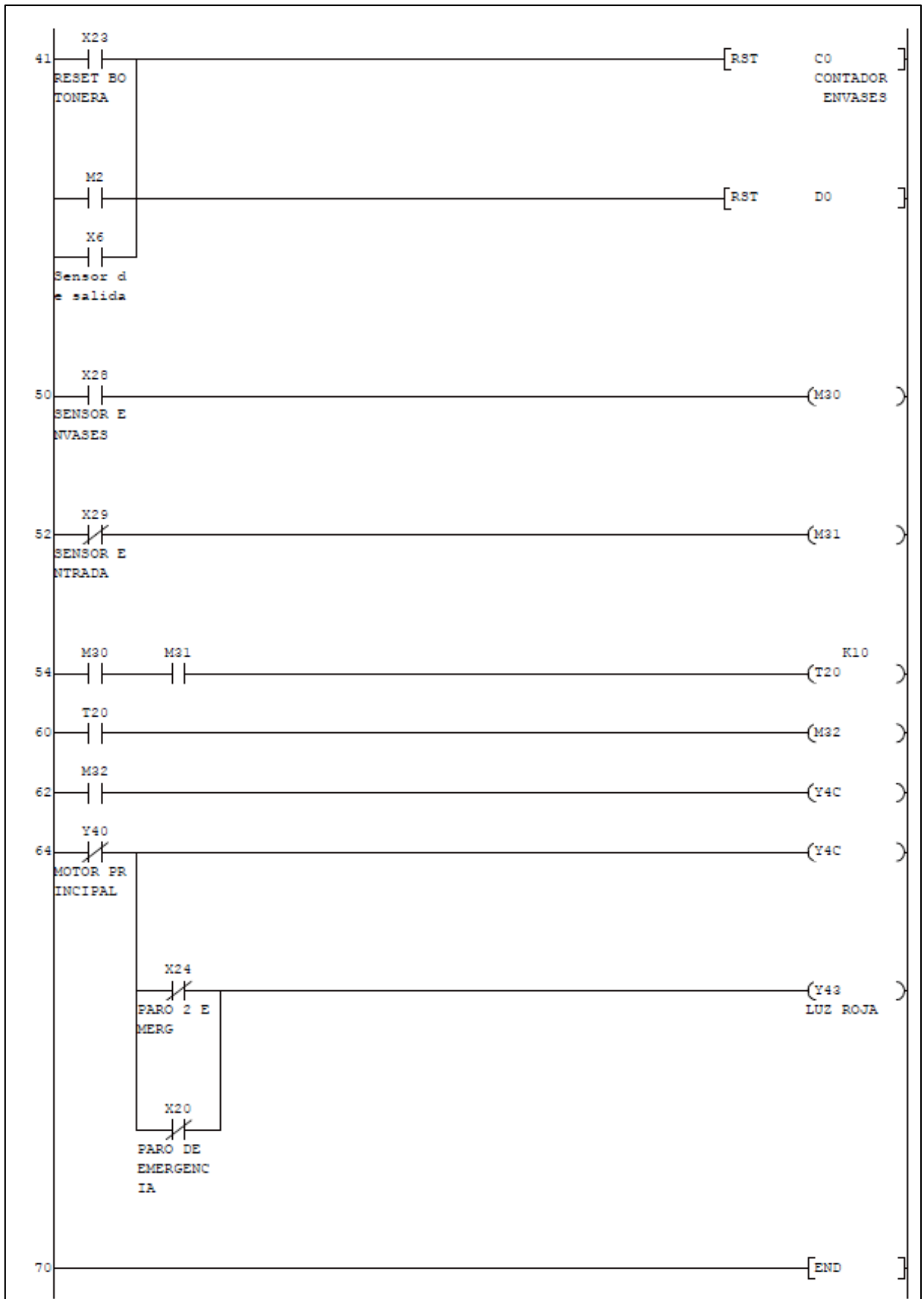
Lista de elementos de gabinete de HMI

UBICACIÓN	CANTIDAD	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
9	1		Pantalla HMI marca Mitsubishi modelo GOT 1000
10	1		Paro de emergencia
11	1		Potenciómetro de 1,4 k, para variar la velocidad del motor
12	1		Pulsador MASTER ON
13	1		Pulsador RUN
14	1		Pulsador STOP
15	1		Luz Piloto FALLA/ ERROR
16	1		Luz de advertencia de operatividad

				Tolerancia	Peso	Materiales	
						Control	
				Fecha	Nombre	Denominación Listado de elementos de gabinete de Control y HMI	Escala
				Div. 7/6/2025	Caiza - Paute		
				Rev. 07/7/2025	Ing. Paulina Freire		
				Apro. 07/7/2025	Ing. Paulina Freire		
				 Ingeniería Electromecánica		Numero de dibujo 07	Marca de registro
Edición 1	Modificación	Fecha 07/7/2025	Nombre			Unidades	

Anexo 7. PROGRAMACIÓN DEL PLC





**Anexo 8. TABLA DE DATOS DE
PRODUCCION DE BOTELLAS
POR TIEMPO Y CALCULO DE
VAN, TIR Y PR.**

Tabla 8-1. Análisis de producción de tapado de botellas en función de la frecuencia empleada.

N.º de prueba	Frecuencia Utilizada	Tiempo (segundo)	Botellas	Tiempo*botella (segundo)	Botella*minuto	Botella*hora de producción	Botella*8 horas (de un día de producción)	Botella*Semana de producción	Botella*Mes de producción	Botella*Año de producción	%Disminución de tiempo	%Aumento de producción
1	7	36,6	10	3,66	16	984	7869	39344	157377	1888525		
2	10	26,2	10	2,62	23	1374	10992	54962	219847	2638168	28,42	39,7
3	15	19,3	10	1,93	31	1865	14922	74611	298446	3581347	26,34	35,8
4	20	13,4	10	1,34	45	2687	21493	107463	429851	5158209	30,57	44,0
5	30	8,5	10	0,85	71	4235	33882	169412	677647	8131765	36,57	57,6
6	35	7,2	10	0,72	83	5000	40000	200000	800000	9600000	15,29	18,1

Cálculo del TIR y VAN						
Tapadora de botellas						
Costo de máquina	25000	Porcentaje	El valor de la repotenciación del tablero equivale al 5,25% de la inversión			
Inversión repotenciación	1387	5,25%				
Inversión total	26387	100%				
Tasa de interés	10,02 %					
Años	Mantenimiento y consumo de energía eléctrica	Tapado de botellas	FLUJO NETO	FLUJO NETO PROPORCIONAL	VALOR PRESENTE	FLUJO DESC. ACUMULADO.
0	-	-	-\$1.387	-\$1.387	-\$1.387	-
1	3940	8745	4805	698,86	695,54	695,54
2	3940	8745	4805	698,86	695,54	1391,08
3	3940	8745	4805	698,86	695,54	2086,62
4	3940	8745	4805	698,86	695,54	2782,16
5	3940	8745	4805	698,86	695,54	3477,7
6	3940	8745	4805	698,86	695,54	4173,24
7	3940	8745	4805	698,86	695,54	4868,78
8	3940	8745	4805	698,86	695,54	5564,32
9	3940	8745	4805	698,86	695,54	6259,86
10	3940	8745	4805	698,86	695,54	6955,4
					VAN	\$2.843,07
					TIR	49%
					PR	1,99
					mes	11
					día	29

Tabla 8-2. Cálculo del TIR y VAN

Para encontrar el TIR y VAN de la máquina se realizó el cálculo proporcional debido que el proyecto implementado en la propuesta tecnológica es para la repotenciación y no de toda la máquina.

Anexo 9. MANUAL DE USUARIO

MANUAL DE
USUARIO
TAPADORA DE
BOTELLAS
CAIZA KEVIN
PAUTE LUIS



CYA
Ingeniería
Electromecánica



Tabla de contenido

1. Calibración de altura del cabezal superior	2
2. Calibración del contador	3
3. Calibración del sensor reflectivo	3
4. Programación del variador	4
5. Encendido de equipos y encendido de motor (Principal)	5
6. Averías en la producción	6
6.1. Atascamiento de botellas	6
7. Averías en el tablero de control	7
7.1. Error en la programación PLC	7
7.2. Error en la programación del HMI	10
7.3. Conexión entre componentes	17

FUNCIONAMIENTO

Para poner en funcionamiento de manera correcta la maquina tapadora de botellas se debe seguir los siguientes pasos:

1. Calibración de altura del cabezal superior

- Tener en cuenta la medida de la botella a utilizar para, posteriormente calibrar el bloque de sujeción en su punto máximo de elevación.



Figura 1. Guía de cabezales.

- Cuando ya se encuentre calibrado la medida introduzca una botella en la parte inicial de la banda.
- Diríjase a la pantalla, posteriormente a modo manual y mantenga presionado el botón que aparece como prueba (Job).

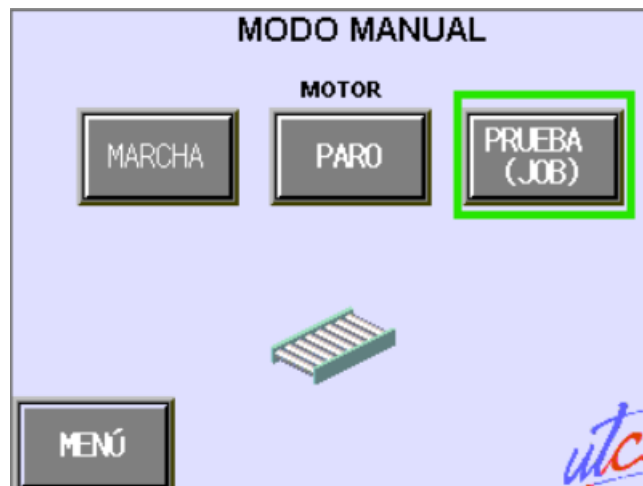


Figura 2. Submenú modo manual.

- Si es necesario calibrar realice de nuevo los pasos anterior caso contrario conserve las medidas.

2. Calibración del contador

El operador determina la cantidad de envases a tapar, al llegar al valor indicado se encenderá una sirena y una luz indicadora que avisara que la cantidad de envases ha sido tapada con éxito.



Figura 3. Ingreso de set point en el contador.

Para reiniciar el contador puede presionar el botón de la pantalla o de botón físico Reset en la botonera.

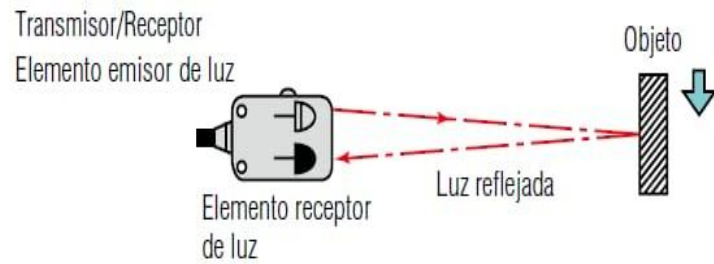


Figura 4. Botonera de control.

3. Calibración del sensor reflectivo

Se debe calibrar una sola vez para detectar el paso de las botellas mediante la interrupción de la luz receptora.

- Ubicar el sensor correctamente alineado con el espejo reflector.



- Mueva lentamente el indicador hacia la posición D (Delay), para que el sensor se active con el paso de las botellas.
- Mueva lentamente el indicador hacia la mitad de max-min ya que este indicador permite ajustar la sensibilidad y el tiempo encendido.



Figura 5. Sincronización de sensor reflectivo.

4. Programación del variador

- Para la programación del variador de frecuencia debemos tomar en cuenta la placa del motor que este empleado en la máquina.

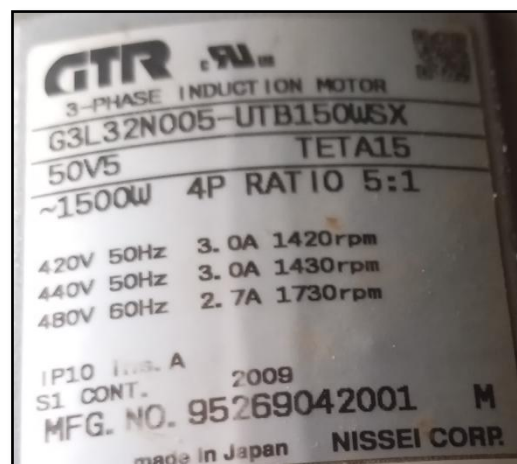


Figura 6. Placa del motor.

- Para la programación del variador, determinamos los siguientes parámetros.

Tabla 1. Parámetros para la programación del VFD.

Parámetro	Significado	Asignación
P0003	Ajuste de fabrica	30
P0010	Guía básica	1
P0100	Unidades de potencia y la frecuencia	Según la placa del motor
P0304	Tensión nominal del motor	Según la placa del motor
P0305	Corriente nominal del motor	Según la placa del motor
P0307	Potencia nominal del motor	Según la placa del motor
P0310	Frecuencia nominal del motor	Según la placa del motor
P0311	Velocidad del motor	Según la placa del motor
P0700	Fuente de ordenes	5: Potenciómetro
P1000	Fuente de consignas	2: Control analógico
P1080	Frecuencia mínima del motor.	5Hz
P1082	Frecuencia máxima del motor.	60Hz
P1120	Tiempo de aceleración del motor.	5 segundos
P1121	Tiempo de desaceleración del motor.	5 segundos
P3900	Puesta en servicio rápido	1.25

5. Encendido de equipos y encendido de motor (Principal)

En el gabinete secundario del tablero de control se encuentran dos pulsadores para encender secuencialmente la máquina.

- Presione el botón pulsador con la etiqueta Master On para encender (PLC-VFD-FUENTE 220-24V-HMI).



Figura 7. Botón de encendido general.

- Presione el botón pulsador con la etiqueta Run para encender el motor principal y dar inicio al proceso de tapado.



Figura 8. Botón de encendido.

6. Averías en la producción

La falla que se puede presentar entre la máquina y el proceso a realizar puede ser una causa:

- Atascamiento de botellas en la entrada al proceso de tapado.

6.1. Atascamiento de botellas

En caso de presentar esta falla el proceso se detendrá inmediatamente y se prenderán las luces indicadoras rojas (luz indicadora y luces en la pantalla), para dar a conocer de esta falla.



Figura 9. Luces indicadoras en la subpantalla del menú.

7. Averías en el tablero de control

Las fallas que se pueden presentar entre la máquina y el tablero pueden ser dos causas:

- Error en la programación del PLC
- Error en la programación del HMI
- Conexión entre componentes

7.1. Error en la programación PLC

En caso de presentar este error verifique la conexión entre PLC y Gx Developer

- Descargue e instale el programa Gx Developer.

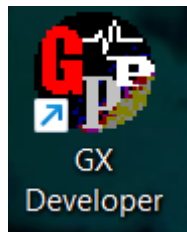


Figura 10. Icono del programa GX Developer.

- Encienda el PLC.



Figura 11. Encendido del PLC Mitsubishi Melsec.

- Conecte el cable RS-232.



Figura 12. Puerto RS-232.

- Abra el programa Gx Developer.

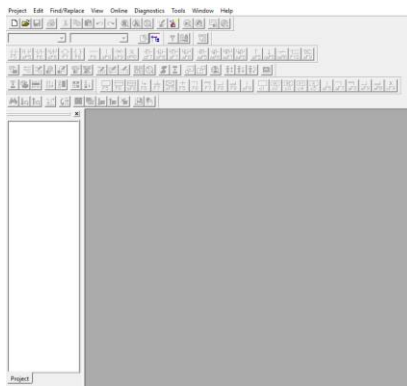


Figura 13. Ventana principal del programa GX Developer.

- Seleccione la opción online → transfer setup.

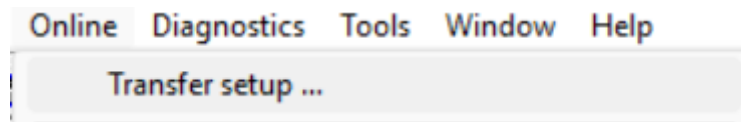


Figura 14. Barra de herramientas.

- En la pantalla que se despliega seleccione la opción Serial USB.

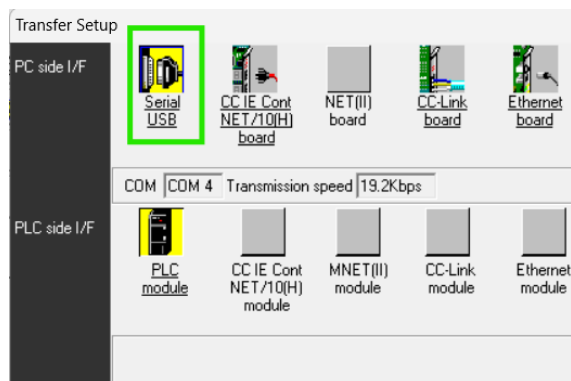


Figura 15. Conexión PLC-computadora.

- Seleccione la conexión RS-232C, el puerto COM a conectarse y presione aceptar.

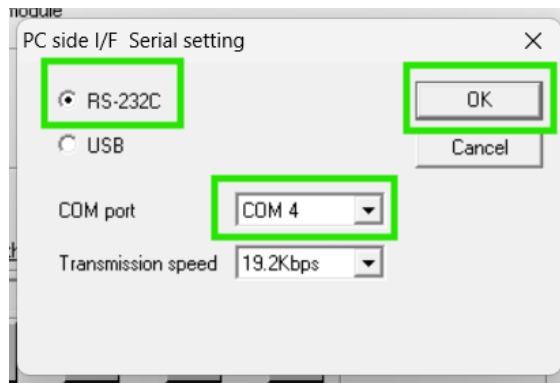


Figura 16. Conexión tipo RS-232Y puerto COM.

- Seleccione la opción Connection test y espere mientras se valida la conexión.
Nota: en caso de error en la comunicación <ES:018084b> revisar el cable no es compatible.

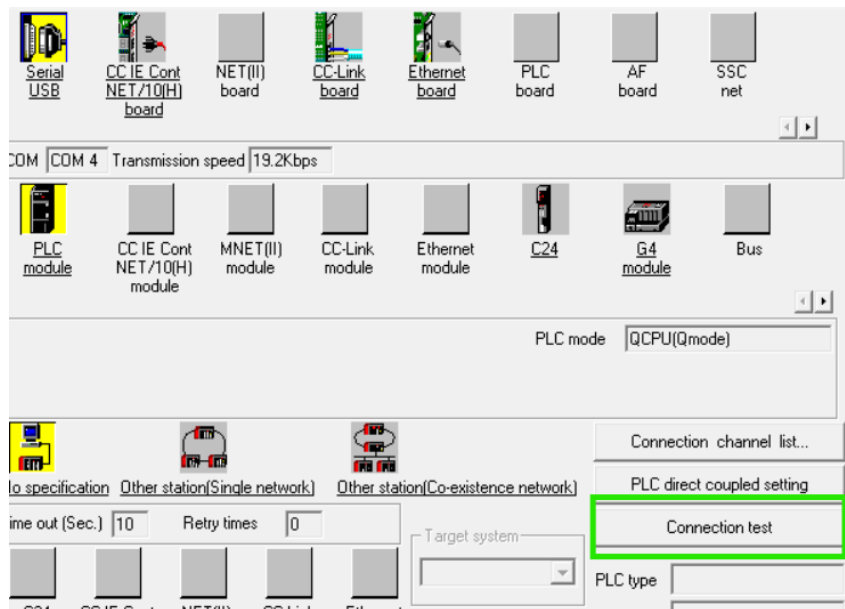


Figura 17. Test de conexión.

- Descargue el programa desde el PLC hasta el software.

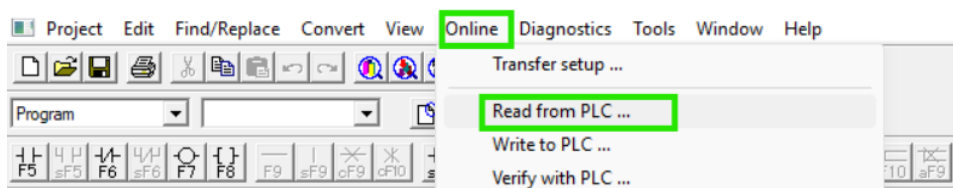


Figura 18. Opción de leer del PLC.

- Revise el funcionamiento del programa ejecútelo presionando el botón start or end ladder logic test.

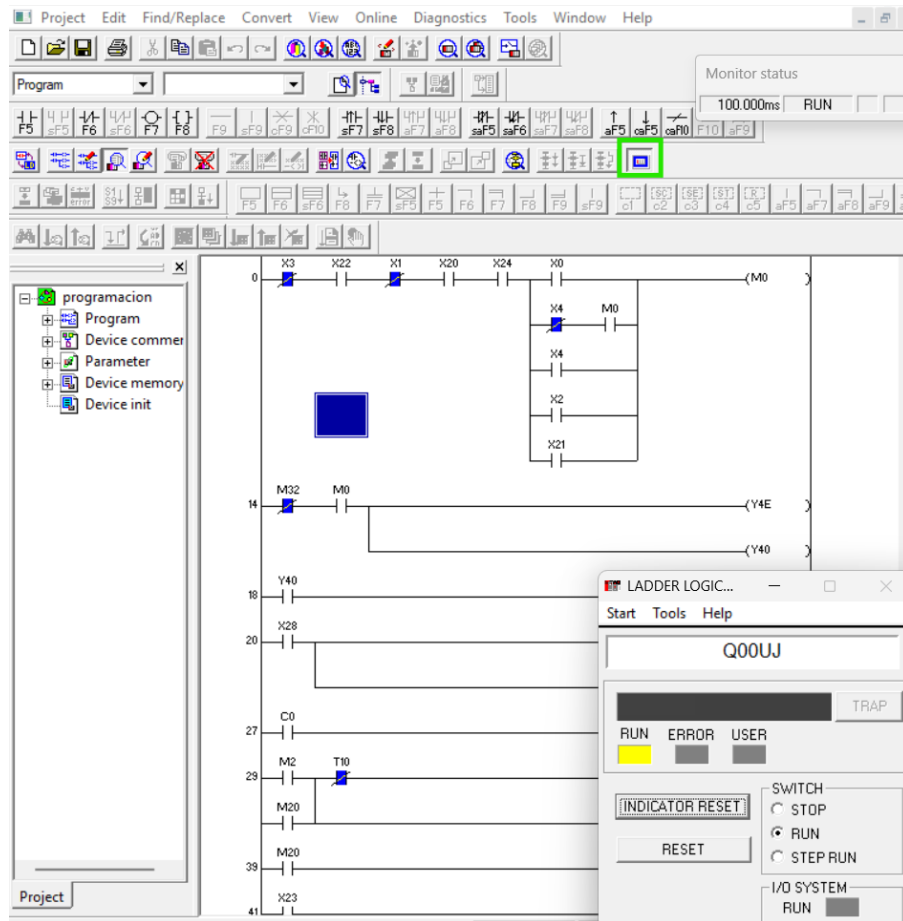


Figura 19. Iniciar o finalizar la prueba lógica ladder.

7.2. Error en la programación del HMI

En caso de presentar este error verifique que la conexión entre HMI Y PLC

- Verifique el cable de conexión RS-422 localizada en el módulo QJ71C24N

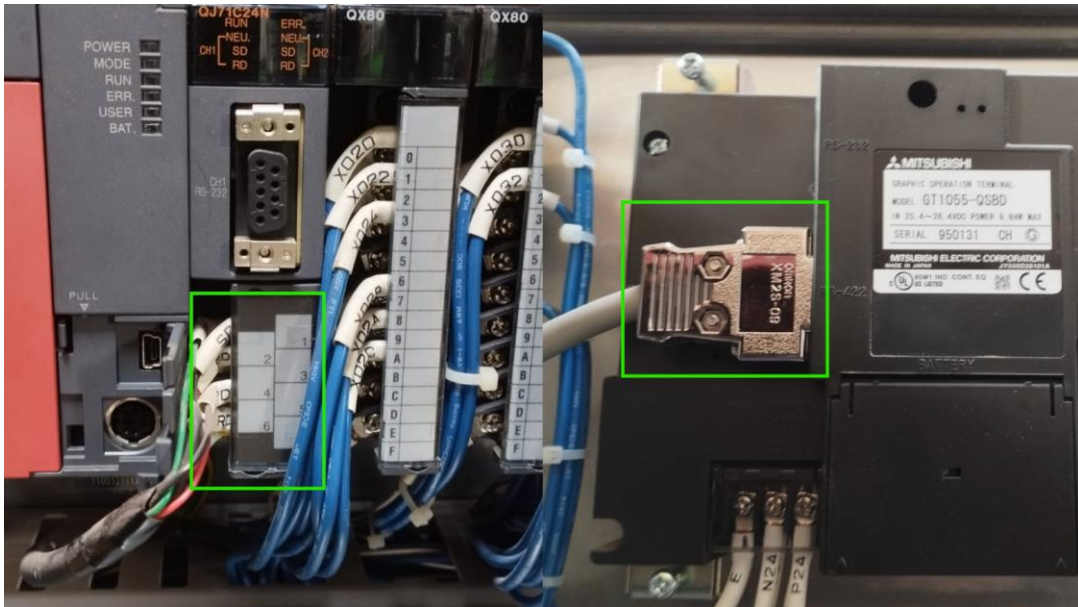


Figura 20. Conexión RS-422 PLC-HMI.

Posteriormente revise la conexión entre HMI y GT Designer.

- Descargue e instale EL PROGRAMA GT-Designer.



Figura 21. Icono del programa GT-Designer.

- Encienda la pantalla HMI.



Figura 22. Encendido del HMI.

- Conecte el cable USB.

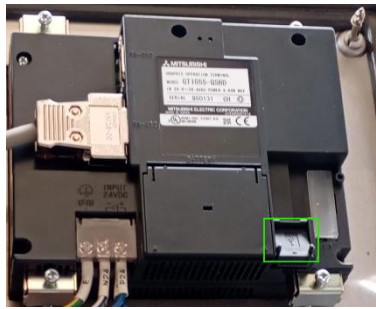


Figura 23. Puerto mini USB.

- Abra el programa GT-Designer.

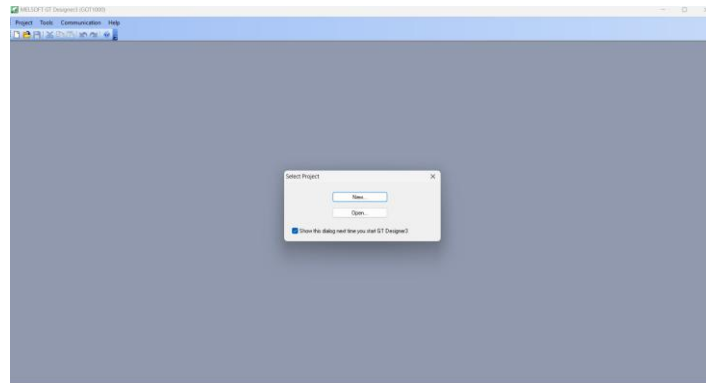


Figura 24. Pantalla principal del programa GT-Designer.

- Seleccione la opción new.



Figura 25. Ventana para seleccionar nuevo programa.

- Click en next

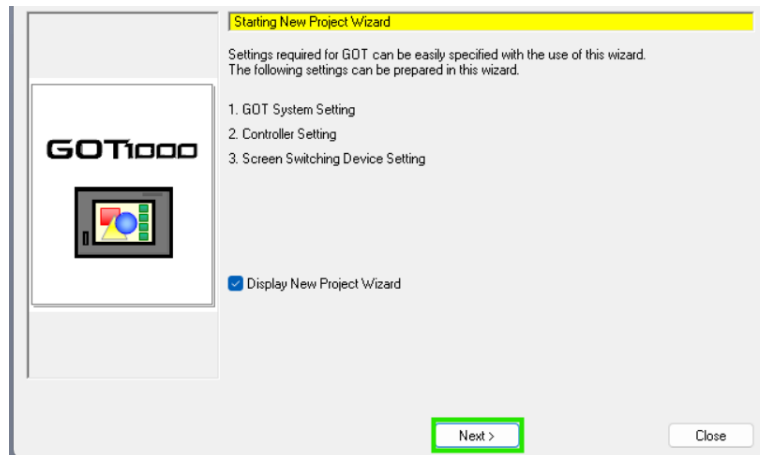


Figura 26. Ventana emergente para sincronizar el HMI.

- Seleccione la serie GOT1000, GOT Type Gt10**.*Q y la dirección horizontal.

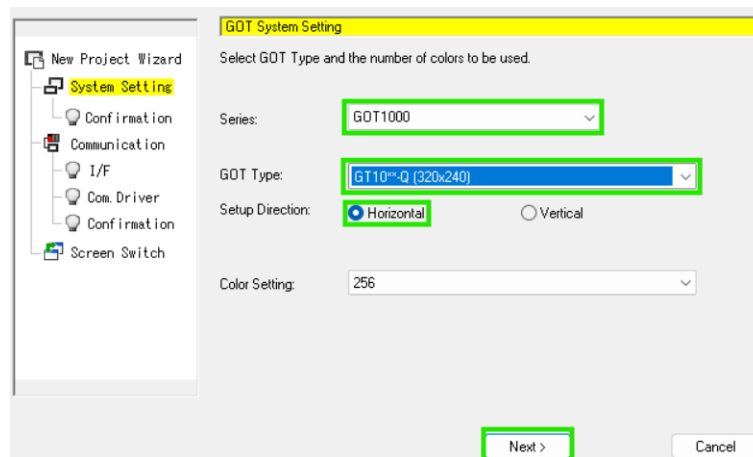


Figura 27. Ventana emergente para seleccionar serie y tipo del HMI.

- En el campo de comunicación seleccione el PLC a utilizar en el apartado de Manufacture → seleccione el tipo de controlador del PLC en este caso MELSEC-QnU/DC.

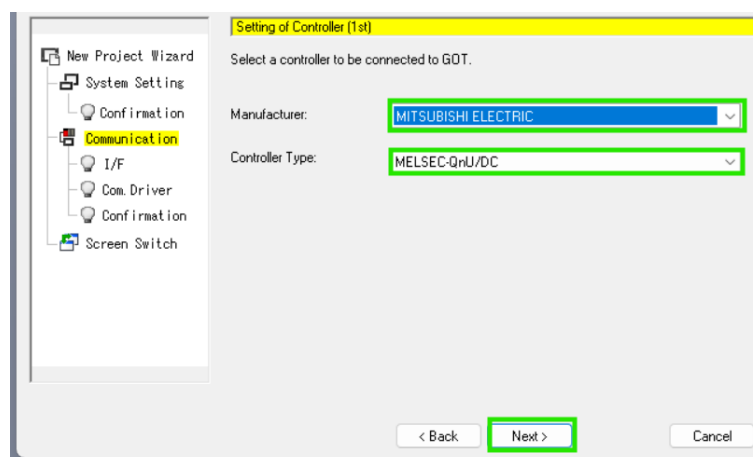


Figura 28. Ventana emergente para seleccionar el tipo de PLC.

- Seleccione el tipo la conexión de comunicación a utilizar en este caso Estándar RS-422

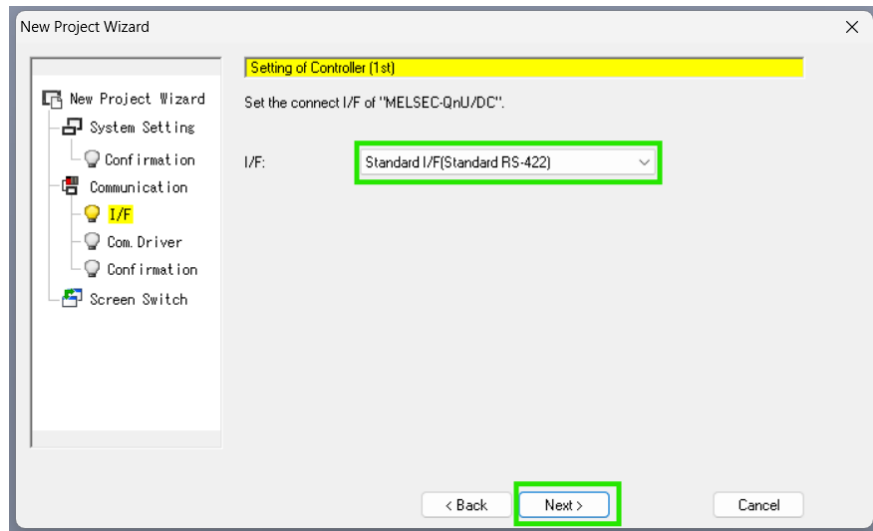


Figura 29. Ventana emergente para seleccionar el tipo de protocolo de comunicación a PLC-HMI.

- Seleccione los drives de comunicación serial MELSEC.

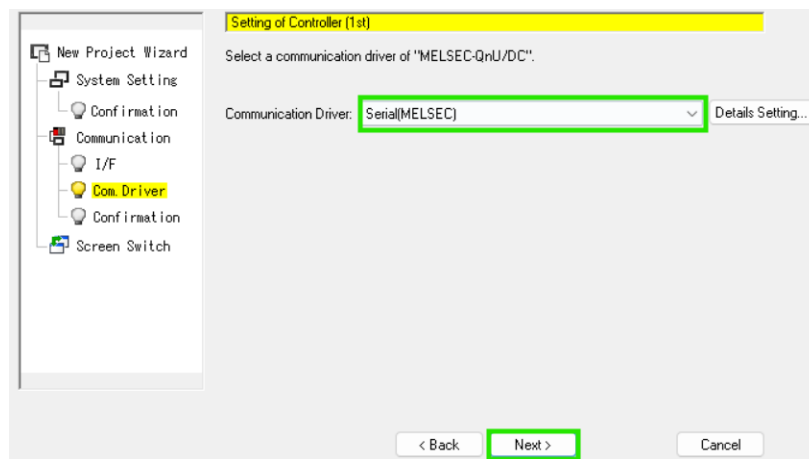


Figura 30. Ventana de emergencia para seleccionar el drive de comunicación.

- Seleccione finish.

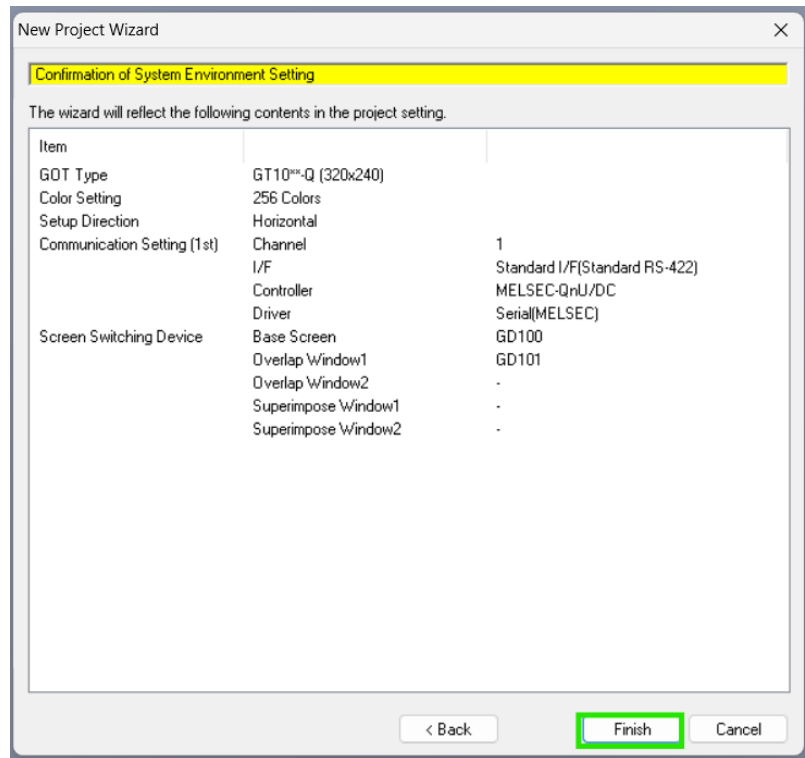


Figura 31. Ventana emergente de todos los parámetros seleccionados.

- En el menú de inicio seleccione communication → seleccione read from got.

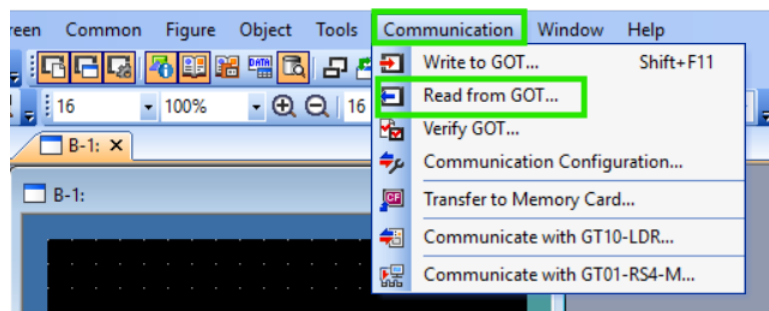


Figura 32. Barra de herramientas GT-Designer.

- En la pantalla desplegable seleccione la opción cable USB y dar click en ok.

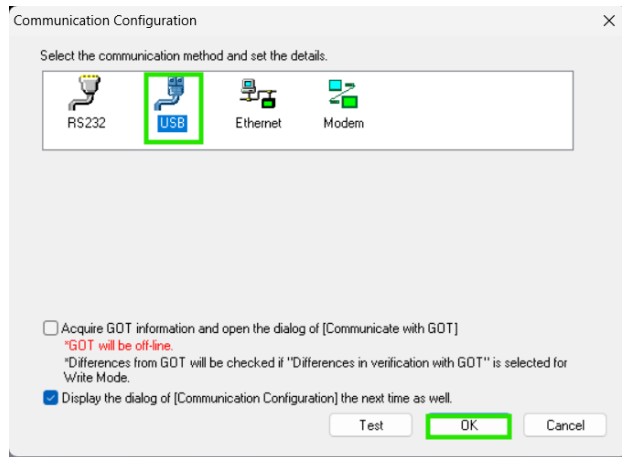


Figura 33. Ventana emergente de configuración de comunicación.

- En la pantalla desplegable seleccione la opción GOT Read y esperamos mientras se comunicada con la pantalla.

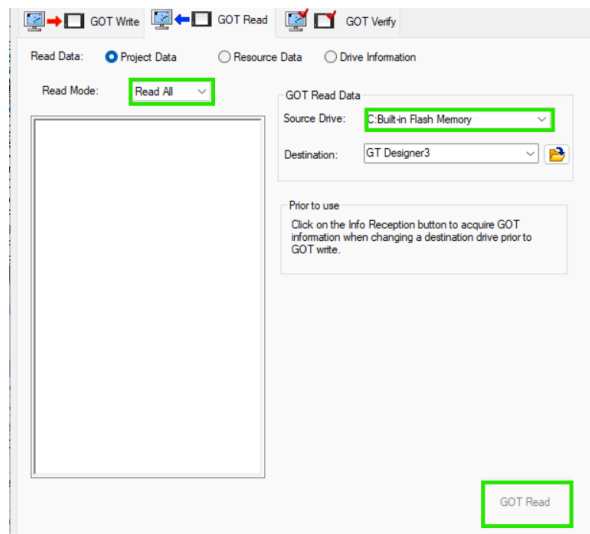


Figura 34. Ventana emergente configuración para leer la programación.

- Revise las constantes asignadas en los botones sean iguales a las programadas en el PLC por GX-Developer.

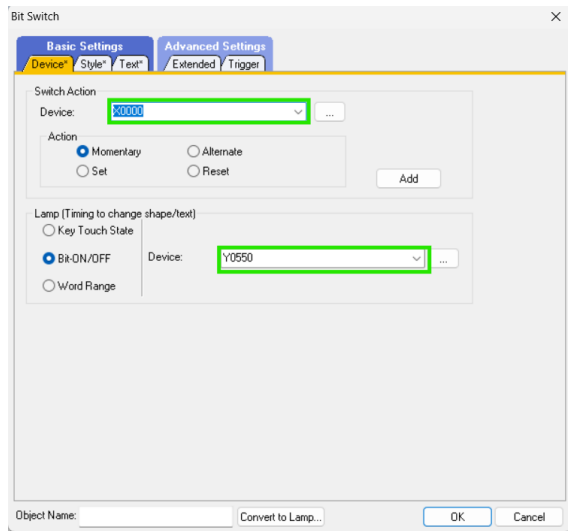


Figura 35. Ventana para asignar las entradas y salidas digitales a los botones de HMI.

- Revise el funcionamiento del programa ejecutando el programa de GX-Developer y posteriormente en GT-Designer3 Tools → Simulator → Activate.

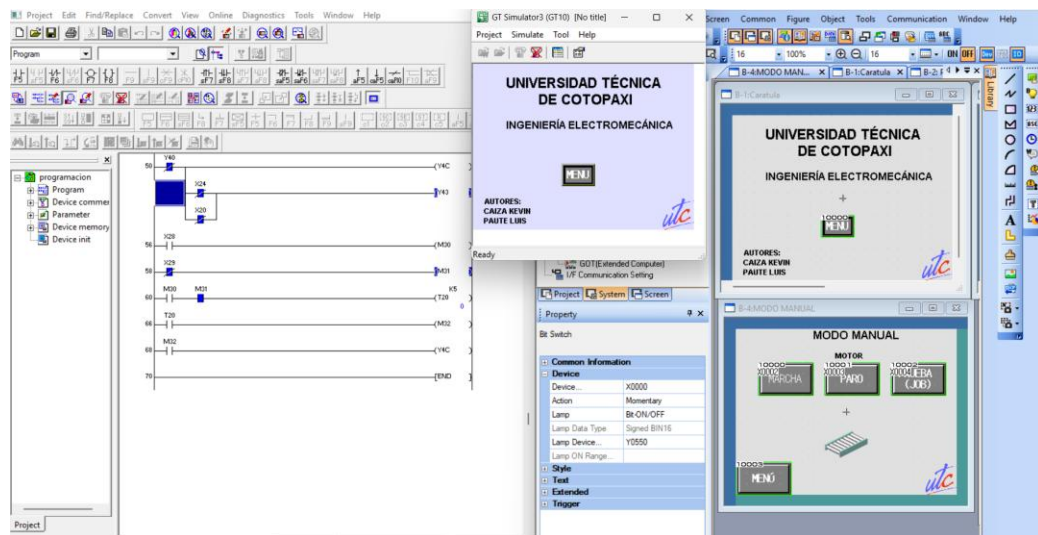


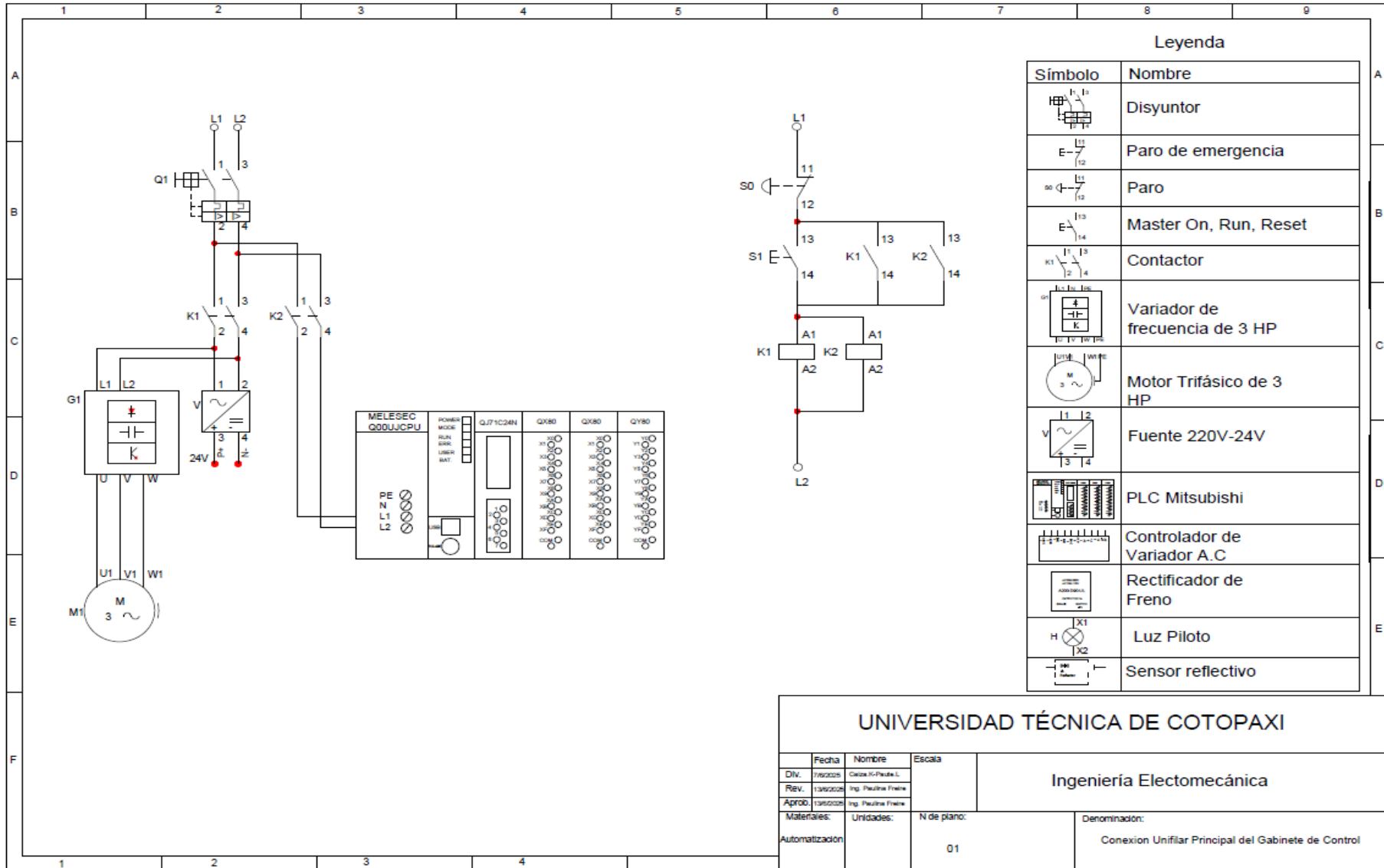
Figura 36. Prueba de botones y programación del PLC.

7.3. Conexión entre componentes

Para revisar las conexiones entre los componentes se presenta los siguientes planos para su guía.

- Plano principal encendido general de los componentes.
- Plano de control.

7.3.1 Plano Principal



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Fecha	Nombre	Escala
Div. 13/05/2025	Celso K-Pedraza	
Rev. 13/05/2025	Ing. Paulina Frías	
Aprob. 13/05/2025	Ing. Paulina Frías	

Ingeniería Electromecánica

Materiales:	Unidades:	N de plano:	Denominación:
Automatización		01	Conexion Unifilar Principal del Gabinete de Control

7.3.1. Plano de Control

