



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

Tema:

**AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA SELLADORA DE ENVASES DEL
PRODUCTO PROPOLIS EN LA EMPRESA NATURE'S GARDEN A CARGO
DE DMIT SOLUTIONS**

Trabajo de Titulación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a la
obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones

ÁREA: Física y Electrónica

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Sistemas de Control

AUTOR: Jennifer Pamela Morales Moposita

TUTOR: Ing. Ana Pamela Castro Martin Mg.

Ambato – Ecuador

agosto – 2021

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA SELLADORA DE ENVASES DEL PRODUCTO PROPOLIS EN LA EMPRESA NATURE'S GARDEN A CARGO DE DMIT SOLUTIONS, desarrollado bajo la Modalidad Proyecto de Investigación por la señorita Jennifer Pamela Morales Moposita, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, agosto 2021.

Ing. Ana Pamela Castro Martin Mg.
TUTORA

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: “AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA SELLADORA DE ENVASES DEL PRODUCTO PROPOLIS EN LA EMPRESA NATURE’S GARDEN A CARGO DE DMIT SOLUTIONS ” es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, agosto 2021.



Jennifer Pamela Morales Moposita

C.C. 180436644-9

AUTORA

APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por la señorita Jennifer Pamela Morales Moposita, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad de Proyecto de Investigación, titulado “AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA SELLADORA DE ENVASES DEL PRODUCTO PROPOLIS EN LA EMPRESA NATURE’S GARDEN A CARGO DE DMIT SOLUTIONS”, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidenta del Tribunal.

Ambato, agosto 2021.

Ing. Pilar Urrutia, Mg.

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

Ing. Edgar Freddy Robalino Peña, Mg.

PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Alexis Reinaldo Sánchez Miño, Mg.

PROFESOR CALIFICADOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, agosto 2021.



Jennifer Pamela Morales Moposita

C.C. 180436644-9

AUTORA

DEDICATORIA

A mi amada Familia por el apoyo incondicional, sacrificio y motivación durante toda mi vida universitaria. Mi querido Hijo eres la luz de mi vida, me impulsas a ser mejor cada día por ti he alcanzado este logro.

A mis amigos presentes y pasados quienes compartieron conmigo alegrías, tristeza.

Además, A mis queridos docentes que me compartieron sus conocimientos durante todo este largo camino.

Jennifer Pamela Morales Moposita

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme salud en estos momentos difíciles que atravesamos todos por la pandemia, permitiéndome seguir adelante y cumplir este logro.

A mis padres por el apoyo incondicional para seguir adelante con mis estudios y siendo un ejemplo para mi hijo porque con esfuerzo y dedicación las metas se cumplen.

A mi querido esposo por ser mi compañía, apoyándome para lograr vencer todos los obstáculos, tomando mi mano justo cuando más lo necesito. Inspirándome a lograr todo lo que me proponga.

A mis familiares por su apoyo y cariño eterno. Gracias por la confianza,

A los Docentes de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones quienes compartieron sus anécdotas, valores, conocimiento y ética para forjarme como profesional

A mis amigos que formaron parte de mi vida universitaria y la hicieron una experiencia memorable por su apoyo y sincera amistad.

A la empresa DMIT Solutions por su total colaboración y apoyo en el desarrollo de mi proyecto de titulación.

Jennifer Pamela Morales Moposita

ÍNDICE PAGINAS PRELIMINARES

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA	iii
APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE PAGINAS PRELIMINARES	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
RESUMEN EJECUTIVO	xx
ABSTRACT	xxi

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1.....	1
1.1 Tema de Investigación.....	1
1.2 Antecedentes Investigativos.....	1
1.2.1 Contextualización del Problema.....	1
1.2.2 Delimitación	3
1.3 Estado del Arte	3
1.4 Fundamentación Teórica	6
1.4.1 Descripción del Propóleo y su fabricación.....	6
1.4.2 Automatización.....	7
1.4.3 Sistemas de Control.....	11
1.4.4 Normativa Vigente	13
1.4.5 Descripción Tecnológica de la Automatización.....	15
1.4.6 Redes Industriales.....	18
1.4.7 Sensores.....	19
1.4.8 Actuadores.....	21
1.4.9 Tipos de Envasadoras y Selladoras/Taponadoras:	22
1.5 Objetivos.....	26
CAPÍTULO II.....	28
2.1 Materiales.....	28
2.2 Métodos	28
2.2.1 Modalidad de la Investigación.....	28
2.2.2 Recolección de Información.....	29
2.2.3 Procesamiento y Análisis de Datos	29
2.3 Desarrollo del proyecto	30
CAPÍTULO III.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
3.1 Análisis y discusión de los resultados	31
3.2 Desarrollo de la propuesta.....	31

3.2.1	Análisis del estado actual de la planta y el proceso de envasado del Producto Propolis	31
3.2.2	Análisis de los inconvenientes de la etapa de Sellado.....	34
3.2.3	Análisis del Sistema Automatizado de Sellado en base a la pirámide de la automatización.	34
3.2.4	Análisis de la línea selladora en base a las etapas de funcionamiento	36
3.2.5	Selección de hardware para la implementación del sistema	41
3.2.6	Elementos para sistema de control y monitoreo de la Línea Selladora.....	71
3.2.7	Elementos del Tablero Eléctrico de control de la línea selladora	77
3.2.8	Software de código abierto.....	85
3.2.9	Diseño de la línea selladora mediante SolidWorks2016 y sus componentes. 87	
3.2.10	Análisis de la automatización del sistema de control.....	91
3.2.11	Análisis de diseño del sistema de monitorización.....	100
3.2.12	Implementación del tablero eléctrico de control físico	116
3.2.13	Instalación de Conexiones eléctricas en la Estructura de la Línea Selladora 118	
3.2.14	Presupuesto.....	124
3.2.15	Pruebas de funcionamiento.....	127
3.2.16	Análisis de la eficiencia productiva en disponibilidad, rendimiento, calidad (OEE) de la línea selladora	135
	CAPÍTULO IV	138
4.1	Conclusiones.....	138
4.2	Recomendaciones.....	140
	BIBLIOGRAFÍA.....	141
	ANEXOS	146
Anexo1	Las dimensiones del PLC, Distribuciones Físicas (entradas, salidas), Especificaciones Eléctricas y Técnicas.....	146
Anexo2	Las dimensiones de la HMI Kinco Serie Green, Especificaciones Eléctricas y Técnicas.....	147
Anexo 3	Hoja técnica del sensor BM-200DDT.....	150
Anexo 4:	Especificaciones Técnicas del Sensor Inductivo PRD18-14DN	151
Anexo 5:	Especificaciones Técnicas de la Fuente de poder PS-2405	152
Anexo 6	Tabla de referencias entre caudales y potencias de compresores.....	153
Anexo 7	Configuración de Pulsos en el PLC serie XD3	154

Anexo 8	Plano principal exportado desde SoliWords2016 Electrical.....	156
Anexo 9	Plano de conexiones de todos los elementos que engloban la automatización de la línea selladora.....	157
Anexo 10	Plano de conexión entre el PLC y todos los elementos de entrada paro de emergencia, Start, Stop, Reset , Sensor Fotoeléctrico, Sensor Inductivo	158
Anexo 11	Plano de Conexiones entre el PLC y todas las salidas , el motor paso ha paso, motor neumatico enroscador, piston sujetador, pistón sellador, Banda transportadora por el motorreductr DC.....	159
Anexo 12	Plano Eléctrico de las conexiones de las electroválvulas y el arranque de la banda transportadora.....	160
Anexo 13	Planos de conexión del suministro de aire comprimido, la unidad de mantenimiento, y actuadores neumáticos, dos cilindros de doble efecto y el motor neumático.....	161
Anexo 14	Plano de conexión entre PLC - HMI y fuente de alimentación de la HMI	162
Anexo 15	Plano de conexión entre el PLC, Driver y motor paso a paso.....	163
Anexo 16	Plano en 2D del montaje del Tablero Eléctrico para la línea selladora...	164
Anexo 17	Código de programación del PLC Xinje XD3-16RTE en el Software Xinje PLC Program Tool.....	165

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de elaboración del propóleo líquido y extracto blando	7
Figura 2. Pirámide de la Automatización.....	9
Figura 3. Sistema de Control.....	12
Figura 4. Diagrama de bloques de un control de lazo abierto.....	12
Figura 5. Control de Lazo Cerrado	13
Figura 6. Pantalla HMI-Kinco [23].....	16
Figura 7. Simbología de los cilindro de neumáticos.[4]	22
Figura 8. Envasadoras Automáticas[26]	22
Figura 9. Envasadoras Semi-Automáticas[26].....	23
Figura 10. Máquina Taponadora de botellas[21]	23
Figura 11. Tapadoras Automáticas[26].....	24
Figura 12. Sistema de Roscado[21]	25
Figura 13. Ubicación de Nature's Garden	32
Figura 14. Estado actual del Proceso	32
Figura 15. La dosificadora	33
Figura 16. Análisis de Esquema General del Sistema.....	35
Figura 17. Descripción de las partes de la Línea Selladora	37
Figura 18. Partes del Sellado de botellas	38
Figura 19. Partes de Salida de botellas.....	39
Figura 20. Representación gráfica de Modbus.....	40
Figura 21. Sensor BM200-DDT.....	44
Figura 22 Área de Detección BM200-DDT.....	45
Figura 23. Motor paso a paso de dos fases XINJE	52
Figura 24. Driver Kinco 2CM880.....	52

Figura 25. Sensor Inductivo Autonics.....	55
Figura 26. Electroválvulas neumáticas 5/2	57
Figura 27. Cilindro ISO 15552.....	60
Figura 28. Cilindro de Doble efecto ISO 6432 - Acero Inoxidable.....	61
Figura 29. Motor neumático de aletas.....	63
Figura 30. Motor Eléctrico CC 12V.....	66
Figura 31. Compresor de aire.....	70
Figura 32. Unidad de Mantenimiento neumático.....	71
Figura 33. Presentación del logo XINJE Serie XD.....	73
Figura 34. PLC XINJE Serie XD3.....	73
Figura 35. Logo Kinco	76
Figura 36. Pantalla Táctil HMI KINCO GL070E.....	76
Figura 37. Gabinete de Servicio Pesado IP64.....	79
Figura 38. Pulsador Tipo Hongo 22mm CNC	80
Figura 39. Pulsador Metálico con luz 22mm	80
Figura 40 Fuente de Poder Kinco PS-2405.....	82
Figura 41. Breaker 1 Polo EBASEE	83
Figura 42. Relés LY2	84
Figura 43. XDP-Pro V3.5.1.....	85
Figura 44. Interfaz del Programa XDP-Pro.....	85
Figura 45. KINCO DTools.....	86
Figura 46. Interfaz de Software Kinco DTools	86
Figura 47. Diseño de PLC XD3-16RT-E.....	87
Figura 48. Diseño de la pantalla HMI, el driver del motor y la fuente de poder PS-2405.....	88
Figura 49. Diseño de Tablero Eléctrico en el interior	88

Figura 50. Diseño de Tablero Eléctrico en el exterior	89
Figura 51. Diseño de la estructura metálica y ubicación de sensores, actuadores	89
Figura 52. Diseño de la Línea Selladora en 3D	90
Figura 53. Plano de todas las conexiones entre sensores, actuadores, pantalla HMI de la Línea Selladora.....	91
Figura 54. Flujograma del Proceso	93
Figura 55. Plano Eléctrico de conexión entre PLC y Entradas	95
Figura 56. Plano Eléctrico de conexión entre PLC y salidas	96
Figura 57. Control de inicio y parada del sistema.....	96
Figura 58 Plano Conexión de la Banda Transportadora mediante motorreductor DC	97
Figura 59 Control Motor paso a paso.....	97
Figura 60. Plano de Conexión entre PLC y Driver del motor paso a paso	98
Figura 61. Configuración de Salida Pulsos	99
Figura 62. Control electroválvulas actuadores neumáticos.....	99
Figura 63. Plano de conexión del suministro de aire comprimido y sus pre-actuadores y actuadores neumáticos	99
Figura 64. Conteo de Botellas.....	100
Figura 65 Esquema de Jerarquía de la Pantalla HMI.....	102
Figura 66 Conexión HMI-PLC en software KincoDToolsV3.5.1	103
Figura 67 Plano de conexión entre PLC - HMI Modbus	103
Figura 68. Parámetros de comunicación entre PLC-HMI.....	104
Figura 69. Arranque de la HMI.....	106
Figura 70. Figura de la HMI Pantalla de inicio.....	107
Figura 71. a) Pop up de ingreso de usuarios, b) HMI de aviso acceso completado c) HMI aviso de acceso denegado d) Error de ingreso de usuario.....	108
Figura 72. Pantalla con menú.....	109

Figura 73. a) Puesta en marcha del sistema b) Activación de la banda de ingreso y salida de botellas	110
Figura 74. Activación de las partes del proceso actuadores y sensores	111
Figura 75. Pantalla con para en marcha de la máquina.....	112
Figura 76. Pantalla con reseteo de la máquina.....	112
Figura 77. a) Pop up grafica botella por minuto b) Pop up grafica botella por hora c) Pop up grafica botella por jornada	113
Figura 78. Pop Up de parámetros calculados del tamaño de lote de botellas	114
Figura 79. Ventana emergente de avisos y alarmas	114
Figura 80. Eventos de la selladora	115
Figura 81. Pantalla de control de usuarios	115
Figura 82. Tablero Eléctrico de Control	116
Figura 83. Parte Frontal del tablero eléctrico.....	117
Figura 84. Conexiones de todos los cableados en el tablero eléctrico.....	118
Figura 85. Mesa Rotativa	119
Figura 86. Caja Secundaria	119
Figura 87. Banda Transportadora.....	120
Figura 88. Partes de la Mesa Rotativa.....	121
Figura 89. Partes de la Caja secundaria	122
Figura 90. Partes de la Banda Transportadora	123
Figura 91. Línea Selladora	124
Figura 92. Control de Inicio y parada del Sistema.....	127
Figura 93. Sistema de On/Off	128
Figura 94. Banda de Salida del Sistema.....	128
Figura 95. Activación física de la banda transportadora de salida.....	129
Figura 96. Sensor óptico ingreso de botellas para motor	129

Figura 97. Activación del Sensor Fotoeléctrico en el ingreso de botellas	130
Figura 98. Control de electroválvulas con el sensor óptico	130
Figura 99. Activación de electroválvulas y sensor inductivo	131
Figura 100. Inicio de sección de conteo de botellas on-line	131
Figura 101. Control electroválvulas cilindros neumáticos.....	132
Figura 102. Activación de Motor enroscador y cilindro sujetador de botellas	133
Figura 103. Configuración de parámetros de la salida de pulsos multi - sección para el motor paso a paso.....	134
Figura 104. Programación motor paso a paso	134
Figura 105. Activación física del motor paso a paso en el proceso de sellado	135
Figura 106. Dimensión de PLC XD3 (mm).....	146
Figura 107 Entradas y Salidas XD3	146
Figura 108. Especificaciones Eléctricas y Técnicas XD3.....	147
Figura 109. Dimensiones HMI Kinco.....	148
Figura 110 Especificaciones eléctricas y técnicas HMI Kinco.....	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción y equipos de cada nivel de la pirámide de la automatización[17]	11
Tabla 2. Normas e Instituciones para el desarrollo de la automatización[20]	14
Tabla 3. Normas en los sistemas de control.[20]	14
Tabla 4 Lenguajes de Programación	16
Tabla 5. Redes Industriales y sus características[19], [23]	19
Tabla 6. Clasificación de Sensores.....	20
Tabla 7. Inconvenientes en el proceso	34
Tabla 8. Comparación de Sensores de Proximidad.....	42
Tabla 9. Requerimientos mínimos para la selección del sensor detector de botellas	42
Tabla 10. Comparativa de Sensores Fotoeléctricos	43
Tabla 11. Especificaciones Principales del Sensor BM-200-DDT	44
Tabla 12. Análisis entre motores eléctricos	47
Tabla 13. Datos de cálculo de torque mínimo para motor paso a paso.....	47
Tabla 14. Comparativa de motores paso a paso	51
Tabla 15. Especificaciones Técnicas de motor paso a paso.....	52
Tabla 16. Características del Driver Stepp-Motor	53
Tabla 17. Requerimientos mínimos Sensor Inductivo	54
Tabla 18. Comparación de Sensores Inductivos	54
Tabla 19. Características Sensor Inductivo.....	56
Tabla 20. Comparación de Electroválvulas neumáticas	57
Tabla 21. Características de Electroválvula neumática 5/2	59
Tabla 22. Comparación cilindro de doble efecto	59
Tabla 23. características de cilindro de doble efecto	60
Tabla 24. Comparación de cilindro de doble efecto redondo	61

Tabla 25. Características de Cilindro de doble efecto redondo	62
Tabla 26. Comparación de motores Neumáticos	62
Tabla 27. Características del Motor neumático.....	63
Tabla 28. Comparación de motores reductores DC	66
Tabla 29. Características del Motor Reductor DC	67
Tabla 30. Parámetros de presión	67
Tabla 31. Datos cilindro Doble Efecto vertical.....	68
Tabla 32. Datos cilindro Doble Efecto sujetador	68
Tabla 33. Características Compresor de aire.....	70
Tabla 34. Características de la Unidad de Mantenimiento	71
Tabla 35. Descripción de PLC	72
Tabla 36. especificaciones generales del PLC XINJE XD3-16RT-E.....	74
Tabla 37. Comparación de HMI.....	75
Tabla 38. Características de HMI Kinco.....	77
Tabla 39. Comparación Gabinetes de Pared	78
Tabla 40. Características del Gabinete de Servicio.....	79
Tabla 41. Características pulsador tipo hongo	80
Tabla 42. Características de pulsadores metálicos con luces.....	80
Tabla 43. Comparación de Fuentes de poder de gabinete.....	81
Tabla 44. Características de la Fuente de poder Kinco.....	82
Tabla 45. Características Breaker 1 polo	84
Tabla 46. Características de relés.....	84
Tabla 47. Nomenclatura del PLC.....	92
Tabla 48. Dirección Física y conexión de las entradas del PLC.....	94
Tabla 49. Variables de salidas del PLC	95
Tabla 50. Descripción de componentes de HMI.....	105

Tabla 51. Atributos en la Pantallas de inicio.....	106
Tabla 52. Atributos del Ingreso de Usuarios.....	107
Tabla 53. Atributos del menú de pantallas.....	109
Tabla 54. Atributos de la pantalla de control Selladora.....	110
Tabla 55. Materiales y dimensiones de la mesa rotativa.....	119
Tabla 56. Material y dimensines de la caja secundaria.....	119
Tabla 57. Material de la Banda Transportadora.....	120
Tabla 58 Presupuesto de los materiales de la automatización de la Línea selladora	126
Tabla 59 Presupuesto final de la línea selladora	127
Tabla 60. Datos de producción etapa dosificadora	136
Tabla 61. Datos de producción de la línea selladora.....	136

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto diseña e implementa un sistema automatizado para el proceso de sellado de envases con propolis, el sistema se desarrolló debido a la alta demanda del producto en el mercado local por la pandemia del COVID-19 y el ineficiente método de elaboración. El objetivo del sistema es mejorar la calidad del producto, reducir tiempos de producción y mejorar el ambiente laboral del operador.

El sistema automatizado está conformado por tres niveles acorde a la pirámide de la automatización que son: equipos de campo, equipos de control y equipos de supervisión. Entre los equipos de campo se tiene el sensor fotoeléctrico para la detección de las botellas de ingreso, el sensor inductivo para la calibración y corrección de desfase del motor a pasos de la mesa rotativa, las electroválvulas 5/2 vías como preactuadores neumáticos, el uso de cilindros de doble efecto para sujeción y bajada del motor neumático, además del motor a pasos de la mesa rotativa y el motor DC de la banda transportadora.

El controlador Lógico Programable (PLC) Xinje XD3-16RTE es el equipo principal del nivel de control de procesos ya que es el encargado de procesar las variables de entrada tanto de los sensores, equipos de maniobra para tomar decisiones y generar condiciones para la activación de sus salidas que son conectados a los preactuadores que transportan el trabajo a los actuadores del sistema. El controlador cumple con la función de enviar y recibir información al sistema de supervisión este intercambio de datos se realiza mediante el protocolo MODBUS-RTU utilizando la interfaz de conexión RS-232. La Interfaz Hombre maquina (HMI) Kinco GL070E es el elemento fundamental del sistema de supervisión, facilita el monitoreo y control en tiempo real de la máquina de forma entendible y ergonómica para que el usuario.

La implementación del sistema automatizado sellador de botellas reduce la contaminación por contacto humano del producto, facilita el trabajo de los operadores, eleva la calidad del producto aumentando la producción por jornada aprovechando al máximo los recursos de la planta.

Palabras Clave: Automatización, selladora, propolis, control, supervisión.

ABSTRACT

This project designs and implements an automated system for the sealing process of the propolis product containers, the system was developed due to the high demand in the local market due to the COVID-19 pandemic and the inefficient production method. The objective of the system is to improve product quality, reduce production times and improve the operator's work environment.

The automated system is made up of three levels according to the automation pyramid, which are: field equipment, control equipment and supervision equipment. Among the field equipment there is the photoelectric sensor for the detection of the inlet bottles, the inductive sensor for the calibration and correction of the stepper motor of the rotary table, the 5/2-way solenoid valves as pneumatic pre-actuators, the use of double effect cylinders for clamping and lowering the pneumatic motor, in addition to the stepper motor of the rotary table and the DC motor of the conveyor belt.

The Xinje XD3-16RTE Programmable Logic controller (PLC) is the main unit of the process control level since it is in charge of processing the input variables of both sensors, maneuvering equipment to make decisions and generate conditions for the activation of its outputs that are connected to the pre-actuators that transport the work to the actuators of the system. The controller fulfills the function of sending and receiving information to the supervision system. This data exchange is carried out through the MODBUS-RTU protocol using the RS-232 connection interface. The Kinco GL070E Human Machine Interface (HMI) is the fundamental element of the supervision system, it facilitates the monitoring and control in real time of the machine in an understandable and ergonomic way for the user.

The implementation of the automated bottle sealing system reduces the contamination by human contact of the product, facilitates the work of the operators, increases the quality of the product, increases the production per day, making the most of the plant's resources.

Keywords: Automation, sealing machine, propolis, control, supervision.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de Investigación

AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA SELLADORA DE ENVASES DEL PRODUCTO PROPOLIS EN LA EMPRESA NATURE'S GARDEN A CARGO DE DMIT SOLUTIONS

1.2 Antecedentes Investigativos

1.2.1 Contextualización del Problema

Los productos naturales de uso medicinal han incrementado su demanda en el mercado, una de las principales causas es el interés de la población por consumir productos de origen natural que fortalezcan su organismo y apoyen el cuidado de la salud. Entre las marcas de productos naturales mejores posicionadas en el mercado local están: Dulcamare, Nature's Garden y Herbalife. Las plantas de producción para la elaboración de productos naturales están en constante crecimiento, el cual ha sido acelerado debido a la pandemia ante el COVID-19. En el primer trimestre de la pandemia las ventas de productos naturales crecieron hasta en un 40% [1]. Las empresas de este rubro tienen por delante el desafío de satisfacer la demanda del mercado y asegurar la calidad de sus productos.

Frente al incremento de la demanda del producto por parte del consumidor y el acelerado crecimiento de las plantas de producción, la elaboración de los productos naturales ha ido evolucionando. Inicialmente el uso de métodos artesanales estaba ocupando la mayoría de los procesos de elaboración de productos naturales. Actualmente, las empresas migran a métodos de elaboración industrializados que permitan aumentar la producción sin comprometer la calidad de los productos.

La institución encargada de vigilar la calidad de los productos de consumo humano en el Ecuador es la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA). La ARCSA en su apartado de Fabricación Productos Naturales Procesados de Uso Medicinal en Laboratorios bajo la modalidad de campaña señala la obligatoriedad de cumplir varios registros de validación de los procesos de elaboración del producto con verificaciones continua de calidad y sanidad. [2]

Una verificación continua implica la implementación de procesos de elaboración automatizados con el uso de sistemas autómatas, máquinas automáticas o la integración de dispositivos programables[3]. Actualmente la automatización está presente en diversos procesos productivos de la industria para solucionar las necesidades que surgen de la alta competitividad en el mercado[4]. Su desarrollo se da por tecnologías fundamentadas en equipos y sistemas adaptables e inteligentes. Gracias a la automatización y control de procesos es posible una verificación continua de la calidad del producto, la producción incrementa cubriendo la creciente demanda del mercado.

Nature's Garden nace a finales de los años noventa, fundada por Carlos Valarezo que le apostó a su emprendimiento familiar de la medicina natural y ahora es una exitosa empresa multinacional [5]. La empresa se dedica a la creación de diferentes líneas de productos naturales que benefician la salud de las personas tanto niños como adultos. Entre ellos ofertan el producto apícola Propolis por sus beneficios como antioxidante, cicatrizante, antiinflamatorio, antibacterial este puede ser indicado en caso de irritación de garganta, afecciones respiratorias, u organismo bajo de defensas. [5]

Entre los procesos de producción de Propolis está la elaboración de la mezcla, dosificado de las botellas, sellado de botellas, etiquetado y distribución. El presente trabajo se enfoca en el proceso de sellado por solicitud de la empresa. Actualmente, el sellado es un método manual a cargo de dos operarios y consiste en dos etapas: la colocación de las tapas y el sellado de los envases. Las botellas con líquido se trasladan a el área de sellado donde un trabajador coloca la tapa en la botella, después otro trabajador realiza el taponado utilizando su propia fuerza. Actualmente, este proceso limita la producción del producto en una cantidad de 2000 botellas durante una jornada de 8 horas, y representa una actividad prolongada con riesgos de afecciones físicas en los trabajadores.

Se aborda estos problemas por medio de la implementación de un sistema automatizado en la etapa de sellado en la línea de producción de Nature's Garden permitiendo reducir tiempos de producción e intervención de operadores. Además, se asegura la calidad del producto gracias a la reducción de factores contaminantes provocados por métodos ineficientes.

El presente trabajo desarrollará la automatización de la línea selladora de envases mediante el diseño e implementación de una red de comunicación industrial basado en Modbus RTU. El sistema de control estará compuesto por un controlador lógico programable (PLC) que cumple con el procesamiento de las variables de entrada (sensores, dispositivos de maniobra) y salida (motores, cinta transportadora, cilindros neumáticos, electroválvulas), permitiendo ejecutar los ciclos de trabajo en el control automático. Se monitorizará el proceso mediante una interfaz hombre-máquina (HMI) para la visualización, control y monitoreo de las variables del sistema.

1.2.2 Delimitación

1.2.2.1 Delimitación De Contenido

Área Académica: Física y Electrónica

Línea de Investigación: Sistemas de Control

Sublínea de Investigación: Electrónica de potencia

1.2.2.2 Delimitación Espacial

En el presente proyecto desarrolla la automatización de la línea selladora del producto propolis en la empresa Nature's Garden a cargo de DMIT Solutions, ubicada en la planta embotelladora en la provincia del Guayas, en el cantón Milagro.

1.2.2.3 Delimitación Temporal

El presente proyecto se realiza en el periodo académico abril - septiembre 2021 de acuerdo con el Reglamento de Graduación para obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato, aprobado mediante resolución 0130-P-CD-FISEI-UTA-2021 del 29 de enero de 2021.

1.3 Estado del Arte

Se realizó la investigación en bibliotecas y repositorios de diferentes universidades Nacionales e Internacionales, también en revistas, artículos científicos, enfocadas en proyectos relacionados con procesos automatizados de embotelladoras para la producción en línea de envases con líquidos.

En el año 2015, Prieto Barrera Fabián y Salamanca Barrera Luis presentan el proyecto titulado “Diseño y Fabricación de una Embotelladora/ Tapadora para la producción de Cerveza Artesanal” donde se explica el diseño basado en un proceso de sobrepresión de los gases, esta inicialmente conformada por dos elementos: una válvula de llenado y una matriz de tapado. El trabajo presenta los componentes utilizados para la automatización, control y ejecución de la embotelladora/tapadora, se utilizó diversos sensores, actuadores y PLC. Entre los principales elementos de la máquina fabricada son los sensores foto electrónicos para la máquina embotelladora y tapadora, para la detección de las botellas de vidrio. Gracias a la flexibilidad de los procesos automáticos se consigue una mayor eficiencia productiva. [6]

En el año 2017, Collay Ruiz Washington , Luzuriaga Bonilla Julio desarrollan el proyecto “Reconstrucción y Automatización de una máquina envasadora de agua en la Corporación BIMARCH CIA.LTDA. Ubicada en la Parroquia Cotaló en el Cantón Pelileo” En este trabajo se realizaron estudios previos del funcionamiento y fallos existentes en los sistemas y mecanismos, Para la reconstrucción de la máquina adaptaron nuevos componentes, interconectándolos a un sistema de control cuyo principal componente es un PLC Siemens, la máquina puede ser operada de forma manual o automática. El proceso de la embotelladora consta de las siguientes etapas: lavado y desinfección de la botella, dosificación, colocación de la tapa y el taponado que sella la botella. Una vez implementado el proyecto se obtuvo un aumento en la producción del 51.3%, y se proporcionó un manual de operaciones como guía para los usuarios.[7]

En el año 2017, Velásquez José, Gonzales Juber, presentan un “Prototipo automatizado para llenado y tapado de botellas de plástico” donde analizaron la demanda de agua en el mercado y el embotellamiento de agua. Se realizó la automatización del llenado y embotellado de botellas implementando elementos como: faja transportadora, controlada por un motor de 220 VAC, HP3/4, RPM2850, matriz de 10 cavidades que realiza un movimiento rotativo paso a paso con el uso de una rueda de ginebra, para el llenado de botellas, un dispensador de tapas, un sensor óptico que activa un cilindro de doble efecto para el roscado de la tapa, un PLC S7-1200 para el control del proceso. Entre los aportes más significativo esta, la reducción de tiempos, la calidad del producto, la disminución en 90% de devoluciones de botellas por el consumidor final,

la automatización del proceso de embotellamiento mejora la productividad en un 36%. [8]

En el año 2019, Morales Flavio, Haro Germán , Escalona Millard, Toasa Renato presenta el proyecto “Sistema de control y monitoreo bajo los protocolos Ethernet y Modbus RTU en el control de sistemas de cintas transportadoras para línea embotelladora de bebidas ” la investigación, se enfoca en la reingeniería de la estructura del tablero de control y potencia de los equipos existentes, y los proyectados para el crecimiento a futuro de la línea de producción, se ejecutara una implementación de equipos con redes industriales. Uno de sus objetivos fue mejorar la eficacia en la comunicación entre equipos utilizando Ethernet para la interfaz HMI – PLC, y Modbus RS-485 para controlar los actuadores y variadores de frecuencia. La automatización del sistema de control eléctrico conlleva el nuevo tablero de control junto con el PLC y la HMI, que son los dispositivos fundamentales para establecer un control automático en el proceso, la implementación de estos equipos permite repotenciar el sistema de cintas transportadoras, ofreciendo mayor facilidad para el personal operativo, y un monitoreo del proceso desde la pantalla. [9]

En el año 2020, Chiluisa Cristian Esteban presenta el Proyecto titulado “Implementación de un Sistema Automatizado con Control HMI-SCADA para el proceso de Embotellado de Líquidos” se desarrolló con un módulo de fácil operación y de bajo costo. Se utilizó PLCs marca Schneider modelo TM221CE16T y TM221CE24T, que manipulan diferentes variables de entrada y salida. El proceso comprende de cinco estaciones individuales que son el mezclado, dosificado, transporte, tapado y paletizado, que trabajan de manera sincronizada formando en conjunto un sistema SCADA escalable y flexible. Se presentan diferentes elementos utilizados en cada etapa como sensores magnéticos y capacitivos para la detección de las botellas, para la posición del estado de cilindro y para el nivel de líquido, además los actuadores, como cilindros de doble efecto, electroválvulas y bombas de agua, además un motor trifásico para la banda transportadora de las botellas. Las pruebas de funcionamiento se programaron en un HMI en LOOKOUT con indicadores en cada estación de trabajo, implementado de una forma didáctica y fácil de operar. [10]

1.4 Fundamentación Teórica

En esta sección se establecen los diferentes temas generales y particulares que conlleven a la guía de la investigación

1.4.1 Descripción del Propóleo y su fabricación

El propóleo es un compuesto resinoso natural, gomosa recolectada por las abejas, desde el sudor de árboles y plantas. El material puede ser modificado al unir otras secreciones salivares suministradas por las abejas. Se recogen la goma y la resina de las partes perjudicadas de las cubiertas vegetales. Esta sustancia pegajosa, por lo regular es de un color rojizo/castaño, verdoso. Es un compuesto similar a la sacarosa, ya que las abejas pasan por varias vegetaciones lo cual produce cambios en la sustancia. Las abejas manejan los propóleos para mantener las colmenas secas, seguras, limpias y resguardados de vientos, [11] [12]

1.4.1.1 Procesos para elaborar propóleo

Se encuentra dos formas de extracción del propóleo las más conocidas son:

1. Método de raspado: En este proceso los expertos apicultores raspan cuidadosamente una por una las paredes del panal donde las abejas hayan depositado el propóleo.[11]
2. Método de rejillas o mallas: en este proceso el uso de rejillas facilita la extracción, eleva la calidad del propóleo que se obtiene, y reduce el desperdicio de esta. Su calidad radica en este método desde su inicio por la producción de miel y propóleos por los apicultores en las mejores condiciones para sus colmenas, se considera como el método más utilizado. [11]

1.4.1.2 Etapas de producción de propóleo

Una vez realizado el método de extracción ya sea directamente del panal o por rejilla, se procede a disolver el propóleo con alcohol etílico o propilenglicol después de casi 10 días o más se obtiene el tinturado de propóleo, también pueden ser preparados con etanol, glicol o aceite de oliva. El siguiente paso es dejar en recipientes opacos para preparar la forma farmacéutica el extracto blando. [13]

El extracto blando consiste principalmente en la evaporación de dicho alcohol el cual se puede conseguir dejando expuesto al aire libre por varios días a una temperatura inferiores a 50°C. Se tiene una sustancia en parte sólida y maleable para la producción de otros productos derivados de esta sustancia. En la Figura 1 se aprecia los pasos del proceso de elaboración del propóleo líquido y extracto blando.[13]

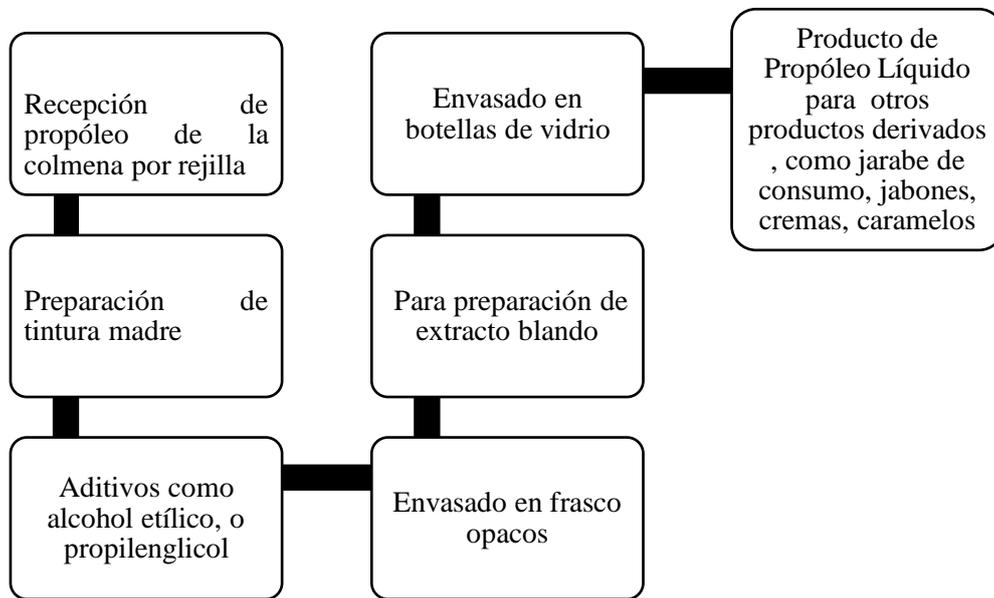


Figura 1. Proceso de elaboración del propóleo líquido y extracto blando

Elaborado por: El investigador

1.4.2 Automatización

En la historia, mientras el ser humano va evolucionando, crea diferentes herramientas para realizar sus actividades de una manera más fácil. Empezando en la Prehistoria donde se crean herramientas para la agricultura, construcción permitiendo minimizar la fuerza de las personas. En siglos como XVIII y posteriores se crea mecanismos, que permiten simular extremidades del ser humano impulsados por sistemas hidráulicos, neumáticos, la creación de energías, la división de trabajo. Facilitando al ser humano en actividades repetitivas, reduciendo errores, optimizando materiales y aumentando la productividad. La automatización se vuelve necesaria en los procesos de fabricación cada vez más grandes, donde las tecnologías son indispensables para permitir el control de procesos mecánicos, electromecánicos, por lo cual, en la actualidad utiliza el control y comunicación de redes en procesos de producción autómatas.[14]

- Definición

La automatización es la intervención de la mecanización o máquinas, con distintas tecnologías de sistemas de control, que permiten dominar los elementos de entrada y salidas. [14] La incorporación de las redes de comunicación permiten la interacción de los dispositivos en la planta de producción, facilitando el trabajo de las personas. Se puede sustituir al personal o diseñar sistemas automáticos colaborativos que trabajen a la par con operadores, supervisores, personal de ingeniería con el fin de reducir costos, riesgos laborales, tiempos de producción, elevando la productividad, calidad del producto, y la satisfacción del cliente.

En la actualidad la Industria 4.0 o Revolución Industrial 4.0 es la más alta evolución de las diferentes tecnologías, vinculada con la manufactura, la auto- gestión. Se presenta en diversos estados mediante la fabricación inteligente, Big data, sus pilares principales son los sistemas ciber-físicos por medio de IOT. La conectividad máquina a máquina e interacción con los usuarios, la robótica, impresiones 3D permiten la inclusión de sistemas autómatas mediante inteligencia artificial, toma de decisiones en tiempo real. Los sistemas de control inteligentes con sensores, que adquieren las variables del entorno, permitiendo la fabricación de servicios y productos inteligentes.[15][16].

1.4.2.1 Automatización Programable

Es aconsejable utilizar la automatización programable cuando la producción es diversa y es relativamente de bajo el volumen de producción, sugiriendo equipos adaptables a modificaciones en las configuraciones de lotes. La automatización programable permite variar el proceso cuando se termina un lote de productos, teniendo que tomar en cuenta grandes inversiones en maquinaria y tecnología. Se beneficia en términos de flexibilidad en la configuración e incremento de la producción.[3]

1.4.2.2 Automatización flexible

La automatización flexible es un híbrido entre la automatización fija y programable, ya que, mediante un sistema de almacenamiento y manejo de equipos, se pueden interconectar las estaciones de trabajo en serie. Se tiene un mismo sistema de fabricación con los mismos tiempos y diversos productos. De igual forma, necesita de

una gran inversión en equipos y tecnologías, además de flexibilidad de lidiar con las variaciones en el diseño del producto.[3]

1.4.2.3 Pirámide de la Automatización

La pirámide muestra la adaptación de los sistemas de gestión de producción con los procesos de elaboración de productos, además de la administración de los recursos de la empresa. Todo esto se debe a la necesidad de los procesos industriales y la relación costos/beneficios que conlleva. En la pirámide se representa diferentes niveles de forma ascendente tomando funciones esenciales en los procesos de automatización como se observa en la Figura 2. En la Tabla 1 se presenta la descripción y equipos de cada nivel de la pirámide de la automatización

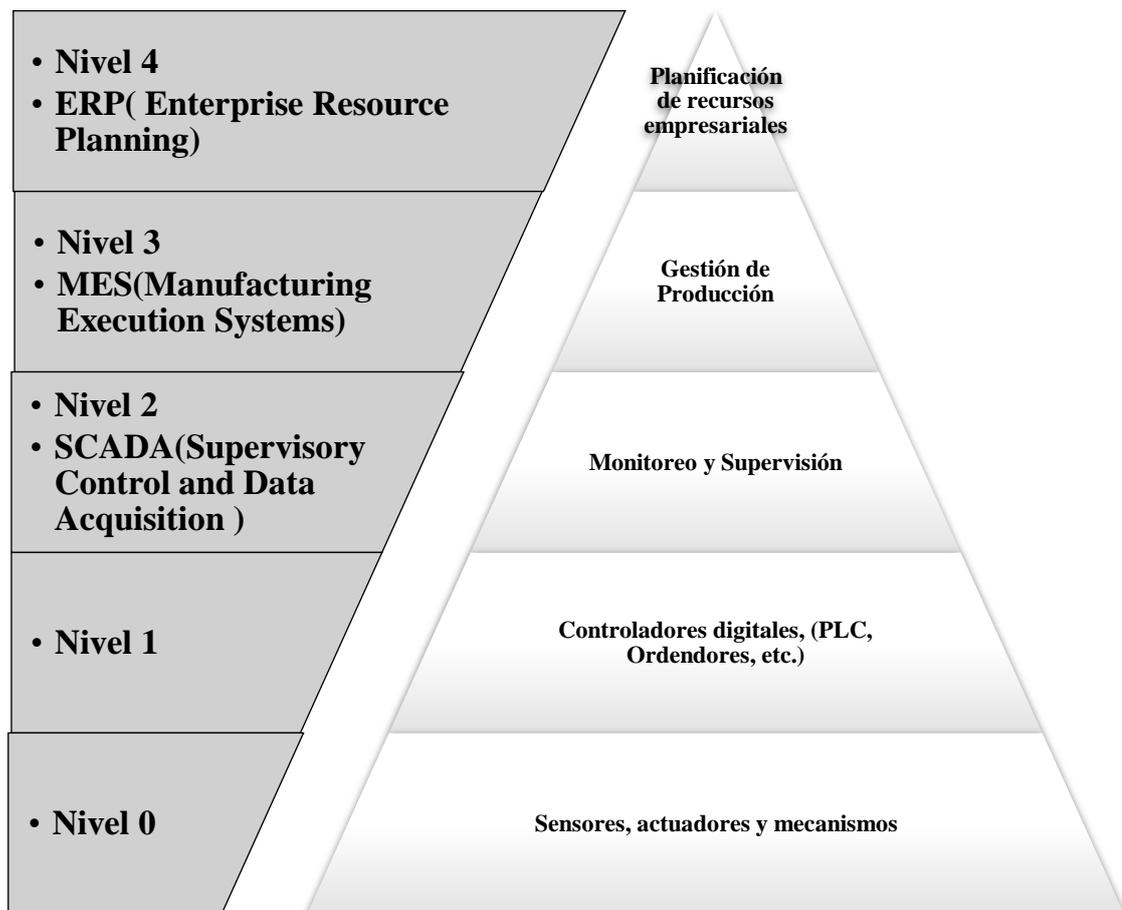


Figura 2. Pirámide de la Automatización

Elaborado por: El investigador

Se presenta los Niveles de la pirámide de automatización en la Tabla 1.

Nivel	Descripción	Equipos o herramientas
0: Campo	Intervienen todos los recursos, equipos, que se establece en las piezas de la máquina o el proceso que permiten obtener información del entorno además de cumplir las acciones finales del proceso.	Sensores, actuadores, hardware del proceso, etc.
1: Control	Se establece como el cerebro del proceso, que controlarán el entorno industrial mediante las entradas y salidas	Controlador lógico programable (PLC), PC, CNC, PID, etc.
2: Supervisión	Su función principal es la adquisición y almacenamiento de la información encargados por el nivel 1, además de la visualización y monitoreo del proceso.	HMI, SCADA
3: MES (Sistemas para la Ejecución de la Manufactura)	La información brindada por el producto desde su inicio hasta la etapa final permite minimizar actividades en la producción, con el uso de datos en tiempo real para descifrar las posibles demandas futuras.	BATCH y Gestión de recetas, Cumplimiento de normativas, Gestión de Mantenimiento, WORK IN PROGRESS, etc.

4: ERP (Sistemas para la Administración de Recursos Empresariales)	Se especializa en el uso de las aplicaciones, módulos programables que recolectan, almacenan y hacen disponible la centralización de la información para la toma de decisiones en tiempo real.	Oracle ERP Cloud, service SAAS, Cloud Computing, Big-Data
---	--	---

Tabla 1. Descripción y equipos de cada nivel de la pirámide de la automatización[17]

Elaborado por: el Investigador

1.4.3 Sistemas de Control

Control: se considera como la acción de gobernar, comandar cualquier cosa, persona entre otro para un fin determinado.[18]

Sistema: se dice que es la conexión de cosas combinadas o en conjunto, formando un todo. Dando como resultado una unidad completa, la cual puede actuar. Es la unión de elementos que actúan en conjunto, con determinados objetivos a cumplir. Un sistema puede englobar a los fenómenos físicos, biológicos, económicos, sociológicos, etc.[18]

Se describe un sistema de control como el conjunto de elementos físicos interconectados que pueden gobernar, regular, así mismo o a otro sistema de forma dinámica. Por ejemplo, regular la temperatura, movimiento de un robot, o procesos en una planta industrial. En la Figura 3 se presenta el sistema de control.[19][18]

Entradas: es una variable que al manipular permite que el sistema cumpla un objetivo determinado. Son variables independientes ya que no dependen de variables internas, pueden ser, señales de referencia, señales indeseadas, perturbaciones externas.

Salidas: es una variable que mediante el estudio y análisis cumple como resultado una acción llevando a cabo el objetivo propuesto.

Retroalimentación: se conoce como la causa – efecto en el sistema permitiendo minimizar el error, utilizada como una secuencia cerrada en el sistema.[18]

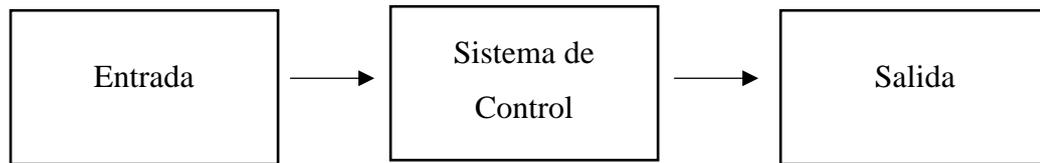


Figura 3. Sistema de Control

Elaborado por: El investigador

1.4.3.1 Tipos de Sistemas de Control

Un sistema de control tiene diferentes variable y objetos a ser cumplidos por lo cual se estable dos principales controles

- Sistema de Control de Lazo Abierto

El control de lazo abierto no tiene una realimentación en los elementos con el controlador, y el proceso controlado. La señal de salida no influye con la señal de entrada o control. En la Figura 4 se presenta el diagrama de bloques de un control de lazo abierto.

El controlador se puede presentar en este sistema como un amplificador, filtro, entre otro elemento que permita el control o a su vez un microprocesador, dando una operación fija como condición de una entrada. Así depende de la calibración, o un tiempo, estos son sistemas económicos, pero con la desventaja de ser inexactos pero funcionales si no existiese perturbaciones actuando en el proceso. Se lo usa cuando la entrada y salida es conocida. Por ejemplo, las lavadoras automáticas, ya que se establece tiempos fijos para realizar los pasos de lavado, enjuague, centrifugado que en si son la a calibración de la máquina, y al finalizar entrega la ropa con un grado de limpieza, pero la misma no es comparada con su grado de suciedad del inicio.[18]

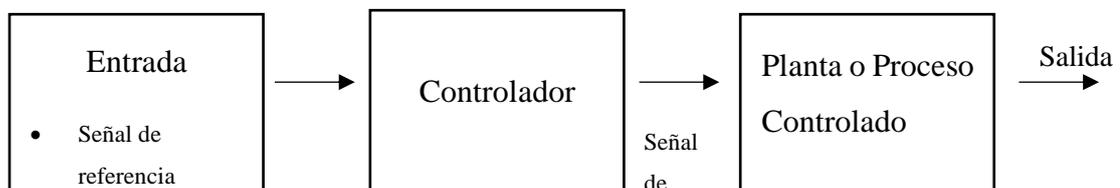


Figura 4. Diagrama de bloques de un control de lazo abierto

Elaborado por: El Investigador

- Sistema de Control de Lazo Cerrado

El control de lazo cerrado a diferencia del abierto realimenta la señal controlada o salida, ya que es comparada con una señal de referencia comúnmente la variable de entrada. La realimentación permite minimizar el error y corregirlo para una salida más adecuada. En la Figura 5 se presenta un Control de Lazo Cerrado. Cada vez que se realiza la realimentación permite obtener la ventaja de reducir el error acercándose al resultado deseado.[18]

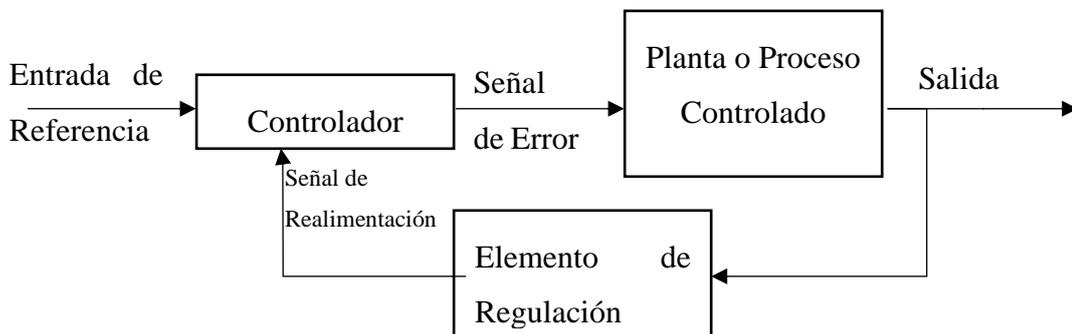


Figura 5. Control de Lazo Cerrado

Elaborado por: El Investigador

1.4.4 Normativa Vigente

Cuando se desarrolla un proyecto de automatización existen normativas a integrar para formar documentación eléctrica, la cual incluye de diversos elementos que representan el proceso. La normativa es una guía para diseñar y seleccionar correctamente los equipos y materiales del sistema a controlar.

Los sistemas automatizados están conformados por equipos mecánicos, eléctricos, electrónicos y tecnologías de la información así tenemos normas oficiales dadas por las siguientes instituciones. En la Tabla 2 se presenta las normas e instituciones para el desarrollo de la automatización.

Instituciones	Descripción de la norma
IEC (International Electrotechnical Commission):	Normas eléctricas, electrónicas y relacionadas
ISO (Organización Internacional de Normalización)	Normas para productos manufactureros y tecnologías de seguridad, robótica, sistemas de automatización e integración.
ISA (Sociedad Internacional de Automatización)	Estándares más conocidos son ISA-5.1 para la representación de la instrumentación en la industria de procesos

Tabla 2. Normas e Instituciones para el desarrollo de la automatización[20]

Elaborado por: el investigador

Normas importantes utilizadas en la industria para el diseño y construcción de los diferentes sistemas de control se presentan en la Tabla 3.

Normas	Descripción
IEC-60947	Especificaciones técnicas y prestaciones y uso de a paramenta eléctrica
IEC-61131.	Autómatas Programables
IEC-60073	Principios Básicos y de seguridad para la interfaz hombre-máquina.

Tabla 3. Normas en los sistemas de control.[20]

Elaborado por: el investigador

1.4.5 Descripción Tecnológica de la Automatización

1.4.5.1 Control lógico Programable

PLC (Programmable Logic Controller), considerado uno de los elementos principales o cerebro del sistema de control, están formados por varias entradas y salidas. Los PLC son sistemas robustos, confiables y adaptables para la industria. Estos son inmunes ante perturbaciones, eléctricas, de corriente, choque. NEMA lo representa como un dispositivo electrónico, capaz de guardar instrucciones para realizar determinadas acciones mediante el uso de una memoria programable. [21]

El objetivo de los PLC es reemplazar en su mayoría relés y contactores, temporizadores en el proceso, la utilización de módulos adicionales permite la expansión del mismo, además del uso de HMI con varios canales de comunicación. Esto permite satisfacer el proceso a automatizar.[21]

1.4.5.2 Lenguaje de Programación

Existen diversos lenguajes de programación (ver en Tabla 4) estandarizados por la IEC-61131 para la programación en PLC's estos se presentan en dos tipos los cuales son visuales y escritos.[22]

Lenguaje de Programación PLC's	Descripción
SFC (Diagramas de Funciones Secuenciales)	se utiliza lenguaje de bloque de funciones secuenciales
FBD (Diagramas de Bloques de Funciones)	usa diagramas de bloques secuenciales.
LAD (Diagramas de Tipo Escalera):	usa diagramas de relés, es una conexión gráfica entre variables de tipo booleano, representación similar a la de diagramas de circuito eléctricos. No es usual utilizar variables analógicas. Se usa elementos de enlace y estado.

ST (Texto Estructurado)	considerado como un lenguaje de alto nivel similar a C y ha Pascal
IL o STL (Lista de Instrucciones)	tipo ensamblador con uso de acumuladores.

Tabla 4 Lenguajes de Programación

Elaborado por: El Investigador

1.4.5.3 HMI

La Interfaz Hombre Maquina (HMI) permite controlar y monitorizar, mediante una visualización gráfica del sistema, es decir, todos los componentes del proceso, interconectándola con el control lógico programable, o computador, cualquier dispositivo cerebro de la máquina, permitiendo facilitar parámetros y condiciones de referencia para cumplir el proceso del sistema. En la Figura 6 se observa una Pantalla HMI-Kinco [23]



Figura 6. Pantalla HMI-Kinco [23]

Estándar ANSI/ISA-101.01-2015

Para el manejo de HMI y su creación se establecen mediante estándares así tenemos el estándar ANSI/ISA-101.01-2015, establece el diseño mediante el uso de cuatro puntos principales en las cuales interviene, los estándares del sistema, la etapa de diseño, etapa de implementación, etapa de operación. Obteniendo una interfaz,

confiable, fácil de interactuar, con una mejora continua en el proceso de trabajo continuo.[24]

Este estándar es una guía en el estilo de HMI, establece la filosofía, el uso de colores, recomienda varias herramientas que permitan seleccionar los elementos o símbolos estandarizados necesarios para la creación de los procesos. El proceso de diseño de HMI bajo este estándar da como resultado una interfaz segura, adaptable y enfocada tanto en el proceso industrial como en los usuarios del HMI. A continuación, se enlista estándares que aseguran el buen funcionamiento de los sistemas de supervisión en la industria:[24]

ANSI/HFES 100-2007, Human Factors Engineering of Computer Workstations

ANSI/ISA-5.06.01-2007, Functional Requirements Documentation for Control Software Applications

ANSI/ISA-18.2-20009. ANSI/ISA-18.2-2009, Management of Alarm Systems for the Process Industries

ANSI/ISA-88.00.01-2010 - Batch Control Part 1: Models and Terminology

ANSI/ISA-95.00.01-2010 (IEC 62264-1 Mod) - Enterprise-Control System Integration – Part 1: Models and Terminology

ANSI/ISA-100.11a-2011, Wireless systems for industrial automation: Process control and related applications

ANSI/ISA-62381-2011 (IEC-62381 Modified), Automation Systems in the Process Industry – Factory Acceptance Test (FAT), Site Acceptance Test (SAT), and Site Integration Test (SIT)

ANSI/ISA-62443-1-1 (99.01.01)-2007, Security for industrial automation and control systems Part 1: Terminology, concepts, and models

ANSI/ISA-62443-2-1 (99.02.01)-2009, Security for industrial automation and control systems: Establishing an industrial automation and control systems security program

ANSI/ISA-62443-3-3 (99.03.03)-2013, Security for industrial automation and control systems Part 3-3: System security requirements and security levels

ISO 11064-1:2000, Ergonomic design of control centres – Part 1: Principles for the design of control centres

ISO 11064-4:2004, Ergonomic design of control centres – Part 4: Layout and dimensions of workstations

ISO 11064-5:2008, Ergonomic design of control centres – Part 5: Displays and controls [24]

1.4.6 Redes Industriales

El progreso de las redes industriales de control también ha evolucionado, permitiendo mayores velocidades, interconectarse con varios equipos con una mejor calidad y eficiencia. En la industria se emplea la red de control lógico, con sensores, actuadores, medidores.[23][19] Estas permiten el desarrollo de la tecnología HMI-PLC, impulsando el diagnóstico y monitorización del sistema.

En la Tabla 5 se presenta varios tipos de redes industriales y sus características:

Tipos de Redes Industriales	Profibus	Profinet	Ethernet	RS485- RS232	Modbus
Características					
Velocidad de Transmisión	12Mbit/s	1 Gbit/s o 100 Mbits/s	1Gbit/s a 100Gbit/s	20Kbit/s a 35Mbit/s	20Kbit/s a 35Mbit/s
Capa física	RS-485	Ethernet	10 Base-T	-----	RS485, RS232; RS422
Espacio de Direcccionamiento	126	Ilimitado	Sin límite	1 a 32	252
Compatibilidad	no	si	si	si	si

Método de Transmisión	Half Duplex	Full duplex	Full duplex	Half o Full duplex	Full duplex
Gestión de acceso al medio	Maestro/esclavo	Proveedor/consumidor	Maestro múltiple, limitable por protocolos	Maestro /esclavo	Maestro / Esclavo
Wireless	Posible	IEEE802.11; 15.1	IEEE802.11	Posible	Posible

Tabla 5. Redes Industriales y sus características[19], [23]

Elaborado por: El investigador

1.4.7 Sensores

Los sensores son elementos que permiten la obtención de variables en el entorno. Se distinguen varios tipos de sensores según su variable física o magnitud de medida, puede ser una variable digital o analógica. Los sensores son clasificados como sensores detectores y captadores.

Detectores: estas proporcionan una salida binaria, se utiliza en procesos secuenciales en la automatización, por ejemplo, por proximidad, nivel, temperatura o presión.[4]

Captadores: dan una salida continua proporcional a una magnitud física. Siendo una señal analógica (corriente, voltaje) o digital (forma de pulsos) más usados en controles PID.

En la Tabla 6, se muestra las características de los sensores activos y pasivos.

SENSORES

SENSORES	SENSORES PASIVOS	Resistencias variables		
		Capacidad variable		
		Inductancia variable		
	SENSORES ACTIVOS	Según tipo de señal	digital	
			analógica	
		Según la magnitud	Temperatura	Termopares Termorresistencias Pirómetros Termistores
			Fuerza	Medición indirecta Galgas, Transformadores diferenciales
			Movimiento	Transformadores diferenciales, LDT y VDT
			Humedad	Humedad en aire, solidos
			Proximidad	Fotoeléctricos, inductivos, magnéticos, ultrasónicos
	Presión	Membrana Detector de desplazamiento		
	Caudal	De turbina, magnético, presión diferencial		
	Sistema Artificial	Cámaras de video y transmisión de imágenes		

Tabla 6. Clasificación de Sensores

Elaborado por: El Investigador

1.4.8 Actuadores

Los Actuadores son los encargados de modificar las señales eléctricas del sistema de control en acciones finales en el proceso. Los más usados son los actuadores de paso de fluidos, válvulas bombas y ventiladores, también se utilizan los que permiten movimientos de objetos o en partes de la maquinaria como: los cilindros neumáticos e hidráulicos, motores eléctricos.[4]

1.4.8.1 Actuadores Eléctricos y Electrónicos

Estos elementos finales utilizan mecanismos eléctricos, requieren una gran energía para su accionamiento, utilizan un driver, para el control correcto del dispositivo del proceso. Entre los actuadores eléctricos más utilizados en la industria están los siguientes:[25]

Motor DC industrial: los primeros motores de posición y velocidad pueden ser conectados a tensiones continuas, permite la variación de la velocidad acorde a la tensión proporcionada.[4]

Motor a pasos industrial: varían su posición paso a paso en incrementos angulares establecidos por lo cual, utilizan un driver para controlar los pasos necesarios. Permite establecer una posición según el número de pasos y no utiliza un sensor. Es apto para procesos que no exigen de grandes aceleraciones en el posicionamiento. [4]

Motor C.A: son los más utilizados en procesos industriales se alimentan con sistemas de distribución, se conocen 3 tipos: monofásicos, bifásicos, trifásicos.[25]

Los motores en la industria pueden aplicarse en el manejo de bandas transportadoras, tornillos sin fin, molinos, engranajes, mezcladores entre otras.

1.4.8.2 Actuadores Neumáticos

Los principales actuadores en un sistema neumático se generalizan como cilindros, esto cambian de estado por la acción del aire comprimido en alguno de los lados del pistón así tenemos.

Cilindros de simple: efecto el aire comprimido ejerce presión en un solo lado y a un solo sentido del pistón, consta de un muelle que permite regresarlo a su estado inicial.

Cilindro de doble efecto: este ejerce una compresión de aire a los dos lados o en los dos sentidos así se conecta a presión una u otra cara del émbolo.[4]

En la Figura 7 se muestra la simbología de los cilindros neumáticos.

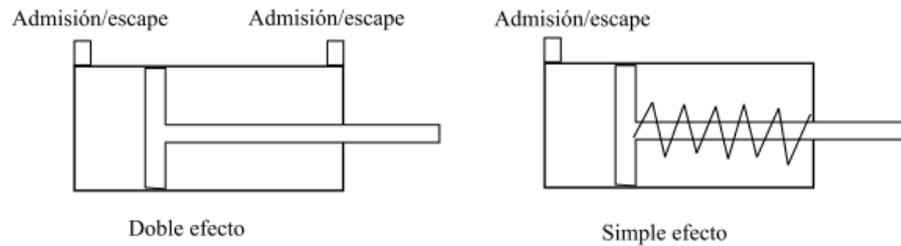


Figura 7. Simbología de los cilindros de neumáticos.[4]

1.4.8.3 Actuadores Hidráulicos

Son más robustos, considerados en aplicaciones donde se requiere gran fuerza y en procesos donde los cilindros neumáticos no resisten. Trabajan a base de aceite a presión, el líquido se envía a otro recipiente para ser reutilizado y son siempre de doble efecto, teniendo en todos sus casos una entrada y una salida de líquido o aceite. Al igual que los actuadores neumáticos se utiliza electroválvulas para activarlos o desactivarlos.[4]

1.4.9 Tipos de Envasadoras y Selladoras/Taponadoras:

Las plantas de embotellamiento de envases con líquidos presentan la necesidad de un control de calidad donde es indispensable el uso de máquinas envasadoras, selladoras para acelerar tiempos de producción, asegurando la eficiencia de productividad para lo cual se presentan a continuación diferentes tipos:

1.4.9.1 Envasadoras Automáticas



Figura 8. Envasadoras Automáticas[26]

Con este tipo de envasadoras el dosificado y sellado se lo efectúan en forma automática, es decir, sin participación del operador y se las encuentra en grandes empresas industriales. Los sistemas se presentan de forma horizontal, vertical y circulares según el material que se vaya a utilizar para el envasado. [27]

1.4.9.2 Envasadoras Semi- Automáticas



Figura 9. Envasadoras Semi-Automáticas[26]

Las envasadoras semiautomáticas realizan el dosificado y sellado de forma individual la mayoría de estas máquinas se las utiliza en industrias pequeñas ya que tienen una producción a menor escala.[27]

1.4.9.3 Máquina tapadora de botellas



Figura 10. Máquina Taponadora de botellas[21]

Las tapadoras de botella cumplen la función de cerrar las botellas, con diferentes tipos de tapas como roscadas, engargoladas, a presión, de vidrio, de plástico y PVC. Son instrumentos que ayudan a la industria a agilizar el proceso de tapado, ahorrando tiempo en dicha área. [21]

1.4.9.4 Tapadoras automáticas.



Figura 11. Tapadoras Automáticas[26]

Estas máquinas se las puede utilizar en la industria de alimentos, lubricantes, cosméticos, farmacéuticos y aceites, agroquímicos y productos de limpieza. Son creadas para procesar recipientes y botellas que llevan tapa de plástico o metálica con rosca, pueden ser de manera redonda o irregular, se puede elegir el modelo dependiendo de las dimensiones del envase que se va a tapar y la forma de la tapa. [2]

El sistema cuenta con una banda transportadora con variador de velocidad, que dirige los envases hasta la distribución de tapas, donde las ubica sobre la boca del envase, después las lleva hacia un cabezal que utiliza el cierre hermético del envase.[21]

1.4.9.5 Sistema de Roscado



Figura 12. Sistema de Roscado[21]

La estación de trabajo encargada de roscar las tapas, se encuentra después del sistema de posicionamiento. El proceso que se lleva a cabo es: una vez llega la botella con el tapón, un actuador neumático baja y otro acerca lateralmente cuatro ruedas de poliuretano que por rozamiento roscaran el envase. Según el diseño del producto se puede colocar la tapa a presión usando actuadores neumáticos. Se considera flexible ya que permiten regular las diferentes alturas que puedan presentar las botellas y se adapta a distintos anchos de tapones. [21]

1.5 Objetivos

El objetivo general se presenta en el desarrollo de la automatización de la línea selladora de envases del producto Propolis en la Empresa Nature's Garden a cargo de DMIT Solutions mediante la cual se pretende realizar un sistema de control para la etapa de sellado de botellas del producto Propolis. Este sistema permite reducir tiempos de producción, minimizar la contaminación del producto por el contacto del operador con los recipientes, dar comodidad al trabajador en sus labores, optimizar recursos, mejorar la calidad del producto y satisfacer las necesidades de los consumidores.

Para la automatización de la línea selladora de envases del producto Propolis se necesita analizar las diferentes características del sistema manual, semi automáticos, automáticos existentes en el mercado, además del proceso actual de la línea embotelladora en la empresa Nature's Garden para establecer las fases del proceso. Por lo cual se realizará las siguientes actividades:

1. Recopilación de información técnica y el estado actual del proceso de la línea selladora en la planta de producción del producto Propolis en la empresa Nature's Garden.
2. Estudiar los diferentes tipos de sistemas de sellado existentes en la fabricación de productos líquidos.

Procedemos a la selección de dispositivos y la tecnología que se aplicaran para el sistema automatizado en la línea selladora para envases del producto Propolis en la empresa Nature's Garden acorde a las necesidades del proceso, lo que permite una mejor elección de elementos, según sus características y especificaciones técnicas, estableciendo así un presupuesto económico. Esto permitirá que el sistema de Control sea escalable, flexible, robusto, confiable para cumplir con el objetivo determinado. Se realizará las siguientes actividades:

3. Seleccionar los equipos, materiales, y protocolo de comunicación óptimos para la implementación del sistema automatizado.

4. Realizar un presupuesto de equipos y materiales.

Posteriormente, se diseña la interfaz HMI para el control y monitorización del sistema, usando representaciones gráficas y simbologías entendibles para el operador. El HMI permite el control y monitorización de la línea selladora. Se tomará muy en cuenta las siguientes actividades:

5. Diseñar el sistema de control de cada una de las etapas del proceso de la línea selladora.
6. Programar el sistema de supervisión para el control y monitorización en HMI de la línea selladora.

Para finalizar con la automatización se implementará el sistema de control y monitoreo de la línea selladora de envases en la empresa Nature's Garden, así ejecutando los niveles de la pirámide de automatización. Se iniciará por el nivel de campo, control y finalizará en el nivel de supervisión gracias a lo cual se obtendrá un producto de calidad que satisfaga al consumidor. Para esta etapa se realizarán las siguientes actividades:

7. Implementar los niveles de campo, control y de supervisión de la automatización de la línea selladora.
8. Realizar pruebas de funcionamiento de la automatización y el monitoreo del sistema.
9. Evaluar la eficiencia y calidad del sistema automatizado para la línea selladora de envases del producto en la planta de producción.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

El presente proyecto realiza un análisis y selección de materiales el cual se basa en entrevistas científicas, proyectos de investigación con la misma temática a resolver. Se Recoge los principales aportes de artículos científicos, revistas técnicas, libros relacionados con la automatización de sistemas de la industria y proyectos de investigación que apoyen al desarrollo de la solución. Se incorpora al desarrollo del presente trabajo equipos y materiales como: el Control lógico Programable (PLC) para el procesamiento de las variables de entrada en este caso elementos de maniobra y control (Interruptores, pulsadores), sensores de proximidad (ópticos, inductivos o capacitivos) y salida como elementos de señalización (luces indicadoras), actuadores eléctricos, neumáticos (motor paso a paso, banda transportadora, cilindros de doble efecto), permitiendo ejecutar órdenes para cumplir el control automático del proceso, además de un HMI con protocolos de comunicación de redes industriales (Modbus RTU), para realizar la monitorización y control del sistema automatizado.

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad de la Investigación

El presente proyecto será una investigación aplicada, porque se utiliza los conocimientos ya existentes para solucionar problemas en control y automatización en la línea selladora de envases en la empresa Nature's Garden.

Investigación bibliográfica, ya que el presente proyecto de investigación se basa en consultas de revistas técnicas, libros, artículos científicos, publicaciones en internet y en proyectos de tesis referente a temas de sistemas automatizados para la línea selladora de envases en la empresa Nature's Garden.

Investigación de campo, porque se analizará el sistema automatizado para determinar si son adecuados los diferentes métodos de control en la automatización de la línea selladora de envases en la empresa Nature's Garden.

Investigación Experimental porque se realizará una serie de pruebas del control de la automatización del sistema de sellado para envases del producto Propolis en la embotelladora, con lo cual se determinará la eficiencia del sistema y la calidad del producto.

2.2.2 Recolección de Información

Se recolectará información del sistema de sellado manual actualmente usado por la empresa para determinar los aspectos de mayor importancia en el diseño del sistema automatizado.

Para el estudio, selección y dimensionamiento de equipos y otros materiales se realizará la recolección de información en libros, revistas, fuentes online y proyectos desarrollados, así como guías prácticas y manuales de construcción, por lo que se tomará en cuenta bases de datos confiables que permitan el desarrollo del proyecto.

2.2.3 Procesamiento y Análisis de Datos

Para el procesamiento y análisis de datos se realizarán los siguientes pasos:

- Obtener parámetros técnicos fundamentales como dimensiones espaciales, sistemas de alimentación de la empresa es decir sistema de energía eléctrica, capacidad de sistema neumático, entre otros.
- Analizar información y características técnicas de líneas de sellado automatizadas empleadas en procesos relacionados.
- Revisión de la información recopilada que permita realizar una clasificación de equipos, elementos y protocolos de comunicación por su funcionabilidad y estructura que permita diseñar un sistema automático eficiente que cumpla con los requerimientos planteados en los objetivos.
- Estudio de las propuestas de solución planteadas para mejorar la calidad y elevar la fabricación del Producto en la empresa Nature´s Garden.
- Determinación de la mejor propuesta de solución.
- Planteamiento de la propuesta de solución

2.3 Desarrollo del proyecto

1. Recopilación de información técnica y el estado actual del proceso de la línea selladora en la planta de producción del producto Propolis en la empresa Nature´s Garden.
2. Estudiar los diferentes tipos de sistemas de sellado existentes en la fabricación de productos líquidos.
3. Seleccionar los equipos, materiales, y protocolo de comunicación óptimos para la implementación del sistema automatizado.
4. Diseñar el sistema de control de cada una de las etapas del proceso de la línea selladora.
5. Realizar un presupuesto de equipos y materiales.
6. Programar el sistema de supervisión para el control y monitorización en HMI de la línea selladora.
7. Implementar los niveles de campo, control y de supervisión de la automatización de la línea selladora.
8. Realizar pruebas de funcionamiento de la automatización y el monitoreo del sistema.
9. Evaluar la eficiencia y calidad del sistema automatizado para la línea selladora de envases del producto en la planta de producción.
10. Realizar el informe final del proyecto.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

El desarrollo e implementación de la automatización de la línea selladora de envases del producto propolis de la empresa Nature's Garden; permite optimizar el tiempo de trabajo, eleva la producción para satisfacer la alta demanda de consumo del producto. La automatización brinda un sistema de control que asegura la calidad del producto al reducir la intervención directa del trabajador, evitando al máximo factores contaminantes en el área de trabajo. Las condiciones del trabajador mejoran reduciendo riesgos laborales, permitiendo que el trabajador ocupe su tiempo en otra parte necesaria del proceso.

3.2 Desarrollo de la propuesta

3.2.1 Análisis del estado actual de la planta y el proceso de envasado del Producto Propolis

La planta embotelladora de la Empresa Nature's Garden está ubicada en la Provincia del Guayas en el cantón Milagro. Antiguamente la planta no tenía las adecuaciones pertinentes para la automatización por lo cual se construyó un espacio idóneo con suministros eléctricos, neumáticos entre otros. Donde se implementará la automatización de la línea selladora de envases del producto propolis. En la actualidad consta de un espacio determinado y seguro acorde a los requerimientos técnicos, eléctricos, de seguridad farmacéutica. En la Figura 14 se presenta la ubicación de la empresa de Nature's Garden.

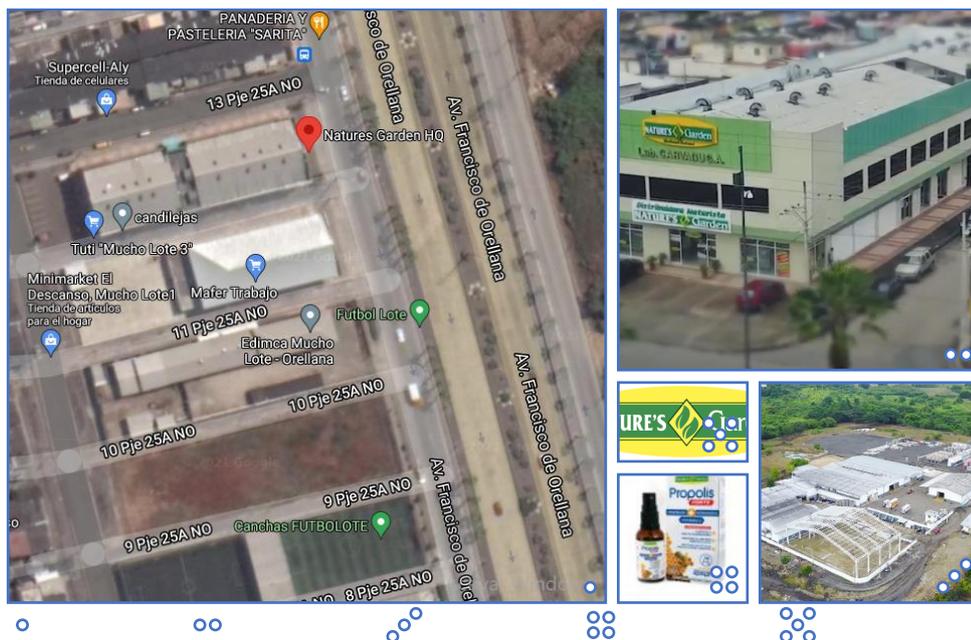


Figura 13. Ubicación de Nature's Garden

Elaborado por: El Investigador

El procedimiento de envasado del Propolis inicia por el lavado, esterilizado y secado de envases de vidrio color ámbar, especializado para uso farmacéutico. Una vez que el envase cumple con la limpieza adecuada para la aplicación. Se cumplen las siguientes etapas: dosificación, sellado, etiquetado, y distribución. La Figura 14 muestra Estado actual del Proceso.



Figura 14. Estado actual del Proceso

Elaborado por: El Investigador

3.2.1.1 Etapa de Dosificación

La planta de embotellado actualmente consta de la etapa de llenado, la cual se muestra en la Figura 15. La dosificadora utiliza un sistema semiautomático, basado en contactores y válvulas neumáticas, la operación de envasado se realiza mediante dos o cuatro boquillas inyectoras de producto para el llenado de los envases en línea de producción.

Al momento de finalizar la etapa de llenado los envases llenos salen de forma lineal por una banda transportadora directamente al operador que realiza la etapa de taponado.



Figura 15. La dosificadora

Elaborado por: El Investigador

3.2.1.2 Etapa de Sellado

Una vez finalizado la etapa de llenado se procede a la etapa de tapado que consiste en la colocación de las tapas de forma manual en los envases llenos de producto permitiendo. Posteriormente, que la tapa sea sellada por los operarios.

3.2.1.3 Etapa de Etiquetado

El etiquetado de las botellas se realiza de forma manual, un operario coloca la etiqueta en la botella la cual consta de información concreta sobre el producto. Además, el producto es empacado en sus respectivas cajas individuales para su distribución.

3.2.1.4 Etapa de Distribución

En esta etapa los trabajadores apilan el producto ya final en grandes cantidades acorde a los pedidos generados para su distribución a nivel nacional.

3.2.2 Análisis de los inconvenientes de la etapa de Sellado

El presente proyecto de investigación se centra en la automatización del sistema de sellado, siendo esta etapa de vital importancia para la mejora en calidad y producción del producto. Se presenta la información del proceso actual del embotellamiento de envases del producto propolis y se describe los principales problemas en la Tabla 7

Inconvenientes	Descripción
Tiempos ineficientes	El trabajo manual que se efectúa en el sellado genera un tiempo más extenso considerado como retardo en la producción.
Factores contaminantes	La exposición directa entre el operador y la manipulación del envase para su enroscamiento puede contaminar el producto.
Riesgos laborales	El cansancio del operador por el continuo trabajo entre el movimiento de los envases de forma manual durante toda la jornada laboral.
Baja productividad	La productividad no satisface la alta demanda del producto en los mercados.

Tabla 7. Inconvenientes en el proceso

Elaborado por: El Investigador

3.2.3 Análisis del Sistema Automatizado de Sellado en base a la pirámide de la automatización.

El sistema de automatización se describirá en base a la pirámide de automatización para lo cual establecemos los siguientes niveles de automatización que son Nivel 0 o Campo, Nivel 1 o Control, Nivel 2 o Supervisión, se identifica la arquitectura del sistema como en la Figura 16.

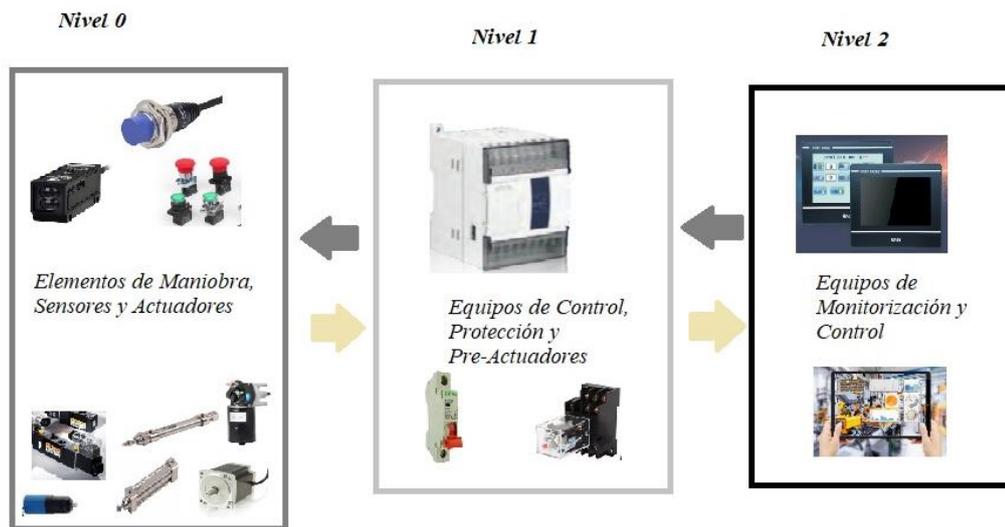


Figura 16. Análisis de Esquema General del Sistema

Elaborado por: El investigador

Análisis del Nivel 0

Se establece previamente los actuadores dos tipos de sistemas eléctrico y neumático para lo cual se distribuye en el lazo eléctrico un motor paso a paso para el giro de la rueda dentada que facilita el ingreso y salida de los envases en el proceso, además el control de la banda transportadora mediante un motor reductor DC para la salida continua de los envases sellados. Mientras en el lazo neumático tendremos pre actuadores neumáticos en este caso electroválvulas neumáticas para la activación y desactivación de actuadores neumáticos; como el cilindro de doble efecto redondo sujetador de botellas y el cilindro de doble efecto para el mecanismo de desplazamiento vertical del brazo en roscador el cual también usara un motor neumático que permite el cierre de los envases.

El proceso tiene elementos de maniobra y señalización que permiten cumplir procesos de: encendido del sistema, reseteo, y parada en caliente y paro de emergencia. Los sensores son otro elemento importante en este nivel ya que detectar señales físicas que permiten el control adecuado mediante la información que estos aportan. Tenemos así el foto-eléctricos permiten la detección del objeto (envase) para el inicio del proceso, el sensor tipo inductivo que permite la detección y calibración automática del motor a pasos por placas de metal situadas en la rueda en el caso de un desfase permitiendo un control seguro y confiable de la automatización.

Análisis del Nivel 1

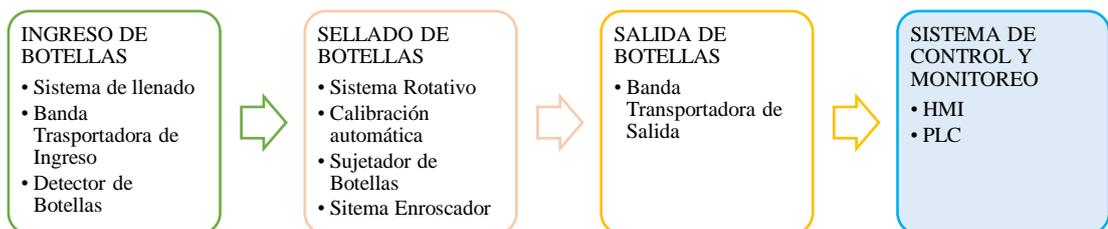
Este nivel emplea equipos de control capaces de tomar decisiones, como el Controlador Lógico Programable (PLC) que en base a su programación cumple las condiciones y ciclos de trabajo para un adecuado funcionamiento de variables de entrada y salida en el proceso.

Análisis del Nivel 2

En este nivel se describen todos los equipos que facilitan la comunicación entre el proceso y el operador en función de supervisión y control, en este caso mediante la manipulación de un HMI conocido como Interfaz Hombre Maquina permite la interacción del operador con todas las etapas del proceso observando y controlando que el funcionamiento de todas las etapas sean los correctos.

3.2.4 Análisis de la línea selladora en base a las etapas de funcionamiento

Para el diseño del sistema automático de sellado se identificó cuatro partes principales: ingreso de envases, sellado de botellas, salida de botellas selladas y el sistema de control y monitoreo. La Figura 16 muestra los elementos de cada etapa del sellado e indica la ubicación física de los mismos en la máquina selladora desarrollada en el presente trabajo de investigación. Cada una de estas partes son diseñadas para que su energía y funcionamiento solucione los inconvenientes del sistema de sellado manual.



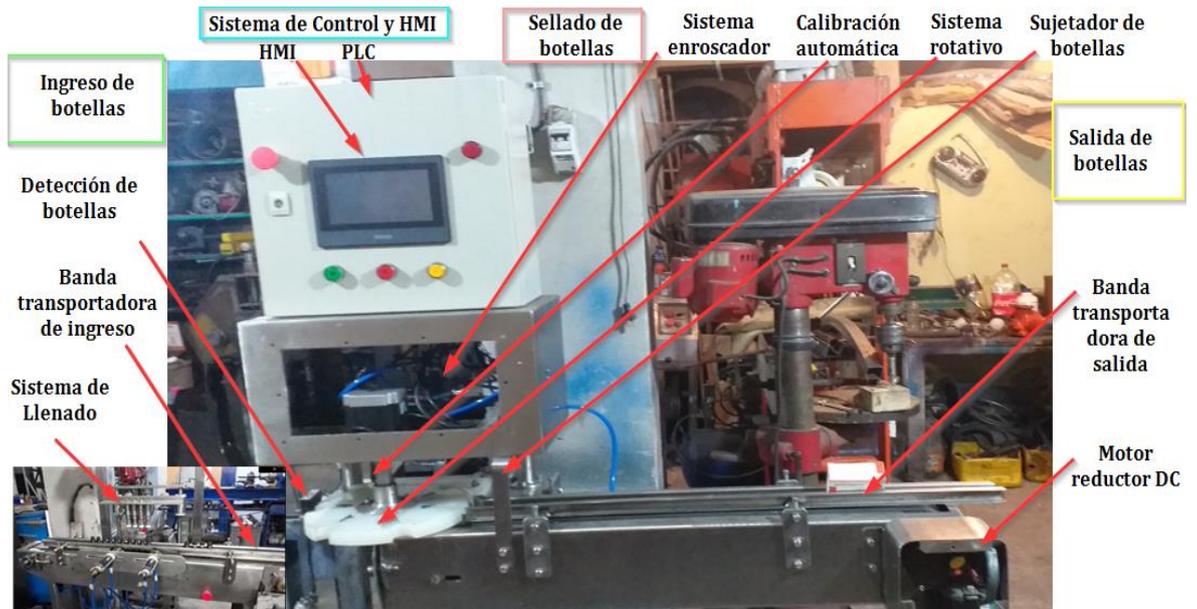


Figura 17. Descripción de las partes de la Línea Selladora

Elaborado por: El Investigador

3.2.4.1 Ingreso de Botellas

Las botellas llegan desde el sistema de dosificación, el cual se encarga de llenar los envases con el líquido del producto por medio de dos boquillas inyectoras. Una banda transportadora lleva las botellas hasta el sistema de sellado con una velocidad de 1,76 m/min a una razón de 12 botellas/min. Las botellas que ingresan son detectadas por un sensor óptico que permite coordinar el accionamiento de la siguiente etapa, es decir, el sellado.

- Cálculo de velocidad de la banda transportadora dosificadora

$$v = \frac{d \times 1 \text{ min}}{t} = \frac{1,5 \text{ m} \times 60 \text{ seg}}{51 \text{ seg}} = 1,76 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

v= velocidad de la banda transportadora

d= 1,5m longitud de la banda

t= tiempo recorrido final

- Cálculo de Botellas por minuto

Tiempo que se demora el proceso 10 seg de envasado. Uso de dos boquillas inyectoras.

$$Total\ botellas = \frac{60seg}{10seg} = 6 * 2 = 12 \frac{botellas}{min}$$

3.2.4.2 Sellado de Botellas

El mecanismo de sellado y elementos principales de la selladora se muestran en la Figura 17. El sistema rotativo está conformado por un motor paso a paso y una rueda dentada de 6 ranuras que giran 60 grados por ciclo para posicionar y alinear la botella a un motor neumático de sellado. Un pistón neumático es accionado para sujetar la botella del producto, posteriormente otro pistón neumático es el encargado de bajar el motor neumático de sellado hasta la tapa de la botella. Los distintos pistones son accionados mediante electroválvulas electroneumáticas. Es necesario una calibración automática de posicionamiento de la rueda dentada en caso de fallos mediante el uso de un sensor inductivo.

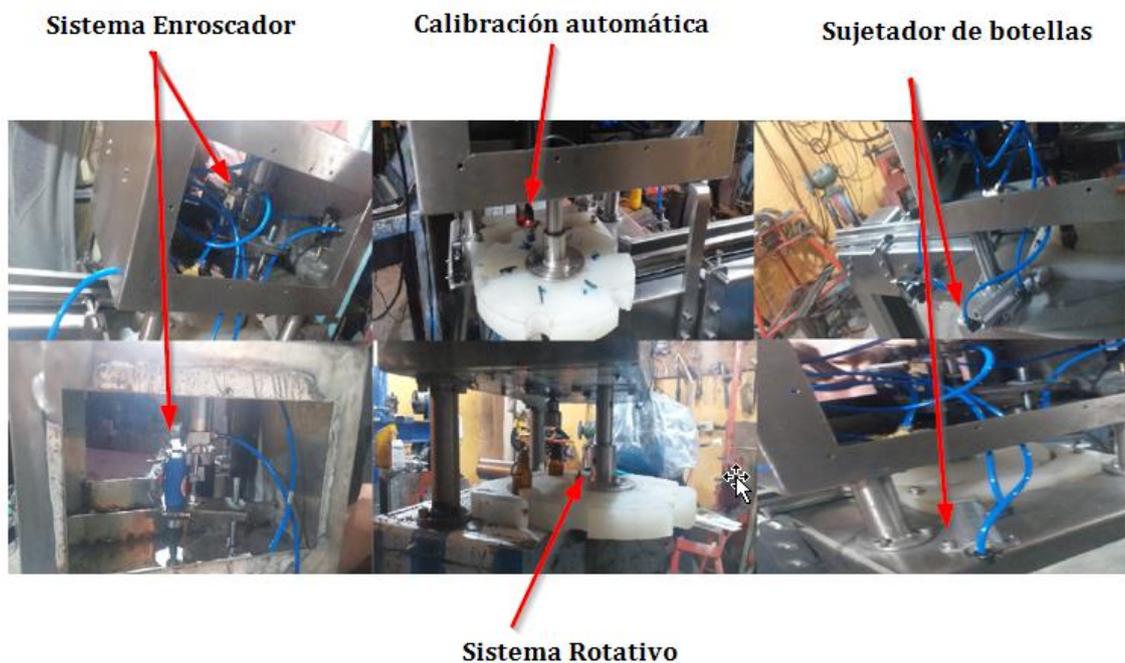


Figura 18. Partes del Sellado de botellas

Elaborado por: El Investigador

3.2.4.3 Salidas de Botellas

Las botellas selladas se dirigen de la rueda dentada hacia la banda transportadora de salida para ir al sistema de etiquetado. La rueda dentada envía hacia la banda

transportadora de salida 17 botellas/min. Un motor reductor DC es usado para accionar la banda transportadora. Se utiliza guías de metal que orientan la botella en su movilización por la banda. La Figura 18 muestra la ubicación física y partes del mecanismo que permite la salida de botellas a la siguiente etapa de producción.

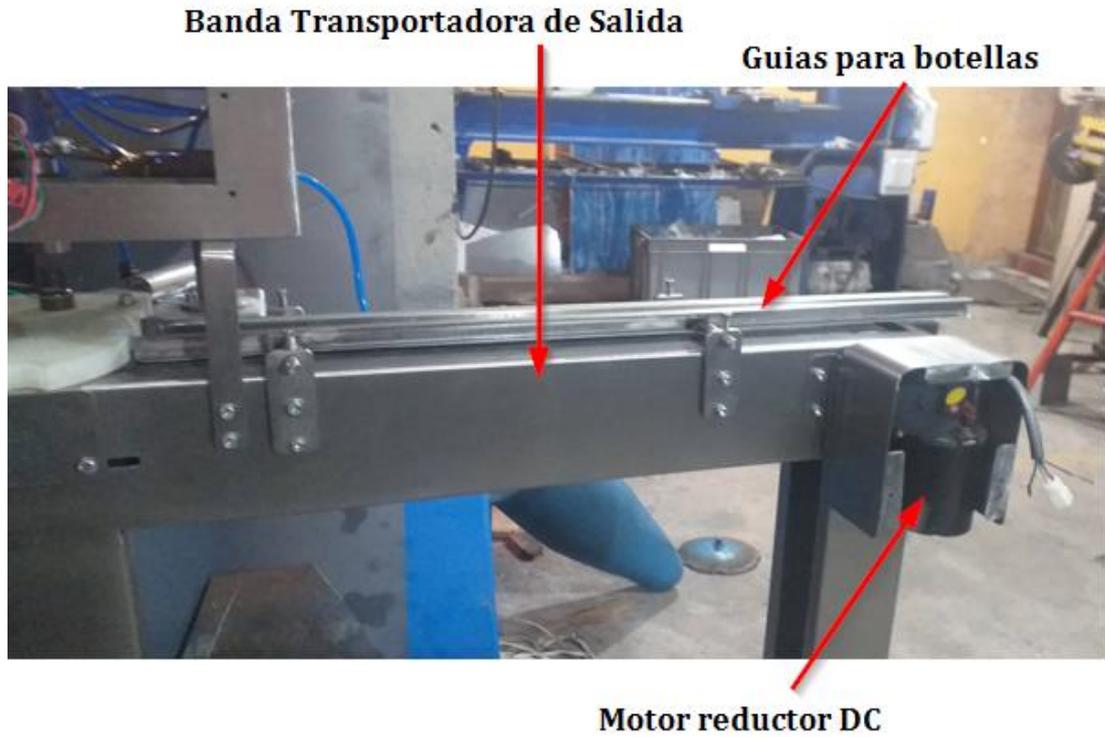


Figura 19. Partes de Salida de botellas

Elaborado por: El Investigador

- Cálculo de Botellas por minuto

Tiempo que se demora el proceso 3,5 seg en el sellado de cada botella.

$$Total\ botellas = \frac{60seg}{3,5seg} = 17 \frac{botellas}{min}$$

Ecuación 1. Cálculo de botellas por minuto a la salida de la línea selladora

Elaborado por: El Investigador

3.2.4.4 Sistema de Control y Monitorización

El sistema de visualización y control de variables basado en una interfaz hombre máquina (HMI) y un controlado lógico programable (PLC) desarrolla un programa para el control automático de la línea selladora mediante elementos de maniobra, de control y dispositivos de supervisión.

La comunicación es fundamental al momento de la interconexión entre PLC y HMI por lo cual se tiene presente los protocolos y redes de comunicación industrial en este caso tenemos:

Modbus como protocolo de comunicación siendo el más utilizado en el área de redes industriales por ser fácil, simple y compatible. Modbus funciona mediante tecnologías RS485, RS232, RS422 y Ethernet. Se gestiona la red mediante la configuración maestra/esclavos ya que la estructura permite un solo maestro y varios esclavos conectados teniendo una red segura, rápida, confiable, para que la transmisión de información entre los dispositivos sea exitosa. La Figura 19, muestra una representación general de la arquitectura Modbus.

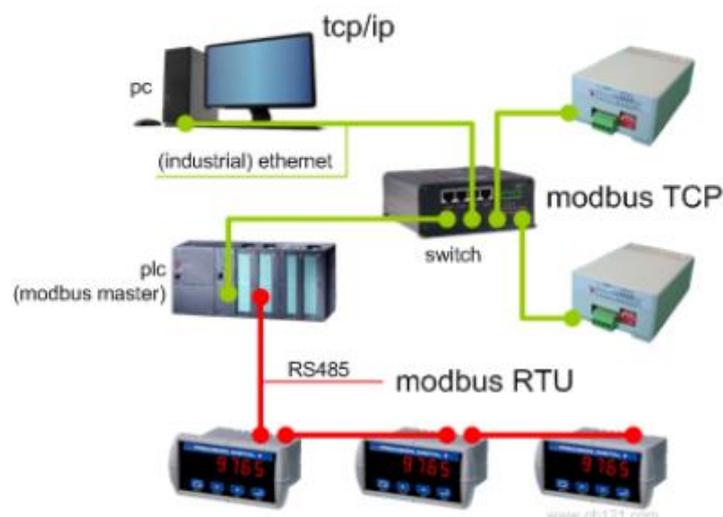


Figura 20. Representación gráfica de Modbus

Estos parámetros permiten utilizar al máximo la automatización de la línea selladora dando eficiencia, seguridad, confiabilidad al proceso y al producto.

3.2.5 Selección de hardware para la implementación del sistema

3.2.5.1 Sensor para detección de botellas en el ingreso de la selladora

- Sensores de proximidad

Los sensores permiten captar magnitudes físicas del entorno, para transformarlas en señales eléctricas, que nos permiten tomar decisiones. Se tiene una clasificación de sensores de proximidad que permiten detectar la presencia de objetos para el control del proceso de sellado, en la Tabla 8 se presenta la comparación de Sensores de Proximidad.[27]

Tipos de Sensores	Características
Fotoeléctricos u ópticos	Estos son sensores fotoeléctricos permiten la detección de cualquier tipo de objetos por medio de un haz de luz luminoso, que al momento de reflejarse el haz proyectado por el foto-emisor hacia el foto-receptor, provoca un cambio en el estado de la salida.
Inductivos	Utilizado principalmente en la detección de materiales u objetos metálicos, se forman de una bobina electromagnética la misma que permite la detección, se conoce como insensibles a la humedad y polvos.
Capacitivos	Detecta objetos metálicos y no metálicos, parecidos a los sensores de tipo inductivo, aunque la gran diferencia es que crean un campo electroestático para la detección de objetos, y no necesitan entrar en contacto directo con el objeto.
Magnéticos	Se los utiliza para detección de posición de fin de carrera, conocidos como relés, su funcionamiento es producido por la aparición de un campo magnético, permitiendo así accionar el sistema de conmutación electrónica.

Tabla 8. Comparación de Sensores de Proximidad

Elaborado por: El Investigador

Se requiere seleccionar un sensor para la detección de envase de vidrio a la entrada del sistema de sellado. Los requerimientos mínimos del sensor se muestran en la Tabla 9.

Parámetros	Especificaciones	Descripción
Comunicación	Reflexión Difusa Digital (On / Off)	Son los más comunes y de fácil manejo en entorno industrial
Precisión de detección	3 a 10 cm	El sensor será ubicado entre el rango especificado para la detección de los objetos
Alimentación	24V DC	Alimentación sugerida
Objetos detectados	Transparente, translucido, materiales opacos	La botella al ingreso se presenta de color ámbar de material de vidrio de 15ml
Sensibilidad	Ajustable	Calibración de detección de la botella al ingreso fácil
Tiempo de Respuesta	1ms a 20ms	Tiempo de transcurrido entre el emisor y el receptor.
Ambiente	Húmedo	Por la ubicación geográfica de la máquina Región Costa

Tabla 9. Requerimientos mínimos para la selección del sensor detector de botellas

Elaborado por: El Investigador

En la Tabla 10. Se compara varias marcas de sensores ópticos que cumplen con los requisitos antes mencionados.

Sensores Ópticos	Comunicación	Precisión de detección	Alimentación	Material de detección	Sensibilidad	Tiempo de respuesta	Precio
RIKO-R3JK-DU50A3	Reflexión Difusa	50cm a 100cm	24 a 30V DC 90 -260 VAC	ABS	ajustable	3ms	70\$
OMRON E3ZM-LS61H	Reflexión Difusa	1m	10 a 30V	Opaco	Ajustable potenciómetro de una vuelta	1ms	90\$
Autonics BM200-DDT	Reflexión difusa	200m m	12- 24VDC	Transparente, Translucido, Materiales opacos	VR ajustable	3ms	50\$

Tabla 10. Comparativa de Sensores Fotoeléctricos

Elaborado por: El Investigador

Las especificaciones de funcionamiento determinaron que el sensor fotoeléctrico de la marca Autonic modelo BM200-DDT satisface los requerimientos. El sensor posee una calibración sencilla, exacta, eficiente y un costo accesible siendo el más utilizados en la industria.

Sensor Fotoeléctrico

Se establece un sensor foto eléctrico para la detección de las botellas de vidrio color ámbar que se trasladan desde el sistema dosificador mediante la banda transportadora. La distancia entre el sensor y el envase es de 5cm. Al detectar la primera botella inicia el ciclo de la máquina, así continuamente durante toda la jornada de trabajo, hasta que

se detecte la última botella la cual finalizara el sistema. Las características del sensor se presentan en la Tabla 11.



Figura 21. Sensor BM200-DDT

Especificaciones	Características
Tipo de reflexión	Difusa
Distancia de detención	200mm (100x 100mm papel blanco opaco)
Materiales de detección	pueden ser transparentes, translucido y materiales opacos
Histéresis	de Max 10% en la distancia de detención
Tiempo de respuesta	máxima 3ms
Voltaje de Alimentación	12-24V DC \pm 10%
Fuente de luz	Led Infrarrojo(modulado)
Ajuste de sensibilidad	VR ajustable
Modo de operación	Normalmente abierto
Salida de control	NPN colector abierto
Circuito de protección	contra inversión de polaridad
Indicación por medio	LED rojo
Conexión cable	2m

Tabla 11. Especificaciones Principales del Sensor BM-200-DDT

Elaborado por: El Investigador

Se puede visualizar en la Figura 21 el área de detección del sensor fotoeléctrico.

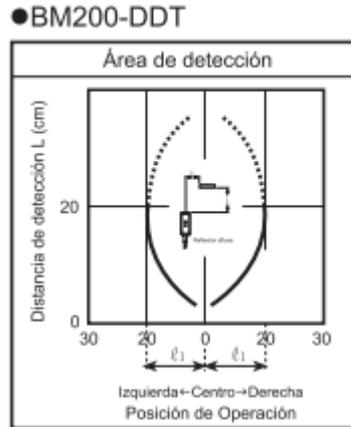


Figura 22 Área de Detección BM200-DDT

Elaborado por: El Investigador

Se puede visualizar en el Anexo 3 Hoja técnica del sensor BM-200DDT [28]

3.2.5.2 Motor para Sellado de botellas

Al iniciar el ingreso de botellas se necesita un motor para girar la mesa rotativa con ángulos de 60 grados exactos para lo cual se necesita establecer los requerimientos mínimos del motor.

Se necesita un control de velocidad y posicionamiento industrial continuo de baja potencia. El sistema rotativo deberá ser controlado por un motor que soporte largos periodos de trabajo esto implica una jornada completa de 8 horas. Debe resistir cambios contantes entre paradas y arranques. El motor debe trabajar en ciclos de 2 a 4 seg para enroscar las botellas. Estos tiempos se dan debido a la configuración en la etapa dosificadora por el número de boquillas inyectoras activas.

En la Tabla 12 se realiza un previo análisis entre los distintos tipos de motores eléctricos existentes en el mercado, tomando en cuenta su aplicación en el campo industrial así se observa sus ventajas y desventajas

Motores Eléctricos	Ventajas	Desventajas
Motores Universales	Utilizan CC y CA, se utilizan en máquinas que requieren altas velocidades con cargas débiles	No soporta largos periodos de activación y generan mucho ruido
Motores de corriente Alterna	Los motores de corriente alternan se presentan en la industria por su flexibilidad entre bajas y altas potencias, velocidades fijas y variables, Según su alimentación se presentan en monofásicos y trifásicos.	El uso continuo recalienta y varia su funcionamiento. Inconvenientes si se desea aplicar en procesos de velocidades muy bajas.
Motores de corriente continua	Buen control de la velocidad posibilita el cambio de giro de manera sencilla.	Tienden a sufrir mayor desgaste que los de corriente alterna Su uso es más singular en máquinas extractoras o cerraduras inteligentes, Necesita de una fuente que pase de alterna ha continua. Falta de precisión en el arranque y parada.
Motor paso a paso	Mayor exactitud en la posición y repetición, confiable, duradero ya que no existe contacto de escobillas, Gran rango de velocidades de rotación	El peso del motor es más debido al uso del imán rotor en su estructura.

Servos motores	Son parecidos a los motores a paso, pero con una electrónica de control integrada, giros con grados exactos. Máxima precisión, elevada torsión.	No son usados en la industria por sus elevados precios más utilizados en aeromodelismo y robótica.
-----------------------	---	--

Tabla 12. Análisis entre motores eléctricos

Elaborados por: el investigador

Una vez estudiado los distintos tipos de motores eléctricos y analizado las necesidades del sistema rotativo, se establece que el uso de un motor paso a paso es indispensable en el proceso. Este motor cumple con los requerimientos de control de velocidad, exactitud en movimientos rotativos, posición y repetición sin ningún desgaste por escobillas, perfecta respuesta en arranque y parada.

En el proyecto se toma en cuenta el cálculo mínimo del torque para el motor paso a paso necesario. El material a movilizar son botellas de vidrio de 15 ml llenas de propóleo, además el mecanismo rotativo tendrá sujeto en su centro una rueda dentada de duralon de aproximadamente 30cm de diámetro. Cada botella con liquido tienen una masa de 21.6 gr.

- Cálculo del torque mínimo

El torque mínimo se calcula basado en los parámetros de la Tabla 13.

Diámetro de la mesa	0,3m
Espesor de la mesa	0,03m
Material de la mesa	duralon derivado del Nylon
Número de objetos	6
Resolución deseada	1,8°
Angulo de giro de	60°
Tiempo de giro	43,9mseg

Tabla 13. Datos de cálculo de torque mínimo para motor paso a paso

Elaborados por: el investigador

Se realiza los siguientes cálculos para establecer el torque mínimo:

- Cálculo de tiempo de pulso

$$f = 750\text{Hz}$$

$$T = \frac{1}{750} = 1,33\text{ms}$$

- Cálculo de resolución de posición de la carga

$$\theta_{\text{paso}} = \frac{\frac{dcarga}{i}}{L}$$

$$= \frac{\frac{360}{1}}{1.8} = 200 \text{ pasos/rev}$$

- Cálculo del perfil de movimiento

$$P_{\text{total}} = \left(\frac{D_{\text{total}}}{\frac{dcarga}{i}} \right) * \theta_{\text{paso}}$$

$$= \left(\frac{\frac{60}{360}}{\frac{1}{1}} \right) * 200 = 33 \text{ pulsos}$$

- Cálculo de tiempo de giro

$$T_{\text{giro}} = 1,33 * 33 = 43,89 \times 10^{-3}$$

- Tiempo de aceleración y desaceleración: 0,11mseg

Se establece las siguientes fórmulas para el cálculo de tiempo del motor a pasos :

- Cálculo del tiempo de aceleración y desaceleración

$$f_{\text{trap}} = \frac{(p_{\text{tot}} - (f_0 * t_{\text{acel}}))}{(t_{\text{total}} - t_{\text{acel}})}$$

Despejamos el tiempo de aceleración/desaceleración

$$t_{\text{acel}} = \frac{(f_{\text{trap}} * t_{\text{total}}) - p_{\text{total}}}{(f_{\text{trap}} - f_0)}$$

$$t_{acel} = \frac{(750 * 43,89 \times 10^{-3}) - 33}{(750 - 0)} = -1,1 \times 10^{-4} = -110 \times 10^{-6} \text{s}$$

- Comprobación de la frecuencia máxima para movimiento trapezoidal

$$f_{trap} = \frac{(p_{tot} - (f_0 * t_{acel}))}{(t_{total} - t_{acel})}$$

$$= \frac{(33 - (0 * 0,11 \times 10^{-3}))}{(43,86 \times 10^{-3} - 0,11 \times 10^{-3})} = 753,6 \text{Hz}$$

- Inercia del reductor: 1
- Torque resistente durante el movimiento referido al eje del motor 0,02956 Nm

Se presentan fórmulas para el cálculo de fuerza necesaria del motor a pasos:

- Cálculo de la fuerza total

Se estable para plásticos y acero inoxidable un coeficiente de fricción aproximado de 0,25

$$F_{total} = F_{ext} + F_{friccion} + F_{gravedad}$$

$$F_{total} = 0 + u * 2,5 \text{kg} * \cos \theta * 9,81 + 0$$

$$F_{total} = 0 + 0,25 * 2,5 \text{kg} * \cos 0 * 9,81 + 0$$

$$F_{total} = 6,13 \text{ N}$$

$$T_{resist} = \frac{\left(\frac{F_{total}}{2\pi P}\right) + T_{preload}}{i}$$

$$T_{resist} = \frac{\left(\frac{6,13}{2\pi 33}\right)}{1}$$

$$T_{resist} = 0,02956 \text{Nm}$$

Se asume que el torque de carga y precarga sea depreciable.

Eficiencia del reductor: 1

- Cálculo de la inercia total del motor

$$J_{total} = J_{motor} + J_{reductor} + \left(\frac{J_{mesa}}{i^2}\right)$$

$$J_{mesa} = \frac{\pi L p r^4}{2} = \frac{\pi(0.0301m) 1140 \frac{kg}{m^3} 0,15^4}{2} = 0.0272 \text{ kg} - m^2$$

La inercia de la mesa reflejada al eje del motor es:

$$J_{total} = \frac{J_{mesa}}{i^2} + J_{reductor} = \frac{0.0272}{20^2} + 0 = 6,8 \times 10^{-5} \text{ Kg} - m^2$$

La Inercia del reductor es despreciable.

- El torque necesario para acelerar la inercia es:

$$n = \frac{\text{revoluciones}}{60 \text{seg}}, T = \frac{1}{n}$$

$$\text{revoluciones} = \frac{60 \text{seg}}{T}, T = 1,33 \text{mseg}$$

$$\text{total de pulsos} = 1,33 \text{mseg} * 200 = 0,267 \text{seg vuelta}$$

$$\text{revoluciones} = \frac{60 \text{seg}}{0.267 \text{seg}}$$

$$\text{revoluciones} = 224,71 \text{rpm}$$

- Cálculo de Torque de aceleración

$$T_{acel} = J_{total} * \left(\frac{\Delta \text{velocidad RPM}}{\Delta \text{tiempo}}\right) * \frac{2\pi}{60}$$

$$T_{acel} = 6,8 \times 10^{-5} * \left(\frac{224,71}{0,267 \text{seg}}\right) * \frac{2\pi}{60}$$

$$T_{acel} = 5,99 \times 10^{-3} \text{ Nm}$$

- Calcular el Torque total necesario para el motor paso a paso

$$T_{motor} = T_{acel} + T_{resist}$$

$$T_{motor} = 5,99 \times 10^{-3} \text{ Nm} + 0,02956 \text{ Nm}$$

$$T_{motor} = 0,0355 \text{ Nm}$$

Para un mejor funcionamiento del motor se duplica el toque total aproximado, por lo tanto, se estima un torque mínimo total de:

$$T_{total} = 0,0355Nm * 2$$

$$T_{total} = 0,0711Nm$$

En la Tabla 14 se realiza la comparación, de los motores paso a paso que cumplan con los requisitos mínimos.

Motores paso a paso	Torqu e	Numer o de fases	Angul o por paso	Alimentaci ón	Corrien te de fase	Peso de	Preci o
Motor paso a paso Dual Shaft	8,5Nm	Dos fases	1,8°	24V a 60V	5A	3,6K g	357
Kinco 2S86Q- 85B8	8,5Nm	2 fases	1,8°	24V a 70V	6A	3,7k g	245
XINJE 86BYGH11 4-J	8.5 Nm	2 fases	1,8°	24V a 70V	4,2A	3.8K g	189

Tabla 14. Comparativa de motores paso a paso

Al analizar sus especificaciones técnicas se selecciona el Stepp-Motor Industrial XINJE 86BYGH114-J, por su precisión de giro, disponibilidad en el mercado y costo accesible. En la Tabla 15 se presenta las especificaciones técnicas del motor.



Figura 23. Motor paso a paso de dos fases XINJE

Especificaciones técnicas	Descripción
Serie	86BYGH114-J
Largo	114mm
Torque Estático	8.5 Nm
Corriente por fase	4.2A
Resistencia por fase	0.85 Ω
Inductancia por fase	7.4 mH
Inercia del Rotor	3547g.cm ²
Eje Cuerpo llave plana	5*25
Eje diámetro	14mm
Peso	3.8Kg

Tabla 15. Especificaciones Técnicas de motor paso a paso

Elaborado por: el investigador

En el control de giro y sentido del Stepp-Motor seleccionado se utilizará un driver Kinco 2CM800 que permite trabajar con señales PWM. El Driver facilita la configuración de pasos y micro pasos para trabajar con altas o bajas velocidades de manera estable. El Driver es de tamaño compacto, de amplio rango de voltaje utilizado en equipos eléctricos, de impresión, médicos y envasado. Las especificaciones del driver se presentan en la Tabla 16:



Figura 24. Driver Kinco 2CM880

Especificaciones	Descripción
Corriente pico	2.4 – 8A
Voltaje	24-70VCC
Número de subdivisión	200-25600
Peso	0.253Kg
Dimensión	118X75.5X34 mm
Serie	CM

Tabla 16. Características del Driver Stepp-Motor

Elaborado por: el investigador

3.2.5.3 Sensor para calibración de rueda dentada

El sensor de calibración permite ser la guía para la ubicación inicial de la rueda o punto cero en caso de desfase provocado por los giros consecutivos de la mesa rotativa que imposibilite el buen funcionamiento de la máquina. La Tabla 17 se especifica los requerimientos mínimos que debe cumplir el sensor de proximidad.

Parámetros	Especificaciones	Descripción
Comunicación	Señales digitales de alta precisión	Son los más comunes y de fácil manejo en entorno industrial
Precisión de detección	1 a 9.8 mm	El sensor será ubicado entre el rango especificado para la detección de los objetos
Alimentación	24V DC	Alimentación sugerida
Objetos detectados	Láminas de metal acero inoxidable, o cualquier otro metal	Las láminas colocadas de forma radial distribuidas en la rueda a una separación de 60° exactos
Sensibilidad	fija	La distancia es 5mm entre el sensor y las láminas de acero inoxidable.

Tiempo de Respuesta	5ms	tiempo transcurrido al detectar el metal y enviar la señal al controlador
Ambiente	Húmedo	Por la ubicación geográfica de la máquina Región Costa

Tabla 17. Requerimientos mínimos Sensor Inductivo

Elaborado por: el investigador

Los sensores foto eléctricos son inadecuados para esta aplicación ya que el rango de detección mínima supera los requerimientos. Los sensores capacitivos no son factibles por su elevado costo. Por lo tanto, se tiene los sensores inductivos que son utilizados en aplicaciones industriales para la detección de metales a cortas distancias gracias a su elevada precisión de lectura. De esta forma se realiza la comparativa de sensores disponibles en el mercado en la Tabla 18.

Sensores Inductivos	Comunicación	Precisión de detección	Alimentación	Material de detección	Tipo de Salida	Tiempo de respuesta	Precio
NPN LJ12A3-4-Z/BX	Digital	4mm	6V a 36V	Metálicos	NPN	0,5 KHz es decir 2ms	\$18
Zenso ZI18-3008NCT4	Digital	8mm	6V a 36V	Metálicos	NPN	0,2KHz es decir 5ms	\$35
Autonics PRD 18-14DN	Digital	14mm	10GGV-30V	Metálicos	NPN	0,2KHz es decir 5ms	\$ 30

Tabla 18. Comparación de Sensores Inductivos

Elaborado por: el investigador

Se selecciona el sensor inductivo Sensor PRD 18-14DN marca Autonics que permite la detección de objetos metálicos sin contacto directo en este caso se emplea en el proceso para la calibración automática del inicio de cada ciclo. Se observa en la Tabla 19 las características del sensor.



Figura 25. Sensor Inductivo Autonics

Especificaciones	Descripción
Tipo de cable	DC 3 hilos
Voltaje de alimentación	12-24V DC (10-30V DC)
Histéresis	máx. 10 % de la distancia de sensado
Diámetros Lateral	M18
Distancia de detención	máxima de 14mm
Objetivo de detección	estándar 40x40x1mm(hierro)
Frecuencia de respuesta	200Hz
Resistencia de aislamiento	Min. 50M Ω (500V DC)
Salida de control	NPN Normalmente abierto
Material	Láton (Niquelado)
Cable estándar protección	IP67
Temperatura ambiente	de -25 a 70°C
Humedad ambiente	35 a 95% humedad relativa

Peso	110g aprox.[29]
------	-----------------

Tabla 19. Características Sensor Inductivo

Elaborado por: el investigador

Se puede obtener mayor información en el Anexo 4 Especificaciones Técnicas del Sensor Inductivo PRD18-14DN.

3.2.5.4 Sistema neumático para la selladora

El sistema neumático está compuesto por un cilindro de doble efecto sujeta las botellas cuando están ubicadas debajo del enroscador. Otro componente es el cilindro de doble efecto de movimiento vertical para que el enroscador suba, baje fácilmente y selle los envases. El enroscador es un motor neumático con un vástago en el cual se adapta un molde de la tapa del envase para cumplir con su función. Para el accionamiento de los actuadores neumáticos se utiliza electroválvulas.

Electroválvulas

Son dispositivos mixtos que permiten o bloquean el paso del fluido además de su dirección basados en un accionamiento eléctrico. Las electroválvulas se las caracteriza por su aplicación, número de vías, y posiciones, así tenemos válvulas 2/2, 3/2, 4/2, 5/2, 5/3 de vías.

Se realiza una comparación para la selección de electroválvulas con los siguientes requisitos como se observa en la Tabla 20:

Tipos de electroválvulas neumáticas	Alimentación	Configuración	Ciclo de Frecuencia	Resistencia a la presión	Uso Fluido	Lubricación	Precio
VALVE 4V320-08	110V	Cinco vías,	5 máximo/seg	10,5 Kgf/cm ²	Aire (filtrado a través de la pantalla de 40 micras)	No es necesario	\$60

		posicio nes					
XCPC 4V320-10	110V	Cinco vías, dos posicio nes	5 Hertz	167 PSI / 8,0 Bar	Aire filtrado por elemento de 40u	Recomen dada con aceite ISO VG32	\$45

Tabla 20. Comparación de Electroválvulas neumáticas

Elaborados por: el investigador

Se selecciona la Electroválvula neumática 5/2 Puertos 3/8" modelo 4V320-10 como pre actuador electroneumático para permitir el paso en dos sentidos y la aplicación en cilindros de doble efecto ya que permite expulsar el vástago y contraer el embolo de forma rápida y sencilla. Las características se aprecian en la Tabla 21:



Figura 26. Electroválvulas neumáticas 5/2

Especificaciones	Descripción
Tamaño de cuerpo:	300
Tipo de función:	Biestable
Configuración:	Cinco vías, dos posiciones (5/2)
Bobinas:	2 (doble solenoide)
Caudal:	1.68 CV (58 SCFM) (7.5 CFM @ 100 psig & 20 °C) (1650 NI/min) (222 l/min @ 100 psig & 20 °C)

Puerto de presión:	G3/8" (3 puertos)
Puertos de desfogue:	G1/4" (2 puertos)
Medio de trabajo:	Aire filtrado por elemento de 40u
Accionamiento:	Por solenoide & piloto interno o manual
Presión de trabajo:	21 – 114 PSI (0.15-0.8 MPa) (1.5 – 8.0 Bar)
Presión máxima a resistir:	167 PSI (1.2 MPa) (12 Bar)
Temperatura de operación:	5 – 50° C
Material del cuerpo:	Aluminio aleado
Lubricación:	Recomendada con aceite ISO VG32
Rango de voltaje:	+/-10%
Consumo de potencia:	AC: 2.5 VA DC:2.5W
Aislamiento & clase de protección:	Clase NEMA F e IP65 (NEMA4)
Conexión eléctrica:	Por conector DIN 43650 B
Frecuencia de acción más alta:	5 Hertz

Tiempo de excitación más corto:	0.05 seg.
--	-----------

Tabla 21. Características de Electroválvula neumática 5/2

Los cilindros de doble efecto permiten ejercer fuerza en dos direcciones además de contribuir como doble acción entre el vástago y el émbolo. Se toma en cuenta su presión de trabajo en (Bar). En un proceso industrial sus aplicaciones más comunes son las de presionar, sujetar, mover objetos.

Se realiza una selección de actuadores neumáticos el cilindro de doble efecto para el movimiento vertical del mecanismo del enrosgador. Se realizará una comparación en la Tabla 22.

Tipo de cilindro de doble efecto	Diámetro	Carrera estándar	Fluid o	Rango de temperatura operacional	Presión máxima de funcionamiento	Precio
SMC- Serie C96	40mm	125mm	aire	-20 a 70 C°	10bar	\$85
VPC- SC- 32x150- S	32mm	150mm	aire	-10 a 70 C°	9bar	\$70
Cilindro ISO 15552 – INOX	32mm	160mm	aire	-10 a 150C°	10bar	\$68

Tabla 22. Comparación cilindro de doble efecto

Elaborados por: el investigador

Se selecciona un cilindro de doble efecto para el desplazamiento del enroscador del envase del producto propolis. El Cilindro ISO 15552 – Acero Inoxidable es usado en la industria para entornos hostiles como la farmacéutica, alimentaria, naval, consta de las siguientes características que se aprecian en la Tabla 23:



Figura 27. Cilindro ISO 15552

Especificación	Descripción
Tamaño	Ø 32mm
Carrera estándar	160mm
Fluido aire	lubricado o no lubricado
Rango de temperatura operacional	(-10° + 150°C)
Presión máxima de funcionamiento	10 Bar[30]
Presión mínima de funcionamiento	0.5 Bar
Velocidad del émbolo	De 50 a 1.000mm/s

Tabla 23. características de cilindro de doble efecto

Elaborados por: el investigador

El cilindro sujetador debe ser rápido, tener una fuerza suficiente para sostener la botella y al mismo tiempo no romperla. Para el cilindro sujetador se realiza una comparación en la Tabla 24 de varios modelos encontrados en el mercado.

Tipo de cilindro de doble efecto redondo	Diámetro	Carrera estándar	Fluid	Rango de temperatura operacional	Presión máxima de funcionamiento	Precio
Cilindro redondo DSNU	16mm	100mm	Aire	-20° a 80°C	10bar	\$65
NORGRE N-RT/57200-M	16mm	99mm	Aire	-10° a 80°C	1 a 10bar	\$62
ISO 6432- Acero Inoxidable	16mm	100mm	Aire	-10°C a +150°C	10bar	\$ 50

Tabla 24. Comparación de cilindro de doble efecto redondo

Elaborados por: el investigador

Se selecciona el cilindro ISO 6432- Acero Inoxidable mostrado en la Figura 27, este consta de cabezales traseros y delanteros que se fijan al tubo a través del rodillo, se presenta una versión de doble efecto, con las siguientes características descritas en la Tabla 25.



Figura 28. Cilindro de Doble efecto ISO 6432 - Acero Inoxidable

Especificaciones	Descripción
Doble efecto	Ø16
Fluido Aire	lubricado y no lubricado
Rango de Temperatura	(-10°C / +150°C)
Presión Máxima de operación	10 Bar

Tabla 25. Características de Cilindro de doble efecto redondo

Elaborados por: el investigador

El enroscador debe ser un motor neumático de paletas, por el diseño y estructura más liviano, compacto y de altas velocidades de giro. Es regulable mediante la utilización de medidores, y estranguladores, se toma en cuenta el par de arranque y la potencia requerida en el sistema, así se realiza la comparación de motores en la Tabla 26.

Tipos de motores roscadores	Capacidad Tapping	Velocidad	Peso	Tamaño	Presión de Aire	Precio
High Torque Pneumatic Tapping Hand tool	0,5-90 mms	250 + 90RPM	3.09Kg	384mm	6.3bar	\$450
Roscadora neumatica SA-8214P	0,5-100 mms	400RPM	1,3Kg	269mm	6,3bar	\$415
Wespro Power Tools128300k	0,5-100 mms	1800 RPM	1,16kg	264mm	6.21bar	\$357,58

Tabla 26. Comparación de motores Neumáticos

Elaborados por: el investigador

Se selecciona el motor neumático de marca Wespro Power en su modelo Tools128300k mostrado en la Figura 28, el cual trabaja con aire comprimido. El motor neumático es económico, compacto, ligero, utilizado en la industria alimenticia, agrícola o farmacéutica, por su construcción en acero inoxidable. Estos motores giran a altas velocidades, y poseen una potencia elevada. Las características de motor de aletas seleccionado se describen en la Tabla 27.



Figura 29. Motor neumático de aletas

Especificaciones	Descripción
Conexión de entrada roscada	0,5 -100 mm
Rango de Potencia	0.16 .0.25 kW
Potencia	375w
Presión de aire	6,3 bar (90psi)
Velocidad a máx.	1800RPM
Rango de Torque	5 a 13 Nm
Peso	1,16 Kg
Modelo Giro	reversible

Tabla 27. Características del Motor neumático

Elaborados por: el investigador

3.2.5.5 Banda Transportadora para salida de botellas

En el proyecto otra parte importante es la salida de las botellas selladas del sistema por lo que las botellas salen una tras otra a través de una banda transportadora. En el diseño mecánico se estableció dos guías laterales al nivel de las botellas, una vez que salen del sistema rotativo se dirigen a la banda transportadora la cual es controlada por un motor reductor DC.

Se establece principalmente la potencia de accionamiento de la cinta y la potencia necesaria para el motor

La velocidad lineal es 0,14m/s

$$v = \frac{\text{recorrido}}{\text{tiempo}} = \frac{35\text{cm}}{2,5\text{s}} = \frac{14\text{cm}}{\text{s}} = 0.14 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Peso del producto 4.28kg/m²

Distancia entre ejes a lo largo de la banda: 10cm

Ancho de la cinta: 7cm

Tipo de impulso: motor eléctrico directo

Largo de la cinta 80cm

Se realiza cálculos previos sobre la cinta transportadora para obtener la potencia necesaria del motor que mueve la cinta

- Cálculo del área de la carga transportadora

$$A_{\text{cinta}} = 80\text{cm} * 7\text{cm} = 560\text{cm}^2$$

Como la banda transportadora no trabaja 100% llena se estima un 90% de la cinta

$$A_{\text{ef}} = 0.90 * 560\text{cm}^2 = 504\text{cm}^2 =$$

Por lo tanto, la carga del producto

$$M = \frac{21.6}{504\text{cm}^2} = \frac{0,428\text{g}}{\text{cm}^2} = 4.28\text{kg}/\text{m}^2$$

Tracción de la banda BP cálculo del producto acumulado Mp

Fp coeficiente de fricción = 0.8

$$\begin{aligned} M_p &= M * F_p * \left(\frac{\text{el porcentaje acumulado}}{100} \right) \\ &= 4.28 * 0.8 * \left(\frac{10}{100} \right) \\ &= 0.3424\text{kg}/\text{m}^2 \end{aligned}$$

Peso de la banda es de 2,16Kg/m²

El coeficiente adimensional Fw bandas de polipropileno 0,31

- Cálculo de la tracción ajustada de la banda

Cálculo de BP

$$\begin{aligned}BP &= [(M + 2W) * Fw + Mp] * L + (M * H) \\&= [(4,28 + 2 * 2,16) * 0,31 + 0,34] * 0,07 + (4,28 * 3,21) \\&= 13,95Kg/m\end{aligned}$$

SF es el factor de servicio adecuado 1. 8

$$\begin{aligned}ABP &= BP * SF \\&= 13,95 * 1,8 \\&= 25,10 kg/m\end{aligned}$$

Potencia necesaria para accionar la banda

$$\begin{aligned}Potencia &= \frac{ABP * B * V}{6,12} \\&= \frac{25,10 * 0,07 * 8,4}{6,12} \\&= 2,411 W\end{aligned}$$

Potencia del Motor

$$Potencia\ motor = \frac{2,411}{100 - 15} * 100 = 2,84W$$

Para lo cual se considera un motor comercial industrial 6,6 W o mayores

Ya que la banda transportadora necesita de una potencia baja porque el peso de producto transportado es ligero y una velocidad mínima. El motor eléctrico adecuado para el movimiento de la banda es un motor reductor DC por eso se realiza una comparación de motores reductores DC en la Tabla 28:

Tipos de motores reductores DC	Alimentación	Corriente Nominal	Potencia	Velocidad Nominal	Torqu e	Preci o
10jSeries ATEXMotor-Worm	5 a 12V	1.5A	18w	35rpm	8.0Nm	\$128
MotorReductor DC	5 a 12V	5A	60W	50rpm	6.0Nm	\$240
Motor-Eléctrico-CC-Reducción-Engranés	5 a 12 V	4,2A	50W	45rpm	8Nm	\$205

Tabla 28. Comparación de motores reductores DC

Se selecciona el motor reductor eléctrico de 12 V DC mostrado en la Figura 29. Estos motores son fáciles de usar y controlar, es un motor de engranajes tipo cepillado, se puede establecer una velocidad constante y estable, tiene una buena disipación de calor para evitar sobrecargas, giro en sentido horario y antihorario, aplicaciones en bandas transportadoras, bicicletas, limpia parabrisas. Las características del motor DC seleccionado se muestran en la Tabla 29.



Figura 30. Motor Eléctrico CC 12V

Especificaciones	Descripción
Voltaje nominal	12 VDC
Velocidad nominal	35RPM

Salida potencia	18W
Corriente	1.5 A
Par Nominal	8 Nm

Tabla 29. Características del Motor Reductor DC

En la estructura de la banda transportadora se ubica la unidad de mantenimiento neumática que permite suministrar de aire comprimido el cual pasa por un filtro de aire, después se lo regula a la presión requerida, y pasa por un vaso lubricador, estos componentes del dispositivo permiten proporcionar a las electroválvulas neumáticas el aire limpio libre de contaminantes, así tendremos el siguiente modelo seleccionado.

Realizaremos también el cálculo del consumo de aire comprimido a utilizar en el sistema neumático.

Para este cálculo se presenta la siguiente información

Presión de Trabajo	7 bares
Presión de servicio	8 bares
Diferencia de presión	1bar

Tabla 30. Parámetros de presión

Elaborados por: el investigador

- Cálculo de relación de compresión

$$= \frac{101.3 + \textit{Presion de trabajo}}{101.3}$$

$$= \frac{101.3 + 700}{101.3} = \frac{801.3}{101.3} = 7.91$$

Se establece las siguientes cargas:

Cilindro de doble efecto

Cilindro de doble efecto redondo

Motor neumático

Cálculo teórico

- Cilindro de Doble Efecto

Diámetro de embolo	32mm
Diámetro del vástago	22mm
Longitud de carrera	160mm
Ciclos por minuto	10min

Tabla 31. Datos cilindro Doble Efecto vertical

Elaborados por: el investigador

Se realiza el cálculo de consumo del cilindro de doble efecto

$$\begin{aligned} V &= \left(s * \frac{d^2 * \pi}{4} + s * \frac{d^2 - d1^2 \pi}{4} \right) * n * \text{relación de compresión} \\ &= \left(160 * \frac{0.032^2 * \pi}{4} + s * \frac{0.032^2 - 0.022^2 \pi}{4} \right) * 10 * 7.91 \\ &= 8,6075 \text{ l/min} \end{aligned}$$

- Cilindro de Doble Efecto Redondo

Diámetro de embolo	16mm
Diámetro del vástago	10mm
Longitud de carrera	100mm
Ciclos por minuto	10 min

Tabla 32. Datos cilindro Doble Efecto sujetador

Elaborados por: el investigador

$$\begin{aligned} V &= \left(s * \frac{d^2 * \pi}{4} + s * \frac{d^2 - d1^2 \pi}{4} \right) * n * \text{relación de compresión} \\ &= \left(100 * \frac{0.016^2 * \pi}{4} + s * \frac{0.016^2 - 0.010^2 \pi}{4} \right) * 10 * 7.91 \\ &= 1.4754 \text{ l/min} \end{aligned}$$

Motor Neumático

El motor neumático tiene un consumo de aire a máxima potencia de 620 l/min aproximadamente.

Se realiza el cálculo de consumo total con los valores establecidos anteriormente en los actuadores neumáticos:

Calculo consumo total

Consumo Total

*= Consumo por elemento * Elemento por tablero
* Numero de tablero*

$$\text{Consumo Total (DE)} = 8,6075 \frac{\text{l}}{\text{min}} * 1 * 1 = 8,6075 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

$$\text{Consumo Total (DER)} = 1.4754 \frac{\text{l}}{\text{min}} * 1 * 1 = 1.4754 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

$$\text{Consumo Total (MN)} = 620 \frac{\text{l}}{\text{min}} * 1 * 1 = 620 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

$$\text{Consumo de Total} = 8,6075 \frac{\text{l}}{\text{min}} + 1.4754 \frac{\text{l}}{\text{min}} + 620 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

$$= \frac{630.0829\text{l}}{\text{min}} = 37.804974 \text{ m}^3/\text{h}$$

Así representamos el consumo de aire necesario para el perfecto funcionamiento de nuestro sistema eléctrico – neumático.

Para lo cual se recomienda un compresor de presión máx145 psi y una potencia HP 7.5 aproximadamente, a pistón en el Anexo 6

Se selecciona un compresor Shulz Advance 7.5HP 3 Pistones 80 Gal. La cual permite suministrar de aire los actuadores de la máquina selladora. A continuación, se presenta las características del compresor en la Tabla 33:



Figura 31. Compresor de aire

Especificaciones	Descripción
Potencia	7.5 HP
Presión máxima	175psi
Capacidad del tanque	80gal
Voltaje motor	220V AC
Drenaje	Válvula manual

Tabla 33. Características Compresor de aire

Elaborados por: el investigador

Luego seleccionamos la unidad de servicio o de mantenimiento neumática para la conexión hacia las electroválvulas de más de los estranguladores necesarios para cada flujo de aire en cada uno de los actuadores tenemos si el dispositivo las características se presentan en la Tabla 34:



Figura 32. Unidad de Mantenimiento neumático

Especificaciones	Descripción
Materiales del cuerpo	Aluminio
Diámetros de conexión	Desde ¼ hasta 1
Presión de filtrado	5, 10, 25 micrones
Presión de trabajo máxima	145psi
Configuraciones	1/4NPT, 3/8NPT, hasta 1NPT

Tabla 34. Características de la Unidad de Mantenimiento

3.2.6 Elementos para sistema de control y monitoreo de la Línea Selladora

3.2.6.1 Controlador Lógico Programable (PLC)

La investigación para la selección de un dispositivo de control lógico programable se presenta la Tabla 35 que compara las características de distintos fabricantes de PLC.

Tipos de PLC	Voltajes de alimentación	Tipos de entrada	Tipos de salidas	Tipos de Salida de pulsos	Módulos y protocolos	Precio

SIEMENS SIMATIC S7-1200 CPU1214C DC/DC/DC	Rangos admisibles DC 20,4 – 28,8 V DC	14 DI 24V DC 2AI 0- 10V DC	10 DO 24V DC	4 salidas rápidas de tren de pulsos de 100 KHz	SI PROFINET TCP /IP ISO-on- TCP(RFC1006) UDP ModBus	\$489,56
XINJE XD3- 16RT-E	AC 100V- 240V	8 DI 24V DC	8 DO 2 Transistor NPN 24V DC 6 Relay AC/DC	2 salidas rápidas de tren de pulsos máx. 200KHz	SI Modbus RS232 RS485	\$200
DELTA DVP - 14SS211T	24V DC	8 DI 24V DC	6 DO 24V DC	4 salidas de pulsos de alta velocidad máx. 10KHz	SI ModBus ASCII /RTU RS232 RS485	\$159,67

Tabla 35. Descripción de PLC

Elaborado por: El investigador

Se estableció como mejor opción el controlador lógico programable de la marca Xinje modelo XD3-16-RTE por su bajo costo, flexibilidad de tratamiento de señales digitales y disponibilidad en el mercado

PLC Xinje XD3-16RT-E

XINJE

XD NEW series
XD2 series
XD3 series
XD5 series
XDM series
XDC series

Figura 33. Presentación del logo XINJE Serie XD

El controlador lógico programable XINJE de la serie XD cuenta con diversas funciones que permiten el control de procesos automatizados en la industria. El PLC facilita el control de señales PWM al tener salidas de pulsos con una frecuencia máx. 200KHz. Los Protocolo de comunicación son libres entre ellos esta Modbus (RTU and ASCII). En la Figura 33 Presentación del logo XINJE Serie XD[31]



Figura 34. PLC XINJE Serie XD3

En la Figura 34 se presenta el PLC Xinje seleccionado modelo XD3-16RT-E el cual se describe como un dispositivo versátil, económico, escalable de calidad para el control de variables en procesos de automatización. Las principales especificaciones generales del controlador se presentan en la Tabla 36 dando a conocer rangos de voltaje, temperaturas de trabajo, protocolos de comunicación, módulos de expansión y más características.

Ítems	XD3-16RT-E /Especificaciones
--------------	-------------------------------------

Tipo	16 E/S (8 DI, 8DO)
Módulo de expansión a la izquierda	1
Módulo de expansión a la derecha	10
Voltaje Nominal o Rango de Voltaje	AC100V-240V
Tensión de Aislamiento	Sobre 500V DC 2MΩ
Anti-Ruido	Voltaje de ruido 1000Vp-p 1us pulso por 1 minuto
Temperatura Ambiente	0° C- 60° C
Humedad Ambiente	5% - %95% (sin condensación)
COM1	RS-232, conexión de ordenador superior, HMI para el programa
COM2	RS-232/RS-485. Conexión de instrumentos inteligentes o inversores
Instalación	Uso DIN para arreglar o M3screws
Conexión a tierra	Conexión del tercer tipo (no conexión a tierra con un sistema de energía fuente)

Tabla 36. especificaciones generales del PLC XINJE XD3-16RT-E

Elaborado por: El investigador

El PLC XD3-16RT-E su modo de programación se establece por lista de instrucciones o lenguaje LADDER, estos modos son de fácil uso y comprensión al momento de programar además de ser modos estandarizados. Anexo 1 Las dimensiones del PLC, Distribuciones Físicas (entradas, salidas), Especificaciones Eléctricas y Técnicas.

3.2.6.2 HMI (Interfaz hombre Máquina)

El desarrollo de HMI o Interfaz hombre Maquina descrita como interfaz de comunicación entre el operador y el proceso, permite el control, monitoreo de forma gráfica de los procesos industriales.

Así se realizará una comparación entre diferentes HMI en el mercado, teniendo en cuenta la compatibilidad de protocolos con el PLC XINJE XD3- 16RT-E para establecer una red industrial confiable, eficiente y de calidad para realizar la monitorización y el control en la automatización de la línea selladora. Se presenta en la Tabla 37 Comparación de HMI.

Modelos	Voltaje de Alimentación	de Memoria	Protocolos de comunicación	Peso de pantalla Display	de Precio
HMI KINCO GL070E	+24V DC (10V-28V) DC	128MB Flash Memory 128 MB DDR3 Memory	ModBus RS232/RS485/ RS422	Aproximadamen te 500g(0,5Kg) LCD TFT (154.08 X 85.92) mm	\$400
HMI Touch Screen Delta DOP-107BV	+24VDC (-15% a +15%)	ROM 256MB RAM 256MB	ModBus RS32(supporti ng flow control) RS.422/RS485	Aproximadamen te 700g LCD TFT (154.08 X 85.92) mm	\$500
HMI SIEMENS KTP700 Basic DP	+ 24V DC con un rango de (-20%, +20%)19.2 a 28.8 V	Data Memory256 MB Program Memory 512MB	Profibus RS422/RS485	Aproximadamen te 780g LCD TFT (154.1x85.9) mm	\$ 750

Tabla 37. Comparación de HMI

Elaborado por: El Investigador

El costo, calidad, confiabilidad, factibilidad de la pantalla HMI KINCO GL070E permitirá el monitoreo de la línea selladora, además de la compatibilidad con el PLC

para controlar las variables del proceso. La HMI presenta protocolos libres como ModBus, Profibus, entre otros que permite una conexión fiable y flexible. Además, tener una memoria que satisface con las necesidades del proceso.

HMI KINCO GL070E



Figura 35. Logo Kinco

La HMI KINCO Serie Green ,es la versión mejorada de la serie MT utiliza procesadores de grado industrial ARM Cortex-A7 , que garantiza la confiabilidad de la HMI , su funcionamiento es eficiente, además de una alta resistencia de temperaturas y una arquitectura CPU 792MHz.[32]



Figura 36. Pantalla Táctil HMI KINCO GL070E

Así para las necesidades del proyecto se presenta HMI KINCO GL070E que se describe con las siguientes características:

Especificaciones	Descripción
Tamaño de pantalla de	7"
CPU RISC ARM	32 bits y 792MHz
Destello o Flash memory	128MB
SDRAM	128MB
Dos Puertos COM o Serie soporta	RS232/ RS485/RS422

Comunicación	ModBus
Ethernet	10/100 Base-T
Voltaje de alimentación	24V DC
Temperatura de trabajo	0 – 50 °C
Humedad de Trabajo	10 - 90% RH
Peso	0,5 Kg
Software de configuración	Kinco DTools V3.3 y versión superior.[33]

Tabla 38. Características de HMI Kinco

Elaborado por: El Investigador

Además de otras especificaciones como se presenta en el Anexo2 Las dimensiones de la HMI Kinco Serie Green, Especificaciones Eléctricas y Técnicas.

3.2.7 Elementos del Tablero Eléctrico de control de la línea selladora

3.2.7.1 Tablero Eléctrico

Estos tableros son muy importantes para la ubicación y protección de los dispositivos electrónicos de control, seguridad, además de los elementos de maniobra, permitiendo establecer una correcta distribución de materiales eléctricos y electrónicos. Así tener una instalación eficiente, para lo cual se debe tomar en cuenta los estándares de fabricación, normas de seguridad, que certifiquen el funcionamiento así tenemos una típica comparación entre gabinetes de pared que se usan en instalaciones industriales y eléctricas ponemos observar en la Tabla 39.

Gabinete de Pared	Características
Servicio Liviano	Grado De protección: IP 41
	Especificaciones: servicio liviano cuerpo monobloque soldado con sistema

Servicio Pesado	MIG, puerta no reversible con empaque de poliuretano, soldadura tipo triangula cromada, fabricados de acero lamina en frio de 0.8mm (Validado bajo norma JIS 3141)
	Resiste aceites, derivados de petróleo, soluciones acidas, alcalinas en concentraciones no mayores al 10%
	Grado De protección: IP 41
	Especificaciones: Servicio pesado, con cuerpo mono bloque íntegramente soldado con sistema MIG, puerta reversible, bisagras reforzadas de acero, incluye placa para montaje de equipos para varias unidades de riel DIN, facilidad de ingreso de cables, cubierta originalmente con tapones de caucho.
	Protección contra agentes externos empaque de poliuretano expandido colocado sobre la pueta Dos presentaciones puerta ciega o con visor.

Tabla 39. Comparación Gabinetes de Pared

Elaborado por: El Investigador

Las especificaciones permiten la selección de un gabinete que garantice la protección de los equipos eléctricos y electrónicos, tenemos así un gabinete de servicio pesado en la Figura 37.



Figura 37. Gabinete de Servicio Pesado IP64

Especificaciones	Descripción
Gabinete Pesado	400x400x200
Marca	BEAUCOUP[34]
Protección	IP 64 /IK10 en acero al carbono pintado en beige RAL7032

Tabla 40. Características del Gabinete de Servicio

Elaborado por: El Investigador

3.2.7.2 Elementos de Maniobra y señalización

Son utilizados principalmente para el control del sistema y dan señales eléctricas que permiten el inicio, resteo, parada, paro de emergencia en el proceso o sistema establecen los siguientes materiales.

Pulsadores Metálico Tipo Hongo 22mm



Figura 38. Pulsador Tipo Hongo 22mm CNC

Especificación	Descripción
Modelo	hongo con retención
Tipo	tornillo
Contactos	1NA + 1NC
Dimensión	22mm
Marca	CNC

Tabla 41. Características pulsador tipo hongo

Elaborado por: El Investigador

Pulsador metálico con luz de 22mm



Figura 39. Pulsador Metálico con luz 22mm

Se utiliza 3 pulsadores, verde, rojo, amarillo con las siguientes características:

Especificaciones	Descripción
Dimensiones	22mm
Tipo	vincha
Contactos	NA o NC
Voltaje	250V
Marca	CNC

Tabla 42. Características de pulsadores metálicos con luces

Elaborado por: El Investigador

Fuente de Poder

Se necesita de una fuente de alimentación de 24V DC para alimentar el sistema rotativo, los distintos sensores del sistema y la HMI ya que el modelo de los elementos requiere de esta alimentación para lo cual se presenta una comparación de Fuentes de gabinete.

Tipos de Fuentes de Alimentación	Alimentación	Potencia	Corriente	Rango de frecuencia	Corriente	Precio
PS-2405 Kinco	24V	120W	5A	47-63Hz	0- 5 A	\$92.58
NDR-120-24 MeanWell	24V	120W	5A	47-63Hz	0 -5 A	\$ 83,5
PM-1207Siemens	24V	60W	2.5A	47-63Hz	2.5A	\$150

Tabla 43. Comparación de Fuentes de poder de gabinete

Elaborado por: El Investigador

Se selecciona la fuente de alimentación para gabinete por su estructura, calidad, y tensión adecuada para la implementación a la Kinco PS-2405 con las siguientes características



Figura 40 Fuente de Poder Kinco PS-2405

Modelo	PS-2405
Rango de poder	120w
Carga Regulación	±2%
Rango de Frecuencia	47-63Hz
Eficiencia	88%
Peso	450g
Salida de voltaje	24V
Alimentación	100-240VAC

Tabla 44. Características de la Fuente de poder Kinco

Elaborado por: El Investigador

Para más datos de la fuente de poder se puede ir al Anexo 5 Especificaciones técnicas de Fuente de Poder KINCO.

Breaker 1 Polo Riel Din 10A

- Cálculo de corriente total

La sumatoria de todas las corrientes en el sistema

$$I_{total} = I_{PLC} + I_{HMI} + I_{ELEV} + I_{Motorpasoapaso} + I_{motordc}$$

$$I_{total} = 109mA + 0.15A + 40mA + 2.41A + 1.5A$$

$$I_{total} = 4.21A$$

- Cálculo de Breaker

$$I_p = C * I_n$$

$$I_p = 2 * 4.21A$$

$$I_p = 8.42A$$

C: es una constante entre 2 y 3 para el cálculo real de la Corriente I_p necesaria en el sistema.



Figura 41. Breaker 1 Polo EBASEE

Especificaciones	Descripción
Modelo	EBS6BN
Estándar	IEC60898
Presentación	1 polo
Tensión nominal	240/ 415V CA 50/60 Hz

Tensión nominal de Aislamiento	500V
---------------------------------------	------

Tabla 45. Características Breaker 1 polo

Elaborado por: El Investigador

Relés Camsco LY2



Figura 42. Relés LY2

Los relés cumplen la función abrir o cerrar contactos mediante electroimanes, funciona además como interruptor, abriendo o cerrando el paso de la corriente eléctrica, estos tienen una barrera supresora de arcos, además tienes las siguientes especificaciones:

Modelo	LY2
Dimensión	27.6X21.5X36cm
Contacto frontal	2A2B
Capacidad	28V DC a 220V AC de 15A a 10A
Resistencia	50mΩ

Tabla 46. Características de relés

Elaborado por: El Investigador

3.2.8 Software de código abierto

3.2.8.1 XDP-Pro V3.5.1



Figura 43. XDP-Pro V3.5.1

Elaborado por: El Investigador

El software XDP-Pro maneja lenguaje de programación en escalera y por lista de instrucciones, permite agregar anotaciones, sugerencias en la programación. El software ofrece instrucciones especiales, una monitorización perfecta y pantallas de ventanas silenciosas fáciles de administrar.

El entorno con el usuario es dinámico y fácil de interactuar, permite escribir programas desde el PLC, monitorear en tiempo real, configurar el PLC, se comunica con el PLC al usar el cable en el puerto COM1 o COM2 permitiendo la interconexión con el software XDP-Pro.

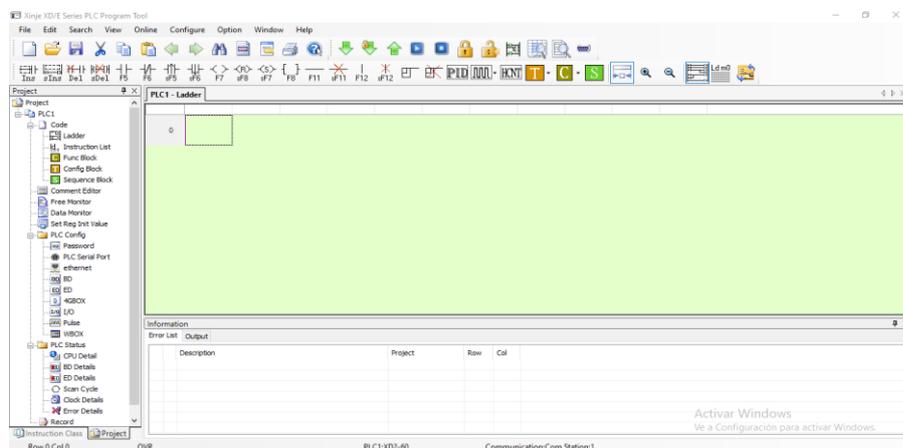


Figura 44. Interfaz del Programa XDP-Pro

Elaborado por: El Investigador

3.2.8.2 Software de HMI Kinco DTools V3.5.2



Figura 45. KINCO DTools

Elaborado por: El Investigador

Este software creado por Kinco Electric Ltd. es compatible para las series de HMI Kinco Green, por medio del cual se puede realizar la configuración de diferentes métodos, además de varios componentes y recursos gráficos, que permiten al usuario una mejor interacción con el HMI por su entorno integrado.

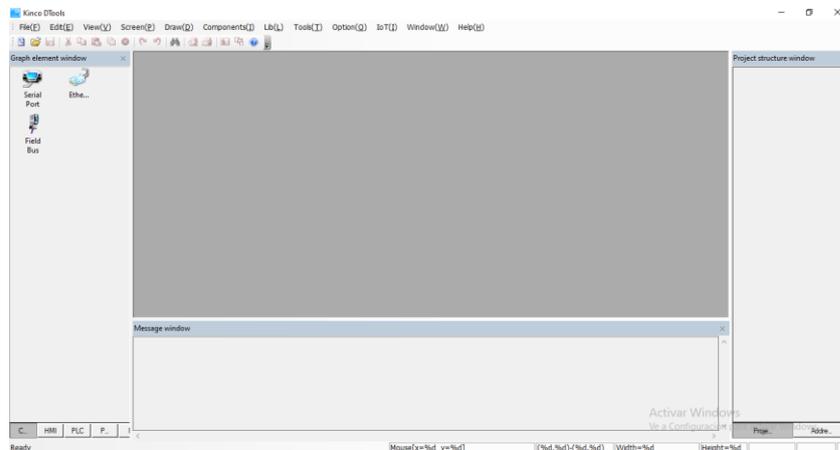


Figura 46. Interfaz de Software Kinco DTools

Elaborado por: El Investigador

Consta de varias funciones de lotes como de , fuentes, gráficos, ventanas , se puede cruzar entre proyectos componentes copiados , alinear , cambiar el tamaño, agrupar , hacer múltiples copias, realizar intercambios de puertos seriales (COM1-COM0), intercambio de dispositivos (PLC0, PLC1), lámparas para indicar el estado de dirección, funciones de ingreso de números , entrada de texto, sistema de tiempo en display, medidores de nivel, temperatura, graficas de curvas de datos, proyección de

gráficas, sistema de alarma de información, display para alarmas , historiales, entre otras funciones.

3.2.9 Diseño de la línea selladora mediante SolidWorks2016 y sus componentes

Se desarrolla el diseño eléctrico mediante SolidWorks Electrical y SolidWorks Electrical 3D son los más utilizados en ingeniería para establecer planos, diagramas, esquemas de partes, sistemas, procesos industriales de una manera profesional, permite trabajar adecuadamente ya que contiene diversas bases de datos con productos de fabricantes de material, equipos eléctricos, además de control industrial. Se crea las piezas en 3D para luego modelarlas en 2D utilizando la cara frontal de cada pieza, se configura el fabricante, añadiéndolo en nuestro proyecto, se especifica cada parte del PLC desde entradas, salidas digitales, salidas de pulsos, fuente de alimentación, los puertos de comunicación, cada medida o dimensiones se encuentra especificada en el catálogo del fabricante. Anexo 1 Después se ensambla por último la pieza final obteniendo así el PLC requerido como se muestra en la Figura 48 muestra el diseño de la pantalla HMI, el driver del motor y la fuente de poder PS-2405.

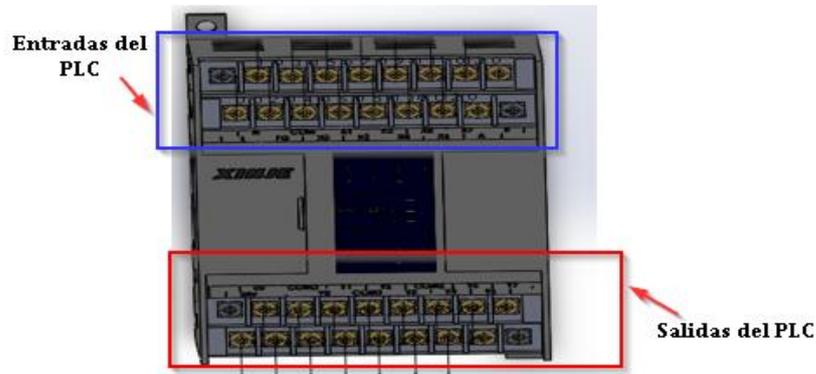


Figura 47. Diseño de PLC XD3-16RT-E

Elaborado por: El Investigador

El software permite la creación de puntos eléctricos mediante sus diferentes componentes como SolidWorks Electrical. Los elementos del proyecto en modelación son también la fuente de alimentación de 24v, el HMI Kinco GL070E, y el dimensionamiento del tablero eléctrico en el cual se ubica los equipos de protección, equipos de control, equipos de conexión de sensores y actuadores.



Figura 48. Diseño de la pantalla HMI, el driver del motor y la fuente de poder PS-2405.

Elaborado por: El Investigador

El tablero eléctrico en 2D se visualiza la parte frontal y trasfondo con los equipos utilizados completo en el Anexo 16. El uso de diseño previo a la instalación de equipos permite dimensionar correctamente el espacio, y distribución de los equipos, así presentamos en las Figuras 50 y 51 el Tablero Eléctrico en 3D donde estableceremos los más mínimos detalles desde canaletas, riel DIN, los equipos.



Figura 49. Diseño de Tablero Eléctrico en el interior

Elaborado por: El Investigador

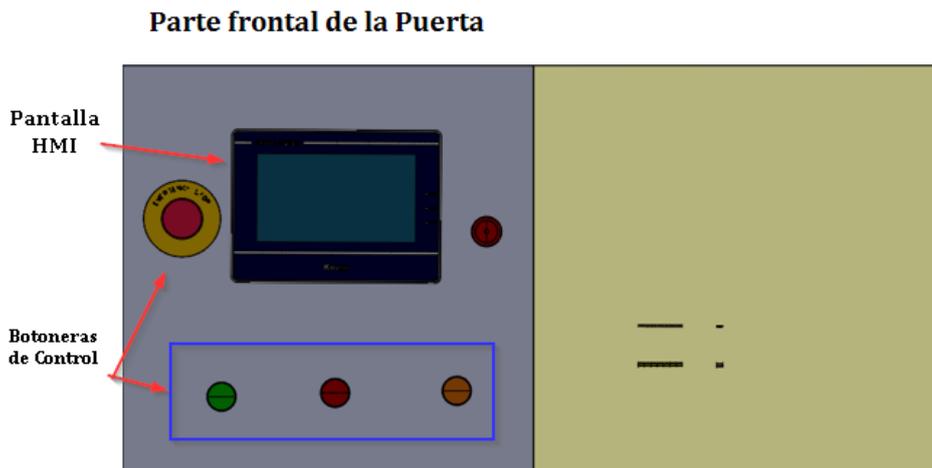


Figura 50. Diseño de Tablero Eléctrico en el exterior

Elaborado por: El Investigador

Se realiza el diseño en 3D de toda la línea selladora con cada especificación de los materiales, tenemos la estructura de la máquina en acero inoxidable 304 que conforma todas las partes desde la base, la caja secundaria, las guías y estructura de la banda transportadora. Se observa el dimensionamiento y ubicación los sensores, actuadores. El sensor fotoeléctrico a la entrada del sistema rotativo, el sensor inductivo en la parte superior de la rueda dentada. Los actuadores que se visualizan son las electroválvulas, los pistones de doble efecto, uno para el movimiento vertical del enrosador, y el otro para sujetar las botellas.

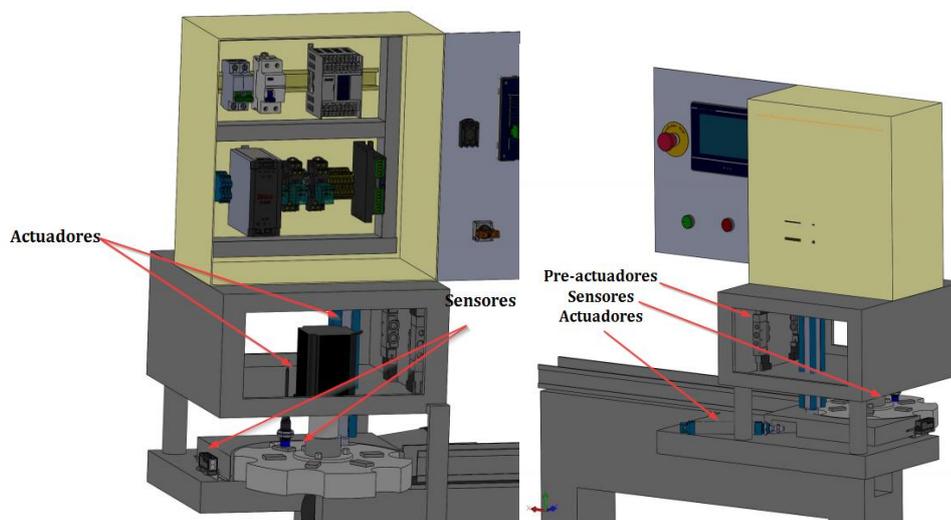


Figura 51. Diseño de la estructura metálica y ubicación de sensores, actuadores

Elaborado por: El Investigador

Para finalizar se presenta en la Figura 52 la línea selladora en 3D.

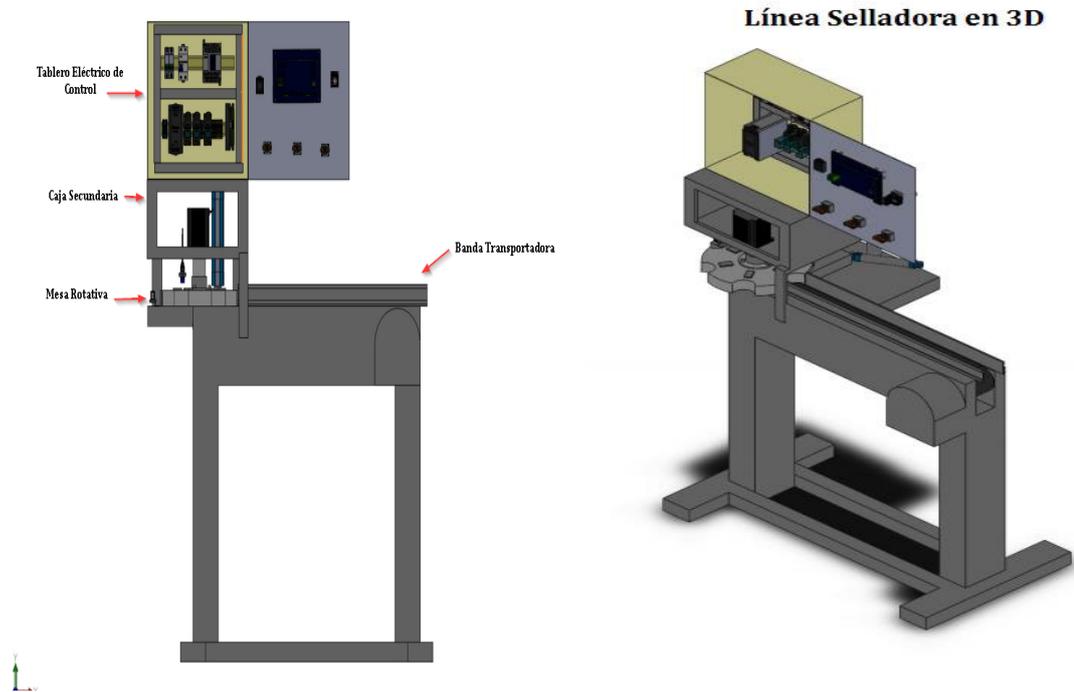


Figura 52. Diseño de la Línea Selladora en 3D

Elaborado por: El Investigador

La presentación del software permite también la esquematización de planos eléctricos y neumáticos de todo el sistema así se presenta un plano general con todos los elementos desde el tablero de control hasta la banda transportadora que efectúa el paso final del proceso de sellado enviando a la siguiente etapa del etiquetado al producto. Se obtuvo en plano general eléctrico con los elementos de control, protección y maniobra en el tablero eléctrico como se presenta en la Figura 53.

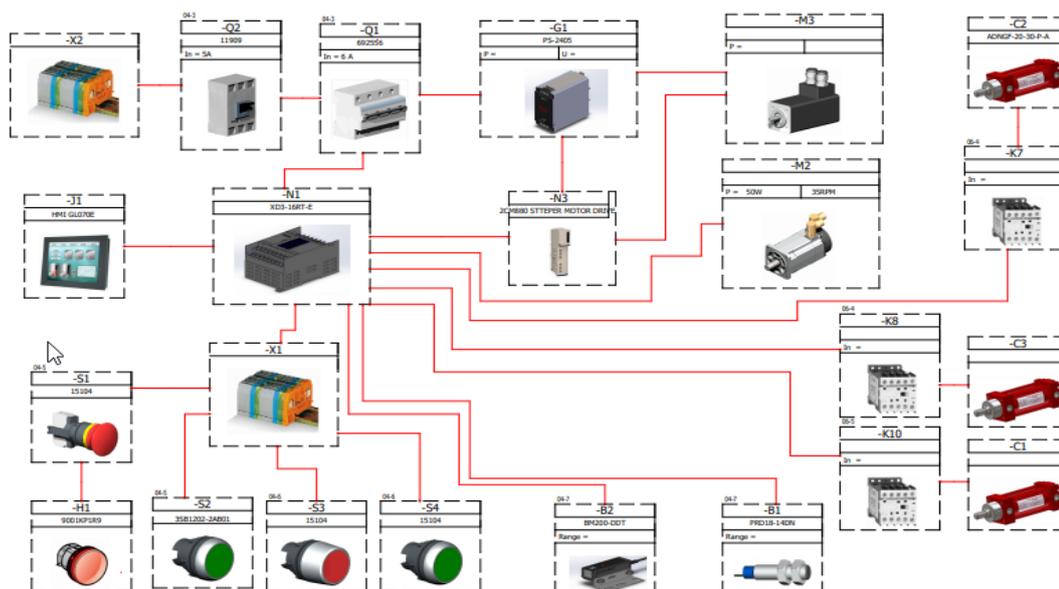


Figura 53. Plano de todas las conexiones entre sensores, actuadores, pantalla HMI de la Línea Selladora

Elaborado por: El Investigador

Se puede visualizar completamente en plano en el Anexo 9

3.2.10 Análisis de la automatización del sistema de control

La automatización del sistema sellador de envases está basada en un Controlador lógico Programable (PLC) de la marca Xinje modelo XD3-16RT-E el mismo que fue seleccionado en la Tabla 47. El PLC puede recibir las señales de los sensores digitales de proximidad y los controles de maniobra de la máquina de forma adecuada y precisa, además posee salidas digitales de tipo relé para las electroválvulas de los actuadores neumáticos, salidas de tipo transistor para el control de giro y sentido del motor a pasos para mesa rotativa.

El Controlador lógico programable cuenta con protocolos de comunicación libre basados RS232, RS485 y Modbus RTU que facilitan la interconexión con equipos de múltiples marcas en el mercado de esta forma es confiable y segura el intercambio de datos entre el PLC y el sistema de monitorización basado en la Interfaz Hombre Maquina (HMI).

Por otro lado, para la programación del PLC se debe tener muy en cuenta la nomenclatura que se utilizara en el mismo para lo cual se desarrolló la Tabla 4 donde

se describe cada tipo de variable, se utiliza lenguaje Ladder para el proyecto en el software XDP-Pro 3.5 anteriormente seleccionado en la sección 3.2.8.1.

Nomenclatura	Significado
X0...X7	Entrada de tipo Digital
Y0...Y7	Salida de Digital
K1...K32767	Constante tipo Numérica
M0...M7999	Marca Lógica tipo Digital
D0...D7999	Marca lógica tipo Palabra (Word)
T0...T575	Variable tipo tiempo para temporizadores

Tabla 47. Nomenclatura del PLC

El proceso a cumplir con la selladora es el siguiente: el operador debe iniciar la máquina con el pulsador Start, la máquina pasa a un estado de reposo hasta que detecte el sensor fotoeléctrico la primera botella de color ámbar, en ese momento inicia el ciclo de la mesa rotativa girando 60 grados cada ciclo si se genera algún desfase por los giros consecutivos es corregido con el sensor inductivo.

Cuando la mesa haya girado 120 grados en dos ciclos la botella se posiciona en el sujetador y el mismo es activado, de forma instantánea. Se procede la activación del enroscador y accionamiento del pistón de bajada para sellar la botella. Finalmente generar otro ciclo para posicionar la botella en la banda transportadora de salida este proceso debe durar de 2 a 3.5 segundos por botella.

El botón parado de emergencia debe detener inmediatamente todo el sistema, el botón stop paraliza los actuadores del sistema y guarda el estado actual de la maquina y el botón Reset provoca el estado inicial completo de la selladora en el siguiente flujograma se esquematiza el proceso.

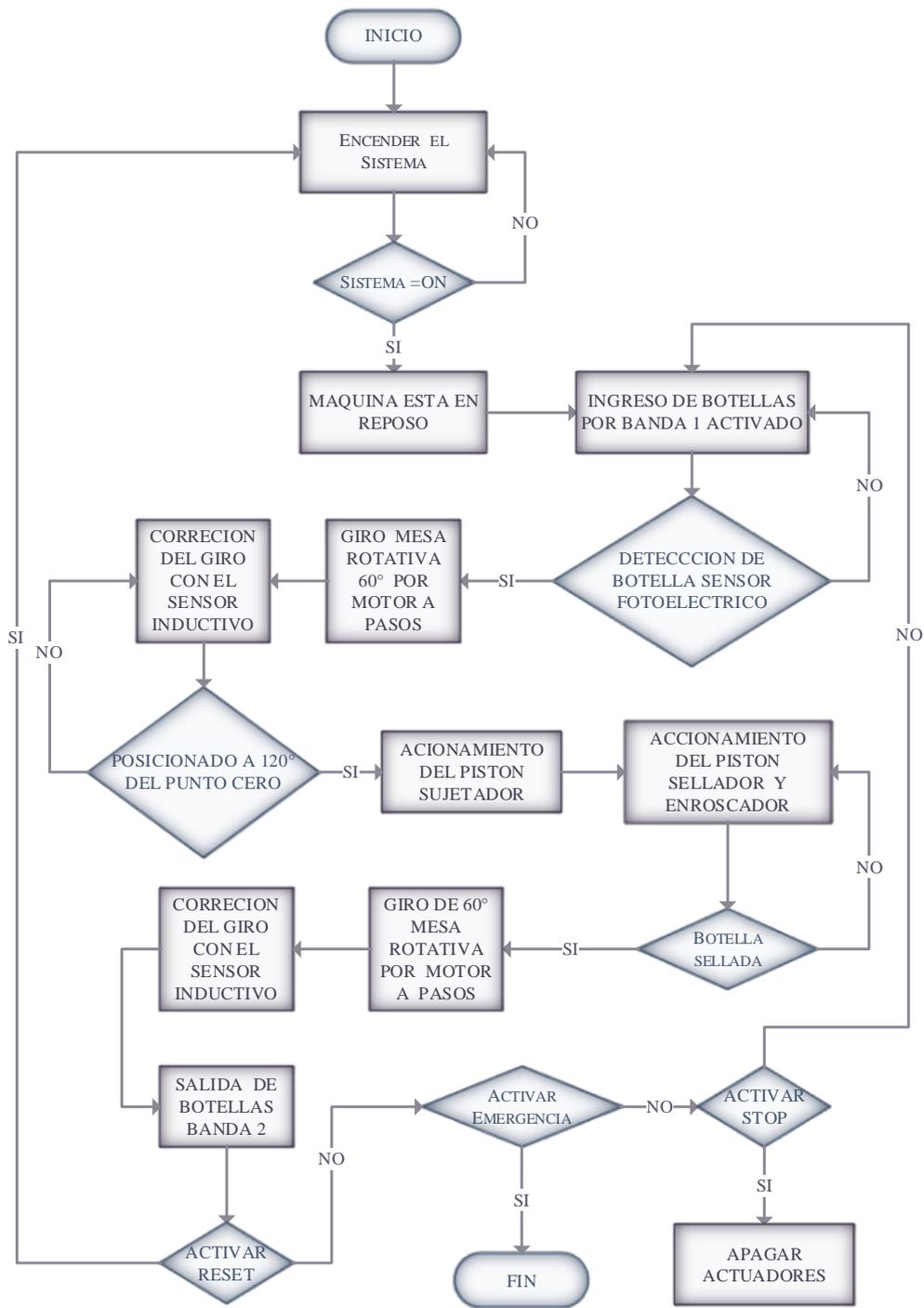


Figura 54. Flujograma del Proceso

Elaborado por: El Investigador

El controlador lógico programable que automatiza la selladora tiene a sus entradas conectado cuatro botoneras de control físicas las cuales cumplen con la función de parada de emergencia del sistema (EMERGENCY), inicio del sistema (START), parada en proceso del sistema (STOP), reseteo del proceso (RESET). Se tiene dos

sensores de proximidad: un sensor fotoeléctrico que cumple con el inicio de trabajo de la máquina, y un sensor inductivo para el encendido del motor a pasos. De esta forma en la siguiente Tabla 48 se definen la dirección física y la conexión de cada una de las entradas del PLC.

Variable	Uso
X0	Paro de emergencia (EMERGENCY)
X1	Inicio del proceso (START)
X2	Parada en proceso del sistema (STOP)
X3	Reseteo del proceso (RESET)
X4	Sensor Fotoeléctrico detector de botellas ámbar
X5	Sensor Inductivo encerrado del motor a pasos
X6	No utilizado
X7	No utilizado

Tabla 48. Dirección Física y conexión de las entradas del PLC

Elaborado por: El Investigador

Se presenta el plano eléctrico desarrollado en SolidWorks Electrical teniendo en si una descripción técnica de la conexión y suministro de energía entre el PLC y sus entradas. Se presenta una visualización completa en el Anexo 10.

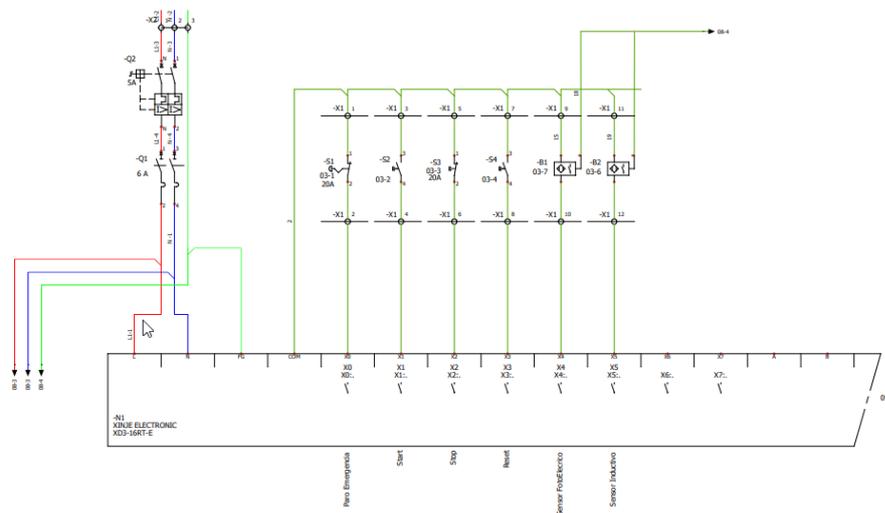


Figura 55. Plano Eléctrico de conexión entre PLC y Entradas

Elaborado por: El Investigador

La distribución de los actuadores conectados a la salida del controlador lógico programable de la selladora se describe en la Tabla 49 donde se da a conocer la conexión de las salidas tipo relé para de las electroválvulas de los actuadores neumáticos y la salidas tipo transistor de alta frecuencia que generar los pulsos PWM para el control de giro y sentido del motor a pasos.

Variable	Uso
Y0	Giro controlado por pulsos del motor a pasos
Y1	Sentido de giro del motor a pasos
Y2	Motor neumático en roscador
Y3	No utilizada
Y4	Electroválvula del pistón sujetador
Y5	Electroválvula del pistón de bajada
Y6	Motorreductor DC para la banda transportadora
Y7	No utilizada

Tabla 49. Variables de salidas del PLC

Elaborado por: El Investigador

Se presenta el plano eléctrico generado en SolidWorks Electrical entre el PLC y las salidas Utilizadas en la implementación. Se presenta la visualización completa en el Anexo 11.

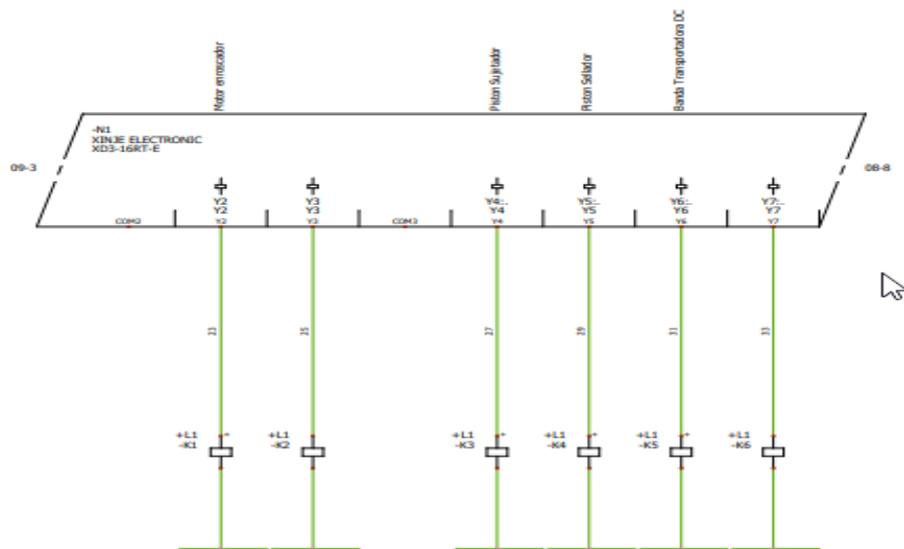


Figura 56. Plano Eléctrico de conexión entre PLC y salidas

Elaborado por: El Investigador

La programación de los botones de control del sistema se realiza acorde a la configuración física de cada pulsador facilitando la operación de la selladora por el operador como se puede apreciar en la Figura 57.

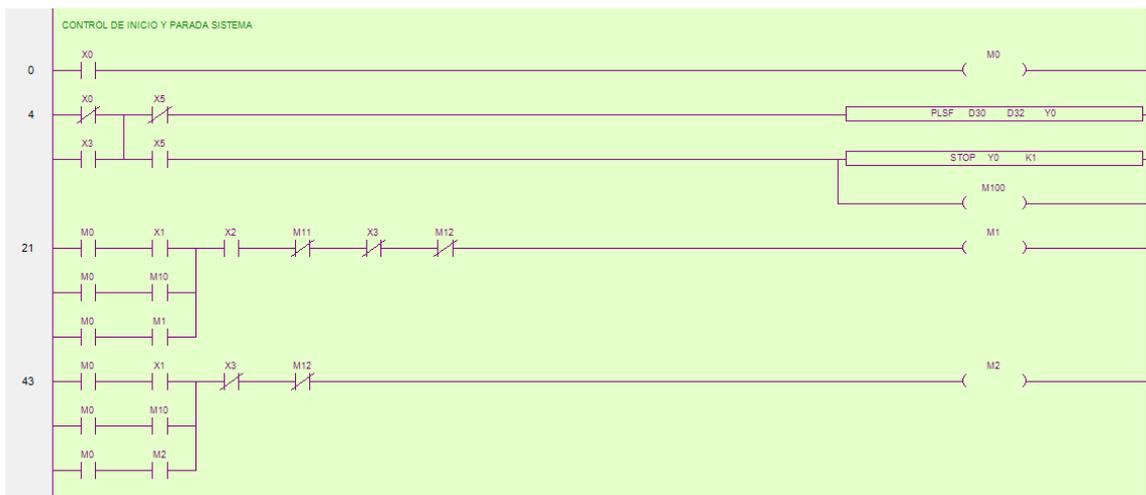


Figura 57. Control de inicio y parada del sistema

Al iniciar el sistema también se inicia el movimiento de la faja transportadora que permite movilizar las botellas a la próxima etapa en el proceso de embotellamiento así se presenta el plano de conexión para la activación y desactivación del motorreductor DC. Visualización Completa en el Anexo 12.

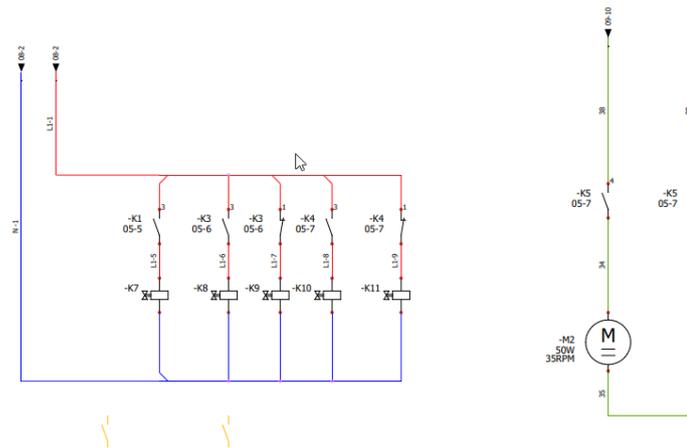


Figura 58 Plano Conexión de la Banda Transportadora mediante motorreductor DC

Elaborado por: El Investigador

Para el inicio del proceso de sellado es esencial la detección de las botellas por el sensor fotoeléctrico calibrado en el ingreso de la máquina, una vez que dicho sensor detecte la presencia de un envase genera el pulso de activación para lo cual se configuro el ciclo de trabajo del motor a pasos basado en el pulso de subida de activación de dicho sensor.

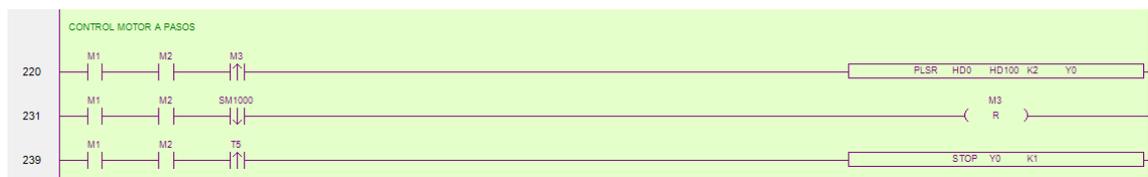


Figura 59 Control Motor paso a paso

Se presenta la conexión en el plano eléctrico de la fuente de poder, y entre el PLC hacia el driver del motor paso a paso. Para una mejor visualización dirigirse al Anexo

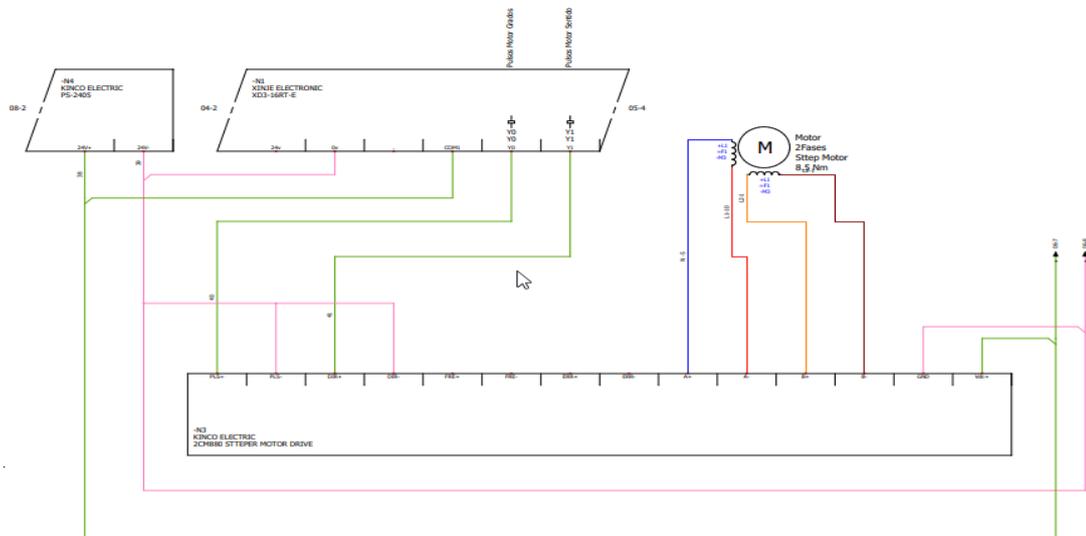


Figura 60. Plano de Conexión entre PLC y Driver del motor paso a paso

Elaborado por: El Investigador

El control de motor a pasos se lo realiza mediante la configuración de PWM con la salida de tipo transistor de esta forma se configuro el número de pulsos y la frecuencia para crear un giro de 60 grados. El motor genera un movimiento circular de 1.8° por pulso con estos datos se obtuvo la siguiente configuración de la función PLSR para el giro del motor. La función del sensor inductivo es esencial en este control ya que permite corregir el giro mediante el corte o compensación de pulsos en cada ciclo de trabajo. Se presenta en el Anexo 7 Configuración de pulsos del PLC serie XD3

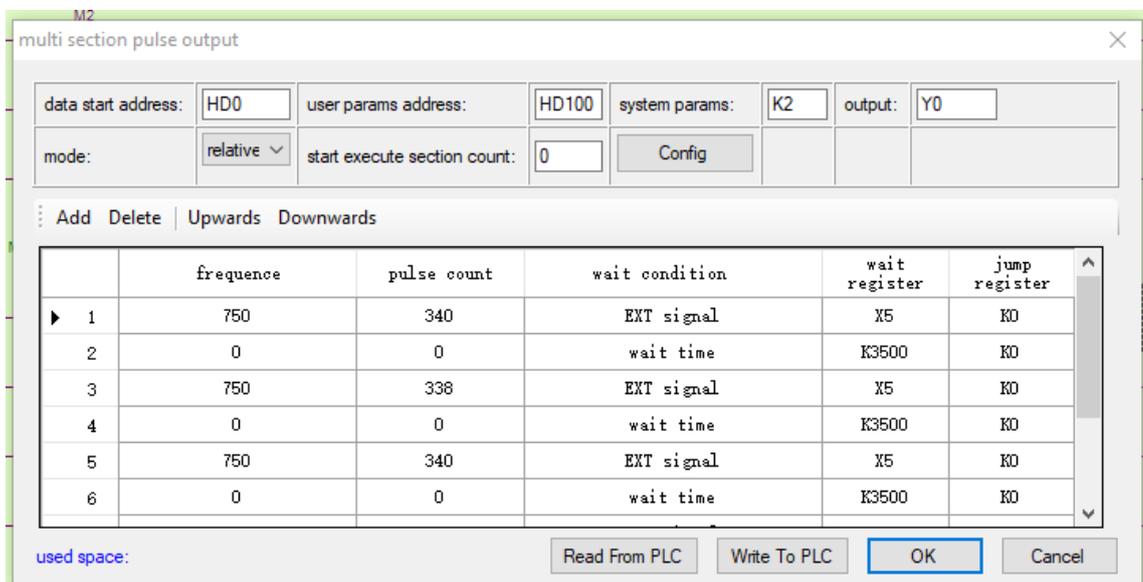


Figura 61. Configuración de Salida Pulsos

El control de los actuadores neumáticos se cumple cuando el sensor fotoeléctrico e inductivo se activan, para lo cual se los configuran en forma secuencial mediante contactos temporizadores internos del PLC. Se inicia por el pistón sujetador, luego accionar el pistón de movimiento vertical y el motor sellador, para su desactivación se realizó de forma inversa a la activación.

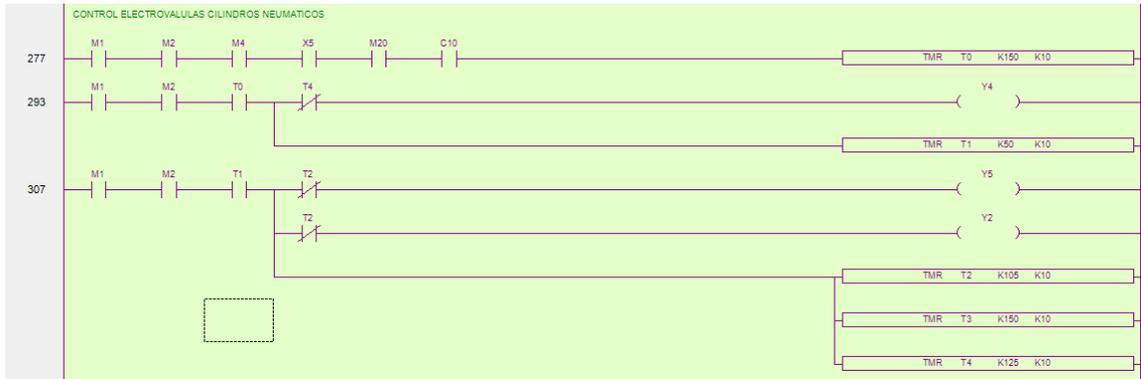


Figura 62. Control electroválvulas actuadores neumáticos

Se presenta el plano de conexiones neumáticas, sus respectivos actuadores, y suministro de aire comprimido, con la unidad de mantenimiento neumático. Visualización completa en el Anexo 13.

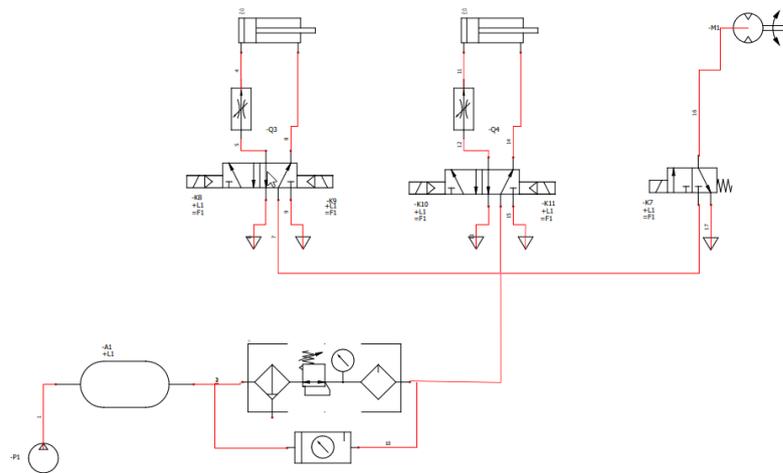


Figura 63. Plano de conexión del suministro de aire comprimido y sus pre-actuadores y actuadores neumáticos

Elaborado por: El Investigador

Para el conteo de botellas que va a generar el sensor de ingreso fotoeléctrico se utiliza funciones de contadores rápidos los cuales mediante funciones matemáticas generamos los reportes del conteo por minuto hora y jornada, con estos datos se facilita el intercambio de información para poder monitorizarlos desde la HMI.

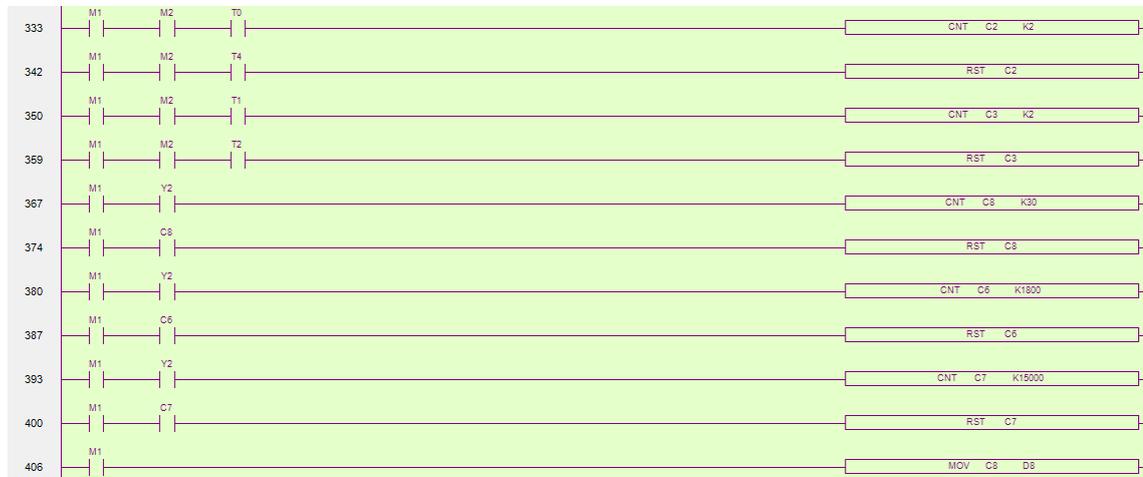


Figura 64. Conteo de Botellas

3.2.11 Análisis de diseño del sistema de monitorización

El sistema de monitorización tiene como objetivo la interacción en tiempo real entre el operador y la selladora. La interfaz hombre máquina (HMI) utilizada para el proyecto es la GL070E de la marca Kinco Electronics. La principal ventaja de esta HMI son sus protocolos libres de comunicación en este caso se utiliza el protocolo de comunicación MODBUS RTU para la conexión entre el PLC Xinje XD3-16RT-E y la HMI Kinco GL070E.

Para el diseño de las pantallas o imágenes de la HMI se tomó en cuenta los conceptos de diseño ergonómico, los cuales establecen el uso de colores adecuados en entornos industriales para facilitar la visualización de los componentes en las pantallas, uso de fuentes y tamaños de letra. El diseño debe ser compatible con las tareas que realiza el operador en el proceso, debe poseer una coherencia para la visualización de la información y la interacción del operador. Finalmente, debe disponer de todos los modos de operación comúnmente esperados para la operación de la maquinaria incluido las condiciones anormales

Es recomendable tener una jerarquía en las pantallas de la HMI para proporcionar al operador una vista estructurada del proceso para facilitar el tiempo y la capacidad de profundizar los datos a detalles y funcionalidades de control.

Se diseño una jerarquía de pantallas para que el operador pueda navegar entre las distintas funciones y herramientas del HMI. Se tiene tres pantallas principales: control de la selladora, avisos de sistema, administración de usuario. La Figura 67 muestra el esquema de jerarquía y distribución de pantallas de HMI.

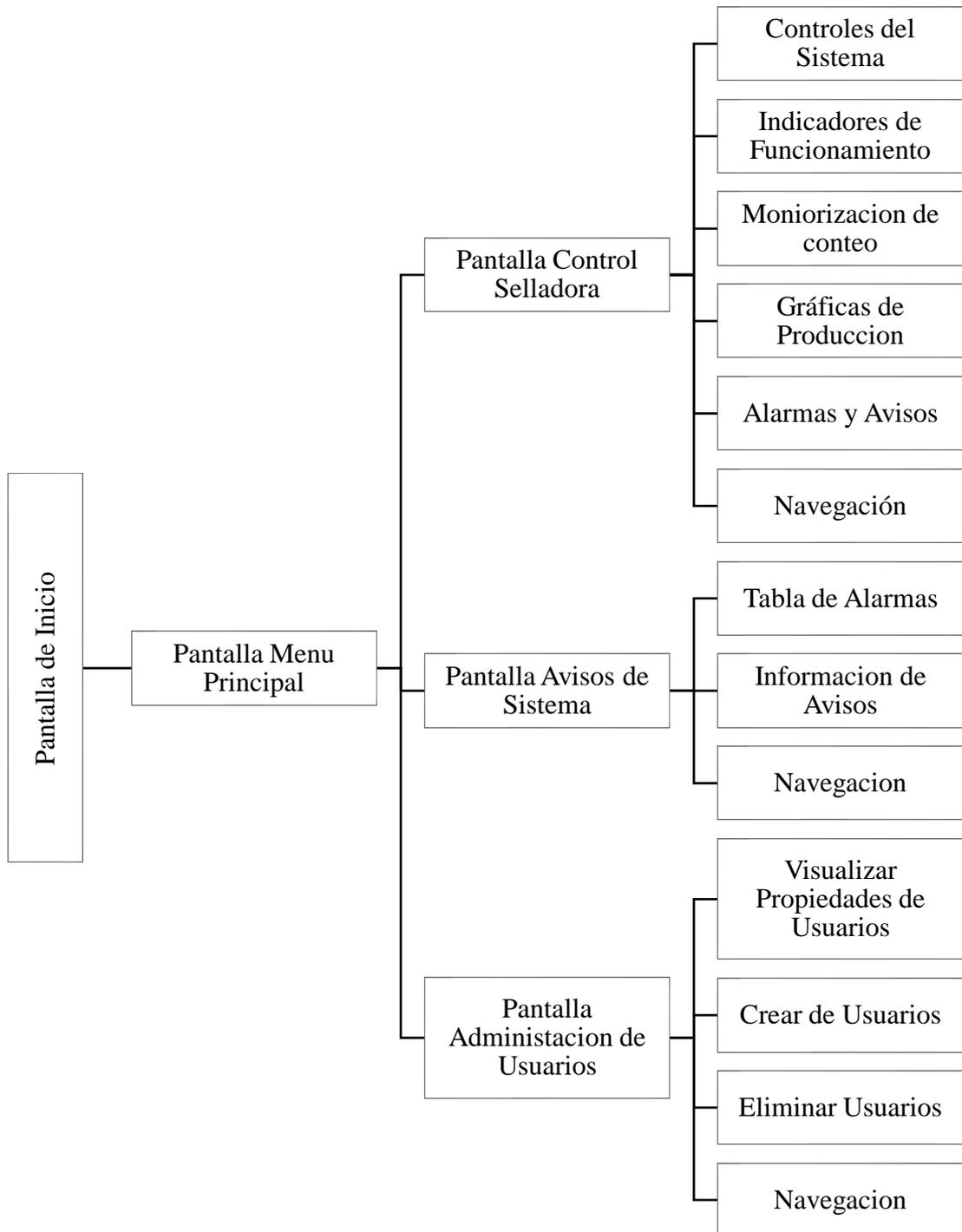


Figura 65 Esquema de Jerarquía de la Pantalla HMI

Elaborado por: El Investigador

La comunicación entre el PLC XD3-16RTE y la HMI G070E se realizó mediante el protocolo Modbus RTU, utilizando la interfaz RS-232. La Figura 68 muestra el diagrama de conexión. El plano de conexión eléctrico entre el PLC, la HMI y la fuente de poder se puede observar en la Figura 66. En el Anexo 14 se presenta el plano eléctrico completo de la conexión.

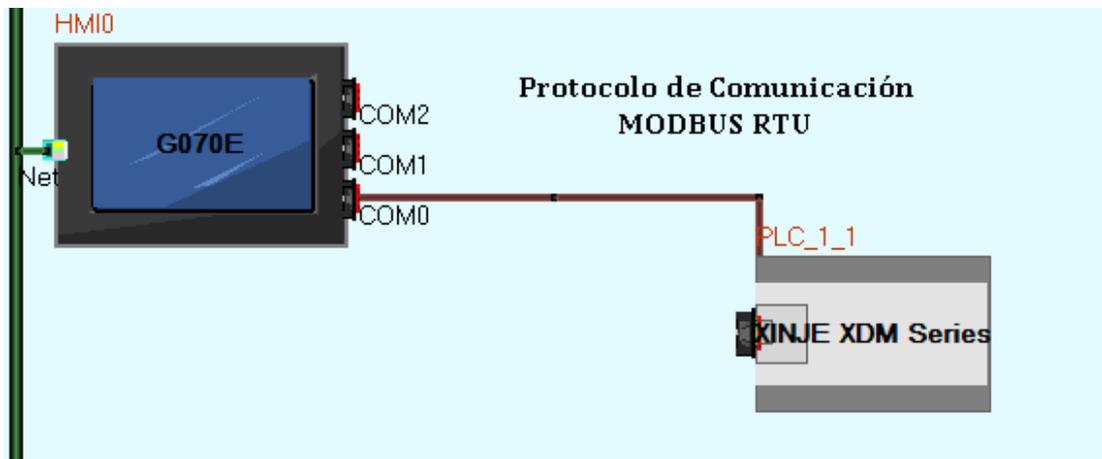


Figura 66 Conexión HMI-PLC en software KincoDToolsV3.5.1

Elaborado por: El Investigador

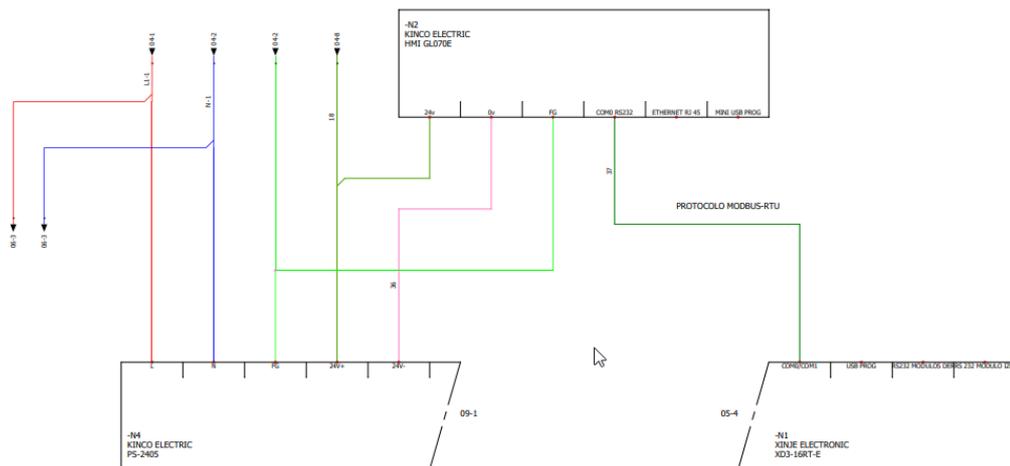


Figura 67 Plano de conexión entre PLC - HMI Modbus

Elaborado por: El Investigador

La configuración de la comunicación entre el PLC y la HMI con la interfaz RS232 se muestra en la Figura 67. Acorde a las recomendaciones de los fabricantes para un correcto intercambio de datos.

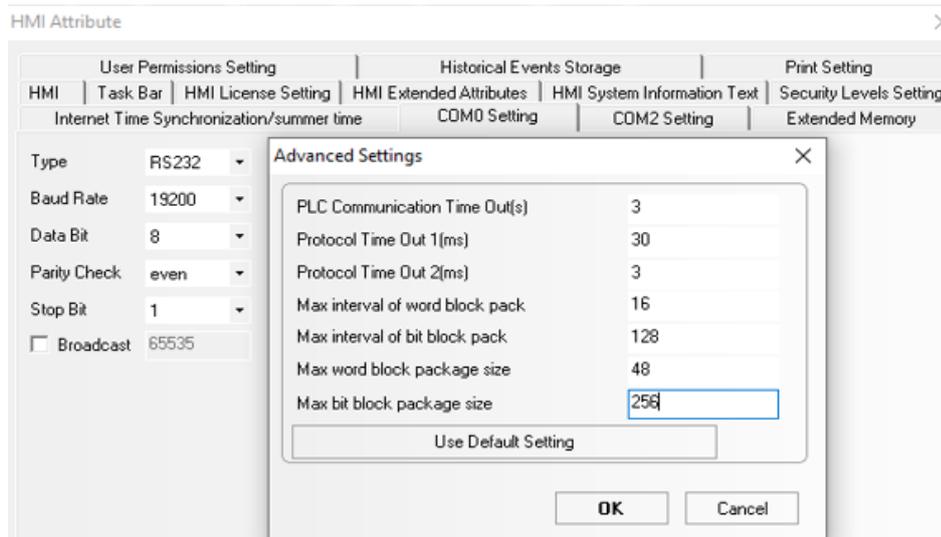


Figura 68. Parámetros de comunicación entre PLC-HMI

Elaborado por: El Investigador

Los componentes utilizados en el desarrollo de las pantallas de la HMI se describen en la Tabla 50. Especificando el tipo de atributos ya sea paneles de navegación, alarmas y avisos, menús, control de usuarios, exportación de información, insertar imágenes, entre otras. Dando forma al entorno de visualización

Botón de Descripción navegación

	Botón de Salida de Sesión
	Botón de Avisos y Alarmas
	Botón de Parámetros Selladora
	Botón Retorno al menú
	Botón de ingreso de usuarios
Funciones	Descripción
	Bitmap permite insertar imágenes en la HMI

 Date/Time	Date/time permite visualizar el tiempo real en formato DD/MM/AA HH/MM/SS
 Event Display	Event Display permite visualizar una tabla de los avisos y eventos que se generan en la selladora
 Function Key	Funcion Key cargar ventanas emergentes o cambiar de pantallas, función ocupada para la navegación entre ellas en la HMI.
 Bit State Setting	Bit State Setting permite adquirir funciones de tipo booleana para enviarlas entre el HMI y el PLC para simular el control de botones, interruptores en el proceso.
 Direct Window	Direct Window se utiliza para insertar popup en pantallas principales, como insertar avisos.
 Bit State Lamp	Bit State Lamp adquiere la función de indicadores mediante la recepción de datos booleanos entre PLC y la HMI por medio de direcciones.
 Trend Curve	Trend Curve permite graficar datos del proceso, que varían en tiempo real.
 Number Display Number Input	Number Component permite añadir en el diseño diferente tipo de datos numéricos de escritura o lectura entre el PLC y HMI.
 User Info Display	User Info Display utilizado para visualizar la información de usuarios añadidos en el control de acceso.

Tabla 50. Descripción de componentes de HMI

Elaborado por: El Investigador

Al alimentar el sistema de monitorización arranca con la primera pantalla que se muestra a continuación ubicando las imágenes dependiendo la necesidad del usuario como se muestra en la Figura 69.



Figura 69. Arranque de la HMI

Elaborado por: El Investigador

Se presenta el sistema de monitoreo y control virtual mediante el uso de una HMI. Se tiene la pantalla inicio de la máquina selladora Propolis para visualizar los iconos de navegación para acceso de usuarios según el rango del usuario identificado. Se tiene el botón inicio para abrir una nueva ventana con un menú de pantallas.

En la Tabla 51. Se especifica cada componente o atributos utilizado en la pantalla principal.

Atributos	Descripción
Bitmap/ BG0	Logo de Nature´s Garden
Funtion key/ FK0/FK1	Acceso de usuarios
Bit State/ SB0	LB100
Windows Component /DW0	Ventana de aviso de sesión
Date/Time /DTM0	DD*MM*YY

Tabla 51. Atributos en la Pantallas de inicio

Elaborado por: El Investigador



Figura 70. Figura de la HMI Pantalla de inicio

Elaborado por: El Investigador

En la Figura 70. Se visualiza la lista de usuarios a seleccionar además de la contraseña que se debería ingresar por usuario. El botón login acepta el ingreso del usuario, si la contraseña es incorrecta aparece un aviso de error. Se establece algunos atributos utilizados en la Tabla 52.

Atributos	Descripción
NUM Keyboard	Pestana numérica predeterminada para usuarios y contraseñas
ASCII Keyboard	Pestana alfa-numérica predeterminada para usuarios y contraseñas
File list window	Lista de usuarios
Password window	Ventana para Contraseñas predeterminada en el software
Login Window	Popup de ingreso de usuario

Tabla 52. Atributos del Ingreso de Usuarios

Elaborado por: El Investigador



a)



b)



c)



d)

Figura 71. a) Pop up de ingreso de usuarios, b) HMI de aviso acceso completado c) HMI aviso de acceso denegado d) Error de ingreso de usuario

Elaborado por: El Investigador

Una vez ingresado los datos correctamente en usuario y contraseña se abre el menú de pantallas con tres opciones de ingreso como se muestra en la Figura 71. Esta pantalla está compuesta de distintos atributos que se describen en la Tabla 53.

Atributos	Descripción
Bit State SB0	Identificación del botón salida de sesión menú
Funtion Key FKO	Dirige al control selladora
Funtion Key FK1	Dirige a eventos del sistema
Funtion Key FK2	Dirige al control de usuarios
Funtion Key FK4	Dirige al 0: frame0

Funtion Key FK5	Dirige al ingreso de usuarios
Bitmap	Imagen de la selladora implementada

Tabla 53. Atributos del menú de pantallas

Elaborado por: El Investigador



Figura 72. Pantalla con menú

Elaborado por: El Investigador

Las pantallas de control de la máquina selladora permiten visualizar y controlar el proceso mediante el uso de botoneras de control virtuales. El proceso de la máquina selladora que se visualiza en la Figura 72 se realiza mediante diversos elementos o atributos que son descritos en la Tabla 54.

Atributos	Descripción
BG7	Imagen de activación del motor reductor DC de la banda de salida
BG5	Imagen de activación del motor reductor DC de la banda de ingreso
SB0	Dirección M10 – Botón de control start
SB1	Dirección M11 – Botón de control stop

SB2	Dirección M12 – Botón de control reset
FK0	Botón de navegación hacia atrás
FK1	Navegación ingreso de usuarios
FK2, FK5	Popup de graficas en botellas por minuto, hora jornada
BG2 y BG0	Imagen de bandas transportadoras
BL1, BL7, BL9 (Bit state lamp)	Dirección de lectura M5, X4, Y4
BL10, BL11, BL12	Dirección de lectura las electroválvulas M32, M33, M34, M35
NI 0, NI1, NI3(Number componett)	Dirección de datos D8, D10, D12
DWO	Dirige a ventana emergente

Tabla 54. Atributos de la pantalla de control Selladora

Elaborado por: El Investigador

Una vez el usuario ha ingresado a la pantalla “Control Selladora” puede presionar el botón start para la activación de la banda de ingreso y la de salida, además es posible visualizar del ingreso de botellas estableciendo una comunicación en tiempo real entre el usuario y la máquina.



a)

b)

Figura 73. a) Puesta en marcha del sistema b) Activación de la banda de ingreso y salida de botellas

Elaborado por: El Investigador

En la Figura 74 el proceso continuo con el conteo de las botellas de la producción, sellando cada una de las botellas en el sistema de sellado. Gracias a la interfaz hombre máquina el usuario puede observar la activación y desactivación de electroválvulas ya sea del enroscador, el accionamiento del sujetador, y el encendido del motor neumático.



Figura 74. Activación de las partes del proceso actuadores y sensores

Elaborado por: El Investigador

Al presionar el botón de control Stop virtual permite realizar una parada de la máquina en caso de ser necesario o por alguna disposición del operador, en tales circunstancias se paran todos los actuadores hasta que nuevamente el operador inicie la puesta en marcha.



Figura 75. Pantalla con para en marcha de la máquina

Elaborado por: El Investigador

El botón de control virtual reset permite el reseteo de la máquina en caso de empezar un ciclo de producción incorrecto, eliminando los datos para un nuevo inicio del proceso.



Figura 76. Pantalla con reseteo de la máquina

Elaborado por: El Investigador

Se presenta las gráficas respectivas en tiempo real del ritmo de la producción y cada botella sellada ya sea por minuto, hora, o jornada como se muestra en la Figura 77.



a)



b)



c)

Figura 77. a) Pop up grafica botella por minuto b) Pop up grafica botella por hora c) Pop up grafica botella por jornada

Elaborado por: El Investigador

En la parte inferior izquierda de la pantalla “Control Selladora” se establece una ventana emergente (ver Figura 78) de parámetros del sistema donde se puede visualizar el tamaño por lote, las botellas por minuto, el lote contado, el lote restante, y del tiempo estimado del lote en minutos. Esto permite establecer un límite en la producción respecto a los pedidos existentes y futuros.



Figura 78. Pop Up de parámetros calculados del tamaño de lote de botellas

Elaborado por: El Investigador

Las alarmas y avisos del sistema permiten visualizar el estado de la máquina, el número del evento, la hora, mensaje de las actividades realizadas en tiempo real. Como en la siguiente Figura 79.



Figura 79. Ventana emergente de avisos y alarmas

Elaborado por: El Investigador

En el menú de pantallas está el botón de “Eventos” para visualizar de una manera más detallada la información sobre el funcionamiento de la máquina durante el proceso (Ver Figura 80).

3.2.12 Implementación del tablero eléctrico de control físico

Mediante la utilización del diseño eléctrico realizado en SolidWorks y todos sus componentes en la sección de diseño de línea selladora en SolidWorks2016, se procede a esquematizar el diseño físico del tablero eléctrico. Se dimensiona la posición de rieles, canaletas y otros elementos en el trasfondo del tablero o gabinete eléctrico. En la Figura 82 se visualiza la implementación del tablero eléctrico.

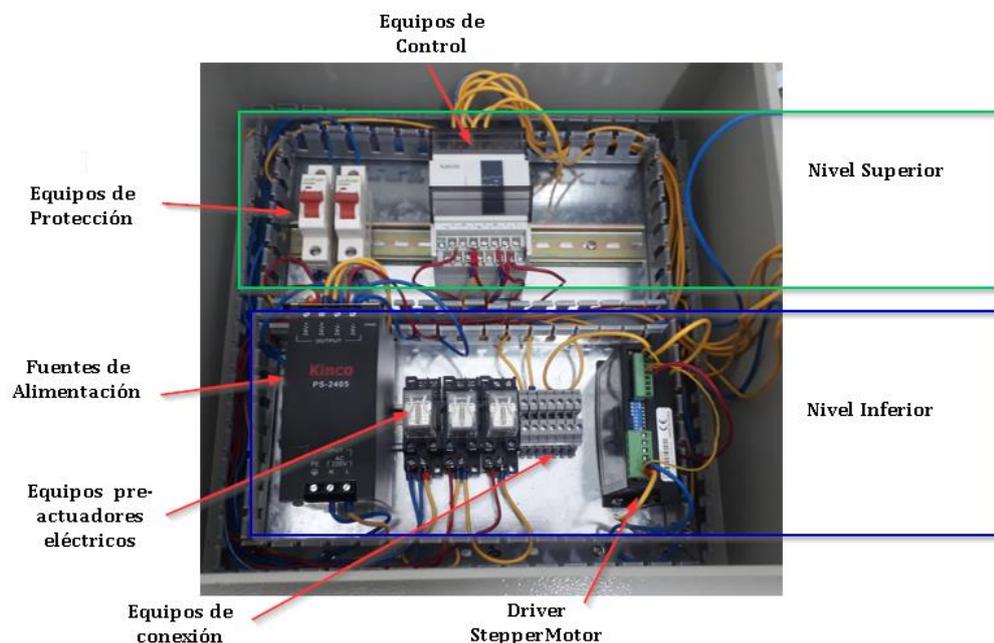


Figura 82. Tablero Eléctrico de Control

Elaborado por: El Investigador

En la Figura 82 se observa dos niveles en el tablero eléctrico: nivel superior y nivel inferior. En el nivel superior se encuentran los equipos de protección como breakeres, que permiten proporcionar de seguridad en caso de haber fallas eléctricas, cortocircuitos o sobrecargas que superen la corriente o voltaje del sistema. Además,

los equipos de control en este caso el PLC de la serie XD o centro de control se encuentran en el nivel superior.

En el nivel inferior se tiene un riel din de 25cm donde se ubica la fuente de alimentación de 24v Kinco, los equipos pre-actuadores eléctricos (relés), equipos de conexión borneras eléctricas que permiten la conexión eléctrica y mecánica para mayor seguridad en la unión de dos conductores. Además del Driver Stepper-Motor que envía los pulsos de trabajo para el motor paso a paso.

La parte frontal del tablero eléctrico se muestra en la Figura 91 esta tiene una distribución por órbita conformada por las botoneras de control Start, Stop, Reset y el Paro de emergencia. Se ubica además la pantalla HMI como sistema de monitorización.



Figura 83. Parte Frontal del tablero eléctrico

Elaborado por: El Investigador

En la Figura 84 se observa las conexiones entre los distintos elementos del sistema de control de la máquina. Se obtuvo un tablero con conexiones correctamente distribuidas, se utilizó calibres de cable según normativa distinguiendo señales de control o potencia.

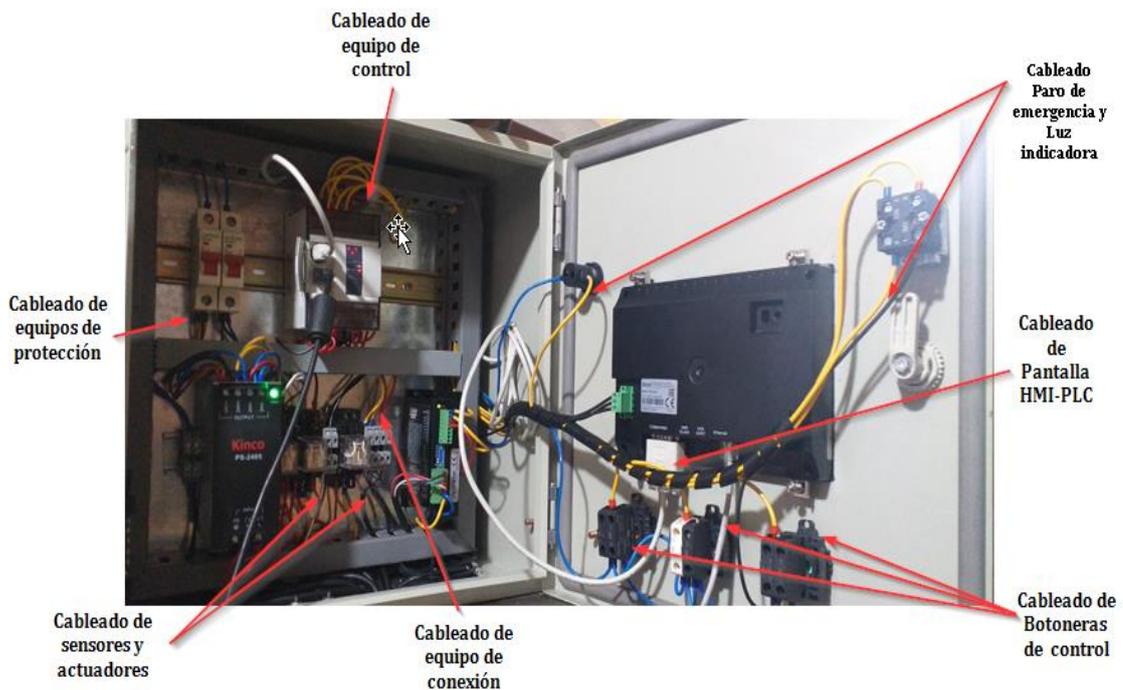


Figura 84. Conexiones de todos los cableados en el tablero eléctrico

Elaborado por: El Investigador

3.2.13 Instalación de Conexiones eléctricas en la Estructura de la Línea Selladora

La construcción del metal mecánico se realizó paso a paso con los requerimientos necesarios del sistema así se establece una mesa rotativa, la banda transportadora, y una estructura de acero inoxidable similar a una caja. El material utilizado para la construcción de la máquina es de acero inoxidable 304, el cual es apropiado para construcciones en industrias de producción de fármacos o industrias alimenticias.

En la Figura 85 la mesa rotativa contiene la rueda de duralon , un eje matrimonio, unas guías de acero inoxidable para el ingreso de las botellas. En la Tabla 55 se describe los materiales de la mesa rotativa y sus dimensiones.

Materiales para Mesa rotativa	Dimensiones
Duralon	300mm de diámetro y un alto de 350mm
Estructura de acero inoxidable 304	550mmX250 mmX900mm
Eje Matrimonio	80mm diámetro y un alto de 400mm

Guías de entrada de acero inoxidable 304	200mm X 60mmX40mm
---	-------------------

Tabla 55. Materiales y dimensiones de la mesa rotativa

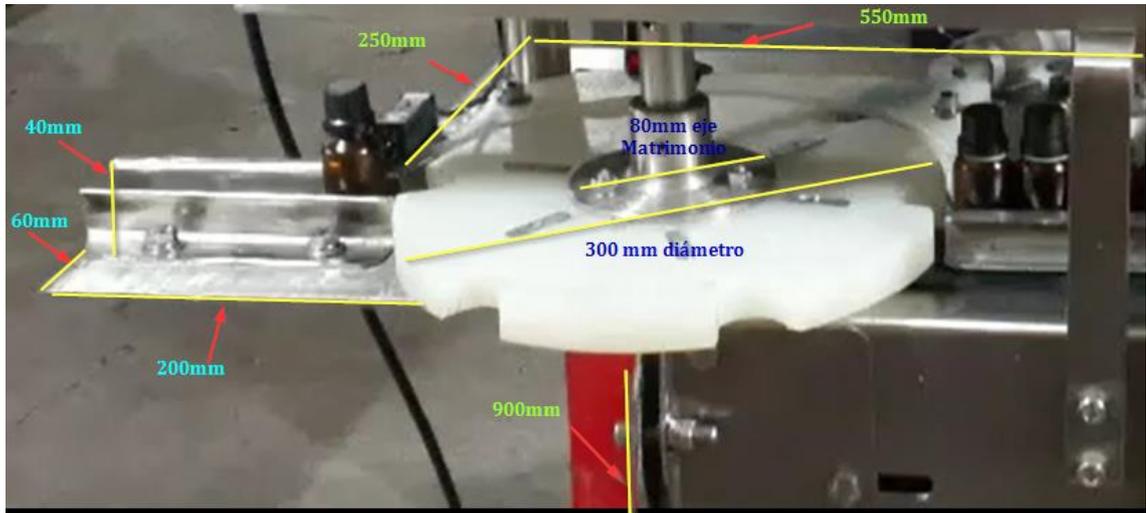


Figura 85. Mesa Rotativa

Elaborado por: El Investigador

En la estructura de la caja secundaria de acero (Ver Figura 86) se ubicó el motor paso a paso, el pistón con el mecanismo vertical y el motor neumático enroscador de botellas. Se adaptó el tablero eléctrico en la parte superior de la caja de acero. En la Tabla 56 se presenta el material usado y sus dimensiones.

Material de la caja	Dimensiones
Estructura en acero inoxidable 304	400mmx 400mmX200mm

Tabla 56. Material y dimensiones de la caja secundaria

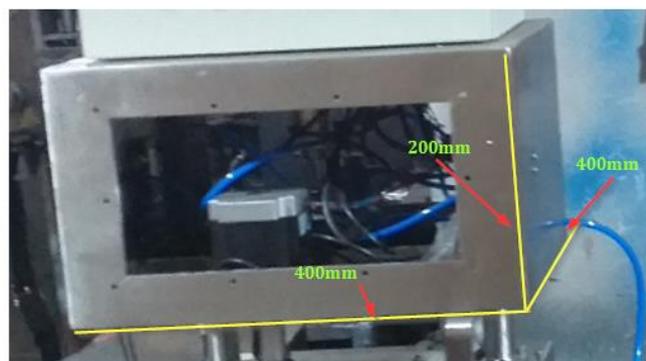


Figura 86. Caja Secundaria

Elaborado por: El Investigador

En la Tabla 57 se establece las dimensiones y materiales de la estructura de la banda transportadora. Para una mejor visualización observar la Figura 87.

Material de la Banda Transportadora Dimensiones

Estructura en acero inoxidable 304	800mmX150mmX900mm
Faja transportadora	70mmX800mm

Tabla 57. Material de la Banda Transportadora

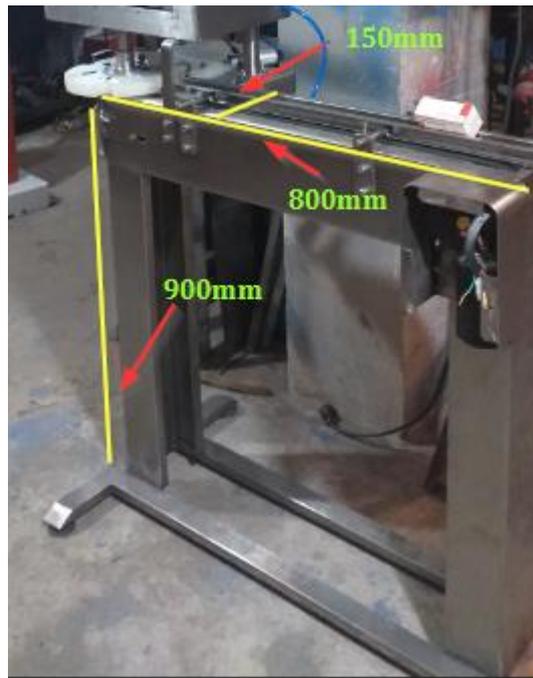


Figura 87. Banda Transportadora

Elaborado por: El Investigador

En la Figura 88 Se describe la ubicación de cada sensor y actuador en la mesa rotativa. El sensor foto eléctrico BM200-DDT a una distancia de 3cm hacia la botella para su detección. La rueda de duralon con sus 6 divisiones a 60° para movilizar las botellas hacia el enroscador y el sensor inductivo PRD-1814DN para la detección de las láminas metálicas que calibra o ensera del proceso en caso de desfase de la rueda. El pistón en la parte posterior para sujetar la botella al momento del sellado.

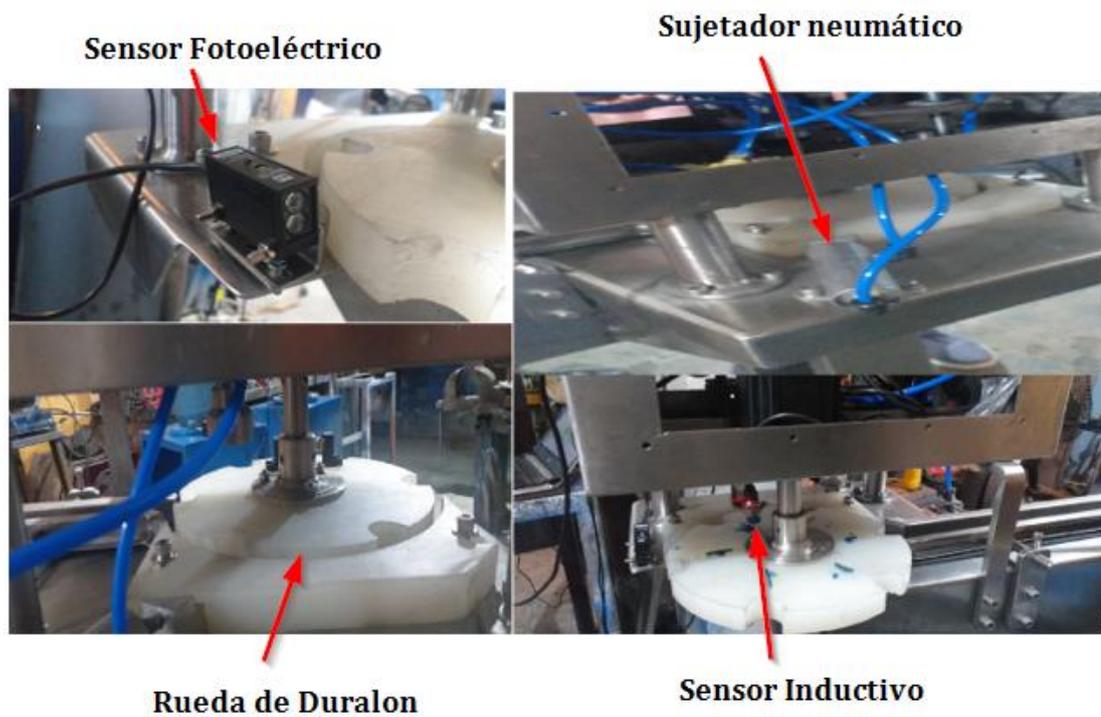


Figura 88. Partes de la Mesa Rotativa

Elaborado por: El Investigador

Se realizó la instalación de: electroválvulas neumáticas para la activación, desactivación de los actuadores neumáticos, pistón de doble efecto que mueve el mecanismo vertical para el sellado, motor neumático que ajusta la tapa de las botellas, el motor paso a paso que moviliza la rueda dentada mediante un eje matrimonio que se conecta a la rueda rotativa. (Ver Figura 89)

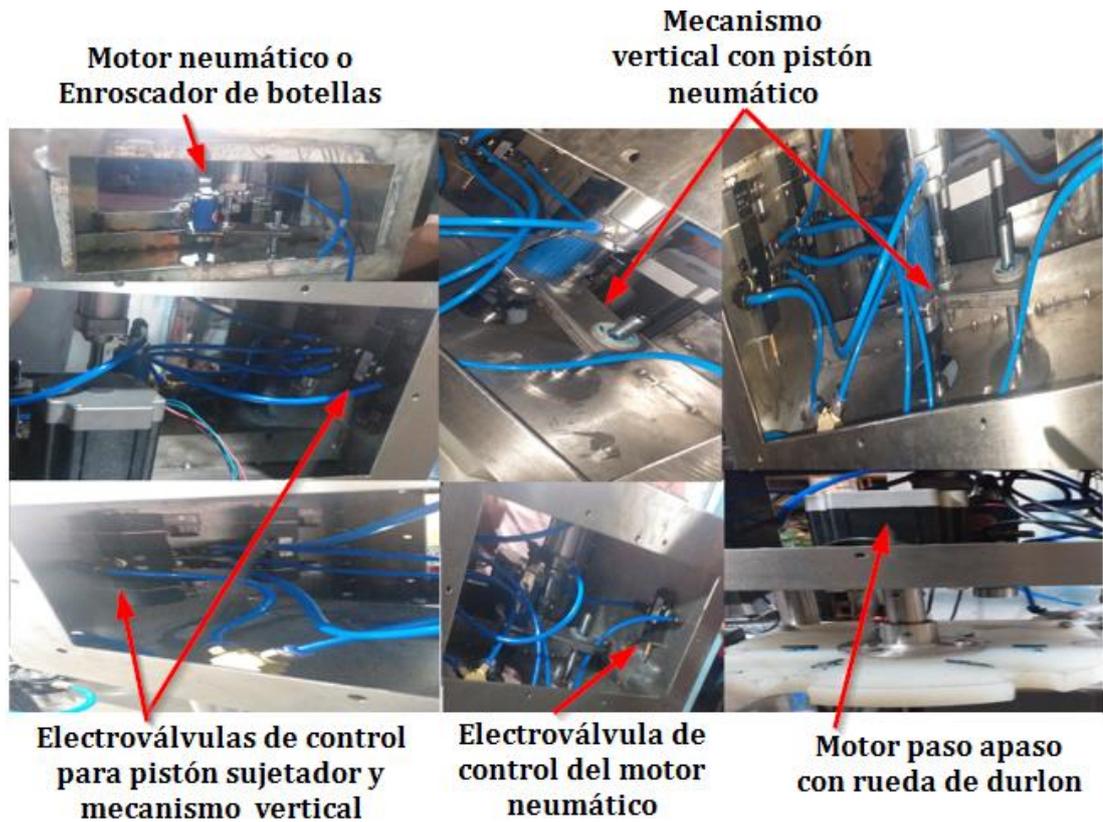


Figura 89. Partes de la Caja secundaria

Elaborado por: El Investigador

En la Figura 90 se presenta el montaje del motor reductor DC en la banda transportadora además de la unidad de mantenimiento neumática que permite filtrar el aire, regular la presión de aire. El equipo suministra el aire comprimido para alimentar las electroválvulas neumáticas y los actuadores neumáticos. Todos los pernos, tornillos, rodillos, tuercas utilizadas para la construcción son acero inoxidable para prevenir deterioros y otros factores contaminantes en el proceso.



Figura 90. Partes de la Banda Transportadora

Elaborado por: El Investigador

En la Figura 91 se muestra la línea selladora completamente implementada.



Figura 91. Línea Selladora

Elaborado por: El Investigador

3.2.14 Presupuesto

Se estableció el presupuesto de materiales para la automatización de la línea selladora de los envases de producto propolis

El presupuesto de horas de trabajo consideradas en la implementación de la línea selladora se realiza en base al sueldo promedio de un ingeniero que esta entre 500 y 750 dólares mensuales. Se considera 21 días laborables y se aplica la siguiente fórmula.

$$\text{SalarioD} = \frac{\text{Sueldoneto}}{\text{Diaslaborables}}$$

$$\text{SalarioD} = \frac{750}{21}$$

$$\text{SalarioD} = 35,71 \frac{\text{dólares}}{\text{dia}}$$

Se estableció el salario diario por 8 horas diarias.

$$\text{SalarioH} = \frac{750}{21}$$

$$\text{SalarioH} = \frac{35,71}{8}$$

$$\text{SalarioH} = 4.46 \text{ Dólares/hora}$$

Se desarrolla el proyecto en un estimado de 504 horas hábiles, que corresponden a dimensionamiento, implementación, programación, pruebas de funcionamiento, corrección de errores, se aplica lo siguiente:

$$\text{Presupuesto} = \text{horasinvestigadas} * \text{salarioH}$$

$$\text{Presupuesto} = 504 * 4.46$$

$$\text{Presupuesto} = 2247.84$$

Luego se especifica todos los materiales eléctricos, electrónicos, neumáticos con sus respectivos costos para la automatización de la línea selladora en la Tabla 58.

PRESUPUESTO DE MATERIALES

Implemento	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
XINJE XD3-16RT-E	1	\$200	\$ 200,00
Botoneras de control	4	\$8,50	\$ 34,00
HMI KINCO GL070E	1	\$400	\$ 400,00
Motorreductor DC	1	\$128	\$ 128,00
Stepp-Motor Industrial XINJE 86BYGH114-	1	\$189	\$ 189,00
Driver Kinco 2CM800	1	\$100	\$ 100,00
PS-2405 Kinco	1	\$92,58	\$ 92,58
Sensor BM200-DDT	1	\$50	\$ 50,00

Elementos de protección	2	\$45	\$ 90,00
Wespro Power Tools128300k	1	\$357.58	\$357.58
Cilindro ISO 15552 – INOX	1	\$68	\$68
ISO 6432- Acero Inoxidable	1	\$50	\$50
Luces Indicadoras	1	\$4	\$ 4,00
Rollos de Cable	3	\$32	\$ 96,00
Tablero Eléctrico	1	\$60	\$ 60,00
Internet	horas	504	\$ 100
Alimentación	días	126	\$ 200
Transporte	1	\$180	\$ 180,00
Subtotal			\$2.041,58
Imprevistos (10%)			\$204,16
Total			\$2.245,74

Tabla 58 Presupuesto de los materiales de la automatización de la Línea selladora

Elaborado por: El Investigador

En la Tabla 59. Se considera la mano de obra y el presupuesto de materiales para establecer un presupuesto final de la automatización.

PRESUPUESTO FINAL DEL PROYECTO		
Detalle	Unidad	Costo
Mano de obra	u	\$ 2.247,84
Presupuesto de materiales	u	\$2.245,74

Tabla 59 Presupuesto final de la línea selladora

Elaborado por: El Investigador

Entonces, el presupuesto final de la automatización de la línea selladora es de \$4.595,66 el desarrollo del proyecto beneficiara a largo plazo la empresa en producción y eficiencia.

3.2.15 Pruebas de funcionamiento

En la prueba de funcionamiento se visualiza en el programa del PLC el control de inicio y para del proceso en formas automática mediante elementos de maniobra y un sistema de control y monitoreo con HMI. Se describe las entradas para botoneras de control y de los sensores mediante la nomenclatura X, además de la comodidad de utilizar contactores auxiliares o marcas mediante la nomenclatura M. El estado online permite diferenciar el estado de las variables tipo booleanas on/off, numéricas u otras según el cambio de color o visualización de la información. Como en la Figura 92 se observa el paro de emergencia.

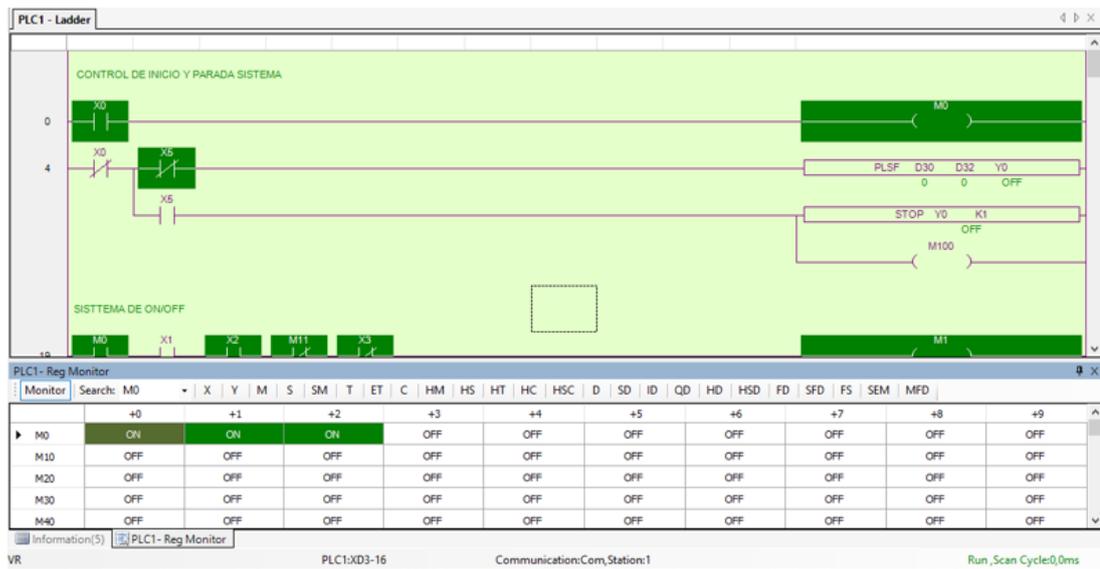


Figura 92. Control de Inicio y parada del Sistema

Elaborado por: El Investigador

En este apartado se presenta los contactos auxiliares y las entradas utilizadas para en Start, Stop, Reset, mediante entradas físicas y virtuales para la activación de bobinas

auxiliares que permiten activación de los actuadores eléctricos y neumáticos. En la Figura 93 se visualiza sistema de ON/OFF

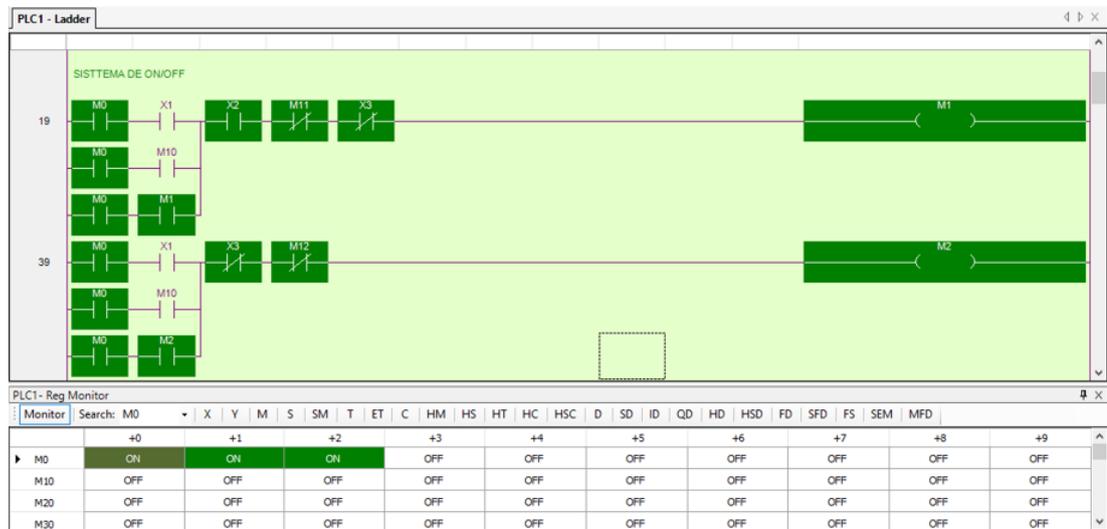


Figura 93. Sistema de On/Off

Elaborado por: El Investigador

Al dar Start se inicia el movimiento de la banda transportadora mediante la activación de un motor reductor DC por la salida física mediante la nomenclatura Y. Siendo también visible la activación en la HMI para la monitorización

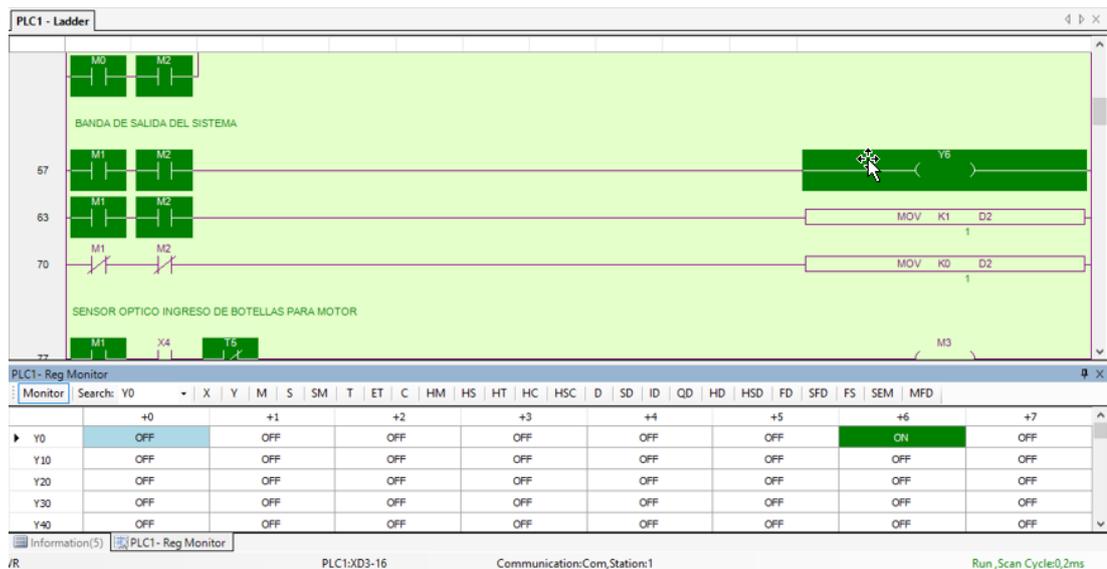


Figura 94. Banda de Salida del Sistema

Elaborado por: El Investigador



Figura 95. Activación física de la banda transportadora de salida

Elaborado por: El Investigador

El ingreso de botellas llenas movilizadas desde la máquina dosificadora por una banda transportadora de ingreso se detecta mediante un sensor óptico, además se realiza el control de la activación y desactivación de cada una de las electroválvulas. Como en la Figura 96.



Figura 96. Sensor óptico ingreso de botellas para motor

Elaborado por: El Investigador

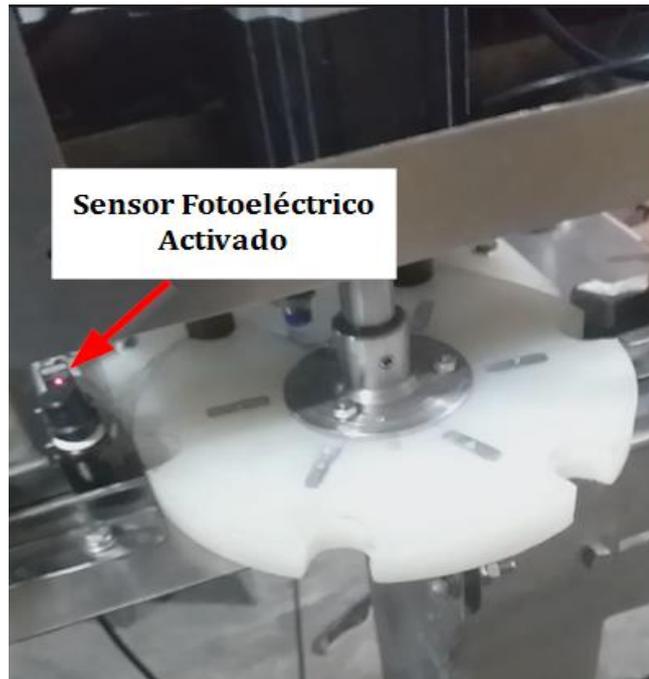


Figura 97. Activación del Sensor Fotoeléctrico en el ingreso de botellas

Elaborado por: El Investigador

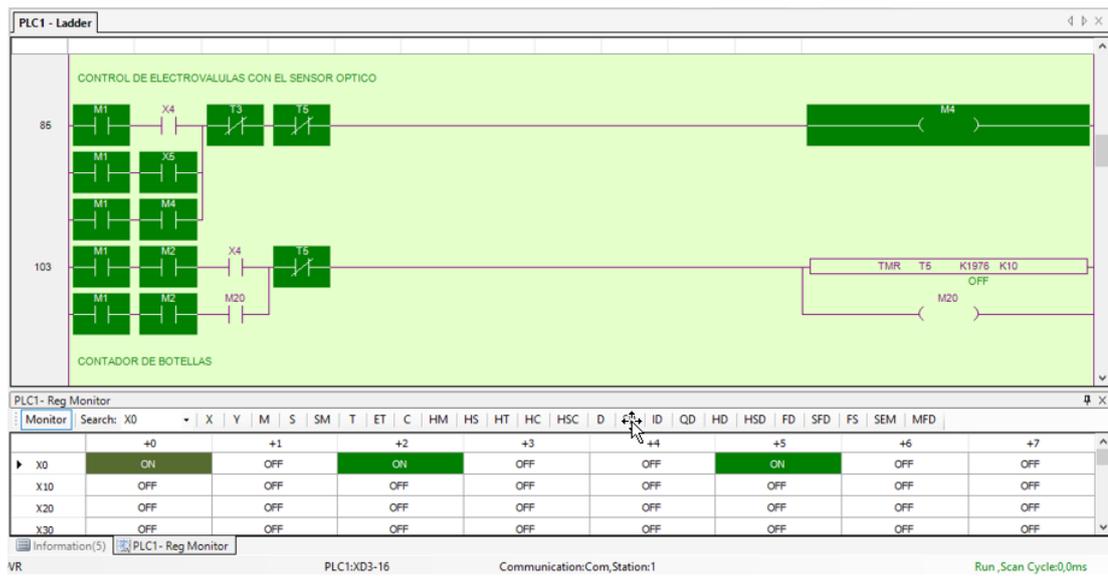


Figura 98. Control de electroválvulas con el sensor óptico

Elaborado por: El Investigador

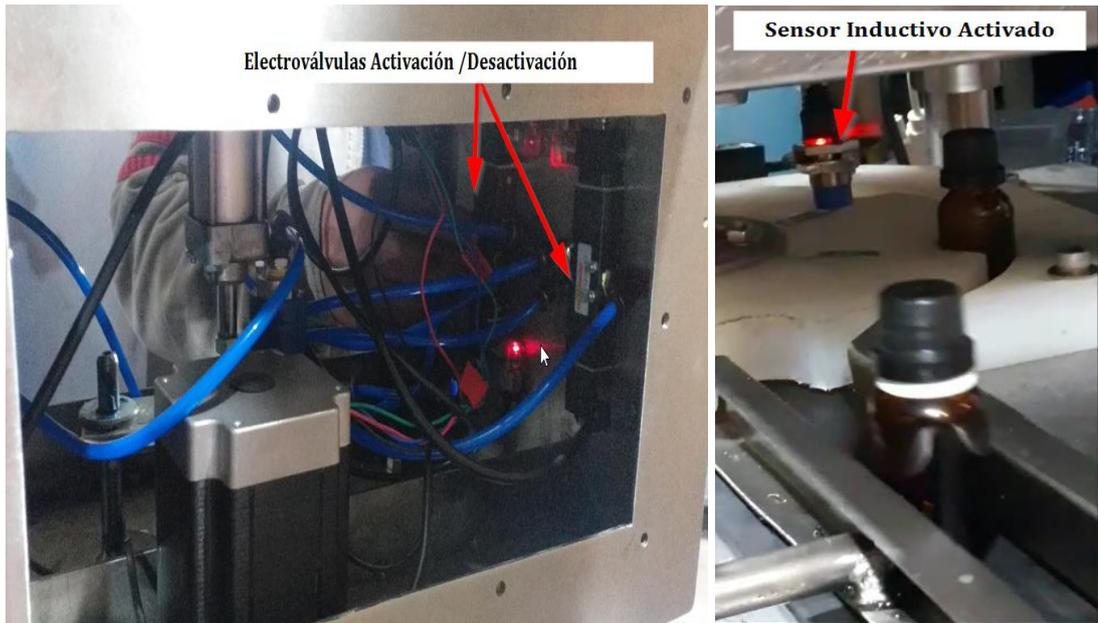


Figura 99. Activación de electroválvulas y sensor inductivo

Elaborado por: El Investigador

Se presenta el inicio de las condiciones utilizadas para el conteo de botellas que viajara la información hacia la HMI, mediante comunicación Modbus RTU. Ya que esta sección se cumple después de la detección de la botella y la alineación del sensor inductivo en la posición correcta para empezar el conteo de las botellas.

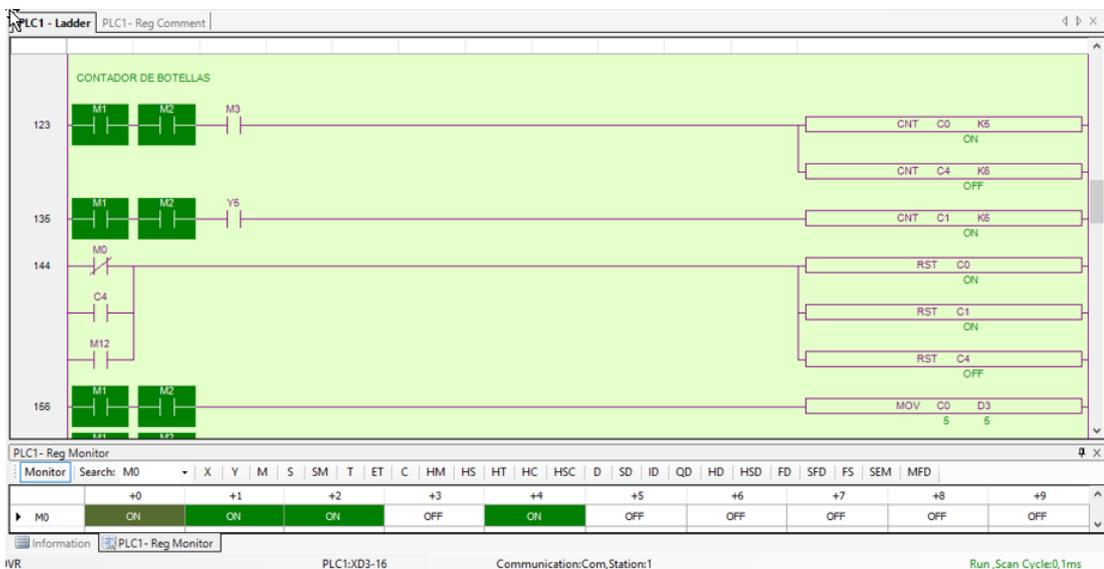


Figura 100. Inicio de sección de conteo de botellas on-line

Elaborado por: El Investigador

El Control de los pre-actuadores neumáticos se condiciona para la activación de dos cilindros neumáticos, tenemos Y4 para el actuador del pistón de doble efecto para sujetar las botellas en el sistema sellador de la línea, Y5 para la activación del cilindro de doble efecto que controla el movimiento vertical del motor neumático, y Y2 para sellar las botellas. Así en la Figura 101 se observa la activación de cada una de las partes del proceso.



Figura 101. Control electroválvulas cilindros neumáticos

Elaborado por: El Investigador



Figura 102. Activación de Motor enroscador y cilindro sujetador de botellas

Elaborado por: El Investigador

El control del motor paso a paso realiza un giro de 60° se usó el método de pulsos PLSR en el PLC. La configuración de pulsos PLSR se basa en modo relative, con dirección HDO y una frecuencia de 750Hz. Además, utiliza un registro entre la activación del sensor inductivo y una constante K3500 que sería aproximadamente el tiempo de espera para el siguiente movimiento. Estos parámetros permiten el funcionamiento adecuado del motor a pasos.

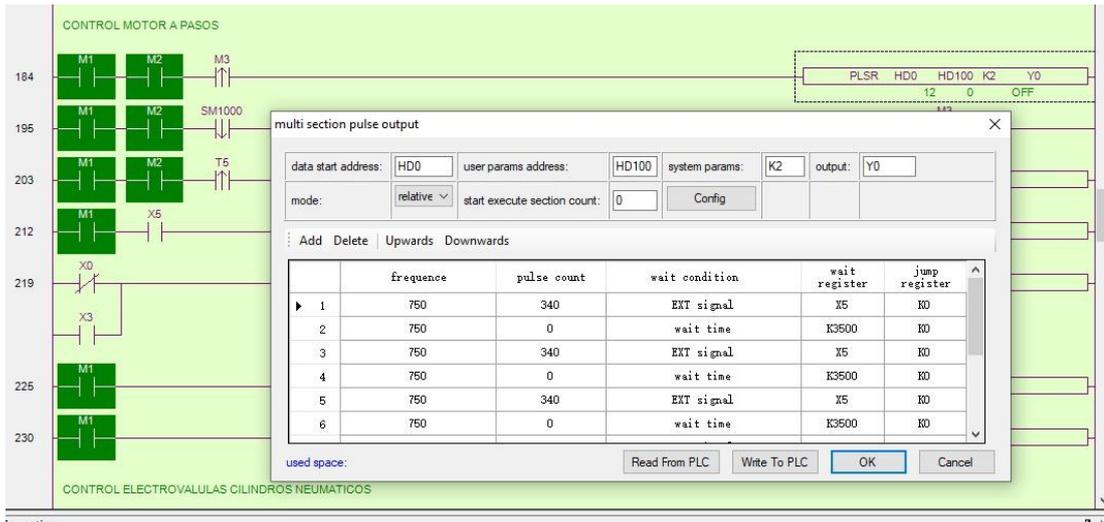


Figura 103. Configuración de parámetros de la salida de pulsos multi - sección para el motor paso a paso

Elaborado por: El Investigador

Se observa la activación en la programación de control del motor a pasos teniendo un tipo especial de condiciones. Se usa el flanco de subida de la señal de la variable virtual M3 para la activación del motor.

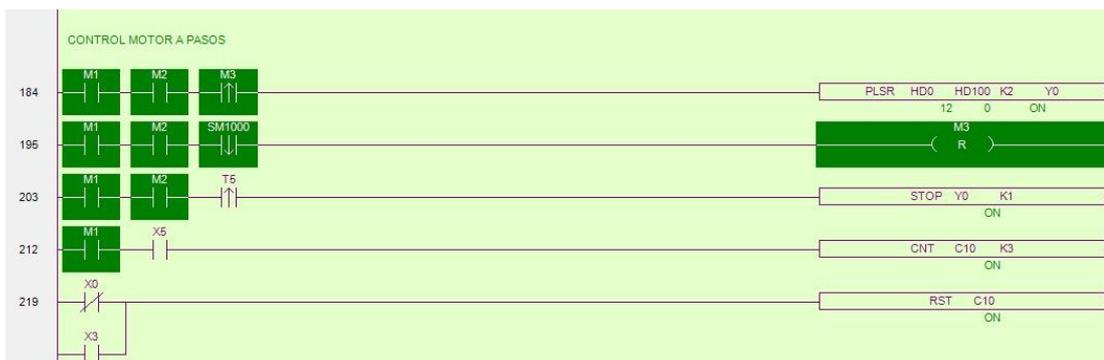


Figura 104. Programación motor paso a paso

Elaborado por: El Investigador



Figura 105. Activación física del motor paso a paso en el proceso de sellado

Elaborado por: El Investigador

3.2.16 Análisis de la eficiencia productiva en disponibilidad, rendimiento, calidad (OEE) de la línea selladora

Se establece un modelo de análisis tomando como datos las botellas por minuto de ingreso de la banda transportadora, para luego realizar una comparación con las botellas por minuto que salen de la línea selladora por la banda transportadora de salida. La prueba de funcionamiento hizo posible realizar el conteo por minuto de la máquina en un lapso admisible para observar algunas botellas inadecuadas por algún inconveniente, ya sea por suministro de aire, colocación de tapas por el operador.

La máquina dosificadora entrega por lote un máximo de 5720 botellas por las 8 horas de jornada sin paradas en el proceso con el uso de dos inyectores, además se obtiene los siguientes datos:

Producto llenado	Propóleo
Tamaño	15ml
Número de operadores	1
Botellas por minuto	12
Botellas por hora	720
Botellas por jornada	5720

Tabla 60. Datos de producción etapa dosificadora

Elaborado por: El Investigador

Después de la implementación de la línea selladora obtenernos una velocidad de producción de 17 botellas por minuto de las cuales mediante la examinación de calidad se presenta aproximadamente de 30 botellas por hora con una falla ya sea por la colocación de la tapa al inicio del ingreso, como por el suministro de aire así estimamos los siguientes datos de producción

Producto sellado	Envases llenos de Propóleo
Tamaño	15ml
Número de operadores	1
Botellas por minuto	17
Botellas por hora	1020
Botella por jornada	8160
Botellas desechadas por jornada	240

Tabla 61. Datos de producción de la línea selladora

Elaborado por: El Investigador

Además, establecemos otros datos para obtener la eficiencia de la maquina así tenemos primero la disponibilidad, rendimiento, y calidad.

- Disponibilidad

La jornada es de 480 minutos, además se estima dos descansos de 10 minutos al día por el operador teniendo, así los siguientes cálculos

$$480 \text{ minutos} - 20 \text{ minutos} = 460 \text{ minutos}$$

$$\frac{460}{480} = 0,958 * 100\% = 96\% \text{ de disponibilidad}$$

- Rendimiento

Se tiene un sistema cíclico de 3,5 segundos por botella teniendo así 17 botellas por minuto, realizamos los siguientes cálculos para observar el rendimiento de la máquina:

$$460 * 17 = 7820 \text{ unidades}$$

Teniendo un retardo de 3,75 y un 3,5 de ciclo inicial nos da un porcentaje de 93,3% así tendríamos:

$$\frac{3,75}{3,5} = 0,9333 * 100\% = 93,3\% \text{ rendimiento}$$

$$93,3\% * 7820 = 729 \text{ unidades}$$

$$460 * 6.7\% = 3,5 \text{ minutos}$$

- Eficiencia con respecto al rendimiento

Después calculamos la eficiencia con respecto al rendimiento:

$$\frac{480 \text{ minutos} - (20 + 3,5)}{480} * 100\% = 95,1\% \text{ de eficiencia}$$

- Calidad

Para calcular la calidad de la maquinaria se toma en cuenta las 7820 botellas, de las cuales 240 son aproximadamente defectuosas, la tasa de calidad sería:

$$\frac{7820 - 240}{7820} = 0,969 * 100\% = 97\% \text{ de calidad}$$

$$\frac{240 \text{ botellas}}{17 \text{ botellas}} \text{ por minuto} = 14 \text{ minutos perdidos de calidad}$$

- Cálculo de la OEE

Las botellas distribución y venta serían un total de 7580 unidades sacando un total OEE por la disponibilidad, rendimiento, calidad mediante el siguiente cálculo.

$$\frac{7820 - 240}{8160} = 0,929 * 100\% = 92.9\% = 93\% \text{ OEE}$$

$$\text{Disponibilidad}(96\%) * \text{Rendimiento}(93,3\%) * \text{Calidad}(97\%) = 93\%$$

$$93,3\% * 7820 = 729.61 \text{ unidades}$$

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

El proyecto resuelve la problemática de la insuficiente producción y una alta demanda del producto Propolis en el mercado. Se establece que la etapa selladora tiene un alto déficit en la planta embotelladora del producto Propolis por el método artesanal que es inadecuado, ya que limita la producción por diferentes factores en el entorno. Es una prioridad un cambio en el método de producción, se considera indispensable la automatización de la línea selladora, facilitando el sellado por el conjunto de sensores y actuadores que son configurados y controlados para realizar actividades prolongadas, así permitiendo al operador utilizar su tiempo en otras actividades de la planta y solo supervisar el proceso.

- Se desarrolló la automatización de la línea selladora de envases del producto Propolis en la empresa Nature's Garden a cargo de DMIT Solutions, habiéndose identificado las etapas del proceso como primer paso el ingreso de las botellas usa un sensor fotoeléctrico para la detección de las botellas al inicio del sistema. En el sellado de botellas se utilizó un sensor inductivo para la calibración automática, un motor a pasos para el movimiento de la rueda dentada, un pistón neumático sujetador, un pistón para un mecanismo de movimiento vertical que sujeta el motor enroscado de envases. Para finalizar se tiene la salida de botellas a través de una banda transportadora controlada por un motor reductor DC.
- El sistema de control se basa en la utilización del control lógico programable por su robustez y confiabilidad en procesos de automatización. Se selecciona el PLC Xinje XD3-16RT-E que posee entradas como salidas muy versátiles, ya que tiene dos salidas de pulsos a 200KHz, y una capacidad de programación de 256K, además de expansión de módulos para sistema SCADA. La comunicación con HMI es compatible con protocolo industrial ModBus. El control de sensores y actuadores permite elevar la producción haciéndola más rápida, adecuada, libre del

contacto directo del operador asegurando la calidad del producto por factores contaminantes, optimizando recursos, minimizando riesgos laborales.

- En el diseño del sistema de supervisión se seleccionó la HMI Kinco GL070E que permite el control y monitoreo en tiempo real de las variables del proceso. Su compatibilidad, gestionamiento de información de envío, y recepción son eficientes, utiliza comunicación full dúplex, permite trabajar en temperaturas 0 a 50°. La comunicación de la HMI es mediante protocolo industrial ModBus RTU, este permite la configuración maestra/esclavo en la interconexión con el PLC. La HMI tiene una pantalla de inicio con control de usuarios, un menú de pantallas que dispone del control de la selladora, eventos, y administración de usuarios. Estas pantallas permiten al usuario interactuar directamente con el proceso de la línea selladora.
- Se estableció gracias al uso del software SolidWorks Electrical un diseño previo de la estructura de la máquina, y la ubicación de cada uno de los elementos sensores y actuadores permitiendo escoger parámetros de materiales, como el uso de acero inoxidable 304 utilizado en la industria farmacéutica y alimentaria. Además de la selección de cable flexible categoría AWG 16 y 14 usado en el cableado de equipos de baja potencia. Se creó el tablero de control donde se establecen equipos de protección, equipos de control, botoneras de control, pantallas HMI, entre otros elementos facilitando su dimensionamiento.
- La eficiencia productiva de la línea selladora entre disponibilidad, rendimiento, calidad es de 93% en la producción de los envases del producto Propolis concluyendo una elevada oferta del producto para el mercado. El proceso manual de sellado producía por jornada 2000 botellas con la intervención de dos trabajadores. Actualmente la máquina automática de sellado produce por jornada 7820 botellas, necesitando una intervención mínima por parte del operario.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar el diseño previo del tablero eléctrico para un buen dimensionamiento de materiales por niveles, equipos utilizados, realizando cálculos sobre la corriente total para elegir los equipos de protección, y suministros de fuentes de alimentación dependiendo los equipos a controlar y controladores.
- Al establecer un sistema rotativo se recomienda el uso de un motor paso a paso por exactitud ya que al realizar los cálculos del torque mínimo del motor se necesitó de un motor que trabaje a bajas potencias y a grados exactos para el proceso. Aunque necesite de un driver es más económico que un servomotor.
- El requerimiento de un sistema neumático que se compone por pistones de doble efecto y motores neumáticos exige el cálculo del suministro de aire comprimido además de una unidad de mantenimiento.
- Se aconseja una indagación previa sobre el uso de motorreductores DC y la carga que conlleva las bandas transportadoras, calculando la potencia necesaria del motor.
- Por último, se recomienda realizar mantenimientos preventivos cada tres meses, y mantenimientos preventivo completo cada 2 años por personal capacitado. En el sistema eléctrico, electrónico y neumático para verificar el buen funcionamiento de los equipos de campo, control y supervisión procurando la eficiencia de la automatización y la calidad del producto.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] El Universo, “Ventas de productos naturales crecieron durante la cuarentena en Ecuador | Economía | Noticias | El Universo.” <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/06/08/nota/7866093/dulcamare-herbalife-nature-garden-defensas-emergencia-ecuador> (accessed Oct. 29, 2020).
- [2] GOB.ECbeta, “Fabricación Productos Naturales Procesados de Uso Medicinal en Laboratorios Farmacéuticos de Medicamentos en General bajo modalidad de campaña | Ecuador - Guía Oficial de Trámites y Servicios,” Sep. 30, 2020. <https://www.gob.ec/arcsa/tramites/fabricacion-productos-naturales-procesados-uso-medicinal-laboratorios-farmaceuticos-medicamentos-general-modalidad-campana> (accessed Oct. 29, 2020).
- [3] P. Alcocer Quinteros, M. Calero Zurita, N. Cedeño Zambrano, and E. Lapo Manchay, “Automatización de los procesos industriales,” *J. Bus. Entrep. Stud.*, vol. 4, no. 2, pp. 123–131, 2020.
- [4] V. C. Latorre Ariño, R. Sanchi Llopis, and J. A. Romero Pérez, *Automatización industrial*, Universita. España, 2015.
- [5] Nature’s Garden, “Nosotros - Nature’s Garden.” <https://www.naturesgarden.com.ec/sobre-nosotros/> (accessed Oct. 30, 2020).
- [6] F. Barrera Prieto and F. Barrera Salamanca, “Diseño y fabricacion de una embotelladora / tapadora para la producción de cerveza artesanal,” *Red Colomb. Rev. Ing.*, vol. II, pp. 89–97, 2015, [Online]. Available: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/76575/02_Memoria.pdf?sequence=5&isAllowed=y.
- [7] W. G. Collay Ruiz and M. J. Luzuriaga Bonilla, “RECONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA ENVASADORA DE AGUA EN LA CORPORACIÓN BIMARCH CIA. LTDA. UBICADA EN LA PARROQUIA COTALÓ EN EL CANTÓN PELILEO,” Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2017.
- [8] J. Velásquez Costa and J. Gonzales Prado, “Prototipo automatizado para el

- llenado y tapado de botellas de plástico,” *Ind. Data*, vol. 20, no. 1, p. 125, 2017, doi: 10.15381/idata.v20i1.13505.
- [9] F. Morales, G. Haro, M. Escalona, and R. M. Toasa, “Sistema de control y monitoreo bajo los protocolos Ethernet y Modbus RTU en el control de sistemas de cintas transportadoras para línea embotelladora de bebidas,” *Rev. Ibérica Sist. e Tecnol. Informação Iber. J. Inf. Syst. Technol.*, no. April, pp. 636–650, 2019.
- [10] C. Chiluisa, “Implementación De Un Sistema Automatizado Con Control Hmi-Scada Para El Proceso De Embotellado De Líquidos,” ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, 2020.
- [11] C. D. Vera Jara and N. A. Hurtado Jaramillo, “Estudio de factibilidad para la producción , comercialización y exportación de jabones a base de propóleos a España,” UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL, 2020.
- [12] M. H. Corona Carpio, A. López Verdecia, A. Duharte, R. Jimenez, and Y. Hernández, “Efectividad de la tintura de propóleos al 10 % en pacientes con estomatitis subprótesis,” 2018.
- [13] E. G. Dussart and D. Yves, “Taller elaboración de subproductos de la miel y las colmenas,” 2015.
- [14] N. Agudelo, G. Tano, and C. A. Vargas, “Historia de la automatización,” *Univ. ECCI*, pp. 1–5, 2015, [Online]. Available: <http://ingenierovizcaino.com/ecci/aut1/corte1/articulos/Historia de la Automatizacion.pdf>.
- [15] C. Ynzunza-Cortés, J. Izar-Landeta, J. Bocarando-Chacón, F. Aguilar-Pereyra, and M. Larios-Osorio, “El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras Implications and Perspectives of Industry 4.0,” Departamento de Desarrollo Académico, 2017. Accessed: Feb. 11, 2021. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6405835&info=resumen&idioma=ENG>.

- [16] J. Luis and D. V. Román, “CONFERENCIA DE DIRECTORES Y DECANOS DE INGENIERÍA INFORMÁTICA Industria 4.0: la transformación digital de la industria,” 2016. Accessed: Feb. 12, 2021. [Online]. Available: <http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf>.
- [17] M. de J. H. I. V. K. I. Ramírez Cadena, “La pirámide de la automatización,” Tecnológico de Monterrey, 2019. Accessed: Feb. 17, 2021. [Online]. Available: <https://repositorio.tec.mx/handle/11285/636027>.
- [18] M. Perez, A. Perez, and E. Perez, ““INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE CONTROL Y MODELO MATEMÁTICO PARA SISTEMAS LINEALES INVARIANTES EN EL TIEMPO.,”” 2007. Accessed: Feb. 17, 2021. [Online]. Available: <http://dea.unsj.edu.ar/control1/apuntes/unidad1y2.pdf>.
- [19] H. G. González Hernández, *Sistemas de Control en Tiempo Continuo y Discreto*, Editorial. México, 2014.
- [20] J. M. ESCAÑO GONZÁLEZ, A. NUEVO GARCIA, and J. GARCÍA CABALLERO, “Integración de sistemas de automatización industrial (Edición 2019) ,” 2019. [https://books.google.com.ec/books?id=gj2dDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=sistemas+de+control+en+la+industria&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjy4tqYu_LuAhVPmVkKHeZnClsQ6AEwBHoECAYQA#v=onepage&q=sistemas de control en la industria&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=gj2dDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=sistemas+de+control+en+la+industria&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjy4tqYu_LuAhVPmVkKHeZnClsQ6AEwBHoECAYQA#v=onepage&q=sistemas+de+control+en+la+industria&f=false) (accessed Feb. 17, 2021).
- [21] D. Ayllon, “Rehabilitación del tablero de control de la máquina tapadora en la empresa Corporación Industrial San Ignacio E.I.R.L,” Universidad Tecnológica del Perú, Perú, 2019. Accessed: Feb. 19, 2021. [Online]. Available: <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/UTP/2850>.
- [22] PAC-Performance-centered Adaptive Curriculum for Employment Needs PLC-SOFTWARE Y LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN, “Controladores Industriales Inteligentes.” Accessed: Feb. 19, 2021. [Online]. Available: http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_2.pdf.

- [23] A. M. Colorado Moncada and A. J. Gaviria Gómez, “MÓDULO DE RED DE CONTROL INDUSTRIAL MEDIANTE PROFINET MODBUS ETHERNET-SERIAL Y COMUNICACIÓN RS-485,” 2018.
- [24] American National Standard, *ANSI/ISA-101.01-2015*, no. July. 2015.
- [25] J. G. Gonzalez Monroy, “Sistema Automaziado para el Control de Embotellado,” pp. 1–135, 2008.
- [26] PROCESOS CONTINUOS S.A.C., “Envasadoras Automáticas de Líquidos y Semilíquidos.” <http://www.procesoscontinuos.com/liqauto.html> (accessed Mar. 20, 2021).
- [27] K. Villavicencio, “Diseño y Construcción de una Máquina Selladora Semiautomática de vasos para mejorar el Proceso de Envasado de Yogur,” UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, Ibarra, 2016.
- [28] Autonics, “Sensor Fotoeléctrico (Serie BM).” [Online]. Available: <https://dominion.com.mx/cat/autonics/sensores-fotoelectricos/sensor-fotoelectrico-serie-bm.pdf>.
- [29] Autonics, “INDUCTIVE PROXIMITY SENSOR LONG DISTANCE CYLINDRICAL TYPE DC 3WIRE Cable type,” p. 480, [Online]. Available: <https://www.autonics.com/model/A1600000864>.
- [30] Air Work, “CYLINDERS ISO 15552 - STAINLESS STEEL VERINS ISO 15552 - ACIER INOXYDABLE CILINDRI ISO 15552 - ACCIAIO INOX CYLINDERS ISO 15552 - STAINLESS STEEL VERINS ISO 15552 - ACIER INOXYDABLE CILINDRI ISO 15552 - ACCIAIO INOX,” 2021.
- [31] XINJE, “XD series PLC Users’ manual [Hardware] (XD3/XD5/XDM).” Accessed: Mar. 12, 2021. [Online]. Available: [http://www.imenista.com/pdf/XD hardware manual.pdf](http://www.imenista.com/pdf/XD%20hardware%20manual.pdf).
- [32] A. Automation, “Automatización Kinco.” https://www.kincoautomation.com/marketing/hmi/Green_Series/GL070E/ (accessed Apr. 08, 2021).
- [33] KINCO Electric, “Kinco HMI-Shanghai Kinco Automation Co., Ltd.”

<https://en.kinco.cn/productdetail/g1070e90.html> (accessed Mar. 22, 2021).

- [34] Instituto Ecuatoriano De Normalización, “CATÁLOGO DE PRODUCTOS BEAUCOUP.” Accessed: Mar. 05, 2021. [Online]. Available: <https://www.inselec.com.ec/wp-content/uploads/2018/12/CATALOGO-BEAUCOUP.pdf>.
- [35] | CONDOR GROUP, “Determinando el caudal y la presión de los compresores de aire.” <https://condorgroup.com.ar/determinando-caudal-la-presion-los-compresores-aire/> (accessed Jun. 17, 2021).

ANEXOS

Anexo1 Las dimensiones del PLC, Distribuciones Físicas (entradas, salidas), Especificaciones Eléctricas y Técnicas.

Dimensiones del PLC

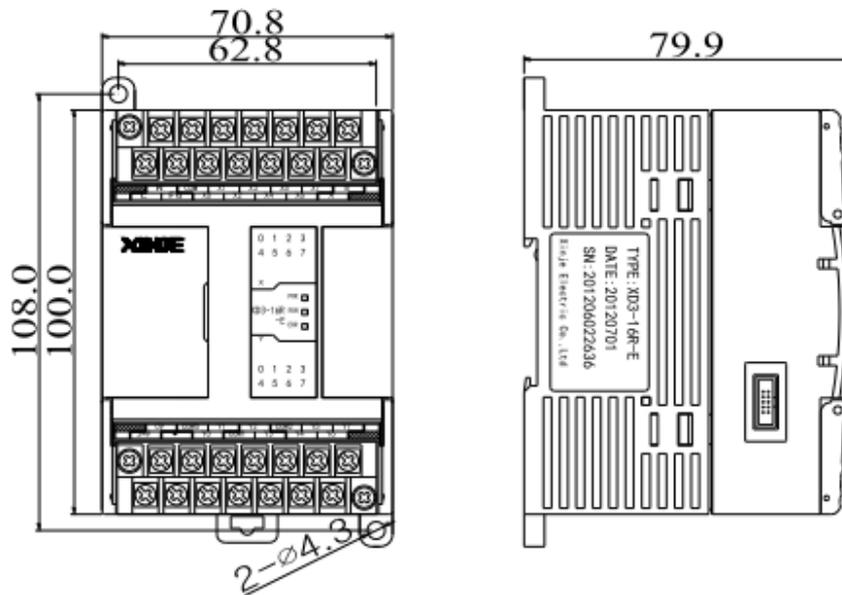


Figura 106. Dimensión de PLC XD3 (mm)

Distribuciones Físicas (Entradas, Salidas)

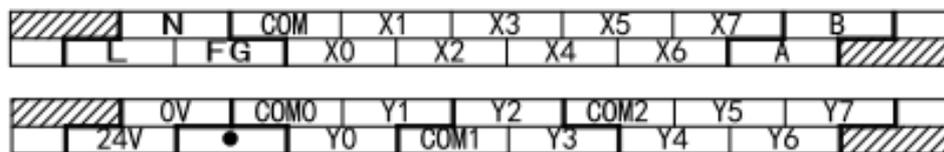


Figura 107 Entradas y Salidas XD3

- Las entradas conocidas con la nomenclatura X
- Las salidas conocidas con la nomenclatura Y
- Voltaje de 24V
- Voltaje de 0V

- COM, COM0, COM1, COM2

Especificaciones Eléctrica y Técnicas de los PLC serie XD3

Items	Content
Rated Voltage	AC100V~240V
Allowed Voltage Range	AC100V~240V
Rated Frequency	50/60Hz
Allow momentary power off time	Interruption Time ≤ 0.5 AC cycle, interval ≥ 1 sec
Impulse Current	Max 40A below 5mS/AC100V max 60A below 5mS/AC200V
Maximum Power Consumption	12W
Power Supply for Sensor	24VDC $\pm 10\%$ 16 points max is 200mA ,32 points max is 400mA

Figura 108. Especificaciones Eléctricas y Técnicas XD3

Anexo2 Las dimensiones de la HMI Kinco Serie Green, Especificaciones Eléctricas y Técnicas.

Dimensiones de la HMI Kinco

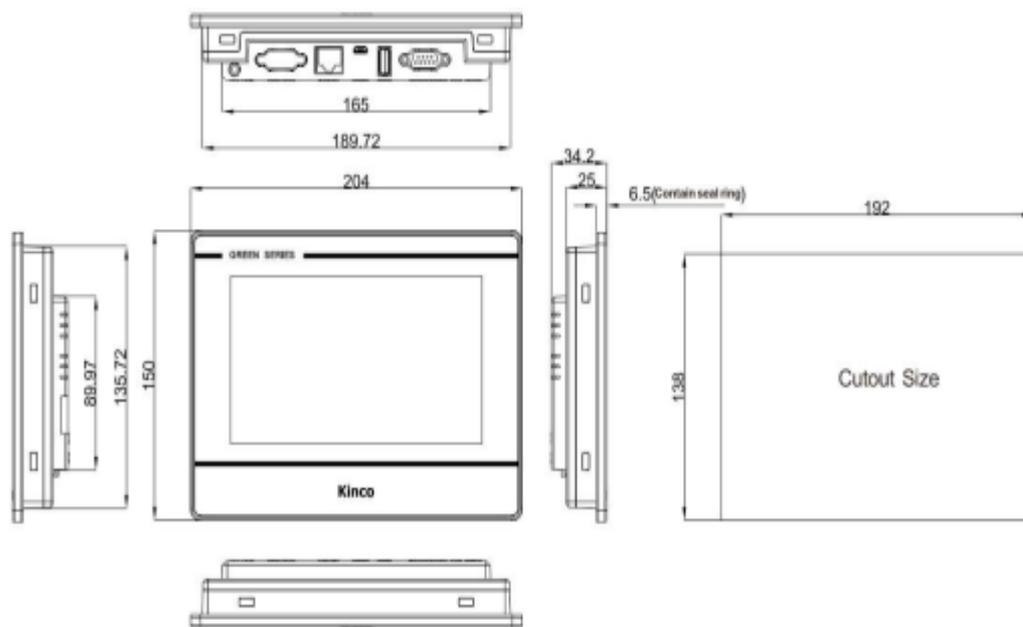


Figura 109. Dimensiones HMI Kinco

Especificaciones eléctricas y técnicas

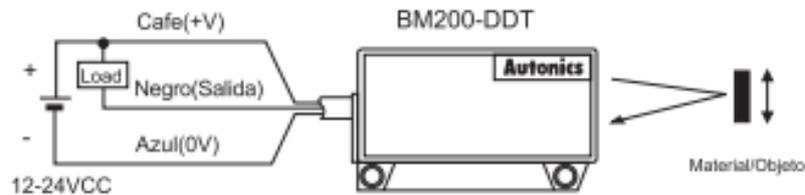
Model	GL070	GL070E
Performance specification		
Display size	7" TFT	
Display area	154.08mm(W)x85.92mm(H)	
Resolution	800*480 pixels	
Display color	16.7M color	
Display angle of view	70/70/50/70(left/right/up/down)	
Contrast ratio	500:1	
Backlight	LED	
Brightness	250cd/m ²	
Backlight life	More than 30000 hours	
Touch panel	4 line precision resistance network (surface hardness 4H)	
CPU	ARM RISC 32bit 800MHz	
Storage	128MB NAND Flash Memory+128MB DDR3 Memory	
RTC	Built-in	
Extensible memory	1 USB Host	
Print port	USB Host/serial port	
Ethernet	None	10/100M self-adaption
Program download	USB Slave(Micro USB) /U disk	USB Slave(Micro USB) /U disk/Ethernet
Communication port	COM0:RS232/RS485/RS422; COM2:RS232	
Electrical specifications		
Input power supply	DC10V–DC28V,Built-in isolation power supply	
Rated power	3.6W @24V DC	
Allowable loss of power	< 3ms	
Insulation resistance	Over 50MΩ@500V DC	
Hi-pot test	500 VAC 1 minute	
Structure specifications		
Shell material	Engineering plastic	
Shape size	204mm*150mm*34mm	
Cutout size	192mm*138mm	
Weight	0.5Kg	
Environmental specifications		
Temperature of working environment	0 – 50°C	
Humidity of working environment	10 – 90% RH (non-condensing)	
Storage environment temperature	-20 – 60°C	
Storage environment humidity	10 – 90% RH (non-condensing)	
Sine vibration test	10 – 500Hz, 30m/s ² , X, Y, Z direction/hour	
Cooling mode	Natural air cooling	
Product certification		
Panel protection grade	Conforming to IP65 certification(4208—93)	
CE authentication	EN61000-6-4:2007+A1:2011, EN61000-6-2:2005	
Software		
Configuration software	Kinco DTools V3.3 and above version	

Figura 110 Especificaciones eléctricas y técnicas HMI Kinco

Anexo 3 Hoja técnica del sensor BM-200DDT

Conexión

Reflexión Difusa (Normalmente abierto)



Especificaciones

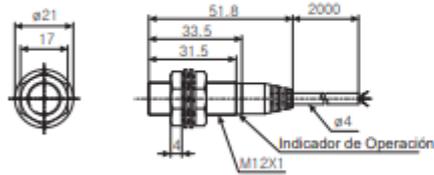
Tipo	Barrera	Retro reflectivo	Reflexión difusa
Modelo	BM3M-TDT	BM1M-MDT	BM200-DDT
Apariencia y Dimensiones	 Barrera [W16X H27.7 X L51.5mm]	 Retro Reflexión Espejo MS-2 (W40.5XH60.5) Espejo MS-5 (W12XH24)	 Reflexión difusa
Distancia de detección	3m	(*) 0.1 ~ 1m	200mm (100X100mm Papel blanco opaco)
Material/Objeto	Materiales opacos de por lo min. ϕ 8mm	Materiales opacos de por lo min. ϕ 60mm	Transparente, translúcido y Materiales opacos
Histeresis	—————		Max. 10% en la distancia de detección
Tiempo de respuesta	Max. 3ms		
Alimentación	12-24VCC \pm 10% (Rizo P-P:Max. 10%)		
Consumo de corriente	Max. 45mA	Max. 40mA	
Fuente de luz	Led infrarrojo (modulado)		
Ajuste de sensibilidad	Fijo		VR ajustable
Modo de Operación	Normalmente cerrado		Normalmente abierto
Salida de control	Salida NPN colector abierto - voltaje de carga: Max 30 VCC, corriente de carga: Max 100mA, voltaje residual: Max. 1V		
Circuito de protección	Protección contra inversión de polaridad		
Indicación	Indicación de Operación: LED rojo		
Conexión	Cable en la salida: 2 m		

Anexo 4: Especificaciones Técnicas del Sensor Inductivo PRD18-14DN

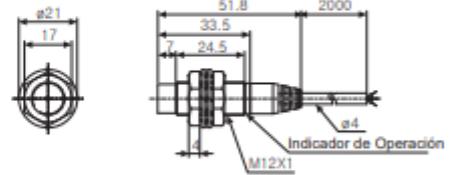
■ Dimensiones

(Unidad:mm)

●PRD(T)12-4D□



●PRD(T)12-8D□



■ Especificaciones

●Tipo 3-hilos DC

Modelo	PRD12-4DN PRD12-4DP PRD12-4DN2 PRD12-4DP2 PRDL12-4DN PRDL12-4DP PRDL12-4DN2 PRDL12-4DP2 PRDW12-4DN PRDW12-4DP PRDW12-4DN2 PRDW12-4DP2 PRDWL12-4DN PRDWL12-4DP PRDWL12-4DN2 PRDWL12-4DP2	PRD12-8DN PRD12-8DP PRD12-8DN2 PRD12-8DP2 PRDL12-8DN PRDL12-8DP PRDL12-8DN2 PRDL12-8DP2 PRDW12-8DN PRDW12-8DP PRDW12-8DN2 PRDW12-8DP2 PRDWL12-8DN PRDWL12-8DP PRDWL12-8DN2 PRDWL12-8DP2	PRD18-7DN PRD18-7DP PRD18-7DN2 PRD18-7DP2 PRDL18-7DN PRDL18-7DP PRDL18-7DN2 PRDL18-7DP2 PRDW18-7DN PRDW18-7DP PRDW18-7DN2 PRDW18-7DP2 PRDWL18-7DN PRDWL18-7DP PRDWL18-7DN2 PRDWL18-7DP2	PRD18-14DN PRD18-14DP PRD18-14DN2 PRD18-14DP2 PRDL18-14DN PRDL18-14DP PRDL18-14DN2 PRDL18-14DP2 PRDW18-14DN PRDW18-14DP PRDW18-14DN2 PRDW18-14DP2 PRDWL18-14DN PRDWL18-14DP PRDWL18-14DN2 PRDWL18-14DP2
Distancia de detección	4mm ±10%	8mm ±10%	7mm ±10%	14mm ±10%
Histéresis	Max. 10% de distancia de detección			
Objeto estándar de detección	12×12×1mm (Hierro)	25×25×1mm (Hierro)	20×20×1mm (Hierro)	40×40×1mm (Hierro)
Distancia nominal	0 a 2.8mm	0 a 5.6mm	0 a 4.9mm	0 a 9.8mm
Alimentación (Voltaje de operación)	12~24VCC (10~30VCC)			
Corriente de fuga	Max. 10mA			
Frecuencia de respuesta (★1)	500Hz	400Hz	300Hz	200Hz
Voltaje residual	Max. 1.5V			
Afección por Temp.	±10% Max. para distancia de detección a +20°C dentro del rango de temperatura de -25 ~ +70°C			
Salida de control	200mA			
Resistencia de aislamiento	Min. 50MΩ(a 500VCC megas)			
Rigidez dieléctrica	1500VCA50/60Hz por 1minuto			
Vibración	1mm de amplitud a una frecuencia de 10 ~ 55Hz en cada una de las direcciones X, Y, Z por 2 horas			
Choque	500m/s²(50G) X, Y, Z ± direcciones X, Y, Z por 3 tiempos			
Indicador	Indicador de Operación (LED Rojo)			
Temperatura ambiente	-25 ~ +70 °C (en condición de no congelamiento)			
Temperatura de almacenaje	-30 ~ +80 °C (en condición de no congelamiento)			
Humedad ambiente	35 ~ 95%RH			
Circuito de protección	Aumento, inversión de polaridad y circuito de protección contra sobrecorriente.			
Protección	IP67(Estándar IEC)			
Certificados	CE			
Peso de la unidad	PRD : Aprox. 74g PRDL : Aprox. 94g PRDW : Aprox. 44g PRDWL : Aprox. 64g	PRD : Aprox. 72g PRDL : Aprox. 92g PRDW : Aprox. 42g PRDWL : Aprox. 62g	PRD : Aprox. 115g PRDL : Aprox. 145g PRDW : Aprox. 80g PRDWL : Aprox. 110g	PRD : Aprox. 110g PRDL : Aprox. 140g PRDW : Aprox. 75g PRDWL : Aprox. 105g

★1 La frecuencia de respuesta es el valor promedio. Se usa el objeto estándar de detección con dos veces el tamaño especificado y 1/2 de la distancia de detección para la distancia al objeto.

Anexo 5: Especificaciones Técnicas de la Fuente de poder PS-2405

MODEL	PS-2401	PS-2402	PS-2405
DC VOLTAGE	24V	24V	24V
RATED CURRENT	1A	2.5A	5A
CURRENT	0~1A	0~2.5A	0~5A
RANGE			
RATED POWER	24W	60W	120W
RIPPLE & NOISE(Max) ²	80mVp-p	120mVp-p	200mVp-p
VOLTAGE TOLERANCE	±2%	±2%	±2%
LINE REGULATION	±1%	±1%	±1%
LOAD REGULATION	±2%	±2%	±2%
SETUP TIME ¹	500mS/230V 1000mS/115V @ full load	500mS/230V 1000mS/115V @ full load	500mS/230V 1000mS/115V @ full load
RISE TIME ¹	30mS @ full load	30mS @ full load	30mS @ full load
HOLD UP TIME (Typ.)	50mS/230V 20mS/115V @ full load	50mS/230V 20mS/115V @ full load	50mS/230V 20mS/115V @ full load
VOLTAGE RANGE	100~240VAC 120~370VDC	100~240VAC 120~370VDC	100~240VAC 120~370VDC
FREQUENCY RANGE	47~63Hz	47~63Hz	47~63Hz
EFFICIENCY (Typ.)	88%	89%	88%
AC CURRENT(Max.)	< 0.55A	< 1.2A	< 2.3A
INRUSH CURRENT(Typ.)	COLD START 20A/115VAC 40A/230VAC	COLD START 20A/115VAC 40A/230VAC	COLD START 20A/115VAC 40A/230VAC
LEAKAGE CURRENT	<1mA/240VAC	<1mA/240VAC	<1mA/240VAC

SHORT CIRCUIT	Hiccup Mode, Recovers automatically after fault condition is removed.	Hiccup Mode, Recovers automatically after fault condition is removed.	Hiccup Mode, Recovers automatically after fault condition is removed.
ENVIRONMENT			
WORKING TEMP.	-20°C~+70°C (Refer to Derating curve)	-20°C~+70°C (Refer to Derating curve)	-20°C~+70°C (Refer to Derating curve)
WORKING HUMIDITY	20 ~ 90% RH Non-condensing	20 ~ 90% RH Non-condensing	20 ~ 90% RH Non-condensing
STORAGE TEMP.	-40°C ~ +850°C	-40°C ~ +850°C	-40°C ~ +850°C
STORAGE HUMIDITY	10 ~ 95% RH	10 ~ 95% RH	10 ~ 95% RH
SAFETY STANDARDS	EN60950-1 approved	EN60950-1 approved	EN60950-1 approved
WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P:3KVAC I/P-FG:2KVAC O/P-FG:0.5KVAC	I/P-O/P:3KVAC I/P-FG:2KVAC O/P-FG:0.5KVAC	I/P-O/P:3KVAC I/P-FG:2KVAC O/P-FG:0.5KVAC
EMC EMISSION	Compliance to EN55022 (CISPR22) CLASS B ,EN61000-3-2,-3	Compliance to EN55022 (CISPR22) CLASS B ,EN61000-3-2,-3	Compliance to EN55022 (CISPR22) CLASS B ,EN61000-3-2,-3
EMC IMMUNITY	Compliance to EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11 EN61000-6-1 criteria A	Compliance to EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11 EN61000-6-1 criteria A	Compliance to EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11 EN61000-6-1 criteria A
DIMENSION	90*63*45MM (L*H*W)	90*63*45MM (L*H*W)	125*99*55MM (L*H*W)
WEIGHT	160g	160g	450g

Anexo 6 Tabla de referencias entre caudales y potencias de compresores

Caudal (litros/minuto)	Caudal (m ³ /minuto)	Presión (PSI)	Potencia (HP)	Compresor recomendado
350-550	0,35-0,55	145	3 a 5	A pistón
551-700	0,7	145	7,5	A pistón
701-960	0,96	145	10	A tornillo
961-1300	1,3	145	15	A tornillo
1301-7500	7,5	145	75	A tornillo

figura[35]

Anexo 7 Configuración de Pulsos en el PLC serie XD3

Tipos de configuraciones en las variables del PLC en este caso se selecciona la configuración PLSR

Pulse Output Instructions List

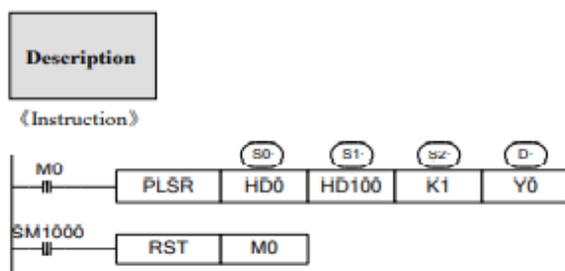
Instruction name	Function	Instruction	Chapter
Pulse output			
PLSR	Multi-segment pulse output		6-2-1
PLSF	Variable pulse output		6-2-2
ZRN	Return to mechanical origin		6-2-3
PLSMV	Refresh pulse quantity		6-2-4
STOP	Stop pulse		6-2-5

Se observa el modelo de PLC y los canales de pulsos se puede configurar

Pulse output terminal:

PLC model	Pulse channel	Pulse output terminal
XD3-16T/RT, XD3-24T/RT, XD3-32T/RT, XD3-48T/RT, XD3-60T/RT	2	Y0, Y1
XDM-24T4, XDM-32T4, XDM-60T4	4	Y0, Y1, Y2, Y3
XDM-60T10	10	Y0, Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Y7, Y10, Y11

Parámetros de los pulsos Descripción del contenido de la configuración

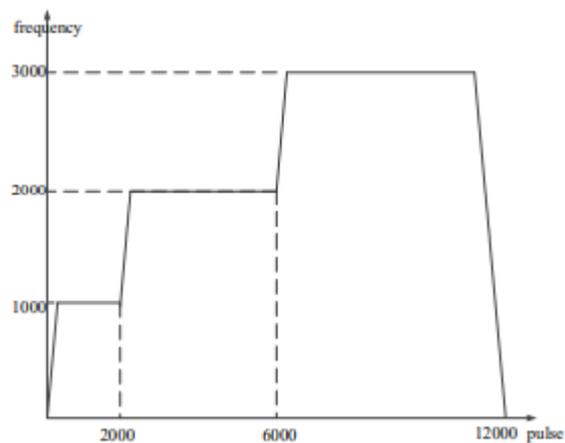


Pulse parameter address:

Address	Contents	Mark
S0+0 (dword)	Pulse segment quantity (1~100)	
S0+2 (8 words)	Reserved (8 words)	
S0+10 (dword)	Pulse frequency	Segment 1
S0+12 (dword)	Pulse quantity	
S0+14	bit15-bit8: wait condition 00: pulse sending end 01: wait time 02: wait signal 03: ACT time 04: EXT signal 05: EXT signal or pulse sending end bit7-bit0: wait condition register type 00: constant 01: D 02: HD 03: FD 04: X 05: M 06: HM	
S0+15 (dword)	Constant/register(waiting condition)	

S0+17	bit7-bit0: jump register type 00: constant 01: D 02: HD 03: FD	
S0+18 (dword)	Constant/register (jump register)	
...
S0+N*10+0 (dword)	Pulse frequency	Segment N
S0+N*10+2 (dword)	Pulse quantity	
S0+N*10+4	Wait condition, wait condition register type	
S0+N*10+5 (dword)	Constant or register (waiting condition)	
S0+N*10+7	Jump type, jump register type (waiting condition)	
S0+N*10+8 (dword)	Constant or register (jump register)	

Gráfica entre la aceleración y desaceleración entre la frecuencia y los pulsos



TESIS_PAMELA_MORALES

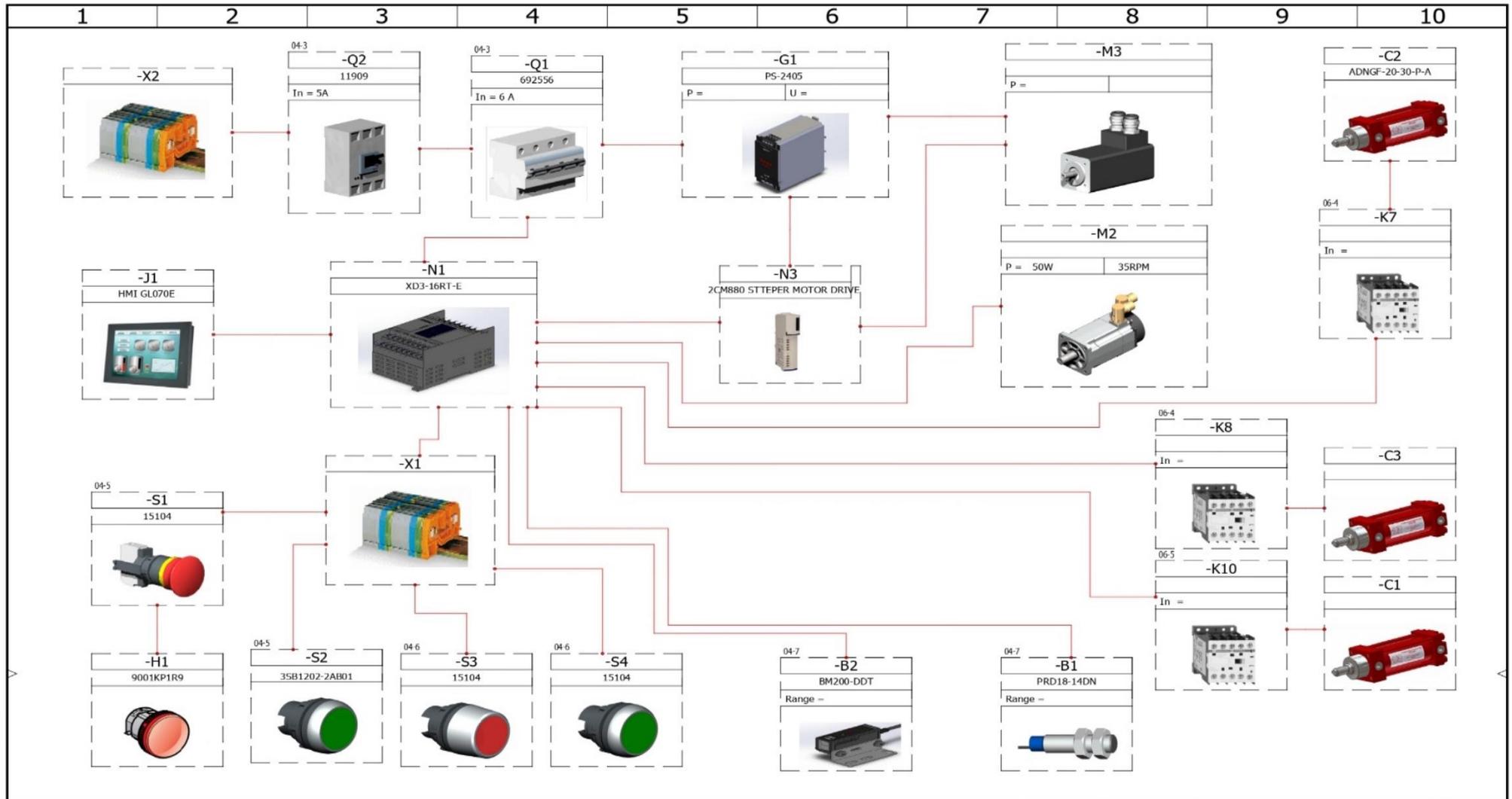
Selladora de Propolis

SOLIDWORKS Electrical

IND	Fecha	Nombre	Comentarios		Índice :
1	15/6/2021	Pamela			
0	10/4/2021	Pamela			
			DMIT Av los Guaytambos las Frutillas Ambato		Pamela Morales Ambato
			Contrato n° : 001	Datos de usuario 1 Pamela Morales Datos de usuario 2	Hoja : 01

Documento creado con la versión : 2016.0.2.24

Anexo 9 Plano de conexiones de todos los elementos que engloban la automatización de la línea selladora

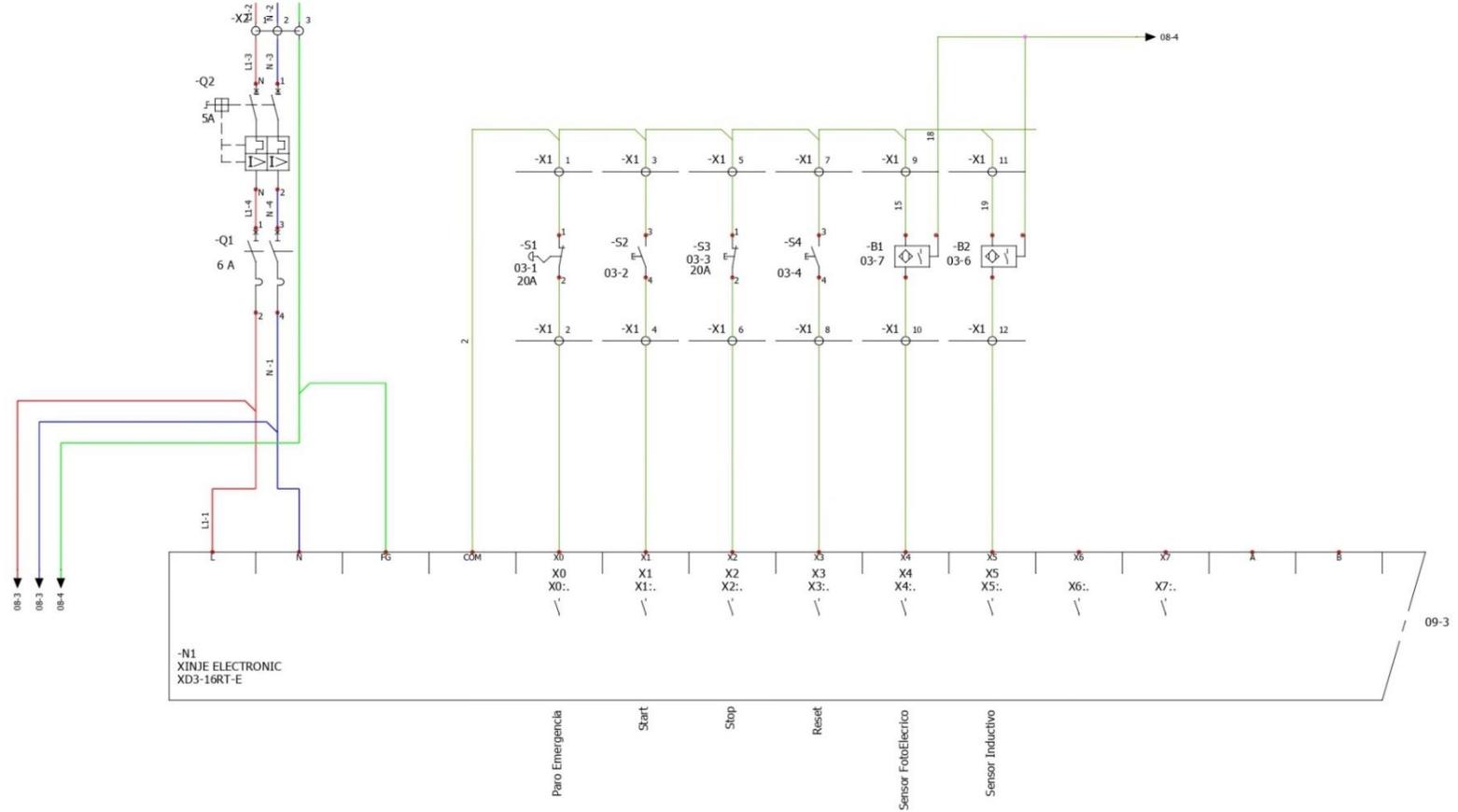


SOLIDWORKS Electrical

Pamela Morales Ambato		Selladora de Propolis							Indice 0
Contrato n° : 001		Situación: +L1			Armario principal		IND 0 10/4/2021 Pamela		Hoja 03
					Datos de usuario 1 Pamela Morales		Comentarios Datos de usuario 2		

Documento creado con la versión de : 2016.0.2.24

Anexo 10 Plano de conexión entre el PLC y todos los elementos de entrada paro de emergencia, Start, Stop, Reset , Sensor Fotoeléctrico, Sensor Inductivo

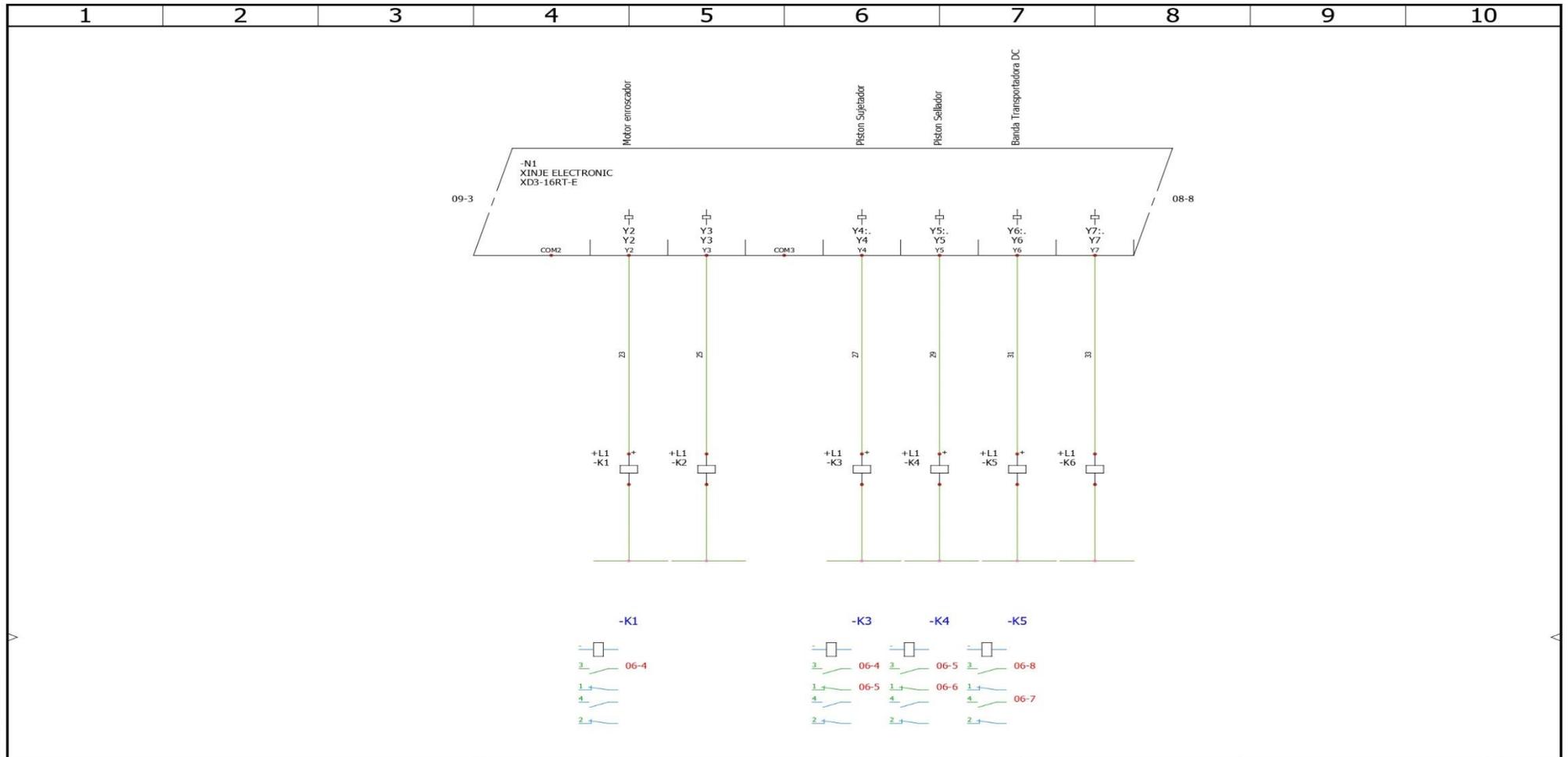


SOLIDWORKS Electrical

Pamela Morales Ambato	Selladora de Propolis			Índice			
				0			
Contrato n° : 001	Situación: +L1	Armario principal	IND	6/5/2021	Pamela	Comentarios	Hoja
			Datos de usuario 1 Pamela Morales		Datos de usuario 2		04

Documento creado con la versión de : 2016.0.2.24

Anexo 11 Plano de Conexiones entre el PLC y todas las salidas , el motor paso ha paso, motor neumatico enroscador, pistón sujetador, pistón sellador, Banda transportadora por el motorreductr DC

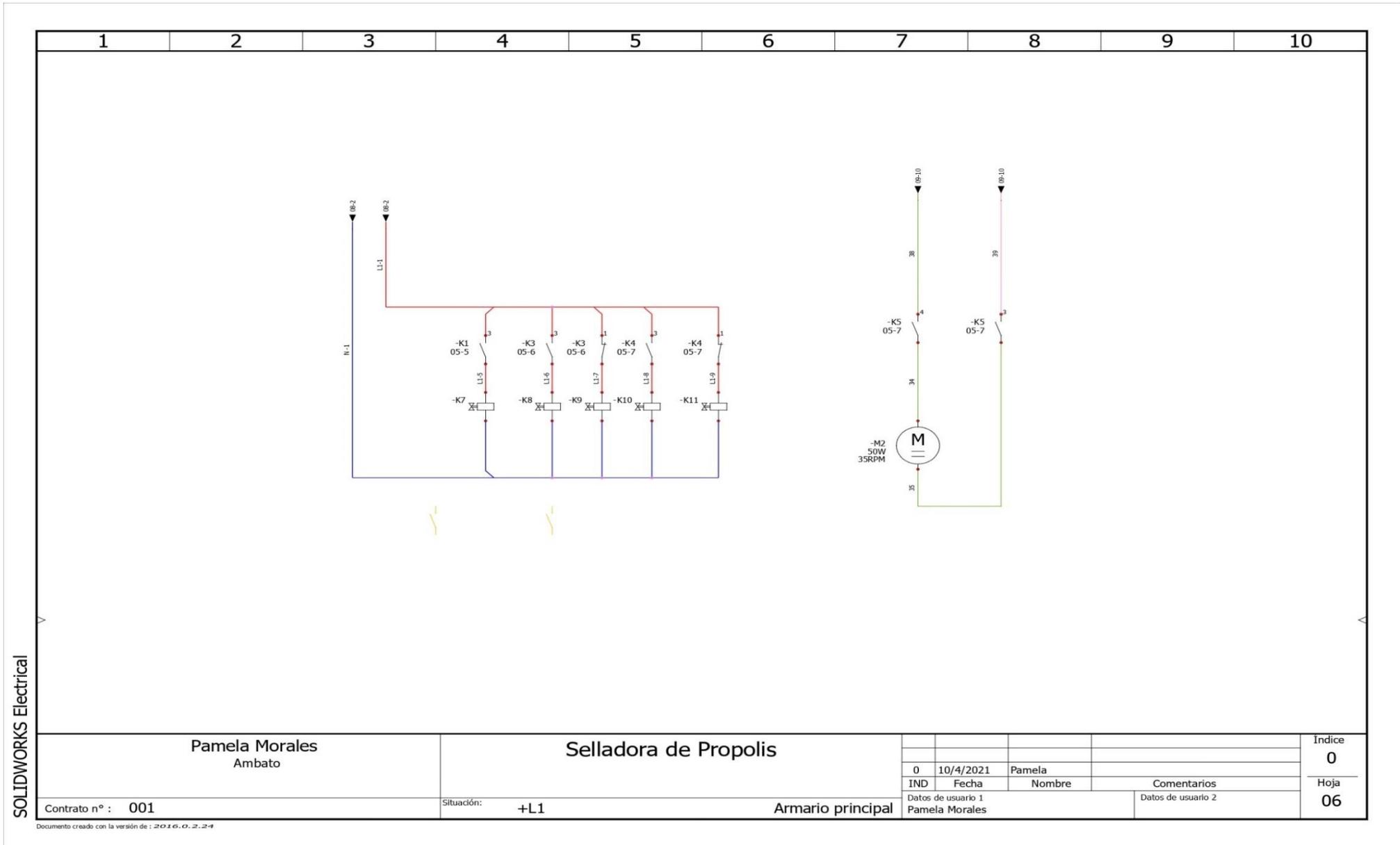


SOLIDWORKS Electrical

Pamela Morales Ambato	Situación: +L1	Selladora de Propolis	Armario principal	IND	6/5/2021	Pamela	Comentarios	Indice
				Datos de usuario 1 Pamela Morales		Datos de usuario 2		0
Contrato n° : 001								Hoja 05

Documento creado con la versión de : 2016.0.2.24

Anexo 12 Plano Eléctrico de las conexiones de las electroválvulas y el arranque de la banda transportadora

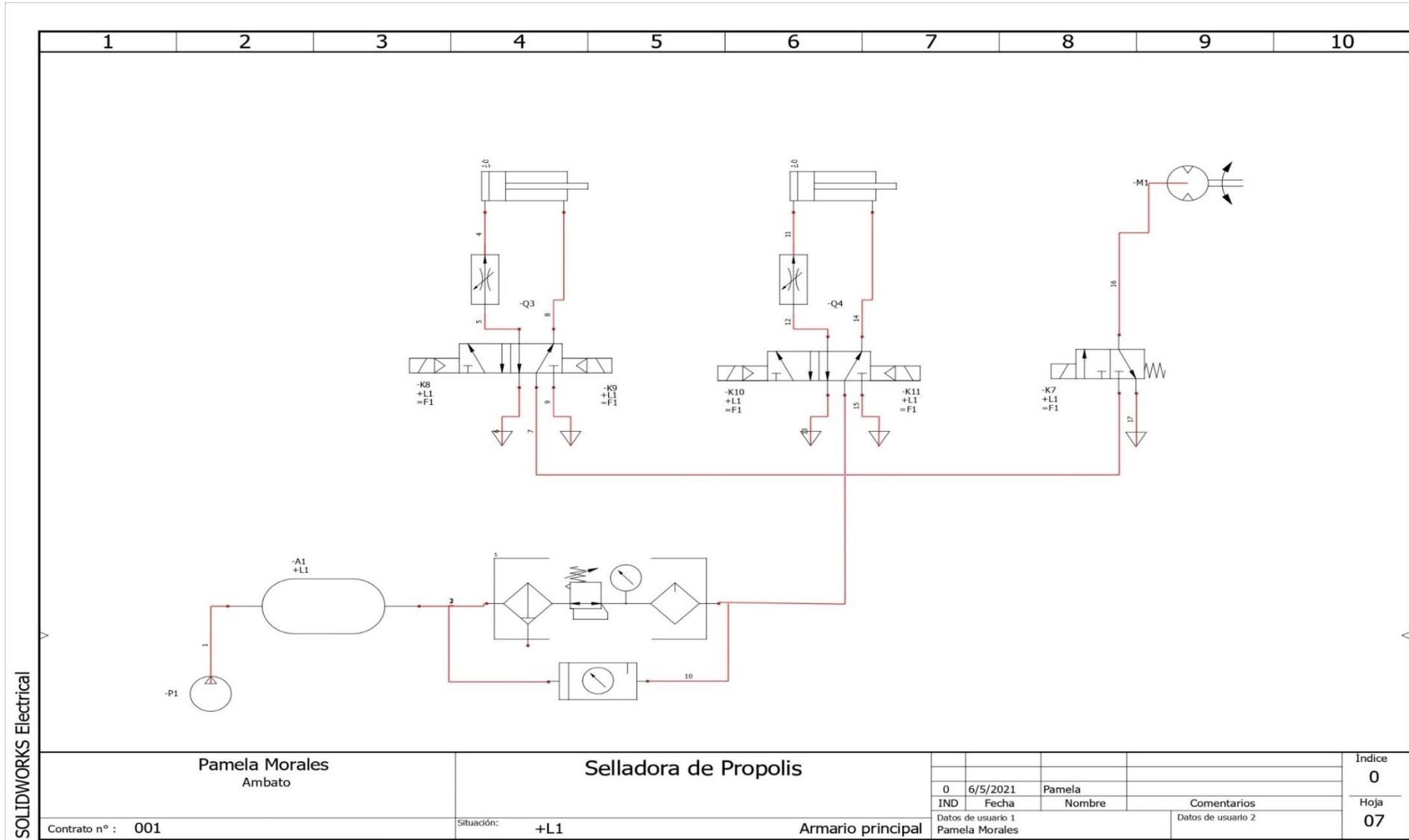


SOLIDWORKS Electrical

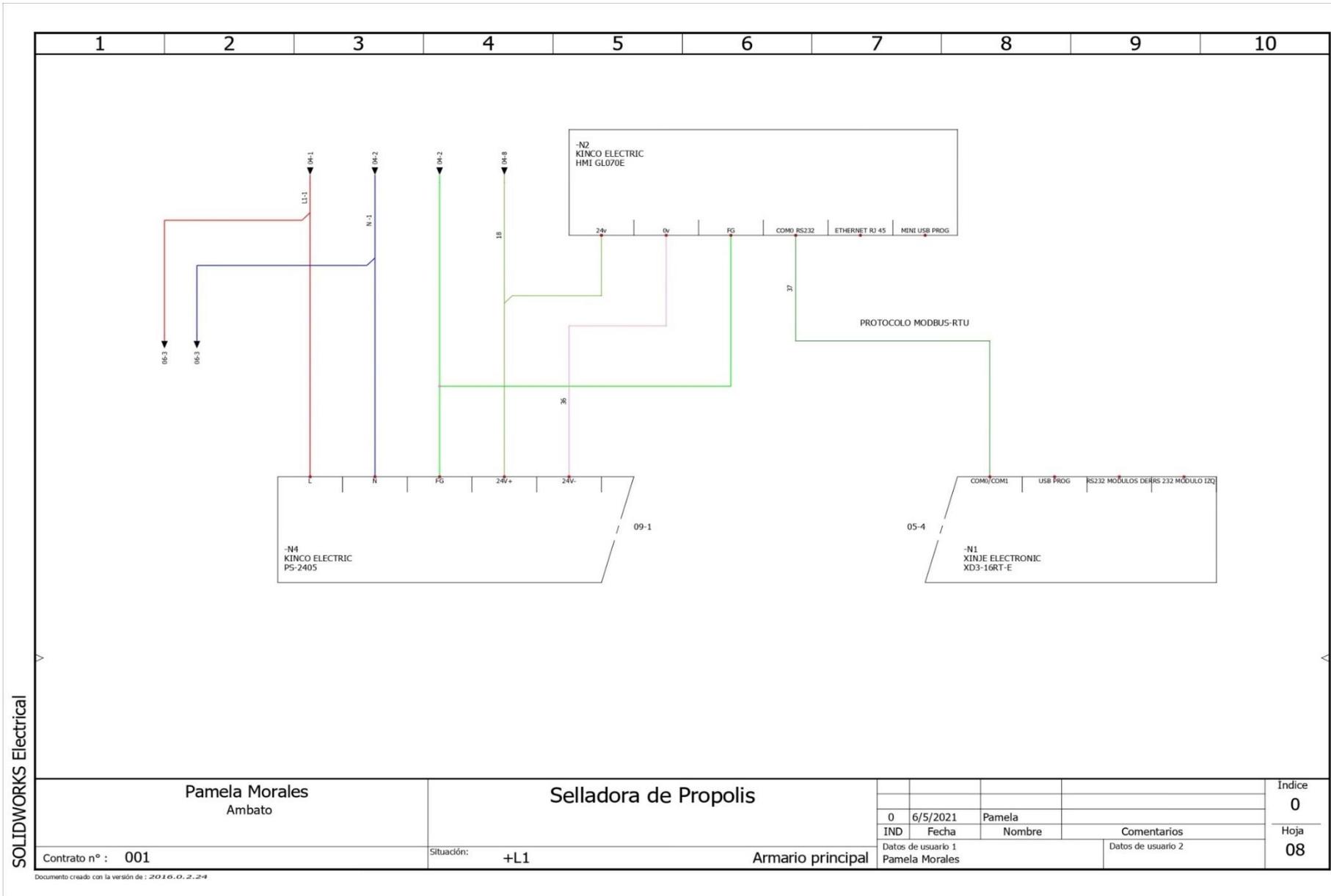
Pamela Morales Ambato	Selladora de Propolis			Indice			
				0			
Contrato n° : 001	Situación: +L1	Armario principal	IND	Fecha	Nombre	Comentarios	Hoja
			Datos de usuario 1 Pamela Morales		Datos de usuario 2		

Documento creado con la versión de : 2016.0.2.24

Anexo 13 Planos de conexión del suministro de aire comprimido, la unidad de mantenimiento, y actuadores neumáticos, dos cilindros de doble efecto y el motor neumático.



Anexo 14 Plano de conexión entre PLC - HMI y fuente de alimentación de la HMI



SOLIDWORKS Electrical

Pamela Morales
Ambato

Selladora de Propolis

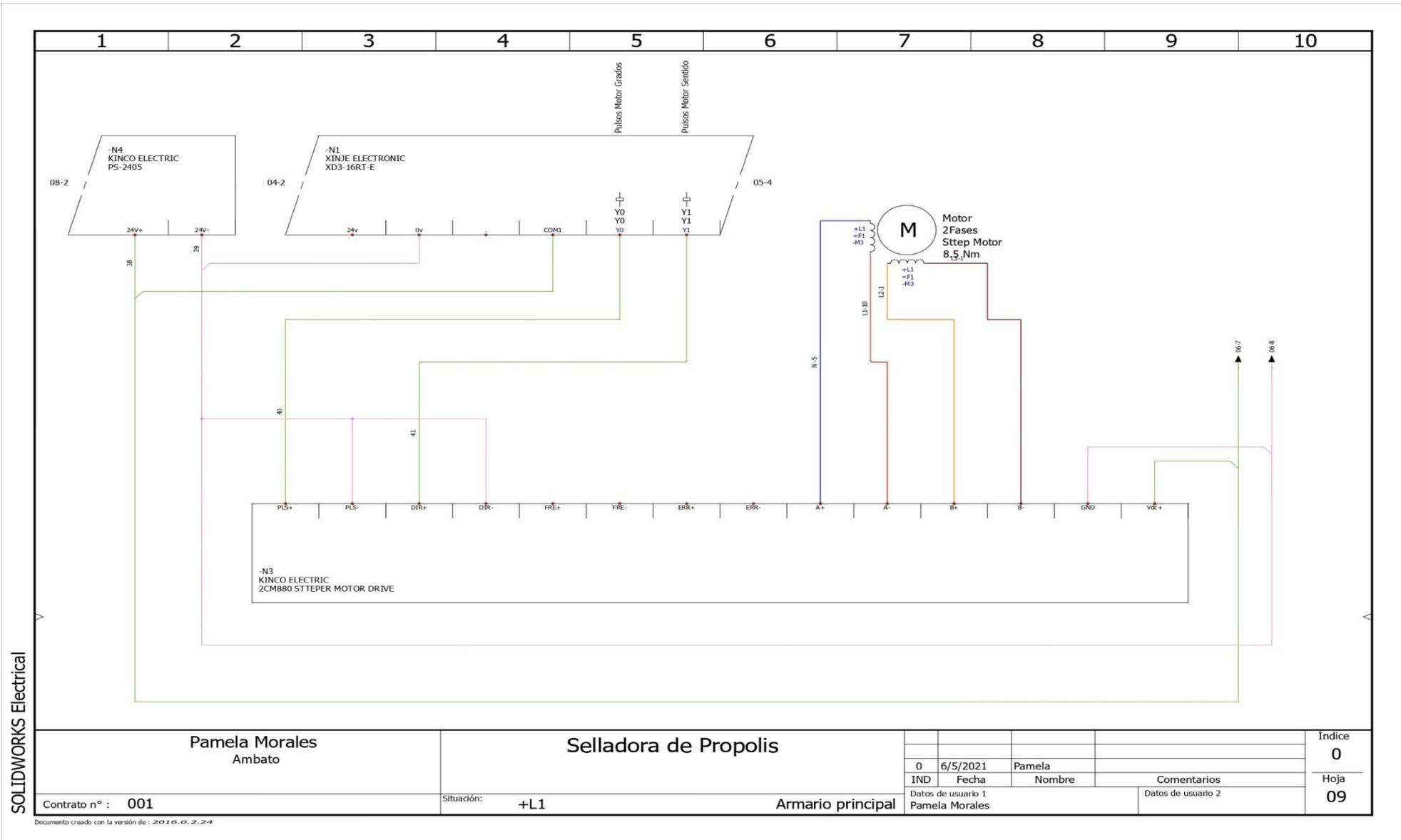
Contrato n° : 001

Situación: +L1

Armario principal

0	6/5/2021	Pamela		Indice
IND	Fecha	Nombre	Comentarios	Hoja
Datos de usuario 1 Pamela Morales			Datos de usuario 2	08

Anexo 15 Plano de conexión entre el PLC, Driver y motor paso a paso



SOLIDWORKS Electrical

Pamela Morales
Ambato

Selladora de Propolis

Indice

0

Hoja

09

Contrato n° : 001

Situación: +L1

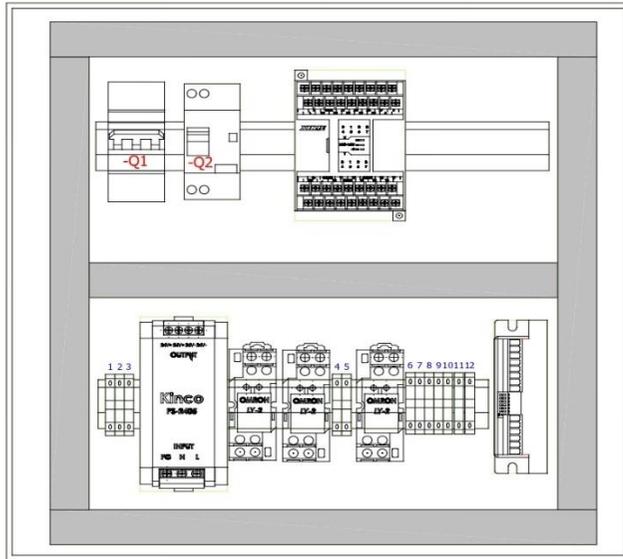
Armario principal

0	6/5/2021	Pamela	
IND	Fecha	Nombre	Comentarios
Datos de usuario 1		Datos de usuario 2	
Pamela Morales			

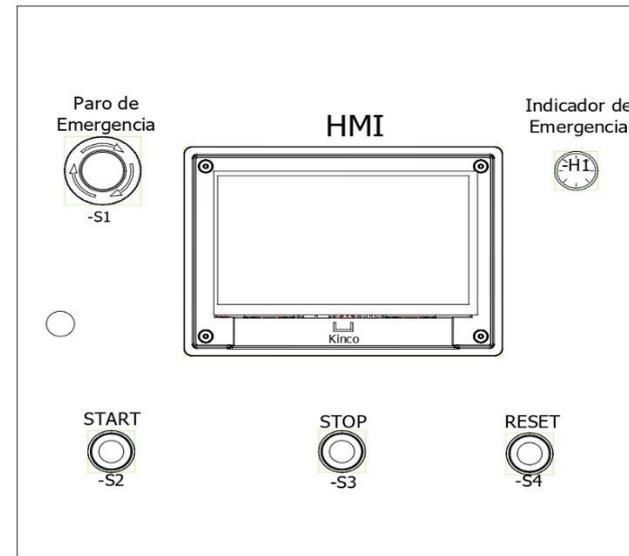
Documento creado con la versión de : 2016.0.2.24

Anexo 16 Plano en 2D del montaje del Tablero Eléctrico para la línea selladora.

Transfondo



Puerta



SOLIDWORKS Electrical

Pamela Morales Ambato	Selladora de Propolis				ESCALA 1 / 3
		IND.	FECHA	NOMBRE	COMENTARIOS
Contrato n° : 001	Situación: +L1	Armario principal			HOJA 10
		Datos de usuario 1 Pamela Morales		Datos de usuario 2	

Documento creado con la versión : 2016.0.2.2-4

Anexo 17 Código de programación del PLC Xinje XD3-16RTE en el Software Xinje
PLC Program Tool

```

; CONTROL DE INICIO Y PARADA
SISTEMA
LD X0
OUT M0
LDI X0
MCS
LDI X5
PLSF D30 D32 Y0
LD X5
STOP Y0 K1
OUT M100
MCR

; SISTTEMA DE ON/OFF
LD M0
AND X1
LD M0
AND M10
ORB
LD M0
AND M1
ORB

AND X2
ANI M11
ANI X3
OUT M1
LD M0
AND X1
LD M0
AND M10
ORB
LD M0
AND M2
ORB
ANI X3
ANI M12
OUT M2

; BANDA DE SALIDA DEL
SISTEMA
LD M1
AND M2
AND M3
OUT Y6

```

OUT M5
 LD M1
 AND M2
 MOV K1 D2
 LDI M1
 ANI M2
 MOV K0 D2

; SENSOR OPTICO INGRESO DE
BOTELLAS PARA MOTOR

LD M1
 AND X4
 ANI T5
 OUT M3

; CONTROL DE
ELECTROVALULAS CON EL
SENSOR OPTICO

LD M1
 AND X4
 LD M1
 AND X5
 ORB
 LD M1
 AND M4

ORB

ANI T3

ANI T5

OUT M4

LD M1

AND M2

AND X4

LD M1

AND M2

AND M20

ORB

ANI T5

TMR T5 K1976 K10

OUT M20

; CONTADOR DE BOTELLAS

LD M1

AND M2

AND M3

CNT C0 K5

CNT C4 K6

LD M1

AND M2

AND Y5

CNT C1 K6

LDI M0

OR C4

OR M12

RST C0

RST C1

RST C4

LD M1

AND M2

MOV C0 D3

LD M1

AND M2

MOV C0 D0

LDI M2

MOV K0 D0

LDI M2

MOV K0 D3

; CONTROL MOTOR A PASOS

LD M1

AND M2

ANDP M3

PLSR HD0 HD100K2 Y0

LD M1

AND M2

ANDF SM1000

RST M3

LD M1

AND M2

ANDP T5

STOP Y0 K1

LD M1

AND X5

CNT C10 K3

LDI X0

OR X3

RST C10

LD M1

MOV HD100D100

LD M1

MOV HD0 D102

; CONTROL ELECTROVALULAS
CILINDROS NEUMATICOS

LD M1

AND M2

AND M4

AND X5

AND M20
 AND C10
 TMR T0 K150 K10
 LD M1
 AND M2
 AND T0
 MCS
 LDI T4
 OUT Y4
 LD SM0
 TMR T1 K50 K10
 MCR
 LD M1
 AND M2
 AND T1
 MCS
 LDI T2
 OUT Y5
 LDI T2
 OUT Y2
 LD SM0
 TMR T2 K105 K10
 TMR T3 K150 K10
 TMR T4 K130 K10

MCR
 ; ASIGNACION DE VARIABLES
 HMI
 LD M1
 AND Y4
 OUT M30
 LD M1
 ANI Y4
 OUT M31
 LD M1
 AND Y5
 OUT M32
 LD M1
 ANI Y5
 OUT M33
 LD M1
 AND Y2
 OUT M34
 ; COMUNICACION HMI
 LD M2
 AND M2
 AND T0

CNT C2 K2	LD T6
LD M2	ORI M2
AND M2	RST C8
AND T4	LD M2
RST C2	AND Y2
LD M2	CNT C6 K1800
AND M2	LD M2
AND T1	AND Y2
CNT C3 K2	LD M2
LD M2	AND M201
AND M2	ORB
AND T2	ANI T7
RST C3	TMR T7 K6000 K100
LD M2	OUT M201
AND M34	LD T7
CNT C8 K30	ORI M2
LD M2	RST C6
AND M34	LD M2
LD M2	AND Y2
AND M200	CNT C7 K15000
ORB	LD M2
ANI T6	AND M34
TMR T6 K6000 K10	LD M2
OUT M200	AND M202

ORB			LD	M2
ANI	T8		AND	M40
TMR	T8	K9000 K10	MOV	D20 D22
OUT	M202		LD	M2
LDI	M2		AND	M40
OR	T8		SUB	D22 D12 D32
RST	C7		LD	M2
LD	M2		AND	M40
MOV	C8	D8	EDIV	D22 D24 D36
LD	M2		LD	M2
MOV	C6	D10	DAND>=	D12 D22
LD	M2		OUT	M42
MOV	C7	D12		
LD	M2			
ANI	M40			
MOV	K1000	D22		
MOV	K0	D32		
MOV	K0	D24		
LD	M2			
AND	M40			
MOV	K17	D24		
LD	M2			
AND	M40			
MOV	D12	D28		