

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO CON INTERFAZ HMI (INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA) PARA LA MÁQUINA TERMO-SELLADORA DE ENVASES DE PINTURA CONTROLADA POR EL PLC SIMATIC S7-1212C Y SUPERVISADA POR EL PANEL TÁCTIL KTP400PN, DE LA INDUSTRIA ENVATANQS YÁNEZ S.A.

AUTORES:

CRISTIAN GEOVANNY GUALOTUÑA BARAHONA

CRISTÓBAL HERNÁN VILLAGÓMEZ PALACIOS

DIRECTOR:

ANÍBAL ROBERTO PÉREZ CHECA

Quito, mayo de 2014

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Quito, mayo de 2014

Cristian Geovanny Gualotuña Barahona

CC. 172346796-3

Cristóbal Hernán Villagómez Palacios

CC. 172049394-7

DEDICATORIA

A mis padres Miguel y Luzmila, por brindarme su apoyo y darme su amor incondicional.

Cristian Gualotuña Barahona

A mis padres Narcisa y Hernán, por brindarme su apoyo incondicional en todo momento, por guiar mi camino, y motivarme constantemente.

Cristóbal Villagómez Palacios

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Politécnica Salesiana, por inculcar en nosotros una educación cristiana, llena de valores y por los conocimientos brindados.

Al Ingeniero Roberto Pérez, por su tiempo y dedicación a este proyecto, por compartir con nosotros sus conocimientos para el desarrollo del proyecto.

A la industria Envatanqs “YÁNEZ” S.A. agradecemos las facilidades y el apoyo que nos brindaron durante todo el tiempo.

Cristian Gualotuña Barahona y Cristóbal Villagómez Palacios

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1.....	3
MARCO REFERENCIAL.....	3
1.1. Justificación.....	3
1.2. Problema.....	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Beneficiarios.....	4
CAPÍTULO 2.....	5
MARCO CONCEPTUAL.....	5
2.1. Introducción a los sistemas de termo-sellado.....	5
2.2. Características del proceso de termo-sellado de pintura.....	5
2.2.1. Componentes de la máquina termo-selladora.....	6
2.2.2. Sistema de banda transportadora.....	6
2.2.3. Bases de soporte de la máquina.....	7
2.2.3.1. Soportes regulables.....	7
2.2.3.2. Bastidor.....	8
2.2.4. Cadenas de transportación.....	8
2.2.4.1. Piñón de banda.....	9
2.2.4.2. Piñón de cola.....	9
2.2.5. Motor reductor.....	10
2.3. Elementos del túnel de calor.....	11
2.3.1. Cámara de termo-sellado o túnel de calor.....	11
2.3.2. Rejilla de ventilación.....	11
2.3.3. Quemadores.....	12
2.3.4. Motor ventilador.....	12
2.3.5. Aislamiento térmico y carcasa exterior.....	13
2.4. Introducción al proceso de termo-sellado.....	14
2.5. Teoría del termo-sellado.....	14
2.6. Materiales del termo-sellado.....	15

2.6.1.	Envases.....	15
2.6.1.1.	Envases de plástico.....	16
2.6.1.2.	Envases de metal.....	16
2.7.	Túnel de calor.....	16
2.8.	Antecedentes de los procesos industriales.....	16
2.8.1.	Contribución ambiental.....	17
2.8.1.1.	Manejo del residuo plástico y de cartón.....	17
2.9.	Metodología de la implementación de los procesos industriales.....	17

CAPÍTULO 3.....19

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE.....19

3.1.	Proceso de tremo-sellado manual de envases de pintura.....	19
3.1.1.	Descripción de las conexiones.....	19
3.2.	Diseño e implementación del sistema eléctrico.....	19
3.2.1.	Diseño del sistema eléctrico.....	19
3.2.2.	Cálculo de la acometida.....	20
3.2.3.	Layout de la distribución de los elementos en el tablero eléctrico.....	21
3.2.4.	Cálculo del dimensionamiento del tablero eléctrico.....	21
3.2.5.	Implementación del sistema eléctrico.....	23
3.3.	Diseño e implementación de la banda transportadora de alimentación de producto.....	24
3.4.	Componentes del tablero eléctrico.....	26
3.4.1.	Controladores industriales.....	27
3.4.2.	Dispositivos electromecánicos.....	34
3.5.	Tablero eléctrico.....	36
3.5.1.	Indicadores y pulsadores.....	36
3.5.2.	Ubicación del tablero eléctrico.....	38
3.6.	Reglas para el montaje del tablero eléctrico.....	38
3.7.	Diseño del tablero eléctrico.....	38
3.8.	Montaje del tablero de control.....	39
3.9.	Cableado y etiquetado.....	41

CAPÍTULO 4.....	44
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE.....	44
4.1. Desarrollo e implementación del programa para el PLC Simatic S7 1200 CPU1212C.....	44
4.1.1. Descripción del proceso.....	44
4.1.2. Descripción del control de temperatura y velocidad de la máquina termo-selladora.....	45
4.2. Desarrollo e implementación del en el PLC 1200 CPU 1212C.....	47
4.2.1. Características del software TIA PORTAL V11.....	47
4.2.2. Configuración del PLC 1200 CPU 1212C.....	48
4.2.3. Diagrama de flujo de la automatización de la máquina termo-selladora.....	53
4.2.3.1. Diagrama de flujo de la secuencia del proceso de la máquina termo-selladora.....	54
4.2.3.2. Diagrama de flujo del algoritmo de control de velocidad.....	56
4.2.3.3. Diagrama de flujo de apagado de la máquina termo-selladora.....	56
4.2.4. Implementación del programa en el TIA PORTAL.....	58
4.3. Implementación del software en el HMI.....	71
CAPÍTULO 5.....	80
COMPROBACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO.....	80
5.1. Comprobación del funcionamiento del sistema y HMI de la termo-selladora.....	80
5.2. Análisis de la operatividad del proceso automatizado nuevo versus el anterior.....	80
5.2.1. Capacidad utilizada.....	81
5.2.2. Capacidad real.....	82
5.3. Análisis de costo beneficio.....	83
5.3.1. Costo total del hardware.....	83
5.3.2. Costo por diseño e implementación del proyecto.....	85
5.3.3. Costo total del proyecto.....	85
5.3.4. Costo de mantenimiento.....	85
5.3.5. Depreciación.....	86
5.3.6. Indicadores económicos.....	86

5.3.6.1. Flujo de caja.....	86
5.3.6.2. Tasa de descuento.....	87
5.3.6.3. Cálculo del valor actual neto (VAN).....	88
5.3.6.4. Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR).....	88
5.3.6.5. Razón costo beneficio.....	89
CONCLUSIONES.....	91
RECOMENDACIONES.....	94
LSTA DE REFERENCIAS.....	96
ANEXOS.....	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos del motor reductor.....	10
Tabla 2. Características del motor ventilador.....	12
Tabla 3. Características del medidor electrónico.....	20
Tabla 4. Cálculo del calibre del conductor.....	20
Tabla 5. Dimensionamiento de las medidas de ancho de los elementos que se colocaron en el tablero eléctrico.....	22
Tabla 6. Dimensionamiento de las medidas de largo de los elementos que se colocaron en el tablero eléctrico.....	22
Tabla 7. Dimensionamiento de las medidas de profundidad de los elementos que se colocaron en el tablero eléctrico.....	22
Tabla 8. Distribución interna de elementos en el tablero de control.....	23
Tabla 9. Características del PLC S7-1200 CPU 1212C.....	29
Tabla 10. Características de la pantalla KTP400PN.....	32
Tabla 11. Calibre de los conductores.....	41
Tabla 12. Parámetros configurados del variador de frecuencia.....	46
Tabla 13. Cálculo de la producción.....	83
Tabla 14. Costo del hardware.....	84
Tabla 15. Costo por diseño e implementación.....	85
Tabla 16. Costo total del proyecto.....	85
Tabla 17. Costo de mantenimiento por año.....	85
Tabla 18. Depreciación del activo fijo.....	86
Tabla 19. Flujo de caja.....	87
Tabla 20. Índices de evaluación.....	89
Tabla 21. Indicadores del proyecto.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Soportes regulables y ubicación.....	7
Figura 2. Bastidor vista superior de la máquina termo-selladora resaltado de color azul.....	8
Figura 3. Cadena de transportación y ubicación.....	8
Figura 4. Piñón de banda y ubicación.....	9
Figura 5. Piñón de cola y ubicación.....	10
Figura 6. Motor reductor y ubicación.....	10
Figura 7. Cámara de termo-sellado y ubicación.....	11
Figura 8. Ubicación del motor ventilador.....	12
Figura 9. Motor ventilador y hélice al interior del túnel.....	13
Figura 10. Aislamiento térmico.....	13
Figura 11. Carcasa exterior y ubicación.....	14
Figura 12. Layout de la distribución de los elementos en el tablero eléctrico.....	21
Figura 13. Medidas estándar del tablero eléctrico.....	23
Figura 14. Telurómetro.....	24
Figura 15. Diseño de la banda transportadora vista lateral derecha e izquierda.....	25
Figura 16. Construcción del sistema de banda transportadora.....	26
Figura 17. Banda transportadora de alimentación de producto.....	26
Figura 18. Componentes del PLC 1200 CPU 1212C.....	28
Figura 19. Gráfica de la temperatura vs resistencia.....	33
Figura 20. RTD PT100.....	33
Figura 21. Contactor.....	34
Figura 22. Estructura interna del contactor.....	35
Figura 23. Luz piloto.....	37
Figura 24. Pulsadores montados en el tablero y símbolo eléctrico.....	37
Figura 25. Diseño y ubicación de los elementos (vista frontal sin puerta).....	39
Figura 26. Colocación de los elementos en el tablero de control.....	40
Figura 27. Colocación de canaletas y Riel DIM.....	40
Figura 28. Cableado y etiquetado circuito de control y potencia.....	42
Figura 29. Cableado luces indicadoras, pulsadores y HMI.....	42
Figura 30. Montaje en el tablero y esquema de distribución.....	43
Figura 31. Acondicionador corriente a voltaje.....	47

Figura 32. Captura de inicio del software.....	48
Figura 33. Creación de proyecto.....	49
Figura 34. Asignación de nombre y ubicación del proyecto.....	49
Figura 35. Pestaña configuración de dispositivo.....	50
Figura 36. Agregar dispositivo.....	50
Figura 37. Selección de la CPU 1212C AC/DC/Rly.....	50
Figura 38. Botón agregar.....	51
Figura 39. Desplazamiento de la signal board desde el catálogo.....	51
Figura 40. Signal board en el PLC.....	51
Figura 41. Configuración de dirección IP.....	52
Figura 42. Configuración de dirección IP en el ordenador.....	52
Figura 43. Realización del ping entre ordenador y PLC.....	53
Figura 44. Selección del main para inicio de programación.....	53
Figura 45. Diagrama de flujo de la secuencia del proceso de la máquina.....	54
Figura 46. Diagrama de flujo de la subrutina de secuencia de encendido de la..... máquina.....	55
Figura 47. Diagrama de flujo del algoritmo de control de velocidad.....	56
Figura 48. Diagrama de flujo de la subrutina de secuencia de apagado de la máquina.....	57
Figura 49. Segmento 1: Arranque y paro de emergencia del sistema.....	58
Figura 50. Segmento 2: Marca M1.3 ON.....	59
Figura 51. Segmento 3: Electroválvula ON.....	59
Figura 52. Segmento 4: Temporizador ON.....	60
Figura 53. Segmento 5: Encendedores ON.....	60
Figura 54. Segmento 6: Marca M0.1 ON.....	60
Figura 55. Segmento 7: Motor ventilador y Banda transportadora ON.....	61
Figura 56. Segmento 8: Banda transportadora de alimentación de producto ON.....	61
Figura 57. Segmento 9: Cámara de enfriamiento ON.....	62
Figura 58. Segmento 10: Test del motor ventilador.....	62
Figura 59. Segmento 11: Encendido del motor ventilado.....	63
Figura 60. Segmento 12: Conversión normalizar y escalar.....	63
Figura 61. Conversión escalar de voltaje.....	63
Figura 62. Llamada al bloque de función.....	64
Figura 63. Curva característica del proceso con datos reales.....	65
Figura 64. Curva característica de la parábola.....	66

Figura 65. Bloque de función.....	66
Figura 66. Segmento 14: Apagado de la máquina.....	67
Figura 67. Segmento 15: Cámara de enfriamiento OFF.....	67
Figura 68. Segmento 16: Banda transportadora de alimentación de producto OFF....	68
Figura 69. Segmento 17: Banda transportadora y motor ventilador OFF.....	68
Figura 70. Segmento 18: Electro válvula OFF.....	69
Figura 71. Segmento 19: Finalización del proceso de apagado.....	69
Figura 72. Bloque de datos.....	70
Figura 73. Carga del programa.....	70
Figura 74. Estado del programa en el dispositivo.....	71
Figura 75. Selección del HMI.....	72
Figura 76. Inicio del asistente del operador.....	72
Figura 77. Conexiones del PLC y HMI.....	73
Figura 78. Presentación de imágenes.....	73
Figura 79. Pantalla de avisos del HMI.....	74
Figura 80. Navegación de imágenes.....	74
Figura 81. Imágenes del sistema.....	75
Figura 82. Ubicación de los botones.....	75
Figura 83. Configuración de la interfaz.....	76
Figura 84. Ping entre el HMI y el ordenador.....	76
Figura 85. Vista de redes.....	77
Figura 86. Imagen inicial del proceso.....	77
Figura 87. Imagen de monitoreo y control.....	78
Figura 88. Imagen de contacto y soporte.....	78
Figura 89. Imagen de presentación del proyecto.....	79
Figura 90. Pérdidas del film.....	81
Figura 91. Producción diaria.....	83
Figura 92. Indicador costo-beneficio.....	90

RESUMEN

La implementación y la automatización de la máquina termo-selladora de envases de pintura en la empresa ENVATANQS “YANEZ” S.A dedicada a esta actividad hace 15 años, permite resolver problemas de pérdidas de producto por la deformación que sufre el plástico al momento de empaquetar los envases de pintura, debido a que se realiza de forma manual, así también el tiempo que tarda este proceso ocasiona pérdidas para la empresa, con el desarrollo de este proyecto se pretende incrementar la productividad de la industria, de igual forma a través de la automatización se mejorará el proceso industrial cíclico de sellado plástico para los envases de un cuarto y un octavo de galón de pintura esmalte y disminuir el tiempo del proceso aumentando así la producción. Al implementar el proceso de termo-sellado, éste se manejará mediante un Controlador Lógico Programable (PLC), de marca Siemens Simatic modelo S7-1200 con CPU 1212C que activará y desactivará secuencialmente el proceso de termo-sellado, para este se requiere programar el PLC utilizando el software TIA PORTAL STEP 7.

Para realizar este proceso primero es necesario realizar planos de la máquina en el estado actual, de esa forma determinar las piezas a ser cambiadas y su ubicación. Una eficaz implementación de la automatización del sistema termo-sellado garantizará que los objetivos de producción sean cumplidos, como son eliminar la manipulación directa del fuego por parte de los operadores y así minimizar riesgos de accidentes, reducir el desperdicio de materia prima, y sobretodo incrementar sustancialmente la productividad.

ABSTRACT

The implementation and automation of heat-sealing machine packaging paint company ENVATANQS "YANEZ" SA dedicated to this activity 15 years ago, can solve product losses by the plastic deformation of the package when the paint containers, because it is done manually, so the time it takes for this process brings losses for the company, with the development of this project is to increase the productivity of the industry, just as through automation cyclical industrial process improve sealing plastic containers for a quarter and an eighth of a gallon of paint enamel and reduce the processing time thereby increasing production. By implementing the heat sealing process, it will be handled by a Programmable Logic Controller (PLC) of Siemens Simatic S7-1200 CPU 1212C which sequentially activate and deactivate the heat sealing process, is required for this program the TIA PORTAL PLC using STEP 7 software.

To perform this process is necessary first drawings of the machine in the current state, thus determine the parts to be changed and its location. An effective implementation of automation of heat sealing system will ensure that production targets are met, such as eliminating the direct manipulation of fire by operators to minimize risk of accidents, reduce the waste of raw materials, and most increase productivity substantially.

INTRODUCCIÓN

La industria ENVATANQS “YANEZ” S.A. es una empresa cuya actividad principal es el envasado, empaquetado y etiquetado de envases de pintura, la empresa viene funcionando hace 15 años, dentro de este tiempo ha utilizado un proceso manual para el envasado, empaquetado y etiquetado, siendo éste proceso riesgoso para el empleado debido a que podría sufrir quemaduras al manejar altas temperaturas en el empaquetado, además el desperdicio de materia prima es excesivo, de igual manera el proceso manual genera pérdidas de tiempo, y en ocasiones hasta pérdida del producto debido a la indebida manipulación por parte del operario con el plástico caliente, afectando también a la presentación del producto final que no genera una adecuada imagen. El objetivo principal del proyecto es automatizar una máquina termo-selladora en el empaquetado y sellado de los envases de pintura, aumentar la producción y mejorar la presentación del producto final, también con este proceso automatizado se elimina el riesgo para el operador de sufrir accidentes como quemaduras por la manipulación de materiales en altas temperaturas.

El proceso inició con el levantamiento de planos de la máquina termo-selladora, con lo que se obtuvo la información necesaria para realizar los cambios requeridos. Estos fueron archivados por la industria para futuras modificaciones en caso de ser necesario.

Para ello la investigación se ha dividido en cinco capítulos

Capítulo uno: se planteó el proyecto a ser desarrollado y los objetivos principales del mismo.

Capítulo dos: se identificaron las partes y piezas importantes que conforman la máquina así como su ubicación, para lograr un óptimo funcionamiento de la máquina termo-selladora.

Capítulo tres: se continuó con el diseño e implementación del hardware, para esto se diseñó e implementó un tablero eléctrico el que contiene en su interior los dispositivos de control, maniobra, protección y señalización.

Para el ingreso del producto al túnel de termo-sellado se diseñó e implementó un sistema de banda transportadora, el cual disminuyó el tiempo de producción y mejoró

la presentación del producto, porque el sistema anterior de rodillos desordena los envases por el movimiento excesivo.

Capítulo cuatro: se detalló el diseño e implementación del software para el proceso de termo-sellado que es controlado mediante un Controlador Lógico Programable (PLC), de marca Siemens Simatic modelo S7-1200 con CPU 1212C que activa y desactiva secuencialmente el proceso de termo-sellado, para esto se programó el PLC utilizando el software TIA PORTAL STEP 7. El proceso también está supervisado a través de una interfaz hombre máquina (HMI) marca Siemens modelo KTP 400PN que está ubicada en la parte frontal del tablero de control. Para obtener los datos de temperatura se colocó un sensor Detector de Temperatura Resistivo (RTD) modelo PT100, este está ubicado en la parte interna del túnel de calor, además para transmitir los datos desde la RTD hacia la entrada análoga del PLC, se utilizó un transmisor Siemens modelo SITRANS TH100 de 4 a 20 mA.

Capítulo cinco: una vez finalizado el proceso de automatización de la máquina termo-selladora de envases de pintura en la empresa ENVATANQS “YÁNEZ” S.A. se realizó un análisis de costo-beneficio, para conocer la nueva rentabilidad de la empresa y el tiempo estimado de la recuperación de la inversión.

CAPÍTULO 1

MARCO REFERENCIAL

1.1. Justificación

En la actualidad los procesos industriales deben ser automatizados para incrementar la productividad de la industria, por lo que la máquina termo-selladora es una innovación tecnológica que remplazará los procesos de empaquetado o sellado manual.

La empresa Envatanqs Yánez S.A. realiza su proceso manualmente lo que genera pérdidas de producto por la deformación que sufre el plástico al momento que empaqueta los envases de un cuarto y un octavo de galón. Este proyecto garantizará el mejoramiento del acabado del producto porque al implementar tecnología de punta el producto final será de mejor calidad y cumplirá las exigencias del mercado en la industria del empaquetado de pintura.

Este procedimiento automatizado mejorará el proceso industrial cíclico de sellado plástico para los envases de un cuarto y un octavo de galón de pintura esmalte; se propone implementar una interfaz (máquina-hombre) para que el proceso sea automático, así minimizar tiempos, costos y crear seguridad en la industria Envatanqs Yánez S.A.

Con el proyecto se fortalecerán los vínculos entre la Universidad Politécnica Salesiana (UPS) y la empresa privada. Además, se generará un ejemplo del uso del software TIA Portable Step 7 y de la implementación del proceso industrial que servirá de material de consulta para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica, puesto que en la actualidad el software utilizado en las cátedras de la UPS para la programación de los PLC's de la serie 200 es el MicroWin Step 7

1.2. Problema

Envatanqs es una industria ecuatoriana que envasa y etiqueta varios tipos de tanques, cuartos, octavos y galones de pintura.

El proceso industrial de sellado plástico de un cuarto y un octavo de galón de pintura es realizado en forma manual debido a que la industria es antigua y no cuenta con un proceso automatizado. Esto ocasiona que exista pérdida en material plástico que es

utilizado para empaquetar, este al no adquiere la temperatura y el tiempo adecuado para el proceso, se deforma y se adhiere de forma incorrecta al producto. Este proceso realizado de una manera no adecuada implica que el personal tenga que manipular el material plástico caliente, corriendo el riesgo de quemaduras, además el proceso manual no optimiza el tiempo.

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo general.

Diseñar e implementar el sistema automatizado con interfaz HMI (interfaz hombre máquina) para la máquina termo-selladora de envases de pintura controlada por el PLC Simatic s7-1212c y supervisada por el panel táctil KTP400PN, de la industria Envatanqs Yáñez S.A.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Diseñar e implementar el hardware del sistema automatizado para el proceso de sellado plástico.
- Desarrollar e implementar el software de control del sistema automatizado del proceso de sellado plástico.
- Diseñar e implementar la interfaz de comunicación vía protocolo Ethernet entre el PLC S7-1212C y el panel táctil KTP400PN.
- Analizar el nuevo proceso automatizado versus el sistema manual actual.

1.4.Beneficiarios

Mediante la intervención y realización del proyecto, Envatanqs Yáñez S.A será beneficiado en la parte del proceso de sellado de envases de un cuarto y un octavo de galón de pintura por lo que este será automático, se mejorará la seguridad del personal y la productividad.

La Universidad Politécnica Salesiana, resulta beneficiada por ampliar su vinculación con la empresa privada para dar solución a problemas técnicos de productividad.

CAPÍTULO 2

MARCO CONCEPTUAL

2.1.Introducción a los sistemas de termo-sellado

Desde los orígenes el hombre ha buscado la transformación de máquinas y herramientas, surge así la necesidad de remplazar la mano de obra humana por maquinarias, y se origina la automatización industrial a continuación se detalla los inventos más relevantes de la historia.

Aparece la necesidad de conocer el inicio de los procesos automáticos.

El origen se remonta a los años 1750, cuando surge la revolución industrial. 1745: Máquinas de tejido controladas por tarjetas perforadas. 1817-1870: Máquinas especiales para corte de metal. 1863: Primer piano automático, inventado por M. Fourneaux. 1856-1890: Sir Joseph Whitworth enfatiza la necesidad de piezas intercambiables. 1870: Primer torno automático, inventado por Christopher Spencer. 1940: Surgen los controles hidráulicos, neumáticos y electrónicos para máquinas de corte automáticas. 1945-1948: John Parsons comienza investigación sobre control numérico. 1960-1972: Se desarrollan técnicas de control numérico directo y manufactura computadorizada. (García, 2008, p. 2).

2.2.Características del proceso de termo-sellado de pintura

El beneficio esperado de la automatización de la máquina termo-selladora, es aumentar la producción y mejorar la presentación del producto final. En la actualidad el proceso de termo-sellado se lo realiza de forma manual utilizando una conexión desde un tanque de GLP (gas licuado de petróleo) de tipo domestico hacia una boquilla o mechero para emitir fuego con el cual se proporciona la temperatura al plástico para que este adquiera la forma y sea capaz de termo-sellar al conjunto de envases de pinturas. La realización manual de este proceso altera la presentación del producto final, debido a que cuando la temperatura dirigida hacia el plástico no es la adecuada, se produce deformaciones en los envases y el plástico que es utilizado se desperdicia, porque no adquiere la forma deseada, adicional a esto la excesiva temperatura del producto afectará al proceso de etiquetado, porque si el plástico está muy caliente al

momento de colocar las etiquetas, por el calor surge la pérdida de los códigos del producto. Este proceso al ser realizado manualmente no brinda las seguridades mínimas para la persona encargada de este proceso, dado que cuando las fundas termo selladas están a punto de adquirir su forma adecuada el operario tiene que apagar la boquilla de gas y tocar con sus manos el producto lo que puede producir quemaduras en las manos o un daño a largo plazo a la persona por la exposición a temperaturas muy altas.

El proceso de termo-sellado es conocido con el término de termo fijado o termo encogido, este se basa en la utilización de la temperatura, que realiza el ablandamiento del plástico, para que adquiera la forma compacta del producto final, la temperatura es producida dentro del túnel de calor, esta debe ser la adecuada para que el producto final no esté quemado ni flojo.

2.2.1. Componentes de la máquina termo-selladora.

Al utilizar las partes y piezas exactas se crea un sistema automatizado eficiente y de fácil mantenimiento, para esto es importante conocer los componentes mecánicos que son parte de la máquina termo-selladora e identificar la función que cumple cada uno de ellos y su ubicación.

La máquina termo-selladora está formada de tres partes y son:

- Sistema de banda transportadora.
- Túnel de calor.
- Rodillos de entrada y salida de producto.

2.2.2. Sistema de banda transportadora.

La banda transportadora es un sistema de transporte continuo que está formado por una banda metálica de acero inoxidable y dos piñones de banda ubicados uno a cada extremo de la misma, en este caso se ha utilizado una banda metálica de cadenas, debido a la alta temperatura que se genera en el túnel de calor.

La función de la banda es transportar los envases de pintura desde el exterior, a través del túnel de calor, en donde se realiza el proceso de termo-sellado y hacia el exterior una vez que ha concluido el mismo.

El sistema de banda transportadora está formado de los siguientes elementos:

- Base de soporte de la máquina.
- Cadena de transportación.
- Motor reductor

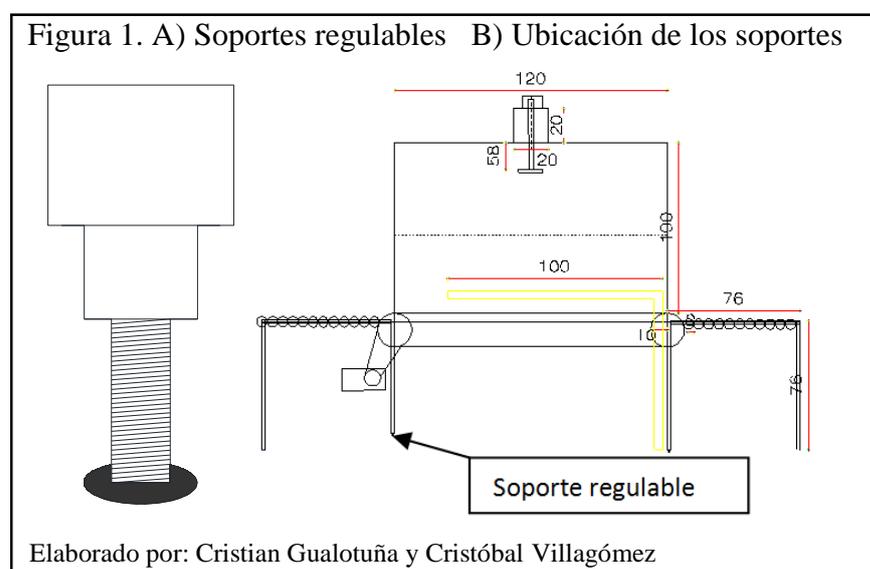
El motor reductor es el que genera el movimiento de la banda y es controlado por un variador de velocidad marca Siemens modelo G110.

2.2.3. Bases de soporte de la máquina.

La base de soporte es una estructura metálica diseñada para sostener la máquina termoselladora, misma que está construida de acuerdo al peso de la máquina, es por eso que se utilizó productos de acero, tales como tubos cuadrados de acero inoxidable de 0.66x0.04 metros cada uno y que están adheridos a 4 bases de asentamiento ubicadas en cada punto de soporte.

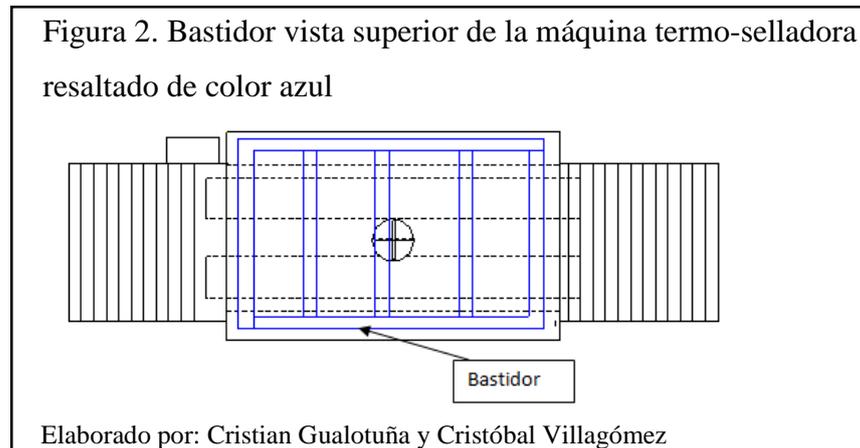
2.2.3.1. Soportes regulables.

Los soportes regulables también son conocidos como soportes de nivelación, son la parte principal de la base de soporte detallada en el punto anterior, estos son de acero inoxidable con recubrimiento de caucho en la base del pie o fin del tornillo. Los soportes son cuatro y tienen forma de pernos que se ubican uno en cada base roscada, así cada uno puede ser regulado para lograr la horizontalidad cuando la máquina es instalada incluso en suelos desnivelados.



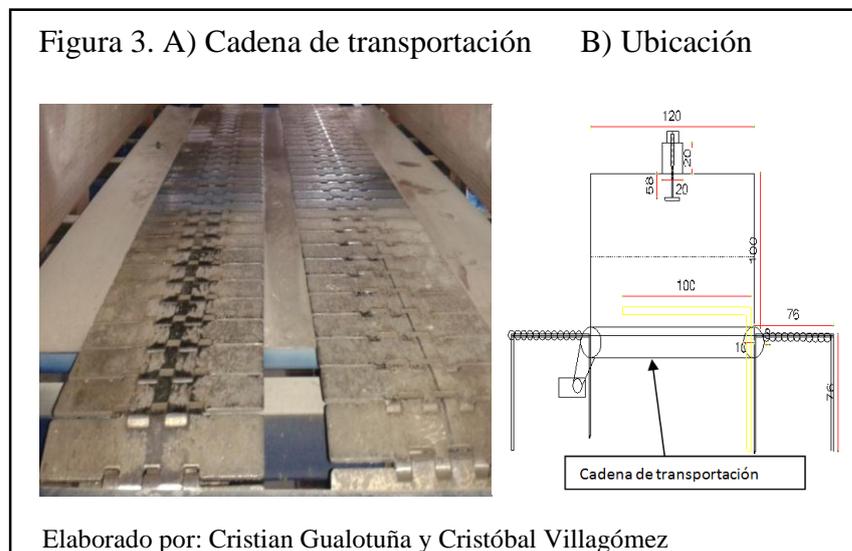
2.2.3.2. Bastidor.

Es la estructura metálica en forma de rectángulo formado por tubos cuadrados de acero inoxidable soldados entre sí, su función es soportar el montaje del túnel de calor, en él también se colocan los soportes para instalar los rodillos de entrada y salida del producto.



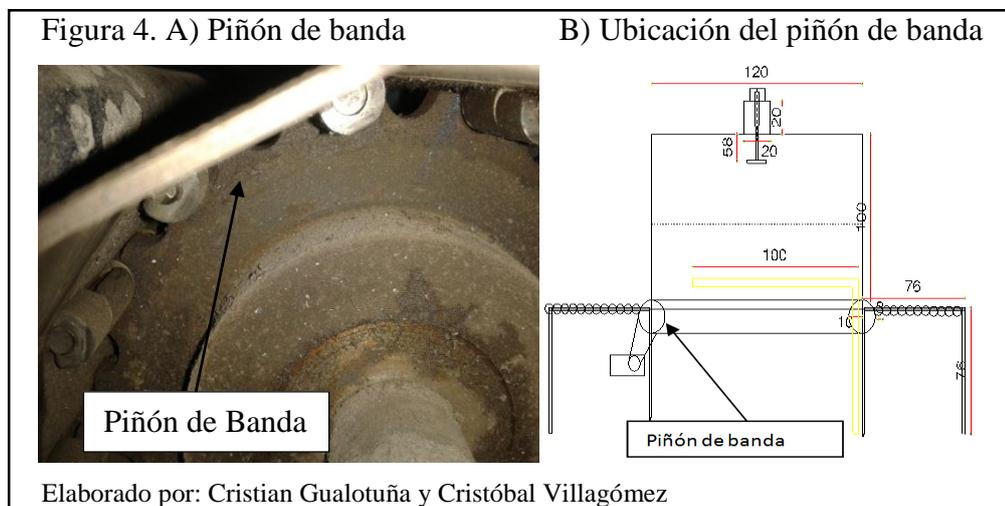
2.2.4. Cadenas de transportación.

Las cadenas de transportación están constituidas por una serie de eslabones metálicos enlazados unos a otros. En la máquina termo-selladora se utiliza dos cadenas, que en conjunto forma la banda transportadora. Estas cadenas son de acero inoxidable tipo flat-top tienen una longitud de 3.40x0.20 metros con una separación de 0.10 metros entre ellas. El movimiento de las cadenas se produce mediante la rotación de los piñones de banda y cola, los mismos sirven para tensión y arrastre porque uno de ellos está enlazado mediante otra cadena al motor reductor acoplado al motor de arrastre.



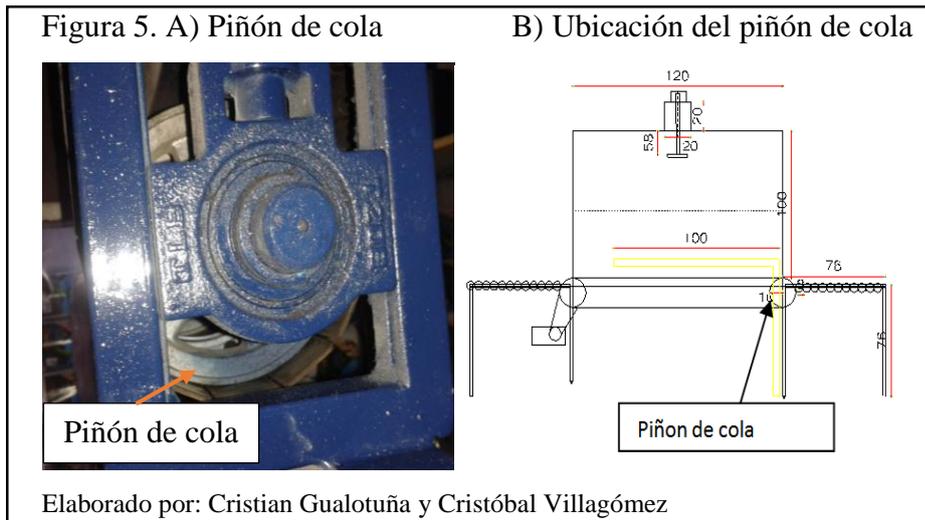
2.2.4.1. Piñón de banda.

Los piñones son ruedas dentadas de acero. La máquina posee dos piñones de banda para cada cadena al final del túnel de calor, en los cuales los dientes del piñón se engranan con las guías de la cadena para transferir el movimiento del piñón a la banda transportadora. Cada piñón se acopla a un eje que está encajado en las chumaceras empotradas al costado del bastidor y el motor reductor, éste comanda el movimiento de los piñones de banda con una extensión de eje paralelo y con ésta transmisión de movimiento entre el motor reductor y el eje del piñón se logra el funcionamiento de la banda transportadora.



2.2.4.2. Piñón de cola.

El piñón de cola es también conocido con el nombre de piñón de retorno, al igual que el piñón de banda está fabricado en acero, pero con la diferencia que éste no tiene dientes, su forma es liza y se encuentra ubicado al extremo opuesto del piñón de banda, está montado sobre un eje de acero inoxidable y el conjunto sirve como tensor para la cadena, además permite la transmisión del movimiento generado por el piñón de banda para cerrar el circuito de movimiento de la cadena.



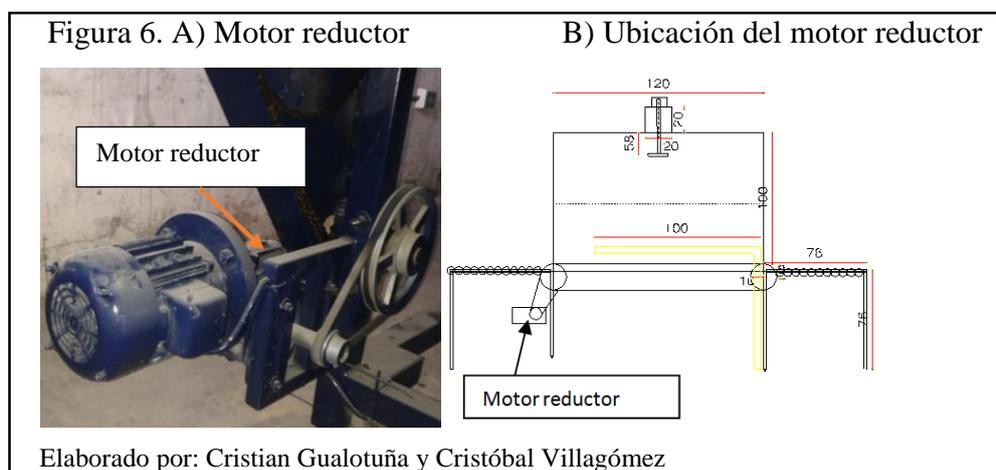
2.2.5. Motor reductor.

El motor reductor es un sistema formado por un motor normalizado asíncrono tipo jaula de ardilla y con red monofásica a 220v acoplado a la unidad reductora. Este conjunto electromecánico es el encargado de generar movimiento de las cadenas de transportación por medio de un eje motriz acoplado al piñón de banda luego de la reducción con cadena mecánica. Este motor es controlado por un variador de velocidad marca Siemens modelo G110, a continuación se describe las características tomadas de la placa del motor tabla 1.

Tabla 1. Datos del motor reductor

Motor marca Siemens	Modelo LT026950
0.75 HP	1.03 ^a
220 v 60Hz	1400rpm
IP 21	Cos α 0.62

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez



2.3.Elementos del túnel de calor

El túnel de calor está compuesto de elementos internos y externos, como son:

- Cámara de termo-sellado.
- Rejillas de ventilación.
- Quemadores.
- Motor ventilador.
- Aislamiento térmico y cubierta exterior.

2.3.1. Cámara de termo-sellado o túnel de calor.

La cámara de termo-sellado es un horno en donde se realiza el proceso de ablandamiento, retracción y estabilización del film. La cámara está acoplada a una estructura construida en láminas de acero galvanizado de 1mm de espesor, que constituye la estructura externa del túnel.



2.3.2. Rejillas de ventilación.

Las rejillas de ventilación son mallas metálicas que están ubicadas en cada extremo del túnel de calor. Su importancia se debe a que permiten el reingreso de la corriente de aire caliente para que al contacto con el fuego se vuelva a elevar la temperatura de la cámara de termo sellado. Este proceso mejora energéticamente al sistema al no tener que calentar aire frío, sino aire pre-calentado. Esta recirculación del aire, a través de la llama producida por los quemadores se logra por medio del motor ventilador.

2.3.3. Quemadores.

Los quemadores son dispositivos que distribuyen el combustible a lo largo de su estructura para mezclarlo con oxígeno y producir llama. La máquina termo-selladora posee dos quemadores ubicados a cada lado del túnel de calor, estos son de tipo flauta, es decir con varios orificios para la salida combustible gaseoso GLP (Gas Licuado de Petróleo) que al unirse con el calor y el oxígeno se produce la llama. Para su encendido lo realizan de forma manual con un encendedor de tipo chispero el cual el operario lo ingresa encendido al túnel de calor, teniendo un alto riesgo de sufrir quemaduras.

2.3.4. Motor ventilador.

Es un motor monofásico a 220 V, el cual se activa de forma manual mediante la conexión de un enchufe a un toma corriente de 220 voltios. El motor ventilador se encuentra ubicado en parte superior de la estructura del túnel, y posee una hélice que está en el interior del túnel de calor, la misma que genera viento en la cámara de termo sellado, mismo que es necesario para que el film de poliolefina retráctil (plástico) pueda termo encogerse, en la tabla 2 se describen las características del motor.

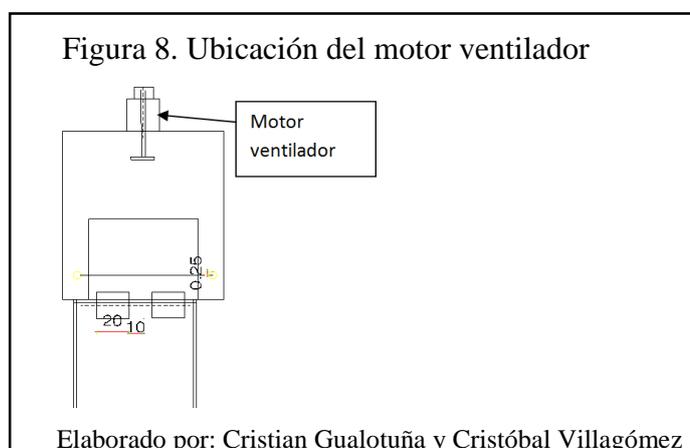


Tabla 2: Características del motor ventilador

Motor marca VOGES	Conexión: Estrella
0.75 HP	Potencia: 0.37 Kw
Voltaje: 220 v 60Hz	1700rpm
IP 21	Cos α 0.62

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Figura 9. A) Motor ventilador B) Hélice al interior del túnel

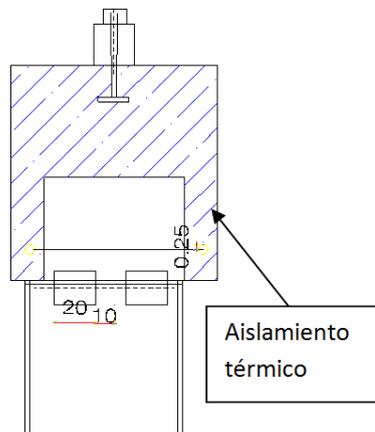


Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

2.3.5. Aislamiento térmico y carcasa exterior.

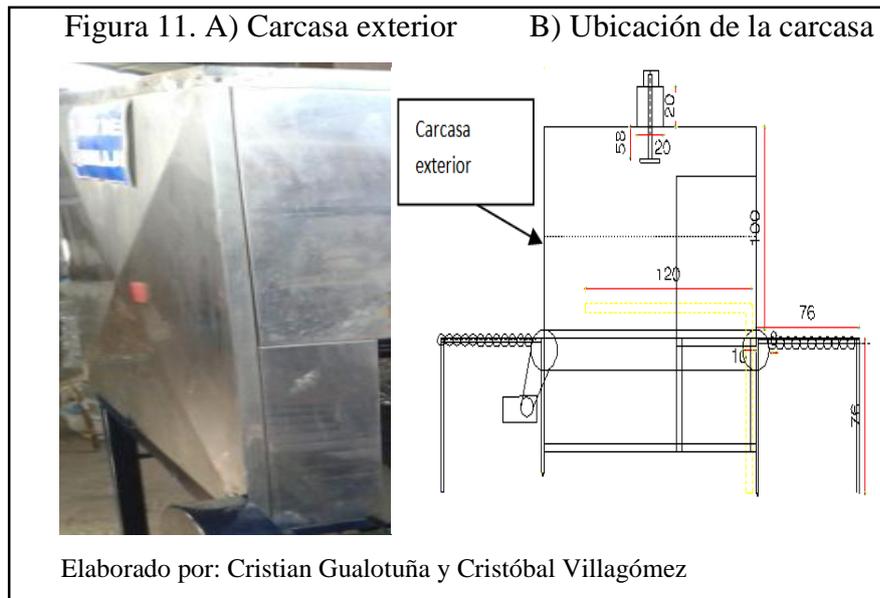
El aislamiento está formado por lana de vidrio de 1 pulgada de espesor entre la pared interna y externa del túnel de calor, está diseñado para mantener una temperatura máxima de 65 grados centígrados en la carcasa exterior y permitir mayor capacidad de calor en la parte activa del túnel para de esta manera evitar caídas súbitas de temperatura lo que ocasionaría la pérdida del producto, debido a que el film de poliolefina retráctil necesita una temperatura mínima para poder encogerse y tomar la forma del envase.

Figura 10. Aislamiento térmico



Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

La carcasa exterior y tapas frontales están construidas en láminas de acero inoxidable de 1mm de espesor, para evitar la corrosión del medio en que este se encuentre. Este recubrimiento permite abarcar la estructura del túnel de calor, que es fijada con tornillos auto perforantes a sus bases.



2.4. Introducción al proceso de termo-sellado

Es necesario la utilización de materiales plásticos como materia prima principal para el proceso de termo-sellado, mismos que al ser expuestos al choque de aire caliente a determinada temperatura varían sus propiedades físicas para tomar la forma del envase envolviéndolo y cubriéndolo.

La temperatura a la que es sometido el plástico sellador debe ser la adecuada para lograr que este se adhiera perfectamente al envase, tome la forma del envase y no ocasione daños ni deformidades del producto, puesto que el envase también es plástico.

2.5. Teoría del termo-sellado

Los orígenes del termo-sellado vienen dado desde que el hombre busca la necesidad de agrupar determinados elementos y trasportarlos sin que estos sean afectados por el ambiente o por el medio en el que se trasportan para esto se puede hacer referencia los orígenes del embalaje que comienzan desde los años 800 a.c con hiervas entrelazadas o unidas luego de esto se sustituyó por el tejido en 1550, la caja de cartón llega en 1841 (Castillo, 2013, p. 1).

Así surge el proceso de termo fijado que es un embalaje más elegante y de mejor presentación fue empleado por coca cola desde los inicios de 1980 para el trasporte de sus productos en barcos desde América hacia China

El proceso del termo-sellado se produce cuando la película retráctil de plástico o film alcanza la temperatura adecuada para esto debe pasar por las siguientes etapas:

- Etapa 1. Ablandamiento del film: Debido al aire caliente circulante, el film se ablanda en todas las direcciones.
- Etapa 2. Retracción del film: En esta etapa se inicia la retracción del film debido a la alta temperatura que genera el túnel de calor.
- Etapa 3. Estabilización: En esta etapa el film deja de contraerse aún cuando exista una alta temperatura.
- Etapa 4. Enfriamiento: En esta última etapa el material debe pasar por una cámara de enfriamiento, esto es necesario, porque al enfriarse el material ayuda al fortalecimiento del mismo.

2.6. Materiales del termo-sellado

La materia prima con la que se va a trabajar debe ser elegida cuidadosamente, el film debe poseer las dimensiones exactas para que pueda adaptarse a la forma de los envases, de esto dependerá la calidad y presentación del producto final.

2.6.1. Envases.

Los envases son recipientes que son utilizados para contener algún tipo de producto, ayudando a proteger el contenido en estos y pueden ser de plástico, lata y cartón.

Para elegir un buen envase se debe tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Ser capaz de mantener en buenas condiciones el producto.
- Proteger al producto.
- Soportar las altas temperaturas.
- Resistente a la manipulación o transporte del producto.
- En el caso de ser el envase de lata no debe poseer golpes.
- Precio reducido, sin amenazar la calidad del producto.

2.6.1.1. Envases de plástico.

Los envases de plástico en la actualidad son muy utilizados por sus propiedades físicas, debido a su facilidad de reciclar y reutilizar, para este caso se utiliza envases de plástico de 0.95 litros (cuarto de galón) en ellos se guarda diferentes tipos de productos como resina, esta ayuda a que no exista humedad en las paredes; goma blanca, la que sirve para unir dos materiales; masilla para pisos de madera, la misma que es utilizado para tapar poros o imperfecciones de la madera y estuco para paredes que es utilizado para dar una apariencia elegante a las fachadas de las viviendas.

2.6.1.2. Envases de metal.

Son utilizados en la industria Envatanqs “YANEZ” para almacenar sustancias líquidas volátiles, corrosivas e inflamables como son thinner y la pintura esmalte debido a la alta resistencia de estos envases. Por la composición de estos productos no podrían ser termos-sellados, porque son productos inflamables y al contacto con el fuego de la máquina termo-selladora podría causar una explosión, por lo que la industria optó empaquetarlos en cartón.

2.7. Túnel de calor

El túnel de calor, llamado así por ser una parte de la máquina, tiene forma de túnel adecuada para el encogimiento del film de poliolefina retráctil a paquetes ya envueltos por este material. Los túneles buscan obtener una rápida contracción de los materiales termo encogibles para que se adapten a la forma del envase, mejorando su presentación facilitando su transporte y almacenamiento.

Un túnel de calor cuenta con una banda transportadora interna de velocidad ajustable, que transporta al material a ser termo-sellado desde el exterior; pasa por el proceso y lo extrae de este.

2.8. Antecedentes de los procesos industriales

Desde el inicio del tiempo, el hombre ha tenido la necesidad de transformar los elementos de la naturaleza para poder aprovecharse de ellos, trabajo que en su fase inicial era de forma artesanal, pero es hacia finales del siglo XVIII, y durante el siglo XIX cuando el proceso de transformación de los recursos de la naturaleza sufre un

cambio radical, debido a la alta necesidad de producto a este cambio se lo denominó como Revolución Industrial.

2.8.1. Contribución ambiental.

Cuando se realiza un proceso de automatización, y para este caso en específico, se reduce considerablemente la pérdida de material disminuyendo significativamente los residuos que eran considerados desechos, de esta forma se contribuye al mejoramiento ambiental, creando también la necesidad del reciclaje de los residuos plásticos. Esta también será una forma de crear una cultura de protección ambiental involucrando al personal de planta a contribuir en la optimización de recursos y evitando desperdicio de la materia prima.

Se concientizará al personal sobre los daños que ocasiona el desperdicio del plástico al medio ambiente, considerando que estos desechos generalmente terminan en terrenos o en ríos, con esto afectando de forma negativa a la vida humana y silvestre, debido a que el plástico es una materia de descomposición lenta.

2.8.1.1. Manejo del residuo plástico y cartón.

Debido a la gran cantidad de residuos que se generan en la industria de materiales como el plástico y de cartón es necesario establecer sitios y dotar de recipientes adecuados y rotulados para el reciclaje según el tipo de residuo. Sin ser materiales altamente tóxicos ni dañinos a la manipulación humana, se recomienda el uso de un equipo de protección como guantes, mandil y gafas de protección para el personal que manipule estos residuos.

2.9. Metodología de la implementación de los procesos industriales

La metodología a utilizarse en este proceso es:

- Método histórico: Se ha utilizado este método por lo que se ha tomado en cuenta datos que permiten conocer antecedentes, así como también la situación actual de la industria Envatanqs Yáñez S.A. y así poder mejorar el proceso actual.

- Método práctico: Se ha utilizado este método, por la necesidad de implementar un proceso que sea automático dentro en la etapa de sellado plástico de los envases de pintura y así mejorar los procesos de producción.

CAPÍTULO 3

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE

3.1. Proceso de termo-sellado manual de envases de pintura

En la actualidad el proceso de termo-sellado se lo viene realizando de forma manual, esto implica que hay un desorden en la línea de producción debido a que la máquina termo-selladora no se encuentra ubicada en un sitio estratégico lo que provoca pérdidas en tiempo, materia prima y en ocasiones daños al operario.

3.1.1. Descripción de las conexiones.

Se observó que existe un tablero eléctrico de (0,30 x 0,30 m), el cual en su interior se encuentra un variador de frecuencia marca siemens modelo G110, esta polarizado a 220v con cable número 14 AWG, además, posee una conexión a tierra, un interruptor on/off para el encendido manual y un potenciómetro de 5 kilo ohmios ($K\Omega$) que es utilizado para regular la velocidad del variador en forma manual.

Para el encendido del motor ventilador se utiliza un toma corriente a 220 voltios que generalmente es utilizado en sueldas eléctricas, también se observó que existe una derivación para un toma corriente a 110 voltios, el cual se lo utiliza para el encendido de la cámara de ventilación.

Además, se observó que la cámara de enfriamiento no posee la fuerza para generar la corriente de aire suficiente para enfriar el producto termo sellado, lo que ocasiona que se manipule el producto final aun cuando el film de poliolefina retráctil se encuentra caliente.

3.2. Diseño e implementación del sistema de instalación eléctrica

3.2.1. Diseño del sistema eléctrico.

Para el nuevo sistema se realizó un estudio y medición del voltaje que proporciona el medidor electrónico que posee la industria. Mismo que tiene las siguientes características ver tabla 3:

Tabla 3. Características del medidor electrónico

Número de fases	Número de hilos	Voltaje
2	3	220 y 110

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Para el buen funcionamiento de los equipos de este proyecto es necesario una acometida que proporcione 220 voltios para la conexión del variador de frecuencia, contactores y motores. También es necesario una acometida que proporcione 110 voltios para la conexión del PLC (controlador lógico programable), motores y actuadores.

3.2.2. Cálculo de la acometida.

Para el cálculo del calibre del conductor y la acometida es necesario emplear la fórmula para la corriente nominal.

Ecuación 1. Determinación de la corriente nominal de un motor monofásico.

$$I(A) = \frac{hp \times 746}{V \times N \times \cos\phi}$$

En donde hp= potencia del motor

V=voltaje

N= eficiencia del motor =0.8 valor típico

Cos ϕ =factor de potencia del motor

Aplicando la fórmula se obtiene las corrientes nominales de los elementos que intervienen en el movimiento y control de la máquina las cuales se observan en la siguiente tabla 4.

Tabla 4. Cálculo del calibre del conductor

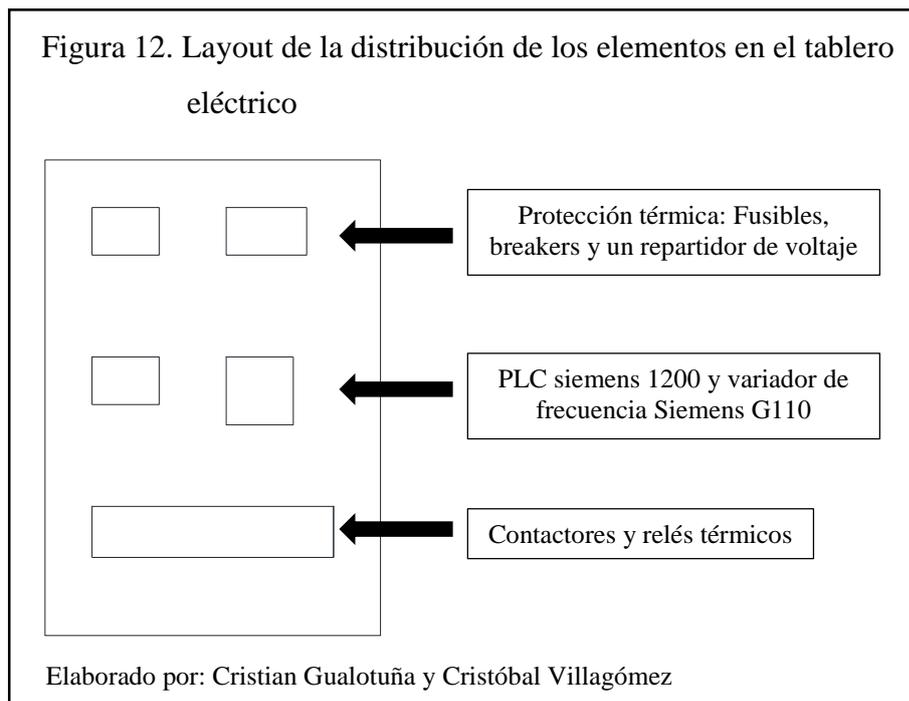
Calibre de cables para los elementos de potencia de la máquina termos-selladora				
Elemento	Voltaje (V)	Potencia (HP)	Intensidad Nominal (A)	Calibre AWG
Motor ventilador del túnel de calor	220	0.75	3.97	14
Motor reductor Banda Transportadora	220	0.75	3.97	14
Motor reductor Variador de Frecuencia	220	0.35	2.39	14
Motor 1 cámara de enfriamiento	110	0.25	1.25	19
Motor 1 cámara de enfriamiento	110	0.25	1.25	19
Electro válvula	110	x	0.20	19
Encendedores	110	x	2.50	19
			Intensidad total	15.53

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Para la realización de la acometida se suman las corrientes nominales totales y se dimensiona el calibre del cable. La corriente total es de 15,53 amperios, este valor indica que se puede emplear un calibre AWG 14, este soporta 15 amperios pero al pasar toda la corriente por el cable se calentaría, entonces se emplea el calibre AWG # 12 el cual soporta hasta 30 amperios, este es adecuado para que no exista calentamiento en el mismo.

3.2.3. Layout de la distribución de los elementos en el tablero eléctrico.

Es necesario ubicar los elementos en el tablero de control de acuerdo a su función, para este proyecto se ubica en la parte superior los elementos de protección térmica como son: fusibles y breakers industriales, además un repartidor de voltaje, en la parte media se ubican los dispositivos de control PLC Siemens 1200 CPU 1212C y el variador de frecuencia Siemens G110, por último en la parte inferior se ubican los elementos electromecánicos que son: contactores y relés térmicos.



3.2.4. Cálculo del dimensionamiento del tablero eléctrico.

Para calcular el área del tablero que se necesita para automatizar la máquina termoselladora, es necesario conocer los elementos eléctricos y de control que se van a utilizar y sus dimensiones tabla 5.

Tabla 5. Dimensionamiento de las medidas de ancho de los elementos que se colocaron en el tablero eléctrico

Elemento	Dimensión ancho (m)	Cantidad	Total ancho (m)
Contactores	0.044	5	0.22
Distancia entre contactores	0.03	6	0.18
Ancho de canaleta	0.025	2	0.05
			0.45

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Tabla 6. Dimensionamiento de las medidas de largo de los elementos que se colocaron en el tablero eléctrico

Elemento	Dimensión largo (m)	Cantidad	Total largo (m)
fusibles , repartidor	0.08	1	0.08
Variador	0.14	1	0.14
Ancho de canaleta	0.025	4	0.1
Contactores	0,077	1	0.077
Distancia entre elemento y canaleta	0.05	6	0.3
			0.697

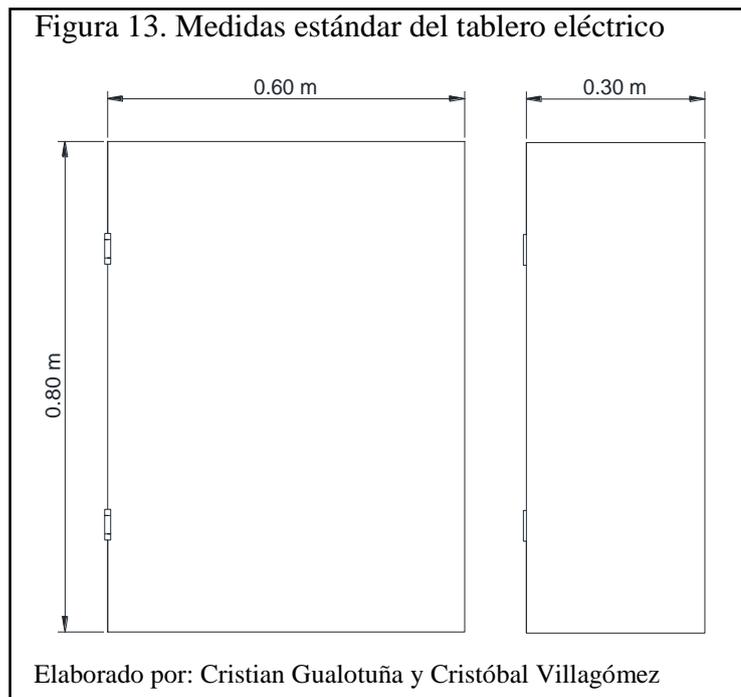
Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Tabla 7. Dimensionamiento de las medidas de profundidad de los elementos de control que se colocaron en el tablero eléctrico

Elemento	Dimensión profundidad (m)	Cantidad	Total (m)
Panel táctil	0.1	1	0.1
Variador	0.14	1	0.14
			0.24

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Luego de realizar el cálculo de las dimensiones del tablero y contrastarlas con las dimensiones estándares que existen en el mercado, se determinó que es necesario un tablero eléctrico de las siguientes dimensiones:



El cual en su interior tendrá la siguiente distribución:

- Parte superior: protección térmica (fusibles), breakers industrial y repartidor.
- Parte media: elementos de control PLC (Controlador lógico programable) y variador de frecuencia.
- Parte inferior: Contactores y relés térmicos como se muestra en la siguiente tabla 8.

Tabla 8. Distribución interna de elementos en el tablero de control

Protección térmica: fusibles, breakers industrial y un repartidor
PLC siemens S7-1200 y variador de frecuencia Siemens G110
Contactores y Relés térmicos

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

3.2.5. Implementación del sistema eléctrico.

Una vez adquiridos los materiales para las conexiones eléctricas se procedió a realizar una conexión a tierra, esta es importante para proteger los equipos eléctricos, permitiendo así que cualquier derivación indebida de la corriente eléctrica circule hacia la tierra y no hacia los equipos o al operario. Para realizar una buena conexión a tierra se necesita un Telurómetro, este proporciona un dato sobre la resistividad de la tierra y saber si los valores de resistividad son los adecuados.

Figura 14. Telurómetro



Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Para realizar este proyecto se realizó la medición de conexión a tierra, siguiendo los siguientes pasos:

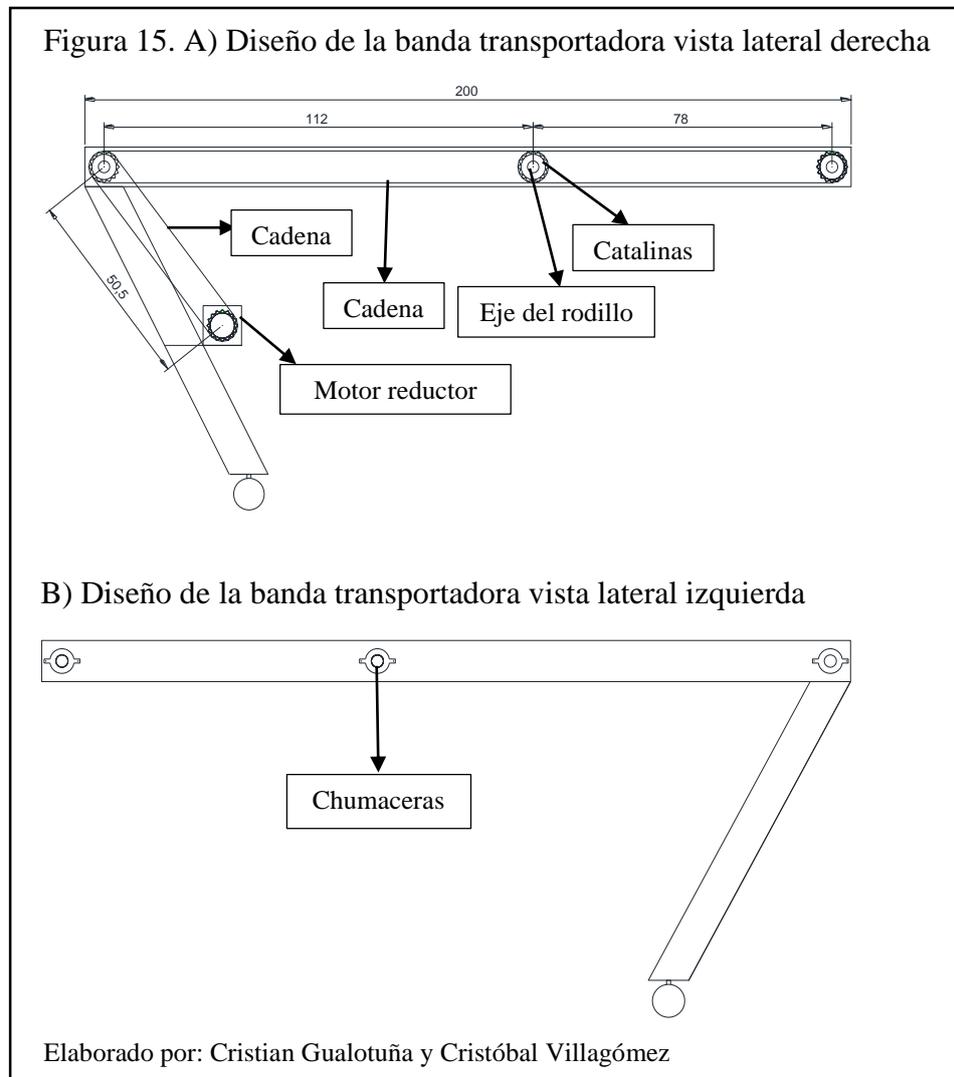
- Es necesario una varilla de cobre de 2 metros, esta se procede a enterrar en un lugar húmedo y esta hará la función del electrodo del sistema de tierra.
- El cable negro que posee un conector tipo lagarto se conecta al tornillo de la abrazadera del tornillo a tierra.
- El cable rojo y amarillo se conecta a las jabalinas.
- Se procede a enterrar las jabalinas a 10 metros de distancia de la varilla de tierra en forma horizontal.

Luego de realizar todos los procedimientos se obtiene un dato de resistividad de la tierra, en este caso fue de 3 Ohmios, este indica que es un valor ideal para este tipo de conexiones de protección. Una buena tierra esta en escala de cero a siete ohmios, siendo cero ohmios una conexión a tierra perfecta.

3.3.Diseño e implementación de la banda transportadora de alimentación de producto

Luego de observar el proceso del termo-sellado y notar que hay retraso en la producción, debido al ingreso de los envases al túnel de calor manualmente por el sistema de rodillos, estos se desordenan por el movimiento excesivo obteniendo así un empaquetado poco preciso y en ocasiones un producto final con fallas, por esta razón

se determinó la necesidad de un nuevo sistema de banda transportadora, que llevará el producto desde el exterior hasta el túnel de calor, y se procedió con el diseño de la mencionada banda.



Luego de diseñar la banda transportadora se procedió a su construcción, para esto se utilizó 20 rodillos en una estructura de 2 metros de largo por 0.40 metros de ancho, de los cuales 3 se los hizo fijos con un sistema de chumaceras y catalinas, las cuales se encuentran conectadas al motor reductor por medio de cadenas como se observa en la figura 15.

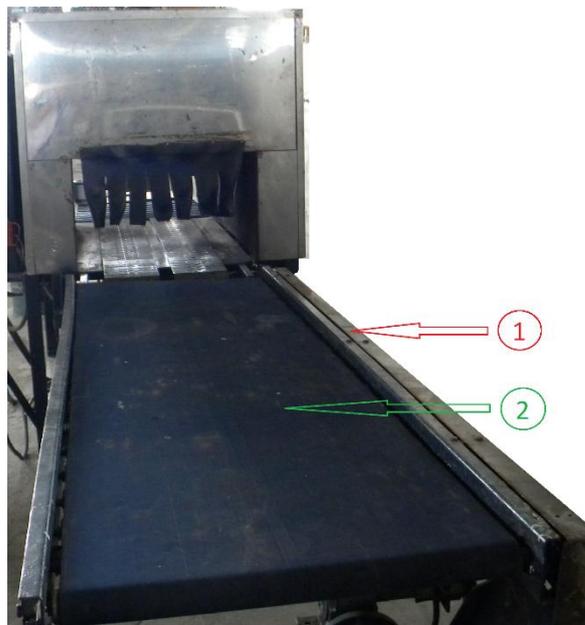
Figura 16. Construcción del sistema de banda transportadora



Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Se procedió a realizar la banda que esta construida de lona reforzada para soportar el ambiente industrial y finalmente se colocó una protección en las catalinas y cadenas para asegurar al operador contra accidentes, este sistema de protección es desarmable para realizar mantenimientos periódicos.

Figura 17. Banda transportadora de alimentación de producto



1: Barra de protección

2: Banda transportadora

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

3.4. Componentes del tablero eléctrico

Antes de realizar el diseño e implementación del tablero eléctrico es necesario saber algunas características importantes de los dispositivos eléctricos como contactores, relés térmicos y controladores.

3.4.1. Controladores industriales.

- **PLC**

En muchos sistemas sencillos tal vez exista un micro controlador integrado, que sea un microprocesador con memoria todo integrado dentro de un chip, que ha sido específicamente programado para la tarea en cuestión. Una forma más adaptable es el controlador lógico programable (PLC). Este es un controlador basado en un microprocesador que utiliza memoria programable para almacenar instrucciones y para implementar funciones como secuencia, conteo de tiempo y aritmética lógicas para controlar eventos y que pueden reprogramarse con facilidad para distintas tareas. (Bolton, 2008, p. 17).

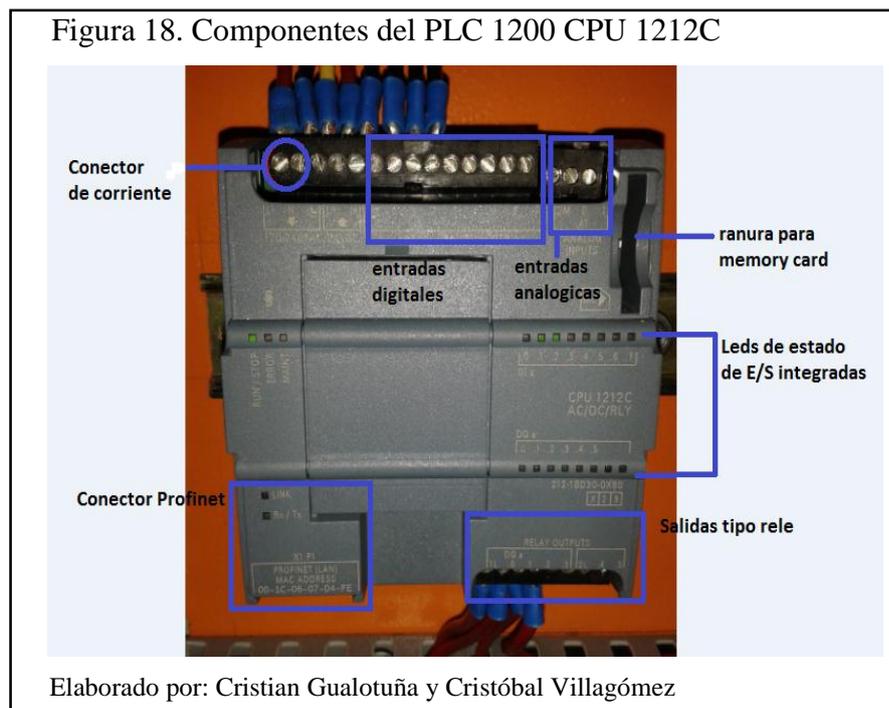
El desarrollo de controladores lógicos programables (PLC) fue impulsado principalmente por las exigencias de los fabricantes de automóviles que constantemente cambiaban sus sistemas de control de la línea de producción para dar cabida a sus nuevos modelos de coches. En el pasado, esto requiere una amplia recableado de los bancos de relés de un procedimiento muy caro. En la década de 1970, con la aparición de los dispositivos de lógica electrónica de estado sólido, varias compañías automotrices desafiados fabricantes de control para el desarrollo de un medio de cambiar la lógica de control sin la necesidad de volver a cablear el sistema totalmente. El PLC se desarrolló de este requisito. (Zhang, (2008), p. 429).

El PLC proviene de las siglas en inglés(Programmable Logic Controller) o controlador lógico programable, es una computadora utilizada en la industria, para automatizar procesos en los que intervienen elementos electromecánicos, como: contactores, contactores auxiliares, relés térmicos, interruptor automático magnetotérmico, etc. El PLC es utilizado en la industria por su velocidad de procesamiento de información, capacidad de memoria y sobre todo por sus módulos de entradas y salidas que ayudan al control de varios procesos al mismo tiempo, atendiendo a sus capacidades dependiendo del modelo por ejemplo poseemos en la actualidad PLC's que permiten cerrar lazos de control de diferentes variables con sus entradas y salidas analógicas.

La amplia gama y desarrollo tecnológico de los PLC's ayudan a disminuir costos en el montaje y adquisición de datos, por ejemplo se ha desarrollado las "signal board" que son módulos de ampliación de entradas o salidas pero de bajo costo en comparación con los módulos de gran tamaño y de misma funcionalidad.

- **PLC S7-1200 CPU 1212C**

El PLC Siemens S7-1200 CPU 1212C es utilizado para el control de la máquina termoselladora debido a sus características que se detallan en la tabla 9, también se divide en partes importantes que son: el conector de corriente, los conectores extraíbles para el cableado de usuario, la ranura para la memory card, led's de estado para indicar el funcionamiento o activación de las entradas o salidas y el conector profinet que permite conectar el PC al PLC y comunicar el PLC 1200 CPU 1212C y la pantalla KTP 400PN



Se utilizó el PLC 1200 CPU 1212C debido a que tiene seis salidas digitales tipo relé las cuales se utilizarán para el control del motor ventilador, motor reductor de la banda transportadora, electroválvula, encendedores, dos ventiladores y accionamiento de contacto NA (normalmente abierto) del variador para arranque del mismo, y por su entrada analógica esta permite el escalamiento para mostrar la variable de temperatura. Además, el PLC 1200 es el adecuado para este proyecto porque permite colocar un

módulo con una salida análoga (signal board), el mismo que se puede configurar mediante software, permitiendo enviar una señal de voltaje de 0 a 10 hacia la entrada analógica del variador de frecuencia G110 el mismo que la recepta y la toma con medida de variación de frecuencia de la banda transportadora.

Tabla 9. Características del PLC S7-1200 CPU 1212C

Marca	SIEMENS
Modelo	SIMATIC S7-1200 CPU 1212C, COMPACT CPU, AC/DC/RLY
tensiones de alimentación	AC 120 V AC 230 V
Rango admisible, límite inferior	(AC) 85V
Rango admisible, límite superior	(AC) 264 V
Rango admisible de frecuencia, límite inferior	47Hz
Rango admisible de frecuencia, límite superior	63Hz
Protección de cortocircuito	0.0000000000000000E+00
Tensión de carga L+	Valor nominal (DC) 24V
Rango admisible, límite inferior	(DC) 5V
Rango admisible, límite superior	(DC) 250V
consumo de corriente	(Valor nominal) 80mA@120VAC40mAa 240VACConsumo máx. 240mAa 120VAC120mAa240VAC
Intensidad de cierre	Máx. 20A;A264V
Salida de corriente de bus de fondo (5 VDC), máx.	1000 mA; 5 VDC max. for SM and CM
Consumo/pérdida de potencia actual Pérdidas, típ.	11W
Memoria útil para datos de usuario	25Kbyte
Memoria RAM integrada	25Kbyte

Fuente: Manual Simatic S7-1200, 2013

Tabla 9. Características del PLC S7-1200 CPU 1212C

CPU / tiempos	
para operaciones de bits	mín. 0,1 us ; / instrucción
para operaciones de palabras	mín. 12 us ; / instrucción
aritmética de punto flotante	Mín. 18 us ; / instrucción
Áreas de datos y su remanencia	
Área de datos remanentes total (incl. tiempos, contadores, banderas), máx.	2048 byte
Tamaño del área de marcas	Cantidad, máx. . 4 Kbyte
I / O área de dirección	en general 1.024 bytes para entradas / 1024 bytes para las salidas
imagen del proceso	
Entradas, configurables	1 Kbyte
Salidas, configurables	1 Kbyte
Los canales digitales	
Canales integrados de entrada	(DI) 8
Canales integrados de salida	(DO) 6
canales analógicos	Número de canales integrados (AI) 2 Número de canales integrados (AO) 0
Configuración del hardware	
Número de módulos por sistema	, máximo 3módulos de expansión , 1 Signal Board , 2 módulos de señales
Reloj por hardware (reloj tiempo real)	Sí
Duración del respaldo	240 ; Típico

Fuente: Manual siemens, 2013

- **Las primeras interfaces hombre máquina**

La invención de tubo de rayos catódicos, CRT (Cathodic Ray Tube), unida a la del teclado, sustituyó a las máquinas de escribir, teletipos y tarjetas perforadas.

Como se ha visto, la distribución típica de las tarjetas perforadas, utilizadas en los primeros sistemas de cálculo automatizados, era de ochenta columnas de veinticinco líneas casa una. Más tarde se amplió el juego de caracteres ASCII para incluir caracteres gráficos.

Los lenguajes de programación grafica se fueron adaptando a nuevas posibilidades que ofrecía la técnica. Por ejemplo, permitieron cambiar los colores de celda de las 2000 presentes en una pantalla de ordenador, casualmente de, 80 x 25. (Aquilino, 2007, p. 17).

- **Interface Hombre-Máquina (HMI, MMI)**

Comprende los sinópticos de control y los sistemas de presentación gráfica. La función de un panel Sinóptico es la de presentar, de forma simplificada, el sistema bajo control (un sistema de aprovisionamiento de agua, una red de distribución eléctrica, una factoría).

En un principio los paneles sinópticos eran de tipo estático, colocados en grandes paneles plegados de indicadores y luces. Con el tiempo han ido evolucionando, junto al software en forma de representaciones gráficas en pantallas de visualización (PVD, Pantalla de Visualización de Datos). (Aquilino, 2007, p. 35).

- **Características del panel táctil KTP400PN**

La pantalla monocromática KTP400PN Basic dispone de un sistema de tonalidades en escala de grises de cuatro niveles de resolución, tiene una pantalla 3.8 pulgadas. Una resolución de 320x240 píxeles permite la representación de las pantallas de exploración de una manera menos compleja. El panel táctil es operado mediante la pantalla resistiva, además, posee 4 teclas de función libremente configurables, estas al ser accionadas proporcionan una retroalimentación táctil. El panel táctil KTP400PN Basic monocromático es un HMI, componente ideal para los pequeños sistemas del controlador S7-1200. Se puede configurar con WinCC flexible o WinCC Basic compacto (TIA Portal). El panel KTP400PN ofrece funcionalidad básica de un HMI tales como alarmas, curvas de tendencia, recetas con 250 etiquetas, en la tabla 10 se observa las características.

El panel táctil KTP 400PN fue seleccionado de una gran variedad de paneles táctiles ofertados en el mercado por: su costo, la amplia gama de tags (variables) que maneja, también es necesario en este proyecto, porque mediante el panel se realiza el monitoreo de la temperatura evitando así que el operador de la máquina lo haga por el método de observación de los paquetes de termo-sellado como se lo realizaba en el proceso manual anterior, además con la implementación de la pantalla el operador puede visualizar cuando la temperatura alcanza los 150 grados centígrados, adecuada para iniciar el proceso de termo sellado.

Tabla 10. Características de la pantalla KTP400PN

Características	SIMATIC HMI KTP 400 BASIC MONO
Pantalla	3.8 pulgadas , 4 escalas de grises
Resolución	320x240 pixeles
Elementos de control	Pantalla analógica resistiva 4 teclas táctiles de configuración
Memoria de uso	512 Kb
Interface	1x RJ 45 Ethernet para Profinet
Grado de protección	IP 65, NEMA 4x(montado de frente)
Grado de protección	IP 20 parte trasera
Corte para instalación	122x98 mm(WxH)
Panel de frente	140x116 mm(WxH)
Profundidad de dispositivo	40mm
Software de configuración	WinCC Basic(TIA Portal)/WinCC flexible Compact

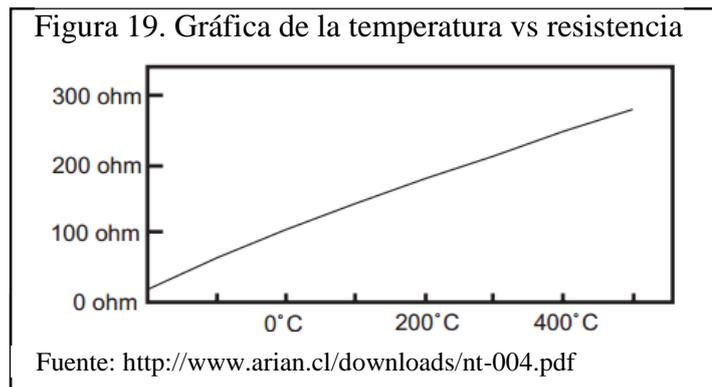
Fuente: Manual Siemens, 2013

▪ Características de la RTD

La resistencia eléctrica de varios materiales cambia de una forma reproducible con la temperatura, y por lo tanto constituye la base de un método detector de temperatura. Los materiales utilizados son de dos clases principales: conductores (metales) y semiconductores. Históricamente los materiales conductores se presentaron primero y por tradición han recibido el nombre de termómetro de resistencia. [Más recientemente se ha utilizado la terminología detector de temperatura de resistencia (RDT) por sus siglas en inglés.] (Doebelin, 2005, p. 639)

El RTD que se implementa en la toma de datos de temperatura es una pt 100.

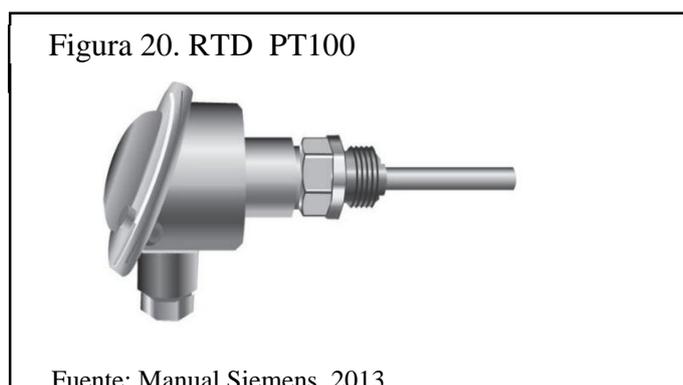
Un PT100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohm y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde. (Arian CI, 2007, p. 1).



Un PT100 es un tipo particular de RTD, normalmente las PT100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termo cuplas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vainas), en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal).(Arian Cl, 2007, p. 1).

Se utilizó la PT100 de 0.16 metros de largo de vulva porque esta es la longitud de vulva necesaria para atravesar la carcasa desde la cubierta exterior hacia el interior del túnel de calor, el rango de temperatura que la PT100 maneja es de 0 a 300 grados centígrados, rango adecuado en esta cámara de termo-sellado, porque la temperatura de inicialización es de 150 grados centígrados y la temperatura límite del proceso de termo-sellado es de 200 grados centígrados, adicional la PT100 se conecta a un transmisor SITRANS TH100 de 4 a 20mA el cual se configurará para obtener una señal de 0 a 10 voltios misma que se conecta a la entrada analógica del PLC 1200 CPU 1212C.

La RTD fue colocada en la parte superior de la salida del túnel de calor, porque en este lugar las corrientes de aire caliente circulan con mayor frecuencia, este valor se aproxima a la temperatura de la cámara de termo-sellado.



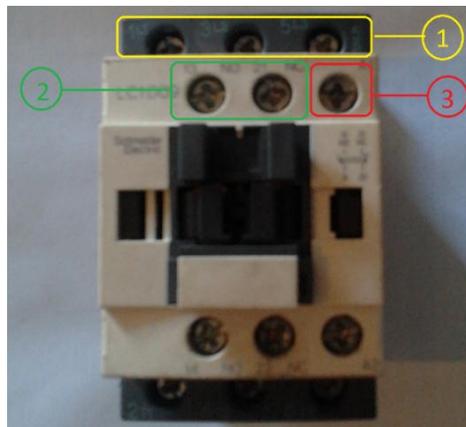
3.4.2. Dispositivos electromecánicos.

- **El Contactor.**

Es un dispositivo electro-mecánico para apertura o cierre de circuitos eléctricos el cual se activa mediante un pulso eléctrico. Este se basa en el mismo principio de funcionamiento de un relé, la diferencia es que un contactor está diseñado para manejar potencias más altas.

Para este proyecto se utiliza el contactor general KM este posee dos contactos el uno abierto y el otro cerrado. Para el circuito de potencia como conmutación de relés térmicos se utilizan los contactos principales.

Figura 21. Contactor

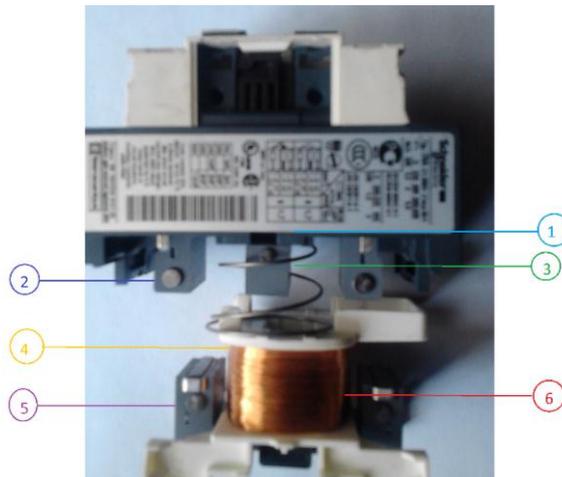


1. Contactos principales (L1, L2, L3)
2. Contacto NO, NC
3. Bobina del contactor

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

El contactor para accionar sus contactos lo hace mediante un electro imán, al alimentar la bobina del electro imán esta desplaza un vástago que accionará los contactos dependiendo si son normalmente abiertos (NO) o normalmente cerrados (NC).

Figura 22. Estructura interna del contactor



1. Contactos fijos y móviles.

2. Hierro móvil.

3. Muelle antagonista.

4. Alimentación bobina.

5. Hierro fijo.

6. Bobina.

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Para este proyecto se utilizó cinco contactores para el control de los siguientes motores y actuadores:

- Contactor 1: para el control del motor ventilador.
- Contactor 2: para la banda transportadora.
- Contactor 3: para la cámara de enfriamiento.
- Contactor 4: para la electroválvula.
- Contactor 5: para el control de los encendedores o chisperos.

- **Relé térmico**

Estos dispositivos eléctricos son utilizados para proteger a los motores de una sobre carga garantizando la durabilidad de los mismos. Un relé térmico se lo puede utilizar tanto en motores de corriente alterna como en continua. Es recomendable la utilización de un relé térmico debido a que si los motores son usados constantemente estos garantizan la continuidad de las máquinas sin que hayan paros imprevistos.

- **Electro Válvula**

En este proyecto se utilizó una electro válvula para evitar el contacto directo del operador con la fuente de combustible gaseoso (GLP), y controlar la presencia del combustible gaseoso que requiere el túnel de calor para termo-sellar.

Una electroválvula está compuesta por dos elementos: la válvula que funciona con corriente eléctrica y un solenoide que convierte la energía eléctrica en mecánica.

- **Encendedores**

Un encendedor es un dispositivo que genera una chispa, la que al tener contacto con el combustible gaseoso genera una llama. En la cámara de termo-sellado, para eliminar el riesgo de quemaduras del operador al realizar este proceso manualmente, se implementó un encendedor en cada quemador, estos son los mismos que se utilizan en cocinas y hornos industriales, son de cerámica y con cable de asbesto para soportar temperaturas elevadas.

3.5.Tablero eléctrico

Un tablero eléctrico es una caja con forma rectangular que contiene los dispositivos de control, maniobra, protección, alarma y señalización. Para ensamblar un tablero eléctrico es fundamental el criterio del diseñador, normas vigentes y la necesidad de la industria para garantizar un correcto funcionamiento.

Los elementos de control, protección y sensores se instalan en los tableros eléctricos, para esto es necesario tener una referencia de conexión los cuales pueden ser:

- Diagrama de control
- Diagrama unifilar

Los mismos que pueden ser observados en el anexo 1

3.5.1. Indicadores y pulsadores.

La luz indicadora o luz piloto visualiza el estado en el que se encuentra el proceso, para este caso se realiza de la siguiente forma:

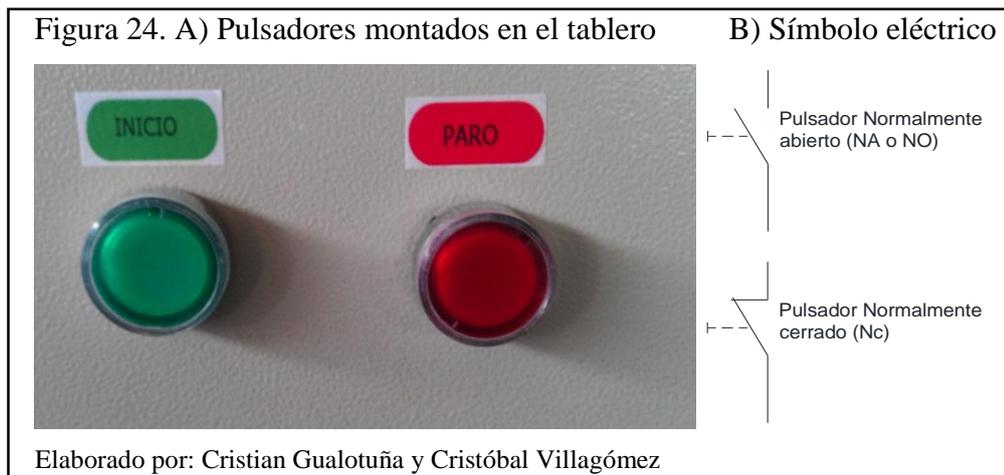
- Luz piloto verde para inicio de los motores
- Luz piloto roja para paro de motores

- Luz piloto amarilla para fallo de motores

Se utilizaron estos tres colores diferentes porque con cada uno se puede identificar las alertas del proceso.



Generalmente los pulsadores se los utilizan para maniobras de arranque y paro, también para mandos de circuitos de seguridad (paro de emergencia) debido al ambiente industrial estos pueden ser metálicos cromados y totalmente de plástico, además estos pueden ser Normalmente abiertos (NA) o Normalmente cerrados (NC)



Se configuraron pulsadores en el panel táctil de inicio y paro del proceso. Además, se instalaron cinco pulsadores manuales fuera del panel como un plan de contingencia o una segunda opción a ser utilizada, para prevenir el paro de la producción al no poder utilizar la pantalla táctil por eventualidades causadas como fallos o golpes ocasionados en el panel, la función de cada pulsador es:

- Pulsador verde: inicio del proceso.
- Pulsador rojo: paro del proceso.
- Pulsador verde: enfriamiento de la cámara de termo-sellado.
- Pulsador verde: encendedores o chisperos.

- Pulsador tipo hongo: paro de emergencia.

Para una adecuada ubicación de cada uno de ellos se utilizó leyendas adheridas al tablero.

3.5.2. Ubicación del tablero eléctrico.

Para elegir correctamente el lugar de ubicación del tablero eléctrico se debe tomar en cuenta que el lugar sea de fácil acceso, un ambiente fresco y seco sobre todo que este lugar se encuentre alejado de otras instalaciones como de teléfono, agua y gas.

En la parte frontal del tablero eléctrico debe haber un espacio lo suficientemente amplio para realizar trabajos y operaciones de mantenimiento, este no debe ser menor a un metro, además el lugar donde se encuentre instalado el tablero eléctrico debe poseer una iluminación adecuada para operar en forma segura y adecuada.

3.6.Reglas para el montaje del tablero eléctrico

Al diseñar un tablero eléctrico hay que tomar en cuenta algunas reglas garantizando el correcto funcionamiento y protección del tablero así como la seguridad del operador.

Como por ejemplo: Para el transporte de las señales análogas que provienen de sensores es necesario el uso de cables apantallados para evitar campos electromagnéticos y así llegue una señal más limpia al PLC.

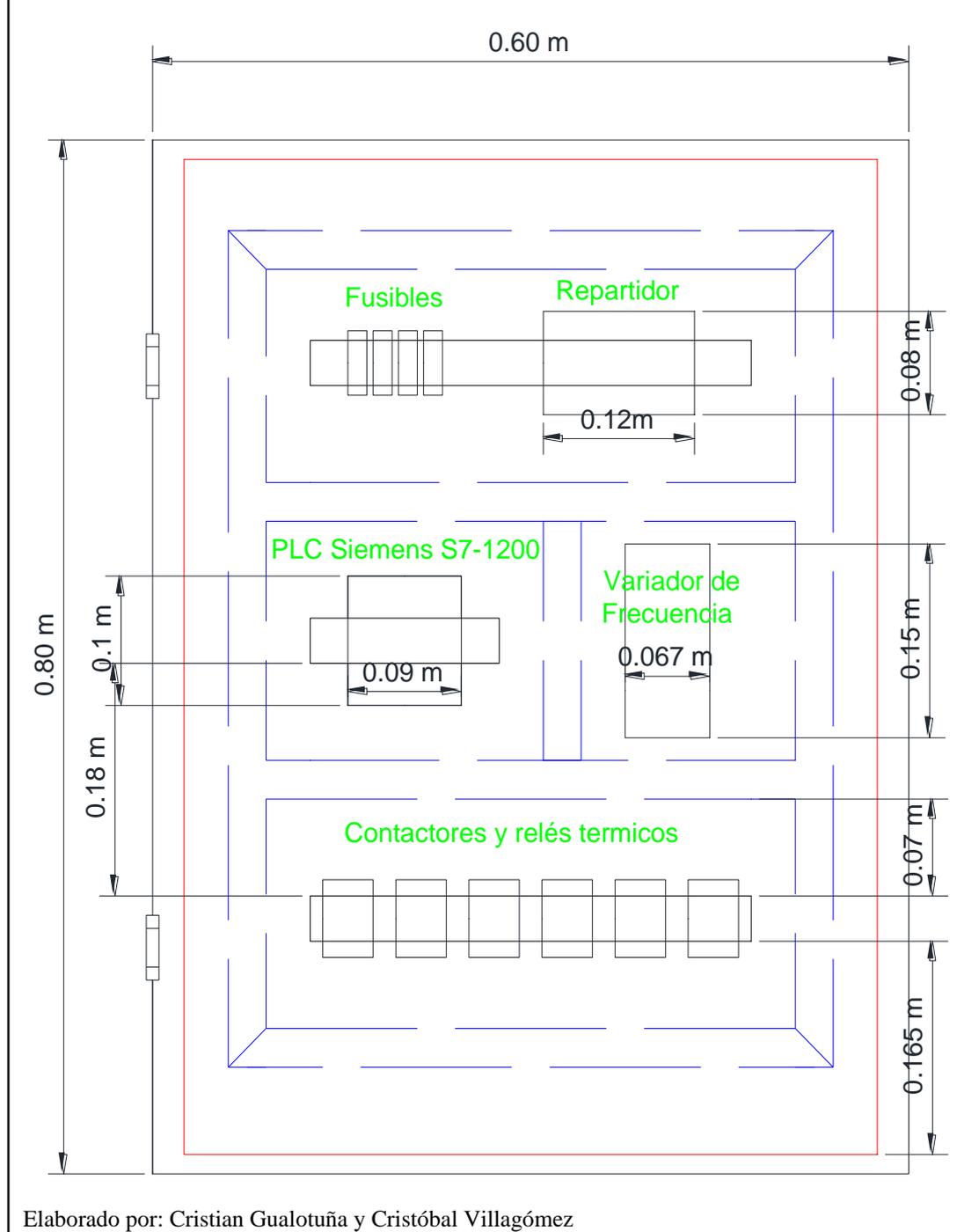
En todas las uniones realizadas en los conductores se debe revisar que exista un buen contacto, para evitar que exista algún corto circuito o algún mal funcionamiento de los sensores o actuadores.

Una buena tierra garantiza la seguridad del operador y de los equipos eléctricos.

3.7.Diseño del tablero eléctrico

En base a los requerimientos y necesidades del proyecto se elaboró el siguiente diagrama en el cual están los elementos que se encuentran en el interior del tablero de control.

Figura 25. Diseño y ubicación de los elementos (vista frontal sin puerta)



3.8. Montaje del tablero de control

Para realizar el montaje del tablero de control se procedió a realizar orificios para la colocación de luces indicadoras, HMI, pulsadores y paro de emergencia.

Figura 26. Colocación de los elementos en el panel de control



Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Luego se procedió a colocar la canaleta y el riel DIM estándar figura 45.

- **Riel 1:** equipos de protección como breakes y fusibles además un repartidor de voltaje.
- **Riel 2:** PLC 1200 (CPU 1212C) y sus accesorios como signal board AQ para la salida análoga, además se colocó el variador de frecuencia.
- **Riel 3:** contactores y relés térmicos para el arranque de los motores.

Figura 27. Colocación de canaletas y Riel DIM



Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Se determinó el calibre del conductor que alimenta a los circuitos de potencia en función del consumo de corriente de sus elementos y con la ayuda de la tabla de los valores normalizados de los cables A.W.G. (American Wire Gauge Standard) ver anexo 2.

En la siguiente tabla 11, se detalla el número de conductor que se utilizó para cablear los distintos elementos de potencia de la máquina termo-selladora.

Tabla 11. Calibre de los conductores

Calibre de cables para los elementos de potencia de la máquina termos-selladora				
Elemento	Voltaje (V)	Potencia (HP)	Intensidad (A)	Calibre AWG
Motor ventilador del túnel de calor	220	0.75	3.97	14
Motor reductor Banda Transportadora	220	0.75	3.97	14
Motor reductor Variador de Frecuencia	220	0.35	2.39	14
Motor cámara de enfriamiento	110	0.25	1.25	19

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

3.9.Cableado y etiquetado

Una vez escogido el calibre del conductor se procedió a realizar la conexión del circuito de control y de potencia guiándose en los planos eléctricos ver anexo 2, siguiendo un orden específico se enumeró con marcas para cables y etiquetó los distintos elementos con el fin de que otra persona pueda identificar fácilmente los elementos y los cables.

Para el etiquetado se adquirió una libreta de etiquetas para marcar cables con leyendas de la A-Z, 0-15,+,-, / con un ancho de etiquetas de 4 mm de color negro sobre amarillo, de tela vinílica, estas etiquetas fueron colocadas de acuerdo a las normas de lectura e interpretación de diagramas multifilares. Al realizar el diagrama multifilar ver anexo 1 en el software CADE SIM, este permite guiar la numeración de los cables, dependiendo de la sección que este se encuentre se coloca el nombre del cable por ejemplo; si el cable está ubicado en la parte horizontal se lo nombra con letras y en sección vertical se lo asigna con números; si un cable tiene el nombre A1 quiere decir que está en la posición horizontal A y en la sección numerada 1 de esta forma se procede a color las etiquetas a los cables las mismas que tiene que ser adheridas a una distancia de 0.02 metros del extremo del cable.

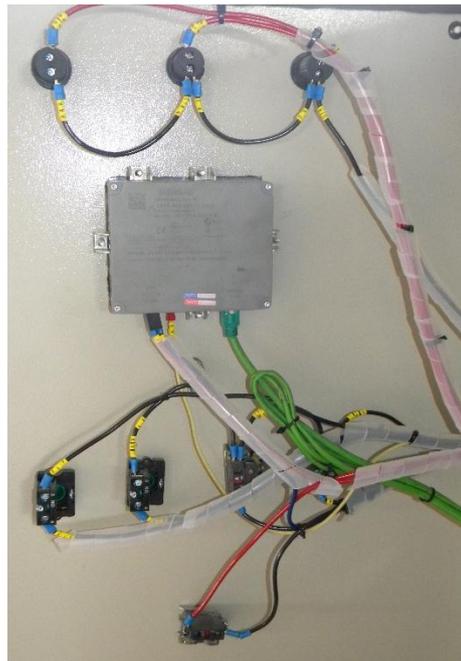
Figura 28. Cableado y etiquetado circuito de control y potencia



Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

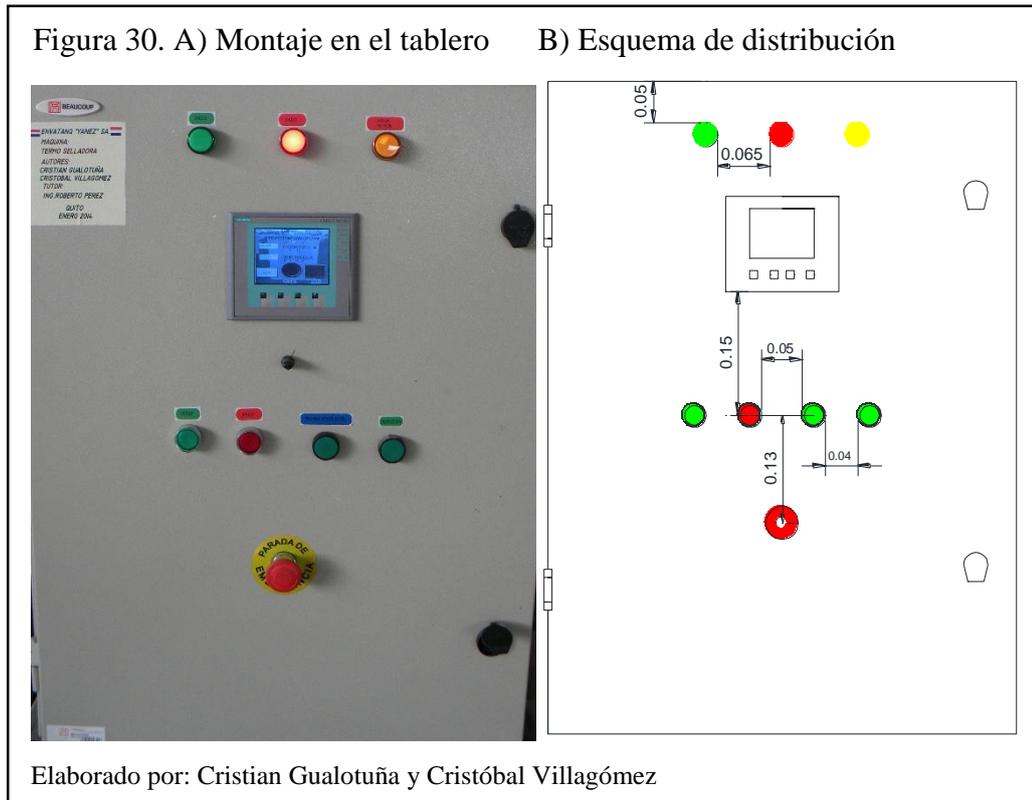
Luego se realizó la conexión de las luces indicadoras, pulsadores, así como la conexión del panel táctil KTP400PN con la red profinet con el PLC.

Figura 29. Cableado luces indicadoras, pulsadores y HMI



Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Finalmente se etiquetó las luces indicadoras, pulsadores, paro de emergencia según su desempeño en el control.



CAPÍTULO 4

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE

4.1.Desarrollo e implementación del programa para el PLC Simatic 1200 CPU 1212C

4.1.1. Descripción del proceso.

Analizando los requerimientos ya establecidos, para mejorar la línea de producción se emplea el software TIA PORTAL que permite realizar la programación del PLC 1200 CPU 1212C, este mediante su entrada analógica toma el valor de temperatura, tiene entradas digitales de 24 voltios estas son conectadas a los pulsadores de arranque y paro de la máquina, en el proceso de implementación se observa que es necesario la utilización de un sistema de control para que el motor ventilador de la máquina, termo-selladora, sea encendido para bajar la temperatura o realizar el mantenimiento de la misma, porque al pasar el producto por la etapa de termo-sellado la temperatura de la cámara alcanza los 200 grados, con esta temperatura si el operario decide cambiar la hélice del ventilador no lo podría hacer, lo que implica que se debe esperar alrededor de una hora para el enfriamiento por esta razón se coloca el pulsador de encendido del motor ventilador, para reducir el tiempo de enfriado de la máquina de una hora a quince minutos, luego de esto, el operador de la máquina podrá realizar dicha acción.

Se realiza la programación en el PLC para que el control de la máquina termo-selladora sea de la siguiente manera:

- Al pulsar el botón inicio, que en el PLC fue asignada a la entrada digital I0.0 se ponen en estado de encendido la salida del PLC Q0.4 esta es conectada al contactor de electro válvula que me permite la apertura y paso del combustible para la generación de la llama para el proceso de termo-sellado.
- Luego de 3 segundos, de activada la salida del PLC Q0.4, se activa la salida del PLC Q0.5, la que está asignada a los encendedores (chisperos), tiempo que se programó debido a que el combustible tiene que concentrarse para provocar la llama. El tiempo que permanece activada la salida Q0.5 es de 3 segundos porque con este valor los chisperos emiten seis chispas para con estas garantizar el encendido de los quemadores tipo flauta.

- Al estabilizarse el encendido de la llama en un tiempo de 5 segundos se activa la banda transportadora en el túnel de calor, que está controlada por el variador de frecuencia. En el PLC la salida asignada fue Q0.1, esta es conectada a un relé y de este a un contacto NA. Al ser activado cierra el contacto y activa el interruptor interno del variador para ponerlo en RUN y de la misma forma se pone en estado ON el motor ventilador que fue asignado a la dirección Q0.0, la misma que acciona un contactor y este a su vez al motor ventilador.
- Luego de 30 segundos, tiempo que se requiere para la estabilización de la temperatura, se activa el pre actuador (contactor 3), este enciende la banda transportadora de alimentación del producto asignada al PLC con la dirección Q0.3.
- Siguiendo el proceso después de 45 segundos, se activa la salida del PLC Q0.2, accionando al pre actuador (contactor 4), mismo que enciende la cámara de enfriamiento.
- Cuando el usuario pulse el botón paro del proceso, asignado a la entrada con la dirección I0.1 del PLC, se detiene el proceso secuencialmente y se pondrá nuevamente a trabajar la máquina cuando se pulse el botón de inicio.
- Cuando el operador pulse el paro de emergencia, asignado a la entrada con la dirección I0.2 del PLC, se detendrá el proceso inmediatamente, este botón es uno del tipo hongo utilizado industrialmente para proteger al operador en caso de producirse algún accidente o surja algún inconveniente en el proceso de termo sellado, la diferencia entre un paro normal y un paro de emergencia está en las características físicas de los botones.

4.1.2. Descripción del control de temperatura y velocidad de la máquina termo-selladora.

Al tomar datos de la velocidad y calidad del producto obtenido se llega a la condición que: en el variador de frecuencia se debe cambiar los parámetros, con referencia en el manual del variador (G110_COM_18947608 _sp_0404), debido a que el proceso

anterior era manual lo que implicaba que el variador de frecuencia esté configurado para manipular la velocidad mediante un potenciómetro de 5 kilo ohmios ($k\Omega$), además se configuró los parámetros de velocidad máxima y mínima, estos se encontraban en (50Hz y 5Hz) respectivamente.

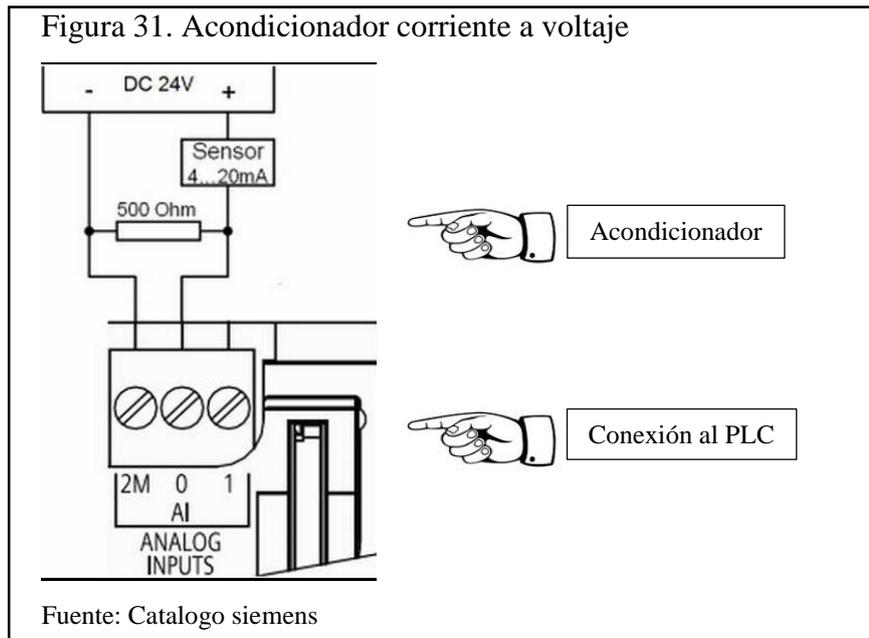
Tabla 12. Parámetros configurados del variador de frecuencia

Parámetro	Función	Valor	Razón
P0700	activación del RUN mediante entrada digital pin 3, 6	2	Deshabilita RUN desde el panel
P1000	consigna de recepción de señal analógica	2	Activa la entrada analógica de voltaje
P1080	frecuencia de inicio	5 HZ	Configuración anterior
P1082	frecuencia máxima	60HZ	Frecuencia máxima para evitar daños en el producto
P1121	tiempo de desaceleración	5 segundos	Tiempo adecuado para cambio de estado
P1120	tiempo de aceleración	5 segundos	Tiempo adecuado para aumento de velocidad
P0304	tensión nominal del motor	260 v	Configuración según la placa del motor
P0305	corriente nominal del motor	2.20 A	Configuración según la placa del motor
P0307	Potencia nominal del motor	0.75 HP	Configuración según la potencia del motor.
P0311	Velocidad nominal del motor	1674 rpm	Configuración según la placa del motor

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Para transmitir los datos de temperatura desde la RTD hacia la entrada analógica del PLC, se adquirió un transmisor marca: Siemens, modelo: SITRANS TH100 de 4 a 20 mA.

La función del transmisor es acondicionar la señal del elemento primario (RTD), mediante un circuito electrónico para convertir la señal original de 4-20mA a una señal de voltaje de 2 a 10.



Al conectar el circuito acondicionador al transmisor, permite establecer la lectura de los datos de temperatura, y enviarlos a la entrada analógica AI0.0 del PLC, esta es direccionada como IW64, permite leer los valores de entrada de voltaje mismos que en la programación serán escalados para visualización de la temperatura en el panel táctil.

4.2.Desarrollo e implementación del programa en el PLC 1200 CPU 1212C

Para el desarrollo e implementación del programa y realizar el control de la máquina termo-selladora, se utilizó el software TIA PORTAL, este permite la comunicación y escritura del programa en la memoria del PLC.

4.2.1. Características del software TIA PORTAL V11.

TIA PORTAL versión 11 es el software de programación de la marca de PLC's siemens de la serie 1200, es un software dinámico para el programador, y presenta una gran facilidad de diagnóstico de dispositivos online permitiendo tomar datos del estado del programa que se está ejecutando en tiempo real.

Una de las ventajas en comparación con STEP 7-Micro/WIN, es manejar un HMI y un PLC en el mismo programa, el WINCC flexible ya está incluido, esto ayuda a que no exista la necesidad de crear variables en el HMI, simplemente el realizador o creador de proyecto las tiene que desplazar hacia el HMI en la imagen conveniente para su uso.

Este software es compatible con plataforma de Windows XP y Windows 7 con sistema operativo de 32 bits en donde compila de mejor forma y funciona sin restricciones, para la utilización del software en el proyecto se adquirió las licencias necesarias para la utilización de todas las librerías sin restricciones y con ilimitado tiempo de funcionamiento.



4.2.2. Configuración del PLC 1200 CPU 1212C.

Para la configuración del PLC es necesario instar el software y se lo ejecute de la siguiente forma:

La pantalla de inicio del software permite la apertura de proyectos existentes o la creación de proyectos nuevos.

Figura 33. Creación de proyecto

Totally Integrated Automation
PORTAL

Crear proyecto

Nombre proyecto: máquina_thermo-sellado

Ruta: C:\Users\Cristobal\Documents\Documento_Cristobal

Autor: Cristobal

Comentario

Crear

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Se debe seleccionar, en crear proyecto, esto se lo realiza para crear un proyecto desde cero. Se despliega una pantalla de asignación de nombre al proyecto, se direcciona la ubicación del mismo y si es necesario, se puede agregar un comentario, luego de asignar y configurar estos parámetros se selecciona en crear proyecto.

Figura 34. Asignación de nombre y ubicación del proyecto

Totally Integrated Automation
PORTAL

Crear proyecto

Nombre proyecto: máquina_thermo-sellado

Ruta: C:\Users\Cristobal\Documents\Documento_Cristobal

Autor: Cristobal

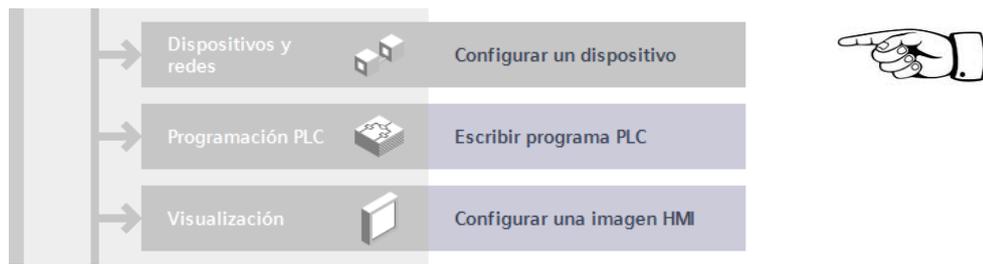
Comentario

Crear

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Luego de crearse el proyecto, se despliega una pantalla en donde permite la configuración de los dispositivos que van a intervenir, por ejemplo en la implementación del control de la termo-selladora intervienen la CPU 1212C y el HMI KTP 400PN, para esto se selecciona en la pestaña: Configurar un dispositivo.

Figura 35. Pestaña configuración de dispositivo



Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Se seleccionó en agregar dispositivo.

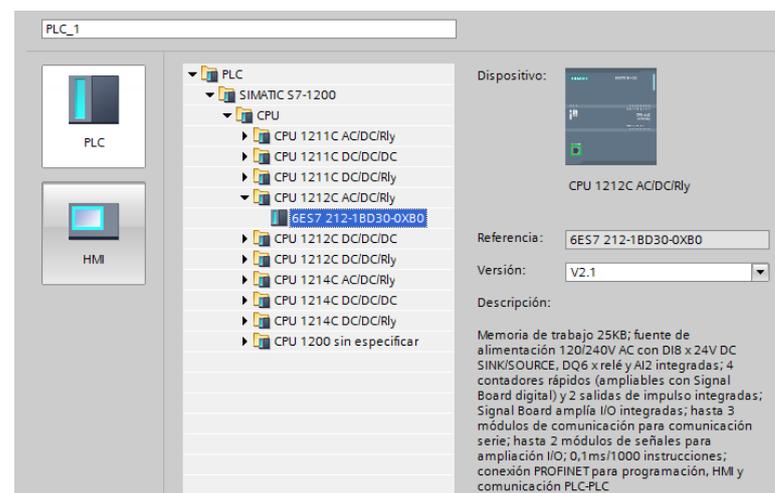
Figura 36. Agregar dispositivo



Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

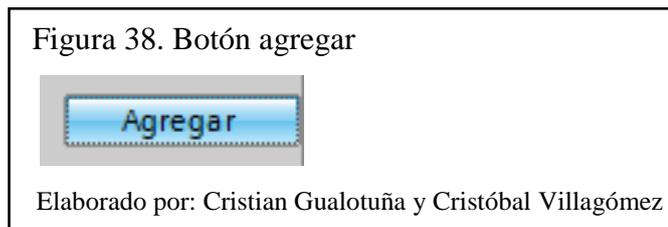
Se seleccionó el modelo de PLC, que en este caso es la CPU 1212C AC/DC/Rly. En la parte derecha muestra una descripción detallada de la CPU que se escoge.

Figura 37. Selección de la CPU 1212C AC/DC/Rly



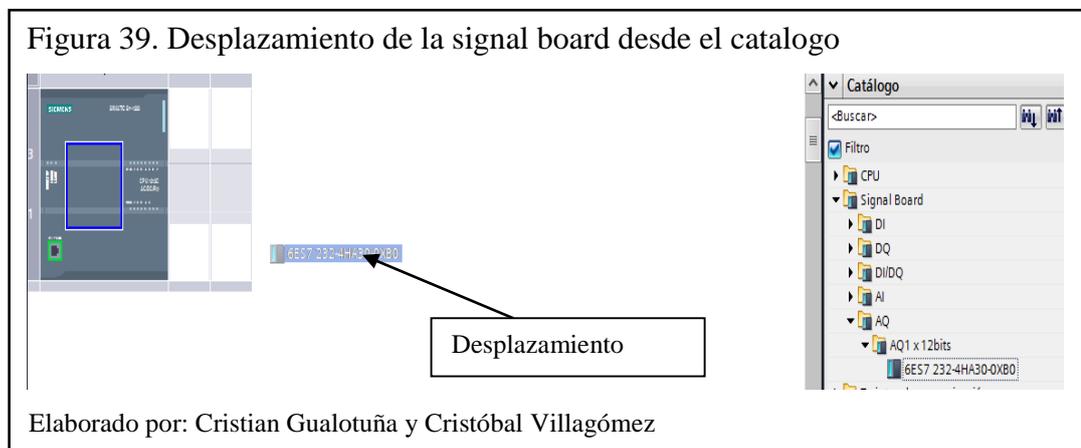
Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Para aceptar los dispositivos dentro del proyecto, se selecciona en agregar

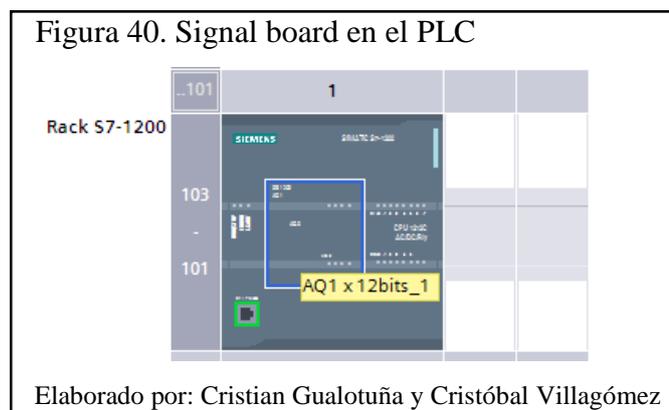


Para el control de la termo-selladora es necesario utilizar una signal board (tarjeta de señal) AQ1x12bits, se configura de manera que al compilar y cargar el programa, el PLC la detecte automáticamente.

Esta configuración se la realiza desde el catálogo que nos da la ventana de trabajo del TIA PORTAL, luego de eso se la desplaza hacia el PLC que aparece en dicha pantalla.



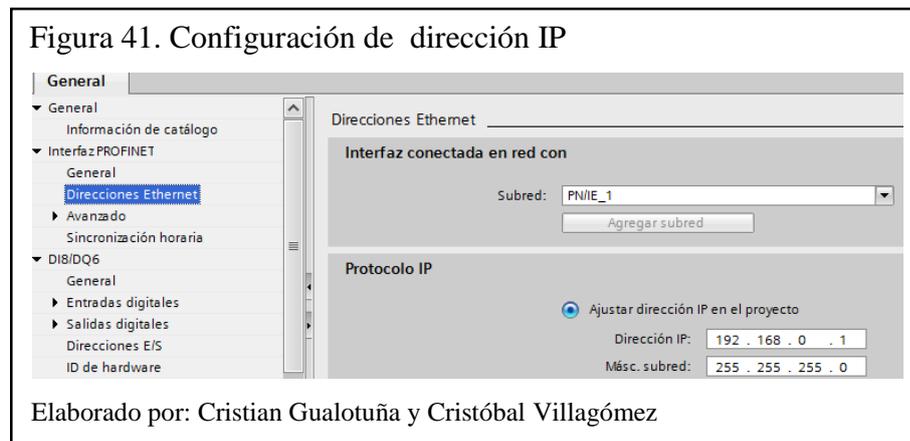
Al desplazar la signal board hacia el gráfico del PLC queda ya configurada internamente en el PLC.



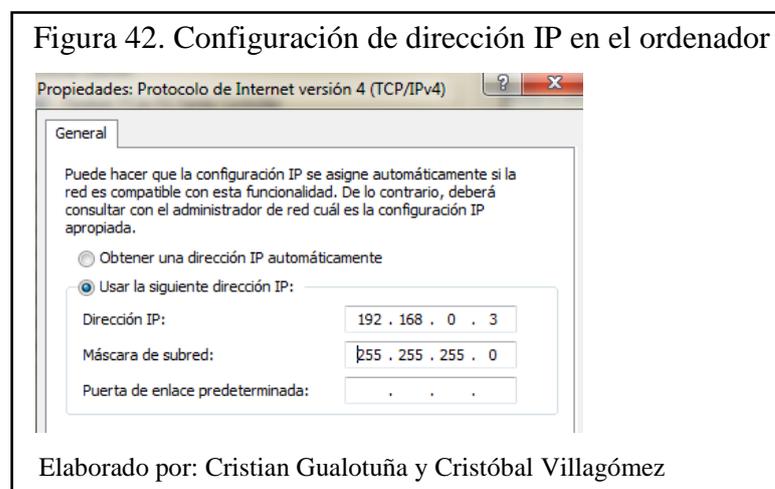
Para cargar el programa en la CPU 1212C, es necesario configurar la dirección IP, porque estos dispositivos funcionan con la interface profinet, la dirección IP se configura de distintas maneras por ejemplo: en la implementación del control de la

máquina se configuró seleccionando en configuración de dispositivos, luego de esto se selecciona o se marca en el gráfico del PLC en donde se mostrará en la parte inferior las propiedades del mismo, en esta se escoge la interfaz profinet, luego en la pestaña Direcciones Ethernet se asigna la IP al dispositivo en este caso se asigna la dirección 192.168.0.1.

Para la conexión en red del computador se asigna la dirección 192.168.0.3 para estar en la misma red, también se configuró la interfaz de conexión en la red, la misma que se asigna como PN/IE_1, esta se asigna a la tarjeta de red del ordenador y la vincula al software para realizar la conexión entre el PLC y el ordenador, también se realizó la asignación de máscara de red luego de esto se hizo ping para la comprobación de conexión de red entre el ordenador y PLC.



Se configuró el computador con la dirección IP 192.168.0.3 y se comprobó que exista comunicación mediante el envío y recepción de datos (ping) para comprobar que los dispositivos están dentro de la misma red.



Se ingresó al CMD de Windows para realizar ping entre el ordenador y el PLC en donde se observa, que los datos enviados deben ser igual al número de datos recibidos.

Figura 43. Realización de ping entre ordenador y PLC

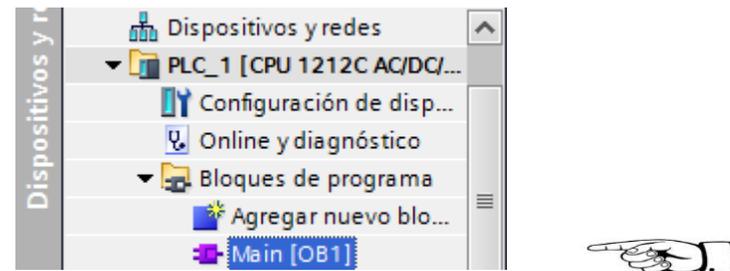
```
G:\Users\Cristian>ping 192.168.0.1
Haciendo ping a 192.168.0.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.0.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
            (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms
```

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Para realizar la programación en lenguaje KOP se selecciona en bloques de programación luego en Main (OB).

Figura 44. Selección del main para inicio de programación



Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

4.2.3. Diagrama de flujo de la automatización de la máquina termo-selladora.

A continuación se muestra los diagramas de flujo que ayudaron al diseño del programa y el entendimiento del funcionamiento del proceso de termo-sellado en la máquina, misma que arranca cuando se selecciona el pulsador de inicio y el proceso terminará con otro pulsador de paro o de paro de emergencia.

El proceso empieza al pulsar inicio I0.0, luego se encienden diferentes marcas dentro del PLC para activar temporizadores, los cuales ayudan a que el proceso sea secuencial en su accionamiento.

Para este proceso los elementos se activan en el siguiente orden: electroválvula, encendedores, motor ventilador, arranque de la banda transportadora controlada por el

variador, banda transportadora de alimentación de producto y la cámara de enfriamiento.

También se adquiere los datos de temperatura desde la pt100 hacia la entrada analógica del PLC, la misma que es procesada y enviada como señal a la signal board, esta controla mediante voltaje la frecuencia del variador.

4.2.3.1. Diagrama de flujo de la secuencia del proceso de la máquina termo-selladora.

En el siguiente diagrama de flujo se muestra la secuencia principal del proceso que realiza la máquina termo-selladora, el mismo que está formado por tres subrutinas.

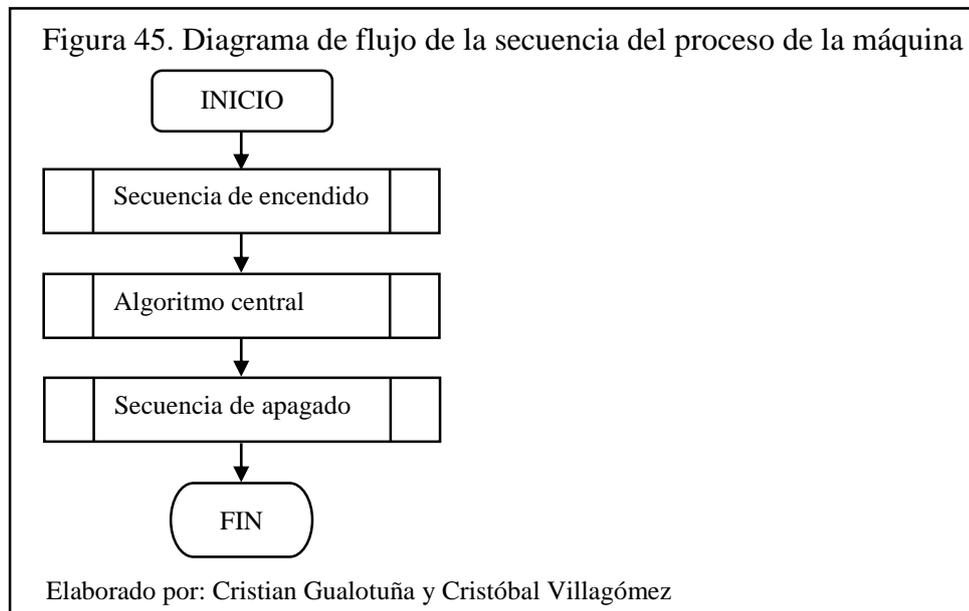
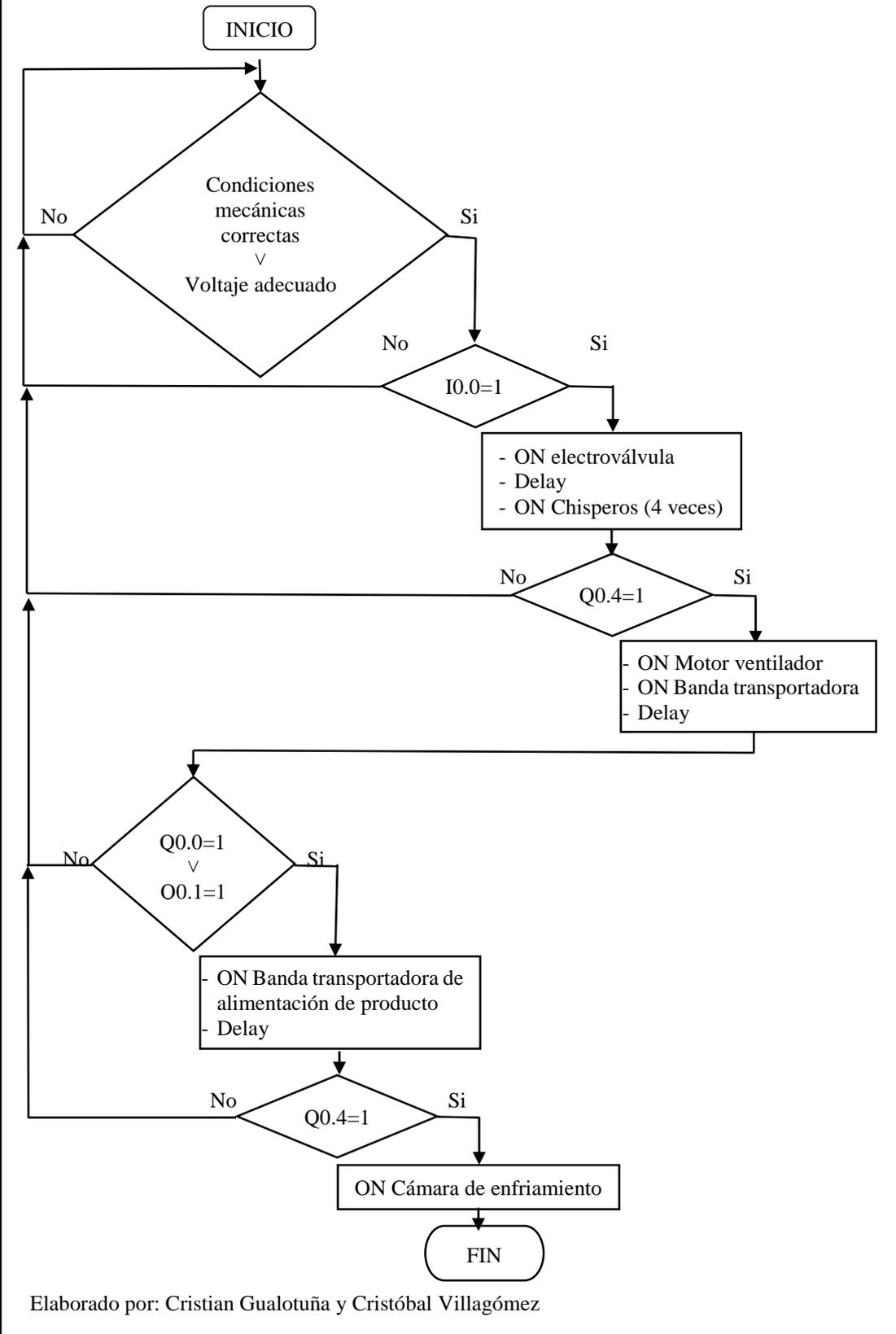
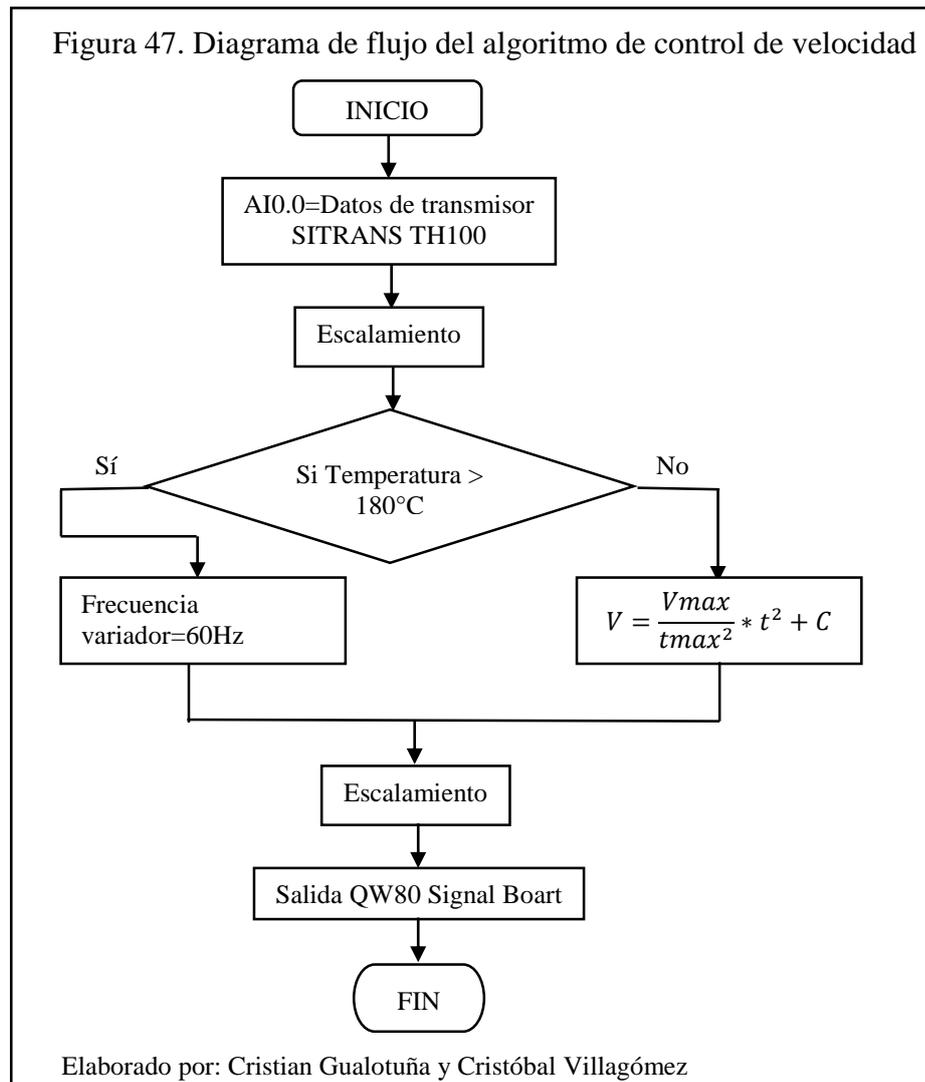


Figura 46. Diagrama de flujo de la subrutina de secuencia de encendido de la Máquina termo-selladora



4.2.3.2. Diagrama de flujo del algoritmo de control de velocidad.

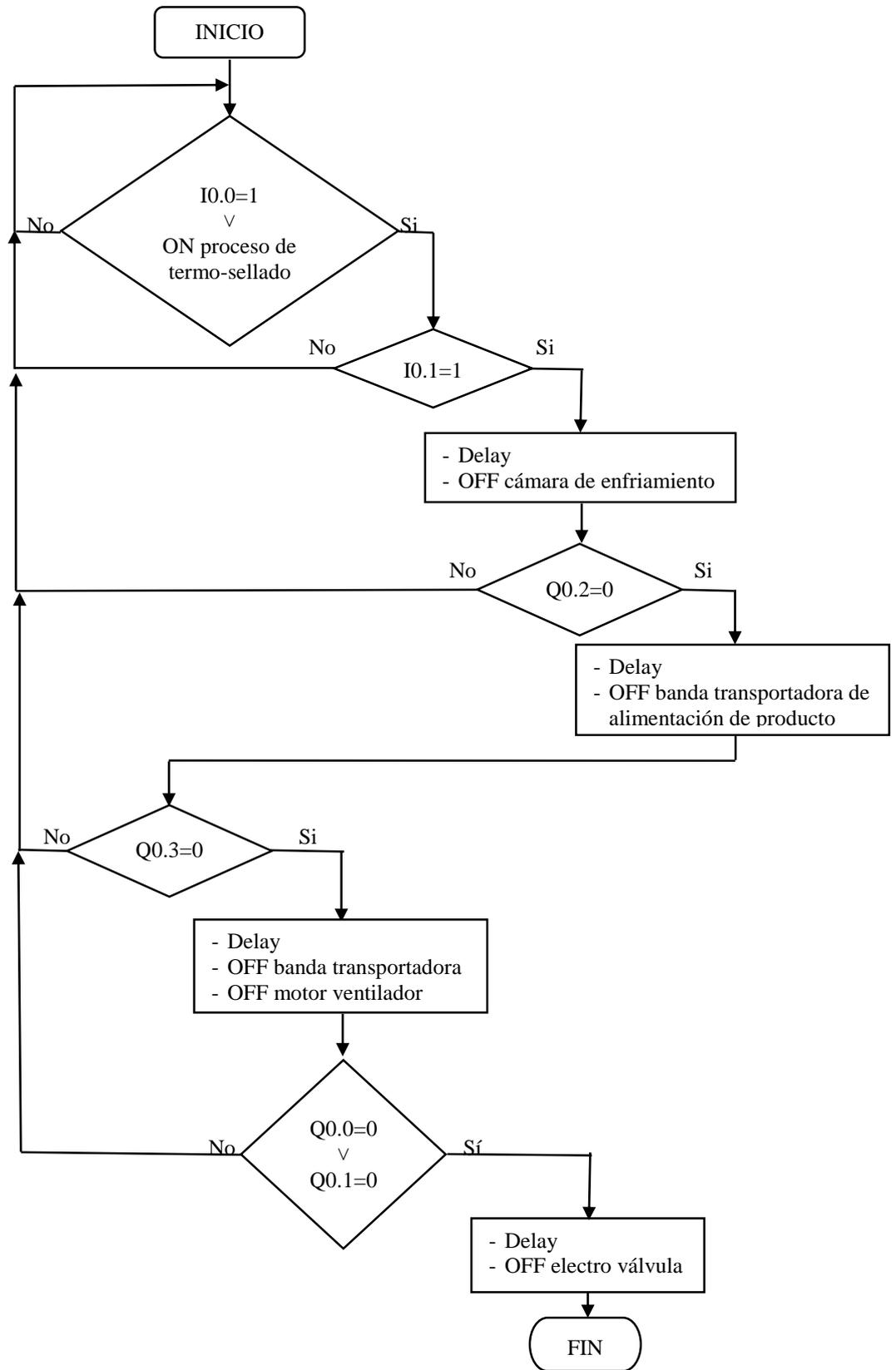
Así como el encendido de la máquina y la funcionalidad de sus elementos a lo largo del proceso estará controlado mediante un algoritmo en el cual, el PLC realiza una operación matemática con los datos de temperatura obtenidos en forma de voltaje, los procesa para obtener la señal de salida que proporciona la signal board del PLC, la misma que controlará la frecuencia en el variador.



4.2.3.3. Diagrama de flujo de apagado de la máquina termo-selladora.

Para detener el proceso existe en el tablero el botón de paro este realiza una secuencia tal como lo muestra el siguiente diagrama de flujo:

Figura 48. Diagrama de flujo de la subrutina de secuencia de apagado de la máquina termo-selladora



Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

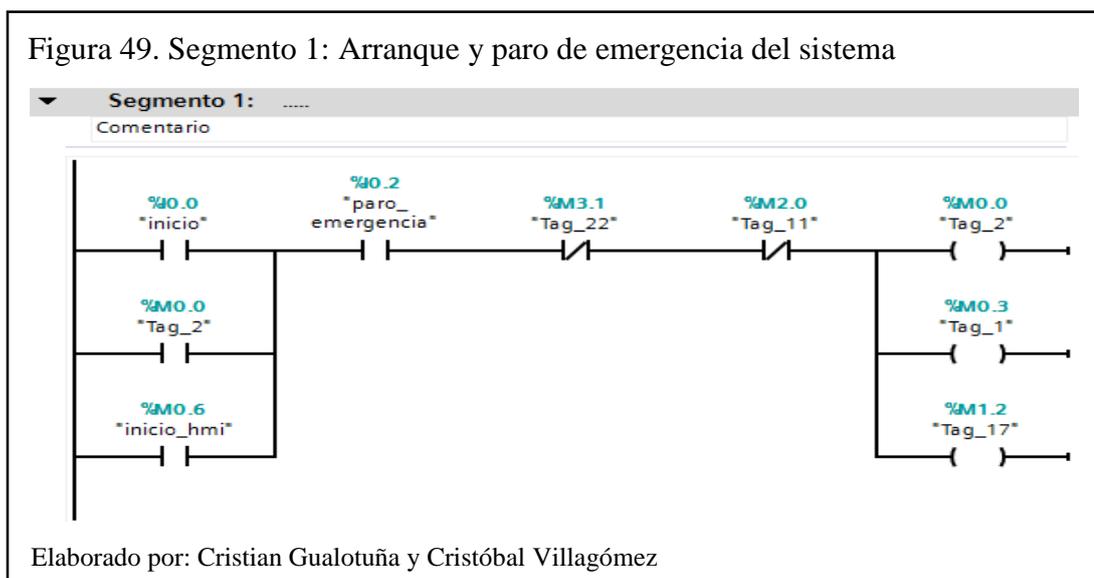
4.2.4. Implementación del programa en TIA PORTAL.

La programación es realizada en lenguaje LADDER, el mismo que es empleado para el control y automatización de la máquina termo-selladora de envases de pintura, este algoritmo tendrá marcas auxiliares para el control de inicio y paro en el panel táctil como se muestra y se describe a continuación cada segmento con su función:

- Segmento 1: Hace referencia al inicio y paro de emergencia de la máquina, inicia con la colocación de un contacto abierto asignado a la entrada I0.0 este es el pulsador físico de “INICIO”, también se coloca en serie a este mismo segmento el paro de emergencia que físicamente es un pulsador de color rojo tipo hongo y está asignada a la entrada I0.1, es un contacto cerrado que cuando entra en funcionamiento o se activa, es decir cuando se abre interrumpe el ciclo de programación y se apaga la máquina.

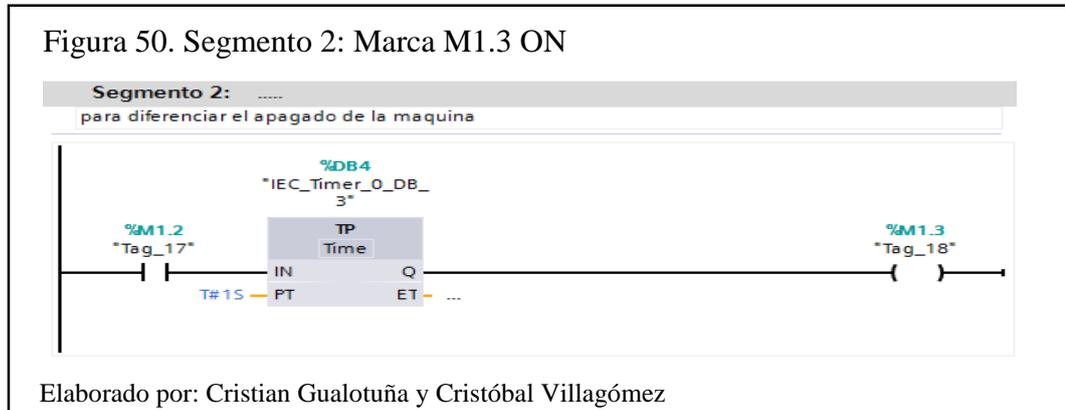
En este segmento se asigna como condición, al pulsar inicio se activan las marcas M0.0 y M0.3, estas al ser encendidas o al cambiar de estado dan la activación al segmento 2 y 3, también en el mismo segmento se asigna en paralelo la marca M0.6 al pulsador de inicio con la variable “inicio_hmi”, es la variable para la asignación de los pulsadores en el panel KT400PN.

Se colocó la marca M2.0 con contacto cerrado para evitar que al pulsar inicio empiece el proceso de termo-sellado automático, si el proceso de enfriado del motor ventilador se encuentra en estado activo.



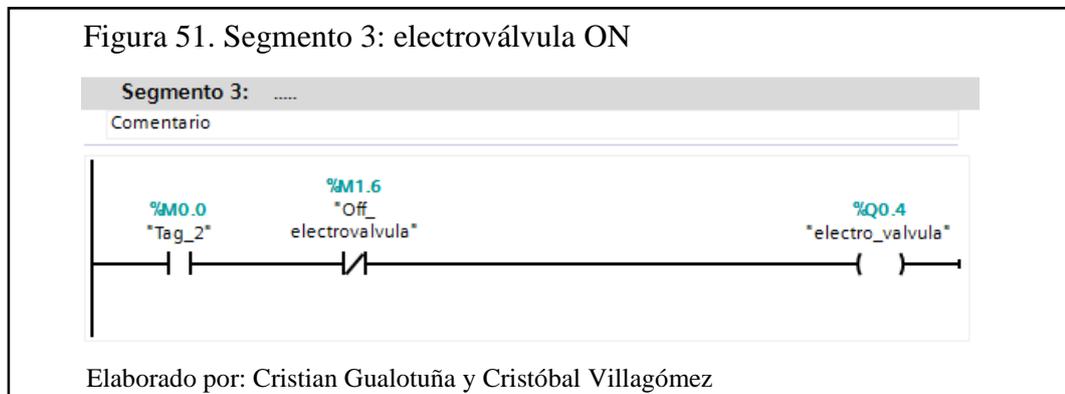
- Segmento 2: En esta línea del programa al pulsar el botón inicio cambia de estado de OFF a ON la marca M1.2 se enclava y da paso al temporizador TP, el mismo que activa por un segundo la marca M1.3 la misma que en el segmento 14 tiene un contacto cerrado, esto permite habilitar la secuencia de apagado de la máquina termo-selladora.

Figura 50. Segmento 2: Marca M1.3 ON



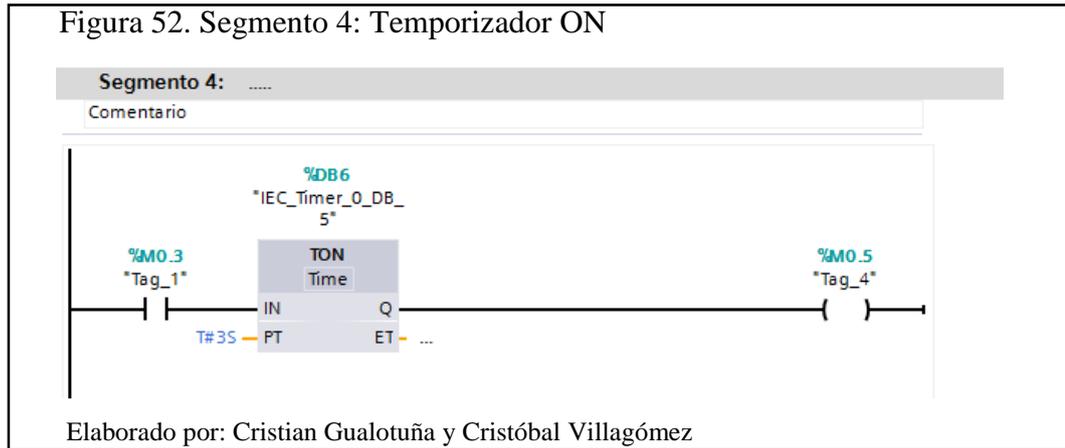
- Segmento 3: En esta línea del programa al encenderse o cambiar de estado de OFF a ON la marca M0.0 se enclava y da paso a la activación de la electroválvula, asignada en el programa con la dirección Q0.4, adicional a esto se colocó una marca M1.6 para la secuencia de apagado de la máquina termo-selladora.

Figura 51. Segmento 3: electroválvula ON



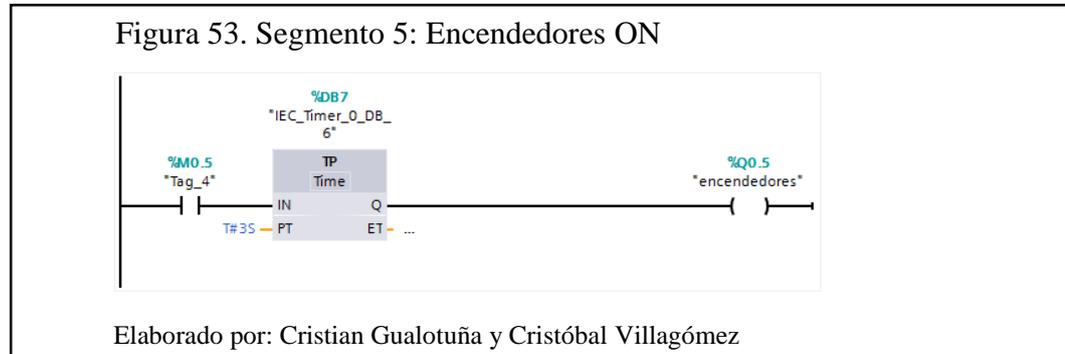
- Segmento 4: En este segmento se programó un temporizador que activará la marca M0.5 después de 3 segundos, luego que M0.3 del segmento 1 se activó, es decir se enciende la electroválvula y luego de tres segundos se enciende el temporizador.

Figura 52. Segmento 4: Temporizador ON



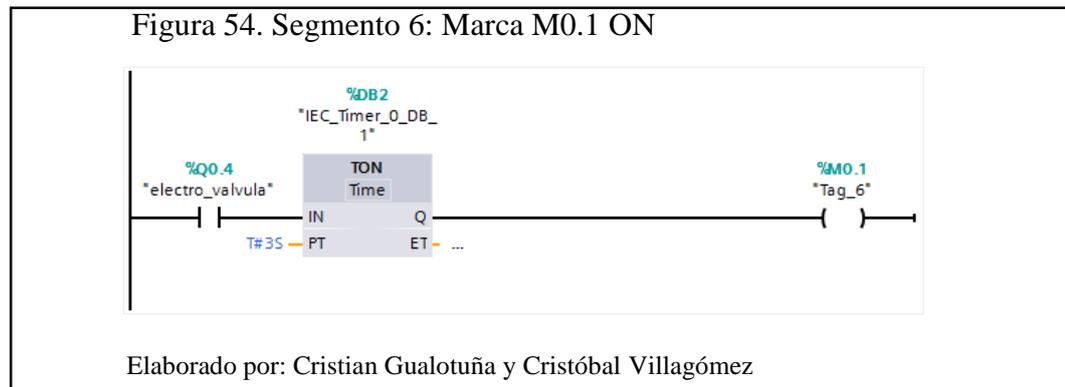
- Segmento 5: Se realizó la configuración de un temporizador de tipo impulso este sirve para que la bobina Q0.5 cambie de estado, es decir activa a los encendedores en un período de 3 segundos.

Figura 53. Segmento 5: Encendedores ON



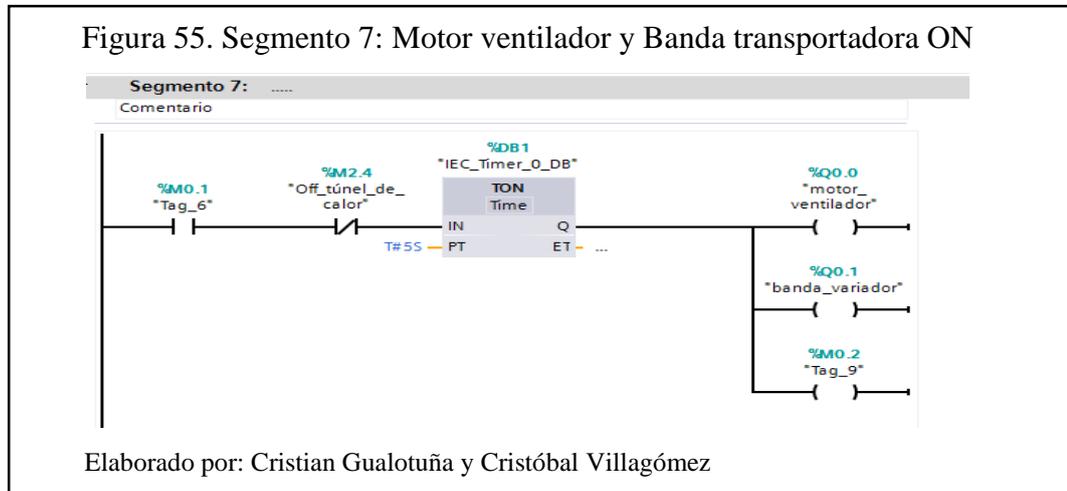
- Segmento 6: este segmento se activa luego que la electro válvula cambia su estado de OFF a ON y luego de un período de 3 segundos permite el encendido de marca M0.1.

Figura 54. Segmento 6: Marca M0.1 ON

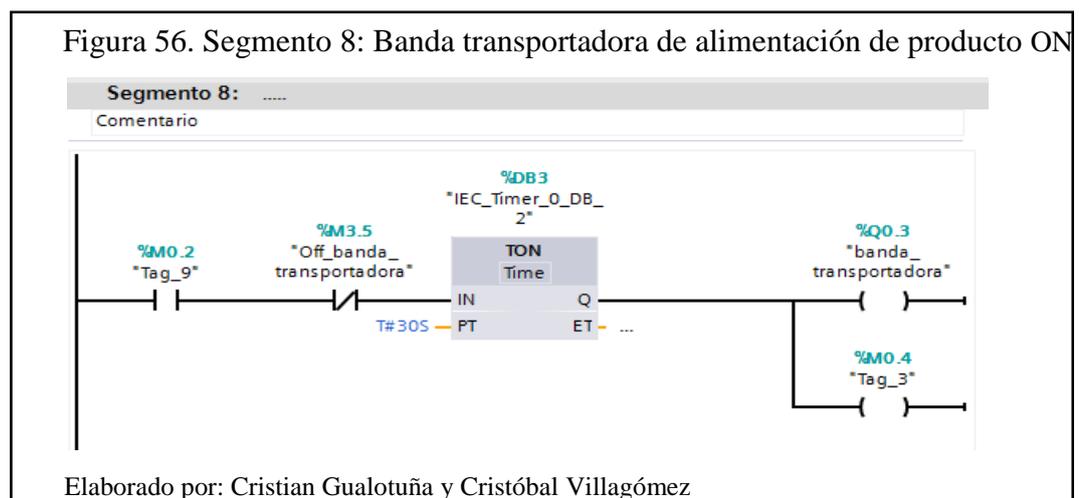


Segmento 7: Al activarse M0.1 activa el temporizador ON Delay (TON), este se encuentra configurado con 5 segundos, luego de este período activa las salidas del motor ventilador Q0.0 y de la banda transportadora controlada por el variador de

frecuencia Q0.1, y se coloca a estas en paralelo una bobina para la marca M0.2 esta activará el segmento 8, adicional se colocó una marca M2.4, esta permite realizar el apagado secuencial del motor ventilador y la banda del variador.



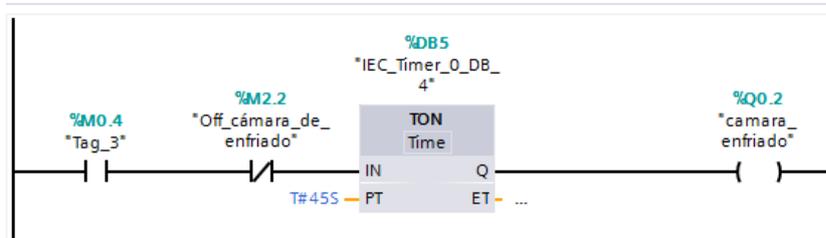
- Segmento 8: Cuando M0.2 se activa se espera un tiempo para que el túnel de calor adquiera una temperatura adecuada, después de realizar las pruebas el tiempo necesario es de 30 segundos, luego de este tiempo se activa la banda transportadora de alimentación de producto para que el operador pueda enviar los envases a termo-sellar, Además, en este segmento se activa la marca M0.4 esta será el contacto de activación del siguiente segmento, también se coloca una marca M3.5 que permite el apagado de la banda de alimentación de producto Q0.3.



- Segmento 9: Con la activación de M0.4 luego de 45 segundos se enciende la cámara de enfriamiento este tiempo es el necesario que toma un paquete termo-sellado en entrar al proceso y salir finalizado por el túnel de calor, el mismo

que envía hacia la cámara de enfriamiento y en este caso se activan los ventiladores de la cámara. También se colocó una marca M2.2 esta al activarse en el segmento 15 permite el apagado de la cámara de enfriamiento Q0.2

Figura 57. Segmento 9: Cámara de enfriamiento ON

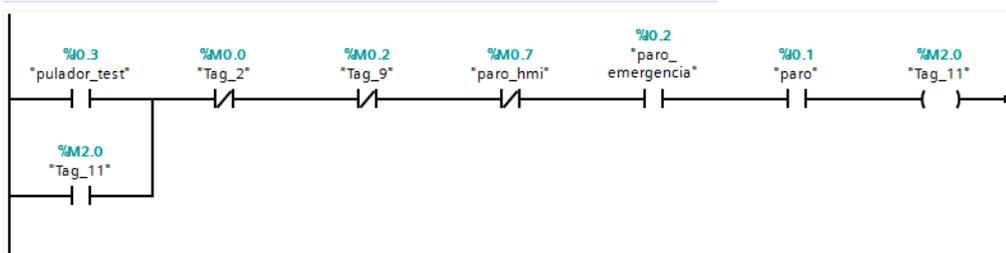


Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

- Segmento 10: En esta línea se realiza la programación del test del ventilador el mismo que también servirá para enfriar la máquina y poder dar el mantenimiento al ventilador, el apagado de este pequeño proceso de test del ventilador se lo puede finalizar con el pulsador de paro o el de paro de emergencia.

Se colocó la marca M0.0 con contacto cerrado para evitar que proceso de enfriamiento por medio del motor ventilador se active, si el proceso de termo-sellado se encuentra en estado activo.

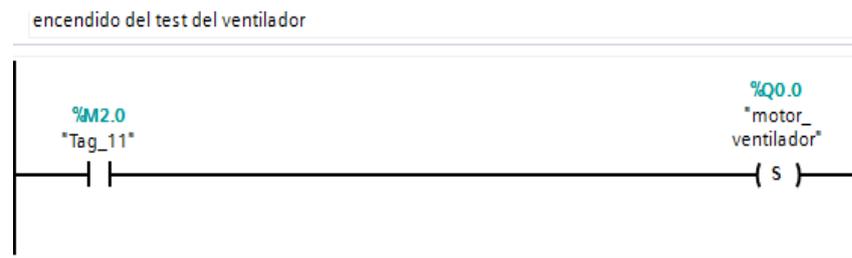
Figura 58. Segmento 10: Test del motor ventilador



Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

- Segmento 11: En este segmento con la activación de la marca M2.0 permite que el motor ventilador Q0.0 se ponga en set y se efectúe el encendido.

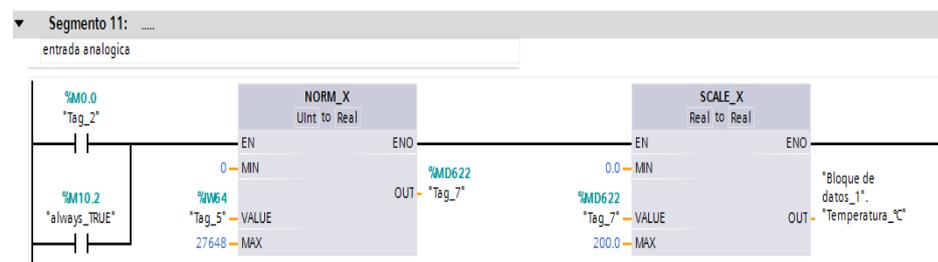
Figura 59. Segmento 11: Encendido del motor ventilador



Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

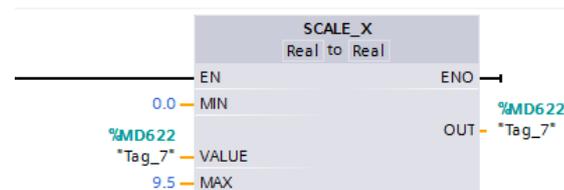
- Segmento 12: Al pulsar inicio, empieza el escalamiento de la señal analógica IW64 mediante la función NORM_X esta realiza un mapeo lineal de la variable, asignando como valor mínimo 0 y máximo 27648, este valor es estándar para la lectura de señales analógicas, en este caso 0=2 V y 27648=10 V. Esta herramienta de conversión en su salida da un valor entre 0.0 y 1.0, valor que se almacena en la variable MD622, esta será la entrada de la conversión escalar, en este proceso se escala el valor de entrada a un valor de 0 como mínimo y 200 como máximo, este permite escalar el valor de la temperatura también se utiliza en la parte de la salida de este escalamiento otra conversión ESCALAR_X que permite la visualización del valor de voltaje que proporciona la pt100 acondicionada, es decir la señal de entrada real que obtenemos desde el transmisor hacia la entrada analógica del PLC.

Figura 60. Segmento 12: Conversión normalizar y escalar



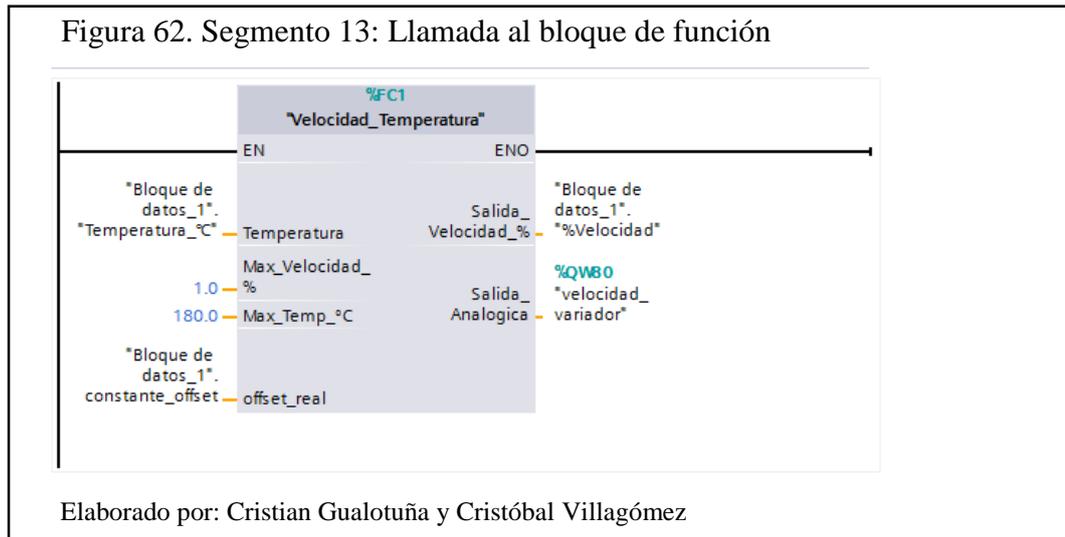
Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Figura 61. Conversión escalar de voltaje



Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

- Segmento 13: En este segmento hace la llamada a las variables del bloque de datos y del bloque de función, este segmento se realiza de tal forma que calcule la salida analógica o el voltaje que emite la signal board del PLC asignada en la dirección según el manual como QW80 y se configuró como señal de voltaje, esta enviará un valor máximo de 27648 para un voltaje de 10v.



A continuación se describe el bloque de función de velocidad de la figura 63.

En este bloque se hace el cálculo de la señal analógica de salida mediante la utilización de variables locales y variables creadas en el bloque de datos, para esto se adecuó a una función CALCULATE que permite realizar la operación matemática:

Al tomar datos de velocidad y temperatura de la máquina se procedió a realizar una gráfica de velocidad VS temperatura, teniendo como resultado una gráfica que se asemeja a una parábola por lo que se decidió utilizar la siguiente ecuación:

Ecuación 2. Función Parabólica utilizada para el control de velocidad.

$$y = ax^2$$

Despejando a se tiene:

$$a = \frac{v_{max}}{T_{max}^2}, \text{ esta es una constante de la velocidad de la banda}$$

En donde $x = T$, variable de temperatura

En donde y = Velocidad máxima del variador de frecuencia

Reemplazando a , x , y en la ecuación 2 se tiene la siguiente ecuación:

Ecuación 3. Ecuación ingresada al Calculate del PLC.

$$V = \frac{V_{max}}{T_{max}^2} * T^2 + C$$

En donde:

V = velocidad calculada

Dado que es una ecuación de parábola al tomar $x=0$ se tiene que $Y=0$ esto en el proceso de termo-sellado ocasionará que la banda transportadora, controlada por el variador se detenga por esa razón se optó por colocar una constante a la ecuación de un sexto de la frecuencia $C=0.166$, esta se describe como constante u offset el valor considerado para la velocidad es el mínimo para que se dé el proceso de termo-sellado.

En este caso se realiza el cálculo que describe una parábola tomada en el primer cuadrante.

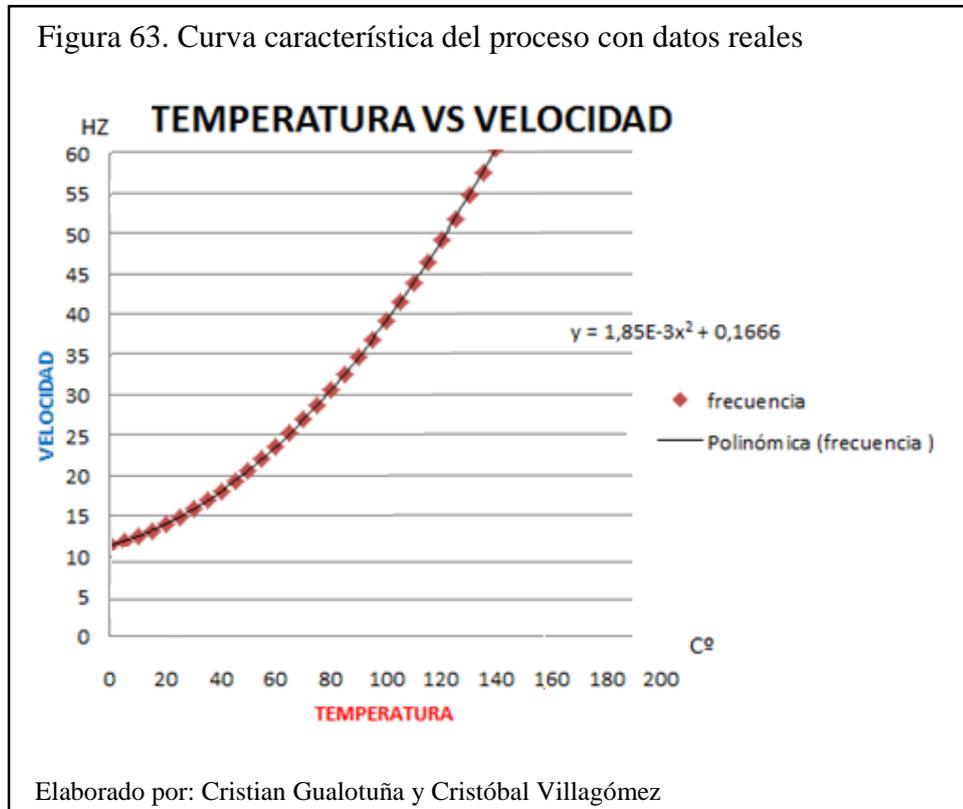
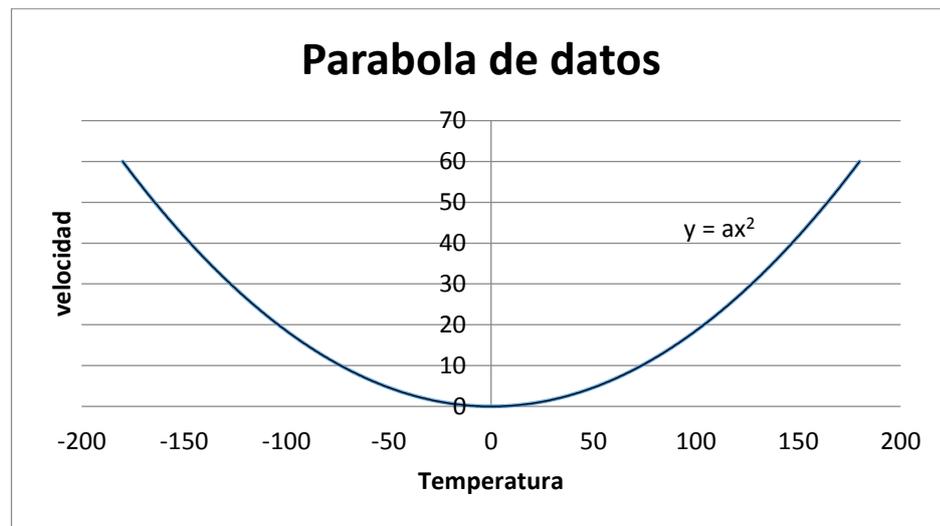


Figura 64. Curva característica de la parábola



Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

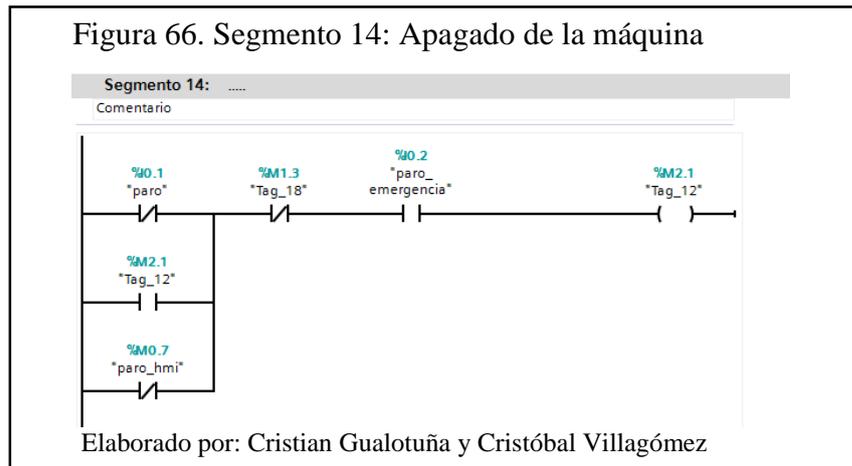
Aplicando la fórmula obtenida se da la figura 63 y de la tabulación de datos se obtiene la figura 64, como se puede observar las gráficas son equivalentes, razón por la que, la utilización de la ecuación 2, es la adecuada para el control de la planta. Para más referencia ver anexo 3.

Figura 65. Bloque de función

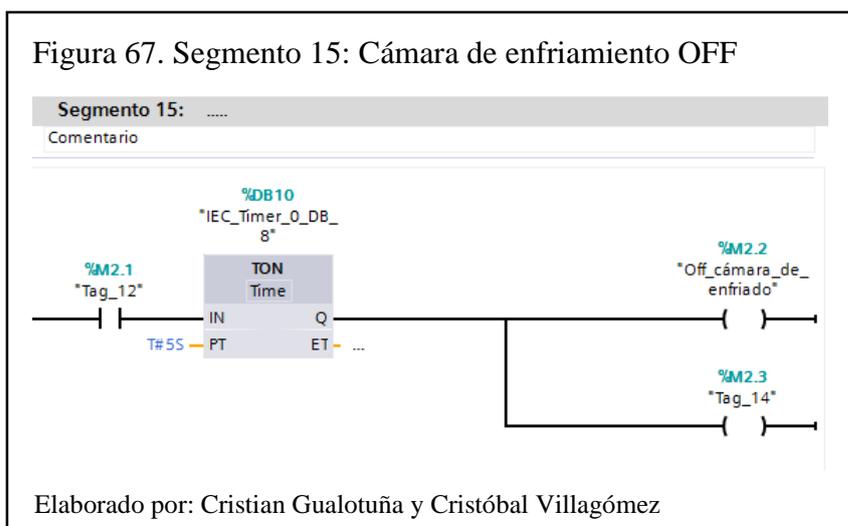


Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

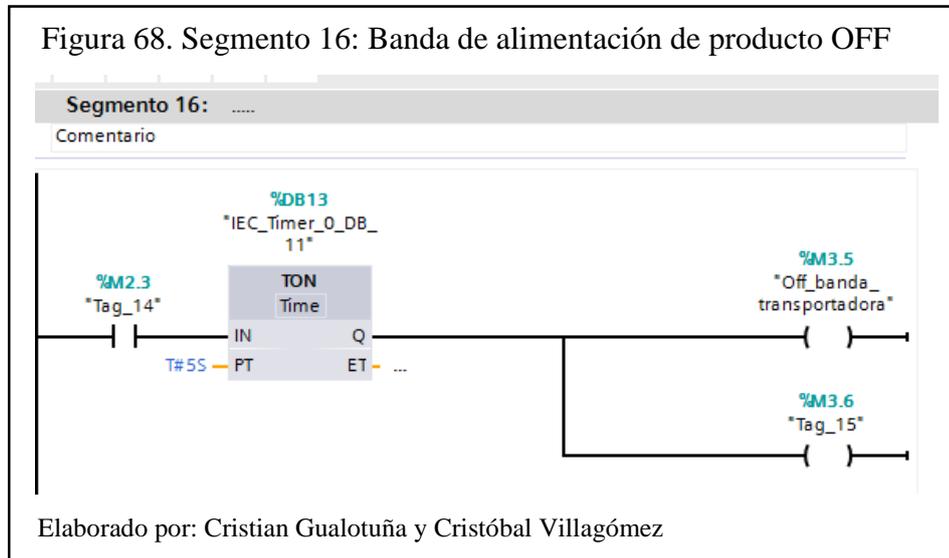
- Segmento 14: Se realizó la programación para el apagado secuencial de la máquina termo-selladora, el mismo que inicia al pulsar el botón de paro que en el PLC es asignado a la variable I0.1, físicamente, este es un contacto cerrado debido a esto en este segmento se lo añade como contacto cerrado para que el PLC lo reconozca como contacto abierto, entonces al pulsar el botón de paro se cierra el contacto y enclavara la marca M2.1 esta activa el segmento siguiente de apagado.



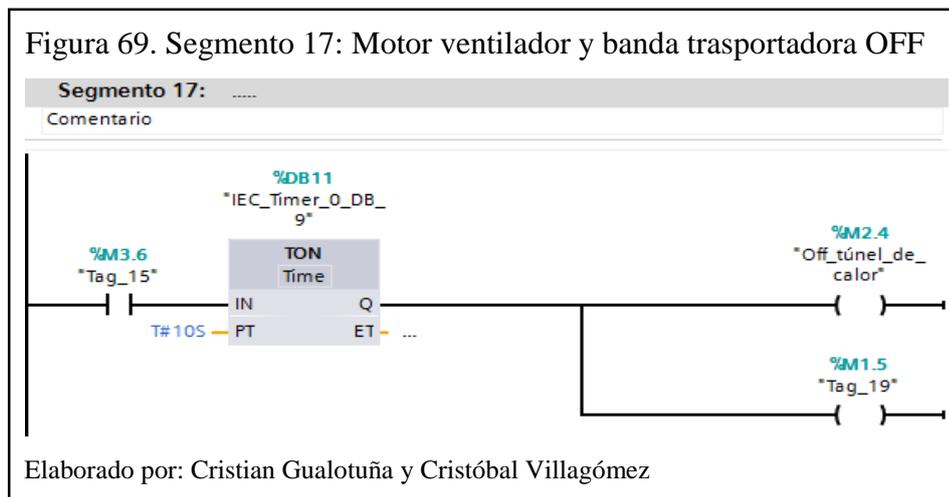
- Segmento 15: Al activar M2.1 enciende el temporizador por 5 segundos para que en este tiempo se desactive la cámara de enfriamiento mediante la activación de la marca M2.2 la misma que se colocó con contacto cerrado en el segmento 9 y al ser activada abre el segmento apagando la cámara de enfriamiento Q0.2.



- Segmento 16: Al activar M2.3 permite que el temporizador luego de 5 segundos active la marca M3.5, esta al ponerse en ON abre el contacto cerrado de la misma en el segmento 8 permitiendo así el apagado de la banda transportadora de alimentación de producto Q0.3.

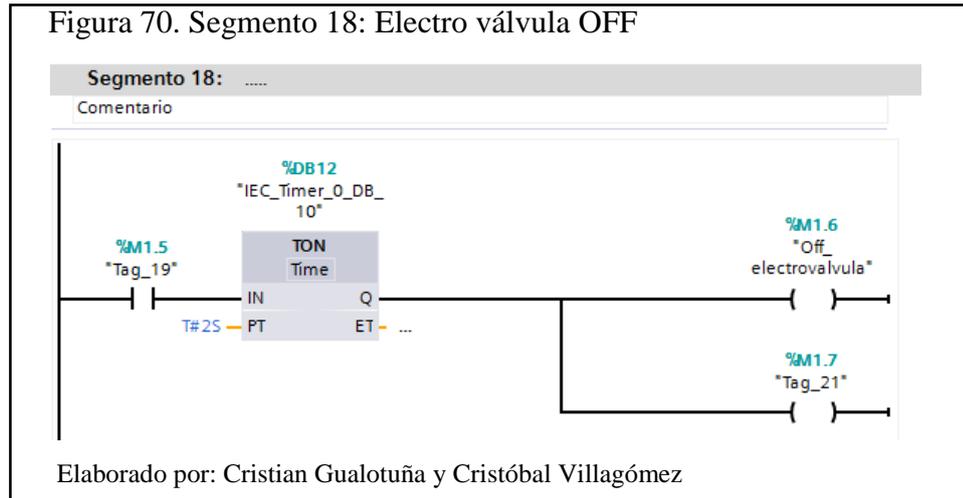


- Segmento 17: Al activar M3.6 permite que el temporizador luego de 10 segundos active la marca M2.4, al ponerse en ON abre el contacto cerrado de la misma en el segmento 7 permitiendo así el apagado del motor ventilador y de la banda controlada por el variador Q0.0 Y Q0.1 respectivamente.



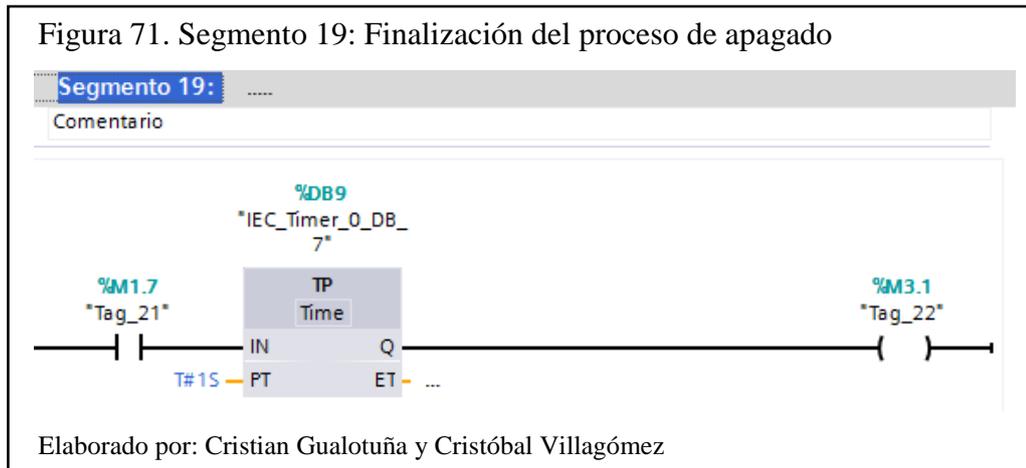
- Segmento 18: Al activarse M1.5, permite que el temporizador luego de 2 segundos active la marca M1.6, esta al ponerse en ON abre el contacto cerrado de la misma en el segmento 3 permitiendo así desactivar la electro válvula y encender la marca M1.7.

Figura 70. Segmento 18: Electro válvula OFF



- Segmento 19: Al activarse M1.7, permite que el temporizador luego de 1 segundo active la marca M3.1, esta al ponerse en ON abre el contacto cerrado de la misma en el segmento 1 permitiendo así que luego de concluido el apagado se pueda volver a iniciar el proceso de encendido de la máquina.

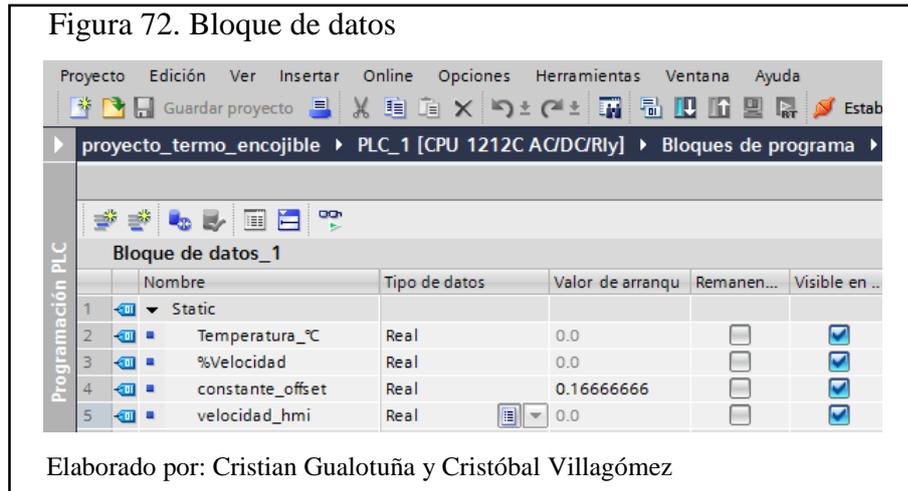
Figura 71. Segmento 19: Finalización del proceso de apagado



Bloque de datos

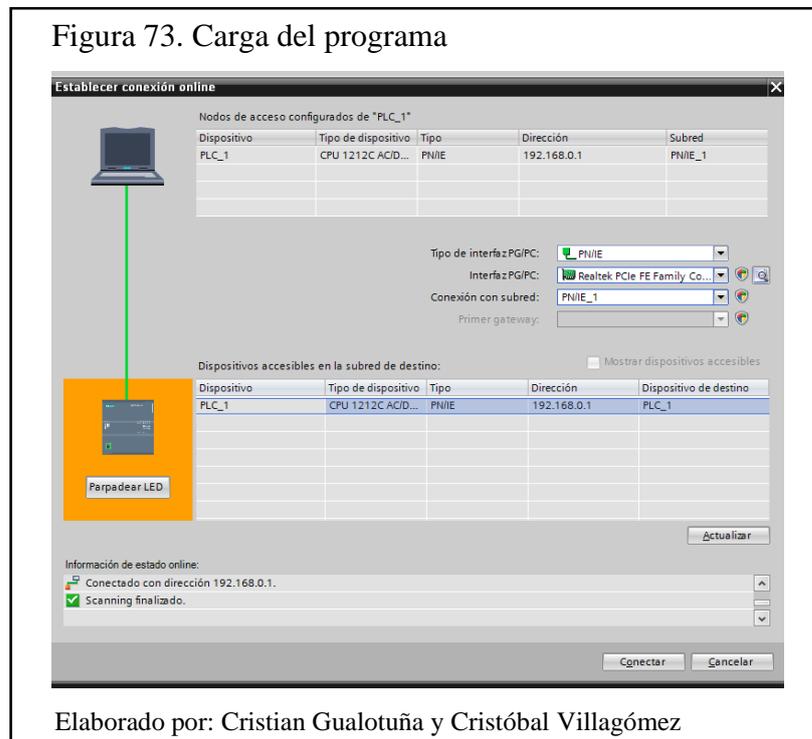
Este bloque genera las operaciones matemáticas en un bloque de función y permite la colocación de constantes para realizar las respectivas operaciones, además en este bloque se tiene las variables como resultados en forma de dato.

Figura 72. Bloque de datos



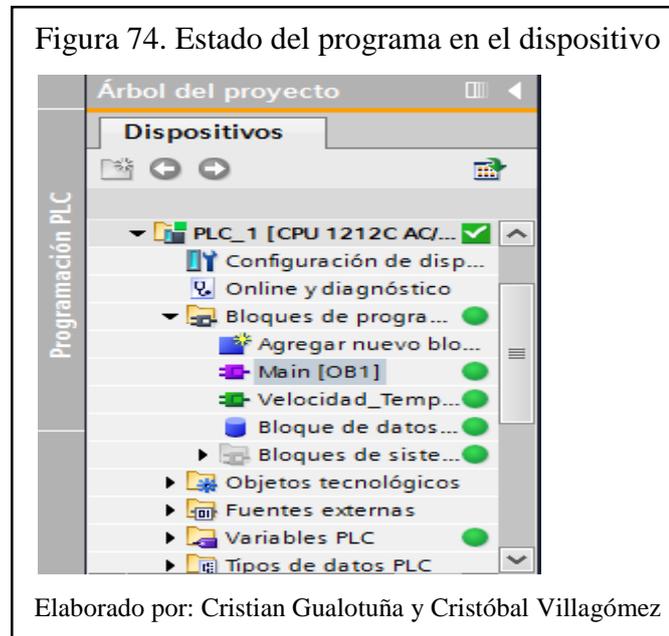
Al finalizar el diseño del programa se compila y luego se procede a cargarlo. Para esto es necesario establecer la comunicación entre el ordenador y el PLC; al realizar de forma correcta la comunicación se desplegará la siguiente pantalla, en esta detectará el dispositivo que se va a cargar el programa. Al realizar esta conexión se muestra una línea de comunicación de color verde, esta indica que está listo para cargar el programa o acceder al modo online.

Figura 73. Carga del programa



Después de cargar el programa se puede acceder al modo online en donde se cambia el modo de operación entre en RUN o en STOP y se puede monitorizar, es decir se puede observar el estado del programa, esto ayuda a la detección de errores o por qué

se produce un funcionamiento no deseado, también se puede comprobar que el funcionamiento del programa está en estado ok cuando en la parte izquierda los bloques de programación están con un indicador de color verde mostrando que no existen errores en el programa ni en sus bloques.



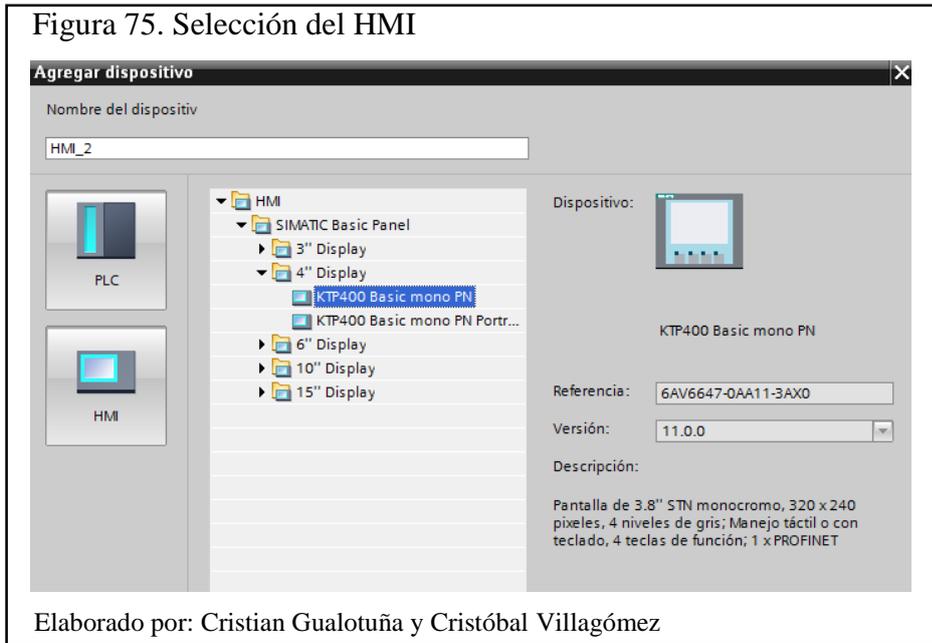
4.3. Implementación del software en el HMI

TIA PORTAL es un software que no solo ayuda en la programación e implementación de programas en diferentes lenguajes para PLC, sino también ayuda al diseño del HMI, este software reemplazó al WinCC Flexible que se utilizaba para la misma función.

Para la implementación del HMI en la máquina termo-selladora se siguió los siguientes pasos de configuración y diseño de la interfaz para el panel táctil KTP400PN.

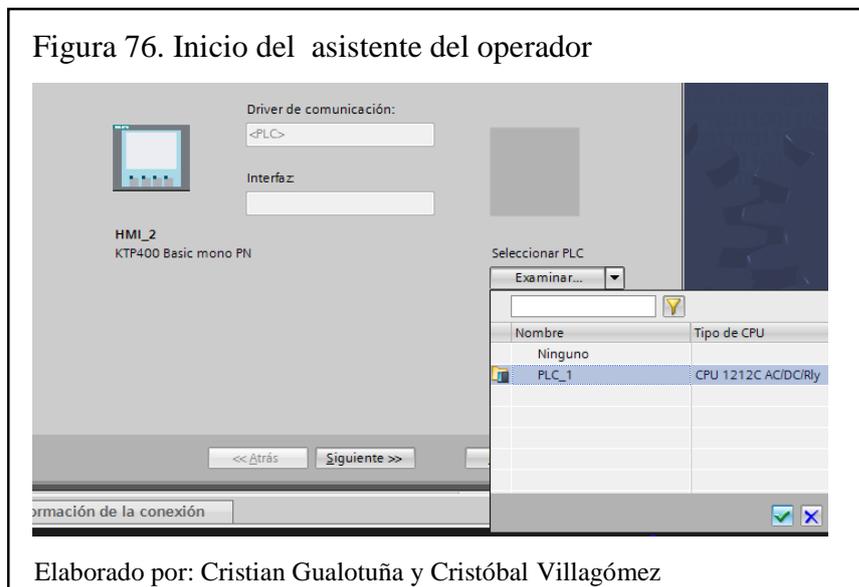
Se agregó como dispositivo el HMI de la marca Siemens modelo KTP400PN el mismo que ayudó en la implementación del proyecto, para esto se seleccionó del catálogo que posee el TIA PORTAL, en donde se escogió en la parte de Simatic Basic Panel, la serie que posee las pantallas de 4 pulgadas y luego la KTP400 Basic mono PN esta de ser ajustada a la versión que se posee del TIA en este caso fue la versión 11.

Figura 75. Selección del HMI



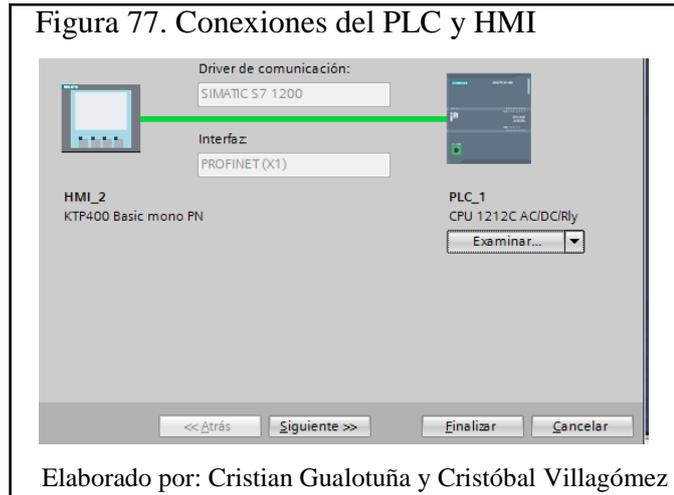
Después de seleccionar el modelo de Panel necesario, se seleccionó en agregar, este procesará y dará inicio al asistente de programación para panel del operador, en donde se despliega una pantalla en donde en su inicio hace referencia el dispositivo que va a vincular al HMI, en este caso es un PLC, esto se lo realiza al seleccionar en examinar en donde debe mostrarse el PLC a comunicar.

Figura 76. Inicio del asistente del operador



Al seleccionar PLC_1 CPU 1212C AC/DC/Rly se configuró automáticamente el driver de comunicación Simatic S7-1200 y la interfaz PROFINET además, se puede ver la conexión entre el HMI y el PLC, esta debe de resaltarse con una línea de color verde después de realizar este procedimiento se selecciona en siguiente.

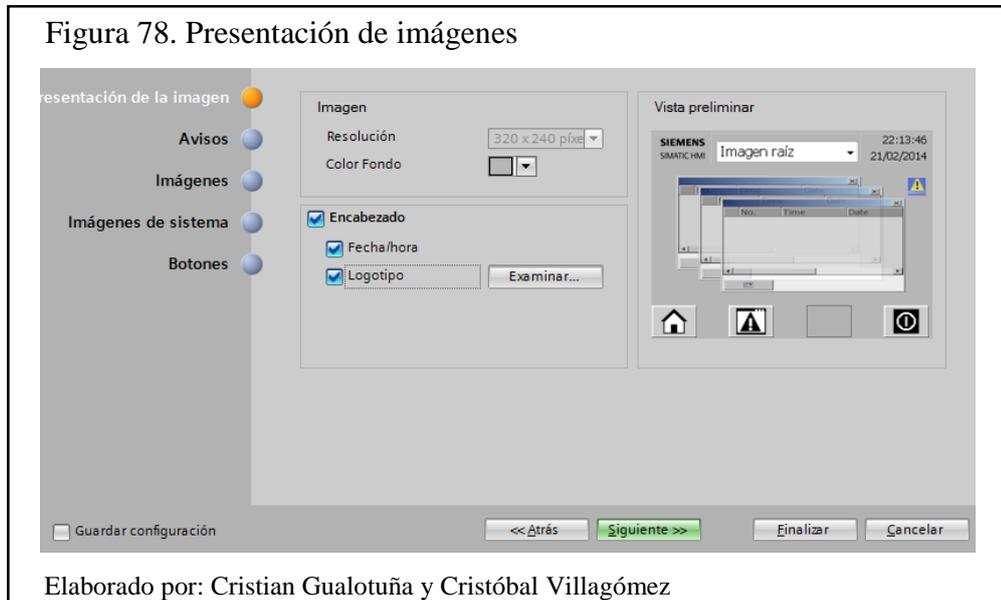
Figura 77. Conexiones del PLC y HMI



Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Al seleccionar en siguiente se despliega el segundo proceso que se realizará, que es la presentación de la imagen, en este proceso se puede configurar para que la imagen tenga: fecha, hora, logotipo, encabezado, el color de fondo y se puede ir observando los cambios en la parte derecha en la pestaña vista preliminar, es decir en esta configuración se añade o quita los objetos que se van a visualizar en todas las imágenes, después de realizar y elegir al gusto del usuario se selecciona en siguiente.

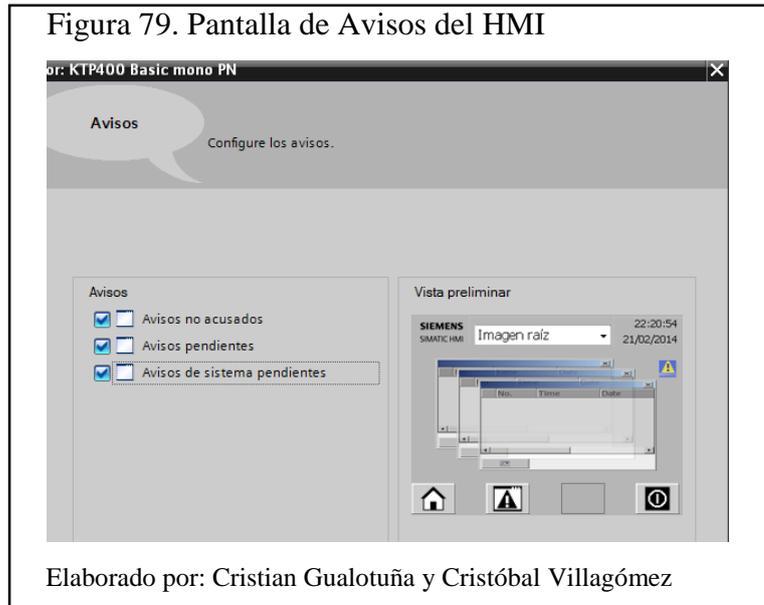
Figura 78. Presentación de imágenes



Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

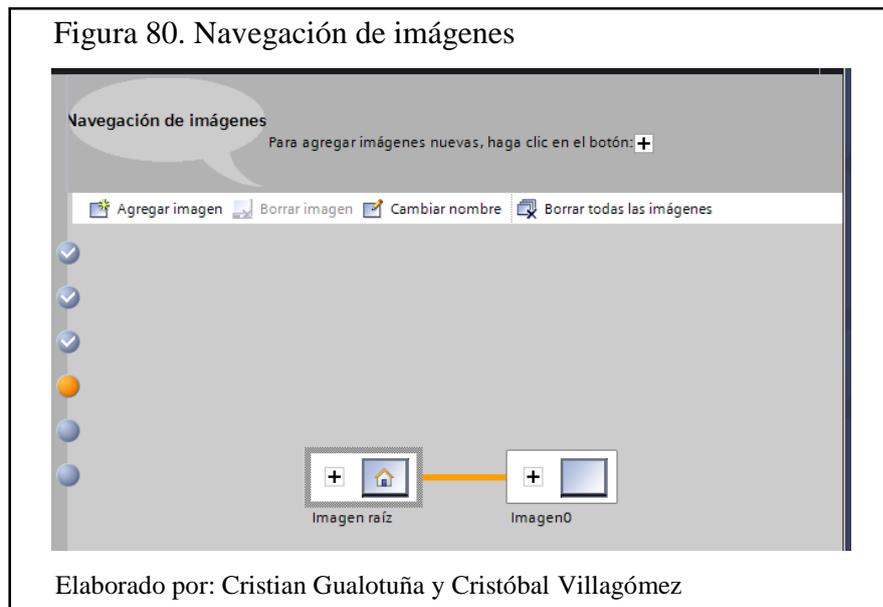
Al pasar el proceso de configuración de la presentación de imágenes y al seleccionar en siguiente se despliega la pantalla de avisos, estas son pestañas que se van a presentar al iniciar una imagen las mismas que pueden indicar cuando una variable no está asignada bien o un avisos del sistema .

Figura 79. Pantalla de Avisos del HMI



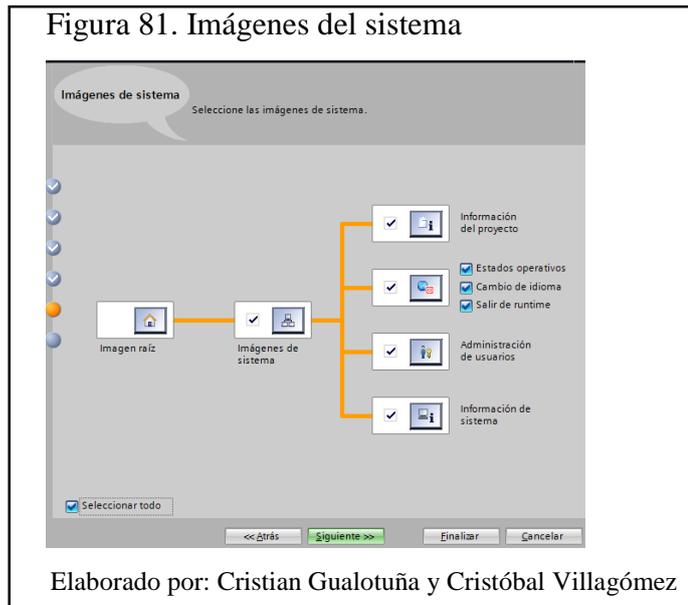
A continuación se despliega la ventana de navegación de imágenes en donde el operador tiene que configurar cómo y en qué orden se van a presentar las imágenes en el desarrollo de la implementación.

Figura 80. Navegación de imágenes



Luego viene la configuración de las imágenes de sistema, en donde se pone que se muestre la información del proyecto es decir el nombre, el autor la fecha de realización, también los elementos de control al inicio de la pantalla ya sea online, offline y transferencia.

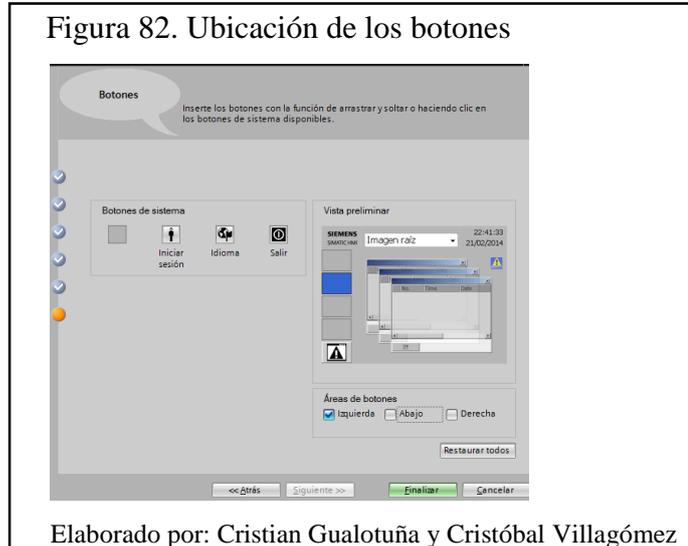
Figura 81. Imágenes del sistema



Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Después se despliega la pantalla de botones, estos tendrán las ventanas por ejemplo: el botón de imagen inicial este al momento de implementar el programa ayuda a desplazarse a la imagen inicial del proyecto; en esta parte los botones se los agrega desplazándolos con el mouse. También se asigna la ubicación o dirección de los mismos en las imágenes, luego de este proceso se selecciona en finalizar.

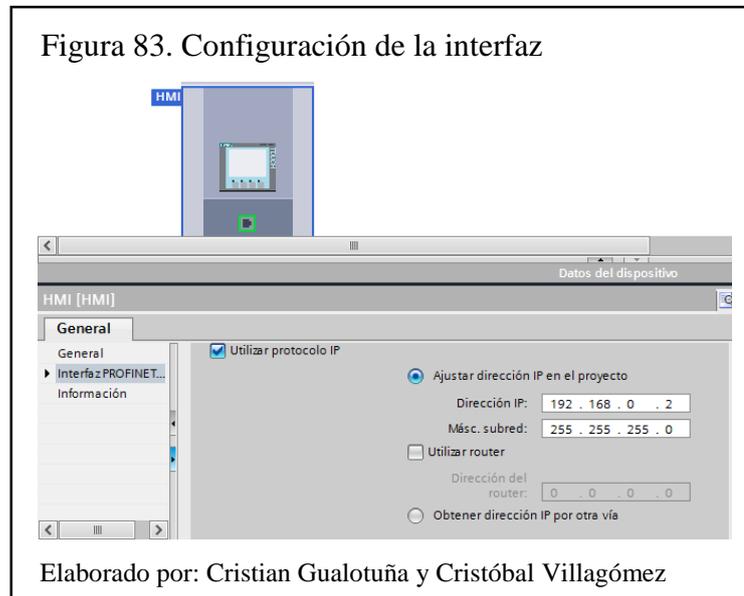
Figura 82. Ubicación de los botones



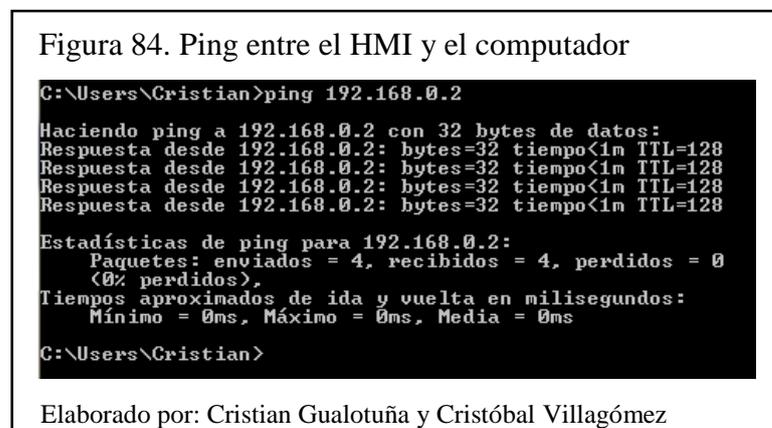
Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Al terminar el asistente del operador se procede a configurar la interfaz Profinet, esta permite la transferencia entre el ordenador y el HMI, esto se hace a partir de la configuración de dispositivos en donde se selecciona el dispositivo HMI, el mismo que tiene que resaltarse de color azul. A continuación se despliegan las propiedades, en donde se asigna la interfaz Profinet, se selecciona la sub red en este caso es PN/IE1 esta es la conexión entre la tarjeta de red del ordenador y la tarjeta de red del HMI, en

la misma sección se configura la dirección IP con 192.168.0.2 para así vincularla dentro de la misma red entre el ordenador y el HMI. También luego de realizar la transferencia quedará dentro de la misma red el PLC y HMI permitiendo el intercambio de datos entre los dos.

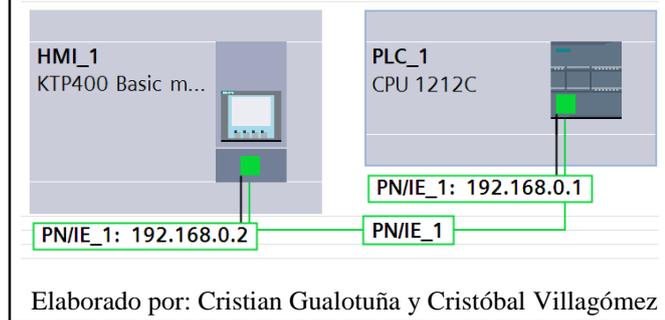


Se comprueba realizando ping en el CMD de Windows entre el HMI y el computador para verificar el envío y recepción de datos para así garantizar la transferencia correcta.



En la parte del árbol de proyectos se escoge la opción de dispositivos y redes en donde, se tiene que configurar en vista de redes mediante el arrastre entre los gráficos de conectores de red del panel a los conectores de red el PLC para obtener la comunicación en red necesaria entre los dispositivos al cargar o compilar el programa, esto se comprueba cuando se resalta con color verde.

Figura 85. Vista de redes



Se configuró el fondo de imagen en este caso se colocó el logo que representa a la industria, adicional se colocó los botones que llevan a la pantalla de contacto y presentación del proyecto, además se puso en esta imagen el botón de presione para iniciar.

La configuración de los botones para realizar la navegación de imágenes se lo realizó en la parte de eventos en donde se configuró con la función activar imagen, en esta sección el usuario tiene que seleccionar la imagen a la que desea realizar la acción al pulsar, es decir este es el proceso de llamado de imágenes.

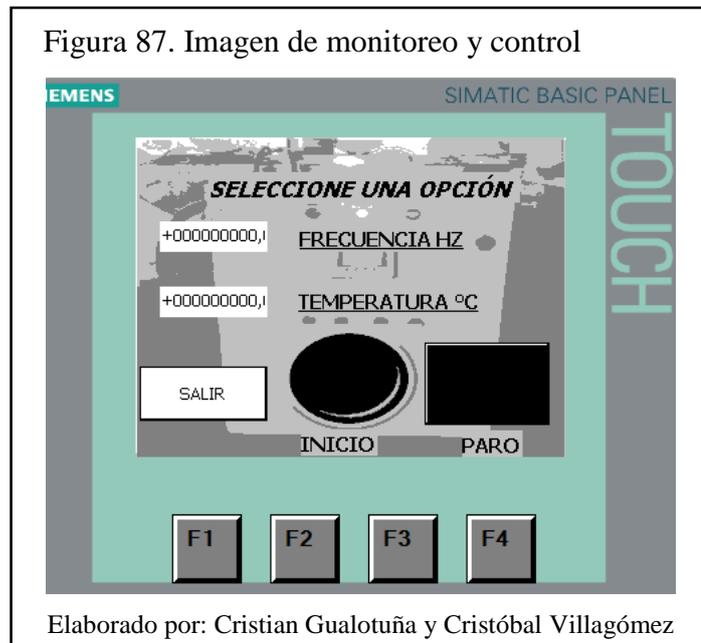
Figura 86. Imagen inicial del proceso



Para finalizar el proceso de implementación de pantallas en el software de diseño del HMI, se configuró la imagen asignando gráficamente pulsadores de inicio y paro; también en esta pantalla desde el PLC se desplaza la variable velocidad para mostrar la frecuencia a la que trabajará el variador, adicional se desplaza la variable temperatura para monitorizar la misma, que esta permitirá que cuando supere los 150

grados centígrados el personal tenga conocimiento que la máquina está en la temperatura adecuada para realizar el proceso de termo-sellado y así evitar pérdidas de tiempo, porque los operadores enviaban el producto cuando aún estaba la máquina con una temperatura poco adecuada (fría), esto ocasionaba que los paquetes termo-sellados salgan flojos y con mala presentación.

Figura 87. Imagen de monitoreo y control



Adicionalmente se elaboró dos imágenes una de contacto y soporte y otra de presentación del proyecto.

Figura 88. Imagen de contacto y soporte

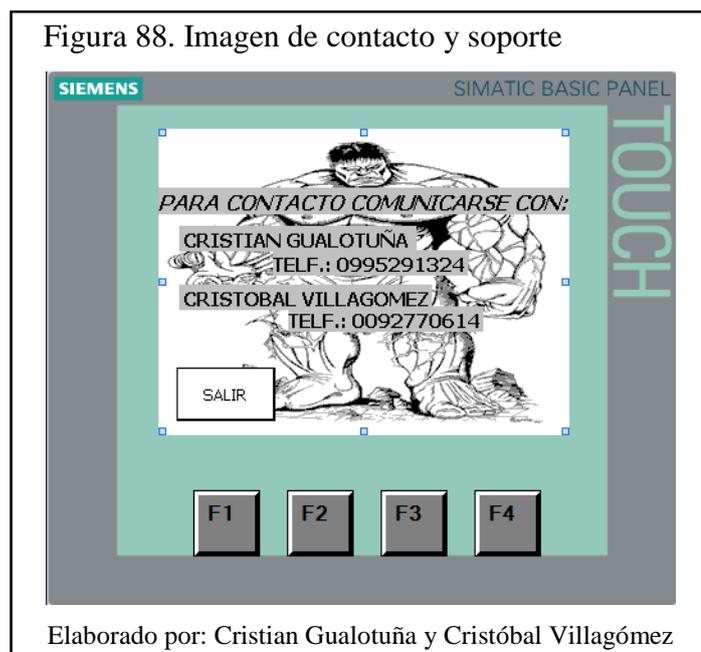
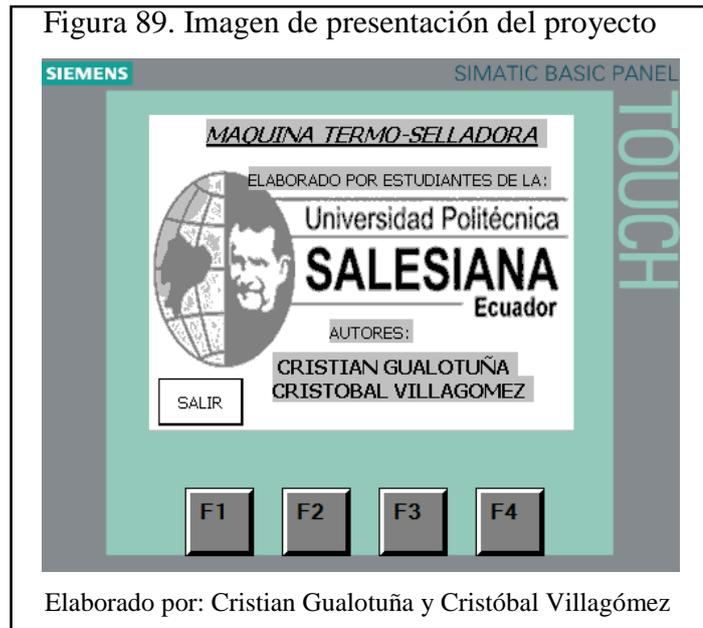


Figura 89. Imagen de presentación del proyecto



CAPÍTULO 5

COMPROBACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO

5.1. Comprobación del funcionamiento del sistema y HMI de la termo-selladora

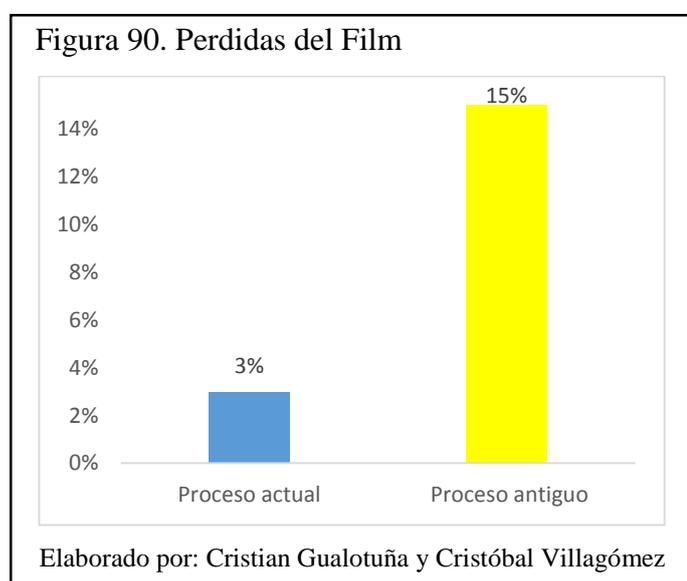
La automatización de la máquina termo-selladora en ENVATANQS YANEZ, fue instalada en su totalidad el día 15 de enero de 2014, desde entonces se tuvo un período de pruebas y análisis de dos semanas, período en el que se pulió detalles tanto técnicos como de adecuación, así como también, realizó adecuaciones para evitar posibles retrasos o fallas que se pueden presentar durante el funcionamiento de la máquina termo-selladora.

Superado el período de prueba se ha observado que la operatividad de la máquina es la esperada. Hasta la presente fecha han transcurrido 3 meses de no presentar novedad alguna. Adicional se elaboró un manual de uso y mantenimiento de la máquina para con éste facilitar el manejo por parte del operador encargado y el personal de mantenimiento.

5.2. Análisis de la operatividad del proceso automatizado nuevo versus el anterior

Una vez logrado el correcto funcionamiento de la automatización de la máquina termo-selladora y luego de observar su operatividad por un período de tres meses se realizó un análisis del nuevo sistema de termo-sellado de envases comparándolo con el anterior sistema, como se muestra en la tabla 13, determinando que existe un incremento del 25% en la producción, es decir con el sistema antiguo termo-sellaban 2000 paquetes por semana, mientras que con el sistema automatizado termo-sellan 2500 listos para salir al mercado y obteniéndose una producción total de 2575 entre producto bueno y defectuoso, lo que fue necesario también incrementar la mano de obra abriendo plazas de trabajo para operadores de termo-sellado de envases. La producción actual refleja un considerable incremento gracias a las mejoras en la adecuación física de la máquina, unificándola con los procesos anteriores al termo-sellado formando una línea de producción con la implementación de la banda transportadora de alimentación de producto, eliminando así el movimiento del producto entre cada proceso, anteriormente cada proceso ocupaba un espacio físico separado perdiendo tiempo en el transporte de los envases de un sitio a otro.

De igual forma, con el sistema anterior se desperdiciaba materia prima como el plástico de empaque, también se perdían envases debido a que no existía un control adecuado al no tener una coordinación entre la velocidad de la banda transportadora con la temperatura, esto se determinó luego de observar el proceso manual por un período de tres meses en el que se notó que de 2300 paquetes el 15% salía con defectos esto quiere decir con deformaciones del plástico, dando como resultado una mala presentación del producto final, en la actualidad con el nuevo sistema de termo sellado este índice bajó considerablemente al 3% esto indica que de 2575 empaques, solo 75 salen defectuosos. Esto gracias al nuevo control de velocidad, debido a que si la temperatura del túnel de calor aumenta, también la velocidad de la banda transportadora aumenta gradualmente.



5.2.1. Capacidad utilizada.

Es la producción máxima posible que podría alcanzar la máquina termo-selladora en un período definido. Esta máquina es hecha artesanalmente no se dispone de catálogo de fabricante, por lo que se consultó con modelos que se asemejan y están vigentes en el mercado.

Para la determinación de la capacidad máxima de un equipo consideramos los siguientes parámetros:

- Producción horaria = 125 unidades (producción del túnel de calor).
- Horas de trabajo = 8 hs (jornada completa de ENVATQ YANEZ SA).
- Días de trabajo mes = 20 días (número de días laborables del mes).

- Meses de trabajo año = 12 meses (número de meses del año).

Cálculo Pn diaria de la máquina

$$Pn = 125 \text{ u.} * 8 \text{ h} = 1000 \text{ unidades termo selladas diarias}$$

Cálculo Pn mensual de la máquina

$$Pn = 125 \text{ u.} * 8 \text{ h} * 20 \text{ d} = 20000 \text{ unidades termo selladas mensuales.}$$

Cálculo de Pn anual de la máquina:

$$Pn = 125 \text{ u.} * 8 \text{ h.} * 20 \text{ d} * 12 \text{ m} = 240000 \text{ unidades termo selladas anuales.}$$

5.2.2. Capacidad real.

Producción horaria = 125 unidades (producción del túnel de calor).

Horas de trabajo = 24 h (día completo).

Días de trabajo mes = 20 días (número de días laborables del mes).

Meses de trabajo año = 12 meses (número de meses del año).

Cálculo Pn diaria de la máquina

$$Pn = 125 \text{ u.} * 24 \text{ h} = 3000 \text{ unidades termo-selladas diarias}$$

Cálculo Pn mensual de la máquina

$$Pn = 125 \text{ u.} * 24 \text{ h} * 30 \text{ d} = 90.000 \text{ unidades termo-selladas mensuales}$$

Cálculo Pn anual de la máquina

$$Pn = 125 \text{ u.} * 24 \text{ h} * 30 \text{ d} * 12 \text{ m} = 1.080,000 \text{ unidades termo-selladas anuales.}$$

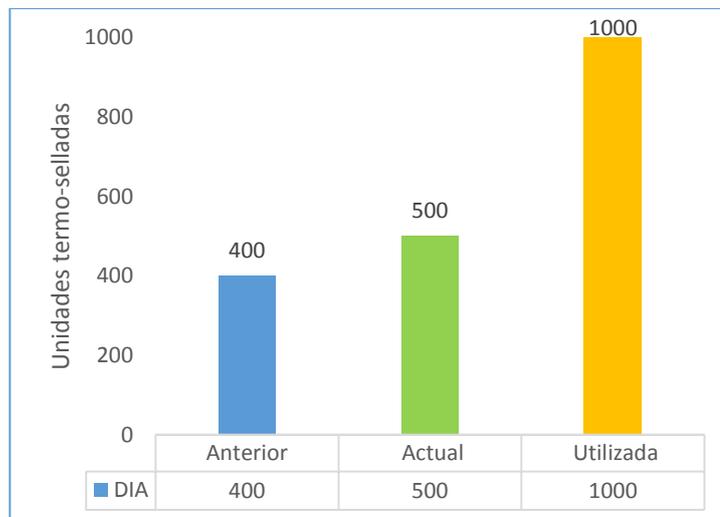
A continuación en la siguiente tabla 13 se muestran los datos de producción antes, actual e ideal del proceso, Estos datos se obtuvieron sabiendo que la máquina en un día hace 500 paquetes y su uso fue de 6 horas.

Tabla 13. Cálculo de la producción

Cálculo de producción				
	Día	Semana	Mes	Año
Anterior	400	2000	8000	96000
Actual	500	2500	10000	120000
Utilizada	1000	5000	20000	240000
Real	3000	21000	90000	1080000

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Figura 91. Producción diaria



Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

5.3. Análisis de costo beneficio

En este capítulo se analiza los beneficios de haber implementado la automatización en la máquina termo-selladora, con este proceso se ha conseguido mayor rentabilidad económica, como se demuestra en el siguiente análisis

5.3.1. Costo total del hardware.

Entendiendo por costo al gasto económico que representa la fabricación de un producto o servicio, en este caso el proceso de automatización de la máquina termo-selladora. En la tabla 14 se observa los costos de los materiales eléctricos y electrónicos para la automatización de la máquina termo-selladora.

Tabla 14. Costos del hardware

Cantidad	Detalle	Valor unitario	Valor total
1	Starter Kit Simatic S7-1200 + Simatic HMI KTP400. Incluye una CPU1212C AC/DC/Relé, Panel Simatic KTP400 monocromático, Software TIA PORTAL Basic, simulador de entradas digitales, cable de comunicación Industrial Ethernet y CD con documentación.	\$ 1040,00	\$ 1040,00
1	SB1224 Signal board con 1AO. Configurable para V/mA	\$ 148,00	\$ 148,00
1	SITRANS TH100: Transmisor de temperatura para montaje sobre el elemento sensor de conexión tipo DIN B, señal de salida 4-20 mA, separación galvánica, para PT-100. Sin protección de explosión.	\$ 118,80	\$ 118,80
1	RTD PT-100	\$ 138,00	\$ 138,00
1	Electro válvula a 110V	\$ 35,00	\$ 35,00
3	Telemecanique lc1d09m7c contactor Schneider a 110 V	\$ 35,00	\$ 105,00
2	Telemecanique lc1d09m7c contactor Schneider a 220 V	\$ 25,00	\$ 50,00
1	Gabinete o tablero tablicon 0.60x0.80x0.30 metros	\$ 160,00	\$ 160,00
3	Porta fusibles tipo cartucho	\$ 25,00	\$ 75,00
1	Repartidor de tensión de 4 vías	\$ 75,00	\$ 75,00
4	Metros de canaleta ranurada de 0.04x0.25 metros	\$ 7,00	\$ 28,00
1	Caja térmica de 6 puntos	\$ 32,00	\$ 32,00
2	Relé térmico	\$ 7,00	\$ 14,00
3	Indicadores o luz piloto	\$ 3,00	\$ 9,00
4	Pulsadores a 24V	\$ 4,00	\$ 16,00
1	Pulsador tipo hongo a 24V	\$ 25,00	\$ 25,00
4	Metros de riel DIM estándar	\$ 5,00	\$ 20,00
1	Banda de lona para banda transportadora	\$ 65,00	\$ 65,00
1	Rollo de cable flexible # 16	\$ 46,00	\$ 46,00
1	Rollo de cable sólido # 12	\$ 42,00	\$ 42,00
1	Libreta para etiquetar los cables	\$ 6,00	\$ 6,00
2	Encendedores o chisperos	\$ 20,00	\$ 40,00
1	Etiquetas externas del tablero	\$ 5,00	\$ 5,00
100	Terminales	\$ 0,07	\$ 7,00
1	Ventilador a 110V	\$ 65,00	\$ 65,00
1	Bornera para tierra	\$ 3,00	\$ 3,00
1	Espagueti aislante	\$ 10,00	\$ 10,00
3	Tubería Conduit	\$ 3,00	\$ 9,00
1	Rollo de manguera corrugada de 1/2 "	\$ 65,00	\$ 65,00
4	Codos Conduit	\$ 3,00	\$ 12,00
3	Cajas de fusibles de 6A	\$ 8,00	\$ 24,00
10	Metros de cable sucre # 14 de 3 hilos	\$ 1,00	\$ 10,00
50	Amarras	\$ 0,10	\$ 5,00
		Subtotal	\$ 2.502,80
		Iva 12%	\$ 300,33
		Total	\$ 2.803,14

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

5.3.2. Costo por el diseño e implementación del proyecto.

Tabla 15. Costos por el diseño e implementación del proyecto

Cantidad (personas)	Descripción	Tiempo (horas)	Precio unitario (horas)	Total
1	Servicios de torno para construcción de la banda transportadora de alimentación de producto	8	\$ 25,00	\$ 200,00
2	Diseño de ingeniería y mano de obra	160	\$ 8,00	\$ 2.560,00
Total			\$	2.760,00

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

5.3.3. Costo total del proyecto.

Tabla 16. Costo total del proyecto de la automatización de la máquina termo-selladora

Descripción	Costo
Costos del hardware	\$ 2.803,14
Diseño e implementación	\$ 2.760,00
Total	\$ 5.563,14

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

5.3.4. Costo de mantenimiento.

Este costo es generado para el correcto funcionamiento de la máquina termo-selladora y se lo realiza una vez al año con un costo de \$ 15,00 la hora valor estima por hora de ingeniería. En la tabla 17 se observa los costos por mantenimiento de la máquina termo-selladora.

Tabla 17. Costos de mantenimiento por año

Cantidad (personas)	Descripción	Tiempo (horas)	Precio unitario (horas)	Total
2	Mantenimiento de la máquina termo-selladora al primer año.	8	\$ 15,00	\$ 240,00
2	Mantenimiento de la máquina termo-selladora al segundo año.	8	\$ 20,00	\$ 320,00
2	Mantenimiento de la máquina termo-selladora al tercer año.	8	\$ 25,00	\$ 400,00
2	Mantenimiento de la máquina termo-selladora al cuarto año.	8	\$ 30,00	\$ 480,00
2	Mantenimiento de la máquina termo-selladora al quinto año.	8	\$ 35,00	\$ 560,00

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

El conocer estos costos permite saber la inversión total realizada y analizar el tiempo en que va a recuperar con el nuevo proceso, además se conocerá en qué porcentaje se incrementará el nivel de producción y de igual forma la rentabilidad. De igual manera, se conocerá los costos de producción que se maneja en la planta y el precio de venta, con esto se verá el incremento de la capacidad de producción y de ventas.

5.3.5. Depreciación.

Se conoce como depreciación a la reducción del valor de los activos que posee la empresa, ya sea por el uso, desgaste o envejecimiento. En este caso el tablero de control será depreciado, puesto que ahora forma parte de los activos fijos de la industria Envatanqs “YÁNEZ” S.A.

Este activo fijo tiene una vida útil de 3 años por tratarse de un equipo tecnológico, pues estos tienen una rápida depreciación.

Tabla 18: Depreciación del activo fijo

Nombre del Activo: equipos tecnológicos (tablero de control)

Porcentaje: 33%

No. de años: 3

Valor: USD. 2803,14

No. Año	Depreciación anual	Valor Residual
1	934,38	1868,76
2	934,38	934,38
3	934,38	0,00

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

5.3.6. Indicadores económicos.

Al saber cuáles son los ingresos y gastos se validará eficazmente la rentabilidad del proyecto mediante indicadores económicos como el van, tir, costo beneficio que permiten conocer cifras exactas al respecto.

5.3.6.1. Flujo de caja.

El flujo de caja representa las entradas y salidas de dinero, durante un período determinado. En la tabla 19 se indica el flujo de caja para 5 años que genera la industria Envatanqs “YÁNEZ” S.A con el nuevo sistema automatizado.

Tabla 19. Flujo de caja

Concepto	Inversión inicial	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos						
Inversión total	\$ 5.563,14					
Total ingresos		\$ 2.880,00	\$ 3.000,00	\$ 3.100,00	\$ 3.200,00	\$ 3.300,00
Total ingresos	\$ 5.563,14	\$ 2.880,00	\$ 3.000,00	\$ 3.100,00	\$ 3.200,00	\$ 3.300,00
Total egresos		\$ 1.474,38	\$ 1.254,38	\$ 1.334,38	\$ 480,00	\$ 560,00
Saldo final	\$ -5.563,14	\$1.405,62	\$1.745,62	\$1.765,62	\$2.720,00	\$2.740,00

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Los datos del flujo de caja se tomaron de la cantidad de envases adicionales que la empresa Envatanqs “YÁNEZ” S.A. está produciendo con el nuevo sistema.

La producción adicional generada con la automatización de la máquina termo-selladora es de 100 paquetes diarios, habiendo en cada paquete hay 6 unidades. El termo-sellado tiene un costo de \$0,02 por unidad, esto significa que en el año la industria produce un adicional de \$ 2880,00.

5.3.6.2. Tasa de descuento.

“Tasa de descuento llamada así porque descuenta el valor del dinero en el futuro a su equivalente en el presente, y a los flujos traídos al tiempo cero se los llama flujos descontados.” (Baca Urbina, 2004, pág. 181).

Para sacar la tasa de descuento se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 4. Cálculo de la tasa de descuento.

$$Td = I + \left(\frac{Tp + Ta}{2}\right)$$

Dónde:

I: Inflación

Tp: Tasa pasiva

Ta: Tasa activa

Según los datos actualizados al 2014 del instituto de estadísticas y censos señalan que la tasa de inflación es de 3,2%.

De acuerdo al Banco Central del Ecuador la tasa activa y la tasa pasiva al 2014 es de 11,2% y 4,53% respectivamente, obteniéndose una tasa de descuento de 13% anual.

5.3.6.3. Cálculo del valor actual neto (VAN).

“Es el valor actual neto, este valor se obtiene de medir los flujos de caja futuros del proyecto que queremos poner en marcha o en el que queremos invertir, descontando la inversión inicial que necesitamos.”(Toledo, 2013, p.5).

Para obtener el VAN se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 5. Cálculo del valor actual neto (VAN).

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+i)^j}$$

Dónde:

F_j: Flujo neto de caja en el período j

I₀: Inversión inicial

i: Tasa de descuento de la inversión

n: Horizonte de evaluación (número de años de la inversión)

6.3.6.3. Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR).

“La tasa interna de rendimiento o retorno, es la tasa de descuento por el cual el valor presente neto es igual a cero. Es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial”. (Baca, 2004, p. 216).

Para utilizar la (TIR) se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 6. Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR)

$$0 = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+TIR)^j} = VAN$$

Dónde:

F_j: Flujo neto en el Período j

I₀: inversión inicial en el Período 0

n: horizonte de evaluación

6.3.6.4. Razón costo-beneficio.

La razón costo-beneficio es la relación entre los beneficios actualizados respecto a los costos actualizados del proyecto. Si este resultado es mayor a uno indica que el beneficio es mayor respecto a los costos, por lo que es factible el proyecto.

Para el cálculo de la razón costo-beneficio se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 7. Cálculo costo-beneficio.

$$\text{Costo} - \text{Beneficio} = \frac{\sum \text{flujo de caja actualizados}}{\text{inversión inicial}} - 1$$

Para determinar la razón costo beneficio es necesario obtener los índices de evaluación de proyecto, los cuales se encuentran detallados en la tabla 20.

Tabla 20. Índices de evaluación

Índices de evaluación						
Concepto	inversión inicial	año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujos de fondos nominales	\$(5.563,14)	\$1.405,62	\$1.745,62	\$1.765,62	\$2.720,00	\$2.740,00
Tasa de descuento aplicable: ke		13%	13%	13%	14%	14%
Factor de valor actual: $1/(1+ke)^i$		0,88	0,78	0,69	0,59	0,52
Flujos de caja actualizados		\$1.243,91	\$1.367,08	\$1.223,66	\$1.610,46	\$1.423,07
Flujo de caja acumulado		\$1.243,91	\$2.610,99	\$3.834,65	\$5.445,11	\$6.868,18
Suma de los fnci actualizados		\$6.868,18				
Monto de la inversión inicial		\$ - 5.563,14				

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

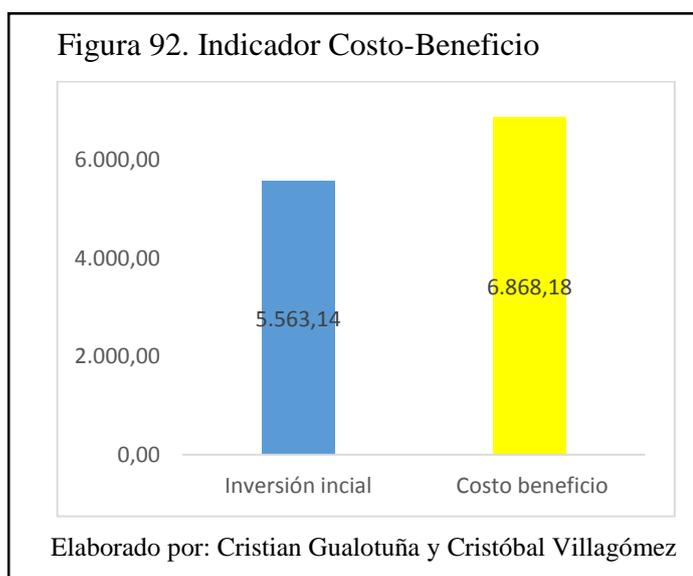
Una vez determinado los tres indicadores tir, van y costo-beneficio, mostrados en la tabla 21, éstos reflejan un valor positivo, lo que indica que el proyecto es rentable y viable, debido a que se dará una recuperación de la inversión a mediano plazo.

Tabla 21. Indicadores del proyecto

Valor actual neto (VAN)	1.305
Relación beneficio/costo (b/c)	23,46%
Tasa interna de retorno (TIR)	21,82%

Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez

Al analizar el resultado del costo-beneficio, siendo este la utilidad que se obtiene por cada dólar invertido, es decir la empresa ENVATAQS YANEZ S.A tendrá un monto de \$0,2346 adicional a cada dólar de la inversión realizada como se muestra en la siguiente gráfica, esta hace una referencia de la ganancia obtenida con la inversión.



CONCLUSIONES

Una vez que se ha realizado el proyecto de automatización de la máquina termo-selladora se concluyó que:

- Al diseñar e implementar el sistema automatizado con interfaz HMI (interfaz hombre máquina) para la máquina termo-selladora de envases de pintura controlada por el PLC Simatic S7-1212C y supervisada por el panel táctil KTP400PN, de la industria Envatanqs Yáñez S.A. Se determinó que este nuevo sistema mejoró la seguridad del operador puesto que ahora el encendido de la máquina es automático, mediante encendedores eléctricos, así se evitó la manipulación directa del operador con el fuego al encender el túnel de calor
- Una vez realizada la automatización de la máquina termo-selladora se diseñó e implementó como parte del hardware un sistema de banda transportadora para alimentación de producto, esto para descongestionar el ingreso del producto al túnel de calor, porque anteriormente el sistema de rodillos provocaba acumulación de productos en la entrada del túnel, ocasionando también pérdida de tiempo de producción.
- Al desarrollar e implementar el software de control del sistema automatizado del proceso de termo-sellado de envases se determinó que la máquina necesita un proceso de encendido y apagado secuencial, debido a que al iniciar el proceso es indispensable la presencia del combustible gaseoso, por lo que se realizó el algoritmo en el software TIA PORTAL Step 7, para que se active primero la electro válvula dejando así pasar el combustible, el cual al mezclarse con oxígeno y la chispa producida por los encendedores produce la llama en los quemadores tipo flauta, calentando así el túnel de calor.
- Para la comunicación entre el PLC S7-1212C y el panel táctil KTP400PN, se configuró la dirección IP tanto del PLC (192.168.0.1) como del panel táctil (192.168.0.2) para que estos se encuentren en una misma red, adicional se utilizó el protocolo de comunicación PROFINET, el cual es la combinación de los protocolos PROFIBUS y ETHERNET, mediante un cable ETHERNET industrial.

- Al analizar el nuevo proceso automatizado versus el sistema anterior se observó que la inversión del proyecto es recuperable a corto plazo , también que implica una ganancia neta en el aumento de la producción porque con este nuevo proceso el operario puede monitorear el aumento de la temperatura en el panel táctil, circunstancia que en el pasado no se podía realizar, determinando con esto que a 150 grados centígrados el proceso de termo sellado de envases se puede llevar a cabo sin ocasionar deformaciones en el producto o a su vez que estos salgan flojos. Esto también mejoró los índices de velocidad en el tiempo de producción y disminución de pérdida de materia prima.
- Al diseñar e implementar el nuevo sistema automatizado para el proceso de termo-sellado de envases de pintura disminuyó el desperdicio de plástico de un 15% al 3% contribuyendo al medio ambiente, debido a que con el sistema anterior se desperdiciaba una cantidad considerable de plástico, esto se consiguió al hacer que la velocidad de la banda transportadora sea proporcional a la temperatura, garantizando así que los paquetes no se deformen más de lo necesario dentro del túnel de calor.
- Al diseñar el software se observó que el proceso necesitaba un control proporcional, por lo que se tomó datos de temperatura y velocidad, los cuales se los graficó obteniendo así una curva que se asemeja a una parábola, de donde se obtuvo la ecuación de la misma, esta fue utilizada para el control de velocidad de la banda transportadora del túnel de calor, porque si la temperatura aumenta, también se incrementa la velocidad de la banda mediante la señal analógica que envía la signal board a través de la salida QW80.
- Para el encendido de los quemadores fue necesario utilizar encendedores o chisperos del tipo industrial, éstos son de cerámica y con cable de asbesto, porque en el túnel de calor se generan altas temperaturas y estos encendedores son diseñados para ambientes industriales.

- Con la automatización se determinó que existe un incremento en la producción del 25% con relación a la producción anterior, lo que implica que un proceso realizado eficientemente no solo logra incrementar la producción, sino también eliminar procesos manuales.
- El apagado de la máquina también debe ser secuencial así se garantiza que no exista producto en el túnel de calor al finalizar el proceso, al pulsar el botón de paro, el termo-sellado continúa durante un tiempo determinado así disminuyendo pérdidas del producto.

RECOMENDACIONES

- Para un óptimo encendido de los quemadores tipo flauta de la máquina termo-selladora es recomendable cambiar los chisperos cada seis meses, así garantizar el encendido automático.
- Para garantizar el proceso de termo-sellado de envases de pintura es necesario esperar que la temperatura dentro del túnel de calor alcance los niveles adecuados los mismos que se pueden observar en el HMI.
- La máquina termo-selladora no se debe operar a más de 200 grados centígrados por largos períodos de tiempos, porque ocasionará pérdidas de producto y daños en la aislamiento térmico (lana de vidrio).
- Para garantizar el correcto funcionamiento de la máquina termo-selladora es necesario realizar un mantenimiento periódico de la misma lo que implica cambiar la hélice del motor ventilador cada mes para que genere la corriente adecuada para el termo-sellado, limpiar los quemadores tipo flauta para que existe una correcta distribución de combustible.
- Los quemadores tipo flauta, al estar en constante uso, en el interior de los mismos se acumula hollín por lo que, se recomienda a la industria Envatanqs “YÁNEZ” S.A. adquirir baquetas con tola de cepillo sintético para realizar una limpieza adecuada.
- La banda transportadora de alimentación de producto posee un sistema de catalinas y cadenas, por lo que es recomendable engrasarlas periódicamente una vez al mes.
- Por el exceso de ruido y la alta temperatura que genera la máquina termo-selladora y se recomienda al operador, utilizar equipo de seguridad industrial como son: casco, guantes, lentes de seguridad y orejeras.

- Para realizar las conexiones hacia las entradas y salidas del PLC es necesario adquirir un destornillador plano de borneras, para evitar daños de aislamiento en los tornillos.
- Para los estudiantes que decidan realizar proyectos de automatización industrial se recomienda utilizar como material bibliográfico de sistemas de medición e instrumentación de Doebelin, es una excelente guía para el proceso de automatización.
- Para colocar la varilla de tierra es recomendable buscar un lugar que permanezca constantemente húmedo como son los jardines, de esta forma se está garantizando el correcto funcionamiento de los equipos y la seguridad del operador.
- Para automatizar una máquina eléctrica o mecánica, se recomienda realizar los planos mecánicos y eléctricos, porque estos facilitan el trabajo.
- Para proteger al PLC de una sobre carga es recomendable colocar un fusible de 1A en la fase de 110V.

LISTA DE REFERENCIAS

- Aquilino, R. P. (2007). *Sistemas SCADA*. Mexico : Marcombo.
- Arian Cl. (2009). *Pt100 su operación, instalación, tablas*. Recuperado el 15 de octubre del 2013 de : <http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>
- Baca Urbina, G. (2004). *Evaluación de Proyectos*. Recuperado el 15 de marzo del 2014, de: <http://www.eumed.net/jirr/pdf/19.pdf>
- Bolton, W. (2008). *Mecatronica sistemas de control electronico en la ingenieria mecanica y electrica*. Mexico d.f: alfaomega.
- Castillo, A (2013). *Envase y embalaje a través de la historia*. Tamaulipas. Recupero el 18 de mayo del 2013 de <http://www.eumed.net/coursecon/ecolat/mx/2013/embalaje.html>
- Guerrero, V. (2010). *Comunicaciones industriales*. Mexico D.F: Alfaomega Marconbo.
- García, A. (2008). *Sistemas de automatizacion, mando y control de maquinas*. 5 Ingeniería industrial, 2. Recuperado el 16 de marzo del 2013 de <http://es.scribd.com/doc/201623852/Sistemas-de-Automatizacion-Mando-y-Control>
- Doebelin, E. O. (2005). *Sistemas de medicion e instrumentacion Diseño y aplicacion*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Ci Talsa (2008). *Equipos y servicios de calidad*. Colombia. Recuperado el 15 de mayo de: <http://www.citalsa.com/ciproducts/9/563#firstproduct>
- Ecuapak.(2014). *Tunel de Calor*. Recuperado el 16 de marzo del 2014 de Ecuapak de: <http://www.ecuapack.com/sitio/catalogo/t%C3%B1anes/item/tunel-grande-tc-6040.html>

Info PLC (2012). *Cortadora de perfiles con S7-1200 y pantalla KTP400*. Recuperado el 14 de febrero del 2014 de <http://www.infopl.net/descargas/14-siemens/1461-cortadora-de-perfiles-con-s7-1200-y-pantalla-ktp400>

Mundo Financiero.(2010).*Capacidad de Producción*. Recuperado el 5 de febrero del 2014 de Mundo Financiero
<http://vivi-elmundofinanciero.blogspot.com/2010/10/capacidad-de-produccion.html>

Rodríguez A. (2007). *Sistemas SCADA*. México. Marcombo Siemens. (2013). *Siemens*. Recuperado el 13 de diciembre del 2014, de Siemens:
<http://www.industry.siemens.com/topics/global/es/tia-portal/pages/default.aspx>

Siemens. (2009). *Simatic S7-1200 Easy Book*. Recuperado el 17 de septiembre de 2013, de Siemens:
https://a248.e.akamai.net/cache.automation.siemens.com/dnl/TA/TA0MDcxMQAA_39710145_HB/s71200_easy_book_en-US_en-US.pdf

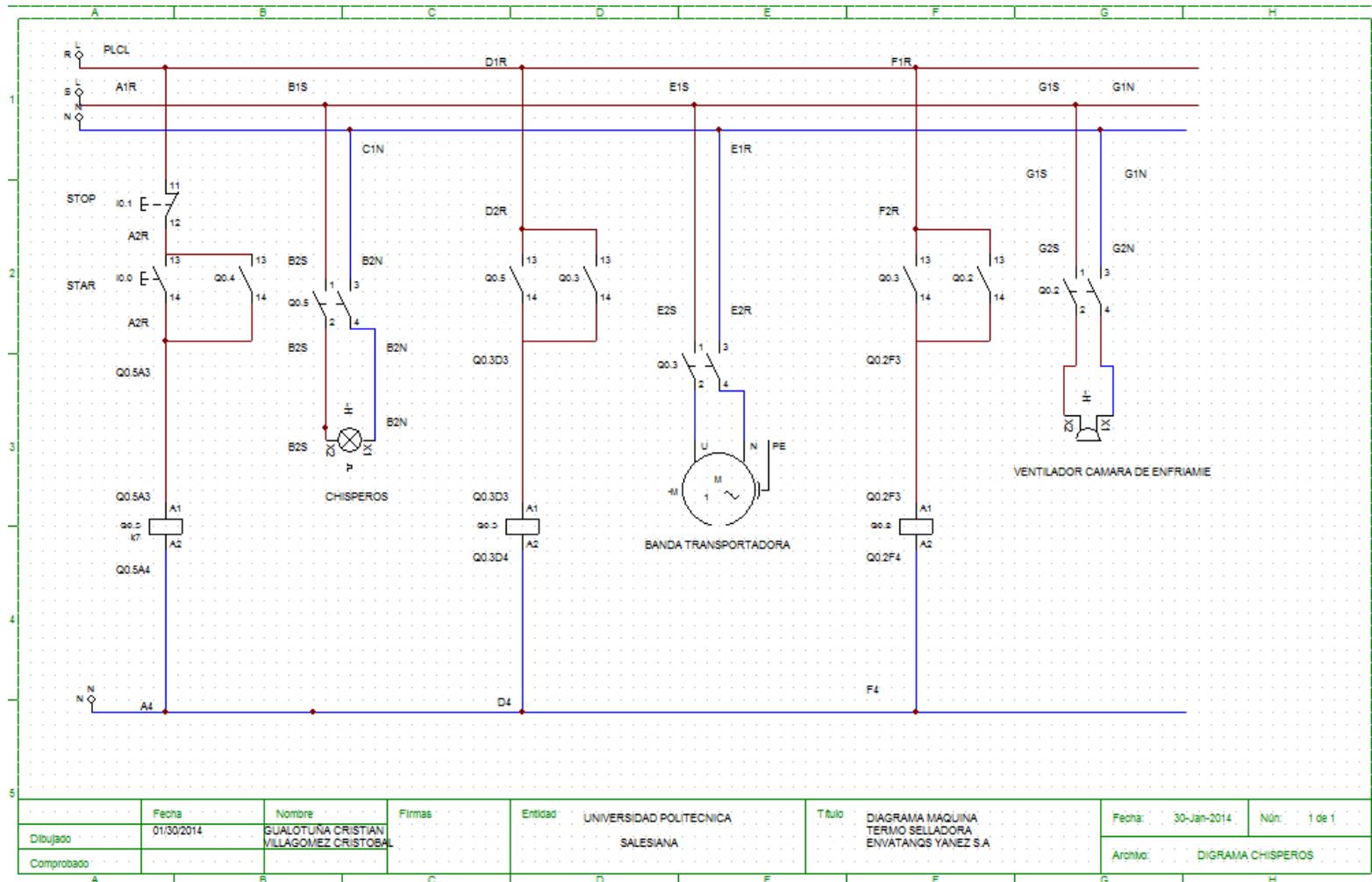
Siemens. (2013).*Product Data Sheet CPU1212C*. Recuperado el 16 de febrero del 2014 de RS:
<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0da9/0900766b80da904d.pdf>

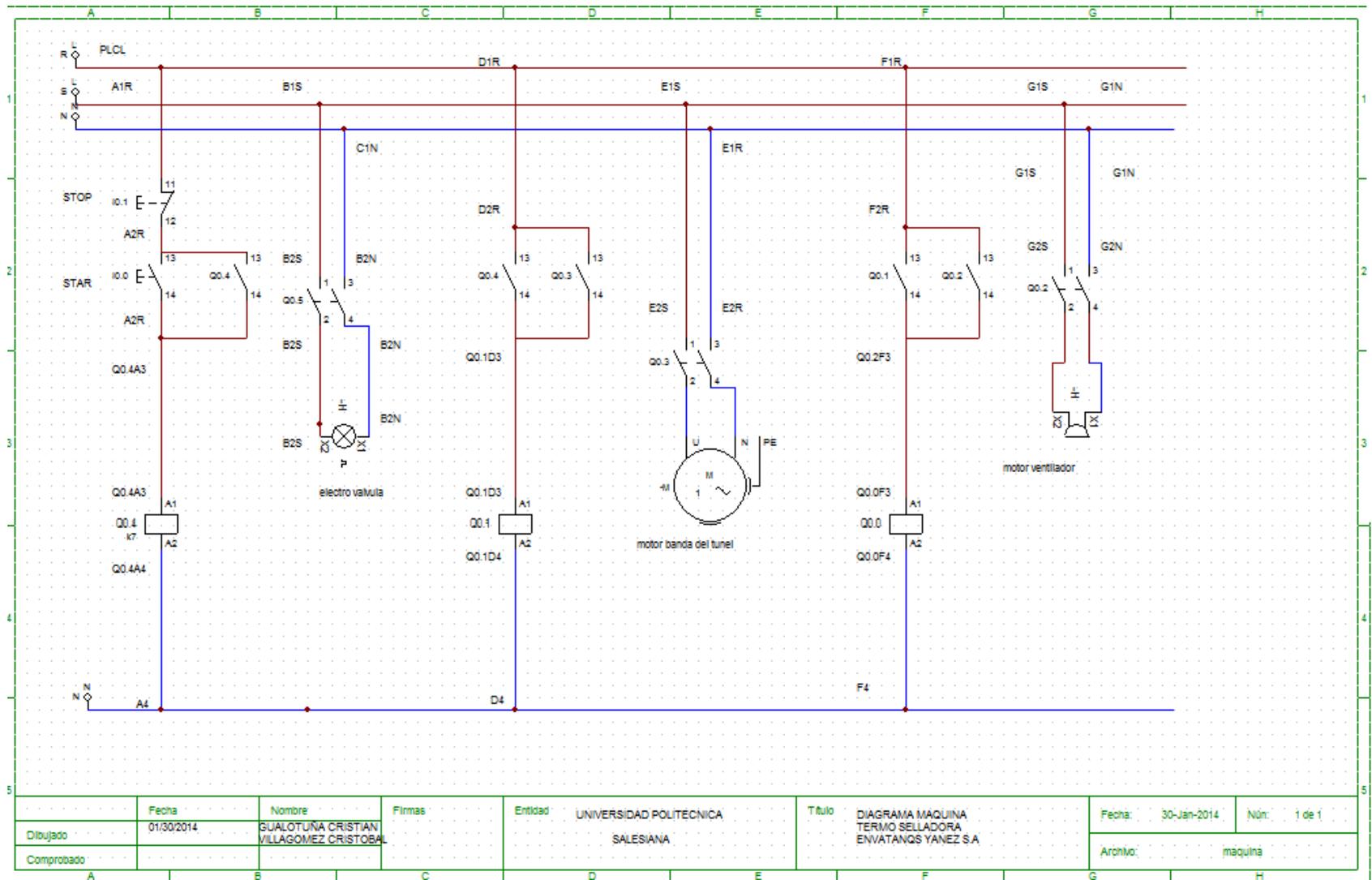
Siemens. (2014). *Características del Panel KTP 400*. Recuperado el 17 de noviembre del 2013 de Siemens S7-1200 PLC:
<http://s7-1200.com/tag/plc-simatic-s7-1200/>

Toledo.(213). *VAN Y TIR*. Recuperado el 17 de abril del 2014 de ABC.es:
<http://www.abc.es/toledo/20130218/abcp--20130218.html>

Zhang, P. ((2008)). *Industrial Control Technology*. Estados Unidos : William Andrew Inc.

Anexo 1. Diagrama eléctrico de la máquina termo-selladora





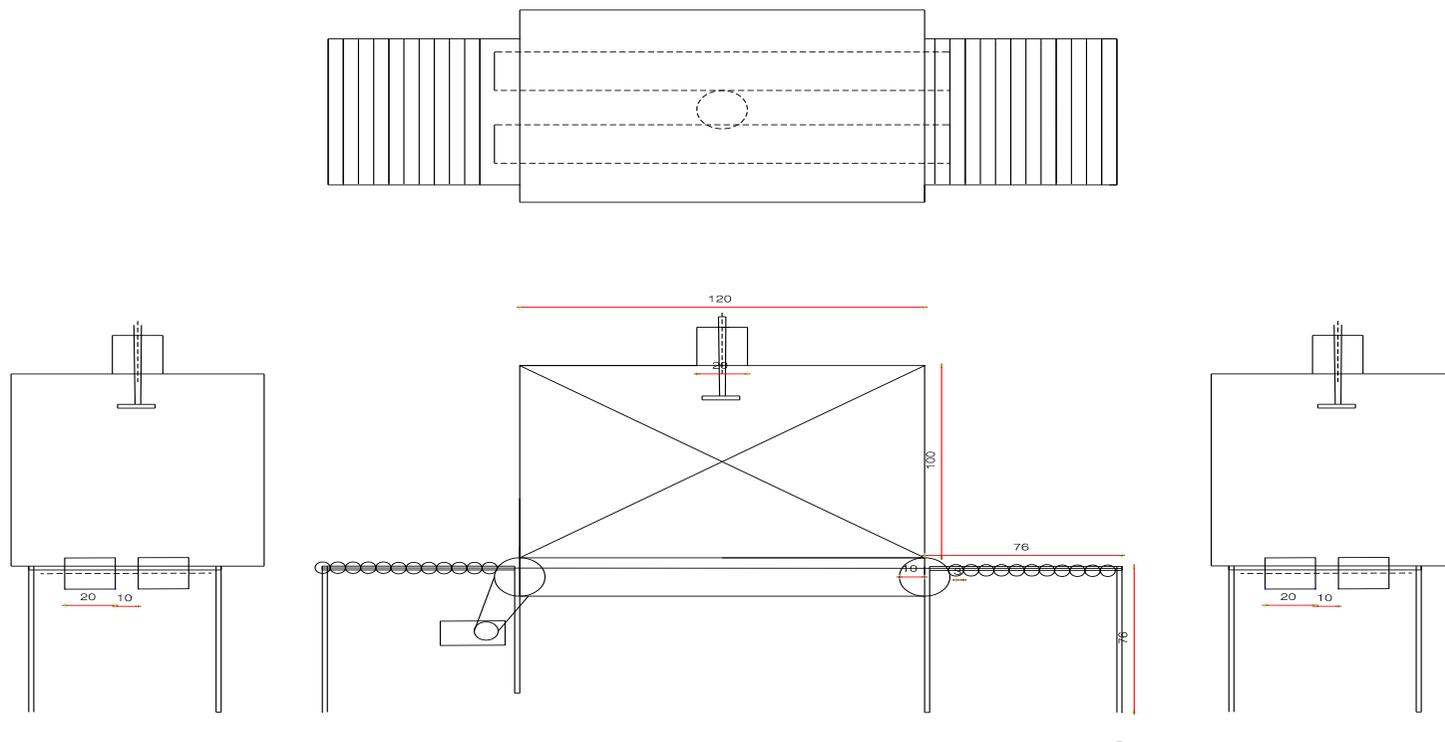
Anexo 2. Valores normalizados de cables AWG

Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm ²)	Número espiras por cm.	Kg. por Km.	Resistencia (Ω/Km.)	Capacidad (A)
0000	11,86	107,2			0,158	319
000	10,40	85,3			0,197	240
00	9,226	67,43			0,252	190
0	8,252	53,48			0,317	150
1	7,348	42,41		375	1,40	120
2	6,544	33,63		295	1,50	96
3	5,827	26,67		237	1,63	78
4	5,189	21,15		188	0,80	60
5	4,621	16,77		149	1,01	48
6	4,115	13,30		118	1,27	38
7	3,665	10,55		94	1,70	30
8	3,264	8,36		74	2,03	24
9	2,906	6,63		58,9	2,56	19
10	2,588	5,26		46,8	3,23	15
11	2,305	4,17		32,1	4,07	12
12	2,053	3,31		29,4	5,13	9,5
13	1,828	2,63		23,3	6,49	7,5
14	1,628	2,08	5,6	18,5	8,17	6,0
15	1,450	1,65	6,4	14,7	10,3	4,8
16	1,291	1,31	7,2	11,6	12,9	3,7
17	1,150	1,04	8,4	9,26	16,34	3,2
18	1,024	0,82	9,2	7,3	20,73	2,5
19	0,9116	0,65	10,2	5,79	26,15	2,0
20	0,8118	0,52	11,6	4,61	32,69	1,6
21	0,7230	0,41	12,8	3,64	41,46	1,2
22	0,6438	0,33	14,4	2,89	51,5	0,92
23	0,5733	0,26	16,0	2,29	56,4	0,73
24	0,5106	0,20	18,0	1,82	85,0	0,58
25	0,4547	0,16	20,0	1,44	106,2	0,46
26	0,4049	0,13	22,8	1,14	130,7	0,37
27	0,3606	0,10	25,6	0,91	170,0	0,29
28	0,3211	0,08	28,4	0,72	212,5	0,23
29	0,2859	0,064	32,4	0,57	265,6	0,18
30	0,2546	0,051	35,6	0,45	333,3	0,15
31	0,2268	0,040	39,8	0,36	425,0	0,11
32	0,2019	0,032	44,5	0,28	531,2	0,09
33	0,1798	0,0254	56,0	0,23	669,3	0,072
34	0,1601	0,0201	56,0	0,18	845,8	0,057
35	0,1426	0,0159	62,3	0,14	1069,0	0,045
36	0,1270	0,0127	69,0	0,10	1338,0	0,036
37	0,1131	0,0100	78,0	0,089	1700,0	0,028
38	0,1007	0,0079	82,3	0,070	2152,0	0,022
39	0,0897	0,0063	97,5	0,056	2696,0	0,017
40	0,0799	0,0050	111,0	0,044	3400,0	0,014
41	0,0711	0,0040	126,8	0,035	4250,0	0,011
42	0,0633	0,0032	138,9	0,028	5312,0	0,009
43	0,0564	0,0025	156,4	0,022	6800,0	0,007
44	0,0503	0,0020	169,7	0,018	8500,0	0,005

Anexo 3. Datos de temperatura y la velocidad

TEMPERATURA °C	FRECUENCIA (Hz)	FRECUENCIA CON CONSTANTE (Hz)
0	0	0,166
5	0,046296296	0,212296296
10	0,185185185	0,351185185
15	0,416666667	0,582666667
20	0,740740741	0,906740741
25	1,157407407	1,323407407
30	1,666666667	1,832666667
35	2,268518519	2,434518519
40	2,962962963	3,128962963
45	3,75	3,916
50	4,62962963	4,79562963
55	5,601851852	5,767851852
60	6,666666667	6,832666667
65	7,824074074	7,990074074
70	9,074074074	9,240074074
75	10,41666667	10,58266667
80	11,85185185	12,01785185
85	13,37962963	13,54562963
90	15	15,166
95	16,71296296	16,87896296
100	18,51851852	18,68451852
105	20,41666667	20,58266667
110	22,40740741	22,57340741
115	24,49074074	24,65674074
120	26,66666667	26,83266667
125	28,93518519	29,10118519
130	31,2962963	31,4622963
135	33,75	33,916
140	36,2962963	36,4622963
145	38,93518519	39,10118519
150	41,66666667	41,83266667
155	44,49074074	44,65674074
160	47,40740741	47,57340741
165	50,41666667	50,58266667
170	53,51851852	53,68451852
175	56,71296296	56,87896296
180	60	60,166

Anexo 4. Planos antiguos de la máquina termo-selladora

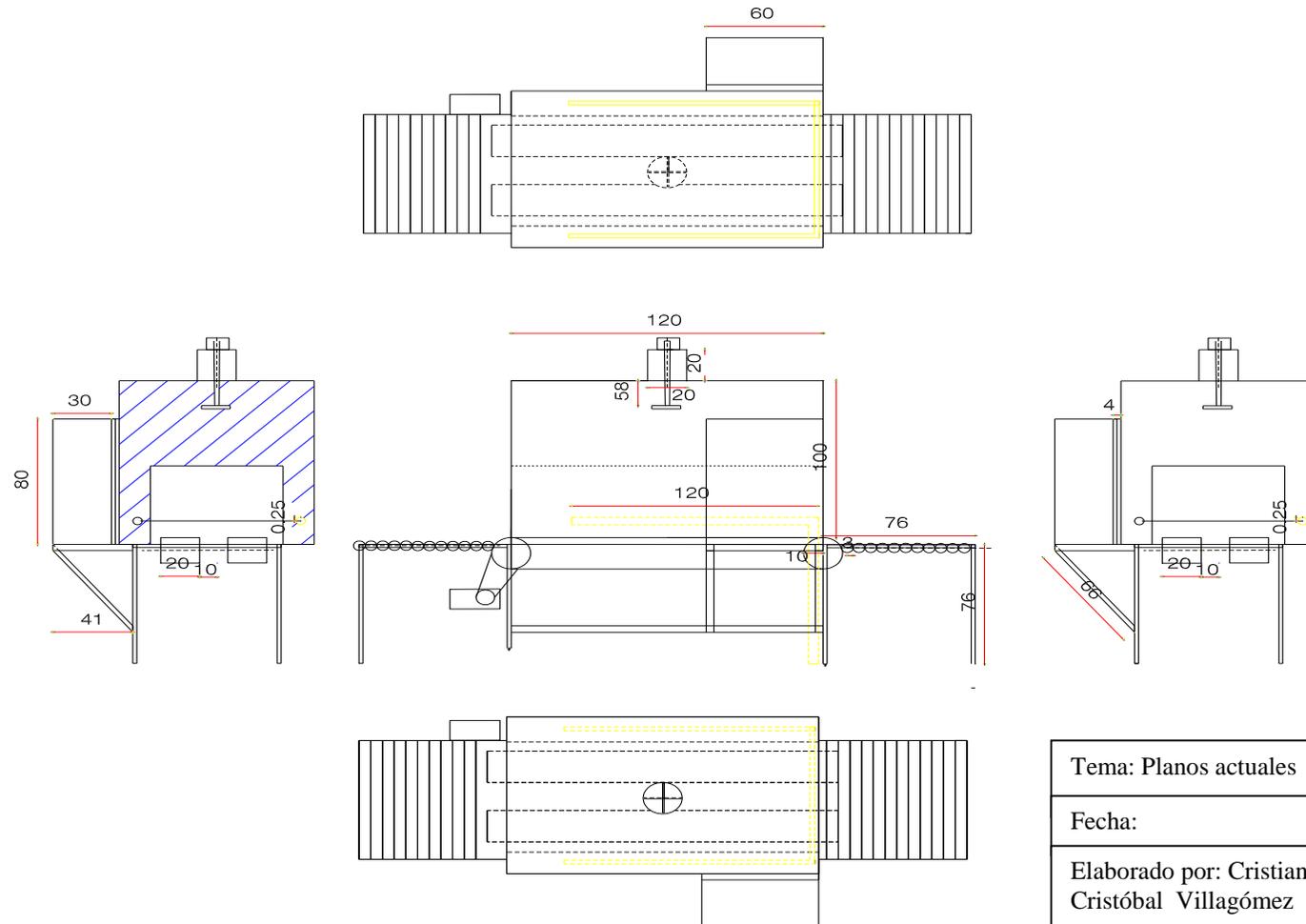


Tema: Planos anteriores

Fecha: 29/04/2014

Elaborador por: Cristian Gualotuña y
Cristóbal Villagómez

Anexo 5. Planos de la máquina termo-selladora actuales



Tema: Planos actuales	
Fecha:	29/04/2014
Elaborado por: Cristian Gualotuña y Cristóbal Villagómez	