



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**DISEÑO ELECTRÓNICO DE HORNO TERMOENCOGIBLE  
AUTOMATIZADO PARA LA EMPRESA SERVICIOS MÚLTIPLES  
CADENAS & CORTES C.A.**

**Autores:**  
Crupi, Abel.  
Valera, Juan.

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DISEÑO ELECTRÓNICO DE HORNO TERMOENCOGIBLE  
AUTOMATIZADO PARA LA EMPRESA SERVICIOS MÚLTIPLES  
CADENAS & CORTES C.A.**

Proyecto del Trabajo de Grado para optar al título de  
**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**Autores:**  
Crupi, Abel.  
**C.I.:** 27.238.798  
Valera, Juan  
**C.I.:** 26.960.951  
**Tutor Académico**  
Ing. Emmanuel Sandoval

San Diego, agosto de 2021.



FI-E-005-2021-ICR (TG)

Valencia, 21 de julio de 2021

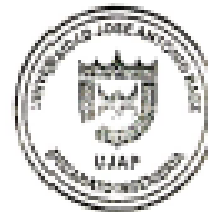
Ciudadanos:  
Cruji Pérez, Abel Abraham.  
Cl. 27.238.789  
Valera Zambrano, Juan Carlos  
Cl. 26.960.951  
Presente.

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 02-2021 de fecha 25-05-2021 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **DISEÑO DE HORNO TERMOCOGIBLE AUTOMATIZADO PARA LA EMPRESA SERVICIOS MÚLTIPLES CADENAS & CORTES C.A.** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico.

Se ratifica la designación del Ing. Emmanuel Sandoval C.I: 16.774.307 como Tutor Académico que los asesorará en el desarrollo de este proyecto.

Ayerfirmante,

  
Dr. Francisco Gelanzó Sevilla.  
Decano



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

Quien suscribe Ing. Emmanuel Sandoval, portador de la cédula de identidad N° 16.774.307, en mi carácter de tutor del proyecto de Trabajo de Grado presentado por los ciudadanos Crupi Abel, portador de la cédula de identidad N° 27.238.798, y Valera Juan, portador de la cédula de identidad N° 26.960.951, titulado: **DISEÑO ELECTRÓNICO DE HORNO TERMOENCOGIBLE AUTOMATIZADO PARA LA EMPRESA SERVICIOS MÚLTIPLES CADENAS & CORTES C.A.**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los siete (7) días del mes de agosto del año dos mil veintiuno (2021).

**Ing. Emmanuel Sandoval**



UNIVERSIDAD JOSE ANTONIO PAEZ  
 COORDINACION DE PASANTIAS Y TRABAJO DE GRADO  
 FACULTAD DE INGENIERIA


ACTA DE APROBACION DEL INFORME DE PASANTIA O  
 TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:


DISEÑO ELECTRÓNICO DE HORNO TERMOCOGIBLE  
AUTOMATIZADO PARA LA EMPRESA SERVICIOS MÚLTIPLES  
CADENAS Y CORTES C.A.

Realizado por el (la) Br Abel Crupi  
 C.I.N° 27238798, cursante de la carrera de Ingeniería Electrónica hace constar  
 después de analizar su contenido y oír la exposición oral, considera que reúne los méritos suficientes  
 para su aprobación asignándole la CALIFICACION DEFINITIVA D<sup>ta</sup> Veinte 20 PUNTOS

El Jurado

  
 Tutor académico (coordinador)  
 Nombre: Emmanuel Sandoval  
 C.I. 16774307

  
 Jurado (1)  
 Nombre: ANTONIO RODRIGUEZ  
 C.I. V- 141923464

  
 Jurado (2)  
 Nombre: Si Hon Suarez  
 C.I. 6445443

Fecha: 30/09/2021

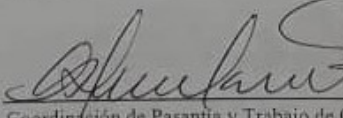
PARA SER LLENADO POR LA COORDINACIÓN DE PASANTIA Y TRABAJO DE GRADO

He recibido Original del Acta de Aprobación para ser colocada en la solvencia Académica

Nombre del Graduando:

C. I.

Fecha:

  
 Coordinación de Pasantía y Trabajo de Grado

SEMESTRE: 2021-1er



UNIVERSIDAD JOSE ANTONIO PAEZ  
COORDINACION DE PASANTIAS Y TRABAJO DE GRADO  
FACULTAD DE INGENIERIA

ACTA DE APROBACION DEL INFORME DE PASANTIA O  
TRABAJO DE GRADO


El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:


DISEÑO ELECTRÓNICO DE HORNO TERMOCIGIBLE  
AUTOMATIZADO PARA LA EMPRESA SERVICIOS MULTIPLES  
CADENAS Y CORTES C.A.

Realizado por el (la) Br. Juan Valera

C.I. N° 21.962.951, cursante de la carrera de Ingeniería Electrónica hace constar después de analizar su contenido y oír la exposición oral, considera que reúne los méritos suficientes para su aprobación asignándole la CALIFICACION DEFINITIVA D<sup>En línea</sup> Veinte (20) PUNTOS

El Jurado

  
Tutor académico (coordinador)  
Nombre: Emmanuel Sandoval  
C.I. 16774307

  
Jurado (1)  
Nombre: Antonio Rodríguez  
C.I. V-14923464

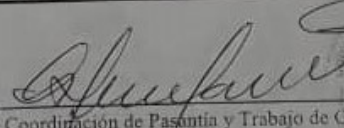
Jurado (2)  
Nombre: Silvia Suarez  
C.I. 6445493

Fecha: 10/09/2021

PARA SER LLENADO POR LA COORDINACIÓN DE PASANTIA Y TRABAJO DE GRADO

He recibido Original del Acta de Aprobación para ser colocada en la solvencia Académica.

Nombre del Graduando:  
C.I.  
Fecha:

  
Coordinación de Pasantía y Trabajo de Grado

SEMESTRE: 2021-1er

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la vida, a mis padres, a Joseline, a mi abuela, a mi hermanita, a mis suegros, a Aurora, a mi tutor, a la Ing. Irahis Rodríguez, al resto de mis profesores, maestros y consejeros, a la empresa y a mi casa de estudios. Sinceramente, muchas gracias.

**Valera Zambrano, Juan Carlos.**

Primeramente, a Dios por darme la vida y proveerme de salud y bienestar. A mis padres, por darme la oportunidad de estudiar y formarme profesionalmente. Por brindarme su amor y apoyo incondicional, facilitando mi camino para que pueda desarrollarme y construir mi futuro.

A mi abuela, por todo su amor, dedicación, enseñanzas y consideración. A mis hermanas que siempre estuvieron conmigo. A todos mis familiares, por brindarme apoyo, amor y múltiples recuerdos agradables.

A mi tutor Emmanuel Sandoval por orientarme en el desarrollo de esta investigación y facilitarme valiosos recursos. A mis profesores universitarios, por su vocación y solidaridad, y por brindarme herramientas fundamentales para mi desarrollo profesional.

A la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes, C.A., por abrir las puertas de sus instalaciones, permitiéndome desarrollar este proyecto. A la Universidad José Antonio Páez, por ser mi casa de estudios y proveerme la formación profesional.

¡A todos ello, gracias!

**Crupi Pérez, Abel Abraham.**

## **DEDICATORIA**

A mis padres por su apoyo incondicional y sus siempre buenas intenciones y buenos deseos hacia mí. A mi pareja por siempre acompañarme en los múltiples retos de mi carrera universitaria. A Jana, mi hermanita, con amor.

**Valera Zambrano, Juan Carlos.**

A Dios, por darme la oportunidad de vivir, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por poner en mi camino a valiosas personas que me han apoyado y alentado a perseguir mis objetivos profesionales.

A mis padres por ser los pilares y sopores de mi vida, por su motivación y guía no solo en el ámbito profesional sino también personal.

**Crupi Pérez, Abel Abraham.**

## ÍNDICE GENERAL

### CONTENIDO

	pp.
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO</b>	2
<b>I. EL PROBLEMA</b>	2
1.1 Planteamiento del Problema.....	2
1.2 Formulación del Problema.....	5
1.3 Objetivos de la Investigación.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Justificación de la Investigación.....	5
1.5 Alcance.....	6
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	7
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	7
2.2 Bases Teóricas.....	9
2.2.1 Sistema Electrónico.....	9
2.2.2 Automatización Industrial.....	9
2.2.3 Medición.....	10
2.2.4 Instrumento de Medición.....	10
2.2.5 Instrumentación Industrial.....	10
2.2.6 Control de Procesos.....	11
2.2.7 Controladores Lógicos Programables (PLC's).....	12
2.2.8 Sensores y Transductores.....	15
2.2.9 Motores Eléctricos.....	16
2.2.10 Variadores de Velocidad (VSD).....	17
2.2.11 Bandas Transportadoras.....	18
2.2.12 Efecto Joule.....	19
2.2.13 Hornos Industriales.....	19
2.2.14 Envases para el Termoencogido.....	19
2.2.15 Acción de Embalaje.....	23
2.2.16 Películas Termoencogibles.....	24

2.2.17 Teoría de Termocontracción.....	24
2.2.18 Resistencia Eléctrica.....	25
2.2.19 Pistones Neumáticos.....	26
2.2.20 Lenguajes de Programación para PLC's.....	26
2.2.21 Interfaz Hombre Máquina (HMI).....	29
2.2.22 Software Gx Works2.....	29
2.3 Bases Legales.....	29
2.4 Definición de Términos Básicos.....	30
<b>III. MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>32</b>
3.1. Nivel de la Investigación.....	32
3.2 Tipo y Diseño de la Investigación.....	32
3.3 Población y Muestra.....	33
3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	34
3.5 Técnicas de Análisis de Datos.....	37
3.6 Fases de la Investigación.....	38
<b>IV. RESULTADOS</b>	<b>40</b>
4.1. Fase I: Revisión del prototipo mecánico de horno termoencogible propuesto por el departamento de diseño mecánico de la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A. (VickyMatic).....	40
4.1.1 Entrevista con el personal del Departamento de Diseño Mecánico de la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A. (VickyMatic).....	40
4.1.2 Descripción del horno termoencogible automático VM- 053.....	40
4.2. Fase II: Determinación de los equipos, materiales e instrumentos a implementar en el diseño.....	53
4.2.1 Elementos de específicos de las etapas del proceso de termoencogido.....	53
4.2.2 Elementos de los tableros eléctricos de control.....	75
4.3. Fase III: Diseño del sistema electrónico para el funcionamiento automatizado del horno termoencogible de la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A. (VickyMatic).....	85
4.3.1 Planos eléctricos de potencia, control y neumáticos.....	85
4.3.2 Código programático del elemento integrado PLC+HMI.....	91
4.3.3 Manual de operaciones.....	113
4.3.4 Ficha técnica.....	113

4.4. Fase IV: Evaluación de la factibilidad operativa, técnica y económica del diseño realizado.....	113
4.4.1 Factibilidad operativa.....	113
4.4.2 Factibilidad técnica.....	114
4.4.3 Factibilidad económica.....	118
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>121</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>123</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>124</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>126</b>
ANEXO A. Manual de operaciones del horno termoencogible automático VM-053.....	127
ANEXO B. Ficha técnica del horno termoencogible automático VM-053.....	150

## ÍNDICE DE CUADROS

### CONTENIDO

<b>CUADRO</b>	<b>pp.</b>
1. Entrevista no estructurada.....	41
2. Elementos para la etapa de recepción de envases.....	54
3. Elementos para la etapa de posicionamiento de envases.....	57
4. Elementos para la etapa de aplicación de termoencogible.....	60
5. Elementos para la etapa de sellado.....	67
6. Elementos para la etapa de termoencogido.....	72
7. Elementos para la etapa de enfriamiento.....	75
8. Elementos eléctricos de control.....	75
9. Elementos de alimentación.....	77
10. Elementos eléctricos de periferia de salida.....	77
11. Elementos eléctricos de protección.....	79
12. Elementos de enrutamiento eléctrico.....	80
13. Elementos de enrutamiento neumático.....	82
14. Beneficios ofrecidos por los recursos seleccionados en la propuesta...	115

## ÍNDICE DE TABLAS

### CONTENIDO

<b>TABLA</b>	<b>pp.</b>
1. Beneficios ofrecidos por los recursos seleccionados en la propuesta...	119
2. Desglose de estimación de costo de oportunidad.....	120

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CONTENIDO

<b>FIGURA</b>	<b>pp.</b>
1. Ejemplos de empaques obtenidos con hornos termoencogibles.....	3
2. Prototipo de horno termoencogible.....	4
3. Controlador Lógico Programable (PLC).....	12
4. Fuente de poder de PLC.....	13
5. Módulo de memoria de PLC.....	13
6. Batería de PLC.....	13
7. PLC compacto.....	14
8. PLC modular.....	14
9. Tipos de sensores y transductores.....	16
10. Motor jaula de ardilla.....	17
11. Motor DC.....	17
12. Variador de Velocidad (VSD).....	18
13. Banda transportadora.....	18
14. Envases de vidrio.....	20
15. Envases de plástico PEAD.....	20
16. Envases de plástico PEBD.....	21
17. Envases de plástico PET.....	21
18. Envases de plástico PVC.....	22
19. Envases de plástico PP.....	22
20. Envases de plástico PS.....	22
21. Envases de metal.....	23
22. Productos embalados.....	23
23. Película termoencogible.....	24
24. Pistón neumático.....	26
25. Ejemplo de lenguaje Ladder.....	27
26. Ejemplo de lenguaje con diagrama de bloques.....	27
27. Ejemplo de lenguaje de bajo nivel.....	28
28. Ejemplo de HMI.....	28
29. Interfaz de usuario del software Gx Works2.....	29
30. Plano renderizado del horno termoencogible automático VM-053.....	43
31. Plano renderizado del posicionador de envases del horno termoencogible automático VM-053.....	44
32. Plano renderizado del posicionador de envases del horno termoencogible automático VM-053.....	45
33. Plano mecánico general del horno termoencogible automático VM- 053.....	46
34. Plano mecánico de la mesa de rodillos del horno termoencogible automático VM-053.....	47

35. Partes del horno termoencogible automático VM-053.....	48
36. Motor eléctrico acoplado a caja reductora.....	48
37. Cilindro neumático.....	49
38. Terminal de válvulas neumáticas.....	49
39. Bobinas de plástico termoencogible.....	50
40. Malla Kevlar.....	50
41. Fan cooler.....	50
42. Diagrama de flujo del horno termoencogible automático VM-053.....	52
43. Sistema de control propuesto.....	51
44. Etapa de recepción de envases.....	53
45. Etapa de posicionamiento de envases.....	56
46. Evento I de la etapa N°3.....	58
47. Evento II de la etapa N°3.....	59
48. Conjunto de bobinas de termoencogible.....	59
49. Evento III de la etapa N°3.....	60
50. Evento I de la etapa N°4.....	62
51. Evento II de la etapa N°4.....	63
52. Evento III de la etapa N°4.....	64
53. Evento IV de la etapa N°4.....	65
54. Evento V de la etapa N°4.....	66
55. Evento VI de la etapa N°4.....	66
56. Resistencia eléctrica de calentamiento propuesta para la cámara de calentamiento.....	71
57. Explicación de la etapa N°6.....	73
58. Modelo de empaque enfriado.....	74
59. Mesa de rodillos de la etapa N°6.....	74
60. Planos eléctricos de potencia.....	86
61. Planos eléctricos de potencia con resistencias.....	87
62. Planos eléctricos de control.....	88
63. Entradas y salidas del integrado PLC+HMI.....	89
64. Leyenda descriptiva de los elementos.....	90
65. Rutina de selección de modo.....	91
66. Rutina de activación de un modo a la vez.....	92
67. Interfaz de selección de modo de operación.....	92
68. Rutina de interruptor de emergencia.....	94
69. Rutina de interruptor de emergencia.....	94
70. Interfaz de selección de estructura matricial y de velocidad de VM-BT- 01.....	95
71. Rutina del contador de envases.....	96
72. Rutina de activación de cilindro N°2.....	97
73. Rutina de asignación de tiempos para accionamiento de cilindro N°2....	98
74. Rutina de ejecución de tiempos para accionamiento de cilindro N°2....	98
75. Rutina de reinicio de tiempos para accionamiento de cilindro N°2.....	99

76. Rutina de comparación de columnas y utilización de sensor fotoeléctrico.....	100
77. Subrutina N°2.....	101
78. Subrutina N°3.....	102
79. Interfaz de ajuste de tiempos.....	102
80. Subrutina N°4.....	104
81. Rutina de comparación de información con interfaz.....	105
82. Interfaz de visualización de periféricos de entrada.....	105
83. Interfaz de visualización de periféricos de salida.....	106
84. Subrutina N°6.....	106
85. Rutina de invalidación de activaciones simultáneas.....	107
86. Subrutina N°7.....	108
87. Final del código.....	109
88. Interfaz de inicio.....	109
89. Interfaz de mando de la cámara de calentamiento.....	110
90. Interfaz de menú de control principal.....	110
91. Interfaz de menú de cámara de calentamiento.....	111
92. Interfaz de operaciones manuales.....	111
93. Interfaz de activación de motores eléctricos y controlador.....	112
94. Interfaz de visualización de entradas y salidas restantes.....	112
95. Interfaz de velocidad de banda transportadora VM-BT-02.....	113



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DISEÑO ELECTRÓNICO DE HORNO TERMOENCOGIBLE  
AUTOMATIZADO PARA LA EMPRESA SERVICIOS MÚLTIPLES  
CADENAS & CORTES C.A.**

**Autores:** Crupi, Abel y Valera, Juan.

**Tutor:** Ing. Emmanuel Sandoval.

**Fecha:** marzo de 2021.

**RESUMEN**

La presente investigación se desarrolló en la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A., dedicada al diseño y fabricación de máquinas y soluciones industriales para pequeños y grandes emprendedores nacionales. En su catálogo se encuentran máquinas automatizadas para líneas de producción, equipos dedicados a etapas de llenado, envasado, tapado, etiquetado de producto líquidos y a granel. Sin embargo, actualmente no se dispone de la oferta de una máquina automatizada para el empacado de envases agrupados, el cual ha sido solicitado en diversas oportunidades por potenciales clientes. En base a ello, el departamento de diseño mecánico se ha desarrollado un prototipo de horno termoencogible que pueda cumplir esta función, y la presente investigación basa su objetivo principal en complementar este proyecto con el diseño electrónico que permita automatizar la máquina. Para tal efecto, el estudio se desglosó en cuatro (4) fases, inicialmente se realizó un diagnóstico del estado del prototipo mecánico, seguidamente se determinaron los elementos necesarios para llevar a cabo el diseño y a través de esa información se elaboró la propuesta del sistema electrónico, incluyendo el software de programación. Finalmente, se evaluó la factibilidad del proyecto desde el enfoque operativo, técnico y económico. La investigación se orientó en la modalidad de proyecto factible con un diseño de campo y documental, y un nivel descriptivo; tomando como población a la empresa, y destacando a la línea de hornos industriales como la muestra. Aunado a ello, se empleará como técnicas de recolección de datos: la observación directa, la entrevista no estructurada y la revisión bibliográfica y documental.

**Descriptores:** Diseño electrónico, Instrumentación industrial, Automatización industrial.

## INTRODUCCIÓN

Los seres humanos han demostrado tener patrones de conducta relacionados a la innovación. En épocas de crisis, surgen diversas iniciativas que contribuyen a la mejora de la calidad de vida de las personas. En Venezuela, en los últimos años, se ha incrementado sustancialmente el fenómeno del emprendimiento, debido a la difícil situación económica y social en la que se ha visto sumergida el país, dando lugar a la generación de pequeñas empresas que desean penetrar el mercado nacional.

En este orden de ideas, la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A., se dedica a la fabricación de maquinarias y equipos industriales destinados a generar líneas de producción eficientes, fiables y perdurables. Actualmente, la empresa desea abarcar un sector del mercado protagonizado por los hornos termoencogibles automatizados, por lo que ha desarrollado un prototipo del equipo. Sin embargo, el proyecto requiere el diseño electrónico que complemente a la estructura mecánica de la máquina. Para lograr este propósito, la investigación se estructurará en cuatro capítulos, tal como se describen a continuación:

**Capítulo I:** permite dar a conocer las razones que motivan el estudio, los beneficios que se obtendrían de la propuesta y los objetivos de la misma.

**Capítulo II:** se señalan las investigaciones similares al proyecto planteado que sirven como marco referencial para el soporte del mismo. Además, se presentan los fundamentos teóricos y legales que sustentan la investigación y la aplicación de herramientas para el diseño de las propuestas.

**Capítulo III:** se describen las características de la investigación, el cómo se obtendrá la información y a través de qué herramientas se analizarán dichos datos, para el posterior desarrollo de la propuesta que permita la consecución del objetivo general.

**Capítulo IV:** resultados, está conformado por cuatro (4) fases, la revisión del prototipo mecánico del horno termoencogible, la selección de los componentes electrónicos necesarios, el diseño del software de programación y la evaluación de la propuesta desde los enfoques operativo, técnico y económico.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del Problema**

Los seres humanos en la antigüedad descubrieron que, por medio de una estructura en forma de bóveda y fabricada con materiales resistentes a altas temperaturas, se podía lograr que los alimentos se cocieran uniformemente debido a la concentración del calor generado. Este hallazgo permitió establecer el principio de funcionamiento de un horno común, el cual resulta indispensable para una cocina moderna. Sin embargo, el alcance de dicho principio no se limita al ámbito doméstico, sino que también puede extenderse al sector industrial.

En la industria, el interior de los hornos se calienta hasta alcanzar temperaturas considerablemente superiores a la temperatura ambiente, esto con el objetivo de lograr procesos manufactureros diversos e indispensables para la fabricación de productos, tales como: tratamiento térmico de materiales (fundición de metales, aleaciones, recubrimientos), cambios en el estado físico de los materiales (vaporización, templado y aumento de la maleabilidad), eliminación de impurezas, cocción industrial de alimentos y empaquetado de productos, siendo esta última la aplicación concerniente al presente trabajo de investigación.

Empleando hornos en forma de túnel se puede contraer el plástico dispuesto sobre una serie de envases, permitiendo que el polímero se convierta en una capa resistente que mantenga los recipientes organizados, juntos y protegidos. Este efecto es generado por corrientes de aire caliente dirigidas al conjunto de envases mientras una banda transportadora los traslada a una velocidad controlada a través del interior del horno.

Las aplicaciones de estas máquinas abarcan la industria alimenticia, farmacéutica y química, con productos tales como: jabón líquido, detergente, cloro, gel antibacterial, alcohol, agua, licores, jugos, concentrados, salsas, grasa natural,

mermeladas, aceites minerales o vegetales, medicamentos en tabletas, enlatados, entre otros (ver Figura 1.).



**Figura 1.** Ejemplos de empaques obtenidos con hornos termoencogibles.

**Fuente:** <https://ec.all.biz/empaque-termoencogible-g5290>.

Entre las empresas venezolanas encargadas de comercializar los productos mencionados anteriormente se encuentran: Empresas Polar, Productos Clic, Purissima de Venezuela, Heinz, Multinacional de Sabores, Central El Palmar, Cargill, Demaseca, Lácteos Los Andes, entre otras. Aunado a ello, actualmente, en Venezuela, existen múltiples y diversas iniciativas de emprendimiento dedicadas a la producción de productos envasados, surgiendo así marcas potenciales con la proyección de competir en el mercado nacional.

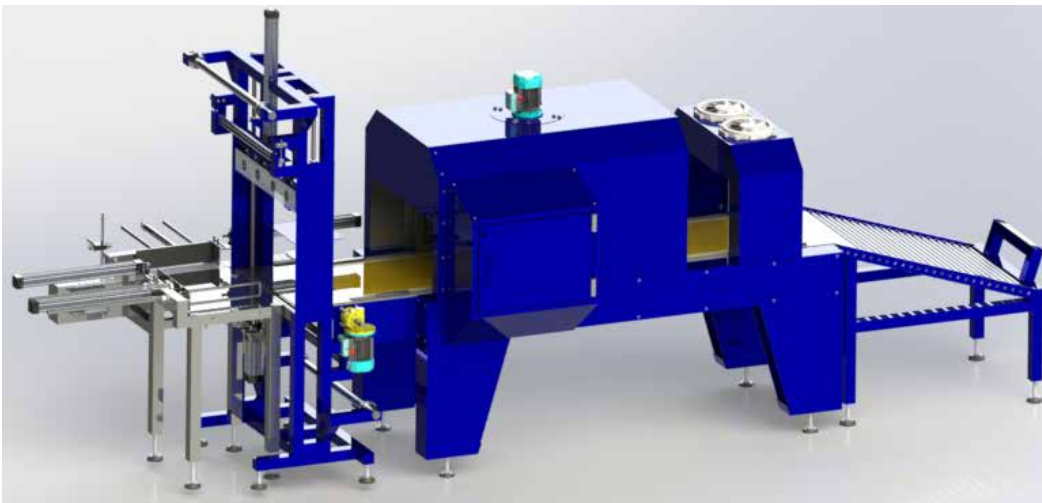
De esta manera, surge la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A., la cual se dedica al diseño y a la fabricación de máquinas y soluciones industriales para pequeños y grandes emprendedores nacionales. En su catálogo se encuentran máquinas automatizadas dedicadas a las etapas de llenado, envasado, tapado y etiquetado de una línea continua de producción, así como también tanques mezcladores y mesas giratorias de emisión y recepción de envases y productos, respectivamente.

Sin embargo, la dirección de ingeniería de la empresa ha observado la inexistencia de un equipo automatizado destinado al empaqueo de productos terminados en sus respectivas líneas productivas. Esto debido a la recurrente consulta por parte de potenciales clientes acerca de la existencia de dicho equipo, entre los que se destacan: Corporación Fácil Química, Alimentos La Perla, Empresas Iskeilin,

Alimentos La Giralda, Industrias TMG SAS, Zoe Automotriz, Ron Guajira, Empresas Liluca, Alimentos La Viña y la Fábrica De Alimentos Rangel & Asociados.

Según las estadísticas del departamento de ventas, el 72% de los clientes recibidos desde el año 2018 hasta el año 2020, preguntaron por hornos termoencogibles automáticos que puedan adaptarse al resto de las etapas de la línea de producción sin generar pérdidas ocasionadas por tiempos de espera, exceso de procesos, sobreproducción o defectos en el producto.

En base a ello, el departamento de Diseño Mecánico de la empresa se ha encargado de desarrollar un prototipo de horno termoencogible que pueda cumplir esta función, con el fin de satisfacer esta evidente necesidad del mercado nacional (ver Figura 2.). Sin embargo, el equipo de ingenieros mecánicos requiere el diseño electrónico que complemente a la estructura y permita el funcionamiento automatizado de la máquina.



**Figura 2.** Prototipo de horno termoencogible.

**Fuente:** Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A.

Este diseño comprende la selección de los equipos (eléctricos, neumáticos y electrónicos), los planos eléctricos y electrónicos de conexión de los elementos de la máquina, la programación del controlador lógico programable (PLC) que garantice el control de las variables involucradas (velocidad, electricidad, temperatura y presión).

La máquina está destinada a trabajar automáticamente, ya que no se requeriría la presencia de operadores para posicionar y organizar los envases en la entrada del horno, sino que, a través de pistones y ajuste de parámetros en un controlador lógico programable, la máquina podría cumplir esta tarea evitando así la interrupción del proceso.

## **1.2 Formulación del Problema**

En base a lo expuesto se realiza la siguiente formulación: ¿De qué manera se puede realizar el diseño electrónico de un horno termoencogible automatizado para la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A.?

## **1.3 Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Proponer un diseño electrónico para un horno termoencogible automatizado para la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- § Revisar el prototipo mecánico de horno termoencogible propuesto por el departamento de Diseño Mecánico de la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A.
- § Determinar los equipos, materiales e instrumentos a implementar en el diseño.
- § Diseñar el sistema electrónico para el funcionamiento automatizado del horno termoencogible de la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A.
- § Evaluar la factibilidad operativa, técnica, económica, social y ambiental del diseño realizado.

## **1.4 Justificación de la Investigación**

La empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A. se encuentra en la necesidad de satisfacer el mercado de máquinas automatizadas para empaques termoencogibles, con el fin de aumentar la competitividad en la industria tecnológica nacional y evolucionar el catálogo de la línea de producción propuesta. Adicionalmente, la empresa podrá ampliar el rango de potenciales clientes, ofreciendo un producto innovador, resistente, eficiente y de bajo mantenimiento.

En base a la necesidad planteada, surge la importancia del presente estudio, ya que su finalidad es desarrollar un diseño electrónico que complemente al prototipo mecánico realizado por la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A. y así contar con un horno termoencogible automatizado en su lista de ofertas, un equipo que permita aumentar la productividad de los clientes que lo adquieran, reduciendo las pérdidas generadas con métodos manuales o semiautomáticos y mejorando las condiciones económicas y comerciales de sus marcas.

Aunado a ello, la presente investigación permitirá poner en práctica a los investigadores aquellos conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera universitaria, relacionados a selección de instrumentos electrónicos e industriales, medición de variables físicas, teorías de control, manipulación y control de máquinas eléctricas, control y acondicionamiento de señales de sensores, automatización industrial y selección de conductores para sistemas industriales de potencia eléctrica, entre otros. Finalmente, permitirá aportar a la Universidad José Antonio Páez una investigación que sirva de apoyo para posteriores estudios similares.

### **1.5 Alcance**

El presente trabajo de investigación será desarrollado para el departamento de Diseño Mecánico de la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A., ubicada en la Zona Industrial, municipio Valencia, estado Carabobo. Para efectos del diseño, su alcance comprende el análisis de la necesidad de la empresa de contar con un horno termoencogible automatizado, la identificación de las herramientas y equipos a utilizar para satisfacer dicha necesidad, el diseño electrónico del equipo y la evaluación de la factibilidad general de la propuesta.

Por su parte, la implementación del diseño electrónico representa el fin idóneo para este proyecto, sin embargo, quedará bajo la decisión y responsabilidad de la empresa si esta lo considere pertinente, por lo que el estudio no abarcará la puesta en marcha de la propuesta ni la evaluación de los resultados posteriores a su creación.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

Balestrini, M. (2006, p. 91), define al marco teórico como: “el resultado de la selección de aquellos aspectos más relacionados del cuerpo teórico que se asume, referidos al tema específico elegido para su estudio”. De esta manera, el marco teórico es la ubicación del tema de estudio dentro de un conjunto de conceptualizaciones y antecedentes sólidos, que permitan abordar el tema a través de la revisión bibliográfica y cuya contribución sustenta el desarrollo de la investigación.

#### **2.1. Antecedentes de la Investigación**

Como apoyo a la presente investigación, se ha realizado una minuciosa búsqueda de información, hallando respaldo en previas publicaciones relacionadas al tema en estudio, cuyo aporte teórico se considera valioso y relevante al momento de plantear la problemática. Entre estos estudios se pueden destacar los siguientes:

León, Á. (2019) realizó un Trabajo de Grado titulado “**Automatización del proceso de cogeneración de vapor en la caldera N°7 de Papeles Venezolanos C.A.**” presentado para la obtención del título de Ingeniero Electrónico en la Universidad José Antonio Páez, en Carabobo, Venezuela. En dicha labor se desarrolló una propuesta para el control automatizado de cogeneración en la caldera de una turbina a gas, representando así un proyecto aplicable a calderas de recuperación o calentadores. Esta investigación se presenta como un proyecto de factibilidad apoyado por investigaciones documentales y de campo. Adicionalmente, la misma surge por la necesidad de facilitar al personal la labor de mantenimiento a los controladores lógicos programables (PLC) junto a sus respectivos sistemas operativos.

De esta manera, se planteó una propuesta para automatizar todo el proceso con equipos modernos que ofrecieran garantías productivas, junto a los diagramas de procesos respectivos, las líneas de código necesarias para la programación de los controladores lógicos programables (PLC's) y el establecimiento de las

comunicaciones para el envío y recepción de datos a través de un sistema Human-Machine Interface (HMI). El antecedente mencionado guarda relación con el presente trabajo de investigación gracias al empleo de controladores industriales junto al análisis de sus respectivos parámetros y la programación de controladores lógicos programables, bajo un esquema de proyecto factible.

Asimismo, Moreno, P. (2019) realizó un Trabajo de Grado denominado: **“Propuesta de diseño de automatización del sistema de sellado de las llenadoras ROVEMA en la empresa Colgate Palmolive C.A.”** el cual fue desarrollado para la obtención del título de Ingeniero Electrónico en la Universidad José Antonio Páez, en Carabobo, Venezuela. El trabajo se desarrolló bajo un enfoque metodológico, aplicado en una investigación de campo de tipo descriptivo. Dicho proyecto factible tiene relación con el presente estudio gracias a la implementación de PLC's junto a la descripción de los códigos de programación requeridos para el control de los mismos. Adicionalmente, cuenta con la selección de equipos de instrumentación en base a la relación entre las características de los mismos y sus respectivos valores nominales con las características propias del proceso.

Por último, Alarcón, A. y Mena, E. (2017) desarrollaron el proyecto titulado: **“Implementación y automatización de un túnel de calor para termoencogido de la empresa Gamma Servicios”** con el fin de optar al título de Tecnólogo Electromecánico en la Escuela de Formación de Tecnólogos de la Escuela Politécnica Nacional, en Quito, Ecuador. Metodológicamente, dicha investigación está fundamentada en una investigación descriptiva. En este proyecto se desarrolló una investigación minuciosa para la selección de los múltiples complementos e implementos electrónicos necesarios para la automatización de un horno termoencogible. Aunado a ello, los investigadores realizan una descripción de los diversos tipos de envases utilizables en la máquina industrial.

El aporte del trabajo anteriormente expuesto ofrece como referencia los diseños de la programación gráfica en diagrama de escalera para los PLC's, manuales de programación para que los operadores utilicen el equipo de manera eficiente, selección

de equipos e instrumentos y planos esquemáticos para las conexiones eléctricas del mismo. De esta manera, el proyecto brinda información complementaria para la automatización de un horno termoencogible para la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A.

## **2.2. Bases Teóricas**

Según Arias, F. (2012, p. 107) “las bases teóricas implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado, para sustentar o explicar el problema planteado”. En este sentido, se incorporan los elementos teóricos centrales que orientarán el estudio, es decir, todas aquellas nociones, teorías y enfoques que, dada su estrecha vinculación con el tema de investigación, conducen el problema planteado a un terreno donde pueda ser debatido en base a criterios y paradigmas que le otorguen mayor solidez y perdurabilidad.

### **2.2.1. Sistema Electrónico**

Según Artero, T. (2013) un sistema electrónico es un conjunto de: sensores, circuitería de procesamiento y control, actuadores y fuente de alimentación. Los sensores obtienen información del mundo físico externo y la transforman en una señal eléctrica que puede ser manipulada por la circuitería interna de control. Existen sensores de todo tipo: de temperatura, tensión, posición, humedad, movimiento, sonido, luminosidad, electricidad, etcétera.

Los circuitos internos de un sistema electrónico procesan la señal eléctrica convenientemente. La manipulación de dicha señal dependerá tanto del diseño de los diferentes componentes del hardware del sistema, como del conjunto lógico de instrucciones que dicho soporte físico tenga pregrabado y que sea capaz de ejecutar de forma autónoma.

### **2.2.2. Automatización Industrial**

El autor Quiroga, J. (2008) define a la automatización como “la mecánica o control de sistemas industriales, en donde existe escasez de mano de obra humana, y a su vez se ocasiona un comportamiento dinámico de sistemas por medio de comandos con reglas”. Por lo tanto, se puede considerar como una disciplina basada en el uso de

sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos para controlar procesos industriales, reduciendo la exigencia del esfuerzo humano, estandarizando procedimientos y brindando trazabilidad en las líneas de producción. En síntesis, la automatización se implementa en la industria para optimizar y mejorar el funcionamiento de una planta.

### **2.2.3. Medición**

Es un proceso a través del cual se obtiene una característica propia de un elemento, la cual es comparada con una referencia o patrón con el fin de determinar la cantidad de veces que el patrón está contenido dentro del objeto a medir. Según Fenton, N. y Pfleeger, S. (1997) la medición es “el proceso por el cual se asignan números o símbolos a atributos de entidades del mundo real, de tal forma que los describa de acuerdo con reglas claramente definidas”.

### **2.2.4. Instrumentos de Medición**

Es un objeto utilizado para comparar magnitudes físicas mediante un proceso de medición. Como unidades de medida se utilizan elementos previamente establecidos como patrones, de esta manera, con el instrumento se obtiene una magnitud que es la relación entre el objeto de estudio y la unidad de referencia. Sus características son:

- § **Apreciación:** medida perceptible más pequeña.
- § **Exactitud:** capacidad de medir un valor cercano al valor de la magnitud real.
- § **Precisión:** capacidad para brindar un mismo resultado en distintas mediciones realizadas en las mismas condiciones.
- § **Resolución:** mínima variación medible de la magnitud.
- § **Sensibilidad:** relación de desplazamiento entre el indicador de la medida y la medida real.

### **2.2.5. Instrumentación Industrial**

Son todos aquellos elementos utilizados para medir, analizar y controlar aquellas variables involucradas en procesos industriales. Entre las variables típicas de procesos se pueden encontrar: presión, caudal, nivel, temperatura, pH, conductividad, velocidad, peso, fuerza, cantidad de sustancia, corriente eléctrica, humedad, etcétera. Estos instrumentos permiten la regulación de magnitudes de una manera

considerablemente más efectiva que operadores y en ámbitos con condiciones físicas extremas.

### **2.2.6. Control de Procesos**

Katsuhiko, O. (2010) indica que el control de procesos “ha desempeñado un papel vital en el avance de la ingeniería y la ciencia, pues se ha convertido en una parte integral de sistemas de vehículos espaciales o robóticos, en procesos modernos de fabricación y en cualquier operación industrial”. La teoría de control moderna se encarga de simplificar el diseño de los sistemas de control, basándose en un modelo del sistema real que se quiere controlar. A su vez, Katsuhiko, O. (2010) define el término *controlar* como la acción de “medir el valor de la variable controlada del sistema y aplicar la variable manipulada al sistema para corregir o limitar la desviación del valor medido respecto del valor deseado”. En base a ello, algunos de los aspectos más importantes de esta acción son:

- § Variable controlada: cantidad o condición que se mide y controla.
- § Variable manipulada: cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada. Normalmente, esta representa es la salida del sistema.
- § Planta: puede ser una parte de un equipo, tal vez un conjunto de los elementos de una máquina que funcionan juntos, y cuyo objetivo es efectuar una operación particular.
- § Procesos: operación progresivamente continua, marcada por una serie de cambios graduales que se suceden unos a otros de una forma relativamente fija y que conducen a un resultado o propósito determinado.
- § Sistema: combinación de componentes que actúan juntos y realizan un objetivo determinado.
- § Perturbaciones: señal que tiende a afectar negativamente el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se denomina interna, mientras que una perturbación externa se genera fuera del sistema y es una entrada.

§ Control realimentado: operación que, en presencia de perturbaciones, tiende a reducir la diferencia entre la salida de un sistema y alguna entrada de referencia, y lo realiza tomando en cuenta esta diferencia.

### 2.2.7. Controladores Lógicos Programables (PLC's)

La asociación industrial estadounidense National Electrical Manufacturers Association (NEMA) señala que:

Un PLC es un aparato electrónico operado digitalmente, con una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones que implementen funciones lógicas específicas como la secuenciación, el registro y control de tiempos, el conteo y desarrollo de operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entradas y salidas digitales o analógicas, varios tipos de máquinas o procesos (ver Figura 3.).



**Figura 3.** Controlador Lógico Programable (PLC).

Fuente: <https://www.autycom.com/5-mejores-plc-de-siemens/>.

Entre sus partes se encuentran:

§ Fuente de alimentación: se encarga de proporcionar energía eléctrica de corriente continua a cada uno de los circuitos electrónicos que conforman el controlador. Este elemento, internamente, realiza la conversión de corriente alterna a corriente continua, permitiendo la obtención de energía desde una red de alimentación común. Usualmente se le conoce como *fuerza de poder* (ver Figura 4.).



**Figura 4.** Fuente de poder de PLC.

**Fuente:** <https://spanish.alibaba.com/product-detail/24v-2-5a-60w-industrial-power-supply-plc-module-for-plc-control-60778423117.html>.

§ Módulo de memoria: se encarga de guardar el programa en una memoria, la cual puede ser volátil o no volátil. Sus denominaciones son *memoria de acceso aleatorio* (RAM) y *memoria de sólo lectura* (ROM), respectivamente (ver Figura 5.)



**Figura 5.** Módulo de memoria de PLC.

**Fuente:** <https://www.plc-city.com/shop/es/siemens-simatic-s5/6es5375-0ld31.html>.

§ Batería: brinda la energía o alimenta eléctricamente a la memoria RAM cuando el PLC no posee alimentación. Cuando la memoria utilizada en el módulo es ROM, la batería no es necesaria (ver Figura 6.).



**Figura 6.** Batería de PLC.

**Fuente:** <https://www.batteries4pro.com/es>.

- § Periféricos: sistemas de entradas y salidas para posibilitar la conexión física entre la unidad de procesamiento y el mundo exterior.
- § Puertos de comunicación: medios de comunicación con la interfaz, los periféricos, las unidades de programación, con otros PLC, etcétera.
- § Unidad Central de Procesamiento (CPU): se encarga de controlar la secuencia en la cual se ejecuta el programa y de coordinar la comunicación entre los distintos elementos que componen al PLC. Adicionalmente, ejecuta las operaciones lógicas y aritméticas.

Los controladores lógicos programables se pueden presentar de distintas maneras, debido a ello, los tipos de PLC's son:

- § PLC compacto: utilizado para pequeñas aplicaciones e integran todas las partes de un PLC en una única unidad (ver Figura 7.).



**Figura 7.** PLC compacto.

Fuente: <https://dtsinstruments.com/producto/plc-compacto-ec4p/>.

- § PLC modular: posee diversos elementos que se pueden agrupar para cubrir la necesidad del usuario final (ver Figura 8.).



**Figura 8.** PLC modular.

Fuente: <https://dtsinstruments.com/producto/plc-compacto-ec4p/>.

Los PLC's se utilizan en procesos industriales cuando se requiere una amplia recopilación de datos, cuando se cuenta con procesos secuenciales, cuando se manejan grandes cifras de producción y se presentan procesos peligrosos con condiciones extremas. En base a ello, estos controladores brindan un menor tiempo de elaboración de proyectos, la posibilidad de hacer modificaciones sin costo adicional en otros componentes del proceso, un mínimo espacio de ocupación, un menor costo de mano de obra gracias a un mantenimiento económico y la posibilidad de controlar varias máquinas con un mismo controlador.

#### **2.2.8. Sensores y Transductores**

Abarca, G., Carreño, J. y Corona, L. (2014) señalan que:

La definición de *sensor* está íntimamente relacionada con la definición de *transductor*, ya que un sensor siempre hará uso de un transductor. No obstante, la principal diferencia entre un transductor y un sensor radica en que el sensor no solo cambia el dominio de la variable física medida, sino que además la salida del sensor será un dato útil para un sistema de medición. De este modo, un sensor se define como un dispositivo de entrada que provee una salida manipulable de la variable física medida.

De esta manera, el sensor, a diferencia del transductor, solo puede ser un dispositivo de entrada al proceso, ya que este último siempre será un intermediario entre la variable física y el sistema de medida. Por lo tanto, en el caso de un sensor no basta con transformar la energía, ya que este debe tener el tipo de dominio requerido. Hoy día, los sensores entregan señales eléctricas a la salida, ya sean analógicas o digitales, debido a que este tipo de dominio físico es el más utilizado en los sistemas de medida actuales.

Estos equipos son fabricados con diseños robustos para trabajar con diversas variables físicas en ambientes extremos, involucrando en sus diseños un determinado principio físico o químico para desempeñar su funcionamiento correctamente. Por lo general, se encuentran en contacto directo con la variable que están destinados a medir (ver Figura 9.).



**Figura 9.** Tipos de sensores y transductores.

**Fuente:** <https://www.directindustry.es/fabricante-industrial/sensor-nivel-flotador-80528.html>.

### 2.2.9. Motores Eléctricos

Son aquellas máquinas que transforman energía eléctrica en energía mecánica para desempeñar múltiples labores. Sus partes principales son el rotor y el estator. El rotor es la parte móvil encargada de girar y mover la carga mecánica, mientras que el estator es la parte estática que recibe la energía eléctrica suministrada por la red de alimentación. Su funcionamiento se debe principalmente a la ley de Faraday, la cual establece que en un conductor en movimiento y en presencia de un campo magnético en movimiento, se inducirá un voltaje eléctrico entre sus terminales y, por consiguiente, una corriente eléctrica.

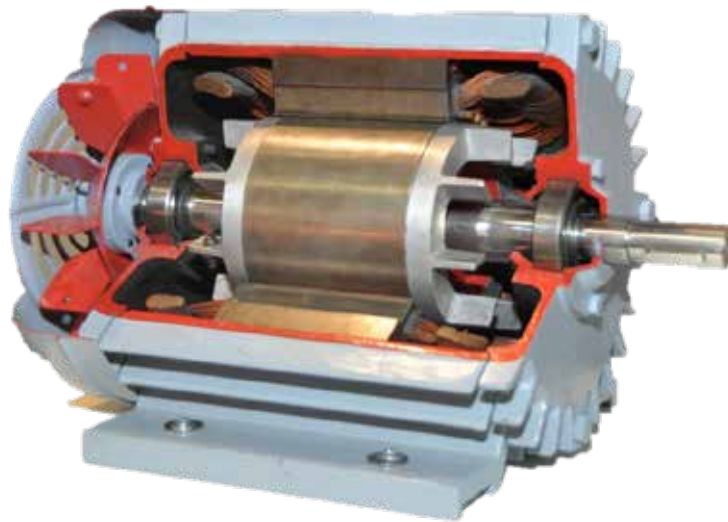
Existen dos tipos de motores eléctricos, clasificados según el tipo de corriente eléctrica manejada, por lo que uno es de corriente continua (DC) y el otro de corriente alterna (AC). Para los motores AC, el diseño más utilizado es el del motor *Jaula de Ardilla*, gracias a su bajo mantenimiento, versatilidad y eficiencia. Este funciona con alimentación trifásica y con tres (3) devanados separados 120° entre sí (ver Figura 10.).



**Figura 10.** Motor Jaula de Ardilla.

**Fuente:** <https://www.motor.mapfre.es/coches/noticias-coches/motor-asincrono/>.

Por otro lado, los motores DC son más complicado de fabricar y requieren un mantenimiento más elaborado. Estos cuentan con imanes permanentes o electroimanes en el estator, un devanado en el rotor y escobillas que propician la conversión de corriente alterna a corriente continua (ver Figura 11.).



**Figura 11.** Motor DC.

**Fuente:** <https://motoresysuministrosblog.wordpress.com/about/>.

#### **2.2.10. Variadores de Velocidad (VSD)**

Son dispositivos mecánicos, hidráulicos, eléctricos o electrónicos utilizados para controlar la velocidad giratoria de un equipo determinado, típicamente un motor eléctrico. Considerando que las máquinas industriales son generalmente accionadas por motores a velocidades constantes o variables, pero con valores precisos, estos elementos son indispensables en los paneles de control (ver Figura 12.).



**Figura 12.** Variador de Velocidad (VSD).

**Fuente:** <https://www.reporteroindustrial.com/temas/Variadores-de-velocidad-serie-D700-con-controles-vectorial-y-de-excitacion-para-el-ahorro-energetico+10089383>.

### 2.2.11. Bandas Transportadoras

Son sistemas de transporte continuo utilizados para el traslado eficiente de todo tipo de materiales o mercancías dentro de una planta de producción, de un almacén industrial o cualquier empresa logística. Su funcionamiento se basa en el movimiento de un soporte físico, la banda o cinta, montada sobre unas plataformas de dimensiones variables y que puede contar con distintos tipos de accesorios (guardas laterales, topes, desviadores, barandillas, ruedas y otro tipo de accesorios neumáticos o mecánicos). La velocidad y capacidad de carga dependerán tanto de las características del material a desplazar (polvo, grano fino, paquetes) como del tipo de cinta transportadora (ver Figura 13.).



**Figura 13.** Banda transportadora.

**Fuente:** Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A.

### 2.2.12. Efecto Joule

La ley de Joule establece la relación existente entre el calor generado por una corriente eléctrica que fluye a través de un conductor, la corriente misma, la resistencia del conductor y el tiempo en el que la corriente existe. Dicha relación se establece a través de la siguiente ecuación:

$$Q = i^2 R t$$

Donde:

- § **Q**: cantidad de calor generada, expresada en Julios [J].
- § **i**: corriente eléctrica que circula por el conductor, expresada en amperios [A].
- § **R**: resistencia eléctrica presente en el conductor, expresada en ohmios [

§ Vidrio: son ideales para el proceso de termoencogido debido a su resistencia a altas temperaturas sin presentar deformaciones. Cabe destacar que dicha resistencia dependerá de la forma del envase, la distribución del vidrio y la composición del mismo. Además, los envases fabricados con este material brindan la posibilidad de ser reutilizados, facilitando su lavado y esterilización. Sin embargo, en la actualidad, la fabricación de este tipo de envases posee un costo elevado de producción, distribución y recuperación (ver Figura 14.).



**Figura 14.** Envases de vidrio.

**Fuente:** <https://www.catalogodeempaques.com/ficha-producto/botellas-de-vidrio+104783>.

§ Plástico: son envases ligeros utilizados para la contención de líquidos debido a su capacidad para moldearse a la forma según la necesidad del producto terminado. A diferencia del vidrio, este material tiene un bajo costo de producción. Existen diversos tipos de plásticos, aspecto importante a considerar ya que algunos de ellos no soportan temperaturas elevadas. Entre los tipos se encuentran:

Polietileno de alta densidad (PEAD): es la resina más utilizada para la fabricación de envases de plástico. Es un material económico, resistente a impactos y a la humedad (ver Figura 15.).



**Figura 15.** Envases de plástico PEAD.

**Fuente:** <https://www.catalogodeempaques.com/temas/Soluciones-a-siete-problemas-comunes-en-soplado-de-polietileno+126274?pagina=2>.

Polietileno de baja densidad (PEBD): son similares a los envases PEAD, pero menos rígidos y resistentes químicamente, y más translúcidos. Adicionalmente, son considerablemente menos costosos que los PEAD. Su uso está orientado generalmente a los productos de bebidas (ver Figura 16.).



**Figura 16.** Envases de plástico PEBD.

**Fuente:** <https://www.catalogodeempaques.com/ficha-producto/Linea-de-envases-plasticos-para-bebidas+101325>.

Politereftalato de etileno (PET): se utiliza para bebidas carbonatadas y botellas de agua. Proporciona propiedades de barrera para alcoholes y aceites, alta resistencia química a la degradación por impacto y a la tensión. En contraparte, no es aplicable para acetonas (ver Figura 17.).



**Figura 17.** Envases de plástico PET.

**Fuente:** <https://www.miratumexico.com/2018/03/plantean-crear-impuesto-a-oferta-y-consumo-de-envases-PET.html?m=0>.

Policloruro de vinilo (PVC): poseen resistencia a aceites, resistencia a impactos y proporcionan una barrera eficiente contra gases. Es resistente químicamente pero vulnerable a solventes (ver Figura 18.).



**Figura 18.** Envases de plástico PVC.

**Fuente:** <https://www.planetamexico.com.mx/envases-plastico-cosmeticos-aguascalientes-F120DC0021CD346>.

Polipropileno (PP): representa envases rígidos con considerable barrera a la humedad y estabilidad a altas temperaturas. Por ello, se utiliza con la esterilización por vapor. Sin embargo, poseen baja resistencia a impactos, especialmente a temperaturas bajas (ver Figura 19.).



**Figura 19.** Envases de plástico PP.

**Fuente:** <https://www.guiaserviciosproductos.com/analisis-productos-mercado/plasticos-de-pp.php>.

Poliestireno (PS): son envases considerablemente traslúcidos y rígidos de bajo costo. Son comúnmente utilizados para productos secos. Sin embargo, no cuentan con resistencia a impactos o a altas temperaturas, ni propiedades de barrera (ver Figura 20.).



**Figura 20.** Envases de plástico PS.

**Fuente:** <https://www.guiaserviciosproductos.com/analisis-productos-mercado/plasticos-de-pp.php>.

§ Metal: componen a envases rígidos con materiales como la hojalata electrolítica, láminas cromadas o aluminio. Estos proveen alta resistencia a impactos y al fuego, además de un mayor tiempo de perduración para la conservación de los productos (ver Figura 21.).



**Figura 21.** Envases de metal.

Fuente: <https://envan.do/>.

### 2.2.5 Acción de Embalaje

La acción y efecto de embalar consiste en la disposición, en una manera organizada, de todos aquellos objetos a transportar a un lugar determinado. Dichos objetos son puestos en cubiertas, cajas o envolturas. Sin embargo, indiferentemente del material utilizado, el objetivo es asegurar que los productos o materiales puedan resistir los traslados bruscos de un lugar a otro sin sufrir perturbaciones o alteraciones en sus propiedades físicas o químicas (ver Figura 22.).



**Figura 22.** Productos embalados.

Fuente: <https://www.sutori.com/item/embalaje-terciario-agrupa-embalajes-secundarios-principalmente-para-su-transport>.

### 2.2.16. Películas Termoencogibles

Son capas retráctiles plásticas que se encogen al ser sometidas a una fuente de calor. En su proceso de fabricación son estiradas con el objetivo de orientar a las moléculas que componen al plástico según un patrón determinado. Cuando se calientan en el horno industrial debido al efecto Joule, las películas recuperan su tamaño y forma original encima del producto a envolver, generando un empaque resistente y firme una vez que esta se enfría (ver Figura 23.).



**Figura 23.** Películas termoencogibles.

Fuente: <https://peliculatermoencogible.mx/>.

### 2.2.17. Teoría de Termocontracción

El sistema de embalaje basado en este fenómeno se fundamenta en la utilización de materiales termoplásticos (películas), capaces de variar sus dimensiones y así adecuarse a la forma del objeto a envolver, cuando son sometidos a una temperatura determinada. Este efecto es producido como consecuencia de las tensiones residuales existentes en la película, las cuales fueron obtenidas durante la fabricación del mismo. Estas tensiones están divididas en contracciones longitudinales y en contracciones transversales. Este fenómeno se desarrolla siguiendo ordenadamente las siguientes etapas:

1. **Ablandamiento:** al alcanzar una temperatura alta se observa que la película se ablanda y sufre alargamiento en ambas direcciones (transversal y longitudinal), este fenómeno se debe a la dilatación térmica del material.

2. Retracción: ocurre una retracción acelerada de la película, alcanzándose un considerable desplazamiento que constituye aproximadamente el 90% de la retracción total.
3. Estabilización: el material deja de contraerse, aunque permanezca a la temperatura de contracción o superior a ella.
4. Enfriamiento: el material completa su retracción mientras se enfría. Esta etapa resulta fundamental debido al incremento de la fuerza de contracción de la película.

### 2.2.18. Resistencia Eléctrica

García, J. (2015) define a este tipo de resistencia como “toda oposición que encuentra la corriente a su paso por un circuito eléctrico cerrado, atenuando el libre flujo de circulación de los electrones”. La resistencia es equivalente a:

$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$

Donde:

§ **R**: resistencia eléctrica, expresada en ohmios [  $\Omega$  ].

§ **S**: área de la sección transversal del conductor [ $m^2$ ].

§  **$\ell$** : longitud del conductor [ $m$ ].

§  **$\rho$** : coeficiente de proporcionalidad o resistividad del material [  $\Omega \cdot m$  ].

De manera complementaria, las resistencias disipan calor en calor una cantidad de potencia cuadráticamente proporcional a la corriente que la atraviesa y a la caída de tensión que aparece en sus terminales. Este fenómeno surge gracias a los efectos de la ley de Joule, tal como muestra la siguiente ecuación:

$$P = VI = RI^2 = \frac{V^2}{R}$$

Donde:

§ **P**: potencia disipada [ $W$ ].

§ **V**: tensión eléctrica en terminales de la resistencia [ $V$ ].

§  $I$ : corriente eléctrica que circula por el conductor, expresada en amperios [A].

§  $R$ : resistencia eléctrica, expresada en ohmios [  $\Omega$  ].

Basándose en las dimensiones del cuerpo de la resistencia, las características de conductividad de calor del material que la forma y que la recubre, y el ambiente en el cual está pensado que opere, el fabricante puede calcular la potencia que es capaz de disipar cada resistencia como componente discreto, sin que el aumento de temperatura provoque su destrucción.

### 2.2.19. Pistones Neumáticos

Son actuadores que aplican la tecnología neumática, con el fin de obtener una gran facilidad de manejo y un bajo precio de instalación y mantenimiento, convirtiendo la energía del aire comprimido en esfuerzos mecánicos. Estos permiten transportar y almacenar potencia mecánica, no necesitan circuitos remotos, trabajan con energías limpias y no son contaminantes. Sin embargo, la fuerza que son capaces de desarrollar es limitada y debido a las características comprensibles del fluido, la cantidad de movimientos realizables es limitada. Debido a ello, la aplicación de estos actuadores está típicamente destinada para accionamientos simples (ver Figura 24.).



**Figura 24.** Pistón neumático.

Fuente: <https://peliculatermoencogible.mx/>.

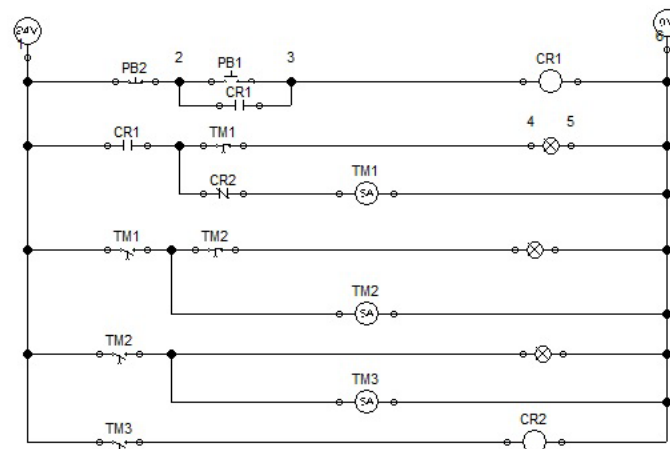
### 2.2.20. Lenguajes de Programación para PLC's

Son códigos diseñados con el fin de establecer un canal de comunicación efectivo entre el usuario y la máquina. A través de ellos, se desarrollan programas con las instrucciones necesarias para controlar el comportamiento de cualquier controlador

lógico programable. Estos se pueden clasificar en lenguajes de alto nivel y en lenguajes de bajo nivel.

§ Lenguajes de alto nivel: son lenguajes gráficos que emplean interfaces de símbolos para indicar las instrucciones de control. Algunos ejemplos son:

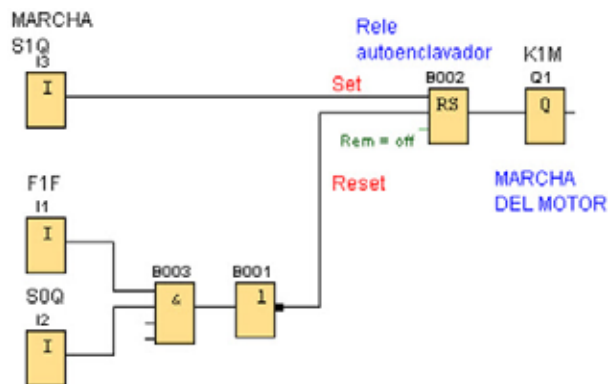
Lenguaje Ladder: representa a los diagramas en escalera, los cuales contienen dos segmentos verticales y varios segmentos horizontales (ver Figura 25.).



**Figura 25.** Ejemplo de lenguaje Ladder.

Fuente: <https://misapuntesdeingenieriayciencias.blogspot.com/2017/07/diagrama-para-semaforo.html>.

Diagrama de bloques: se utilizan bloques de símbolos lógicos y es afín con el funcionamiento de compuertas lógicas (ver Figura 26.).



**Figura 26.** Ejemplo de lenguaje con diagrama de bloques.

Fuente: <http://codigoelectronica.com/blog/category/plc-siemens-logo>.

§ Lenguajes de bajo nivel: involucran la programación textual, empleando cadenas de caracteres para indicar las instrucciones de control (ver Figura 27.).

```
83 preg_match_all("/<a[^\>]*\".href=[\\"|'\](.*)[\\"|'\"]/"
84 $enlaces = $enlaces[1];
85
86 foreach($enlaces as $enlace){
87     $enlace = substr($enlace, 0, -4);
88
89     if (substr($enlace, 0, 5)=="http:"){
90         echo """;
91     } else
92     {
93         $detecta = consulta_simple("SELECT * FROM
94         if ($detecta['palabra']=='')
95         {echo "Una URL es incorrecta en Relacion
96         echo $enlace."<br><br><br>";
97     };
```

**Figura 27.** Ejemplo de lenguaje de bajo nivel.

**Fuente:** <https://unejemplosencillo.blogspot.com/2019/02/ejemplo-de-lenguaje-de-programacion-de.html>.

### 2.2.21. Interfaz Hombre Máquina (HMI)

Es un sistema que brinda la interfaz necesaria para la interacción entre el operador y la máquina. De esta manera, es la herramienta principal para controlar los procesos industriales de la planta, traduciendo las variables complejas del proceso en información interpretable y utilizable. Esta interacción visual y táctil se realiza a través de botones, señales luminosas e ingreso de información por medio de teclado táctil alfanumérico (ver Figura 28.).

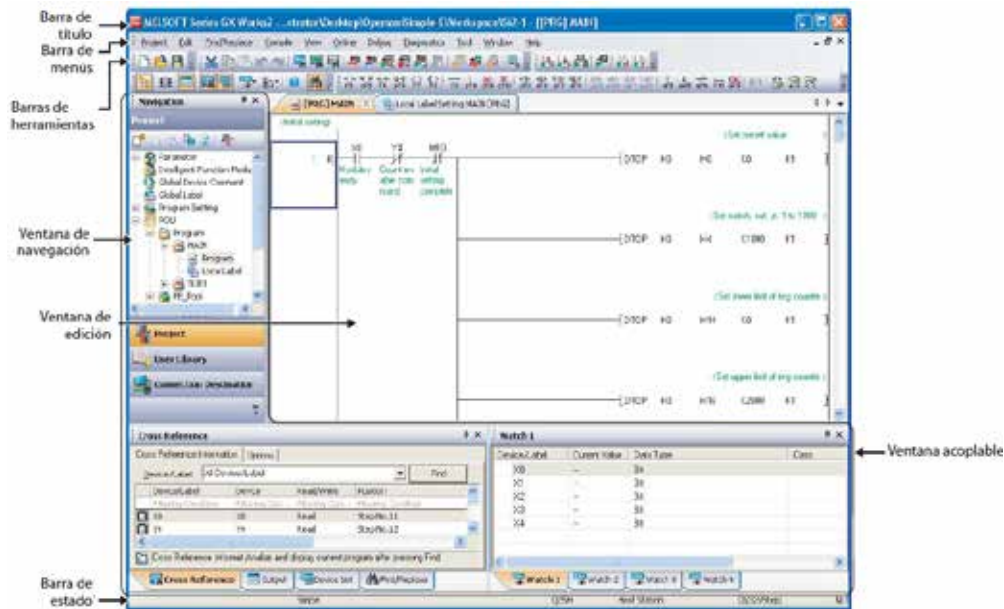


**Figura 28.** Ejemplo de HMI.

**Fuente:** <https://www.durtron.com/producto/hmi-delta-a-color-7in-touch-dop-107bv-para-plc/>.

### 2.2.22. Software Gx Works2

Es un programa basado en el concepto gráfico de Windows que permite trabajar de forma rápida e intuitiva con estructuras de programas simplificadas para implementar las tareas de control. A través de este software se pueden diseñar programas simples, estructurados y etiquetados. Además, es un sistema multilingüe soportando diversos lenguajes de programación de alto y bajo nivel, tales como: lenguaje de contactos o diagrama de escalera, lenguaje de secuencia (SFC), esquema de contactos estructurado o Texto estructurado (ST) (ver Figura 29.).



**Figura 29.** Interfaz de usuario del software Gx Works2.

Fuente: <https://gx-works2.software.informer.com/Descargar-gratis/>.

### 2.3. Bases Legales

Según Pérez, A. (2009, p. 65) las bases legales representan “el conjunto de leyes, reglamentos, normas y decretos que establecen el basamento jurídico sobre el cual se sustenta la investigación”. Resulta fundamental el estudio de las bases legales del presente trabajo en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999), resaltando el artículo 110, el cual reconoce y garantiza el desarrollo de la ciencia para la comunidad:

El Estado reconocerá el interés público de la ciencia, la tecnología, el conocimiento, la innovación y sus aplicaciones y los servicios de información necesarios por ser instrumentos fundamentales para el desarrollo económico, social y político del país, así como para la seguridad y soberanía nacional. Para el fomento y desarrollo de esas actividades, el Estado destinará recursos suficientes y creará el sistema nacional de ciencia y tecnología de acuerdo con la ley. El sector privado deberá aportar recursos para los mismos. El Estado garantizará el cumplimiento de los principios éticos y legales que deben regir las actividades de investigación científica, humanística y tecnológica. La ley determinará los modos y medios para dar cumplimiento a esta garantía.

Adicionalmente, se evalúa el soporte legal en la Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación establece, en su artículo 6, el cual dicta:

Los organismos oficiales y privados, así como las personas naturales y jurídicas deberán ajustar sus actuaciones y actividades inherentes a la presente Ley, a los principios de ética para la ciencia, la tecnología, la innovación y sus aplicaciones que deben predominar en su desempeño, en concordancia con la salvaguarda de la justicia, la igualdad y el ejercicio pleno de la soberanía nacional.

Es importante resaltar las normas de la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), ente encargado de velar por la estandarización y normalización bajo lineamientos de calidad en Venezuela. En sus normativas se establecen los requisitos mínimos para la elaboración de procedimientos, materiales, productos, actividades y demás aspectos industriales. En relación a lo antes explicado, el presente trabajo de investigación aplica la norma COVENIN 3699:2001, destinada al estudio de los Campos de aplicación de los instrumentos de medición sujetos a verificación.

#### **2.4. Definición de Términos Básicos**

- § **Hardware:** conjunto de elementos físicos o materiales que constituyen a un sistema informático.
- § **Máquina:** objeto fabricado y compuesto por un conjunto de piezas ajustadas entre sí que se usa para facilitar o realizar un trabajo determinado, generalmente transformando una forma de energía en movimiento o trabajo.

- § **Presión:** magnitud física y escalar utilizada para representar la cantidad de fuerza ejercida sobre un área determinada o superficie.
- § **Punto de ajuste:** valor deseado u objetivo para una variable de proceso de un sistema. La desviación de dicha variable de su punto de ajuste es una base para la regulación con control de errores utilizando retroalimentación negativa para el control automático.
- § **Receta:** conjunto de pasos a seguir para lograr la programación del controlador lógico programable.
- § **Resistencia:** propiedad de los materiales que cuantifica la oposición característica de un material determinado a la circulación de una corriente eléctrica a través de él.
- § **Ruido eléctrico:** conjunto de señales eléctricas no deseadas que interfieren en la transmisión digital o analógica de una señal de información principal, pudiendo generar efectos críticos o no.
- § **Software:** soporte lógico de un sistema informático. Comprende todos los componentes lógicos necesarios que permiten la realización de tareas específicas, en contraposición a los componentes físicos.
- § **Transductor:** dispositivo capaz de convertir la magnitud de una variable física junto a las variaciones en ella, en otra magnitud para una variable de un dominio diferente.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Nivel de la Investigación**

Según Arias, F. (2012, p. 23) “el nivel de la investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio”. Dentro de esta perspectiva, el nivel al que llegará esta investigación será descriptivo. Balestrini, M. (2006, p. 53), afirma que en una investigación de nivel descriptivo “el planteamiento del problema adquiere una connotación de carácter enunciativo o informativo. Es decir, se busca conocer ¿Qué ocurrió? y ¿cómo ocurrió determinado fenómeno?, en determinado contexto, espacio y tiempo”. En este contexto, la actual investigación se basa en un nivel descriptivo, ya que se buscará la caracterización de la problemática y la descripción del comportamiento de las variables implicadas en el fenómeno de estudio.

#### **3.2. Tipo y Diseño de la Investigación**

En base a la problemática observada en la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A., la presente investigación se inserta dentro del criterio y características de un proyecto factible. Según el Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2003, p. 16), un proyecto factible “consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos necesidades de organizaciones o grupos sociales, puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnología métodos o procesos”. En este sentido, la actual investigación, se enmarca bajo estos parámetros ya que permitirá desarrollar una propuesta viable que atienda una necesidad de la organización sujeta al estudio.

El diseño de la investigación se refiere a la estrategia adoptada para la recolección de información y datos necesarios para el estudio. En base a ello, para la actual

investigación se utilizará un diseño de campo y documental. Según Arias, F. (2012) una investigación de campo:

Es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios) sin manipular variable alguna, es decir que el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes (p. 31).

En concordancia con lo planteado, el presente estudio se apoya en un diseño de campo ya que la información necesaria para llevar a cabo la investigación será recabada directamente del área productiva de la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A., y estos datos no serán manipulados ni sus variables serán alteradas durante el periodo en estudio.

Por otro lado, la Investigación Documental, según Arias, F. (2012, p. 27) “es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales”. Siguiendo este orden de ideas, la actual investigación se adapta a la modalidad documental ya que para realizar la propuesta de un diseño electrónico para un horno termoencogible automatizado para la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A., será necesario acudir a fuentes de datos con información ya registrada, tales como: datos estadísticos, catálogos, diseños y propuestas afines con el tipo de proceso, entre otros, y de esta manera fundamentar las conclusiones del estudio en técnicas y herramientas teóricas ya conocidas.

### **3.3. Población y Muestra**

Balestrini, M. (2006, p. 137) define la población como “cualquier conjunto de elementos de los cuales pretendemos indagar y conocer sus características o una de ellas, y para la cual serán válidas las conclusiones obtenidas en la investigación”. En este sentido, la población es el conjunto total de sujetos u objetos de estudio, que poseen características comunes, y forman parte del diagnóstico necesario en la investigación. Para efectos de la presente investigación, la población estará definida por la empresa

Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A. y los distintos departamentos que la conforman.

Por otro lado, la muestra es definida según Hernández Sampieri, R. (2014, p. 175) como: “un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población”. Mientras que, Arias, F (2012, p.83) define la muestra como “un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”. En este orden de ideas, se refiere a una porción de la población que se selecciona con el objetivo de investigar propiedades de la misma, y que proporciona información relevante para el estudio.

De acuerdo a ello, en este estudio se aplicará un muestreo intencional. Para Arias, F. (2012, p. 85) en el muestreo intencional “los elementos son escogidos con base en criterios o juicios preestablecidos por el investigador”. En concordancia con este planteamiento, la muestra para la actual investigación está representada por los hornos industriales de la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A.

### **3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

Según Arias, F. (2012, p. 111) “Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información. Los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar dicha información”. Sobre la base de las ideas expuestas, estas herramientas son utilizadas para desarrollar en profundidad la investigación, determinando las variables necesarias para el diagnóstico de la problemática y su posterior análisis. Cabe señalar que para la investigación presente se aplicarán las siguientes técnicas de recolección de información:

#### **Observación Directa:**

Según Sabino, C. (2002, p. 101) “la observación consiste en el uso sistemático de nuestros sentidos orientados a la captación de la realidad que queremos estudiar”. Como se señala, el investigador utiliza sus sentidos para entender la realidad que rodea y posteriormente organizarla, sistematizarla y emplearla para el análisis. Para la investigación presente, el uso de esta técnica en el departamento de diseño mecánico

de la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A., permitirá la percepción de la realidad del objeto en estudio, y proveerá al investigador una gran cantidad de información relevante acerca de las características del equipo. A partir de esta información, será posible desarrollar la búsqueda de propuestas de solución para el problema.

### **Entrevista No Estructurada**

Según Sabino, C. (2002, p. 108) en una entrevista no estructurada o no formalizada “existe un margen más o menos grande de libertad para formular las preguntas y las respuestas. No se guían, por lo tanto, por un cuestionario o modelo rígido, sino que discurren con cierto grado de espontaneidad”. Por lo tanto, para esta modalidad no existe un cuestionario que establezca un orden definido de interrogantes que el entrevistador debe hacer al entrevistado, sino que la técnica va adquiriendo, a medida que se desarrolla, características de conversación o diálogo.

Lo importante en esta técnica no es definir límites ni ceñirse a algún esquema previo, sino escuchar al entrevistado, para obtener un panorama de los hechos en toda su complejidad. Por consiguiente, se realizarán entrevistas no estructuradas al personal involucrado en el departamento de diseño mecánico, dada la ventaja de un diálogo profundo y rico que proporciona esta técnica y el aporte de mayor información para entender la realidad que interesa al presente estudio.

### **Revisión Documental:**

Hernández Sampieri, R. (2014, p. 415) afirma que “una fuente muy valiosa de datos cualitativos son los documentos. Nos pueden ayudar a entender el fenómeno central de estudio”. En este sentido, se refiere al proceso de búsqueda, lectura, y análisis de bancos de datos propios de la empresa. Para efectos de la actual investigación, esta revisión se hará sobre documentos como: órdenes de trabajo, diagramas de proceso, planos mecánicos y modelado del ensamblaje del horno, abarcando todo aquel material cuya consulta sea útil para diagnosticar el problema y entender la realidad presente en la empresa sujeta al estudio.

### **Revisión Bibliográfica:**

Para Arias, F. (2012, p. 106) la revisión bibliográfica “consiste en una recopilación de ideas, posturas de autores, conceptos y definiciones, que sirven de base a la investigación por realizar”. Se trata, por tanto, de la extracción de información de fuentes bibliográficas expuestas por otros investigadores, es decir, de datos secundarios, utilizados para fundamentar las bases teóricas del estudio que se llevará a cabo. permitan establecer un marco de referencia que sustente la investigación presente.

Los instrumentos constituyen las vías de las que se vale el investigador para aplicar una determinada técnica. Por su parte Sabino, C. (2002, p.149) expone que un instrumento de recolección de datos “es cualquier recurso del que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos la información”. Los instrumentos a utilizar son:

#### **Lista de Chequeo:**

Como lo indica Sabino, C. (2002, p. 105) “resulta indispensable registrar toda observación que se haga para poder organizar luego lo percibido en un conjunto coherente”. Es preciso señalar que el instrumento que se empleará para apoyar la técnica de observación directa será lista de chequeo, que, según la definición de Arias, F. (2012, p. 70) “es un instrumento en el que se indica la presencia o ausencia de un aspecto o conducta a ser observada”. Conforme a ello, se trata de una lista de verificación o control que permite detectar y registrar la existencia o no de ciertos aspectos previamente establecidos, y sirve de guía para orientar la observación, enfocándola en los detalles importantes para el diagnóstico.

#### **Guion Semi Estructurado**

Para llevar a cabo la entrevista semi estructurada o por pautas, el entrevistador debe fijar el objetivo general de la información que se quiere obtener, y para ello es necesario recurrir a un instrumento guía. Según Sabino, C. (2002, p. 109) estas guías son una “lista de puntos de interés que se van explorando en el curso de la entrevista”.

Un guion semi estructurado, se trata entonces, de un depósito de preguntas básicas asociadas al tema de estudio que se deben plantear al entrevistado, permitiendo mantener la flexibilidad y espontaneidad del diálogo, pero sin desviarse demasiado del tema objetivo.

### **Histórico de la empresa**

Según González, J. (2009) los archivos de una empresa son:

Conjunto de documentos recibidos y generados en el desarrollo de sus funciones por las sociedades mercantiles, necesarios para el cumplimiento de sus objetivos de producir y comercializar bienes y servicios, para la defensa de sus intereses y utilizados también para la configuración de una imagen de marca corporativa (p. 32).

A este respecto, el histórico de la empresa se refiere a los documentos producidos por una entidad en el desarrollo de sus actividades; para efectos de este estudio, estos instrumentos documentales (planos, diseños, esquemas, diagramas) serán un testimonio de información que le permitirá al investigador identificar factores determinantes para el desarrollo del diseño.

### **Ficha Bibliográfica**

Según Sabino, C. (2002, p. 115) las fichas bibliográficas “son una simple guía para recordar cuáles libros o trabajos han sido consultados o existen sobre un tema”. Estas fichas tienen cuatro (4) elementos comunes que son: nombre del autor o los autores, título de la obra, editorial que la publicó, y lugar y año de la edición. Para esta investigación se empleará este instrumento para la recolección de los datos necesarios en elaboración de las referencias bibliográficas, y contar con ellos para su localización rápida al momento de realizar las distintas consultas necesarias.

### **3.5. Técnicas de Análisis de Resultados**

Una vez que se ha realizado la recopilación y registro de datos, estos deben someterse a un proceso de análisis o examen crítico que permita precisar las causas que llevaron a la decisión de emprender el estudio. Según Arias (2012, p. 111) “en este punto se describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan”. Partiendo de este planteamiento, se trata del estudio minucioso de toda la

información obtenida en el diagnóstico. Para la realización del presente estudio, se utilizarán como técnicas de análisis de resultados programas tecnológicos de simulación de circuitos electrónicos tales como: Multisim, Proteus 8, Gx Works2, SolidWorks Electrical, CoolMay. Adicionalmente, se utilizará el diagrama de flujo para representar gráficamente las etapas del horno industrial automatizado.

### **3.6. Fases Metodológicas**

El desarrollo del actual estudio se llevará a cabo en cuatro (4) fases que corresponden a los objetivos específicos de la investigación, de esta forma, será posible comprender la realidad del objeto de estudio y conducir las acciones para el diseño electrónico. Esas fases se organizan de la siguiente manera:

#### **Fase I: Revisión del prototipo mecánico de horno termoencogible propuesto por el departamento de diseño mecánico de la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A.**

En esta primera fase se dará inicio a la revisión del problema de estudio, utilizando la observación directa para la identificación de necesidades en el departamento con respecto al horno industrial. Adicionalmente, se realizarán entrevistas no estructuradas a los empleados del mismo departamento con el fin de obtener información de las características del diseño mecánico, lo que permitirá conocer las variables y factores a considerar para el complemento electrónico. Posteriormente, se realizará una revisión documental de los archivos propios de la empresa, para así extraer la mayor información posible acerca de los parámetros de las múltiples estructuras que conforman al horno. Es preciso destacar que adicionalmente a ello, se empleará el diagrama de flujo para representar gráficamente las etapas del funcionamiento del horno.

#### **Fase II: Determinación de los equipos, materiales e instrumentos a implementar en el diseño.**

En esta segunda etapa se procede a analizar con detalle la información hallada previamente en la revisión, y para ello se hará uso de las técnicas e instrumentos de análisis de información. Esto con el objetivo de determinar los diferentes dispositivos

eléctricos, neumáticos y electrónicos a implementar en la estructura de la máquina. Además de los instrumentos destinados a la medición de las variables manipuladas y las variables del proceso, junto a los materiales requeridos para la instalación de los mismos.

**Fase III: Diseño del sistema electrónico para el funcionamiento automatizado del horno termoencogible de la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A.**

En esta etapa se procede a realizar el diseño electrónico del horno industrial, utilizando los programas necesarios para ejecutar los planos eléctricos y electrónicos que garanticen la instalación efectiva y organizada del conjunto de elementos escogidos para el funcionamiento del equipo. Aunado a ello, se realizará la programación del controlador lógico programable (PLC) a implementar, utilizando el software Gx Works2, garantizando el control de las variables involucradas.

**Fase IV: Evaluación de la factibilidad operativa, técnica, económica, social y ambiental del diseño realizado.**

En esta última etapa, se procede a evaluar la factibilidad de la propuesta desde distintos puntos de vista, con la finalidad de establecer criterios de decisión, que permitan aprobar o no su implementación. En primer lugar, desde el enfoque técnico se refiere a la viabilidad de la compra de equipos, materiales e instrumentos. En segundo lugar, desde el enfoque operativo, se asocia eficiencia del equipo, factibilidad que podrá evaluarse a través de la productividad alcanzada. En tercer lugar, bajo la óptica social y ambiental, se relaciona al mejoramiento de las condiciones de higiene y seguridad, lo que podría favorecer el clima organizacional. Y finalmente, en cuarto lugar, desde la perspectiva económica, se refiere a determinar la rentabilidad del proyecto a través de la relación entre los costos incurridos y los beneficios adquiridos, en virtud de la implementación del diseño.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

En este capítulo se describen los resultados que se obtuvieron durante el desarrollo de la investigación, dando así cumplimiento a los objetivos trazados, los cuales fueron estructurados en cuatro (4) fases. Inicialmente, la primera fase fue para evaluar el prototipo mecánico del equipo propuesto por la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A. (VickyMatic), seguidamente se realizó la selección e identificación de los materiales y componentes eléctricos y neumáticos a implementar en el diseño. Posteriormente, en la tercera fase, se propuso el diseño del sistema electrónico que garantice el funcionamiento automatizado del equipo y, finalmente, se evaluó la factibilidad de la propuesta desde un enfoque técnico, operativo, social, ambiental y económico.

#### **4.1. Fase I: Revisión del prototipo mecánico de horno termoencogible propuesto por el departamento de diseño mecánico de la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A. (VickyMatic)**

##### **4.1.1 Entrevista con el personal del Departamento de Diseño Mecánico de la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A. (VickyMatic)**

Con el objetivo de desarrollar la propuesta de diseño, se requiere el estudio de la información concerniente al prototipo propuesto por el Departamento de Diseño Mecánico. Para ello, se realizó una entrevista no estructurada con el Ing. José Perdomo y el Ing. Freddy Salazar, los cuales son los coordinadores del departamento en cuestión. Dicha entrevista cuenta con un total de seis (6) preguntas abiertas en relación a las características del prototipo a diseñar (ver Cuadro 1).

##### **4.1.2 Descripción del horno termoencogible automático VM-053**

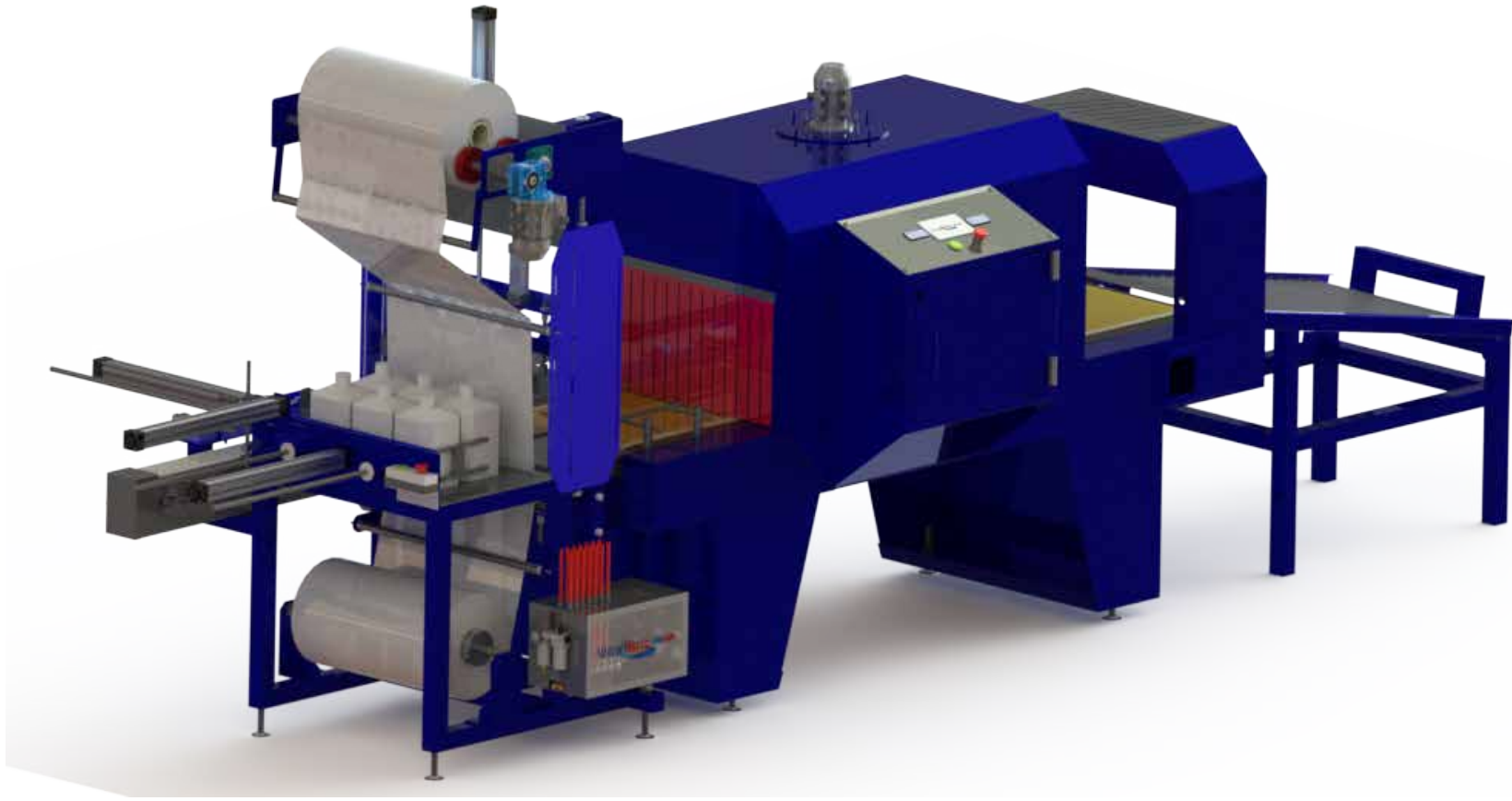
Posterior a la entrevista, se realizó la revisión documental de los planos mecánicos realizados por la empresa del prototipo de horno automático, esto con el fin de visualizar el conjunto de partes. De esta manera, se muestra el conjunto de planos renderizados (ver Figuras 30, 31, 32, 33 y 34).

**Cuadro 1.** Entrevista no estructurada.

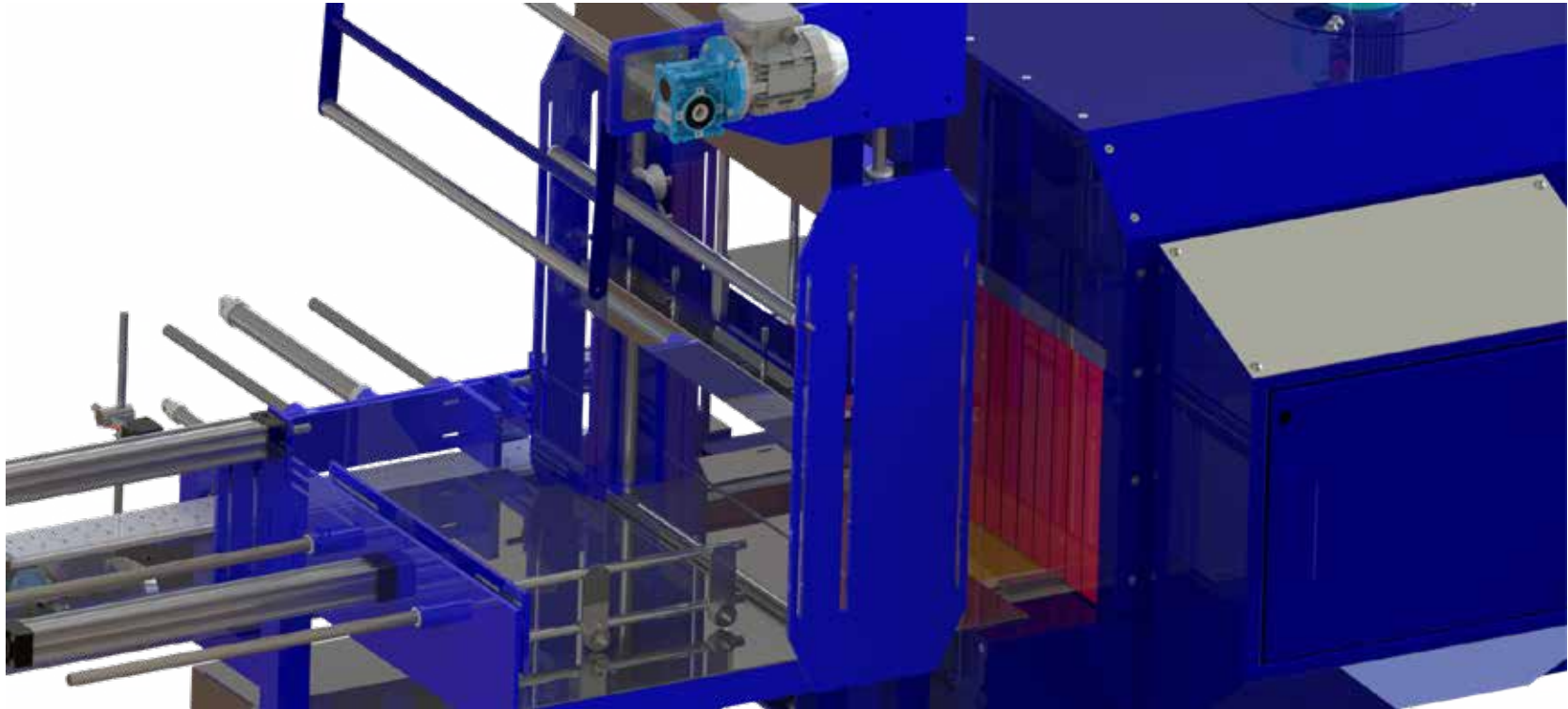
<b>PREGUNTA</b>	<b>RESPUESTA</b>
¿Existe un horno termoencogible en la empresa?	Así es, existe un modelo de horno termoencogible semiautomático, con un código asignado de VM-052.
¿Cómo funciona el horno termoencogible VM-052?	Este equipo se encarga de empaquetar un grupo de envases a la vez, a través del posicionamiento manual de los envases y de la película de plástico que permite formar el empaque, todo esto lo realiza un (1) operador al inicio de la máquina. Posteriormente, el grupo de envases se empuja hacia el interior de la cámara de calentamiento que con una banda transportadora los traslada durante el proceso de empaquetado, para finalmente salir de la cámara, pasar por un área de enfriamiento y reposar en una mesa de rodillos para que otro operador proceda con el paletizado manual.
¿Cuál es la capacidad de producción del modelo VM-052?	Este equipo posee una capacidad aproximada de 60 empaques por hora, considerando la velocidad de los operadores involucrados.
¿Cuál es el estado actual del prototipo VM-053?	Actualmente se encuentra en fase de desarrollo, pues se realizó el diseño mecánico y el despiece de partes para lograr el posicionamiento de los envases de forma automática, así como también el posicionamiento de la película plástica encima de ellos.
¿Cuáles son las necesidades de los clientes que solicitan el modelo VM0-53?	Los clientes que han expuesto su necesidad de contar con un equipo de empaquetado de envases automático indican que requieren una capacidad de producción mayor. Así como también la posibilidad de prescindir de los operadores de la máquina. Adicionalmente, se ha propuesto la opción de contar con un equipo que pueda trabajar en modo automático, semiautomático y manual dependiendo de la necesidad.
¿Consideran ustedes que es necesario la automatización del horno VM-052?	Indudablemente, un equipo automatizado representaría una mayor continuidad en el proceso productivo y permitiría la conexión lineal con alguna de las otras máquinas que se fabrican en nuestra empresa, además de que nos brindaría la posibilidad de contar con una mayor competitividad en cuanto a equipos industriales automatizados y, por consiguiente, satisfacer las necesidades de nuestros clientes actuales y potenciales.

**Fuente:** Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A. (VickyMatic).

**Elaborado por:** Crupi A., Valera J. (2021).

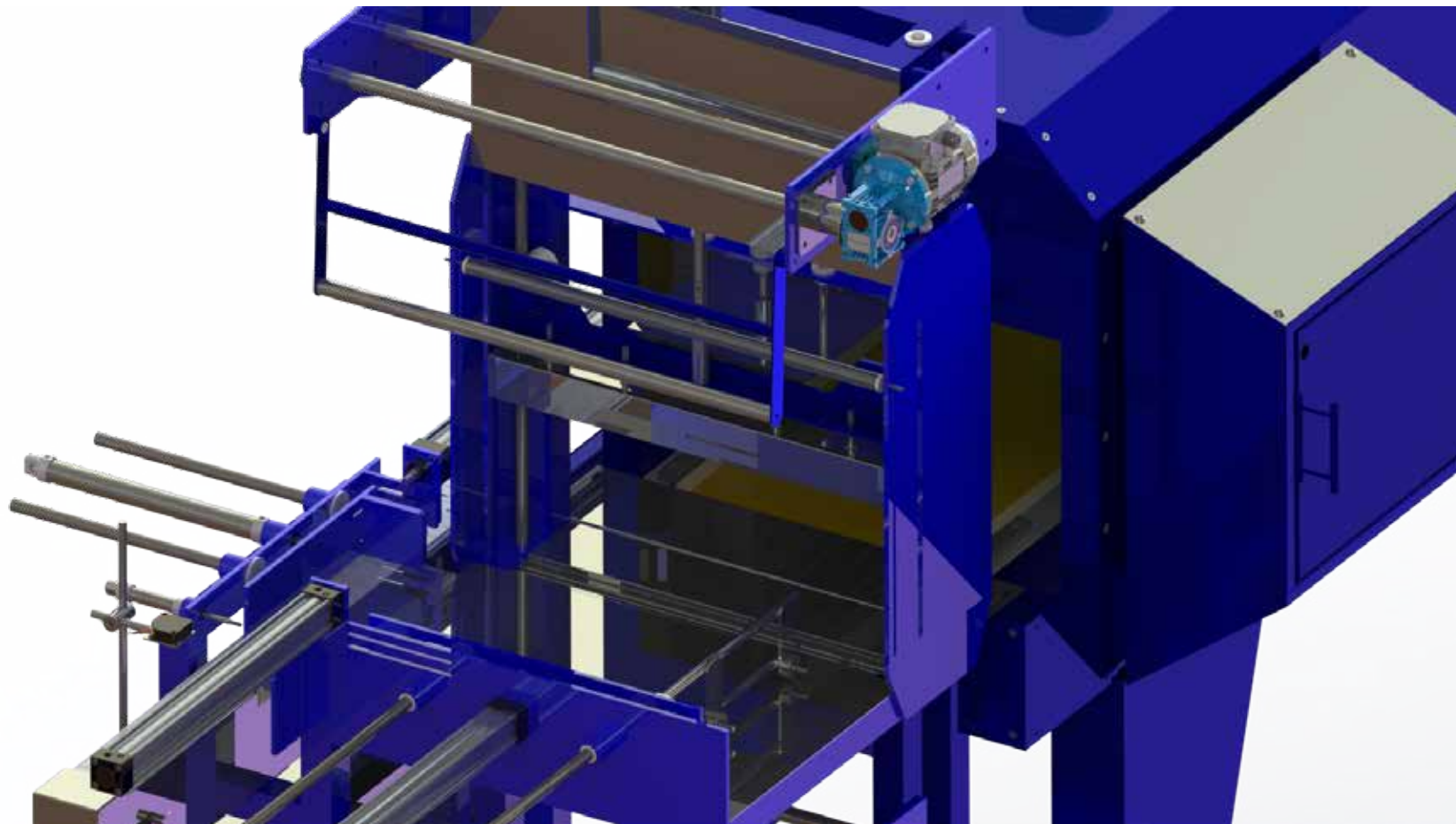


**Figura 30.** Plano renderizado del horno termoencogible automático VM-053.  
**Fuente:** Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A. (VickyMatic).



**Figura 31.** Plano renderizado del posicionador de envases del horno termoencogible automático VM-053.

**Fuente:** Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A. (VickyMatic).



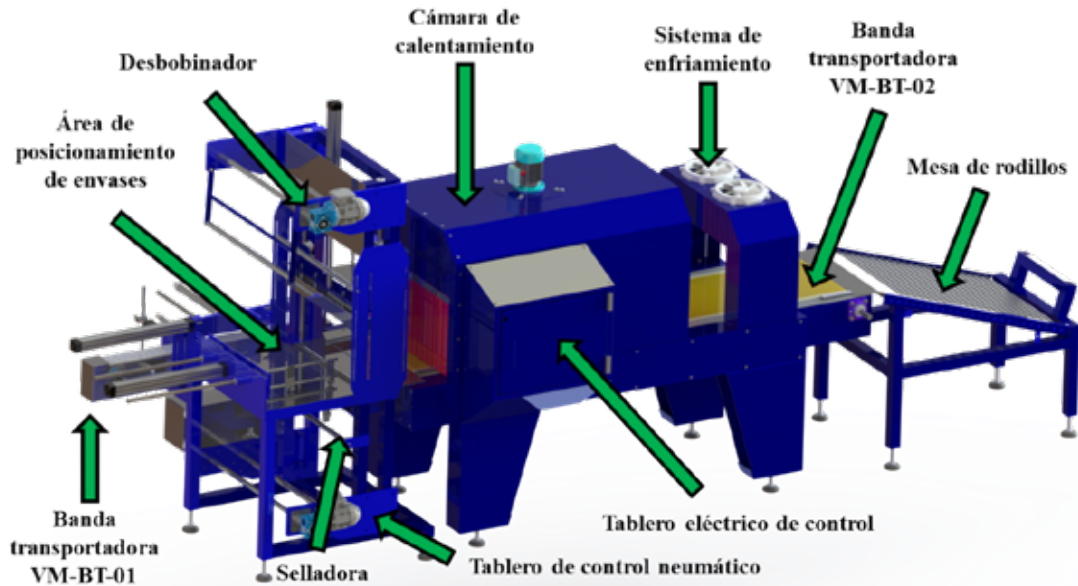
**Figura 32.** Plano renderizado del posicionador de envases del horno termoencogible automático VM-053.

**Fuente:** Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A. (ViccyMatic).





Utilizando la observación directa en los planos proporcionados por el Departamento de Diseño Mecánico, se realizó una figura descriptiva señalando las partes de la máquina (ver Figura 35).



**Figura 35.** Partes del horno termoencogible automático VM-053.

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

Primeramente, se encuentra la banda transportadora VM-BT-01 que se encarga de recibir los envases desde una etapa anterior del proceso productivo (llenadora, tapadora o etiquetadora) o desde un operador dedicado a introducir los envases manualmente desde cajas de almacenamiento, esta funciona con un motor acoplado a una caja reductora, que con un sistema de engranajes garantiza una velocidad acorde para el transporte de los envases (ver Figura 36).



**Figura 36.** Motor eléctrico acoplado a caja reductora.

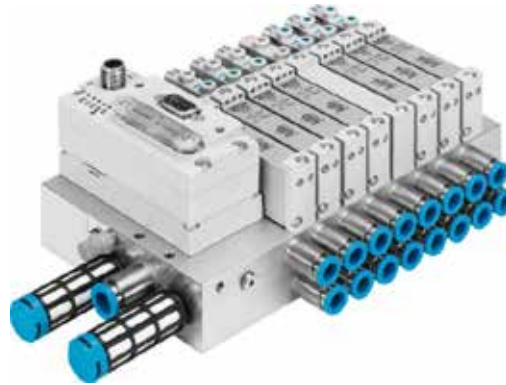
Fuente: <https://www.weg.net/catalog/weg/ES/es>.

Luego se encuentra el área de posicionamiento de envases que funciona con un conjunto de cilindros neumáticos (ver Figura 37) controlados por un terminal de válvulas (ver Figura 38) ubicado en el tablero de control neumático. Una vez que los envases se encuentran organizados en una matriz previamente determinada a través del programa, el conjunto superior desbobinador posiciona una película de plástico termoencogible (ver Figura 39) que posteriormente es sellada a través de una resistencia eléctrica de calentamiento.



**Figura 37.** Cilindro neumático.

**Fuente:** <https://www.directindustry.es/prod/univer-group/product-12427-1103059.html>



**Figura 38.** Terminal de válvulas neumáticas.

**Fuente:** <https://www.youtube.com/watch?v=IUnsJJNIWX4>.

Seguidamente, el conjunto de envases, organizados y con la capa plástica sobre ellos, es introducido por un cilindro neumático en la cámara de calentamiento que posee una turbina que permite la distribución uniforme del calor dentro de la misma. El calor de la cámara es generado por un conjunto de resistencias eléctricas distribuidas en los laterales del cuerpo del horno, que garanticen la temperatura requerida para el empaquetado. Durante esta etapa, los empaques son trasladados a través de una banda transportadora con código VM-BT-02 que está fabricada con malla Kevlar (ver Figura 40) y funciona con un motor eléctrico con caja reductora acoplada.



**Figura 39.** Bobinas de plástico termoencogible.

**Fuente:** <https://www.fernandezsera.com/etiqueta-producto/plastico-termoencogible/>.



**Figura 40.** Malla Kevlar.

**Fuente:** <https://spanish.alibaba.com/product-detail/-4-4-mm>.

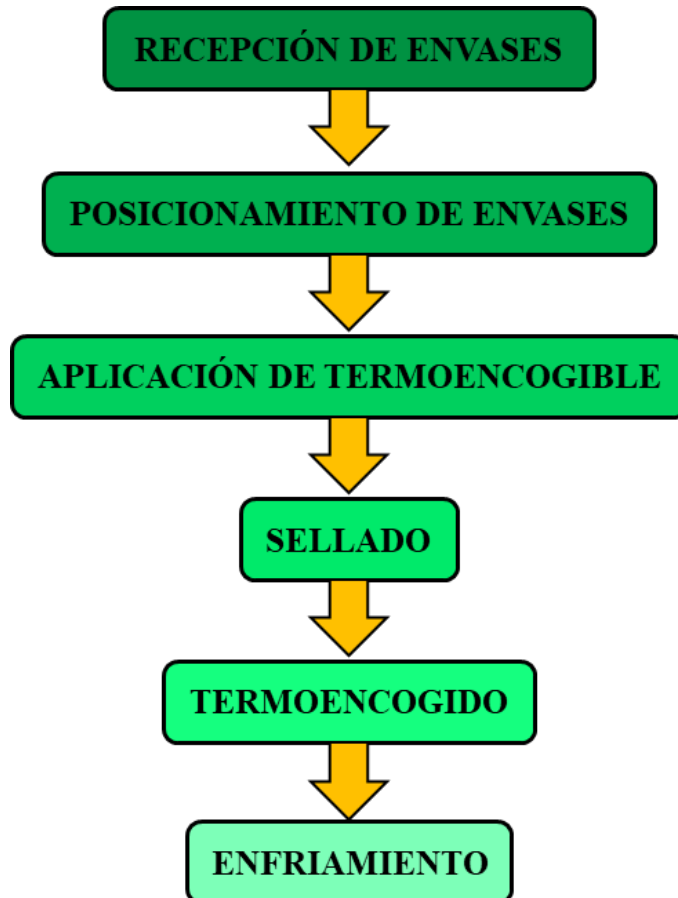
Después del calentamiento procede una etapa de enfriamiento compuesta por un conjunto de ventiladores (ver Figura 41) que permitan endurecer la capa de termoencogible que fue previamente calentada, esto con el objetivo de garantizar la resistencia y compactación del empaque. Finalmente, se encuentra una mesa de rodillos en la que se recogen y acumulan los empaques terminados, para así proceder al paletizado manual por parte de los operadores.



**Figura 41.** Fan cooler.

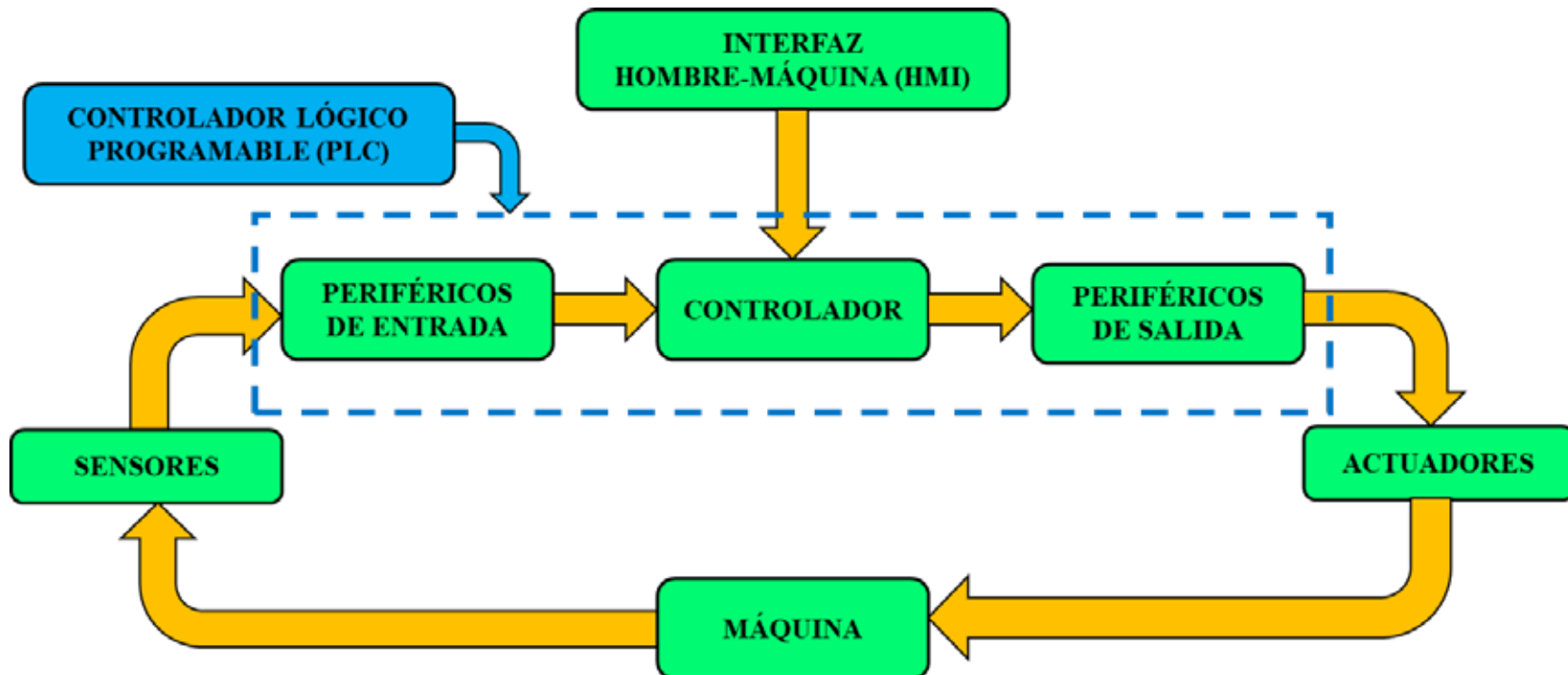
**Fuente:** <https://spanish.alibaba.com/product-detail/-4-4-mm>.

Visualmente, se presenta de forma organizada el funcionamiento descrito del equipo, para ello, se empleará la herramienta del diagrama de flujo (ver Figura 42). El control eléctrico y neumático de los periféricos de salida se encuentra contenido en el tablero eléctrico de control ubicado en uno de los laterales del equipo. De esta manera, se propone que, en él, deben estar contenidas las señales eléctricas de los periféricos de entrada y de los periféricos de salida, los elementos de protección, de control, de suministro de potencia y de enrutamiento, además de la interfaz hombre-máquina (HMI) y el controlador lógico programable (PLC) (ver Figura 43). Por último, el tablero mencionado permite el control del terminal de válvulas que ejerce la acción de control en los cilindros neumáticos.



**Figura 43.** Diagrama de flujo del horno termoencogible automático VM-053.

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).



**Figura 42.** Sistema de control propuesto.  
 Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

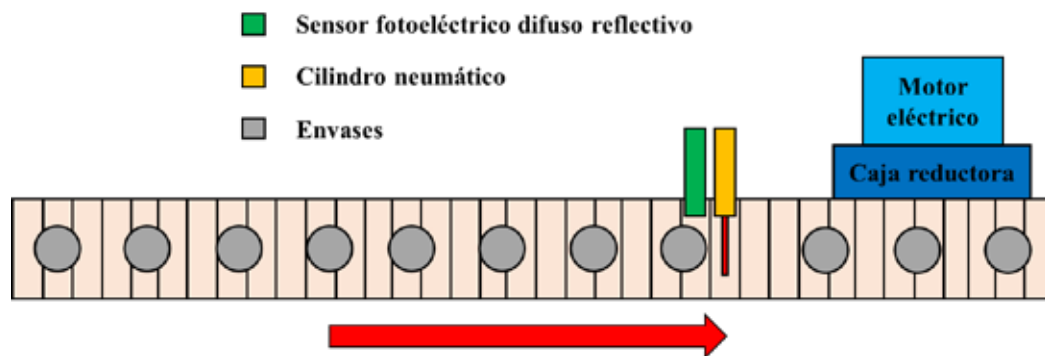
## 4.2. Fase II: Determinación de los equipos, materiales e instrumentos a implementar en el diseño.

### 4.2.1 Elementos de específicos de las etapas del proceso de termoencogido

En base a las distintas etapas expuestas en el diagrama de flujo (ver Figura 43), se determinarán los requerimientos eléctricos, electrónicos y neumáticos para cada una de ellas. El alcance de esta fase abarca la determinación de las especificaciones de los elementos y también la propuesta de un modelo específico que permita cumplir la función requerida en la máquina. De esta manera, las etapas son:

#### § Etapa N°1: Recepción de envases.

En esta etapa se reciben los envases plásticos o de vidrio envasados, es decir, con el líquido contenido en los mismos, con la tapa respectiva y una etiqueta de identificación en cada envase. La recepción se realiza a través de una banda transportadora con código asignado de VM-BT-01 que funciona con un motor eléctrico acoplado a una caja reductora. Para el control de la banda se propone utilizar un sensor fotoeléctrico ubicado perpendicularmente al recorrido de la banda, con el objetivo de detectar la presencia o no presencia de los envases y también contabilizar los pulsos emitidos cada vez que un envase atraviesa el campo de detección del sensor. Este motor trabajará con un variador de frecuencia para controlar la velocidad del mismo. Una vez que se ha determinado la existencia de la cantidad requerida de envases para continuar a la próxima etapa, se propone accionar un actuador de cilindro neumático que esté paralelo al sensor fotoeléctrico y con un recorrido que garantice la detención de los envases que provengan del inicio de la etapa (ver Figura 44).



**Figura 44.** Etapa de recepción de envases.

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

De esta manera, se proponen los siguientes elementos (ver Cuadro 2):

**Cuadro 2.** Elementos para la etapa de recepción de envases.

CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Tipo</b>	Periférico de entrada	
<b>Elemento</b>	Sensor fotoeléctrico	
<b>Especificaciones</b>	Tipo: Difuso reflectivo Alimentación: 24VDC Conexión: NPN Distancia de sensado: 30 cm Consumo: 50 mA Protección: IP50 Tiempo de respuesta: 1 ms	
<b>Fabricante</b>	Autonics	
<b>Modelo</b>	BEN300-DDT	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	28\$	
CARACTERÍSTICAS		
<b>Tipo</b>	Periférico de salida	
<b>Elemento</b>	Cilindro neumático	
<b>Especificaciones</b>	Diámetro del émbolo: 32 mm Carrera: 75 mm Presión: 15 – 180 psi	
<b>Fabricante</b>	Festo	
<b>Modelo</b>	DSNU 32x75	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	20\$	
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Tipo</b>	Potencia	
<b>Elemento</b>	Motorreductor eléctrico	
<b>Especificaciones</b>	0,18 kW – 1/4 HP 220 VAC – 6,5 A 1420 RPM 1/60 NMRV030	
<b>Fabricante</b>	Wanshsin	
<b>Modelo</b>	Y2-63M2-B5	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	175\$	

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

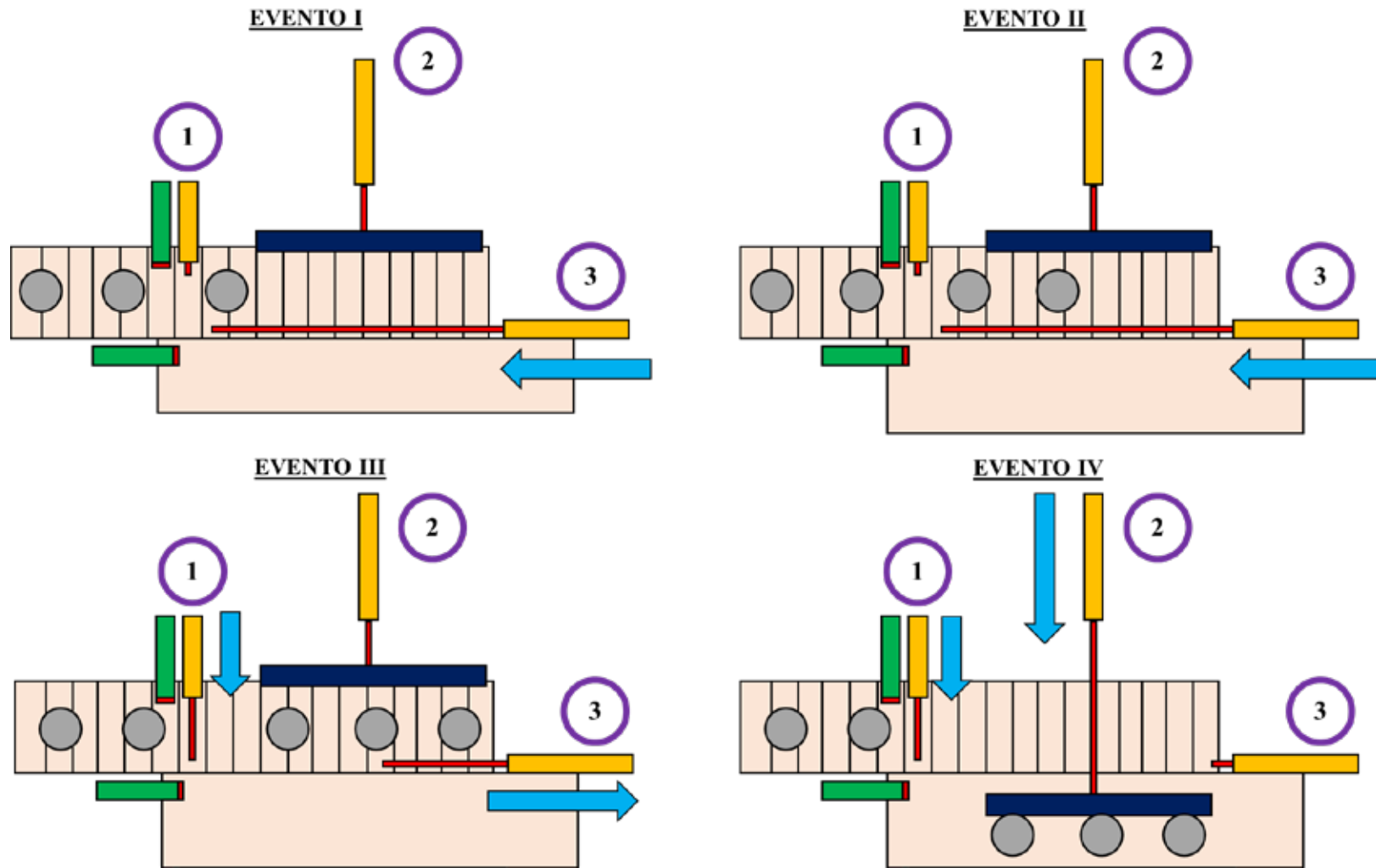
## § Etapa N°2: Posicionamiento de envases.

A través de la interfaz gráfica hombre-máquina (HMI) se podrá definir la cantidad de envases a agrupar en la presente etapa, utilizando el esquema matricial para así indicar la cantidad de filas y de columnas respectivamente. Basándose en el estándar comercial de productos, las estructuras típicas de empaques poseen un total de doce (12) envases, lo cual se traduce en una matriz 3x4 o una 4x3. Sin embargo, en el programa se podrán ajustar múltiples configuraciones matriciales para el agrupamiento de los envases, tal como se expondrá posteriormente.

A continuación, se muestra una figura explicativa de la etapa de posicionamiento (ver Figura 45). En el Evento I, ocurren dos (2) situaciones en paralelo, en primer lugar, el cilindro neumático N°1 (denominado pistón de tráfico) se mantiene en reposo, para permitir el tránsito de los envases sobre la banda transportadora VM-BT-01 que se encuentra en movimiento. En segundo lugar, el cilindro neumático N°3 mantiene el vástago extendido hasta el final de su recorrido, actuando como una guía que limita el espacio hacia donde los envases pudieran buscar el volcamiento.

En el Evento II se muestra cómo no hay perturbaciones una vez que el segundo envase atraviesa el campo de visión del sensor fotoeléctrico. Asumiendo una configuración matricial ajustada de 4x3, una vez que este sensor detecta la presencia del tercer envase, ocurrirá el Evento III donde el cilindro neumático N°3 recogerá su vástago para permitir el desplazamiento de los envases hacia la mesa agrupadora. Al completarse la fila, el cilindro N°1 se activará automáticamente para detener los envases que se aproximan y evitar el choque entre ellos.

Finalmente, en el Evento IV, el cilindro N°3 ya se habrá recogido totalmente permitiendo así la activación del cilindro posicionador N°2, el cual introducirá los envases recibidos al área de agrupación. Como retroalimentación para el lazo de control se propone utilizar un sensor fotoeléctrico adicional que realice el conteo de las columnas de envases introducidas al área de agrupación, este se ubicará en paralelo a la banda transportadora VM-BT-01.




**Figura 45.** Etapa de posicionamiento de envases.  
 Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

Adicionalmente, para los cilindros neumáticos se propone utilizar como retroalimentación sensores de proximidad magnéticos con base acoplable a la culata del cilindro. Estos permiten la detección del perfil imantado del vástago del cilindro, para así aproximar la ubicación del mismo. Esto permitirá controlar de una manera más precisa la carrera del vástago del actuador neumático.

Dependiendo de la función a desempeñar por el cilindro, se instalarán dos (2) o un (1) sensor magnético en el mismo. Debido a que el cilindro N°2 se encarga de posicionar las columnas de envases que se acumulan en el área de agrupación, este debe realizar carreras variables para no aprisionar excesivamente los envases, deformándolos en caso de que sean de plástico o quebrándolos en caso de que sean de vidrio. Por ello, para él se emplearán dos (2) sensores, mientras que para el cilindro N°3 basta con un (1) sensor y ajuste de tiempos en el programa para así compensar el control en el mismo, esto con el fin de reducir los costos. En base a ello, se seleccionan los siguientes elementos para la presente etapa (ver Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Elementos para la etapa de posicionamiento de envases.

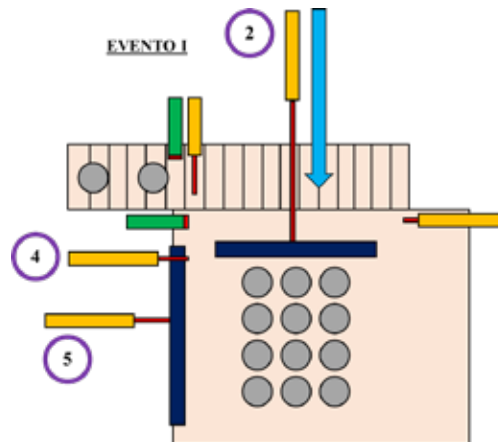
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Tipo</b>	Periférico de entrada	
<b>Elemento</b>	Sensor fotoeléctrico	
<b>Especificaciones</b>	Tipo: Difuso reflectivo Alimentación: 24VDC Conexión: NPN	
<b>Fabricante</b>	Autonics	
<b>Modelo</b>	BEN300-DDT	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	28\$	
CARACTERÍSTICAS		
<b>Tipo</b>	Periférico de salida	
<b>Elemento</b>	Cilindro neumático	
<b>Especificaciones</b>	Diámetro del émbolo: 40 mm Carrera: 500 mm Presión: 15 – 180 psi	
<b>Fabricante</b>	Festo	
<b>Modelo</b>	DNC 40x500	
<b>Cantidad</b>	2 unidades	
<b>Precio</b>	25\$ c/u	

CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Tipo</b>	Periférico de entrada	
<b>Elemento</b>	Sensor de magnético de proximidad	
<b>Especificaciones</b>	Principio de medición: magnético Reed LED para conmutación	
<b>Fabricante</b>	Festo	
<b>Modelo</b>	SME-8M	
<b>Cantidad</b>	3 unidades	
<b>Precio</b>	5\$ c/u	

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

### § Etapa N°3: Aplicación de termoencogible.

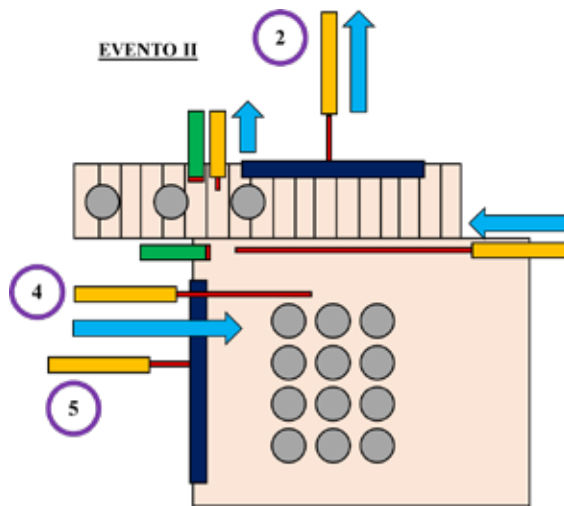
En esta etapa, los envases ya se encuentran agrupados en la matriz seleccionada y se procede al recubrimiento de los mismos con la película termoencogible. Tal como se muestra en la siguiente figura, el cilindro neumático N°2 ya ha posicionado las cuatro columnas del conjunto de envases a empaquetar, completando así un total de doce (12) envases. Mientras este evento sucede, los cilindros N°4 y N°5 se encuentran en su posición retraída o de reposo (ver Figura 46).



**Figura 46.** Evento I de la etapa N°3.

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

Posteriormente, el cilindro N°2 recoge su vástago para iniciar el nuevo ciclo de la etapa de posicionamiento de envases. Una vez que el conjunto de envases se encuentra en el área de agrupación, el cilindro N°4 se acciona lentamente antes que el cilindro N°5, para así servir de guía o barandilla para los envases (ver Figura 47).



**Figura 47.** Evento II de la etapa N°3.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

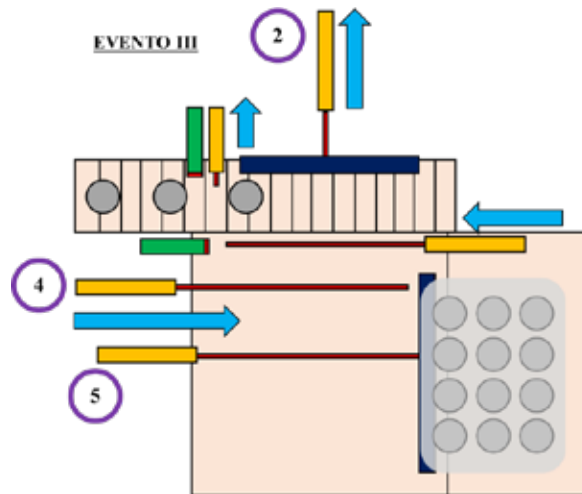
Previamente al inicio de las operaciones en la máquina, se instalan dos (2) bobinas de plástico termoencogible enrollado en cada una de las dos (2) barras guías del conjunto de sellado, las cuales poseen una configuración mecánica determinada para cubrir el grupo de envases tanto por la parte inferior como por la superior, generando así la forma del empaque (ver Figura 48).



**Figura 48.** Conjunto de bobinas de termoencogible.  
Fuente: Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A. (VickyMatic).

De esta manera, el cilindro neumático N°5 se acciona para empujar el conjunto hacia la capa de plástico termoencogible (ver Figura 49). Se propone utilizar dos (2)

sensores magnéticos para el cilindro N°5 y ninguno para el N°4, ya que este sólo realiza la carrera completa sin necesidad de controlar su accionamiento.



**Figura 49.** Evento III de la etapa N°3.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

En función de cumplir el objetivo de esta etapa se propone utilizar un (1) motor eléctrico acoplado a una caja reductora en la parte superior del conjunto de bobinas para así dispensar de una forma controlada el plástico termoencogible, teniendo como retroalimentación para el sistema un (1) sensor inductivo que permita leer la ubicación de una placa metálica móvil que se traslada al dispensar la película. Sin embargo, se propone que este trabaje con contactor y no con variador de frecuencia, a través de una selección adecuada de la relación de caja se podrá garantizar el funcionamiento del sistema. En síntesis, se proponen los siguientes elementos (ver Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Elementos para la etapa de aplicación de termoencogible.

CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Tipo</b>	Periférico de entrada	
<b>Elemento</b>	Sensor inductivo	
<b>Especificaciones</b>	Alimentación: 24VDC, NPN Distancia de sensado: 8 mm Consumo: 100 mA Protección: IP67	
<b>Fabricante</b>	Autonics	
<b>Modelo</b>	PR18-8DN	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	10\$	

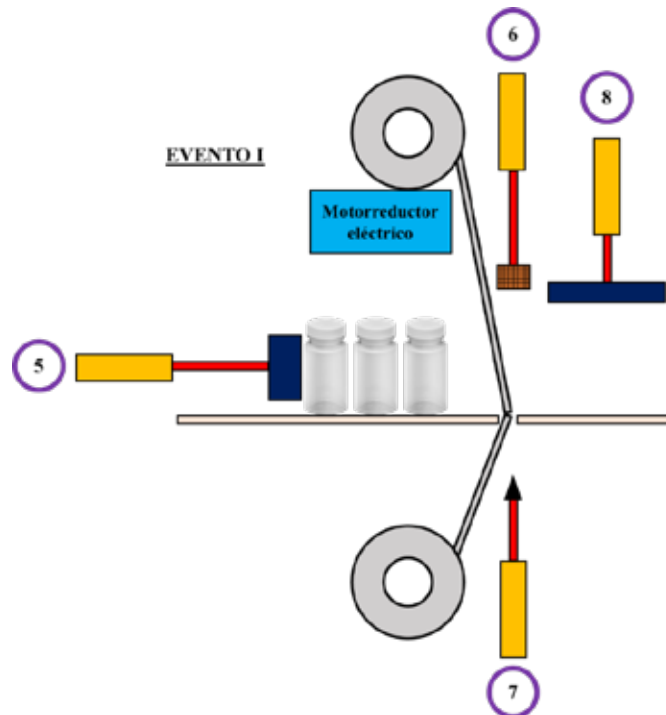
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Tipo</b>	Periférico de salida	
<b>Elemento</b>	Cilindro neumático	
<b>Especificaciones</b>	Diámetro del émbolo: 40 mm Carrera: 500 mm Presión: 15 – 180 psi	
<b>Fabricante</b>	Festo	
<b>Modelo</b>	DNC 40x500	
<b>Cantidad</b>	2 unidades	
<b>Precio</b>	25\$ c/u	
CARACTERÍSTICAS		
<b>Tipo</b>	Periférico de entrada	
<b>Elemento</b>	Sensor de magnético de proximidad	
<b>Especificaciones</b>	Principio de medición: magnético Reed LED para conmutación	
<b>Fabricante</b>	Festo	
<b>Modelo</b>	SME-8M	
<b>Cantidad</b>	2 unidades	
<b>Precio</b>	5\$ c/u	
CARACTERÍSTICAS		
<b>Tipo</b>	Potencia	
<b>Elemento</b>	Motorreductor eléctrico	
<b>Especificaciones</b>	0,18 kW – 1/4 HP 220 VAC – 6,5 A 1420 RPM 1/60 NMRV030	
<b>Fabricante</b>	Wanshin	
<b>Modelo</b>	Y2-63M2-B5	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	175\$	

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

#### § Etapa N°4: Sellado.

El sellado comprende la acción de unir las capas de plástico termoencogible provenientes de las bobinas superior e inferior para así formar una pared que representará el recubrimiento de los envases al empujarlos hacia la misma. Dicho plástico puede tener un espesor variable medido en micrómetros, de manera estándar

se utilizan películas de  $0,9 \mu m$  o de  $1 \mu m$ . A continuación, se presenta una figura representativa de vista lateral del conjunto propuesto de sellado (ver Figura 50).

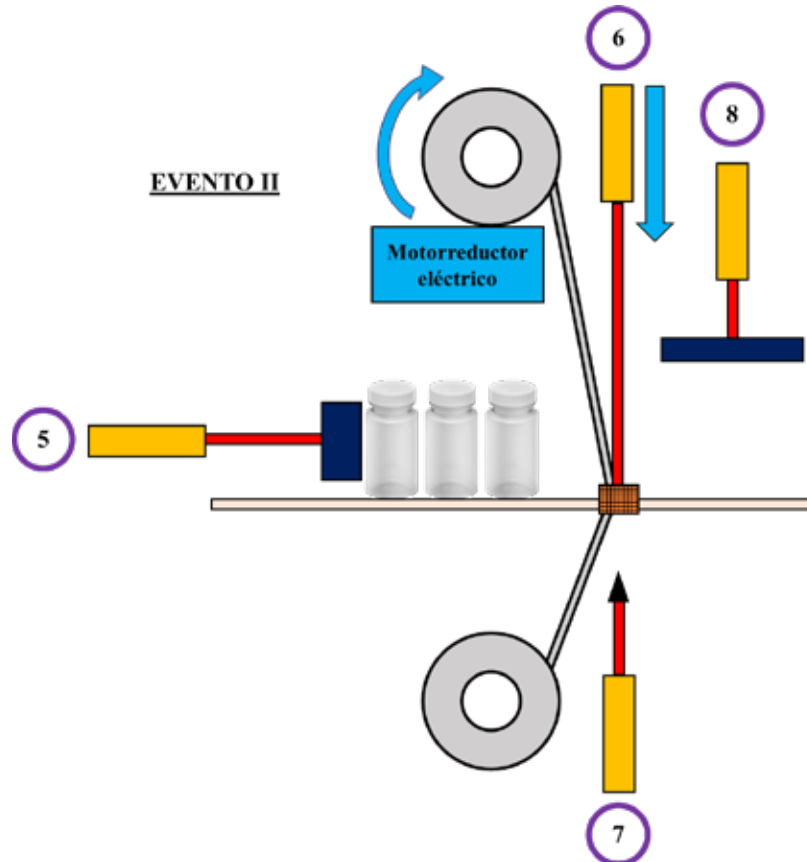


**Figura 50.** Evento I de la etapa N°4.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

El cilindro neumático N°5 es el encargado de retirar los envases del área de agrupación, tal como se mostró en la etapa anterior. Por otro lado, se propone utilizar una resistencia eléctrica de calentamiento para lograr dicha unión que, en base a las propiedades físicas del plástico, tendrá una potencia de aproximadamente 1 kW, esto con el fin de garantizar un sellado uniforme y no excesivo que pudiese deformar irreparablemente la película por su micra. Para medir la magnitud de la temperatura presente en el conjunto de sellado se propone utilizar una termocupla tipo J que permita retroalimentar constantemente la cantidad de energía disipada en grados Celsius.

En base a la figura mostrada, esta resistencia se ubicaría en el extremo del vástago del cilindro neumático N°6, dedicado especialmente al sellado del plástico termoencogible. Por otro lado, se añaden dos (2) cilindros adicionales, el N°7 dedicado al corte del plástico una vez que fue sellado (para así separar el empaque sellado de la siguiente pared plástica), y el N°8 que sostenga el conjunto de envases durante las

actividades de sellado y de corte. Cabe destacar que, para garantizar el cumplimiento del procedimiento descrito, se requiere realizar un sellado previo que permita la unión entre las capas de plástico superior e inferior, con el fin de establecer la pared de termoencogible para el primer empaque realizado (ver Figura 51).

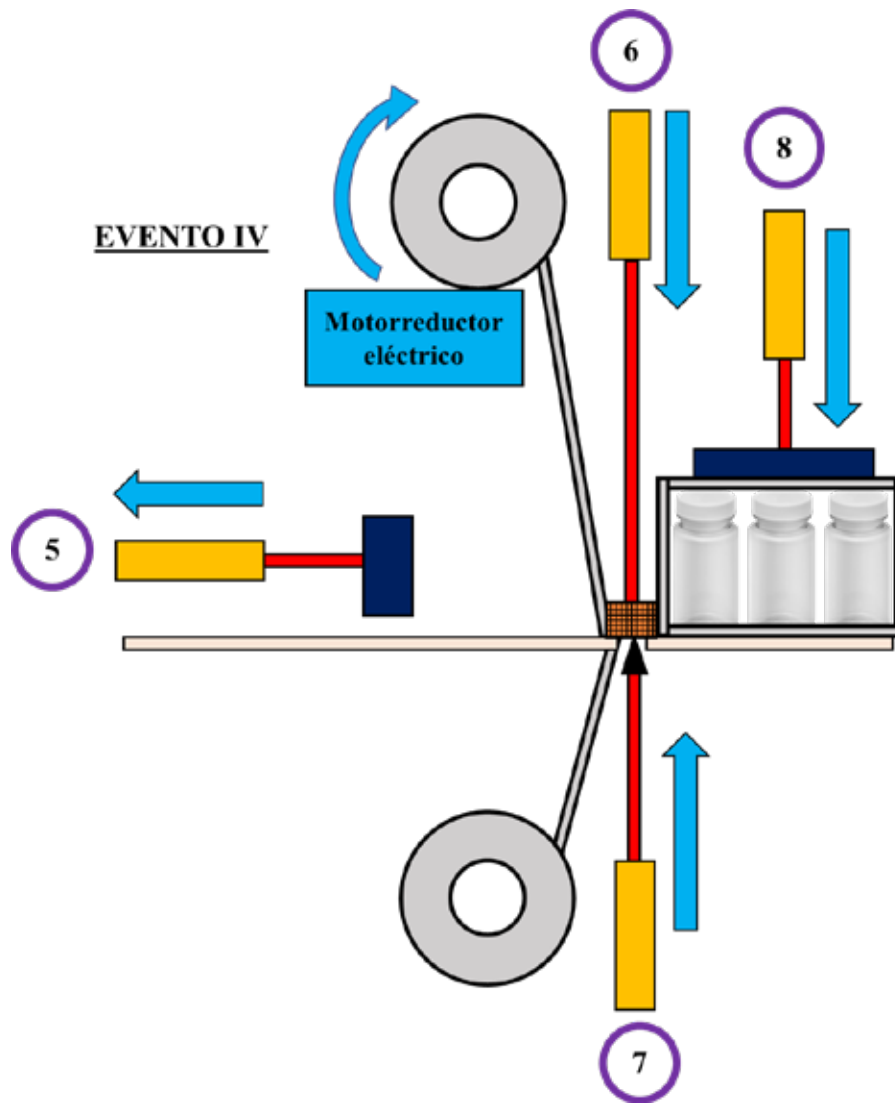


**Figura 51.** Evento II de la etapa N°4.

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

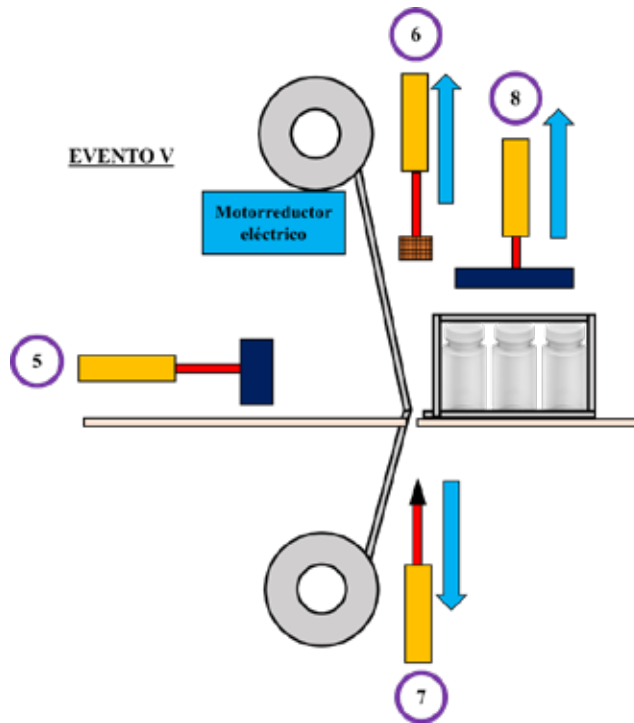
Para cumplir dicho objetivo, el cilindro neumático N°6 se acciona y con el ajuste previo de la temperatura de la resistencia, se logra la unión de las capas. Posteriormente, ocurre el evento III (ver Figura 52) donde el cilindro N°6 se recoge, el N°5 se acciona para trasladar el conjunto de envases hacia la pared formada en el sellado previo hasta quedar en el área abarcada por el cilindro N°8, el cual sujetará los envases mientras se realiza el sellado posterior del empaque y el corte del plástico. Cuando el conjunto de envases es empujado hacia la pared de plástico, se ejerce una fuerza de tensión en las bobinas superior e inferior, lo que se traduce en un



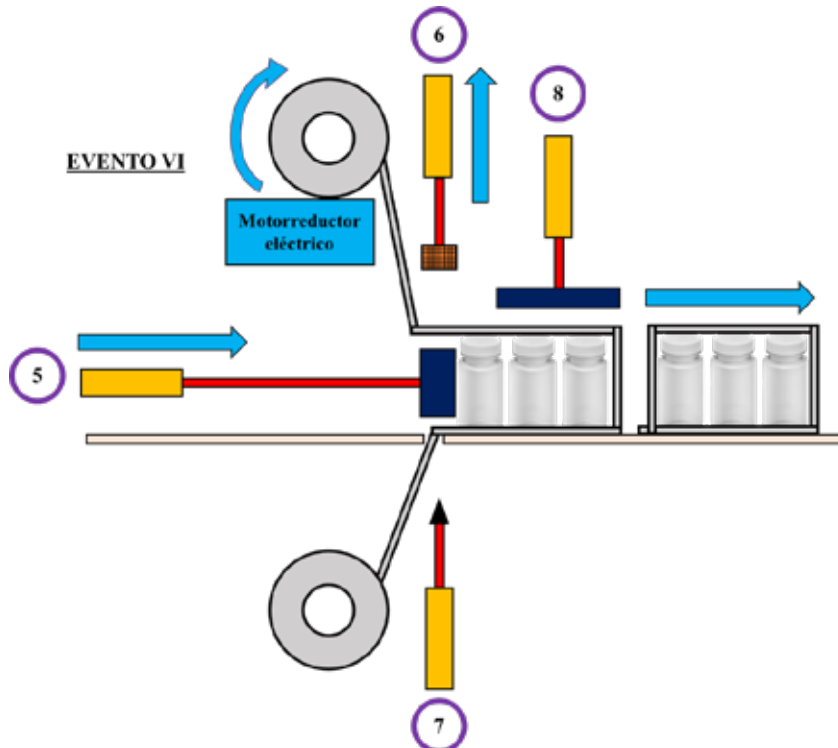


**Figura 53.** Evento IV de la etapa N°4.  
 Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

Finalmente, los cilindros neumático N°6, N°7 y N°8 vuelven a su posición de reposo una vez que han cumplido sus respectivas funciones, ocurriendo así el último evento (ver Figura 54). De esta manera, el conjunto de envases cuenta con una capa de plástico termoencogible alrededor del mismo y sellado en uno de los extremos con el fin de garantizar un correcto empaquetado. En base a la lógica de control automatizada, para realizar la introducción del conjunto de envases a la cámara de calentamiento, se deberá esperar a la formación del próximo conjunto, esto con el fin de empujar al conjunto ya sellado en un desplazamiento horizontal (ver Figura 55).



**Figura 54.** Evento V de la etapa N°4.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).




**Figura 55.** Evento VI de la etapa N°4.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

Cabe destacar que, tal como se expuso en la Tabla 1, los requerimientos indican la necesidad de contar con un equipo que pueda trabajar de forma automática pero que también brinde la posibilidad de operarse de forma semiautomática y manual. Las diferencias entre estos modos de operación se aclaran en el código programático a desarrollar en la próxima fase, sin embargo, para la operación sin la utilización de la automatización que brinda el HMI, se requiere instalar un conjunto de periféricos de entrada representado por pulsadores.





Los pulsadores permitirán activar el conjunto de sellado y realizar el sellado preliminar correspondiente al inicio del ciclo de trabajo. Adicionalmente, se requiere contar con un interruptor de emergencia que brinde la posibilidad de detener el sistema en su totalidad en caso de perturbaciones peligrosas, atascamientos o demás situaciones de riesgo.

En base a lo expuesto, se proponen los siguientes elementos (ver Cuadro 5). El cilindro neumático N°6 dedicado al sellado tendrá una carrera de 500 mm mientras que los cilindros N°7 y N°8 contarán con una carrera más corta, específicamente de 40 milímetros. Por otro lado, en cuanto a la retroalimentación por parte de los sensores de proximidad magnéticos para cilindros neumáticos, se propone utilizarlos únicamente en el cilindro del sellado, para que los dos (2) restantes trabajen con tiempos asignados en el programa, esto con el fin de disminuir los costos.

**Cuadro 5.** Elementos para la etapa de sellado

CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Tipo</b>	Periférico de salida	
<b>Elemento</b>	Cilindro neumático	
<b>Especificaciones</b>	Diámetro del émbolo: 40 mm Carrera: 500 mm Presión: 15 – 180 psi	
<b>Fabricante</b>	Festo	
<b>Modelo</b>	DNC 40x500	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	25\$	

CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Tipo</b>	Periférico de salida	
<b>Elemento</b>	Cilindro neumático	
<b>Especificaciones</b>	Diámetro del émbolo: 40 mm Carrera: 40 mm Presión: 15 – 180 psi	
<b>Fabricante</b>	Festo	
<b>Modelo</b>	DNC 40x40	
<b>Cantidad</b>	2 unidades	
<b>Precio</b>	12\$ c/u	
CARACTERÍSTICAS		
<b>Tipo</b>	Periférico de entrada	
<b>Elemento</b>	Sensor de magnético de proximidad	
<b>Especificaciones</b>	Principio de medición: magnético Reed LED para conmutación	
<b>Fabricante</b>	Festo	
<b>Modelo</b>	SME-8M	
<b>Cantidad</b>	2 unidades	
<b>Precio</b>	5\$ c/u	
CARACTERÍSTICAS		
<b>Tipo</b>	Periférico de entrada	
<b>Elemento</b>	Pulsador verde	
<b>Especificaciones</b>	1 NO + 1 NC 22 mm de diámetro Fijación con tornillo	
<b>Fabricante</b>	Siemens	
<b>Modelo</b>	3SB3 201-0AA41	
<b>Cantidad</b>	2 unidades	
<b>Precio</b>	9\$ c/u	
CARACTERÍSTICAS		
<b>Tipo</b>	Periférico de entrada	
<b>Elemento</b>	Pulsador de emergencia	
<b>Especificaciones</b>	1 NO + 1 NC 22 mm de diámetro Fijación con tornillo Mecanismo de retención	
<b>Fabricante</b>	Cansmark	
<b>Modelo</b>	LMB-ES5	
<b>Cantidad</b>	2 unidades	
<b>Precio</b>	5\$ c/u	

CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Tipo</b>	Periférico de entrada	
<b>Elemento</b>	Termocupla	
<b>Especificaciones</b>	Tipo J Estructura aislada Diámetro de rosca: ¼” Longitud de vaina: 2 cm Rango: -180 – 750 °C	
<b>Fabricante</b>	Nacional	
<b>Modelo</b>	T-J1/4-2	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	10\$	
CARACTERÍSTICAS		
<b>Tipo</b>	Potencia	
<b>Elemento</b>	Resistencia eléctrica	
<b>Especificaciones</b>	Alimentación: 220 VAC Potencia: 1 kW Estructura: Cartucho de 5/8” Longitud: 64,5 cm	
<b>Fabricante</b>	Nacional	
<b>Modelo</b>	R-1K5/8-65	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	16\$ c/u	
CARACTERÍSTICAS		
<b>Tipo</b>	Enrutamiento	
<b>Elemento</b>	Cajetín plástico	
<b>Especificaciones</b>	Perforaciones: 2 Diámetro: 22 mm	
<b>Fabricante</b>	Telemecanique	
<b>Modelo</b>	Xald02	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	6\$ c/u	
CARACTERÍSTICAS		
<b>Tipo</b>	Enrutamiento	
<b>Elemento</b>	Cajetín plástico	
<b>Especificaciones</b>	Perforaciones: 1 Diámetro: 22 mm	
<b>Fabricante</b>	Cansmark	
<b>Modelo</b>	CABX1/Y	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	6\$ c/u	

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

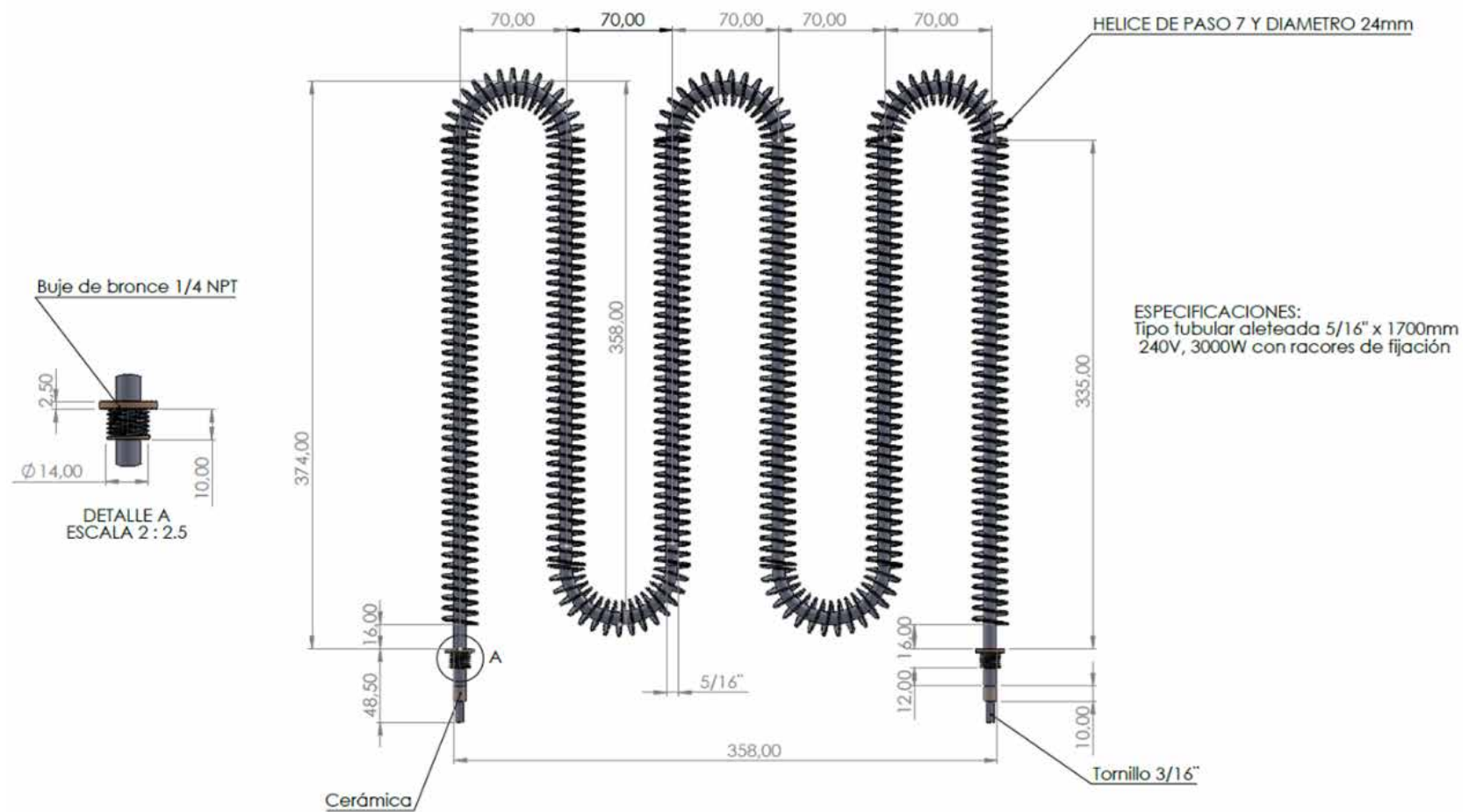
### § **Etapa N°5: Termoencogido.**

La etapa de termoencogido inicia con la introducción del conjunto de envases con la película de termoencogible sellada a la cámara de calentamiento que terminará de formar el empaque de envases a emitir. Una vez que el conjunto es introducido, se desplaza horizontalmente gracias a una banda transportadora con código asignado de VM-BT-02, la cual funciona con un motor eléctrico acoplado a una caja reductora. Dicho motor debe contar con un variador de velocidad o frecuencia que garantice la manipulación y el control de la variable.

Internamente, en la cámara de calentamiento, el calor será generado por un conjunto de resistencias eléctricas de calentamiento con un diseño distinto al de la resistencia de la selladora, específicamente, deberá poseer una estructura tubular aletada con forma de “W”, diseño seleccionado para garantizar la facilidad de su montaje transversalmente a una corriente de aire dentro de conductores de corriente forzada o para calentamiento por convección (ver Figura 56).

Adicionalmente, se propone utilizar una turbina mecánica accionada por un motor eléctrico sin caja reductora, es decir, con una velocidad de trabajo nominal. Esto con el objetivo de garantizar la distribución efectiva del calor generado por las resistencias eléctricas en todo el volumen de la cámara de calentamiento. Cabe destacar que, las resistencias de calentamiento no pueden energizarse o activarse sin contar con la turbina de distribución funcionando debido a que la alta temperatura generada se concentraría en el interior de la cámara, generando así daños irreparables en la estructura, pintura, banda transportadora y componentes eléctricos.


Considerando los dos (2) laterales estructurales del horno termoencogible, se propone utilizar tres (3) resistencias de 3 kW en cada lateral, generando así un total de seis (3) resistencias para un equivalente de 18 kW de potencia eléctrica. Basándose en los estándares comerciales, tal como se mencionó anteriormente, la película de plástico termoencogible que se propone utilizar es de  $1 \mu m$ , magnitud que requiere una exposición a aproximadamente  $100^{\circ}C$  para garantizar un sellado eficiente en la etapa de sellado, magnitud de temperatura que, con la potencia propuesta para la resistencia (1 kW), se estima alcanzar en una duración de 4 a 5 minutos.



**Figura 56.** Resistencia eléctrica de calentamiento propuesta para la cámara de calentamiento.  
 Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

De manera similar a la selladora, se propone emplear una termocupla tipo J para la medición de la magnitud de la temperatura contenida en el horno. Por otro lado, en la cámara de calentamiento, en base a los estándares comerciales, la temperatura a alcanzar es entre 200-220 °C. Finalmente, se proponen los siguientes elementos (ver Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Elementos para la etapa de termoencogido.

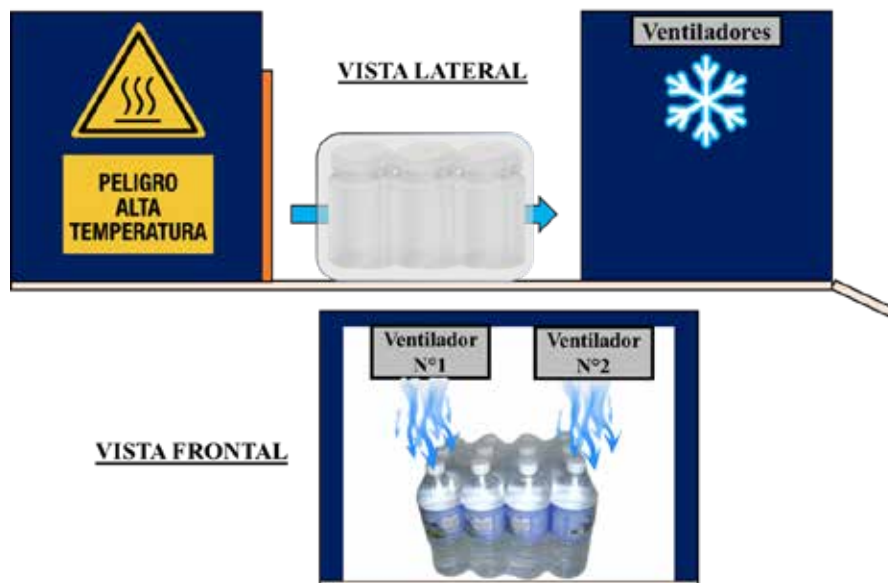
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Tipo</b>	Periférico de entrada	
<b>Elemento</b>	Termocupla	
<b>Especificaciones</b>	Tipo J Estructura aislada Diámetro de rosca: ¼” Longitud de vaina: 5 cm Rango: -180 – 750 °C	
<b>Fabricante</b>	Nacional	
<b>Modelo</b>	T-J1/4-5	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	10\$	
CARACTERÍSTICAS		
<b>Tipo</b>	Potencia	
<b>Elemento</b>	Resistencia eléctrica	
<b>Especificaciones</b>	Alimentación: 220 VAC Potencia: 3 kW Estructura: Tubular aletada en “W” de 5/16” Longitud: 37,4 cm x 35,8 cm	
<b>Fabricante</b>	Nacional	
<b>Modelo</b>	R-1K5/16-35	
<b>Cantidad</b>	6 unidades	
<b>Precio</b>	12\$ c/u	
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Tipo</b>	Potencia	
<b>Elemento</b>	Motorreductor eléctrico	
<b>Especificaciones</b>	0,37 kW – 1/2 HP 220 VAC – 1,85 A 1600 RPM	
<b>Fabricante</b>	KAIJIELI	
<b>Modelo</b>	MS712-4	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	130\$	

CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Tipo</b>	Potencia	
<b>Elemento</b>	Motorreductor eléctrico	
<b>Especificaciones</b>	0,24 kW – 1/4 HP 220 VAC – 0,32 A 1450 RPM 1/30 NMRV030	
<b>Fabricante</b>	T. W. T	
<b>Modelo</b>	51K 60GN-SF	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	53\$	

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

### § Etapa N°6: Enfriamiento.

Es esta la última etapa del proceso de termoencogido para el horno automatizado propuesto, en donde ocurre la emisión del empaque recientemente calentado en la cámara hacia el área de enfriamiento. La necesidad de instalar la presente etapa es por el requerimiento de compactar las propiedades moleculares del plástico previamente calentado, con el fin de garantizar la resistencia y dureza suficiente para completar el proceso de empaquetado. Para ello, se propone utilizar un conjunto de ventilación simple compuesto por dos (2) ventiladores comerciales, dispuestos de la siguiente manera (ver Figura 57).



**Figura 57.** Explicación de la etapa N°6.

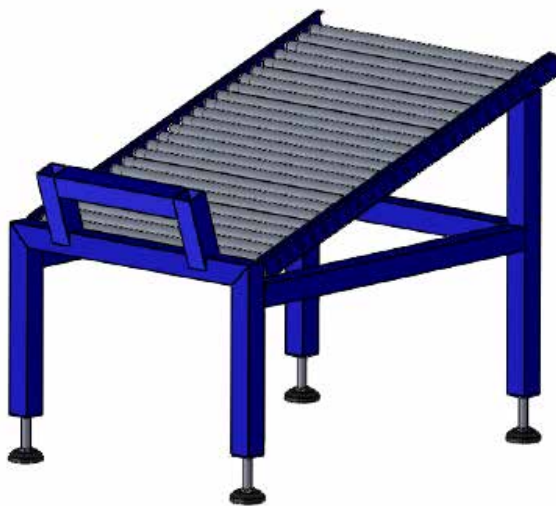
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

De esta manera, se obtiene un empaque rígido y completo para el conjunto de envases, tal como se muestra en la siguiente figura (ver Figura 58).



**Figura 58.** Modelo de empaque enfriado  
**Fuente:** <https://www.jkkpack.com/empaques/poliolefinas/>.

Finalmente, el empaque terminado se traslada por deslizamiento en una mesa de rodillos con acoples mecánicos para así ser retirado por el operador que procederá a ejecutar el destino final del mismo, ya sea en una paleta de almacenaje, transporte o una zona de carga (ver Figura 59). Para ello, se proponen los siguientes elementos (ver Cuadro 7).



**Figura 59.** Mesa de rodillos de la etapa N°6.  
**Fuente:** Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A. (VickyMatic).

**Cuadro 7.** Elementos para la etapa de enfriamiento.

CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Tipo</b>	Potencia	
<b>Elemento</b>	Ventilador	
<b>Especificaciones</b>	Velocidad: 1300 RPM Potencia: 40 W Alimentación: 220 V	
<b>Fabricante</b>	Taurus	
<b>Modelo</b>	E-200	
<b>Cantidad</b>	2 unidades	
<b>Precio</b>	30\$ c/u	

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

#### 4.2.2 Elementos de los tableros eléctricos de control

Una vez expuestos los distintos elementos propuestos a utilizar en cada una de las etapas del proceso de termoencogido en el horno automático VM-053 se procede a especificar los elementos de los tableros eléctricos de control, abarcando el tablero principal y el tablero neumático. En base a ello, se procede a realizar la propuesta de los elementos eléctricos que representan periféricos de salida, de protección, de control, de alimentación eléctrica y neumática, de enrutamiento eléctrico y neumático (ver Cuadros 8, 9, 10, 11, 12 y 13).


**Cuadro 8.** Elementos eléctricos de control.

CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	HMI+PLC	
<b>Especificaciones</b>	Controlador que integra la Interfaz gráfica hombre-máquina (HMI) y el Controlador Lógico Programable Dimensiones: 150x93x32 mm Consumo: 7 W Alimentación: 24 VDC Entradas digitales: 12 Salidas digitales: 12 Tipo de salida digital: Relé (MR) o Transistor (MT) – Relé: 5A / Transistor: 500mA Entradas analógicas: 4 Salidas analógicas: 2	

	Tipo de salidas analógicas: 0-10 V, 0-5 V, 0-20 mA, 4-20 mA	
<b>Fabricante</b>	Coolmay	
<b>Modelo</b>	EX3G-50KH – 24M	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	130\$ c/u	
<b>CARACTERÍSTICAS</b>		<b>IMAGEN REFERENCIAL</b>
<b>Elemento</b>	Variador de frecuencia	
<b>Función</b>	<b>Motor de la banda VM-BT-01</b> <b>Motor de la banda VM-BT-02</b>	
<b>Especificaciones</b>	Corriente máx. de salida: 5 A Corriente máx. de entrada: 6 A Frecuencia mín.: 0,1 Hz Frecuencia máx.: 400 Hz Alimentación: 220 VAC Entradas digitales: 12	
<b>Fabricante</b>	Delta	
<b>Modelo</b>	VFD007M23	
<b>Cantidad</b>	2 unidades	
<b>Precio</b>	58\$ c/u	

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).




**Cuadro 9.** Elementos eléctricos de alimentación.

CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Fuente de poder	
<b>Especificaciones</b>	Alimentación: 110/240 VAC Tensión de salida: 24 VDC Corriente máx. de salida: 2,5 A	
<b>Fabricante</b>	Coolmay	
<b>Modelo</b>	CM6024	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	30\$ c/u	

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).





**Cuadro 10.** Elementos eléctricos de periferia de salida.


CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Indicador led	
<b>Función</b>	<b>Indicación de energizado</b>	
<b>Especificaciones</b>	Color: blanco Alimentación: 24 VDC Consumo: 20 mA	
<b>Fabricante</b>	G&V	
<b>Modelo</b>	AD22-16DC	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	1\$	
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Controlador de temperatura	
<b>Función</b>	<b>Control de la resistencia de sellado Control de las resistencias del horno</b>	
<b>Especificaciones</b>	Alimentación: 110/240 VAC Salida a relé Temperatura de trabajo: 0-400 °C	
<b>Fabricante</b>	RKC	
<b>Modelo</b>	REX-C100FK02-M*	
<b>Cantidad</b>	2 unidades	
<b>Precio</b>	12\$ c/u	

CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Contactor trifásico	
<b>Función</b>	<b>Activación de resistencias del horno</b>	
<b>Especificaciones</b>	Alimentación: 220 VAC Capacidad de corriente: 100 A Bobina: 24 VDC	
<b>Fabricante</b>	Chint	
<b>Modelo</b>	NXC-100	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	60\$	
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Contactor trifásico	
<b>Función</b>	<b>Activación de motor de turbina Activación de dispensador de plástico Activación de resistencia de sellado</b>	
<b>Especificaciones</b>	Alimentación: 220 VAC Capacidad de corriente: 40 A Bobina: 24 VDC	
<b>Fabricante</b>	Chint	
<b>Modelo</b>	NXC-40	
<b>Cantidad</b>	3 unidades	
<b>Precio</b>	30\$ c/u	
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Electroválvulas neumáticas	
<b>Función</b>	<b>Control de válvulas neumáticas</b>	
<b>Especificaciones</b>	Alimentación: 220 VAC Vías: 5/2 Protección: IP65 Tiempo de respuesta: 0,05 s	
<b>Fabricante</b>	XCPC	
<b>Modelo</b>	4V210-08-AC220V	
<b>Cantidad</b>	7 unidades	
<b>Precio</b>	22\$ c/u	

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).



**Cuadro 11.** Elementos eléctricos de protección.

CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Breaker trifásico	
<b>Función</b>	<b>Alimentación de resistencias del horno</b>	
<b>Especificaciones</b>	Alimentación: 220 VAC Capacidad de corriente: 100 A	
<b>Fabricante</b>	VECAS	
<b>Modelo</b>	HM6-100S	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	65\$	
CARACTERÍSTICAS		
<b>Elemento</b>	Breaker trifásico	
<b>Función</b>	<b>Suministro de potencia restante</b>	
<b>Especificaciones</b>	Alimentación: 220 VAC Capacidad de corriente: 40,5 A	
<b>Fabricante</b>	Andeli	
<b>Modelo</b>	DZ53-63	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	28\$	
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Breaker bifásico	
<b>Función</b>	<b>Suministro de energía para control</b>	
<b>Especificaciones</b>	Alimentación: 220 VAC Capacidad de corriente: 6 A	
<b>Fabricante</b>	Andeli	
<b>Modelo</b>	DZ53-63	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	9\$	
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Guardamotor	
<b>Función</b>	<b>Protección de motor de turbina</b>	
<b>Especificaciones</b>	Alimentación: 220 VAC Capacidad de corriente: 4 - 6,3 A	
<b>Fabricante</b>	Andeli	
<b>Modelo</b>	DZ518-M10	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	15\$	

CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
Elemento	Guardamotor	
Función	<b>Protección de motor dispensador de plástico</b>	
Especificaciones	Alimentación: 220 VAC Capacidad de corriente: 2,5 - 4 A	
Fabricante	Andeli	
Modelo	GV1-M08	
Cantidad	1 unidad	
Precio	5\$	

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

**Cuadro 12.** Elementos de enrutamiento eléctrico.






CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
Elemento	Borneras	
Función	<b>Distribución de señales</b>	
Especificaciones	Material: plástico Estructura: con pie metálico de fijación Medida: 4 mm Corriente máx.: 30 A	
Fabricante	Reliance	
Modelo	PA66-FR	
Cantidad	50 unidades	
Precio	0,1\$ c/u	
CARACTERÍSTICAS		
Elemento	Borneras de aterramiento	
Función	<b>Distribución de señales de tierra</b>	
Especificaciones	Material: plástico Estructura: con pie metálico de fijación Medida: 6 mm Corriente máx.: 30 A	
Fabricante	Reliance	
Modelo	NEK 2.5PE	
Cantidad	10 unidades	
Precio	0,567\$ c/u	

CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Bornera cerámica	
<b>Función</b>	<b>Distribución de alimentación de resistencia de selladora</b>	
<b>Especificaciones</b>	Temperatura máx.: 700 °C	
<b>Fabricante</b>	SLMK	
<b>Modelo</b>	Jsceramic-88	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	0,55\$	
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Riel de fijación	
<b>Función</b>	<b>Fijación de componentes eléctricos</b>	
<b>Especificaciones</b>	Longitud: 7,5 m x 35 mm Material: acero al carbono Tipo: DIN 32	
<b>Fabricante</b>	OEM XAC	
<b>Modelo</b>	S235JR/ S355JR	
<b>Cantidad</b>	2 unidades	
<b>Precio</b>	3\$ c/u	
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Canaletas plásticas	
<b>Función</b>	<b>Organización de cableado eléctrico</b>	
<b>Especificaciones</b>	Longitud: 2,5 m x 40 cm x 40 cm Material: PVC	
<b>Fabricante</b>	Greenock	
<b>Modelo</b>	Slootted trunking	
<b>Cantidad</b>	2 unidades	
<b>Precio</b>	4\$ c/u	
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Terminales para resistencias eléctricas	
<b>Función</b>	<b>Conexión de resistencias eléctricas</b>	
<b>Especificaciones</b>	Diámetro: ¼” Material: Acero inoxidable Corriente máx.: 68 A	
<b>Fabricante</b>	SHCET	
<b>Modelo</b>	RV5 5-5	
<b>Cantidad</b>	20 unidades	
<b>Precio</b>	0,44\$ c/u	

CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Cable térmico	
<b>Función</b>	<b>Distribución de alimentación de resistencias eléctricas</b>	
<b>Especificaciones</b>	Calibre: AWG THW #8 Material: siliconado Temperatura máx.: 300 °C	
<b>Fabricante</b>	Centelsa	
<b>Cantidad</b>	50 m	
<b>Precio</b>	2\$ c/m	
CARACTERÍSTICAS		
<b>Elemento</b>	Cable eléctrico	
<b>Función</b>	<b>Cableado eléctrico del tablero</b>	
<b>Especificaciones</b>	Calibre: AWG #16 Corriente máx.: 10 A	
<b>Fabricante</b>	Indiana	
<b>Cantidad</b>	150 m	
<b>Precio</b>	0,23\$ c/m	
CARACTERÍSTICAS		
<b>Elemento</b>	Cable eléctrico ST	
<b>Función</b>	<b>Cableado eléctrico de motores</b>	
<b>Especificaciones</b>	Número de polos: 4 Calibre: AWG #16 Tensión: 600 V Temperatura máx.: 90 °C	
<b>Fabricante</b>	Elecom	
<b>Cantidad</b>	30 m	
<b>Precio</b>	1,75\$ c/m	
CARACTERÍSTICAS		
<b>Elemento</b>	Cable eléctrico para termocuplas tipo J	
<b>Función</b>	<b>Conexión de termocuplas</b>	
<b>Especificaciones</b>	Calibre: AWG #18 Número de núcleos: 2	
<b>Fabricante</b>	YUMO	
<b>Cantidad</b>	10 m	
<b>Precio</b>	5\$ c/m	

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

**Cuadro 13.** Elementos de enrutamiento neumático.

CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Manguera neumática	
<b>Especificaciones</b>	Material: poliuretano Medida: 6 mm	
<b>Cantidad</b>	60 m	
<b>Precio</b>	1,4\$ c/m	
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Manguera neumática	
<b>Especificaciones</b>	Material: poliuretano Medida: 8 mm	
<b>Cantidad</b>	2 m	
<b>Precio</b>	2\$ c/m	
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Unidad de filtro, regulación y lubricación (FRL)	
<b>Especificaciones</b>	Diámetro de entrada: 1/4" Presión máx.: 145 psi Lubricante: ISO VG 32	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	65\$	
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Terminal de válvulas	
<b>Especificaciones</b>	Material: aluminio Protección: IP65 Cantidad de puertos: 8 Serie: 200 Vías: 5/2 Presión máx.: 150 psi	
<b>Cantidad</b>	1 unidad	
<b>Precio</b>	37\$	
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Tapón ciego Allen	
<b>Especificaciones</b>	Material: cobre Medida: Ø1/4"	
<b>Cantidad</b>	2 unidades	
<b>Precio</b>	0.2\$ c/u	

CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Silenciador neumático	
<b>Especificaciones</b>	Material: cobre Medida: Ø1/4"	
<b>Cantidad</b>	2 unidades	
<b>Precio</b>	0.45\$ c/u	
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Racor recto	
<b>Especificaciones</b>	Material: Acero inoxidable Medida: Ø1/4" x 8mm	
<b>Cantidad</b>	3 unidades	
<b>Precio</b>	1.3\$ c/u	
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Racor recto	
<b>Especificaciones</b>	Material: Acero inoxidable Medida: Ø1/4" x 6mm	
<b>Cantidad</b>	14 unidades	
<b>Precio</b>	1.2\$ c/u	
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Racor curvo	
<b>Especificaciones</b>	Material: Plástico/Metal Medida: Ø1/8" x 6mm	
<b>Cantidad</b>	5 unidades	
<b>Precio</b>	0.21\$ c/u	

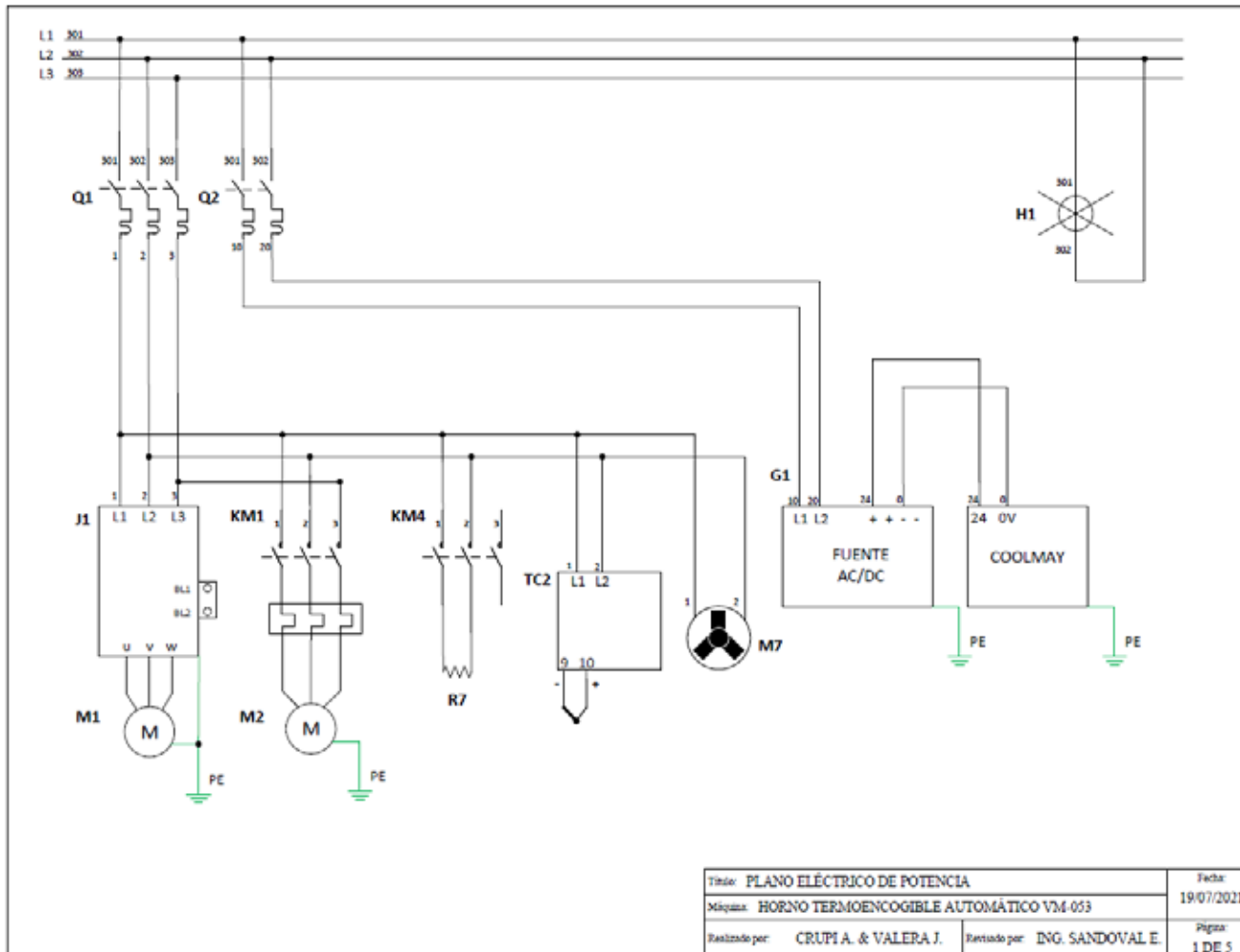
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Racor regulador	
<b>Especificaciones</b>	Material: Plástico/Metal Medida: Ø1/8" x 6mm	
<b>Cantidad</b>	3 unidades	
<b>Precio</b>	0.8\$ c/u	
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Racor regulador	
<b>Especificaciones</b>	Material: Plástico/Metal Medida: Ø1/4" x 6mm	
<b>Cantidad</b>	8 unidades	
<b>Precio</b>	0.8\$ c/u	
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN REFERENCIAL
<b>Elemento</b>	Tee neumática	
<b>Especificaciones</b>	Material: Plástico Medida: 6mm	
<b>Cantidad</b>	2 unidades	
<b>Precio</b>	0.6\$ c/u	

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

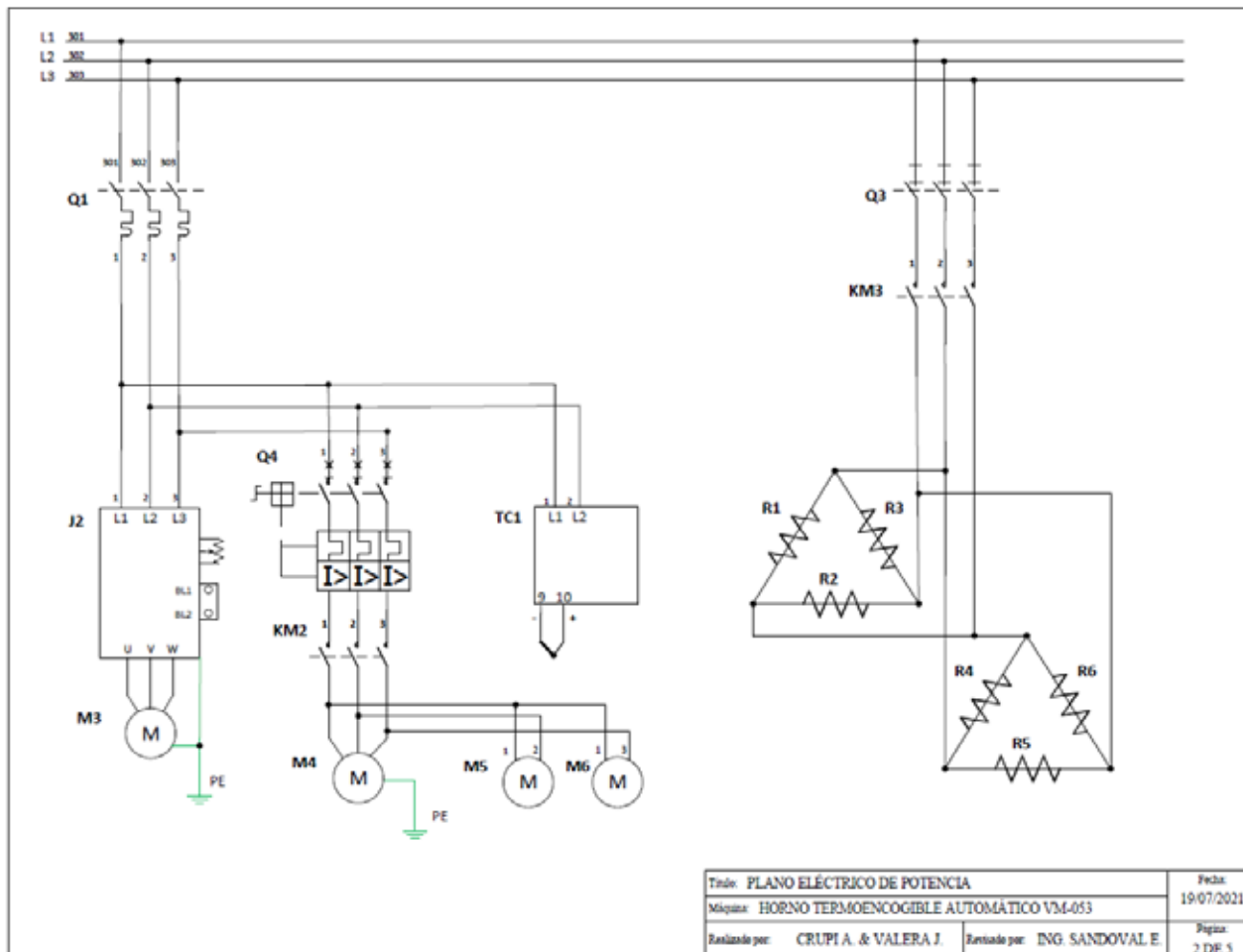
### 4.3. Fase III: Diseño del sistema electrónico para el funcionamiento automatizado del horno termoencogible de la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A. (VickyMatic)

#### 4.3.1 Planos eléctricos de potencia, control y neumáticos

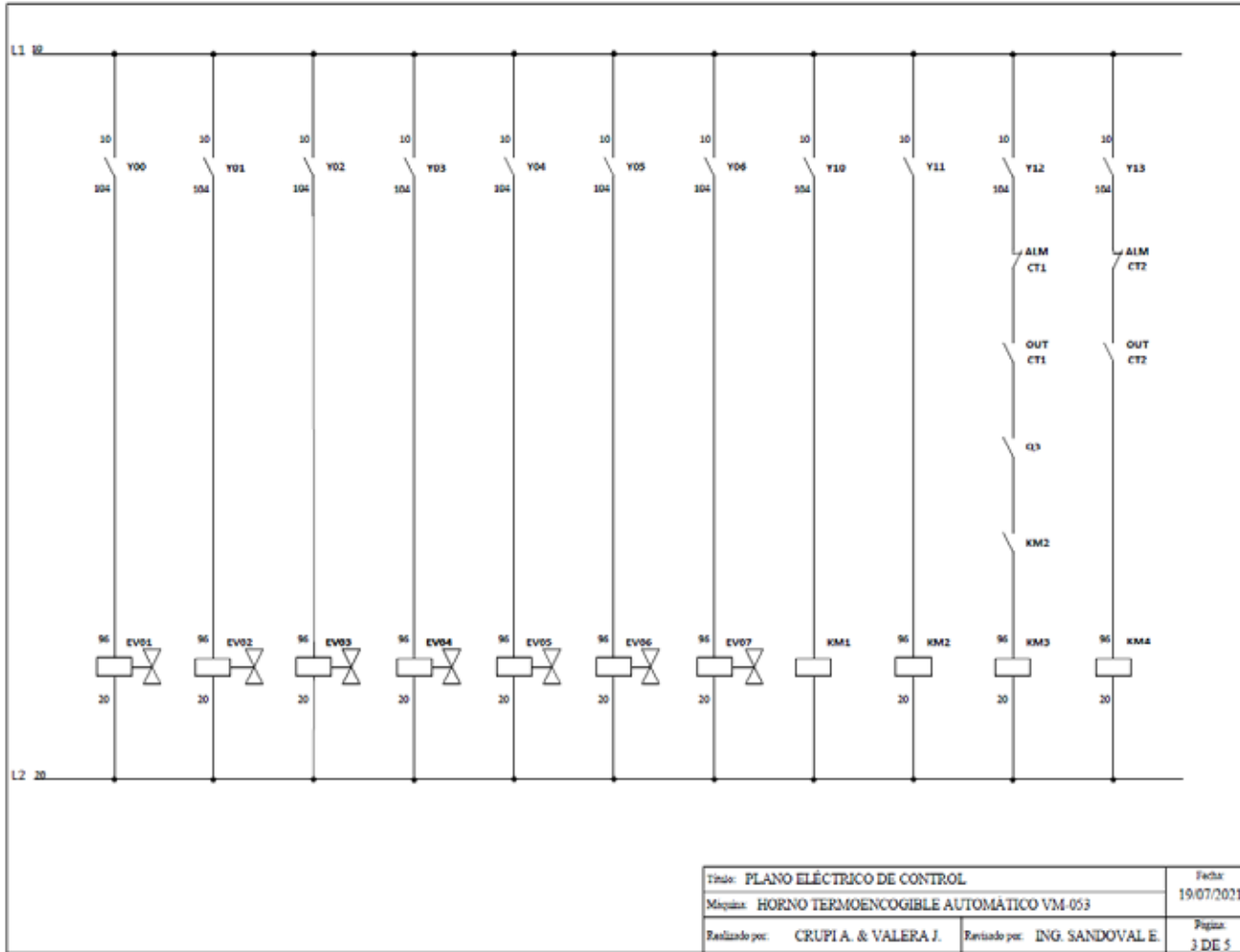
A continuación, se exponen los planos eléctricos de potencia, abarcando la distribución de energía eléctrica para cada uno de los elementos que utilizan corriente alterna para su funcionamiento (ver Figuras 60 y 61). De la misma manera, los planos eléctricos de control, con las electroválvulas que permiten el control de los cilindros neumáticos (ver Figura 62), junto a un diagrama con las entradas y salidas del integrado PLC+HMI (ver Figura 63). Finalmente, una leyenda descriptiva de los elementos (ver Figura 64).



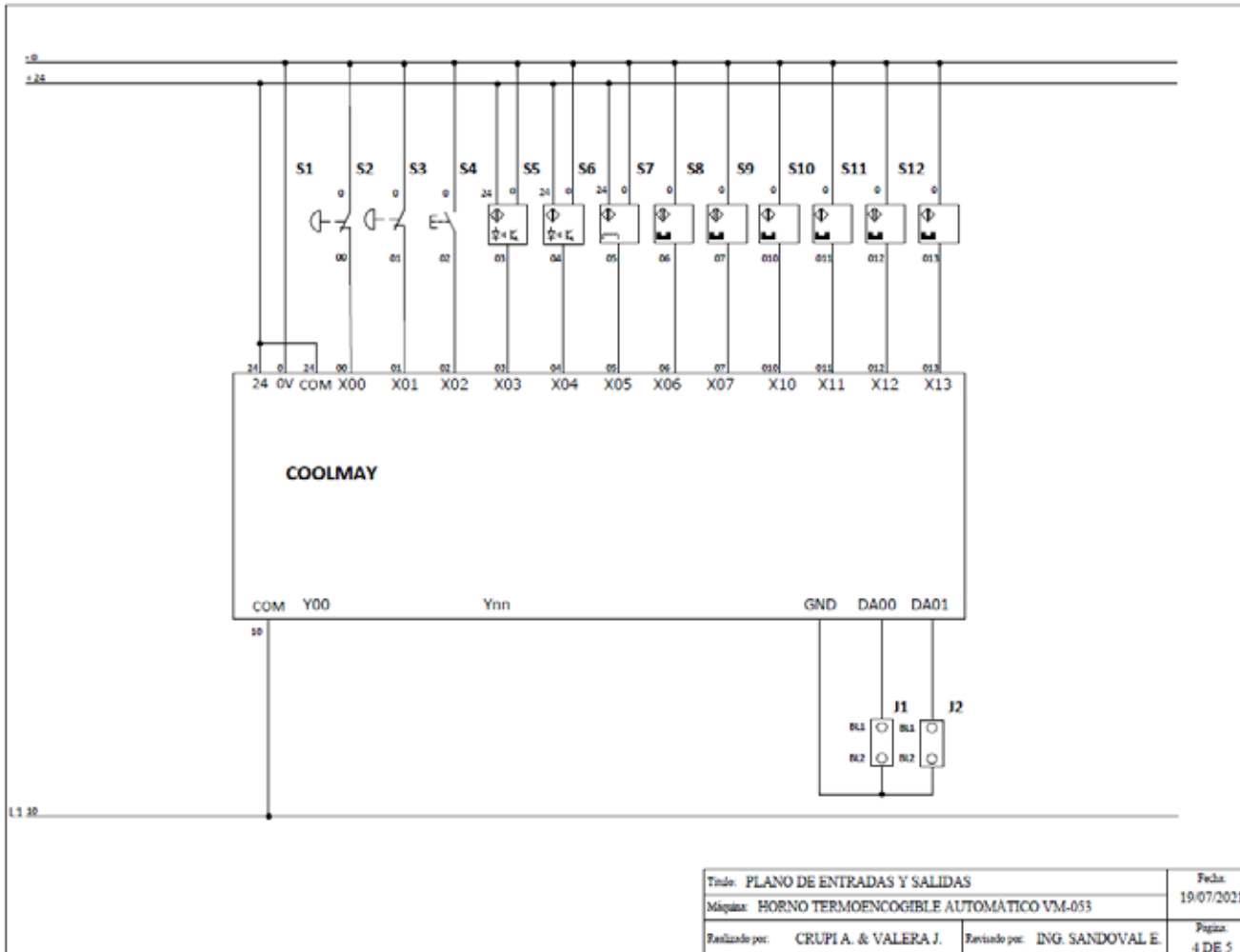
**Figura 60.** Planos eléctricos de potencia.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).



**Figura 61.** Planos eléctricos de potencia con resistencias.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).



**Figura 62.** Planos eléctricos de control.  
 Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).



**Figura 63.** Entradas y salidas del integrado PLC+HMI.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

<b>LEYENDA</b>			
Q1	Disyuntor Tripolar Termomagnético	EV3	Electroválvula monoestable 5/2 Vias (Cilindro N°8)
Q2	Disyuntor Bipolar Termomagnético	EV4	Electroválvula monoestable 5/2 Vias (Cilindro N°1)
Q3	Disyuntor Tripolar de Potencia	EV5	Electroválvula monoestable 5/2 Vias (Cilindro N°2)
Q4	Guardamotor de 2.5 – 4 A	EV6	Electroválvula monoestable 5/2 Vias (Cilindro N°3)
G1	Fuente de alimentación AC 110-220V / DC 24V. 2.5Amp	EV7	Electroválvula monoestable 5/2 Vias (Cilindro N°7)
H1	Luz piloto blanca panel de control (energizado)	S1	Stop de emergencia (selladora)
J1	Variador de frecuencia ( VM-BT-01)	S2	Stop de emergencia (cámara de calentamiento)
J2	Variador de Frecuencia (VM-BT-02)	S3	Pulsador verde (selladora)
KM1	Contactor motor dispensador de plástico	S4	Sensor Fotoeléctrico Difuso (Detección de Envases)
KM2	Contactor motor turbina y enfriamiento	S5	Sensor Fotoeléctrico Difuso (Detección Matriz)
KM3	Contactor resistencias de cámara de calentamiento	S6	Sensor Inductivo (Desbobinador)
KM4	Contactor resistencia de selladora	S7	Sensor Magnético (Cilindro N°2) inicio
TC1	Controlador de temperatura de la cámara de calentamiento	S8	Sensor Magnético (Cilindro N°3) inicio
TC2	Controlador de temperatura de la selladora	S9	Sensor Magnético (Cilindro N°5) inicio
R1	Resistencia de calentamiento 1 de zona 1 / 3000W 220VAC	S10	Sensor Magnético (Cilindro N°5) final
R2	Resistencia de calentamiento 2 de zona 1 / 3000W 220VAC	S11	Sensor Magnético (Cilindro N°6) inicio
R3	Resistencia de calentamiento 3 de zona 1 / 3000W 220VAC	S12	Sensor Magnético (Cilindro N°6) final
R4	Resistencia de calentamiento 1 de zona 2 / 3000W 220VAC		
R5	Resistencia de calentamiento 2 de zona 2 / 3000W 220VAC		
R6	Resistencia de calentamiento 3 de zona 2 / 3000W 220VAC		
R7	Resistencia de calentamiento de selladora / 1000W 220VAC		
M1	Motor trifásico VM-BT-01		
M2	Motor trifásico dispensador de plástico		
M3	Motor trifásico VM-BT-01		
M4	Motor trifásico turbina		
M5	Motor monofásico 220VAC (Enfriamiento)		
M6	Motor monofásico 220VAC (Enfriamiento)		
M7	Fan Cooler 220VAC		
EV1	Electroválvula monoestable 5/2 Vias (Cilindro N°5)		
EV2	Electroválvula monoestable 5/2 Vias (Cilindro N°6)		

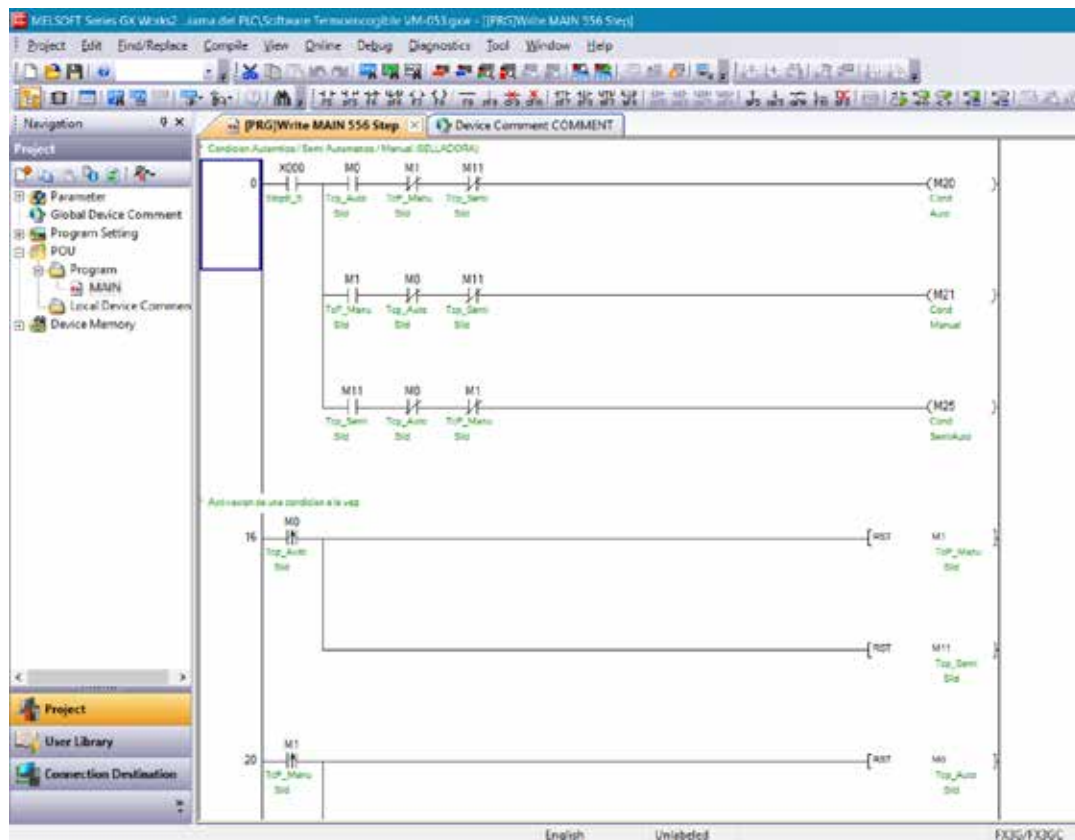
  

Título: LEYENDA		Fecha:
Máquina: HORNO TERMOENCOGIBLE AUTOMÁTICO VM-053		19/07/2021
Elaborado por: CRUPIA. & VALERA J.	Revisado por: ING. SANDOVAL E.	Página:
		5 DE 5

**Figura 64.** Leyenda descriptiva de los elementos.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

### 4.3.2 Código programático del elemento integrado PLC+HMI

Tal como se mencionó anteriormente, para la programación del elemento de control principal, el integrado de PLC+HMI, se utilizó el software GX Works2 el cual está sujeto al modelo de componente eléctrico implementado. En base a ello, se procede a exponer y explicar brevemente el código desarrollado, según las etapas del mismo.

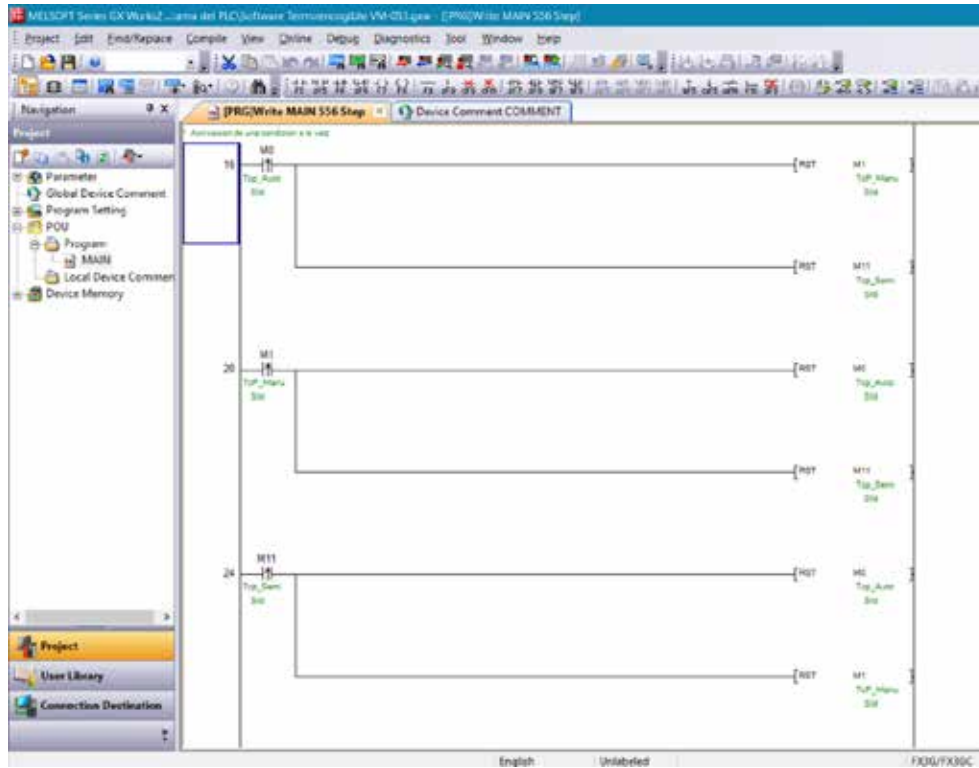


**Figura 65.** Rutina de selección de modo.

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

Las variables con prefijo “TCP” se refieren a “teclas de control de pantalla”, haciendo alusión a los selectores virtuales dispuestos en la interfaz de control. Basándose en el estándar de asignación de nomenclaturas, las entradas son identificadas con la letra “X”, mientras que las salidas con la letra “Y”. Así como se especificó en la entrevista realizada, el personal de diseño de la empresa solicitante de la propuesta, indicó la necesidad de que el equipo brindara la posibilidad de operar con los tres (3) modos de operación: automático, semiautomático y manual. Para ello, se

realizó la rutina de selección de modo, en donde se establece la selección de un modo de operación a la vez (ver Figura 66) a través de la interfaz (ver Figura 67).

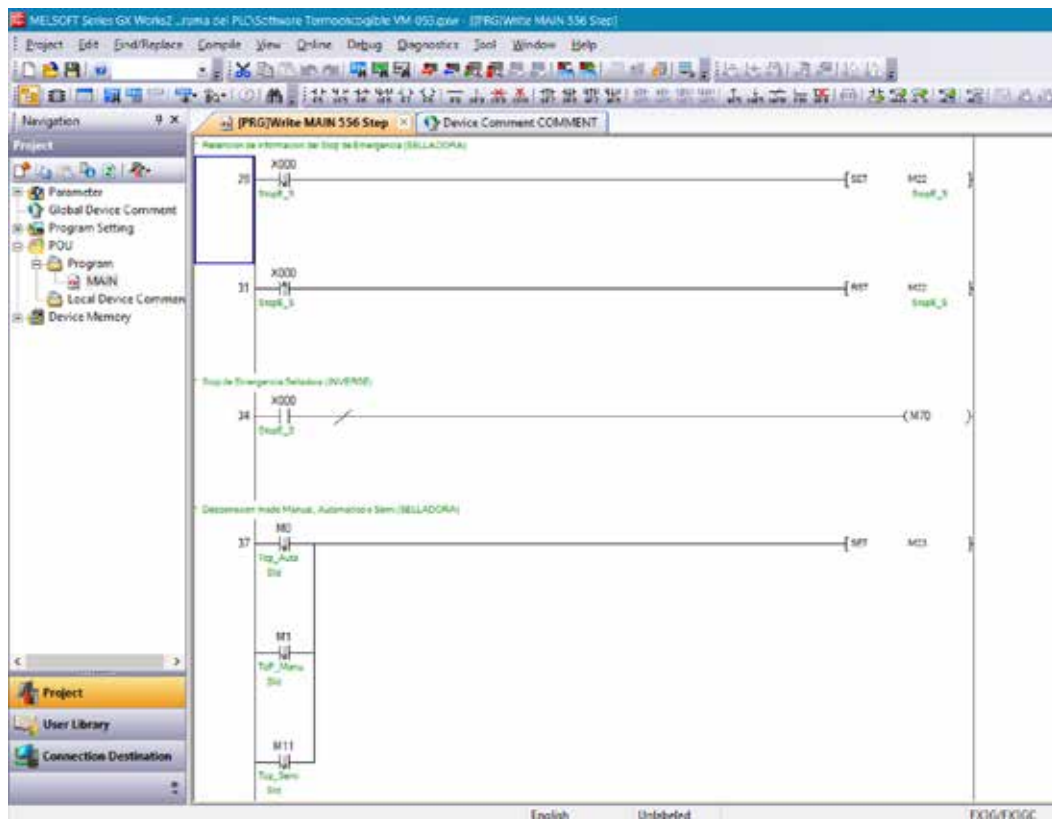


**Figura 66.** Rutina de activación de un modo a la vez.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).



**Figura 67.** Interfaz de selección de modo de operación.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

Para el interruptor de emergencia con retención a implementar en el sistema de termoencogido, se propone utilizar una lógica de control cerrada, donde se utiliza un contacto físico eléctricamente normalmente cerrado. En base a ello, se desarrolló una rutina para captar la señal proveniente de dicho interruptor (ver Figura 68). Adicionalmente, en la figura se observa una rutina para invertir el valor de la señal obtenida por parte del interruptor, esto con el fin de visualizar a través de un indicador virtual en la interfaz, el estado eléctrico o físico del interruptor.

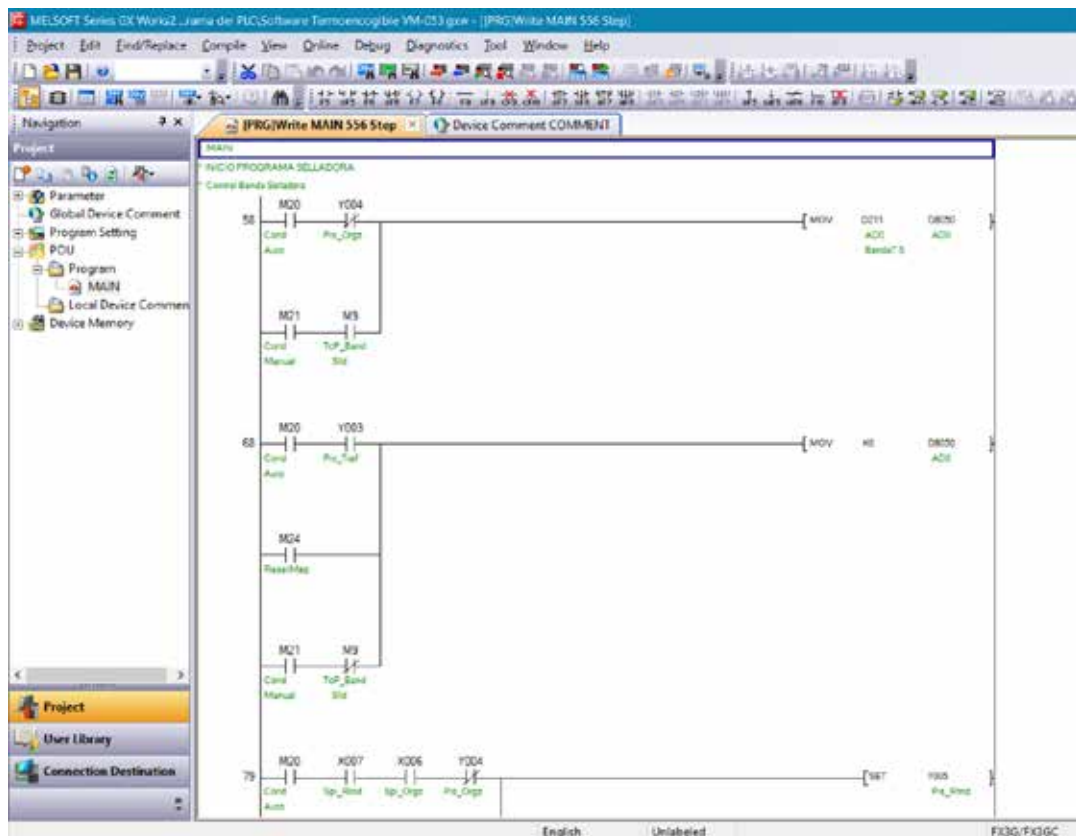


**Figura 68.** Rutina de interruptor de emergencia.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

En la Figura 68 también se aprecia cómo se desarrolla la desconexión o acción de reinicio de la máquina en su totalidad, acción que implica la detención total del equipo. Esto se puede realizar a través de los interruptores de emergencia y también por la desactivación de alguno de todos los modos de operación dispuestos en la interfaz de la Figura 67). Posteriormente, se desarrollan las rutinas encargadas de

controlarla banda transportadora de la etapa de recepción de envases, específicamente, la VM-BT-01 (ver Figura 69).

Esto se realiza a través de la consideración del estado de los elementos involucrados en la etapa, evitando choques mecánicos a través de un orden lógico establecido. Por ejemplo, si el cilindro neumático N°2 que se encarga de introducir las columnas de envases al área de posicionamiento de envases se encuentra desactivado, el motor eléctrico de la banda puede encenderse sin problemas. De igual manera, tal como se explicó en la Fase II, se propuso utilizar un cilindro neumático específicamente para la detención de los envases cuando sea requerido (cilindro N°1).



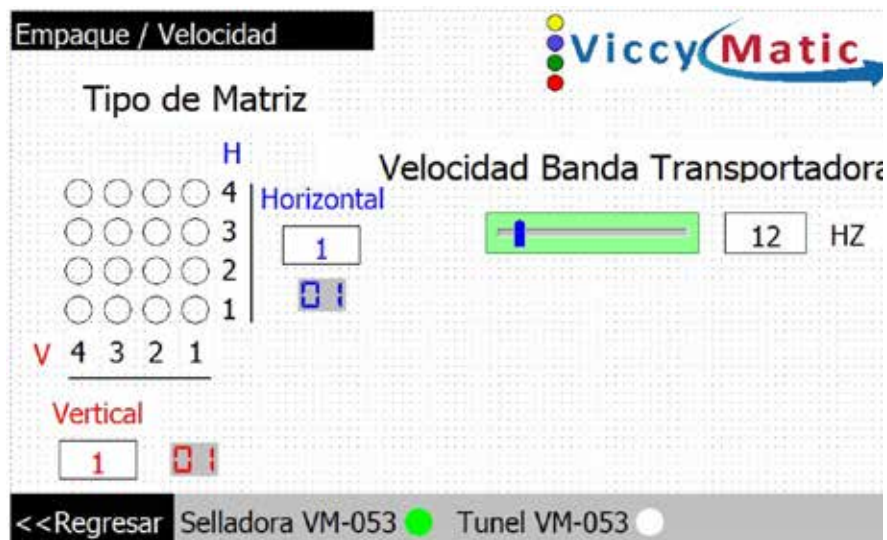
**Figura 69.** Rutina de interruptor de emergencia.

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

El control del motor de la banda VM-BT-01 se realiza a través de la variable D8050 que brinda el sistema Coolmay como salida analógica, contando con valores desde 0 hasta 4.000, donde el valor 0 representa 0 V y el valor 4.000, 10 V. De esta

manera, se trabaja con la señal estándar y normalizada de 0 a 10 V, entregándole así al variador de frecuencia referencias de magnitudes de frecuencia por la entrada de referencia del mismo. Gracias a ello, al introducir en la interfaz el valor de frecuencia deseado, el variador de frecuencia recibe la magnitud exacta a través de una conversión matemática previa (ver Figura 70).

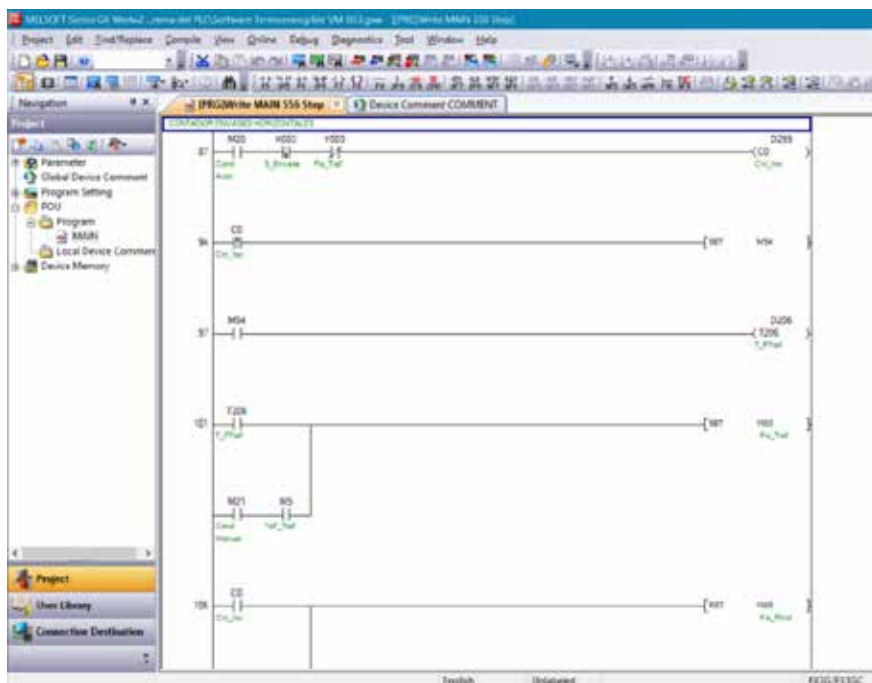
Cabe destacar que, se optó por realizar el control del variador de frecuencia como fue descrito debido a que no se contaba con salidas digitales disponibles, por el modelo del elemento integrado PLC+HMI. Sin embargo, se decidió no cambiar el modelo debido a su bajo costo y a que, a pesar de no realizarse el control por salidas digitales, sí es realizable con salidas analógicas, representando así un reto acorde para el presente proyecto de investigación.



**Figura 70.** Interfaz de selección de estructura matricial y de velocidad de VM-BT-01.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

Una vez que el operador haya seleccionado la estructura matricial, con la cantidad de filas y columnas previamente determinadas en función del producto a comercializar, se procede a ejecutar la rutina que permita la contabilidad de los envases, con el fin de ejecutar lo dictado en la interfaz. Tal como se explicó anteriormente, para ello se emplea un sensor fotoeléctrico específico, el cual, al detectar un envase, entrega los pulsos emitidos a una función acumulativa.

En caso de contar con los envases requeridos para la columna, se acciona el cilindro neumático N°1 (detención de envases), se desactiva el motor eléctrico de la banda VM-BT-01 y se acciona el cilindro neumático N°2 (introducción de envases al área de posicionamiento). Por otro lado, para realizar el conteo de envases se utilizó la captura de flancos de bajada, para optar la seguridad de contar únicamente cuando el sensor fotoeléctrico deja de enviar una señal de detección, es decir, cuando el envase ya salió de su área de medición. De forma lógica, no se puede realizar el conteo de los envases si el cilindro neumático N°1 se encuentra accionado, pues este impide el paso de los mismos (ver Figura 71).

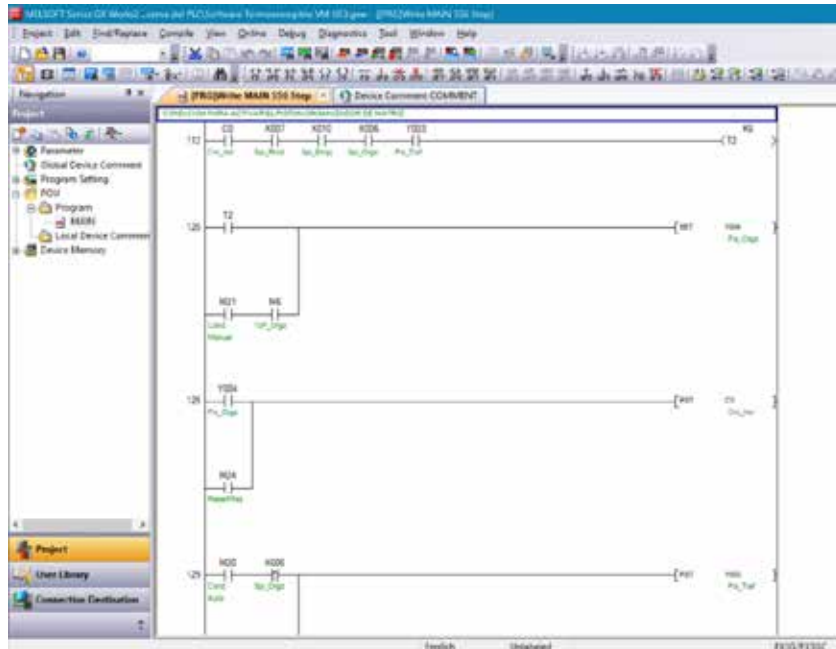


**Figura 71.** Rutina del contador de envases.

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

De forma similar, el cilindro de introducción de envases al área de posicionamiento no puede accionarse si el cilindro N°3 (de guía) se encuentra accionado, siendo esta una condición establecida en el programa (ver Figura 72). Basándose en el estándar comercial de empaques, si se trabaja con una estructura matricial de 4x3, al contar el tercer envase de la columna, se emite la señal de control

que retrae el vástago del cilindro N°3 (de guía), de manera que el cilindro N°2 pueda accionarse sin problemas para introducir los envases al área de posicionamiento.

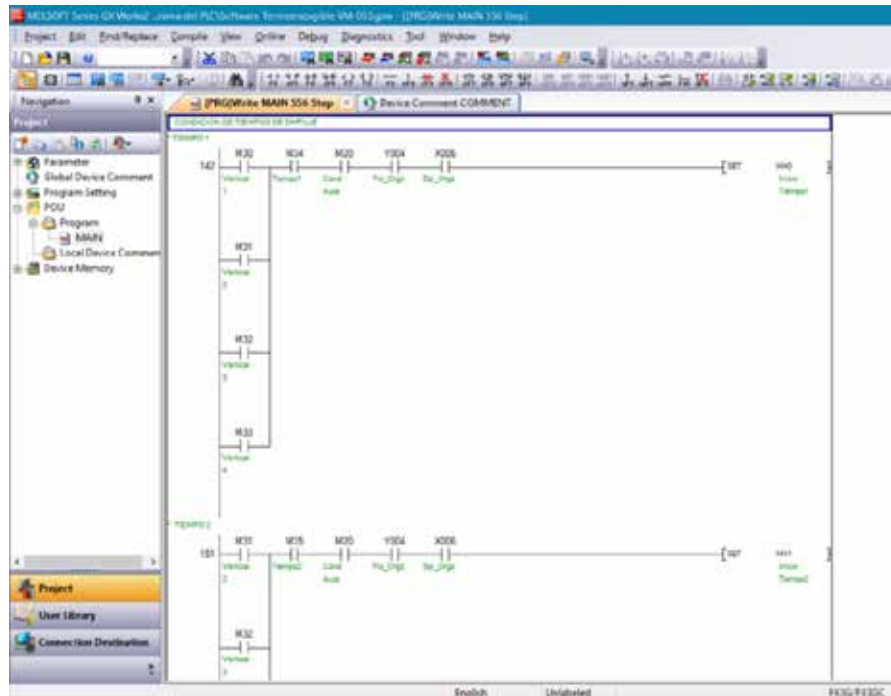


**Figura 72.** Rutina de activación de cilindro N°2.

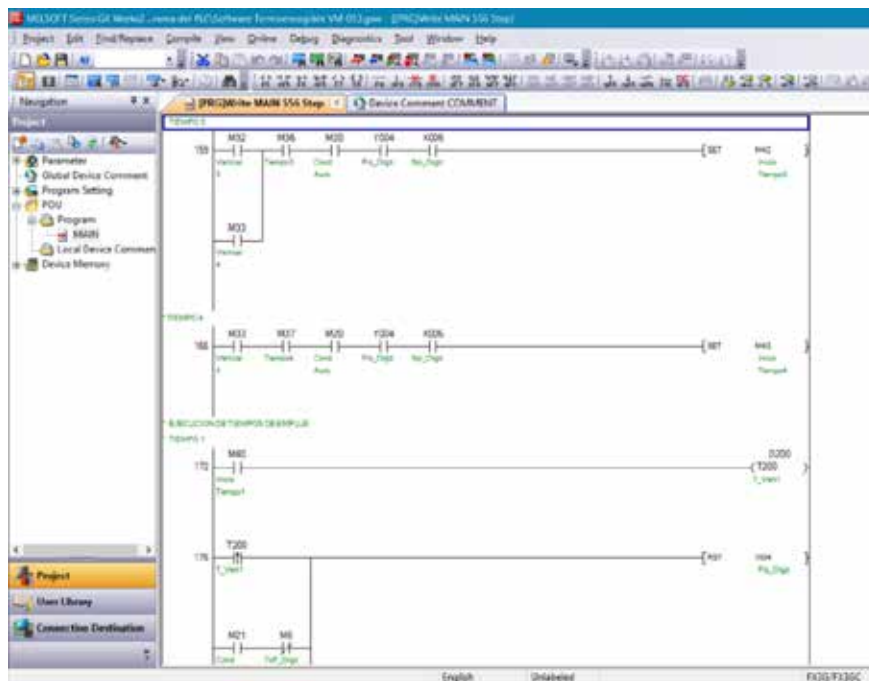
**Elaborado por:** Crupi A., Valera J. (2021).

El cilindro o pistón neumático N°2 realiza distintos recorridos en la carrera de su vástago o actuador, esto debido a la progresiva acumulación de las columnas de envases en el área de posicionamiento, tal como se describió anteriormente. Para lograr dicho objetivo, se utiliza un conjunto de temporizadores, aprovechando las herramientas que brinda el software de programación en cuanto a ello, que permitan limitar la activación de forma variable del cilindro (ver Figuras 73 y 74). Esta rutina se aplica independientemente de la estructura matricial seleccionada, ya que está diseñada para abarcar la matriz de mayor dimensionamiento admisible, la de 4x4, por lo que con el resto de las matrices no habrá problema alguno al realizar el conteo.

Consecuentemente, se desarrolló una rutina de ejecución de los tiempos asignados y previamente determinados en la rutina anterior, esto con el fin de accionar controladamente la electroválvula de control del cilindro en cuestión, es decir, el pistón neumático N°2 (ver Figura 74).

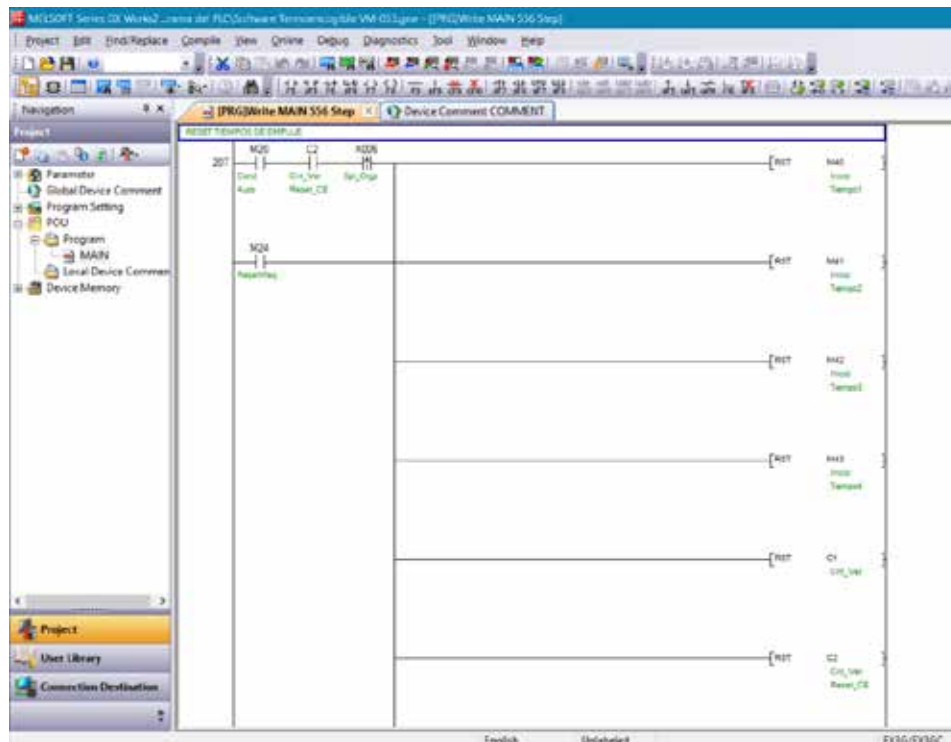


**Figura 73.** Rutina de asignación de tiempos para accionamiento de cilindro N°2.  
 Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).



**Figura 74.** Rutina de ejecución de tiempos para accionamiento de cilindro N°2.  
 Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

Una vez que se ha realizado el accionamiento del cilindro N°2, el sensor fotoeléctrico N°2 visualizará el paso de la columna de envases, permitiendo el conteo de las columnas necesarias para formar la matriz seleccionada. Dependiendo de dicha matriz, se realizará el reinicio de los valores de cada una de los tiempos de accionamiento. Esto con el objetivo de garantizar el funcionamiento de un nuevo ciclo de trabajo en dicha etapa (ver Figura 75).

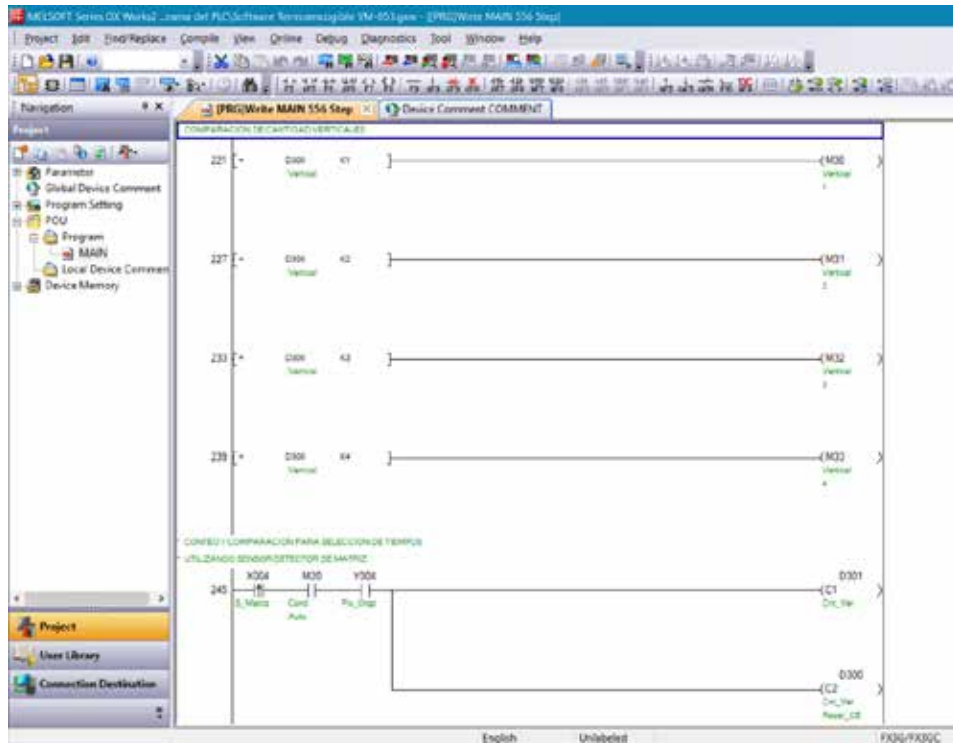


**Figura 75.** Rutina de reinicio de tiempos para accionamiento de cilindro N°2.

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

En la rutina mostrada a continuación se visualiza cómo se utiliza la directriz dada por medio de la interfaz, referente a la cantidad de columnas y filas, es decir, la estructura matricial seleccionada. En base a los valores indicados, se realizará una cantidad determinada de accionamientos para el pistón que introduce los envases al área de posicionamiento, con los retardos específicos para cada activación (ver Figura 76). En dicha figura, también se expone la rutina en la que el sensor fotoeléctrico N°2 condiciona la operación de la introducción de las columnas de envases al área de

posicionamiento, siendo todas las rutinas anteriores dependientes de la rutina de conteo y comparación de tiempos.

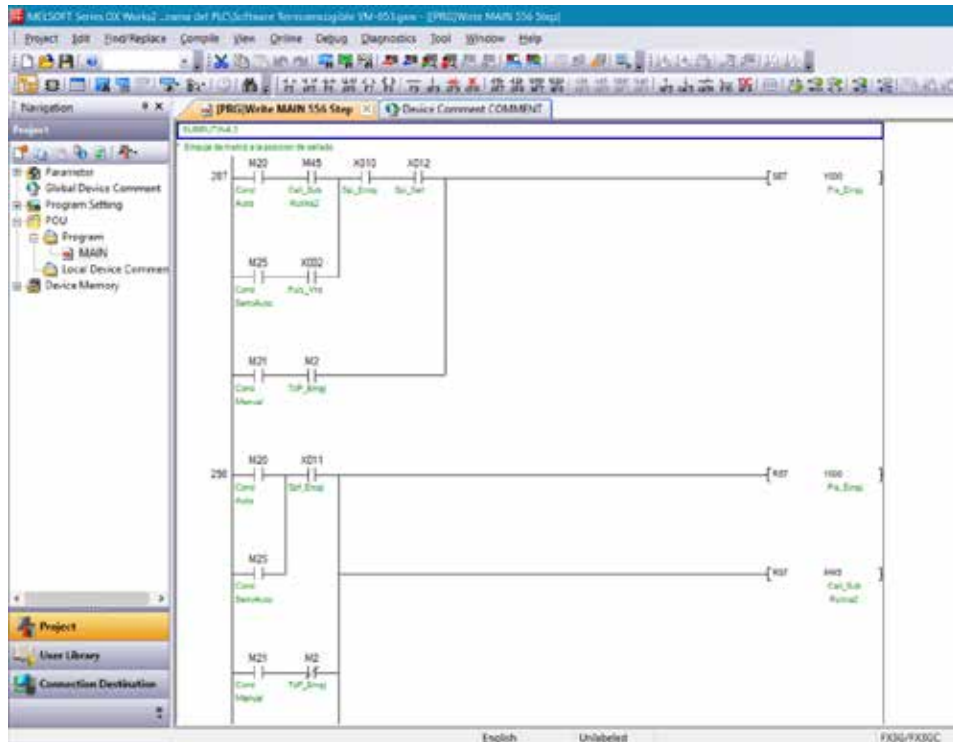


**Figura 76.** Rutina de comparación de columnas y utilización de sensor fotoeléctrico.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

Para la activación del pistón neumático N°5 se requiere que el cilindro N°2 esté recogido o desactivado y que el pistón N°6 dedicado al sellado del plástico se encuentre recogido (hacia arriba), para evitar choques mecánicos entre los vástagos de los mismos (ver Figura 77). Esta operación se realiza automática en la subrutina en caso de que el modo de operación esté establecido en automático. Mientras que, si el modo es semiautomático, la subrutina se ejecuta al presionar el pulsador verde adjunto al conjunto de sellado, realizando así la introducción del conjunto de envases en esquema matricial al área de sellado.

Consecuentemente, al culminar la subrutina N°2, en modo automático, se procederá a la ejecución de la subrutina N°3 que realizará las actividades inherentes a la etapa de sellado, activándose el pistón N°8 que sujeta a los envases durante el

calentamiento del plástico para su unión y posteriormente, los pistones N°6 y N°7 para realizar las operaciones de sellado y corte, respectivamente.

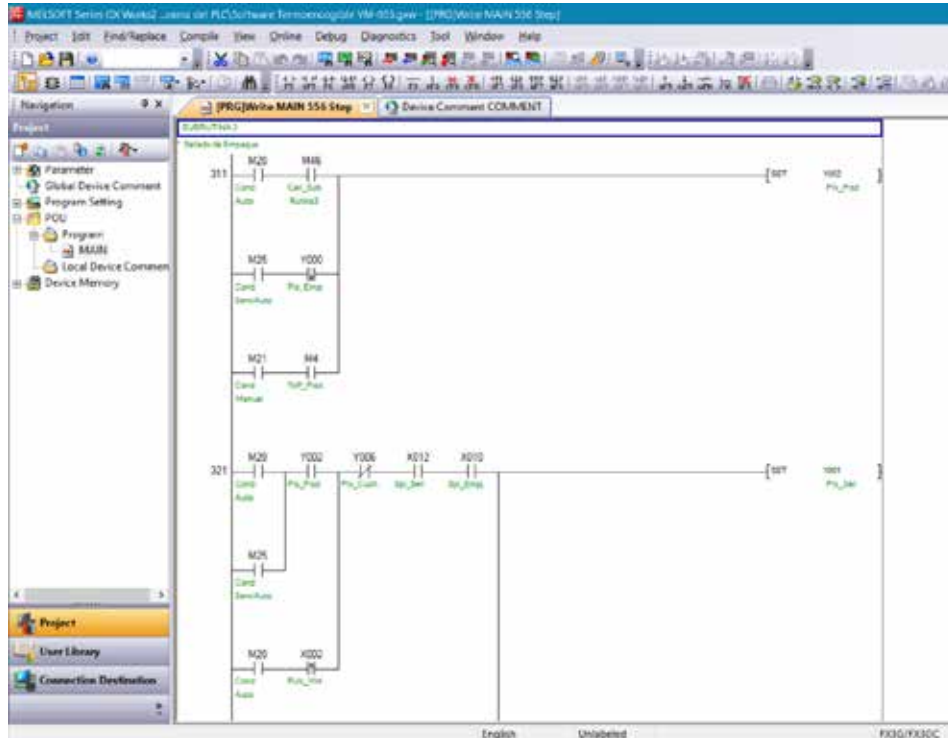


**Figura 77. Subrutina N°2.**  
 Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

Sin embargo, de manera organizada, las condiciones propuestas para activar el cilindro neumático N°6 dedicado al sellado son: el pistón N°8 dedicado a la sujeción de los envases esté activado, el pistón N°7 dedicado al corte del plástico esté desactivado (para lograr un corte uniforme en la capa de plástico previamente sellada y no al revés), el pistón N°6 dedicado al sellado esté desactivado y el pistón N°5 dedicado a introducir los envases al área se encuentre desactivado también. De esta manera, se podrá proceder a la activación del cilindro para el sellado (ver Figura 78).

Adicionalmente, en el modo de operación automático, al presionar el pulsador verde ubicado en la parte superior del conjunto de sellado, se ejecuta una sección de la subrutina N°3 con el fin de ejecutar el sellado previo de las películas termoencogibles provenientes de las bobinas superior e inferior. En relación a ello, en la subrutina

también se indica el temporizador ajustado para el sellado, que es de específicamente 4 segundos para una película estándar de 1  $\mu\text{m}$  de espesor. Sin embargo, estos valores son ajustables a través de la interfaz (ver Figura 79).



**Figura 78.** Subrutina N°3.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

Tiempos

Ingresar

Tiempo Vertical 1	12.34	Seg	0 1 . 23
Tiempo Vertical 2	12.34	Seg	0 1 . 23
Tiempo Vertical 3	12.34	Seg	0 1 . 23
Tiempo Vertical 4	12.34	Seg	0 1 . 23
Tiempo de Sellado	12.34	Seg	0 1 . 23
Tiempo de Corte	12.34	Seg	0 1 . 23
Tiempo Trafico	12.34	Seg	0 1 . 23
Tiempo Debobinador	12.34	Seg	0 1 . 23

<<Regresar
Selladora VM-053 ● Tunnel VM-053 ●

**Figura 79.** Interfaz de ajuste de tiempos.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

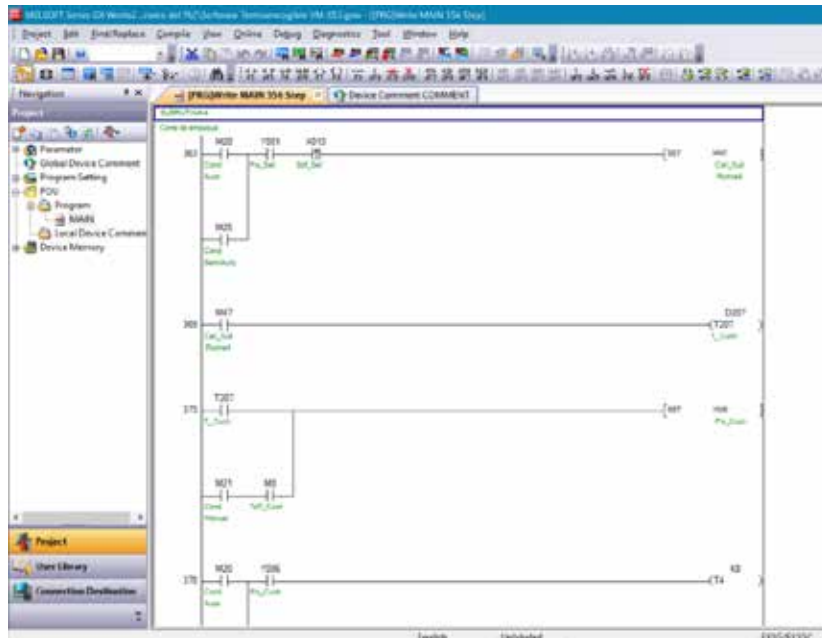
En donde los tiempos verticales son referentes a los retardos en los desplazamientos para la organización de la matriz, el tiempo de sellado es la duración del calentamiento del plástico con la selladora, el de corte es el del accionamiento del cilindro N°7, el de tráfico es el que detiene los envases a través del pistón N°1 en la banda transportadora VM-BT-01 y el desbobinador es para el accionamiento del motor eléctrico que dispensa el plástico termoencogible. Estos nombres fueron asignados de la manera expuesta con el objetivo de brindar facilidad de identificación de los parámetros de la máquina para los operadores.

En la subrutina N°3 también se implementa la asignación de valores a un evento propuesto denominado “Corte seguro”, el cual permitirá conocer si se realizó realmente el corte del plástico sellado a través del cilindro neumático N°7. La comprobación se realiza a través de la desactivación de la electroválvula del terminal de válvulas neumáticas, ya que dicho pistón no cuenta con sensores magnéticos de proximidad para abaratar los costos.

Cabe destacar que, entre las operaciones de sellado y corte debe existir un sincronismo y una relación de proporcionalidad considerable, ya que el sellado no puede excederse porque dañaría la película plástica y el corte no puede ejecutarse antes de que el plástico se encuentre correctamente sellado, así como tampoco puede ejecutarse mucho después del sellado porque se desaprovecharían los tiempos que influirían en el rendimiento de la máquina.

Posteriormente, se procede a ejecutar la subrutina N°4 que permitirá accionar el motor eléctrico desbobinador o dispensador de plástico termoencogible, el cual está sujeto directamente al estado del sensor inductivo ubicado en el conjunto, siendo así indirectamente independiente de la subrutina anterior ya que, al realizar la introducción de los envases al área de sellado, los envases halan el plástico trasladando así la lámina de hierro ubicada en el área de acción del sensor inductivo (ver Figura 80). De esta manera, la directriz de accionamiento de esta subrutina es mecánica facilitando así la estructura de la misma. La lógica de funcionamiento propuesta, en base al diseño mecánico, el sensor inductivo se encuentra detectando la lámina en estado de reposo y

una vez que se introducen los envases, deja de detectarlo debido al desplazamiento mecánico. En conclusión, el sensor tiene un estado normalmente abierto.

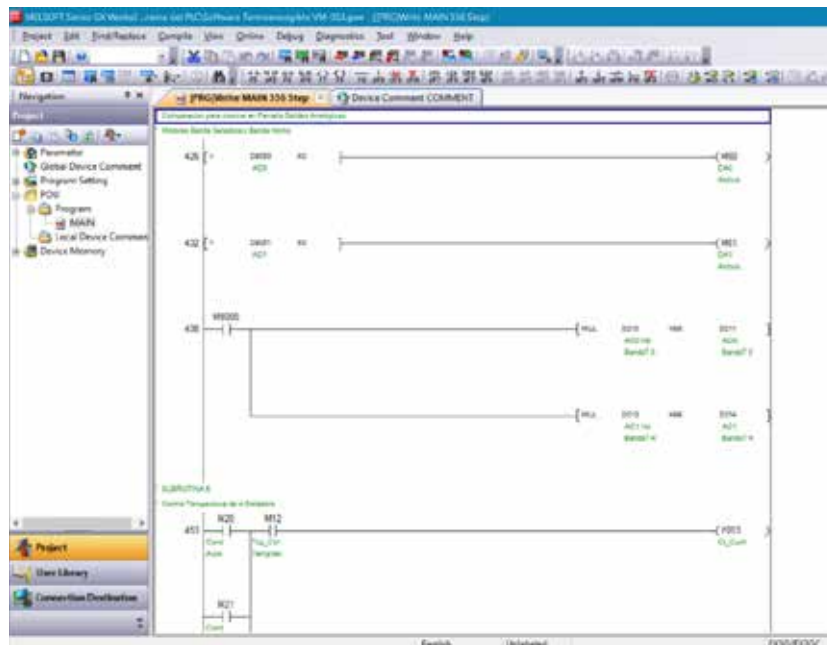


**Figura 80.** Subrutina N°4.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

En el desarrollo del código también se realizó una rutina dedicada a la comparación de la información de las salidas analógicas para así ser representadas en la interfaz de control. Específicamente, se creó una pantalla que exponga a través de indicadores virtuales el estado de activación o desactivación de los periféricos de entrada y de salida del sistema. Siendo esta una tarea sencilla con señales digitales, más, sin embargo, con las salidas analógicas se requirió una rutina que, al detectar un valor diferente de cero para la variable asignada, enciende el indicador virtual dispuesto en la interfaz gráfica (ver Figuras 81 y 82).

La subrutina desarrollada N°6 es donde se recibe la directriz de activación desde la interfaz de control gracias al operador. Esta directriz permitirá el accionamiento de la salida digital que le indicará a los controladores de temperatura que inicien las operaciones calibradas. Una vez que se ajustó el punto de ajuste de temperatura deseado en cada uno de los controladores, se encontrarán a la espera de la activación por parte

del integrado PLC+HMI. Más específicamente, el controlador cuenta con un puerto de alarma, el cual recibe la señal de activación y, en caso de que la alarma no represente problemas (no esté activada), se activará la salida del controlador de temperatura hacia la bobina del contactor que permitirá la activación de las resistencias.



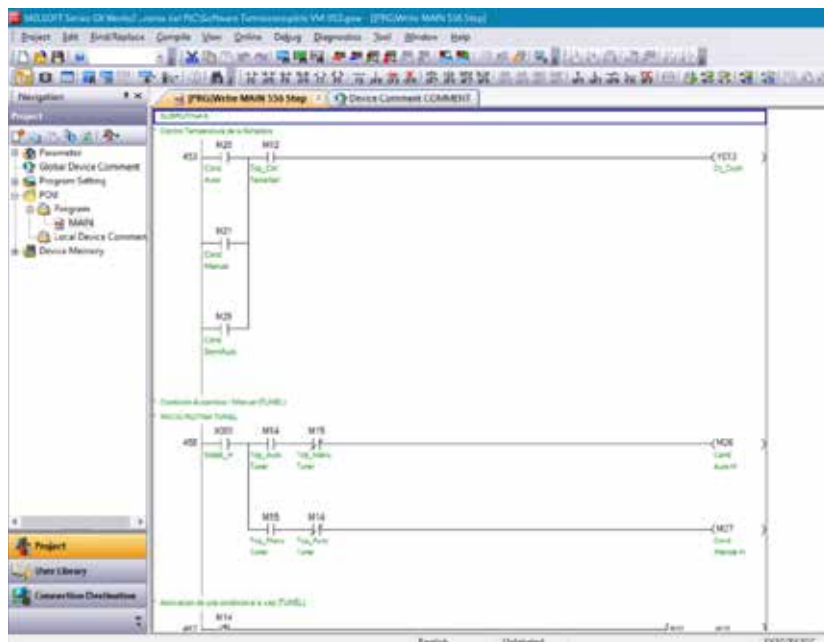
**Figura 81.** Rutina de comparación de información con interfaz.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).



**Figura 82.** Interfaz de visualización de periféricos de entrada.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).



**Figura 83.** Interfaz de visualización de periféricos de salida.  
 Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

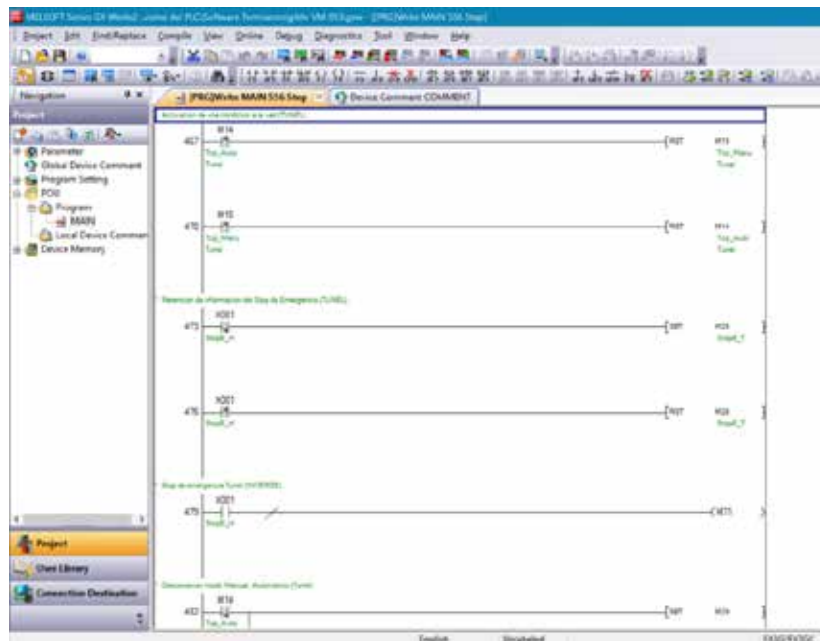


**Figura 84.** Subrutina N°6.  
 Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

Con respecto a la alarma, el controlador de temperatura de la cámara de calentamiento recibe la señal de activación por parte del integrado PLC+HMI y verifica la magnitud del punto de ajuste seleccionado. En caso de que se haya ajustado un punto

de ajuste de 200 °C y la temperatura está por debajo de ese valor, la activación de la salida destinada para las resistencias sí se ejecutará. Por otro lado, si la temperatura se encuentra por encima, no lo hará. Una vez que se activa la salida del controlador de temperatura, a través de una lógica de control cableada, tal como se expuso en los planos eléctricos, la señal llega a la bobina del contactor de la turbina verificando si dicho motor eléctrico está activado. Ya que, si la turbina está desactivada, las resistencias no podrán energizarse para generar calor debido a que el mismo se concentraría y generaría daños irreparables en la cámara.

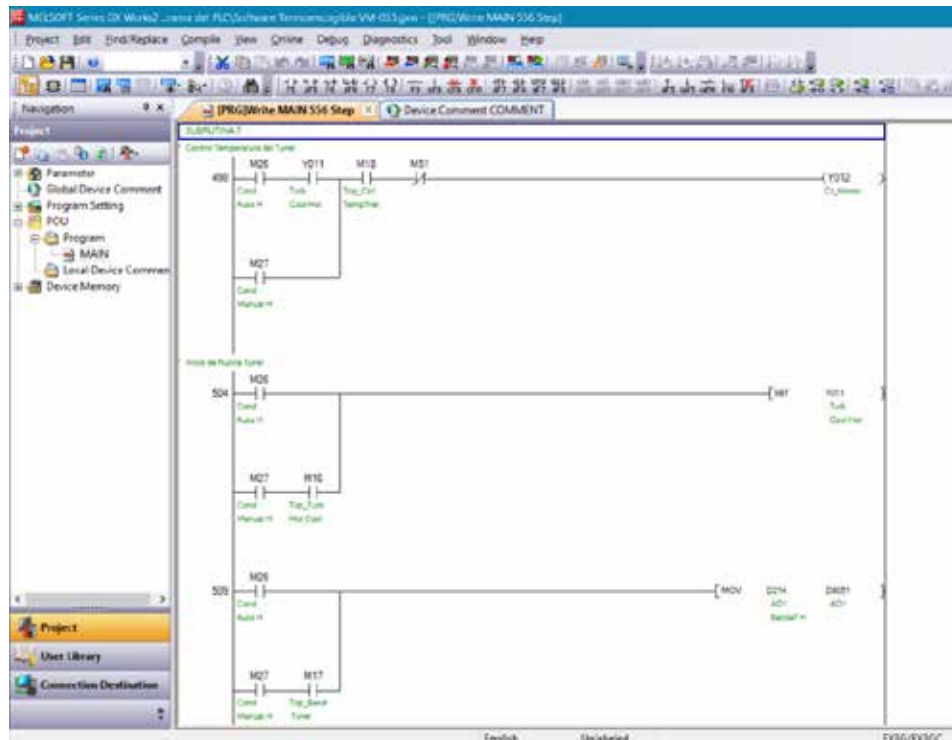
En la Figura 84 también se puede apreciar las líneas de código referentes a la activación del motor eléctrico de la banda transportadora VM-BT-02 de la cámara de calentamiento. Además de la condición que representa la activación o no del interruptor de emergencia con retención ubicado en el tablero eléctrico de control principal que está adyacente a la cámara de calentamiento. Por otro lado, se desarrollaron las líneas de código que impiden la activación de los distintos modos de operación de la cámara de calentamiento simultáneamente.



**Figura 85.** Rutina de invalidación de activaciones simultáneas.

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

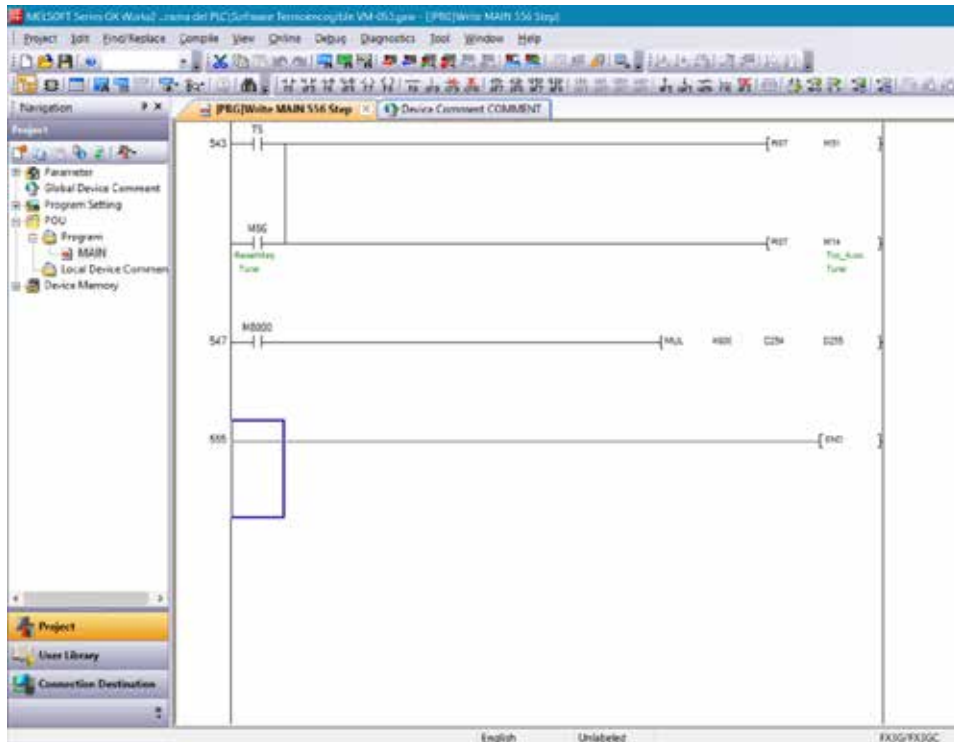
Finalmente, la última subrutina desarrollada es la N°7 (ver Figura 86). En ella, se programó, como factor de seguridad, una rutina que impida el energizado de las resistencias de calentamiento de la cámara en caso de que la turbina de distribución de aire no esté funcionando. Esta rutina es equivalente a la lógica cableada que impide lo descrito. La comprobación funciona a través del contacto normalmente abierto que brinda el contactor, el cual se cierra al recibir la señal de activación.



**Figura 86.** Subrutina N°7.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

En la última figura referente a las líneas de código del programa desarrollado, se muestra un temporizador propuesto para mantener energizado y activado el motor eléctrico de la turbina de distribución y ventilación del calor concentrado (ver Figura 87). Esto con el fin de evitar que, al terminar la jornada de trabajo y apagar la máquina completa, el calor generado por las resistencias se quede concentrado en la cámara, pudiendo generar daños catastróficos en la malla Kevlar, en la estructura y demás componentes eléctricos. Mientras que, en la última línea de código, se realiza una

conversión aritmética de segundos a minutos para la visualización del valor en la interfaz.



**Figura 87.** Final del código.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

Por último, se muestran las pantallas restantes de la interfaz de control desarrollada (ver Figuras 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94 y 95). Posteriormente, se presentará el manual de operaciones respectivo.



**Figura 88.** Interfaz de inicio.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).



**Figura 89.** Interfaz de mando de la cámara de calentamiento.  
 Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

En la función de enfriamiento de la interfaz de mando de la cámara de calentamiento se ajustará el tiempo en el que se desea que esté activada la turbina de ventilación del calor concentrado.



**Figura 90.** Interfaz de menú de control principal.  
 Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).



**Figura 91.** Interfaz de menú de cámara de calentamiento.

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).



**Figura 92.** Interfaz de operaciones manuales.

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

En la Figura 91 se visualizan las distintas secciones de la interfaz de control en un menú organizado y sencillo, mientras que en la Figura 92 están los distintos periféricos de salida identificados para ejecutar sus respectivas activaciones o

desactivaciones en un modo de operación manual, en caso de necesitarse de esa manera.



**Figura 93.** Interfaz de activación de motores eléctricos y controlador.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).



**Figura 94.** Interfaz de visualización de entradas y salidas restantes.  
Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).



**Figura 95.** Interfaz de velocidad de banda transportadora VM-BT-02.

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

### **4.3.3 Manual de operaciones**

En el Anexo A del presente proyecto de investigación se presenta el manual de operaciones a estudiar para utilizar y entender adecuadamente el funcionamiento de la máquina automática, orientado hacia los operadores (ver Anexo A).

### **4.3.4 Ficha técnica**

Adicionalmente, se adjunta la ficha técnica del horno termoencogible automático VM-053 (ver Anexo B).

## **4.4. Fase IV: Evaluación de la factibilidad operativa, técnica y económica del diseño realizado.**

### **4.4.1 Factibilidad operativa**

Para que un proyecto implementado funcione a largo plazo y genere utilidades, es necesario evaluar la viabilidad operativa del mismo. Lo cual hace referencia al estudio de las necesidades que la propuesta satisface valiéndose de los recursos y oportunidades presentes. En síntesis, si un proyecto es operacionalmente factible, es una solución ante un problema o deficiencia.

En el caso actual, la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortés C.A. (VickyMatic), presenta la necesidad de ofrecer a su público un horno automatizado que garantice el incremento del rendimiento de las líneas productivas. Para ello, la presente

propuesta persigue el objetivo de ser un equipo útil, fiable y accesible para los potenciales clientes de la empresa.

Se trata de un cambio del método de trabajo actual del equipo, que pretende mejorar sustancialmente las condiciones bajo las cuales se opera la máquina, reduciendo los riesgos ergonómicos asociados al manejo manual de los envases a empacar, tal como se realiza actualmente con el equipo semiautomático. Debido a la facilidad de uso que ofrecería el horno termoencogible automático, los operadores verían beneficioso la implementación de la propuesta, ya que el manejo sería a través de la interacción del humano con la interfaz de mando. Asimismo, la disminución de riesgos laborales no solo implica ventajas para el operador sino también para las empresas para las cuales estos trabajadores presten sus servicios, desde el punto de vista social y económico.

Adicionalmente, la programación propuesta de la máquina garantiza una interfaz intuitiva y de fácil entendimiento, ya que las señales de identificación están manejadas desde un enfoque amigable para el usuario, con breves instrucciones y opciones específicas de las funciones de la máquina. En este sentido, el diseño procura la versatilidad, permitiendo el cambio de los tiempos de operación, movimientos individuales o colectivos de los elementos mecánicos, configuración de matrices de agrupación (de acuerdo a las dimensiones y características geométricas del envase), entre otros.

Finalmente, los parámetros de diseño electrónico se basan en la confiabilidad y durabilidad, por lo tanto, los componentes fueron minuciosamente seleccionados para garantizar accesibilidad en el mercado, facilidad de instalación y mínimas necesidades de mantenimiento.

#### **4.4.2 Factibilidad técnica**

La viabilidad técnica se enfoca en la eficiencia que ofrecen los equipos que se proponen incorporar en el diseño electrónico, en cuanto a la mejora de los procesos y el aumento del rendimiento. Para justificar la propuesta, a continuación, se procede a mencionar los recursos técnicos más importantes que forman parte del horno

termoencogible automático, a fin de hacer la descripción de los beneficios que ofrecen, basado en tres (3) criterios fundamentales: eficiencia de operación, productividad y durabilidad (ver Cuadro 14).

**Cuadro 14.** Beneficios ofrecidos por los recursos seleccionados en la propuesta.

RECURSO TÉCNICO	BENEFICIOS		
	OPERACIÓN	PRODUCTIVIDAD	DURABILIDAD
<b>Sensores magnéticos</b>	Permiten detectar los desplazamientos de los cilindros neumáticos, actuando como un puente entre un elemento neumático y la interfaz de control, ya que convierte un movimiento generado por aire en una señal eléctrica interpretable.	Poseen diseños de dimensiones reducidas (adaptables para el montaje dentro de las ranuras de los cilindros neumáticos) con distancias de conmutación muy amplias. Además, el desgaste es mínimo debido a que la detección se logra sin contacto físico.	Cuentan con una elevada resistencia mecánica en caso de golpes y vibraciones. Además, requieren un mantenimiento mínimo, con reemplazos después de largos tiempos de operación.
<b>Cilindros neumáticos</b>	Sirven para generar movimientos lineales en dos (2) sentidos. Aprovechan la fuerza ejercida por el aire comprimido, para realizar desplazamiento de vaivén, sin necesidad de combinar elementos mecánicos con accionamiento eléctricos, lo cual	Se abastecen de la energía neumática (una de las más limpias y rentables) para su funcionamiento. En este sentido, los elementos que forman parte del circuito neumático pueden trabajar a altas velocidades y estas pueden ser fácilmente regulables.	El funcionamiento se produce con mínimo mantenimiento de lubricación, y poseen alta resistencia al desgaste. Asimismo, cuentan con buenas propiedades de amortiguación y poca sensibilidad ante los impactos y/o las posibles vibraciones.

	supone un ahorro considerable.		
<b>Sensores fotoeléctricos</b>	Poseen una alta velocidad de detección sin necesidad de estar en contacto con el objeto, incluso cuando se encuentran a una distancia considerable. A través de la interrupción del haz de luz, este sensor emite una señal eléctrica interpretable que indica la presencia del objeto.	Permiten detectar objetos clasificados de acuerdo a sus características físicas, tales como: tamaño, color, brillo, forma, entre otros atributos. Y de diversos materiales, como: metal, plástico, madera, papel. Lo cual los convierte en versátiles opciones para múltiples aplicaciones.	Cuentan con una amplia variedad de diseños (tubulares, de bloque, miniaturas), para adaptarse a las necesidades. Además, las carcassas son de plástico o metal ofreciendo un rendimiento robusto y fiable ante las perturbaciones del medio.
<b>Sensores inductivos</b>	Los materiales de detección son únicamente metálicos, lo cual permite que, de acuerdo a la ubicación que se le asigne, la lectura no se vea afectada por otros objetos que se interpongan en el campo de visión y que no sean el objetivo de detección.	Su configuración facilita la instalación de cableado, adaptándose a conexiones NPN o PNP según sea la necesidad, teniendo un mínimo de consumo de corriente.	Poseen una alta resistencia ambiental, dado que estos sensores sólo detectan objetos metálicos, la detección no se ve afectada por la acumulación de impurezas en las superficies de contacto.
<b>Interruptor de emergencia con retención</b>	Brinda a los operarios una forma de detener súbitamente la operación del equipo durante una situación de	La retención del interruptor genera en los operarios la necesidad de dirigirse al panel de mando y desbloquear la parada para continuar con las	Son dispositivos altamente resistentes (por su fabricación en plástico) ante las manipulaciones bruscas, sacudidas

	emergencia, con la finalidad de prevenir lesiones al personal o pérdida de material. La facilidad de uso garantiza que cualquier persona pueda acceder a este mecanismo de seguridad.	tareas productivas, garantizando que la falla sea atendida y solucionada antes de reiniciar la operación del equipo.	o vibraciones, ya que su objetivo es servir ante una situación inesperada y donde se requieren acciones rápidas. Además, su mantenimiento es mínimo con largos periodos de duración.
<b>Variadores de frecuencia</b>	Permite regular la velocidad de giro de los motores eléctricos, ya sea a través de la interfaz hombre-máquina o de modo manual a través de la pantalla y la perilla de graduación.	Facilita el incremento de la capacidad de producción al aumentar la velocidad de movimiento de las cintas transportadoras. También permite adecuar el consumo de energía eléctrica al reducir el pico del par de arranque del motor.	Actúa también como un sistema de protección para el motor al reducir los impactos mecánicos a través de la asignación de rampas de aceleración y desaceleración para eventos de arranque y parada.
<b>Termocupla tipo J aislada</b>	Por su configuración aislada ofrece una ventaja considerable al evitar que cualquier filtración de ruido, choque eléctrico o corriente parásita alcance el instrumento y genere una falsa lectura.	Son versátiles, económicos e intercambiables. Se adaptan a diversos espacios y son capaces de medir amplios rangos de temperatura.	Se fabrican en materiales metálicos y con cables, lo cual permite que tengan una alta durabilidad en el tiempo. Soportan altas temperaturas sin perder las propiedades de medición.
<b>Contactador</b>	Propicia la automatización del arranque y paralización de los	Actúa como un mecanismo de protección hacia el dispositivo receptor	Es un equipo muy robusto y fiable, ya que no incluye mecanismos

	<p>motores, ya que se abre o cierra el circuito a través de una señal emitida por el PCL, sin necesidad de hacer el cambio de forma manual.</p>	<p>contra las caídas de tensión importantes (gracias a la apertura instantánea por debajo de una tensión mínima).</p>	<p>delicados. No requiere mantenimiento periódico y es fácilmente reemplazable.</p>
<p><b>Guardamotor</b></p>	<p>Es un dispositivo de operación manual que proporciona protección contra cortocircuitos, sobrecargas o fallas que pudieran generar daños sobre los motores de la máquina.</p>	<p>Propicia un ahorro económico considerable en el mantenimiento de los motores, ya que los protege frente a incidentes que pudieran afectarles.</p>	<p>Su diseño compacto permite que sean resistentes ante sacudidas y vibraciones. Además, el mantenimiento es mínimo, ya que no poseen piezas delicadas.</p>
<p><b>Integrado de HMI+PLC</b></p>	<p>Es capaz de contener los códigos de programación con múltiples pasos y funciones, almacenado una amplia variedad de información útil para el usuario. Así mismo, la facilidad de operación a través de la interfaz gráfica y las opciones de selección manual, lo convierten en un equipo ideal para el control automático.</p>	<p>Por ser un dispositivo integrado el ahorro económico es sustancial. Además, gracias a su diseño compacto permite disminuir costos de fabricación y ahorrar espacio en la ubicación dentro de un panel de control.</p>	<p>Estos equipos no requieren mantenimiento periódico y su vida útil es prolongada, bajo condiciones de trabajo normales, sin exposición a agentes contaminantes o destructivos.</p>

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

#### 4.4.3 Factibilidad económica

La viabilidad de la automatización del horno termoencogible desde el punto de vista económico radica en la utilidad generada por el incremento de la capacidad de producción del mismo y la eliminación de la operación manual llevada a cabo por un personal que manibre los envases. Por lo tanto, se trata de un incremento sustancial del rendimiento de la producción de las compañías de los clientes, y una ventaja competitiva para la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortés C.A. (VickyMatic), añadiendo a su catálogo de opciones un equipo eficiente y rentable.

Para justificar lo anteriormente expuesto, se presenta la comparativa (ver Tabla 1) del rendimiento productivo de la máquina que actualmente se dispone para la venta (horno termoencogible semiautomático) y el equipo bajo las condiciones de la propuesta (horno termoencogible automático).

Para los clientes, la adquisición del equipo automatizado representa un ahorro a largo plazo ya que se evitaría la necesidad de contratar personal para operar la máquina, y los lotes despachados se triplicarían, permitiendo responder ante la demanda, por el incremento de la capacidad de producción. Lo cual, indudablemente, se percibe como aumento de las utilidades y la rentabilidad de la empresa.

**Tabla 1.** Beneficios ofrecidos por los recursos seleccionados en la propuesta.

HORNO SEMIAUTOMÁTICO		HORNO AUTOMÁTICO	
Capacidad de producción	1 empaque/min	Capacidad de producción	3 empaques/min
Producción diaria (8h/jornada)	5.760 envases/día	Producción diaria (8h/jornada)	17.280 envases/día
Costo de mano de obra	Hora hombre: 1\$	Costo diario de mano de obra	Hora hombre: 1\$
	Cantidad: 2 hb		Cantidad: 0
	Costo: 16 \$/día		Costo: 0\$/día

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

Finalmente, para la empresa la propuesta representa una alternativa para elevar la capacidad de respuesta ante las solicitudes de los clientes que, según datos

proporcionados por el departamento de ventas, existe un promedio de dos (2) peticiones al mes de un horno termoencogible automatizado para complementar las líneas de producción en serie que ofrece la organización como parte de su gama de ofertas.

Considerando que mensualmente se dejan de vender en promedio dos (2) equipos automáticos (por no contar con la disponibilidad de diseño), entonces se puede afirmar que el costo de oportunidad gira en torno a 8.000\$, lo cual representa recursos que se dejan de percibir por no realizar las captaciones de los clientes o la venta de los equipos. Para mejor entendimiento, a continuación, se presenta el desglose de la estimación del costo de oportunidad. (Ver Tabla 2).

**Tabla 2.** Desglose de estimación de costo de oportunidad.

<b>Costo de materiales eléctricos, electrónicos y neumáticos de la propuesta</b>	3.199\$	<b>Costo de materiales de fabricación</b>	7.200\$
<b>Costo de hora hombre</b>	11.11 \$/hb-día	<b>Personal involucrado</b>	3 hb
<b>Tiempo de fabricación</b>	15 días	<b>Costo de mano de obra</b>	500\$
<b>Gastos de mantenimiento de instalaciones</b>	15\$/día	<b>Costo total de fabricación</b>	11.124\$
<b>Precio de venta</b>	15.124\$	<b>Utilidad bruta</b>	4.000\$
<b>Promedio de solicitudes no atendidas al mes</b>	2	<b>Costo de oportunidad</b>	8.000\$/mes

Elaborado por: Crupi A., Valera J. (2021).

Para determinar el retorno de la inversión (ROI) que genera la implementación del diseño del horno termoencogible automático a la gama de productos en oferta de la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortes, C.A., se puede partir de que la utilidad obtenida por la venta del equipo es de un 36%, dato calculado en base a la siguiente fórmula:

$$ROI = \frac{(Ingreso - Inversión)}{Inversión} = \frac{13.498\$}{9.925\$} = 0.36 = 36\%$$

Por lo tanto, por cada 1\$ invertido en la fabricación del equipo automatizado, estará retornando a la empresa 1,36\$ de ingreso, resumiendo una ganancia de 0,36\$.

## CONCLUSIONES

A través de la realización de la presente investigación fue posible llevar a cabo la propuesta del diseño electrónico del horno termoencogible automático para la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortés, C.A., permitiendo complementar el prototipo que actualmente se encuentra en etapa de desarrollo. Partiendo de este enfoque, es posible desglosar las siguientes conclusiones:

Se analizó el diseño mecánico del prototipo por medio de técnicas de recolección de información tales como: observación directa, la entrevista semiestructura y la revisión documental, permitiendo establecer las bases para el desarrollo de la propuesta.

A partir de la revisión documental fue posible obtener información concerniente a la necesidad existente en la empresa de incorporar al catálogo de ofertas un horno termoencogible automático, con un promedio mensual de dos (2) solicitudes no satisfechas.

Se realizó una profunda investigación en portales web de comercios que ofrecen dispositivos electrónicos para ubicar y seleccionar aquellos componentes que cumplieran los requerimientos de automatización y control necesarios en la propuesta.

Se estudiaron las marcas disponibles en el mercado de los componentes eléctricos, neumáticos y electrónicos, equilibrando la relación precio-calidad, obteniendo elementos de alta durabilidad y accesibilidad.

En relación a la productividad, se propuso un sistema automático para el empacado de envases agrupados, permitiendo incrementar la capacidad de producción del equipo (en comparación con la versión semiautomática) en un 200%.

Se implementó el código en escalera para la programación del controlador lógico programable (PLC).

Se propuso la utilización de un integrado HMI-PLC para el control de las operaciones ejecutadas por la máquina, lo cual representa un considerable ahorro monetario, facilidad de uso y mantenimiento.

Se elaboraron los planos eléctricos de potencia y de control, así como los planos neumáticos del equipo, a fin de documentar el diseño propuesto.

Se generó el manual de usuario del equipo, estableciendo el procedimiento estándar de operación y desglosando las instrucciones para el control de las funciones automáticas propuestas.

El diseño del horno termoencogible automático VM-053 permite eliminar la necesidad de operadores que manipulen los envases a empacar, disminuyendo condiciones disergonómicas y costo de mano de obra.

## RECOMENDACIONES

Una vez finalizada la investigación y diseñado el sistema automatizado del equipo, desde el punto de vista electrónico, se presentan una serie de recomendaciones para la empresa Servicios Múltiples Cadenas & Cortés, C.A., que sirven de soporte a las propuestas planteadas:

Tomar en cuenta la implementación del diseño electrónico propuesto para el horno termoencogible VM-053, realizando su respectivo análisis, para la aprobación de parte de la gerencia general, con el objetivo de incorporarlo a la oferta.

Adquirir los dispositivos eléctricos, neumáticos y electrónicos que forman parte del diseño propuesto en lotes a través de proveedores del exterior, a fin de mejorar las ofertas disponibles en el mercado nacional y reducir los costos de fabricación.

Diseñar una interfaz de adquisición de datos que permita la visualización de valores y parámetros de interés, por medio de un computador u otro medio digital.

Modificar la estética del entorno gráfico de la interfaz HMI para mejorar la experiencia del usuario.

En caso de implementar la propuesta, se recomienda llevar a cabo un plan de mantenimiento preventivo de los componentes mecánicos, eléctricos, neumáticos y electrónicos, con el objetivo de garantizar la operatividad y productividad del equipo.

Si se desean hacer modificaciones al diseño electrónico para agregar más funciones, tomar en cuenta tanto la actualización del programa como la modificación del sistema mecánico del equipo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

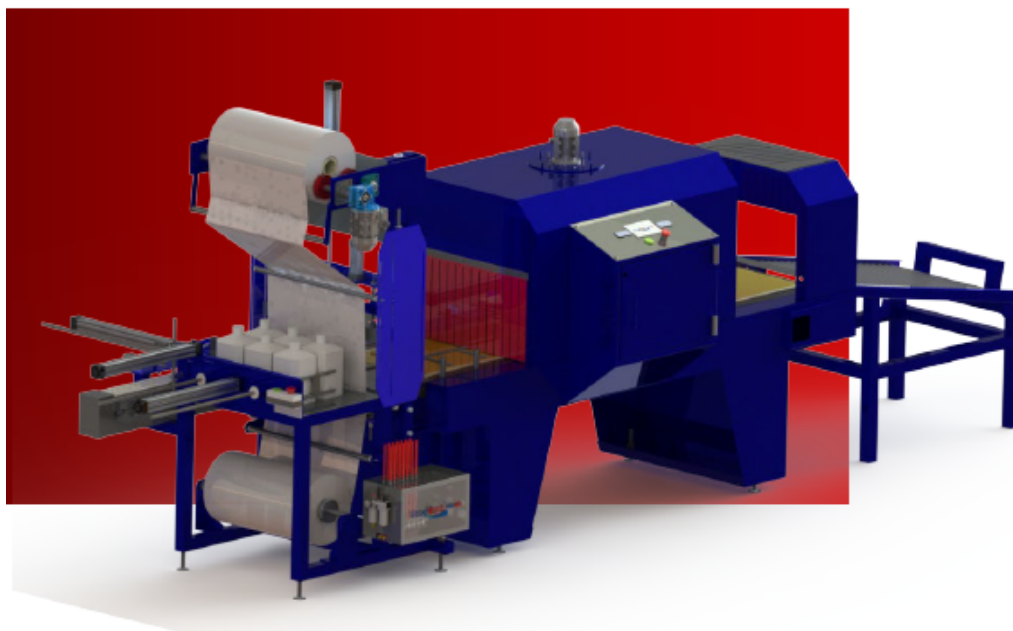
- Abarca, G. & Carreño, J. & Corona, L. (2014). “**Sensores y actuadores aplicaciones con Arduino**”. Quinta edición. Editorial: Larousse, Grupo Editorial Patria. Ciudad de México, México.
- Alarcón A. & Mena, E. (2017). “**Implementación y automatización de un túnel de calor para termoencogido de la empresa Gamma Servicios**”. Trabajo de Grado, Escuela de Formación de Tecnólogos de la Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Amilcar, A. & Edwin, M. (2017). “**Implementación y automatización de un túnel de calor para termoencogido de la empresa Gamma Servicios**”. Proyecto de Grado, Escuela de Formación de Tecnólogos, Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Arias, F. (2012). “**El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica**”. Sexta edición. Editorial: Episteme. Caracas, Venezuela.
- Artero, T. (2013). “**ARDUINO, Curso práctico de formación**”. Primera edición. Editorial: Alfaomega Grupo Editor. Ciudad de México, México.
- Balestrini, M. (2006). “**Cómo se elabora el proyecto de Investigación**”. Séptima edición. Editorial: BL Consultores Asociados. Caracas, Venezuela.
- Fenton, N. & Pfleeger, S. (1997). “**Software metrics. A rigorous and practical approach**”. Primera edición. Editorial: Belmont, Wadsworth. Londres, Inglaterra.
- García, J. (2015). “**QUÉ ES LA RESISTENCIA ELÉCTRICA**”. [Documento en línea] Disponible en: <http://www.asifunciona.com/electrotecnia> [Último acceso: 15 de marzo de 2021].
- González Pedraza, José Andrés (2009). “**Los archivos de empresas: qué son y cómo se tratan**”. Primera edición. Editorial: TREA. Gijón, España.
- Hernández Sampieri, Roberto (2014). “**Metodología de la Investigación**”. Sexta edición. Editorial: McGraw-Hill Interamericana. México.
- Katsuhiko, O. (2010). “**Ingeniería de Control Moderna**”. Quinta edición. Editorial: Pearson Educación, S. A. Madrid, España.
- León, Á. (2019). “**Automatización del proceso de cogeneración de vapor en la caldera N°7 de Papeles Venezolanos C.A.**”. Trabajo de Grado, Universidad José Antonio Páez (UJAP). San Diego, Venezuela.
- Manual de Trabajos de Grado (2003). “**Especialización y Maestría y Tesis Doctorales**”. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas, Venezuela.
- Moreno, P. (2019). “**Propuesta de diseño de automatización del sistema de sellado de las llenadoras ROVEMA en la empresa Colgate Palmolive C.A.**”. Trabajo de Grado, Universidad José Antonio Páez (UJAP). San Diego, Venezuela.

- National Electrical Manufacturers Association (NEMA) (2013). “**¿Qué es un PLC?**”. [Documento en línea] Disponible en: <https://www.nema.org/> [Último acceso: 15 de marzo de 2021].
- Pérez, Alexis G. (2009). “**Guía metodológica para anteproyectos de investigación**”. Tercera edición. Editorial: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (FEDUPEL). Caracas, Venezuela.
- Quiroga, J. (2008). “**Nuevos conceptos en automatización**”. Primera edición. Editorial: Dialnet. Vigo, España.
- Sabino, C. (2002). “**El Proceso de Investigación: Una introducción teórico-práctica**”. Primera edición. Editorial: Panapo. Caracas, Venezuela.

# ANEXOS

## ANEXO A

Manual de operación.



# MANUAL DE OPERACIONES: HORNO AUTOMÁTICO TERMOENCOGIBLE VM-053

**Servicios Múltiples Cadenas & Cortés, C.A.**  
**RIF: J-404005110**

Correo electrónico: [ventas@viccymatic.com](mailto:ventas@viccymatic.com)  
Página web: [www.viccymatic.com](http://www.viccymatic.com)  
Contacto: +58 (412) 7446440  
Dirección: Zona industrial Carabobo 2, calle 86 (transversal 8)  
número cívico 81-229.



# TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	3
Información importante	3
Atención	3
SIMBOLOGÍA EMPLEADA	4
PICTOGRAMAS DE LA MÁQUINA	4
PRESENTACIÓN DEL HORNO AUTOMÁTICO TERMOENCOGIBLE VM-053	5
Descripción general de los componentes principales	5
Especificaciones técnicas del equipo	6
ADVERTENCIAS DE SEGURIDAD	7
INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA	8
Nivelación de la máquina	8
Conexión a la línea de producción	8
Energización del equipo	8
Graduación del sistema neumático	8
Instalación de la bobina de envoltura	8
Activación de la máquina en el panel de control	8
DESCRIPCIÓN DEL TABLERO ELÉCTRICO Y NEUMÁTICO DE CONTROL	10
Mandos manuales de la selladora	13
¿CÓMO OPERAR EL EQUIPO DESDE LA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA?	14
PASO #1: Menú principal	14
PASO #2: Menú de operación secundario	14
PASO #3: Configuración selladora VM-053	15
PASO #4: Configuración túnel VM-053	18
¿CÓMO SABER EN QUÉ MODALIDAD SE ENCUENTRA LA MÁQUINA?	20
PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	21
PREGUNTAS FRECUENTES	22

## INTRODUCCIÓN

El presente manual es una guía para la consulta de los usuarios que manipulen el horno termoencogible VM-053, de tal forma que pueda ser operado en modo seguro. Nuestras máquinas están diseñadas y fabricadas bajo los más altos estándares, combinándose la funcionalidad y estética para adaptarse a las solicitudes del cliente.

Este manual contiene información importante acerca de las instrucciones de instalación, operación y mantenimiento del equipo. El usuario está en la obligación de señalar al responsable directo cualquier eventual deficiencia y/o situación peligrosa potencial que deba verificarse.

En caso de mal funcionamiento y/o peligro, debido a un incumplimiento de lo expuesto en este manual, el fabricante no se hará responsable de las consecuencias.

### Información importante

La información contenida en este documento está basada en los datos generales de fabricación, las características de los materiales y los métodos de trabajo que se conocen en el momento de la negociación. Por lo tanto, el fabricante Servicios Múltiples Cadenas & Cortes C.A. no asume ninguna responsabilidad en caso de algún daño o lesión causada por un uso que difiera de las especificaciones de esta máquina. A fin de evitar dichos riesgos, se sugiere lo siguiente:

- Seguir paso a paso las instrucciones planteadas en el siguiente manual, para así evitar situaciones peligrosas al operador de la máquina, daños en la producción, daños al equipo o pérdida de la garantía del mismo.
- Informar e instruir al personal técnico que va a operar el equipo, para evitar riesgos de seguridad asociados a la manipulación inadecuada del mismo.
- No se debe cambiar el orden de los pasos del procedimiento establecido para la operación del equipo.
- Guardar y conservar el manual cerca de la máquina para su consulta periódica.
- No admitir la presencia de personas no autorizadas en el lugar de trabajo.

### **ATENCIÓN:**

**Lea cuidadosamente la información contenida en este manual. Póngase en contacto con el fabricante si tiene alguna duda acerca de su correcta interpretación.**

## SIMBOLOGÍA EMPLEADA



Indica una precaución ante una determinada acción que pueda representar una condición insegura que ponga en riesgo tanto a la salud e integridad del personal, como la funcionalidad del equipo.



Señala una consulta que el usuario puede realizar en otros archivos suministrados por el fabricante, que plasme información y/o procedimientos especiales, tales como: manual mecánico o planos eléctricos.



Hace referencia a un consejo o recomendación del fabricante para que el usuario realice una determinada acción aprovechando óptimamente todas las bondades que el equipo ofrece.

## PICTOGRAMAS DE LA MÁQUINA

Señala el riesgo eléctrico existente en el panel de control y representa una alerta para que el usuario manipule el equipo con precaución, a fin de evitar daños provenientes de una descarga eléctrica.



Indica el riesgo de atrapamiento de extremidades por parte de los elementos móviles de la máquina mientras esta se encuentre en funcionamiento. Representa una alerta de seguridad para evitar daños al personal que manipule el equipo.



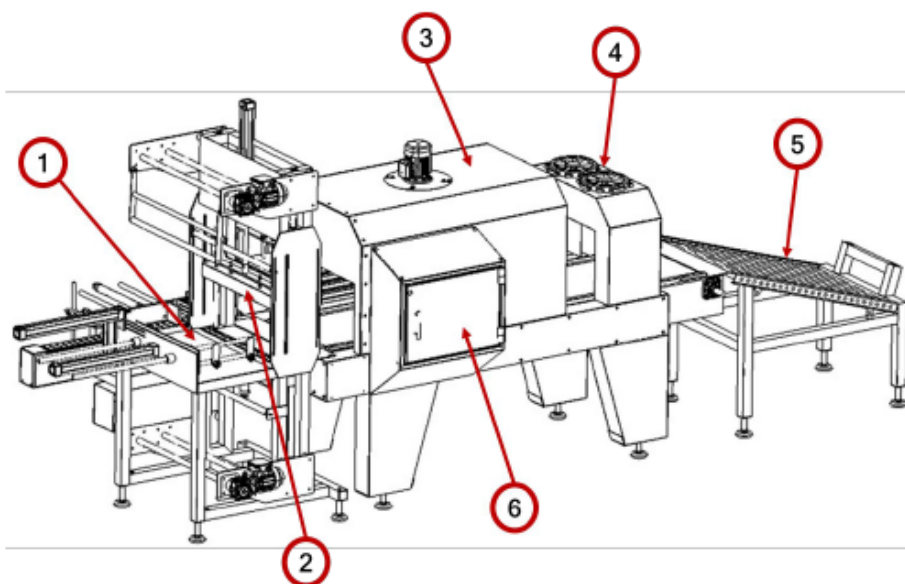
Hace referencia a las altas temperaturas alcanzadas por el túnel de termoencogido, indicando al usuario el riesgo de quemaduras por contacto con la piel.



## PRESENTACIÓN DEL HORNO AUTOMÁTICO TERMOENGIBLE VM-053

El horno automático termoengible VM-053 es un túnel de calor acoplado a una selladora de cortina, utilizado para el embalaje uniforme y rápido de un conjunto de doce (12) envases. Su principio de funcionamiento se basa en la contracción del polímero que cubre los envases a través de corrientes de aire caliente dirigidas, durante un periodo determinado de tiempo, generándose un paquete compacto. El control de temperatura y transporte se realiza a través de un sistema electrónico automático. Este método de termoengimimiento tiene múltiples aplicaciones en el sector alimenticio, farmacéutico y de aseo, donde se requiere empacar productos de forma agrupada.

### DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES



1. **Mesa agrupadora:** su función es agrupar los envases y crear la matriz 3x4 o 4x3 (según el requerimiento). Está compuesta por una banda transportadora y un sistema de cilindros neumáticos empujadores, y están controlados por dos (2) sensores fotoeléctricos, que permiten coordinar la llegada de los envases y crear la matriz.

2. **Selladora de cortina:** este subconjunto tiene la finalidad de envolver la matriz de envases con el foil de recubrimiento y sellarlo para formar el paquete. Está formado por una mordaza y una cuchilla, que permiten cortar el foil a la medida del paquete y sellarlo.

3. **Túnel termoengible:** su función es comprimir el paquete de envases a través de la aplicación de calor. Está formado por un arreglo de resistencias eléctricas instaladas en el

interior del horno, que permiten alcanzar las elevadas temperaturas de operación y una turbina metálica con balanceo dinámico, cuya finalidad es mantener una temperatura homogénea dentro del túnel y hacer circular las corrientes de aire caliente que harán contraer el foil.

4. **Sistema disipador de calor:** una vez comprimido el foil, es necesario que este se enfríe a fin de evitar su deformación por sobrecalentamiento. Para ello se utiliza este sistema, cuya finalidad es disipar el calor y disminuir la temperatura a la que se ha sometido el paquete, a través de dos (2) ventiladores, permitiendo estabilizar las dimensiones del material termocontraíble (envoltorio) y endurecerlo, teniendo como resultado un paquete compacto.

5. **Mesa de recepción:** al completarse el enfriamiento del paquete, este es trasladado por medio de una mesa de rodillos hasta el punto de recepción donde el operador toma manualmente el producto termoencogido.

6. **Panel de control:** es un tablero de mando independiente que permite controlar las funciones que realiza el equipo y protegerlo de sobrecargas. Está formado por una serie de dispositivos electrónicos adaptados especialmente a las características del sistema de empaquetado. (Véase descripción de los componentes).

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO

##### HORNO AUTOMÁTICO TERMOENCOGIBLE VM-053

CARACTERÍSTICAS GENERALES	
Capacidad	3 empaques/minuto
Ruido	30 dB
Temperatura	40°C - 270°C
CONEXIÓN ELÉCTRICA	
Voltaje	220V Trifásico - 60Hz
Amperaje	60 A
Potencia	1500W
DIMENSIONES GENERALES	
Alto	2.146mm
Ancho	1.680mm
Profundo	4.800mm
Peso	750Kg
CARACTERÍSTICAS DEL TÚNEL TERMOENCOGIBLE	
Dimensiones	1200 x 620 x 820 (mm)
Temperatura de operación	150°C - 250°C
Capacidad de paquetes	De 2 a 3 empaques/minuto
Velocidad de la banda	De 20rpm a 35rpm
Tiempo de termoencogido	mín.: 20s / máx.: 60s
CARACTERÍSTICAS DE LA BANDA TRANSPORTADORA	
Dimensiones	1220 x 680 x 820 (mm)
Velocidad	De 30rpm a 50rpm
Capacidad de envases	36 envases/minuto

## ADVERTENCIAS DE SEGURIDAD




- Asegúrese de que la máquina esté apoyada sobre una superficie firme y nivelada.
- Evite la instalación del equipo en zonas de entrada o salida de personal/material o en espacios donde obstruya las áreas destinadas a servicios de emergencia.
- Evite exponer las manos o extremidades a las partes móviles del equipo (ventiladores, ejes giratorios, pistones neumáticos) cuando este se encuentre en funcionamiento.
- No bloquee el acceso a la puerta del tablero de control.
- Evite utilizar prendas colgantes o ropas holgadas cerca de las piezas giratorias, por riesgo de atrapamiento.
- No introduzca las manos o partes del cuerpo al túnel de termoencogido mientras el equipo esté encendido, ya que este maneja elevadas temperaturas.
- Evite el contacto de la turbina con objetos livianos (como papel, bolsas de plástico, etc.) mientras el equipo se encuentre en funcionamiento, ya que esta gira a altas revoluciones y puede aspirar el material, generándose un atascamiento.
- No introduzca las manos o extremidades en la cuchilla de la selladora de cortina, ya que esta se encuentra afilada.
- Evite el contacto con los elementos eléctricos del panel del control. No permita que este tenga contacto con agua, humedad o altas temperaturas. No exponga el fan cooler a objetos extraños.
- Tenga en cuenta que la chapa externa del túnel puede alcanzar temperaturas entre 35°C y 45°C, evite el contacto con la piel.
- Mantenga una distancia oportuna con los pistones neumáticos cuando estos se encuentren en movimiento, para evitar daños al cuerpo. Evite el encapsamiento de los mismos.
- Asegúrese de que los planos eléctricos, avisos e instrucciones de la máquina se encuentren presentes, visibles y legibles durante toda la vida útil de la misma. En caso de que estos se deterioren o extravíen, procure su pronto reemplazo.
- Sustituya las conexiones eléctricas en caso de presentar deterioro, de ser necesario consulte con el fabricante.

**VICCYMATIC PROCURA SU SEGURIDAD Y LA DEL EQUIPO**

## INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

Utilizar la vestimenta y los equipos de protección personal (EPP) adecuados.

Asegúrese de:



Realizar inspección visual de la instalación para verificar que el equipo se adapte al espacio.

Comprobar que dispone de todos los accesorios del equipo y de que estos se encuentren en buen estado.

### 1. Nivelación de la máquina:

Al instalar el equipo, este debe apoyarse sobre una superficie estable y nivelada, que tenga la resistencia suficiente para soportar el peso del equipo. Asegúrese de disponer de un espacio mínimo de 0,8m entre las paredes y el equipo, a fin de evitar molestias e interferencias durante la operación del mismo.

### 2. Conexión a la línea de producción:

Si el equipo será operado en conjunto a una línea de producción, es necesario realizar la conexión entre la banda transportadora de recepción de envases del horno y la banda transportadora de la propia línea. Para ello, utilice la plancha de transferencia que se le suministra con el equipo.

### 3. Energización del equipo:

Conecte el cable de la máquina a la red de alimentación eléctrica. Asegúrese de que esta sea para un voltaje de 220V.

### 4. Graduación del sistema neumático:

Es necesario graduar la presión requerida por el sistema neumático para el correcto funcionamiento del equipo. Para ello, proceda a alimentar la unidad de mantenimiento F.R.L con aire comprimido.



Tome en cuenta que se requiere el uso de una manguera neumática de 6mm para la entrada de aire comprimido. La entrada de la unidad de mantenimiento F.R.L posee un conector de rosca NPT de  $\varnothing 1/4"$ .

Verifique en el manómetro de la F.R.L que la presión que circula por la manguera neumática se mantenga dentro del rango establecido para el sistema (mínima: 60 PSI, máxima: 80 PSI).



### 5. Instalación de la bobina de envoltura:

La selladora acoplada al horno, posee dos (2) soportes para foil, uno en la parte superior y otro en la parte inferior. Incorpore cada uno de las bobinas de empaquetado en los soportes de la máquina y luego cree una cortina continua entre ambos. Para ello, utilice el calor de la selladora para unir el extremo de la bobina superior con el extremo de la bobina inferior. En la siguiente figura, se representa gráficamente el recorrido que debe darse a las bobinas para ubicarlas en los soportes (Ver Figura 1).

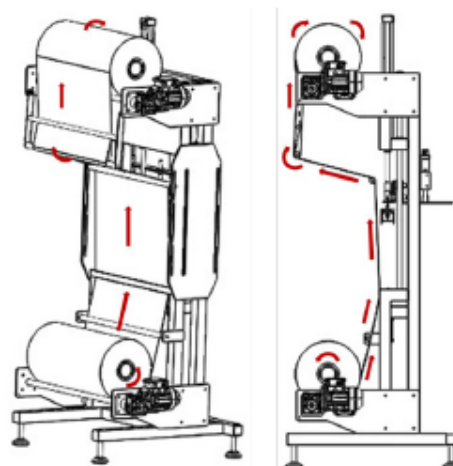
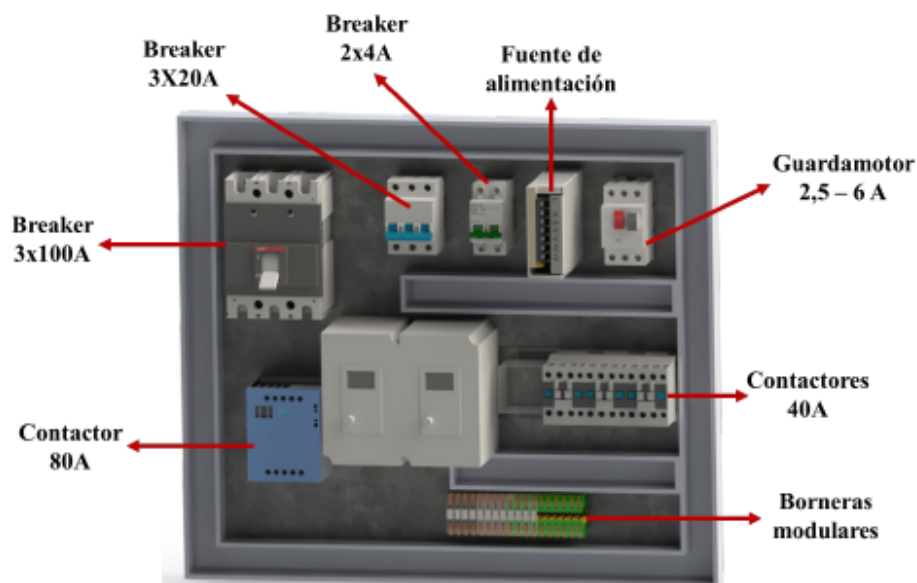


Figura 1. Recorrido recomendado para la instalación de las bobinas de empaquetado.  
VicoyMatic, 2021.

### 6. Activación de la máquina en el panel de control:

Una vez realizada la conexión del equipo a la red de alimentación eléctrica, abra la puerta del tablero y active los breakers (ON). Para iniciar el primer ciclo de trabajo, es necesario configurar las condiciones de operación a través de la pantalla HMI, la cual contiene la receta de funcionamiento del equipo. Es necesario determinar los tiempos de acción, la velocidad de las bandas transportadoras y el tipo de matriz a generar, de acuerdo a las necesidades de producción. Una vez ajustados los parámetros, seleccione la operación automática, para que el PLC le emita las señales de arranque a los componentes eléctricos, mecánicos y neumáticos.

## DESCRIPCIÓN DEL TABLERO ELÉCTRICO Y NEUMÁTICO DE CONTROL



1. **Fuente de alimentación 24VDC:** su función principal es transformar la energía de corriente alterna 220VAC proveniente de la línea de alimentación principal, en energía de corriente continua 24VDC, garantizando el correcto funcionamiento del sistema en los componentes donde sea necesario realizar este cambio, tales como: la pantalla HMI.
2. **Breaker (3x100) A:** debido al alto consumo de amperaje generado por las resistencias en funcionamiento, este disyuntor garantiza la alimentación de potencia necesaria para estos dispositivos.
3. **Breaker (3x20) A:** se trata de un disyuntor de potencia utilizado para suministrarle energía a todos los elementos del sistema (sin incluir las resistencias eléctricas). Sirve para alimentar y propiciar el arranque de los motores, contactores, extractores, entre otros.
4. **Breaker (2x4) A:** este disyuntor funciona para el control del sistema a través de la pantalla HMI. Además, permite la activación de los contactores, más no el arranque de los mismos.
5. **Guardamotor (2.5 - 6) A:** empelado para la protección del motor acoplado a la turbina y los extractores de aire de la etapa de disipación de calor. Este dispositivo permite desactivar el funcionamiento del motor cuando se detecta un consumo de corriente que supera el rango de operación bajo condiciones normales. De esta manera, evita que el motor reciba daños por una anomalía del trabajo.

6. **Variador de frecuencia THP:** permite regular la velocidad y la protección de los motores. Se emplean dos (2) variadores, uno para el motor de la banda transportadora de la selladora y el otro para el motor de la banda transportadora kevlar del túnel de calentamiento.

7. **Contactores 40A:** es un elemento de potencia que permite el control y activación de los motores de la turbina, desbobinador, bandas transportadoras, resistencias, entre otros. Su accionamiento es automático controlado a través de la interfaz HMI.

8. **Contactor 80A:** tiene la capacidad de establecer o interrumpir la corriente eléctrica de las cargas, con la posibilidad de ser accionado a distancia a través del comando del programa. Se utilizan específicamente para las resistencias, debido al alto consumo de amperaje que estos dispositivos requieren.

9. **Borneras modulares:** son los contactos utilizados para derivar la energía proveniente de la línea de alimentación hacia los diferentes dispositivos eléctricos del sistema.



1. **Luz piloto:** es un indicador de la presencia de electricidad dentro del tablero de control. Enciende un led de color para llamar la atención del usuario y representar el energizado de la máquina.

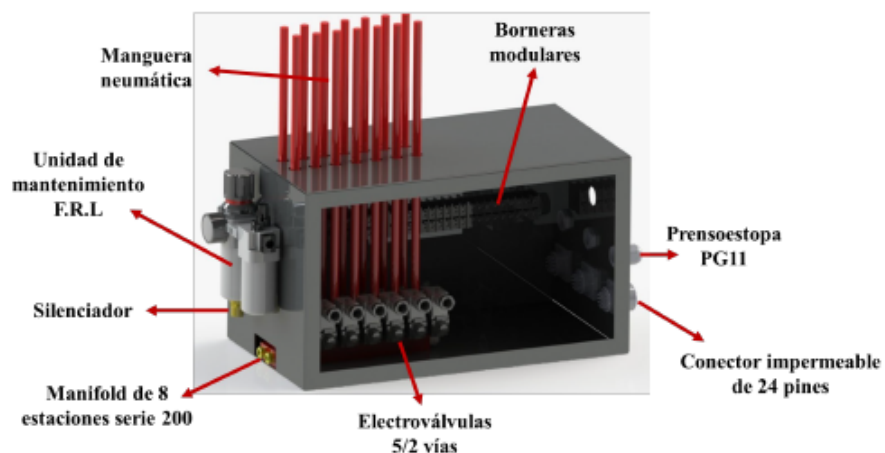
2. **Controlador de temperatura RKC REX-C100:** este dispositivo recibe las señales emitidas por las termocuplas y domina las variaciones de la temperatura generada en las resistencias. Se utilizan dos (2) de ellos para independizar en calentamiento de las resistencias del túnel y la selladora. Además, a través de este controlador es posible

establecer el valor del set point (punto de ajuste) donde se desea que mantenga la temperatura de cada una de las resistencias.

3. **Integrado HMI-PLC:** se trata del cerebro de la máquina, ya que a través de este dispositivo es posible controlar las entradas y salidas de manera segura, además de indicar a los componentes del sistema el momento en que deben activarse y los parámetros de operación. Es compatible con distintos lenguajes de programación y presenta una interfaz amigable para facilitar la experiencia del usuario.

4. **Stop de emergencia con retención:** es un dispositivo de seguridad, empleado para realizar paradas repentinas a la máquina en presencia de una emergencia. La ventaja de la retención radica en que el operario se ve en la necesidad de desbloquearla antes de continuar las operaciones del equipo.

5. **Fancooler:** es un dispositivo de protección para los componentes eléctricos ubicados en el interior del panel de control, permitiendo la extracción de vapores generados y la introducción de corrientes de aire fresco.



1. **Manguera neumática:** son indispensables en la instalación neumática y su uso permite la distribución del aire a presión desde el punto de salida del compresor hasta el actuador final del sistema. Es posible conectar entre sí tanto electroválvulas, cilindros neumáticos y manifolds.

2. **Unidad de mantenimiento F.R.L:** estos dispositivos permiten la depuración del aire comprimido en un sistema a través de la filtración, manteniéndolo libre de impurezas y atrapando contaminantes como agua, polvo y aceite. Además, regulan constantemente la presión del aire para asegurar que los equipos reciban el suministro necesario.

3. **Manifold de 8 estaciones serie 200:** se trata de una placa base utilizada para el montaje de electroválvulas en serie, distribuyendo el aire comprimido por las ocho (8) cavidades, para que cada electroválvula pueda acceder a una entrada independiente.

4. **Electroválvula 5/2 vías:** este componente se acciona respondiendo a pulsos eléctricos y su funcionamiento se basa en el control y regulación del flujo de aire, agua, vapor, aceite, entre otros fluidos. Su ventaja principal radica en que puede ser controlado el fluido de manera automatizada, recibiendo señales desde un sistema de control principal.

5. **Silenciador:** estos elementos proporcionan una reducción de ruido considerable en sistemas de aire comprimido cuando se descarga el aire de escape y a la vez permite mantener la presión suficiente en el sistema.

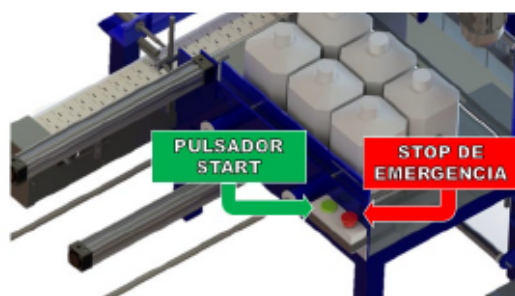
6. **Conector impermeable de 24 pines:** su función principal es enlazar eléctricamente el tablero eléctrico ubicado en el túnel con el tablero neumático de la selladora. Como el horno y la selladora pueden ser desarmables para facilitar el traslado, sobre todo por la operación del montacargas, este conector facilita el desmontaje, sin necesidad de modificar el cableado. Además, posee propiedades altamente resistentes a la humedad.

7. **Preensoestopas PG11:** se utilizan para asegurar el extremo de un cable al equipo, manteniéndolo fijo y cubierto, con un acabado estético.

### MANDOS MANUALES DE LA SELLADORA:

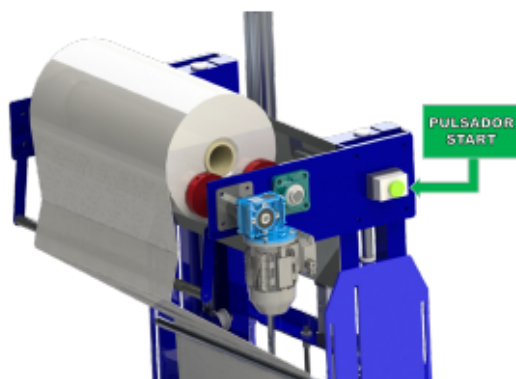
#### Mando de accionamiento de selladora:

La selladora posee un pequeño mando manual, que cuenta con un stop de emergencia que permite realizar una súbita parada de la operación si se observasen averías o anomalías en el funcionamiento del equipo. Y también posee un pulsador start cuya finalidad es iniciar el proceso de sellado de forma automática.



#### Mando de accionamiento del desbobinador:

El conjunto de bobinas cuenta con un pulsador start independiente, que permite el accionamiento manual del motor que enrolla el foil de recubrimiento. Este se utiliza al iniciar la operación de sellado con el primer empaque, para crear la película uniforme (donde se une el extremo de la bobina de abajo con el extremo de la bobina de arriba).



(donde se une el extremo de la bobina de abajo con el extremo de la bobina de arriba).

## ¿CÓMO OPERAR EL EQUIPO DESDE LA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA?

Para dar inicio a las actividades productivas en el horno termoencogible VM-053 es necesario que el usuario interactúe con la pantalla HMI que ofrece las opciones disponibles para la configuración del equipo de acuerdo a los parámetros de operación deseados. Esta pantalla no posee botones, es un equipo completamente táctil.

### PASO #1: Menú principal

Luego de conectar la máquina se encenderá la pantalla HMI *Coolmay*, mostrando el punto de partida: logotipo de la empresa, el nombre y codificación de la máquina y la opción ENTRAR, la cual debe ser presionada para ingresar al menú de selección de máquina.



### PASO #2: Menú de operación secundario

Una vez presionado el botón ENTRAR, aparecerán en pantalla las opciones para acceder a la configuración de los parámetros de operación del equipo de manera individualizada, para ello el usuario debe seleccionar alguna de las dos (2) alternativas:

- SELLADORA VM-053
- TÚNEL VM-053



### PASO #3: Configuración selladora VM-053

Al seleccionar el botón SELLADORA VM-053, se mostrarán las opciones correspondientes:

- > CONDICIÓN / EMPAQUE.
- > TIEMPOS.
- > EMPAQUE / VELOCIDAD.
- > VISUALIZACIÓN I/O.
- > OPERACIÓN EN MANUAL.



#### 3.1 Condición / Empaque

Una vez seleccionado el botón Condición / Empaque, tendrá una serie de opciones que permiten configurar las funciones de la selladora, dentro de ellas podrá seleccionar las modalidades de la selladora, que podrán ser Manual; Semiautomático u Automático. Adicionalmente también podrá acceder a la activación de calentamiento del área de sellado.



### 3.2 Tiempos

Presione en botón **Tiempos**, y al ingresar a esta ventana se tendrá la opción de controlar los tiempos de ejecución de la selladora. El software permite realizar las modificaciones ilimitadamente, a fin de ajustar la duración y el retardo de respuesta de cada uno de los componentes eléctricos y neumáticos al momento de hacer las calibraciones.



### 3.3 Empaque / Velocidad



Al seleccionar el botón **Empaque / Velocidad** se desplegará una ventana que permitirá modificar el tipo de matriz de envases a generar según la selección de su preferencia. Manejando rangos desde una matriz 2x2 hasta una matriz 4x4. Para ello, introduzca un número en la orientación vertical, identificado con el color rojo, y también agregue el número para el sentido horizontal, identificado con el color azul.

Adicionalmente, en esta opción usted podrá controlar la velocidad de movimiento de la banda transportadora de la selladora. Deslice la barra horizontal hacia la derecha para incrementar la velocidad y en sentido contrario para disminuirla.



### 3.4 Visualización IN / OUT

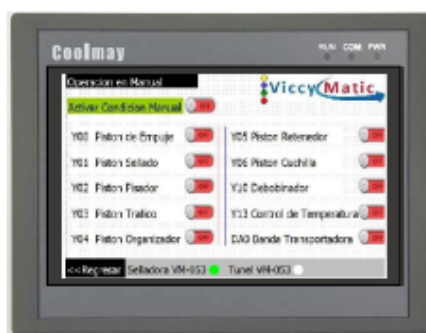
Al ingresar al menú **IN / OUT** se observan las señales de entrada y de salida de manera específica (como lo muestra la figura), indicando el estado en el que se encuentran cada una de las señales. Esta información es útil para el diagnóstico de errores.

Señal activa   
 Señal inactiva 



### 3.5 Opciones manuales

Si ingresa a **OPCIONES MANUALES**, se mostrará una ventana donde están las funciones de la máquina que permiten al operador accionar el equipo en la modalidad semiautomática. Al presionar cualquiera de estos botones, arrancarán los elementos seleccionados de forma individual. Esta función existe si se desea desconectar el equipo de la línea de producción serie, para trabajarlo de manera independiente.



Para trabajar en **OPCIONES MANUALES** debe estar desactivada la modalidad automática y los stop de emergencia en su posición original (libre de retención).



## PASO #4: Configuración túnel VM-053

Una vez usted se encuentre en el menú de selección de la máquina SELLADORA / TÚNEL, acceda al menú TÚNEL VM-053, presionando el botón correspondiente. Esta operación le permitirá acceder a las siguientes opciones:

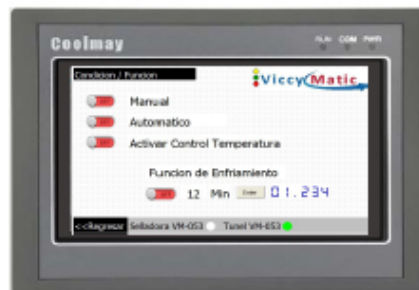
- CONDICIÓN / FUNCIÓN;
- VELOCIDAD;
- OPERACIÓN EN MANUAL;
- VISUALIZACIÓN I/O



### 4.1 Condición / Función

Una vez seleccionado el botón CONDICIÓN / FUNCIÓN, tendrá una serie de opciones que permiten configurar las funciones del túnel, dentro de ellas se podrán seleccionar las modalidades Manual o Automático y, además, es posible acceder a la activación del control de temperatura del área de sellado.

Adicionalmente tendrá la opción FUNCIÓN DE ENFRIAMIENTO, la cual se utiliza para liberar el calor que permanece en el interior del horno una vez que se ha apagado el equipo. En esta opción, usted podrá ajustar el tiempo de encendido de la turbina. Indique el valor en minutos y luego presione Enter. Con esta acción, una vez transcurrido el tiempo estipulado, automáticamente se apagará la turbina.



Es importante evitar que el horno alcance altas temperaturas en ausencia de la circulación de corrientes de aire fresco, para evitar daños en los componentes internos, tales como: derretimiento, explosión o desestabilización. Es por ello que se recomienda activar la **FUNCIÓN DE ENFRIAMIENTO** una vez finalizada la jornada de trabajo, garantizando la extracción total del calor residual en el interior del túnel.





#### 4.2 Velocidad

Esta opción permite graduar la velocidad de movimiento de la malla Kevlar (banda transportadora del túnel). Para ello, deslice hacia la derecha si desea incrementar la velocidad o hacia la izquierda para disminuir la misma.



#### 4.3 Visualización IN / OUT

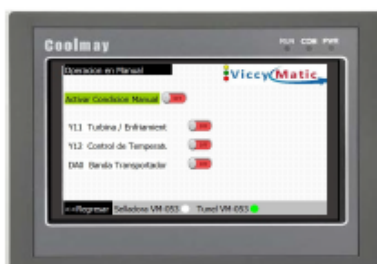
Al ingresar al botón **VISUALIZACIÓN IN / OUT** se observan las señales de entrada y de salida de manera específica (como lo muestra la figura), indicando el estado en el que se encuentra cada señal, lo cual es de gran ayuda en el diagnóstico de errores.

Señal activa   
 Señal inactiva 



#### 4.4 Opciones manuales

Si usted ingresa a **OPCIONES MANUALES**, se mostrará en pantalla una ventana donde se encuentran las funciones de la máquina que permiten al operador accionar el equipo en una modalidad manual. Al presionar cualquiera de estos botones, arrancarán los elementos seleccionados de manera independiente.



Para trabajar en **OPCIONES MANUALES** debe estar desactivada la modalidad automática y los stop de emergencia en su posición original (libre de retención).






#### ¿CÓMO SABER EN QUÉ MODALIDAD SE ENCUENTRA LA MÁQUINA?

Existen tres (3) opciones de modalidades para operar la máquina (Manual; Automático Y Semiautomático). Estas pueden ser modificadas las veces que sean necesarias (tal como se indicó en las secciones anteriores), pero al operador pudiera surgirle la duda: ¿cómo saber qué modalidad se encuentra activa?

Para responder a esta inquietud, observe que en la parte superior derecha de la pantalla HMI se encuentran tres (3) indicadores de colores amarillo, verde y rojo, respectivamente, los cuales anteceden al logotipo VickyMatic. Cuando alguno de ellos se encuentra más iluminado, estará indicando en qué modalidad está operando el equipo. A continuación, se describe la leyenda asociada.



-  **Amarillo: Modalidad manual**
-  **Verde: Modalidad automática**
-  **Rojo: Modalidad semiautomática**

## PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO	PERIODICIDAD				
	Diario	Semanal	Cada 6 meses	Anual	Cada 3 años
<b>LIMPIEZA</b>					
Elimine la acumulación de polvo en los componentes eléctricos y neumáticos		X			
Retire las salpicaduras de producto de los componentes eléctricos y neumáticos que se encuentran en el exterior de la máquina	X				
Retire el papel de envoltura restante que queda adherido a la cuchilla selladora que tiene la resistencia en su interior	X				
Limpie la superficie interna de los extractores de aire			X		
<b>INSPECCIONES</b>					
Revise las conexiones del cableado eléctrico del panel de control principal			X		
Revise las conexiones del enrutamiento del panel de control neumático			X		
Verifique si existen vibraciones, ruidos no usuales o sobrecalentamiento en los motores eléctricos		X			
Examine si los cilindros neumáticos tienen fugas de aire comprimido		X			
Observe el historial de fallos del variador de frecuencia		X			
<b>LUBRICACIÓN</b>					
Sustituya el aceite de los motores eléctricos				X	
<b>SUSTITUCIÓN</b>					
Reemplace el fancooler del interior del tablero eléctrico					X
Reemplace los cilindros neumáticos SI 40 x 500					X
Sustituya las mangueras de conexión neumática					X
Realice el cambio de componentes internos en mal estado				X	
Actualice el código de programación para agregar funciones alternas				X	

## PREGUNTAS FRECUENTES



ÍTEM	CONDICIÓN NO DESEADA	SOLUCIÓN ALTERNATIVA
1	El tablero eléctrico de control no enciende	Verifique si el cable de alimentación está conectado a una toma 220VAC. Haga la inspección visual de la luz piloto que indica el encendido.
2	La pantalla HMI está apagada	Asegúrese de que el breaker (2x4) A esté activo (ON)
3	Las resistencias del túnel no encienden	Revise si el breaker 3x100 está activo (ON). Verifique el sistema de turbinas, este debe estar funcionando. Además, observe en el menú <u>TÚNEL VM-053</u> de la interfaz si todas las señales están activas.
4	El motor de la turbina no enciende	Asegúrese de que el guardamotor se encuentre dentro del rango de amperaje que el motor requiere para accionarse. Confirme haber activado el sistema de turbina desde la interfaz
5	Un cilindro neumático está fallando	Chequee que la unidad de mantenimiento F.R.L esté recibiendo la presión de aire requerido. Examine el estado de las mangueras neumáticas, estas no deben estar sueltas o estranguladas. Intente recalibrar las perillas de los racores reguladores. Verifique cómo se encuentra el terminal de válvula
6	No puedo unir el foil para crear la película de recubrimiento	Vaya a opciones de la interfaz y presione el botón de la <u>SELLADORA VM-053</u> , asegúrese de activar alguna de las modalidades: automática o semiautomática. Si activa la modalidad manual deberá unir las bobinas desde el <u>pulsador start</u> superior de la selladora.
7	El movimiento de las bandas transportadoras es muy acelerado o muy lento	Gradúe la velocidad desde la pantalla HMI, indicando el valor que se ajuste la necesidad. O intente maniobrar la perilla del variador de frecuencia.

8	¿Qué hacer si se presenta alguna falla mecánica?	Accione el <u>stop de emergencia</u> . Seguidamente, examine si existe algún atascamiento en las bobinas de empaque, o si alguno de los envases se desplazó en una dirección incorrecta.
9	La temperatura en el interior del túnel está muy elevada	Active el sistema de turbinas para la extracción de calor. Gradúe la temperatura desde la pantalla HMI
10	Las resistencias del túnel no encienden	Revise si el breakers 3x100 está activo (ON). Verifique el sistema de turbinas, este debe estar funcionando. Observe en el menú Túnel VM-053 de la PLC si todas las señales están activas.

En la tabla se presentan algunas de las posibles soluciones rápidas que puede emplear el usuario al momento de presentarse interferencias en el funcionamiento del equipo. Recuerde que, si alguna de estas propuestas no soluciona el problema, debe ponerse de inmediato en contacto con su proveedor. No nos hacemos responsables por reparaciones ajenas a nuestros técnicos avalados.



**ANEXO B**  
 Ficha técnica.

<b>FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO</b>			
Versión: 001			
Elaborado por: Crupi A., Valera J.			
Nombre: Homo termoencogible		Modelo: VM-053	
Característica: Selladora automática		Tipo de producto: Envases agrupados	
<b>DESCRIPCIÓN FÍSICA</b>	Equipo con sistema de agrupación de envases automático, utilizado para el embalaje compacto y uniforme de un conjunto de doce (12) recipientes. Diseñado para controlar el tiempo de operación.		
<b>DESCRIPCIÓN MECÁNICA</b>	Fabricado en Acero 1020. Ideal para el empaquete de envases de material PET, aluminio o vidrio. Se trata de un túnel de calor acoplado a una selladora de cortina, cuyo principio de funcionamiento se basa en la contracción del polímero que cubre los envases a través de corrientes de aire caliente dirigidas durante un periodo determinado de tiempo, generándose un paquete compacto.		
<b>DESCRIPCIÓN ELÉCTRICA / ELECTRÓNICA</b>	Controlada mediante una (1) pantalla HMI, que contiene la receta de la secuencia de funcionamiento. La temperatura de operación se obtiene mediante un arreglo de resistencias eléctricas. Para la agrupación de envases se emplea un sistema de pistones neumáticos que generan la matriz 3x4 y sensores fotoeléctricos que detectan la presencia de los mismos.		
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>			
Capacidad de llenado	3 paquetes/minuto	Temperatura de operación	150°C - 250°C
Control de operación	Controlador Lógico Programable	Suministro de aire comprimido	60 PSI
Alimentación eléctrica	220V Trifásico - 60Hz	Dimensiones	4800x2146x1618(mm)
Consumo eléctrico	60 amperios	Seguridad	Stop de emergencia
			