



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO INTERACTIVO
DE UN SISTEMA TERMORETRÁCTIL CON UN PLC
PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE
PROCESOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL DE LA ESPOCH”**

**ESCOBAR JARRÍN LENIN FERNANDO
TOBAR VILLACIS DELFO VLADIMIR**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

RIOBAMBA – ECUADOR

2015

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-01-29

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

ESCOBAR JARRÍN LENIN FERNANDO

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO INTERACTIVO DE UN SISTEMA
TERMORETRÁCTIL CON UN PLC PARA EL LABORATORIO DE
AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL DE LA ESPOCH”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jhonny Orozco Ramos
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Eduardo García Cabezas
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-01-29

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

TOBAR VILLACIS DELFO VLADIMIR

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO INTERACTIVO DE UN SISTEMA
TERMORETRÁCTIL CON UN PLC PARA EL LABORATORIO DE
AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL DE LA ESPOCH”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jhonny Orozco Ramos
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Eduardo García Cabezas
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ESCOBAR JARRÍN LENIN FERNANDO

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO INTERACTIVO DE UN SISTEMA TERMORETRÁCTIL CON UN PLC PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2015-01-29

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Orozco Ramos DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Eduardo García Cabezas ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Carlos Santillán Mariño
PRESIDENTE (A) DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: TOBAR VILLACIS DELFO VLADIMIR

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO INTERACTIVO DE UN SISTEMA TERMORETRÁCTIL CON UN PLC PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2015-01-29

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Orozco Ramos DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Eduardo García Cabezas ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Carlos Santillán Mariño
PRESIDENTE (A) DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El presente trabajo de graduación, es auténtico e inédito, cimentado en el desarrollo de la investigación tecnológica estableciendo en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal austeridad, los fundamentos teóricos, científicos y los resultados son concesión de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Escobar Jarrín Lenin Fernando

Tobar Villacis Delfo Vladimir

DEDICATORIA

Mi tesis se la dedico con todo mi amor y cariño a mi Dios por darme salud y vida, a mis padres y hermanos, que durante todo el lapso de mi vida estuvieron siempre presentes, compartiendo juntos mis anhelos y metas, haciendo posible la culminación de mi carrera, por todo esto les agradezco de todo corazón el que estén a mi lado.

Escobar Jarrín Lenin Fernando

Dedico a Dios en primer lugar por otorgarme la vida, a mis padres y a mis hermanos por su apoyo absoluto, siendo testigos de las innumerables horas de trabajo, con el ejemplo abnegado el cual me ha proporcionado muchos éxitos y satisfacciones. A mi director y asesor por el apoyo rotundo en el proceso de mi trabajo de graduación y a todas las personas que han estado con mi persona brindándome siempre apoyo moral e incondicional.

Tobar Villacis Delfo Vladimir

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mis padres por motivarme y darme su apoyo. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a todos los profesores por impartir sus enseñanzas y conocimientos a lo largo de mi formación personal y profesional. Al Ing. Jhonny Orozco e Ing. Eduardo García, por su amistad y orientación brindada. Un reconocimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibido de mi familia y amigos. A todos ellos gracias.

Escobar Jarrín Lenin Fernando

Agradezco primeramente a Dios por otorgarme la vida y toda la sabiduría necesaria para la culminación de mi tesis, agradezco a mis padres por el apoyo incondicional y permanente.

Agradezco a mis hermanos por el apoyo moral en el recorrido de proyecto de graduación.

Agradezco a mi director y asesor por el apoyo rotundo durante mi proyecto de graduación, siendo el sostén de la orientación de mi tesis, agradezco a mi compañero de tesis por siempre estar a la par, dando continuidad a nuestra graduación.

Agradezco a mis compañeros y a todas las personas las cuales impartieron apoyo absoluto en nuestra tesis.

Tobar Villacis Delfo Vladimir

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación.....	2
1.3	Objetivos.....	2
1.3.1	<i>Objetivo general..</i>	2
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	2
2.	MARCO TEÓRICO	
2.1	Controlador lógico programable.....	4
2.1.1	<i>Funcionamiento del CPU S7-1200.</i>	5
2.1.2	<i>Ventajas y desventajas</i>	5
2.1.3	<i>Criterios para la selección</i>	5
2.2	Controlador de temperatura analógico.....	6
2.2.1	<i>Termocupla.</i>	6
2.3	Descripción de la teoría de termofijado.....	6
2.3.1	<i>Etapas del proceso de retracción.</i>	6
2.4	Túneles de calor.....	7
2.4.1	<i>Túnel de aire caliente.</i>	7
2.4.2	<i>Túnel de vapor.</i>	8
2.4.3	<i>Túnel de calor radiante.</i>	8
2.5	Selladora – cortadora.....	9
2.6	Motor eléctrico.....	9
2.6.1	<i>Funcionamiento del motor.</i>	10
2.6.2	<i>Partes del motor.</i>	10
2.7	Sensor.....	11
2.7.1	<i>Sensor fotoeléctrico.</i>	12
2.8	Electroneumática.....	12
2.8.1	<i>Elementos electroneumáticos.</i>	13
2.8.2	<i>Actuadores.</i>	14
2.8.3	<i>Válvulas electroneumáticas.</i>	15
2.8.4	<i>Accesorios neumáticos.</i>	15
3.	DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL SISTEMA TERMORETRÁCTIL	
3.1	Diseño del módulo del sistema termoretráctil.....	17
3.1.1	<i>Factores que influyen en la construcción del sistema termoretráctil.</i>	18
3.1.2	<i>Análisis de la estructura.</i>	18
3.2	Esfuerzo térmico.....	20
3.3	Cálculo y selección del sistema transportador de la banda de caucho.....	21
3.4	Cálculos y selección de un motor.....	26
3.4.1	<i>Selección del motor eléctrico.</i>	26
3.5	Selección y cálculo de bandas de transmisión.....	27

3.6	Selección de las chumaceras.....	36
3.7	Selección del reductor de velocidad	37
3.8	Cálculo y selección de poleas de la banda transportadora de caucho.....	38
3.9	Cálculo y selección de poleas de la banda transportadora de metal	40
3.10	Cálculo y selección de cilindros neumáticos	42
3.10.1	<i>Parámetros para la selección.....</i>	42
3.10.2	<i>Cálculo para el cilindro de retención de productos.....</i>	42
3.10.3	<i>Cálculo para el cilindro de empuje de productos</i>	46
3.10.4	<i>Cálculo para el cilindro de selladora – cortadora.....</i>	50
3.10.5	<i>Cálculo para el cilindro de sujeción de productos.....</i>	53
3.11	Selección de la unidad de mantenimiento (FRL)	57
3.11.1	<i>Parámetros de selección.....</i>	57
3.12	Accesorios neumáticos	57
3.12.1	<i>Manguera plástica.....</i>	57
3.13	Selección de electroválvulas	58
3.14	Selección del controlador lógico programable (PLC)	58
3.15	Selección de cortinas	60
3.16	Cálculo de circulación de aire.....	60
3.16.1	<i>Cálculos para cuantificaciones del aire</i>	61
3.17	Selección del sensor fotoeléctrico	62
3.18	Análisis térmico de la caja termoretráctil	62
3.19	Selección de las resistencias térmicas.....	68
4.	CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL MÓDULO INTERACTIVO DEL SISTEMA TERMORETRÁCTIL	
4.1	Introducción.....	70
4.2	Descripción general del módulo interactivo	70
4.3	Sistema transportador	70
4.3.1	<i>Bases del soporte del módulo interactivo.....</i>	71
4.3.2	<i>Bastidor</i>	72
4.4	Banda transportadora de caucho	72
4.4.1	<i>Rodillos metálicos.....</i>	72
4.5	Guías de direccionamiento y transportación.....	72
4.6	Sistema de retención	73
4.6.1	<i>Sensor fotoeléctrico.....</i>	73
4.6.2	<i>Cilindro neumático.....</i>	73
4.7	Selladora – cortadora	73
4.7.1	<i>Carretes metálicos.....</i>	75
4.8	Banda transportadora de metal	75
4.8.1	<i>Rodillos metálicos.....</i>	75
4.9	Túnel termoretráctil	75
4.9.1	<i>Estructura del túnel termoretráctil.....</i>	76
4.9.2	<i>Cámara de termoencogido.....</i>	76
4.9.3	<i>Ducto de recirculación de aire.....</i>	76

4.9.4	<i>Ducto de ventilación de aire.....</i>	77
4.9.5	<i>Venterol.....</i>	77
4.9.6	<i>Deflector.....</i>	77
4.9.7	<i>Resistencias eléctricas.....</i>	78
4.9.8	<i>Controlador de temperatura.....</i>	78
4.9.9	<i>Aislamiento.....</i>	78
4.9.10	<i>Cubierta exterior.....</i>	79
4.9.11	<i>Cortinas.....</i>	79
4.9.12	<i>Tablero de control.....</i>	79
4.10	Elementos externos del tablero de control.....	79
4.10.1	<i>Luz piloto.....</i>	79
4.10.2	<i>Pulsador on.....</i>	79
4.10.3	<i>Pulsador off.....</i>	80
4.10.4	<i>Pulsador de emergencia tipo hongo.....</i>	80
4.11	Elementos internos del tablero de control	81
4.11.1	<i>Riel Din.....</i>	81
4.11.2	<i>PLC.....</i>	81
4.11.3	<i>Fusibles y portafusibles.....</i>	81
4.11.4	<i>Bases y relé.....</i>	82
4.11.5	<i>Contactor.....</i>	82
4.11.6	<i>Cableado.....</i>	82
4.12	Construcción y montaje del sistema termoretráctil	82
4.12.1	<i>Construcción de la estructura</i>	83
4.12.2	<i>Construcción de la estructura para las bandas transportadoras.....</i>	83
4.12.3	<i>Construcción del sistema de transmisión</i>	84
4.12.4	<i>Montaje del tablero de control.....</i>	84
4.13	Programación del PLC.....	85
4.13.1	<i>Circuito ladder.....</i>	85
4.14	Diagramas de instalación	90
4.14.1	<i>Diagrama de instalación del PLC.....</i>	90
4.14.2	<i>Diagrama de instalación de las electroválvulas.....</i>	91
4.14.3	<i>Diagrama de instalación del sensor fotoeléctrico.....</i>	92
4.14.4	<i>Diagrama de instalación de los relés encapsulados.....</i>	92
4.14.5	<i>Diagrama de instalación de los motores.....</i>	93
4.14.6	<i>Diagrama de instalación de porta fusibles.....</i>	93
4.14.7	<i>Comunicación entre el PLC y el ordenador.....</i>	94
4.14.8	<i>Pruebas del módulo interactivo.....</i>	94
5.	MANUAL DE OPERACIÓN, DE MANTENIMIENTO Y GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO	
5.1	Interfaz del ordenador – PLC	95
5.2	Manual de operación.....	95
5.2.1	<i>Guías para su utilización.....</i>	96
5.2.2	<i>Indicaciones de uso.....</i>	96

5.3	Representación del proceso	97
5.4	Determinación de variables	100
5.5	Recomendaciones	100
5.6	Guía de práctica	101
5.7	Manual de mantenimiento	105
5.7.1	<i>Normas de seguridad</i>	105
5.7.2	<i>Objetivos</i>	105
5.7.3	<i>Mantenimiento preventivo</i>	106
5.7.4	<i>Checklist general del módulo interactivo del sistema termoretráctil</i>	114
6.	COSTOS	
6.1	Costos directos.....	116
6.1.1	<i>Costos neumáticos</i>	116
6.1.2	<i>Costos de transporte de material</i>	116
6.1.3	<i>Costos mecánicos</i>	117
6.1.4	<i>Costos eléctricos</i>	118
6.1.5	<i>Costos de maquinaria y equipos</i>	119
6.1.6	<i>Costos directos totales</i>	119
6.1.7	<i>Costos indirectos</i>	119
6.2	Costos totales	119
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1	Conclusiones.....	120
7.2	Recomendaciones	120

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1.	Factor de seguridad.....19
2.	Características mecánicas19
3.	Selección del tipo de transportador.....22
4.	Selección de rodillos y sus parámetros22
5.	Potencias de motor normalizado.....27
6.	Factor de servicio fs.....29
7.	Potencia unitaria Nc. SPZ perfil estrecho (Lo = 1600 mm)31
8.	Potencia unitaria Nc. SPZ perfil estrecho (Lo = 1600 mm)32
9.	Coefficiente para cálculo de duración.....34
10.	Coefficiente para cálculo de duración.....34
11.	Coefficiente para cálculo de duración.....35
12.	Catálogo de chumaceras SKF37
13.	Designación y medidas de las poleas.....38
14.	Designación y medidas de las poleas.....40
15.	Entradas / salidas59
16.	Factor de elevación de temperatura61
17.	Determinación de variables100
18.	Determinación de variables103
19.	Mantenimiento de las resistencias eléctricas y control de temperatura107
20.	Mantenimiento de los contactores, relé, bases para relé, fusibles108
21.	Mantenimiento de la selladora108
22.	Mantenimiento del CPU S7-1200 AC/DC/RELÉ109
23.	Mantenimiento del motor eléctrico.....109
24.	Mantenimiento de los rodamientos del motor110
25.	Mantenimiento de la unidad de mantenimiento.....110
26.	Mantenimiento de las válvulas electroneumáticas111
27.	Mantenimiento de los cilindros111
28.	Mantenimiento de las chumaceras y rodamientos112
29.	Mantenimiento de la caja reductora tornillo sin fin.....112
30.	Mantenimiento de las poleas y bandas de transmisión113
31.	Checklist general mantenimiento mecánico114
32.	Checklist general mantenimiento neumático114
33.	Checklist general mantenimiento eléctrico.....115
34.	Costos neumáticos116
35.	Costos de transporte de material116
36.	Costos mecánicos.....117
37.	Costos eléctricos118
38.	Costos de maquinaria y equipos119
39.	Costos directos totales119
40.	Costos indirectos totales119
41.	Costos totales119

LISTA DE FIGURAS

1.	Esquema general del CPU S7-1200 AC/DC/Relé.....	4
2.	Túnel de aire caliente.....	7
3.	Túnel de vapor.....	8
4.	Túnel de calor radiante.....	8
5.	Selladora.....	9
6.	Motor eléctrico.....	10
7.	Elementos de un motor eléctrico.....	10
8.	Tipos de rotores.....	11
9.	Sensor fotoeléctrico.....	12
10.	Circuito electroneumático.....	13
11.	Cilindro de doble efecto.....	15
12.	Esquema del módulo sistema termoretráctil.....	17
13.	Esquema de la estructura.....	18
14.	Estudio estático.....	19
15.	Configuración de la banda transportadora.....	23
16.	Diagrama de cuerpo libre.....	23
17.	Factor de fricción debido a la longitud de la banda.....	24
18.	Factor de fracción debido a las chumaceras.....	24
19.	Selección del perfil de correa.....	36
20.	Chumacera.....	37
21.	Reductor de velocidades tornillo sin fin - corona.....	38
22.	Catálogo de diámetros de cilindros.....	44
23.	Catálogo de diámetros de cilindros.....	48
24.	Catálogo de diámetros de cilindros.....	52
25.	Catálogo de diámetros de cilindros.....	55
26.	Unidad de mantenimiento.....	57
27.	Electroválvula 5/2.....	58
28.	Circuito electroneumático.....	59
29.	Cortinas de teflón.....	60
30.	Circulación del aire.....	60
31.	Distribución de temperatura.....	66
32.	Composición de la pared.....	68
33.	Resistencia térmica.....	69
34.	Descripción general del módulo del sistema termoretráctil.....	71
35.	Bases del soporte.....	72
36.	Sistema de retención.....	73
37.	Selladora – cortadora.....	74
38.	Proceso del túnel termoretráctil.....	75
39.	Estructura del túnel termoretráctil.....	76
40.	Venterol.....	77
41.	Controlador de temperatura.....	78
42.	Aislamiento.....	78
43.	Luz piloto.....	79
44.	Pulsador on.....	80
45.	Pulsador off.....	80

46.	Pulsador tipo hongo	80
47.	Elementos internos del tablero de control	81
48.	Estructura metálica	83
49.	Montaje de rodillos	83
50.	Construcción del sistema de transmisión.....	84
51.	Montaje de todos los elementos.....	84
52.	Circuito ladder	85
53.	Circuito con el PLC	91
54.	Montaje del PLC.....	91
55.	Diagrama de instalación de las electroválvulas	92
56.	Diagrama de instalación del sensor fotoeléctrico	92
57.	Diagrama de instalación de un relé encapsulado.....	93
58.	Diagrama de instalación del motor	93
59.	Diagrama de instalación de porta fusibles	94
60.	Estructura Plc – módulo	103

SIMBOLOGÍA

F_1, F_2	Esfuerzo necesario para mover la banda en vacío	[N]
F	Esfuerzo total	[N]
m_{rodillo}	Masa de los rodillos	[kg/m]
L_{banda}	Longitud de banda	[m]
M_m	Capacidad de carga	[kg/min]
P	Potencia	[Vatios]
σ	Resistencia requerida	[N/m ²]
A	Área de la banda transportadora	[m]
L_n	Longitud de la correa	[mm]
T_F	Fuerza límite	[N]
N_1 y N_2	Número de revoluciones de polea 1 y 2	[rpm]
D_1 y D_2	Diámetro de polea 1 y 2	[cm]
ω	Velocidad angular	[rad/seg]
v	Velocidad lineal	[cm/seg]
r	Radio de la polea	[cm]
S_e	Área del cilindro del émbolo	[mm ²]
S_r	Área del cilindro del vástago	[mm ²]
S_c	Área del cilindro en el retorno	[mm ²]
V	Consumo de aire	[mm ³ /min ²]
L	Longitud de la carrera	[mm]
ρ	Densidad	[kg/m ³]

LISTA DE ABREVIACIONES

PLC	Controlador lógico programable
NA	Normalmente abierto
NC	Normalmente cerrado
ASTM	American society for testing materials
Hp	Caballos de potencia
η	Rendimiento
C	número de poleas de transmisión
ft	Factor de tensado
C^b	Coefficiente de flexión
D1	Eje del motor
D2	Tornillo sin fin reductor
D3	Eje de la corona caja reductora
D4	Eje del rodillo metálico
Fe	Fuerza efectiva
Fr	Fuerza de rozamiento
m_t	Masa total
Rc	Relación de compresión
Fr bp	Fuerza de rozamiento del plástico
μ	Coefficiente de rozamiento del plástico con la banda
CFM	Pie cúbico por minuto de aire
PVC	Policloruro de vinilo
EPP	Equipos de protección personal
I	Entrada
Q	Salida

LISTA DE ANEXOS

- A** Especificaciones de ventilador para enfriamiento
- B** Tipo de banda transportadora KAUMAN
- C** Diagrama de operaciones de proceso de empaçado por sistema termoretráctil
- D** Fotografías de la construcción del módulo termoretráctil

RESUMEN

En el proyecto de tesis se fundamenta en la implementación de un módulo interactivo de un sistema termoretráctil con un PLC para el laboratorio de automatización de procesos de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Epoch, que tiene la finalidad de desarrollar conocimientos, destrezas y habilidades técnicas en la automatización de procesos industriales.

El estudio inicia con la investigación de sistemas automatizados, guía básica para aplicar una metodología de diseño por etapas que abarcan: características del módulo, materiales y componentes seleccionados mediante criterios técnicos y cálculos matemáticos, para finalmente elaborar planos con un software de diseño mecánico.

El módulo está conformado por una parte de mando mediante un Controlador Lógico Programable PLC, mismo que tiene la función de dirigir el proceso y una parte operativa conformada por accionadores, preaccionadores y un captador, los cuales son encargados de llevar a cabo el proceso automatizado.

Mediante un estudio de análisis de estático se seleccionó el tipo de perfil estructural utilizado en la construcción del módulo. Una vez realizada su construcción se realizó el montaje de componentes mecánicos, neumáticos y eléctricos de acuerdo a sus planos. Instalados estos componentes se procede a realizar la programación e interfaz del PLC, para lo cual fue necesario realizar pruebas de funcionamiento a fin de concluir con el adecuado funcionamiento del módulo.

El módulo didáctico puede ser adaptado a diferentes procesos, contribuyendo así con el mejoramiento de los procesos en las industrias. Se recomienda operar el módulo en base al manual de operación con la finalidad de evitar accidentes y daños.

ABSTRACT

This thesis project is based on the implementation of an interactive module of a heat shrink system with a PLC for the automation processes laboratory of the Industrial Engineering school at ESPOCH, in order to develop knowledge, skills and technical abilities in the automation of industrial processes.

The study starts with research of automated systems, basic guide to be applied a design methodology by stages which cover: characteristics of the module, materials and selected components through technical criteria and mathematical calculations, and lastly to elaborate the plans with mechanical design software.

The module is composed for one part controlling by Programmable Logic Controller which has the function to direct the process and other part operating composed by actuators, pre-actuators and one captor, which are in charge to carry out the automated process.

With a study the static analysis was selected the structural profile used in the module construction. Once done the construction was carried out the assembly of mechanical, pneumatic and electrical components according to the plans, installed these components the PLC programming and interface are carried out, witch was necessary to perform functional testing in order to complete with the proper module functioning.

The didactic module can be adapted to different processes, contributing to the process improvement in the industries. It is recommended the module be operated in based of operating instructions in order to avoid accidents and damage to the equipment.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Hoy en día se ha llevado a cabo la necesidad de implementar la industria productiva con maquinaria automatizada, con la intención de una mejora de su producción, teniendo en cuenta normas tanto como de seguridad, calidad etc. Llegando a efectuar la selección de un sistema autómatas que le permita optimizar sus tiempos y salvaguardar la salud del operario y es así como concluimos a la selección de una automatización por medio de un controlador lógico programable (PLC), la cual nos permite realizar una serie de eventos automatizados que se suscitan en el transcurso de la producción ya sea en serie o paralelamente a esta.

El PLC ha venido suscitando una serie de cambios desde mucho tiempo atrás donde la industria a sus primeros pasos suscito al control de procesos automatizados utilizando cableado de contactos y relés, las cuales conllevaban a utilizar un determinado espacio en la empresa y con riesgos inesperados de accidentes, lo cual con el tiempo ha venido evolucionando reemplazando el perfil cableado por los PLCs, siendo elementos electrónicos diseñados para cumplir los procesos automatizados de las industrias atendiendo a sus requerimientos u aplicaciones.

Conforme la tecnología avanza, también los procesos productivos lo cual nos ha sobrellevado a la realización de un módulo interactivo acorde a las expectativas industriales modernas, este módulo consiste en un sistema termoretráctil el cual nos permite empaquetar productos en diversos pack, siendo una solución al empaquetado de productos, ya que teniendo en cuenta la cantidad de producción del proceso de empaquetado manual por el operario con el tiempo sufre problemas de ergonomía por el transcurso repetitivo, alcanzando una enfermedad no deseada por parte del operario, para lo cual este sistema termoretráctil nos brinda una solución absoluta y nos permite que el operario no sufra estos percance.

1.2 Justificación

En el campo de la industria actual el aumento de la producción es notable y una solución al problema de empaclado es la adaptación de la producción junto con un sistema de empaclado efectivo, para lo cual como estudiantes de la escuela de Ingeniería Industrial hemos brindado una propuesta de la creación de un sistema termoretráctil, para que los estudiantes conjunto a la investigación y la practica adquieran el conocimiento y estén al corriente de las nuevas tendencias en la industria acorde al aumento de su producción y al desarrollo del país con nueva tecnología, ya que muchas empresas del país adquieren este tipo de maquinaria del extranjero y su costo es muy alto, para lo cual la creación de este tipo de módulo tiene como objeto el impulso del desarrollo estudiantil a la creación de nuevas tecnologías atendiendo las necesidades de las empresas o industrias del país.

El sistema termoretráctil es de mucha utilidad en la industria y la modernidad apunta a los sistemas automátatas que vinculado con sistemas mecánicos mejoran el proceso, para lo cual se inmiscuye la utilización de los PLCs que controlan el proceso automatizado en este caso el sistema termoretráctil y a su vez ayuda al operario y salvaguarda la salud del mismo y maximiza la producción de la empresa u industria.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Implementar un módulo interactivo de un sistema termoretráctil con un PLC para el laboratorio de automatización de procesos de la escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Efectuar la respectiva selección de elementos mecánicos, eléctricos, neumáticos para la fabricación del sistema termoretráctil.

Realizar la respectiva programación e interfaz del sistema termoretráctil.

Elaborar un manual de operación y mantenimiento para el sistema termoretráctil.

Implementar el módulo interactivo al laboratorio de automatización de procesos de la

escuela de Ingeniería Industrial.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Controlador lógico programable

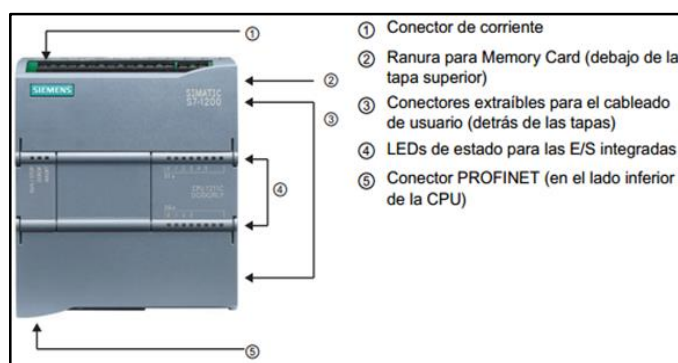
El controlador lógico programable S7-1200, modelo CPU 1212 AC/DC/Relé. Nos brinda la flexibilidad y potencia necesaria para controlar una gran variedad de dispositivos para diferentes necesidades de la automatización.

Su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, es idóneo para controlar las diversas variables de procesos industriales.

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, profinet integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo ello en una carcasa compacta, conformando así un potente controlador.

Una vez cargado el programa en la CPU, esta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa del usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes. (SIEMENS, 2011)

Figura 1. Esquema general del CPU S7-1200 AC/DC/Relé



Fuente: Autores

2.1.1 *Funcionamiento del CPU S7-1200.* El funcionamiento del CPU S7-1200 se basa en un ciclo, también llamado “scan cycle” o “scan” que consiste en lo siguiente:

- 2 El CPU analiza y lee cada una de las entradas y verifica si se encuentran activadas o desactivadas y luego almacena los datos en su memoria.
- 3 Se ejecuta las operaciones, siguiendo el orden de la programación.
- 4 Se escribe el resultado de las operaciones en las salidas, finalmente el CPU actualiza el status de las salidas y repite los pasos continuamente.

2.1.2 *Ventajas y desventajas*

Ventajas:

- Posibilidad de operar varios dispositivos con el mismo autómata.
- Mejor control y monitoreo del sistema.
- Se podrá realizar modificaciones, sin que sea necesario cambiar el cableado.
- Menor espacio de instalación.
- Mayor rapidez de respuesta.
- Menor costo de instalación, operación y mantenimiento.

Desventajas:

- Costo inicial de instalación que puede o no ser un inconveniente, dependiendo de las características del autómata.
- Para su programación requiere de personal especializado.

2.1.3 *Criterios para la selección:*

- Analizar el tipo de proceso.
- Costo.
- Número de entradas y salidas del PLC.
- Capacidad de almacenamiento del módulo de memoria.
- Condiciones físicas y ambientales.

- **Etapa 3.** Estabilización del film: el film se estabiliza es decir deja de contraerse, aun cuando la temperatura de contracción permanezca o sea superior.
- **Etapa 4.** Enfriamiento del film: esta etapa es muy importante, el film completa su retracción durante su enfriamiento y de esta manera recobra sus propiedades.

2.4 Túneles de calor

El túnel termoretráctil está diseñado y construido para desempeñar una tarea específica, ya sea de empacado o etiquetado.

Las características físicas del horno dependerán de la forma, tamaño de los productos y de la demanda de producción.

Los túneles ayudan a obtener una termocontracción (retracción) de los materiales termoencogibles para que se adapten a la forma del producto.

A continuación se describen tres tipos de túneles de calor que destacan en la industria.

2.4.1 *Túnel de aire caliente.* Este tipo de túneles ocupan una área mayor y está diseñado para producir aire caliente y dirigir este a áreas específicas del producto, lo cual posibilita colocar el calor donde y cuando sea necesario para el proceso de termofijado.

Figura 2. Túnel de aire caliente



Fuente: <http://goo.gl/siBXtU>

2.4.2 *Túnel de vapor.* Este tipo de túneles son adecuados para utilización de sellos de garantía y etiquetas, brinda un calor más uniforme de 360 °C alrededor del producto, lo cual refleja un encogimiento parejo del producto. Estos túneles no son apropiados utilizar en ambientes fríos y también para el empaquetado de polvos, además de que requieren un equipo adicional para remover el exceso de humedad y una fuente separada de vapor.

Figura 3. Túnel de vapor



Fuente: <http://goo.gl/xafvfO>

2.4.3 *Túnel de calor radiante.* Este tipo de túneles son ideales para utilizar en termofijados rápidos, es decir en productos que se pueden dañar por la alta exposición al calor. En términos de termoencogido son los más agresivos, excelente para bandas de cuello en botellas de vino. (TOUZET, 2009)

Figura 4. Túnel de calor radiante



Fuente: <http://goo.gl/j3oYwg>

2.5 Selladora – cortadora

Las selladoras son máquinas las cuales nos ayudan al sellado de plástico, está compuesta por una bobina reguladora de corriente la cual conecta a su vez a un temporizador y a su respectiva níquelina la cual alcanza una temperatura fundente y la que es desactivada inmediatamente por dicho temporizador, posee un brazo el cual hace presión para su sellado y dependiendo del tiempo incurrido procede a un corte y sellado que es lo que buscamos para nuestro sistema termoretráctil.

Figura 5. Selladora



Fuente: <http://goo.gl/um7HU2>

2.6 Motor eléctrico

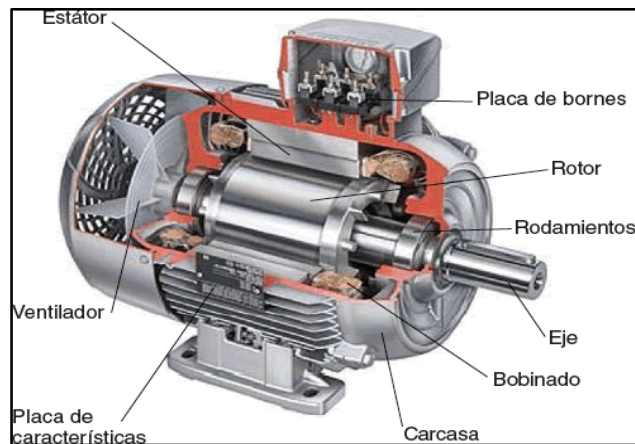
El motor eléctrico es un sistema el cual convierte la energía eléctrica en energía mecánica por medio de un campo magnético especificadas en sus bobinas, las cuales se componen por un estator y un rotor.

Algunos motores eléctricos tienen la particularidad de ser reversibles, queriendo decir que pueden convertir la energía mecánica en energía eléctrica.

Los motores eléctricos son utilizados en sin número de actividades o sectores tanto de la industria como otros campos comerciales, que son estimulados con fuentes tanto como corriente continua como corriente alterna.

Los motores eléctricos en la industria son utilizados para diferentes utilidades y una de las aplicaciones más utilizados es la para el impulso de bandas transportadoras.

Figura 6. Motor eléctrico



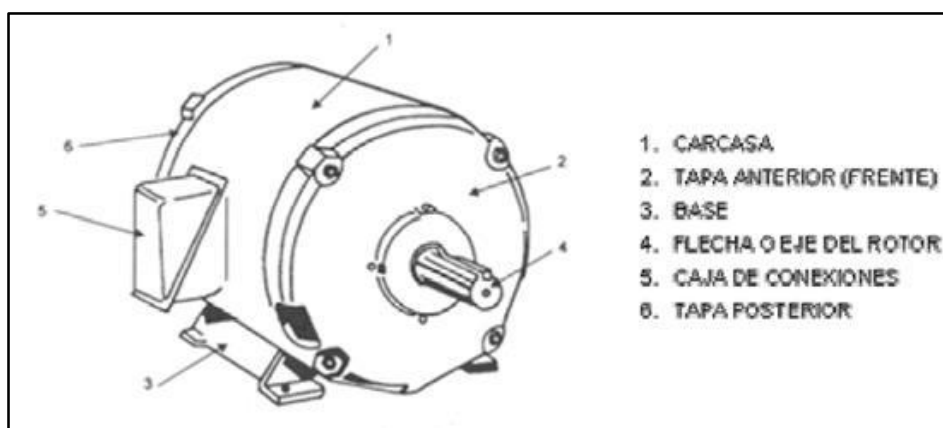
Fuente: <http://goo.gl/CX4b2v>

2.6.1 Funcionamiento del motor. Existen infinidad de tipos de motores eléctricos pero el principio de funcionamiento es esencial ya que la transformación de la energía eléctrica a mecánica lo hace con el cambio por medio del campo magnético, generando una fuerza de torsión lo que permite que el motor gire y genere energía mecánica.

La fuerza originada por la interacción de la energía eléctrica que comprende al principio de funcionamiento a la ley de Lorentz, que indicia el origen de la fuerza a una carga eléctrica puntual en campos eléctricos y magnéticos.

2.6.2 Partes del motor. El motor eléctrico está formado por diferentes elementos, siendo los más principales: el estator, la carcasa, la base, el rotor, la caja de conexiones, las tapas, los rodamientos, pero sin descartar que un motor eléctrico puede funcionar con el estator y el rotor.

Figura 7. Elementos de un motor eléctrico



Fuente: <http://goo.gl/wdsQe9>

Estator. Es un elemento fundamental que su función principal es participar como base, permitiendo así que se consiga la rotación del eje del motor, moviéndose así magnéticamente mas no mecánicamente.

Existen 2 diferentes tipos de estator:

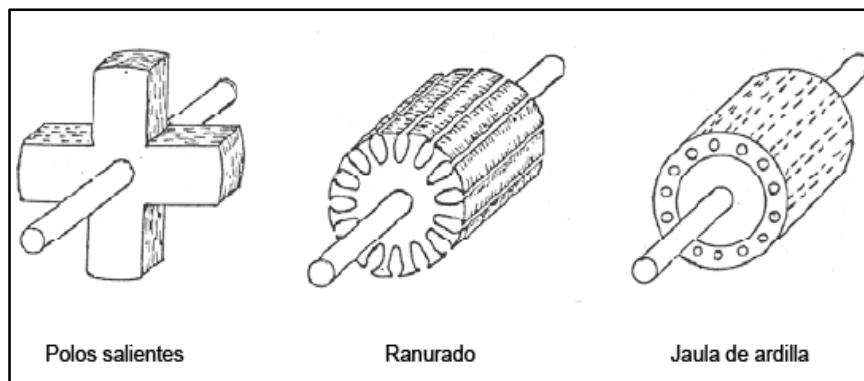
- Estator de polos salientes.
- Estator ranurado.

Rotor. El rotor es el que transfiere la energía eléctrica en energía mecánica, el rotor es un elemento que conjuntan con unas láminas de acero al silicio.

Básicamente son de tres tipos:

- Rotor de polos salientes.
- Rotor ranurado.
- Rotor jaula de ardilla.

Figura 8. Tipos de rotores



Fuente: <http://goo.gl/rxv9F>

2.7 Sensor

El sensor es un dispositivo que capta o recibe información de la parte exterior, lo cual lo transforma en otro tipo de comunicación, por lo general de tipo eléctrica, lo cual nos permite cuantificar y manipular dicha señal eléctrica. Estos elementos se encuentran normalmente hechos por dispositivos pasivos como resistencias variables y la utilización de componentes activos.

Entre las variables que podemos encontrar tenemos: temperatura, aceleración, distancia, intensidad lumínica, fuerza, torsión, humedad, movimiento, inclinación, teniendo en cuenta que un sensor esta siempre en contacto con la variable que se está instrumentando.

También podemos decir que un sensor es un elemento que convierte una energía específica en otra, aprovechando las propiedades con el propósito de adaptar una señal que nos permita medir llegando a interpretar otro dispositivo.

2.7.1 *Sensor fotoeléctrico.* El principio de funcionamiento de estos sensores se basa de acuerdo a una fuente de señal luminosa como diodos laser, lámparas, leds y un receptor de señal como fotodiodos, fototransistores etc.

Los sensores fotoeléctricos se basan en una emisión de luz realizada por foto detectores que los podemos dividir en dos tipos de receptores como, captadores de barrera o captadores por reflexión.

Los sensores fotoeléctricos detectan el objeto por la interferencia de la recepción de dicha señal luminosa lo cual nos indica la presencia de dicho objeto.

Figura 9. Sensor fotoeléctrico



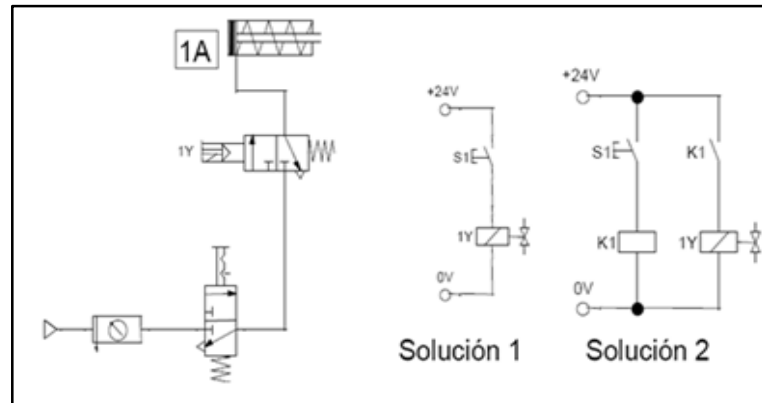
Fuente: <http://goo.gl/RY05LI>

2.8 **Electroneumática**

La Electroneumática es un estudio que abarca la composición de dos significativas ramas que conjuntan para el principio de la automatización como lo es la parte que corresponde

a lo neumático o sistema de aire comprimido y la otra parte fundamental que es la Electricidad o Electrónica.

Figura 10. Circuito electroneumático



Fuente: <http://goo.gl/KFWN9Y>

La Electroneumática es uno de los procesos que corresponden a la automatización, que hoy en día la utilización de esta técnica viene recogiendo una trascendental importancia en la industria para la mejora y optimización de los procesos productivos.

La Electroneumática ha evolucionado con los años en la industria a partir de la neumática, ya que la neumática es un método utilizado en la antigüedad que ayudó en aquel tiempo al control de diversos servomecanismos para accionar sistemas productivos en el campo de la industria.

Conforme al progreso de la electrónica y la electricidad se dio inicio a la creación de tecnologías, dando la fusión de ambas ramas para la formación de los sistemas electroneumáticos los cuales en la industria representaban más aplicativos, siendo óptimos en los procesos de producción y mucho más eficaces que los sistemas totalmente neumáticos.

2.8.1 Elementos electroneumáticos. Los elementos que componen los sistemas electroneumáticos son de vital importancia, ya que cumplen una cadena de tareas determinadas de modo que es necesario reconocer para una correcta conexión del esquema.

Los dispositivos que intervienen en un proceso electroneumático son:

- Cilindros de simple y doble efecto.
- Electroválvulas 4/2 - 3/2 - 5/2 vías.
- Sensores.
- Contactos eléctricos NA / NC.
- Relés.
- Pulsadores e interruptores.
- Temporizadores.
- Válvulas lógicas y de secuencia.

2.8.2 Actuadores. La energía que brinda el aire comprimido se convierte en energía mecánica por medio de dichos mecanismos o cilindros neumáticos, dando un movimiento lineal de vaivén.

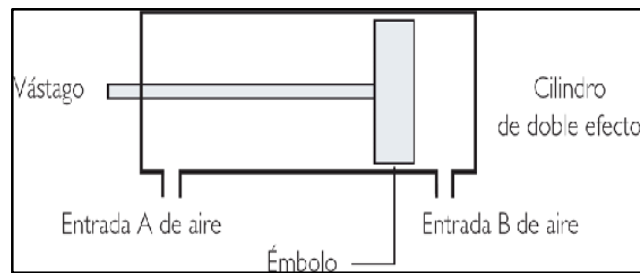
En el grupo de los actuadores neumáticos se clasifican en:

- Cilindro de simple efecto.
- Cilindro de doble efecto.
- Con engranaje.
- Motor neumático con veleta.
- Con pistón.
- Con una veleta a la vez.
- Multiveleta.
- Motor rotatorio con pistón.
- De ranura vertical.
- De émbolo.
- Fuelles, diafragma y músculo artificial.

2.8.2.1 Cilindro de doble efecto. Los cilindros de doble efecto son muy utilizados en la industria y ésta trabaja en ambas direcciones.

Poseen dos tomas para aire comprimido, cada una de ellas situada en una de las tapas del cilindro neumático, a continuación se aprecia el cilindro de doble efecto y sus diferentes partes.

Figura 11. Cilindro de doble efecto



Fuente: Autores

2.8.3 Válvulas electroneumáticas. Es un dispositivo que por medio de un circuito electroneumático realiza una transformación de la energía eléctrica a energía neumática, la cual transmite a los actuadores.

El principio del funcionamiento de una electroválvula consiste en la adherencia de una bobina la cual transcurre energía eléctrica y genera un campo magnético que hace que recorra al interior de la válvula generando así la comunicación o cambio del estado de trabajo o flujo de aire de la electroválvula, dando una distinta línea de trabajo de la misma.

2.8.3.1 Electroválvula 5/2. La electroválvula 5/2 está formada por una bobina oscilante, que conlleva un control 6106 con una válvula de asiento, el consumo mínimo permite activar altas presiones como un principio activo ya que el funcionamiento es en un determinado tiempo corto, estas válvulas no sirven para alinear controlando los impulsos y avances neumáticos, estas electroválvulas también están adaptados con un control manual para un uso previo antes del definitivo funcionamiento ya cual sea su propósito de dicha electroválvula, como también un previo cebado, la temperatura de funcionamiento es de -10 a 50 °C, con una corriente de 110 V dependiendo la bobina de la corriente a necesitar.

2.8.4 Accesorios neumáticos. En la electroválvula 5/2 tenemos las vías por donde va a direccionarse el fluido, para lo cual es necesario utilizar los diversos acoplamientos de acuerdo a la necesidad que implique los mismos.

2.8.4.1 Racores. Son piezas ya sea metálicas o tecno polímero con o sin rosca interna para la conexión de ductos o mangueras que son utilizadas para trasportar el fluido de aire.

2.8.4.2 Silenciadores. Los silenciadores como su nombre o indica es utilizado para evitar el ruido excesivo causado por el cambio de direccionamiento del fluido al actuador, en estos tipos de silenciadores podemos encontrar en bronce con cuerpo de latón en diferentes longitudes y sistemas de sujeción.

2.8.4.3 Tuberías. Las tuberías de poliamida y polietileno son utilizadas cada vez más en la industria para la unión de equipos neumáticos que son fusionados por racores de acoplamiento rápido que es más sencillo y más económico.

CAPÍTULO III

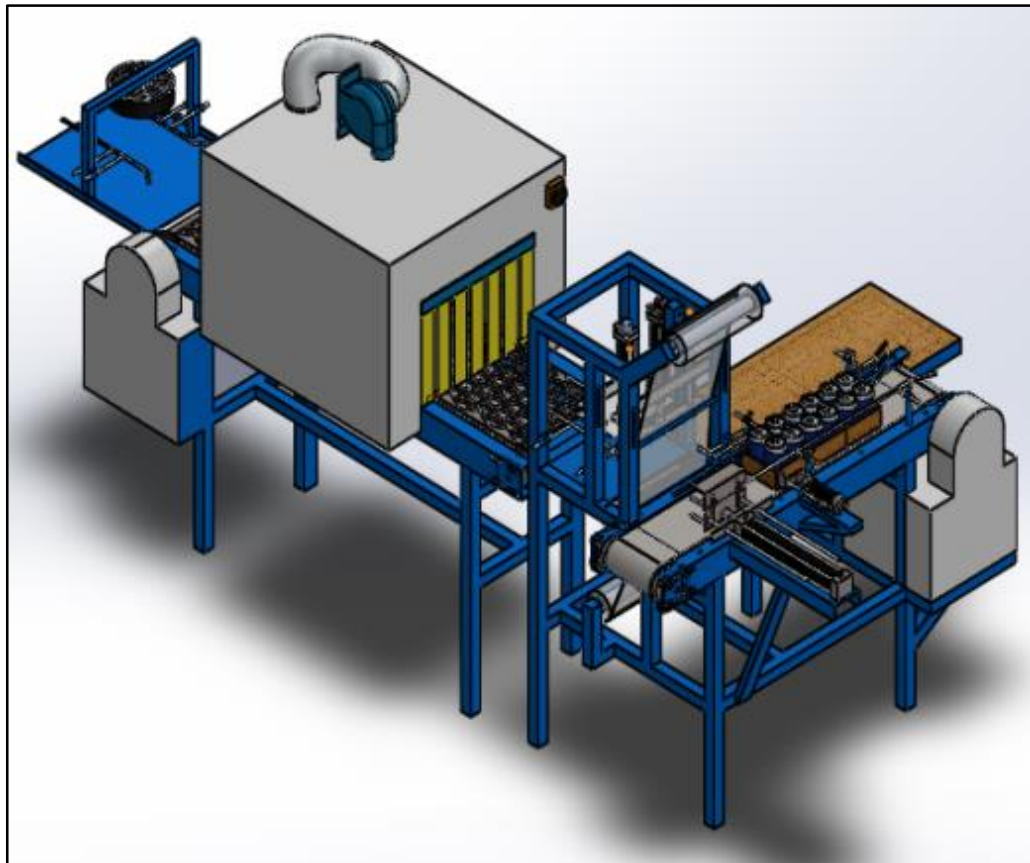
3. DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL SISTEMA TERMORETRÁCTIL

3.1 Diseño del módulo del sistema termoretráctil

Para realizar un esquema de lo que es el diseño del sistema termoretráctil nos basaremos en los siguientes parámetros:

- Envase de plástico: 15 cm x 35 cm de diámetro
- Masa de los envases llenos: 0.3 Kg
- Horas de trabajo: 4 horas

Figura 12. Esquema del módulo sistema termoretráctil



Fuente: Autores

3.1.1 Factores que influyen en la construcción del módulo del sistema termoretráctil

Energía

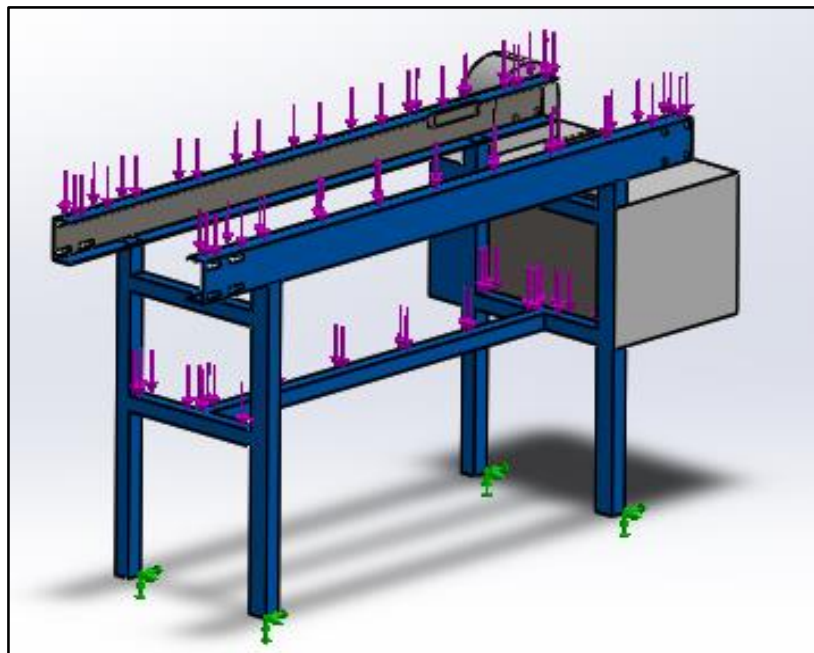
- La energía demandada para el sistema es tanto eléctrica como neumática.

Seguridad y mantenimiento

- Poseerá un manual de operación como de un plan mantenimiento.

3.1.2 Análisis de la estructura. Con el esquema del módulo interactivo del sistema termoretráctil procedemos a realizar un estudio estático para determinar el esfuerzo máximo que soportara la estructura metálica.

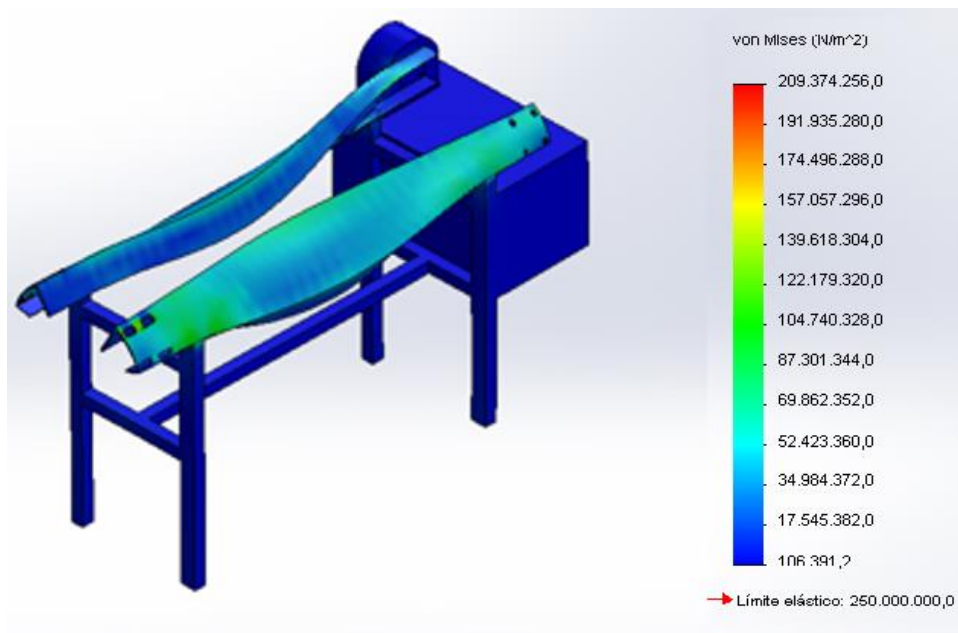
Figura 13. Esquema de la estructura



Fuente: Autores

Se ha llegado a la conclusión que la estructura metálica de acuerdo al estudio estático que utilizaremos es tubo estructural cuadrado de 1½” pulgadas x 1,5 mm de espesor para la construcción del módulo, por el cual el peso a soportar es de 400 N, tomamos un factor de seguridad de 2 de acuerdo a la tabla 1, mediante que para el cálculo obtendremos 800 N.

Figura 14. Estudio estático



Fuente: Autores

Realizando el cálculo en el software se obtiene una resistencia a la fluencia de 106381,2 N/m² como mínimo y 209374256 N/m² como máximo, y de acuerdo a las especificaciones del fabricante de la tabla 2, la resistencia a la fluencia del tubo cuadrado estructural es de 269000000 N/m² de acuerdo a la norma ASTM A-500, lo cual cumple con el factor de seguridad y no sobrepasa los límites de resistencia a la fluencia, ayudando también a evitar las vibraciones generadas por los motores.

Tabla 1. Factor de seguridad

Tipo o clase de carga	Acero, metales dúctiles		Hierro fundido, metales frágiles	Madera de construcción
	Basado en la resistencia máxima	Basado en la resistencia de fluencia	Basado en la resistencia máxima	
Carga muerta o carga variable bajo análisis por fatiga	3 - 4	1,5 - 2	5 - 6	7

Fuente: <http://goo.gl/m7HRLV>

Tabla 2. Características mecánicas

Propiedades Mecánicas		
Cuadrado y rectangular	Grado A	Grado B
Resistencia a la tracción (Mpa)	310	400
Límite de fluencia (Mpa)	269	317

Fuente: <http://goo.gl/V2OxKX>

3.2 Esfuerzo térmico

Una de las causas más frecuentes que enfrentan las estructuras son los orígenes de la temperatura, que pueden manifestar fisura debido a la dilatación térmica.

La estructura sufre un incremento de temperatura $\Delta t = 35 \text{ }^\circ\text{C}$

La deformación horizontal máxima es igual:

$$\delta = s * \alpha * \Delta t \quad (1)$$

Dónde:

δ = Deformación

S = Distancia

α = Coeficiente de dilatación

Δt = Variación de temperatura

$$\delta = s * \alpha * \Delta t$$

$$\delta = (750 / 120000) * 35$$

$$\delta = 0,21\text{cm}$$

La deformación angular es igual:

$$\gamma = \delta / h \quad (2)$$

Dónde:

γ = Deformación angular

h = Altura

$$\gamma = \delta / h$$

$$\gamma = 0,21 / 80$$

$$\gamma = 0,0026$$

Esto es un límite mucho más severo que el 1 / 125 que surge de las normas referentes a elementos estructurales horizontales.

3.3 Cálculo y selección del sistema transportador de la banda de caucho

Se componen básicamente por una cinta transportadora o banda transportadora, que se desliza sobre dos rodillos metálicos.

La banda transportadora será impulsada por la fricción ejecutada por uno de los rodillos, que es accionado por un moto reductor eléctrico, dicha tensión se producirá como resultado de la utilización de poleas y bandas de transmisión de movimiento. El otro rodillo gira libremente y sirve de retorno a la banda transportadora.

Dicho sistema transportador será encargado de trasladar los productos de forma longitudinal y transversal a lo largo del sistema termorretráctil.

Para la selección del sistema transportador utilizaremos dos alternativas y realizaremos una tabla de ponderación y escogeremos la mejor selección.

- **Alternativa 1. Cinta o banda transportadora**

Las cintas o bandas transportadoras regularmente se las elaboran de fibra de algodón, fibra sintética o seda artificial, formadas por diversas capas de tejidos e impregnadas de goma con cables de acero vulcanizado y recubiertas de caucho polipropileno para impedir el desgaste y el agrietamiento por tensión con el movimiento continuo.

Las bandas transportadoras se dividen en:

- Lisas. Transporte horizontal.
- Rugosas. Transporte horizontal e inclinado.
- Nervadas. Transporte inclinado.

- **Alternativa 2. Transportador de rodillos**

El transportador de rodillos es un dispositivo que utiliza rodillos metálicos, generalmente se emplean para el manejo y transporte de grandes pesos.

Selección de alternativa a utilizarse

Para la selección de la alternativa a utilizarse, se realizará una tabla y se hará una ponderación para elegir el tipo de transportador adecuado siendo (1 lo más bajo y 5 lo ideal).

Tabla 3. Selección del tipo de transportador

N°	Criterios de comparación	Alternativa 1	Alternativa 2
1	Peso	5	2
2	Costo	4	3
3	Construcción	4	2
4	Ensamblaje	4	2
5	Vida Útil	3	4
6	Confiabilidad	3	3
	Total	23	16

Fuente: Autores

De acuerdo a la ponderación de la tabla anterior se escoge como mejor alternativa la Cinta o banda transportadora, todo esto en base a los criterios de comparación.

Diseño del transportador

- **Ancho de la banda transportadora**

Elegimos un ancho normalizado de 170 mm para el transporte de productos de la banda de caucho, y en base al ancho de la banda seleccionamos el diámetro exterior del rodillo metálico.

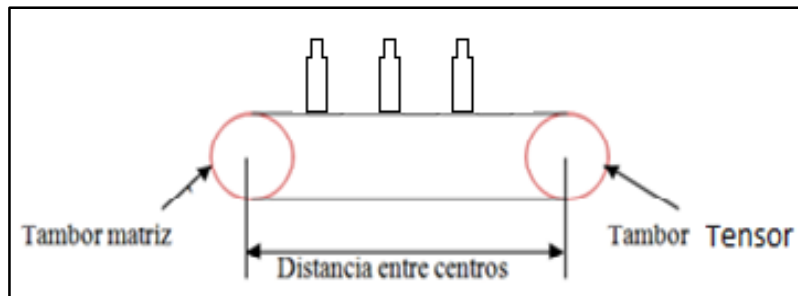
Tabla 4. Selección de rodillos y sus parámetros

D(mm)	B(mm)	(kn/m ²)	V _{máx} (m/s)
63, 89	160- 200	16	2.0
	250- 400	16	1.6
102, 108	400- 650	20	2.5
	800- 1200	16	2.5
127, 133	800-1200	20	2.5
152, 159	800- 1200	35	4.0
	1600- 2000	35	3.2
194, 219, 245,	800- 1400	35	4.0
	1600- 2000	40	6.3

Fuente: <http://goo.gl/9WD7rJ>

Cálculos de esfuerzos del transportador

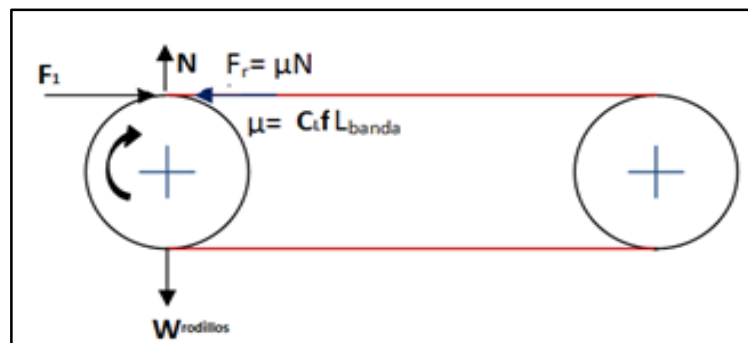
Figura 15. Configuración de la banda transportadora



Fuente: Autores

Se utiliza el diagrama de cuerpo libre para calcular el esfuerzo necesario para mover la banda en vacío.

Figura 16. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: Autores

$$\sum F_y = 0 \quad (3)$$

$$N - W_{\text{rodillo}} = 0$$

$$N - m_{\text{rodillo}} * g = 0$$

$$N = m_{\text{rodillo}} * g$$

$$\sum F_x = 0 \quad (4)$$

$$F_1 - F_r = 0$$

$$F_1 = F_r$$

$$F_1 = \mu * N$$

Dónde:

F_1 = Esfuerzo necesario para mover la banda en vacío [N]

f = Coeficiente de rozamiento de los cojinetes

C_L = Factor de fricción debido a la longitud de banda

m_{rodillo} = Masa de los rodillos [kg/m]

g = Gravedad [m/s^2]

L_{banda} = Longitud de banda [m]

$$F_1 = C_L * f * L_{\text{banda}} * m_{\text{rodillo}} * g \quad (5)$$

$$F_1 = 4((10,6)(0,050)(2,10m)(2(1,5kg/m)) (9,8m/s^2))$$

$$F_1 = 130 \text{ N}$$

Factor de fricción debido a la longitud de la banda

Debido a su corta longitud la banda necesita mayor esfuerzo para de esta forma vencer la resistencia a la fricción.

Figura 17. Factor de fricción debido a la longitud de la banda

Longitud banda (m)	2	3	4	5	6	8	10	13	16	20	25	32	40
C_L	10,6	9	5,6	6,6	5,9	5,1	4,5	4	3,6	3,2	2,9	2,6	2,4

Longitud banda (m)	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500
C_L	2,2	2	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,05

Fuente: <http://goo.gl/8bV5wq>

Figura 18. Factor de fracción debido a las chumaceras

Tipo de Cojinete	Estado	f
Rodamiento	Favorable	0,018
	Normal	0,020
	Desfavorable	0,023 – 0,030
Fricción		0,050

Fuente: <http://goo.gl/8bV5wq>

Esfuerzo necesario para mover la banda con carga

Para mover la banda a una velocidad constante procedemos a utilizar la ecuación (KAUMAN, 2008)

Dónde:

F_2 = Esfuerzo necesario para mover la banda con carga, en [N]

C_L = Factor de fricción debido a la longitud de banda y los rodillos

M_m = Capacidad de carga 5 [kg/min]

g = Gravedad, en [m/s²]

L_{banda} = Longitud de banda, en [m]

v = Velocidad 3.6 [m/min]

$$F_2 = \frac{f(L_{\text{banda}})(C_L)(M_m)(g)}{3,6 v} \quad (6)$$

$$F_2 = \frac{(0,050)(2,10\text{m})(10,6)(5 \text{ kg/min})(9,8\text{m/s}^2)}{3,6 (3,6\text{m/min})}$$

$$F_2 = 45,30 \text{ N}$$

Mediante la siguiente ecuación procedemos a calcular el esfuerzo total.

$$F = F_1 + F_2 \quad (7)$$

$$F = (130 + 45,30)\text{N}$$

$$F = 172,5 \text{ N}$$

Del resultado del esfuerzo total procedemos a calcular la potencia requerida para el sistema transportador. (SALINAS PINEDA, 2011 págs. 34-35)

$$P = F * v \quad (8)$$

Dónde:

P = Potencia [W]

F = Esfuerzo total [N]

v = Velocidad de la banda [m/s]

$$\text{Pot} = (172,5 \text{ N}) (0,054 \text{ m/s})$$

$$\text{Pot} = (172,5 \text{ N}) (0,054 \text{ m/s})$$

$$\text{Pot} = 93,15 \text{ W}$$

Encontrado la potencia de accionamiento de 93,15 Watts, realizamos una conversión a Hp para lo cual obtenemos el valor de 0,13 Hp para la selección del motor.

Con el esfuerzo calculado procedemos a calcular la resistencia de la banda transportadora con la ecuación.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (9)$$

Dónde:

σ = Resistencia requerida, en [N/m²]

F = Esfuerzo total [N]

A = Área de la banda transportadora

$$\sigma = \frac{172,5 \text{ N}}{(0,17\text{m})(2,10\text{m})}$$
$$\sigma = 483,19 \text{ N/m}^2$$

3.4 Cálculos y selección de un motor

Para la selección del motor eléctrico monofásico nos basamos en especificaciones del fabricante.

Dentro de la gama de motores encontramos los motores jaula de ardilla ya que son los más utilizados por su bajo costo, bajo mantenimiento, la potencia de trabajo es alta, para lo cual nos regimos a los criterios fundamentales siguientes:

- Voltaje
- Condiciones de trabajo del motor
- Frecuencia
- Esfuerzos a mover
- Arranque
- Velocidad

3.4.1 Selección del motor eléctrico. Para la selección del motor eléctrico nos guiamos en el factor calculado de potencia, la cual es 0,13 Hp, nos regimos a la tabla 5 donde nos indica las potencias normalizadas.

Tabla 5. Potencias de motor normalizado

MOTOR MONOFASICO WEG AC-3 - 4 Polos - 60Hz				
Motor Carcasa NEMA		Motor Carcasa IEC		
110VCA HP	220VCA HP	110VCA HP	220VCA HP	440VCA HP
-	1/8	-	0,16	-
-	1/6	-	-	-
-	1/4	-	-	-
1/8	1/3	0,16	0,25	-
1/6	-	-	0,33	-
1/4	1/2 - 3/4	0,25	0,5	-
1/3	-	0,33	0,75	-
-	1	-	-	-

Fuente: (WEQ, 2013)

- Potencia normalizada del motor: 0,25
- Voltaje: 110, 220 V
- Rpm: 1720
- Amperaje: 8A en funcionamiento
- Rendimiento del 85%

Cálculo de la potencia real del motor

$$P = P_m * \eta \quad (10)$$

Dónde:

P = Potencia del sistema

P_m = Potencia del motor

η = Rendimiento

$$P = 0,25 * 0,85$$

$$P = 0,20$$

$$0,13\text{Hp} \rightarrow 0,20 \text{ Hp}$$

3.5 Selección y cálculo de bandas de transmisión

Dónde:

ND = Potencia de diseño

n = Frecuencia de rotación

u = Razón de transmisión

$$ND = 0,19 \text{ kW}$$

$$n = 1720 \text{ rpm}$$

$$u = 2,5$$

Criterios de la capacidad de trabajo

- Se obtiene el coeficiente Cr teniendo en cuenta las características de trabajo de las maquinas motriz y movida.

Dónde:

Nd = Potencia de diseño

Ne = Potencia nominal

Cr = Coeficiente de régimen de trabajo; Cr = 0,9

fs = Factor de servicio

$$Nd = Ne \cdot fs \quad (11)$$

$$fs = \frac{1}{Cr} \quad (12)$$

$$fs = \frac{1}{0,9}$$

$$fs = 1,11$$

De acuerdo a la tabla 6 se tiene el fs = 1.0 para transportadores de banda se calcula la potencia de diseño ND.

$$ND = 0,19 \text{ kW} \cdot 1 / 0,9$$

$$ND = 0,21 \text{ kW}$$

Selección de perfil d1 = 60 mm

$$d2 = d1 \cdot u \quad (13)$$

$$d2 = 60 \text{ mm} \cdot 2,5$$

$$d_2 = 150 \text{ mm}$$

Tabla 6. Factor de servicio fs

Máquina Movida	Máquina Motriz					
	Motor eléctrico sincrónico. Motor de combustión interna multicilindro-turbina.			Motor eléctrico de alta carga Motor de combustión interna mono cilindro.		
	8 h/día	16 h/día	24 h/día	8 h/día	16 h/día	24 h/día
Carga ligera Agitadores de líquidos Bombas compresores centrifugos Transportaciones de bandas. Ventiladores. Maquinas herramientas de corte continuo	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Cargas Normales Bombas y compresores de 3 y más cilindros. Transportadores de cadena. Fresadora	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Carga pesada Bombas y compresores de uno y dos cilindros. Elevadores de cangilones. Cepilladura y mortajadoras	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Cargas muy pesadas Mecanismos de elevación de grúas. Prensas. Cizallas.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

Fuente: Dobrovolsky machine elements

Cálculo de la razón de diámetros

$$u_{\text{real}} = \frac{d_2}{d_1} \quad (14)$$

$$u_{\text{real}} = \frac{150 \text{ mm}}{60 \text{ mm}}$$

$$u_{\text{real}} = 2,5$$

Verificación de la velocidad lineal de la correa

$$v = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{6 \times 10^4} \quad (15)$$

$$v = \frac{3,1416 \cdot 60 \text{ mm} \cdot 1720 \text{ rpm}}{6 \times 10^4}$$

$$v = 5,40 \text{ m/s} \leq (35 - 45) \text{ m/s}$$

Determinación de la distancia entre centros

$$a_{\text{rec}} = 1,5 \frac{d_2}{\sqrt[3]{u_{\text{real}}}} \quad (16)$$

$$a_{\text{rec}} = 1,5 \frac{150 \text{ mm}}{\sqrt[3]{2,5}}$$

$$a_{\text{rec}} = 165,78 \text{ mm}$$

Esto es solo una orientación, debe garantizarse que las poleas no queden muy próximas por lo que:

$$a_{\text{rec}} \geq (0,7 \dots 0,8)(d_1 + d_2) \quad (17)$$

$$a_{\text{rec}} = (0,7 \dots 0,8)(60 \text{ mm} + 150 \text{ mm})$$

$$a_{\text{rec}} = (147 \dots 168) \text{ mm}$$

$$a_{\text{preliminar}} = 166 \text{ mm}$$

Cálculo de la longitud de la correa

$$L = 2a + \frac{\pi}{2} (d_2 + d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a} \quad (18)$$

$$L = 2(166 \text{ mm}) + \frac{\pi}{2} (150 \text{ mm} + 60 \text{ mm}) + \frac{(150 \text{ mm} - 60 \text{ mm})^2}{4(166 \text{ mm})}$$

$$L = 674,06 \text{ mm}$$

Si normalizamos por la serie R40, o por las longitudes de fabricante tenemos que LN es igual a 700 mm.

$$a = a_{\text{preliminar}} + \frac{(LN - L)}{2} \quad (19)$$

$$a = 166 \text{ mm} + \frac{(700 \text{ mm} - 674,06)}{2}$$

$$a = 178,97 \text{ mm}$$

Determinación del ángulo de contacto

$$\alpha = 180^\circ - \frac{(d_2 - d_1)}{a} * 60 \quad (20)$$

$$\alpha = 180^\circ - \frac{(150 \text{ mm} - 60 \text{ mm})}{178,97 \text{ mm}} * 60$$

$$\alpha = 149,82 \geq 120^\circ$$

El ángulo de contacto no se debe ser menor a 120°.

Cálculo de coeficientes C_l y C_α

De acuerdo a nuestro diámetro menor de la polea requerimos un perfil SPZ, lo cual nos recomienda la tabla una longitud de referencia de 1600 mm.

Tabla 7. Potencia unitaria Nc. SPZ perfil estrecho ($L_0 = 1600$ mm)

Potencia Unitaria Nc. Perfil SPZ ($L_0 = 1600$ mm)					
Frecuencia de rotación en la polea rápida n_1 (rpm)	Diámetro de la polea menor d_1 (mm)				
	63	80	95	125	150
200	0.18	0.30	0.40	0.61	0.78
900	0.6	1.09	1.52	2.35	3.02
1200	0.75	1.39	1.94	3.02	3.89
1400	0.85	1.58	2.21	3.44	4.44
1800	1.02	1.94	2.72	4.25	5.47

Fuente: Dobrovolsky machine elements

Dónde:

C_l = Coeficiente de centros

C_α = Coeficiente de longitud

LN = Longitud de acuerdo al fabricante

L_0 = Longitud de referencia

$$C_\alpha = 0,55 + 0,0025 a \quad (21)$$

$$C_\alpha = 0,55 + 0,0025 (149,82)$$

$$C_\alpha = 0,92$$

$$C_l = \sqrt[6]{\frac{LN}{L_0}} \quad (22)$$

$$C_l = \sqrt[6]{\frac{700}{1600}}$$

$$C_l = 0,87$$

Comprobación de los ciclos por flexión

Dónde:

V = Velocidad en [m/s]

L_n = Longitud de la correa [mm]

C = Número de poleas de la transmisión

$$if = 1000 * c * \frac{v}{L_n} \quad (23)$$

$$if = 1000 * 2 \left(\frac{5,40}{700} \right)$$

$$if = 15,42 < 60 \text{ flexiones /s}$$

Determinación del número de correas a emplear

Dónde:

N_E = Potencia nominal

N_C = Potencia unitaria

N_{ad} = Potencia adicional

$$z = \frac{N_E * f_s}{(N_C + N_{ad}) * C_\alpha * C_l} \quad (24)$$

Según la tabla de nuestra selección tenemos:

Tabla 8. Potencia unitaria N_c . SPZ perfil estrecho ($L_o = 1600$ mm)

Frecuencia de rotación en la polea rápida n_1 (rpm)	Diámetro de la polea menor d_1 (mm)				
	63	80	95	125	150
200	0.18	0.30	0.40	0.61	0.78
900	0.6	1.09	1.52	2.35	3.02
1200	0.75	1.39	1.94	3.02	3.89
1400	0.85	1.58	2.21	3.44	4.44
1800	1.02	1.94	2.72	4.25	5.47

Fuente: Dobrovolsky machine elements

Potencia unitaria

Perfil = SPZ

Diámetro menor = 60 mm

Frecuencia de rotación = 1800 rpm

Frecuencia de rotación = 1400 rpm

$$N_C = 1,02$$

$$N_C = 0,85 \text{ Kw}$$

Como $n = 1720 \text{ rpm}$, entonces interpolando tenemos que:

$$N_C = 0,88 \text{ kW}$$

Potencia adicional

Perfil = SPZ

Relación de transmisión = 2

Frecuencia de rotación = 1400 rpm

$$N_{ad} = 0,23$$

Interpolando para $n = 1720 \text{ rpm}$ tenemos que:

$$N_{ad} = 0,278$$

Sustituyendo:

$$z = \frac{0,42}{(0,88 + 0,278) * 0,92 * 0,87}$$
$$z = 0,45$$

Se requiere 1 correa.

Cálculo de tensado inicial

Dónde:

f_t = Factor de tensado, este factor toma valores desde 2,02 hasta 2,5

$p = 0,07 \text{ [kg/m]}$, según la tabla los coeficientes para el cálculo de duración lo tomamos de la correa SPZ, ver en la tabla 9.

$$S_0 = 500 \left(\frac{f_t - C_{\alpha}}{C_{\alpha}} \right) \left(\frac{N_E * f_s}{z * v} \right) + p * v^2 \quad (25)$$
$$S_0 = 500 \left(\frac{2,02 - 0,92}{0,92} \right) \left(\frac{0,21}{0,45 * 5,40} \right) + (0,07)(5,40)^2$$
$$S_0 = 103,12 \text{ N}$$

Tabla 9. Coeficiente para cálculo de duración

Perfil de la correa	Coeficientes			
	ρ [kg/m]	C_s		T_r [N]
		Flexión normal	Flexión. inversa	
SPZ	0.07	563	732	474
SPA	0.12	2105	4320	858
SPB	0.19	4659	8926	1242
SPC	0.36	6304	12077	1680
A	0.11	399	479	418
B	0.20	1701	1943	727
C	0.33	5069	8926	1288
D	0.68	21561	25873	2664

Fuente: Dobrovolsky machine elements

Calculando la fuerza de tensado

$$F_t = 2 * Z * S_o \quad (26)$$

$$F_t = 2 \times 0,45 \times 103,12$$

$$F_t = 92,81 \text{ N}$$

Cálculo de durabilidad

Estos cálculos son propuestos de acuerdo a Good Year en sus catálogos:

Dónde:

$T_F = 474$ [N], Fuerza límite por fatiga de acuerdo a la tabla con el perfil SPZ

T_1 y T_2 = Fuerzas en la correa

T_{FC} = Tensión por fuerza centrífuga

Tabla 10. Coeficiente para cálculo de duración

Perfil de la correa	Coeficientes			
	ρ [kg/m]	C_s		T_r [N]
		Flexión normal	Flexión. inversa	
SPZ	0.07	563	732	474
SPA	0.12	2105	4320	858
SPB	0.19	4659	8926	1242
SPC	0.36	6304	12077	1680
A	0.11	399	479	418
B	0.20	1701	1943	727
C	0.33	5069	8926	1288
D	0.68	21561	25873	2664

Fuente: Dobrovolsky machine elements

$$H = 1477 \frac{L^{1.25}}{V} \left(\frac{T_F^m}{T_1^m + T_2^m} \right) \quad (27)$$

$$T_{1-2} = S_0 + 500 \frac{N_D}{(V)(Z)} + T_{FC} + T_{flex 1-2} \quad (28)$$

$$T_{FC} = p * v^2 \quad (29)$$

$$T_{FC} = 0,07(5,40)^2$$

$$T_{FC} = 2,04 \text{ N}$$

Dónde: $C^b = 563$ coeficiente de flexión de acuerdo a la tabla con el perfil SPZ.

Tabla 11. Coeficiente para cálculo de duración

Perfil de la correa	Coeficientes			
	ρ [kg/m]	C_s	C_s	T_f [N]
		Flexión normal	Flexión inversa	
SPZ	0.07	563	732	474
SPA	0.12	2105	4320	858
SPB	0.19	4659	8926	1242
SPC	0.36	6304	12077	1680
A	0.11	399	479	418
B	0.20	1701	1943	727
C	0.33	5069	8926	1288
D	0.68	21561	25873	2664

Fuente: Dobrovolsky machine elements

$$T_{flex (1-2)} = 588,85 \frac{C^b}{d_{(1-2)}^{1,5}} \quad (30)$$

$$T_{flex 1} = 588,85 \frac{563}{(60)^{1,5}}$$

$$T_{flex 1} = 713,32 \text{ N}$$

$$T_{flex 2} = 588,85 \frac{563}{(150)^{1,5}}$$

$$T_{flex 2} = 180,45 \text{ N}$$

$$T_1 = 103,12 \frac{0,42}{(5,40)(0,45)} + 2,04 + 713,32$$

$$T_1 = 904,8 \text{ N}$$

$$T_2 = 103,12 + 500 \frac{0,42}{(5,40)(0,45)} + 2,04 + 180,45$$

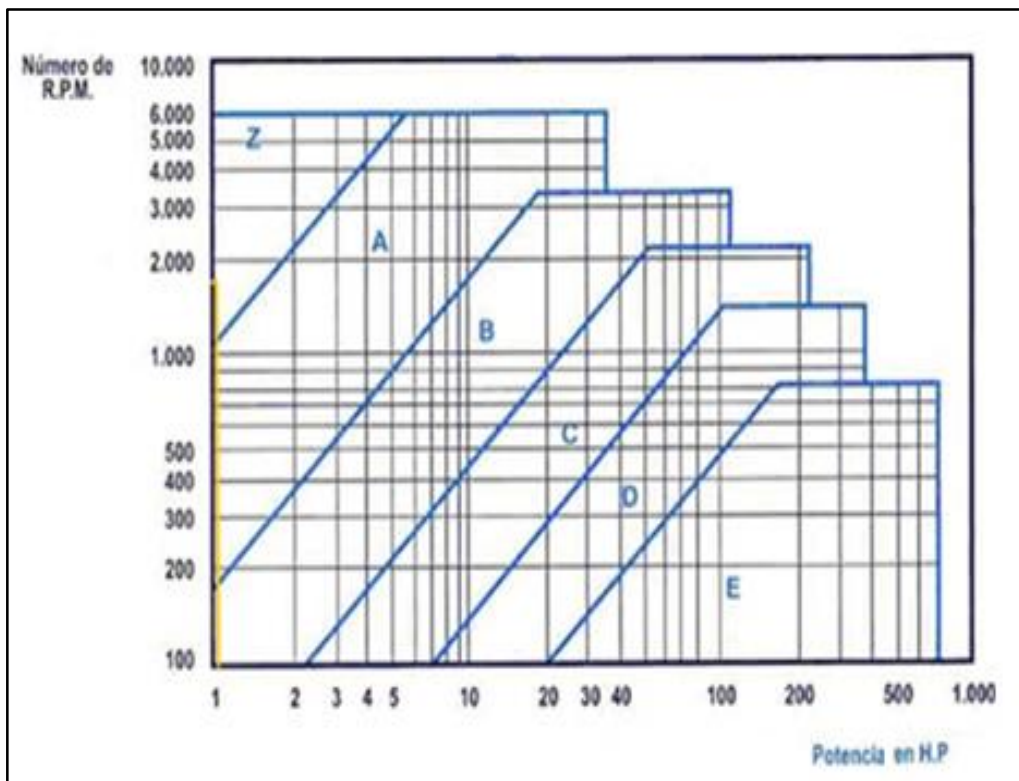
$$T_2 = 371,21 \text{ N}$$

$$H = 1477 \frac{(700)^{1.25}}{5,40} \left(\frac{(474)^{11}}{(904,08)^{11} + (371,21)^{11}} \right)$$

$$H = 803,19 \text{ horas}$$

Tenemos como resultado la duración de 803,19 horas, pero eso no significa que sea la duración real, ya que la duración de la transmisión se considera aceptable si supera la duración mínima recomendada $H_{min} = 400$ horas.

Figura 19. Selección del perfil de correa



Fuente: Dobrovolsky machine elements

3.6 Selección de las chumaceras

Para el montaje de los rodillos en el sistema termoretráctil lo haremos con unas chumaceras de pared con anclaje de cuatro pernos, con rodamiento radial de bolas y sellos insertados en un cajetín de hierro fundido, teniendo una carga radial de 204 N con una velocidad lineal máxima a soportar de 3000 rpm, pero en nuestro caso tenemos un avance de 6 cm/s, además cabe indicar que no existe chumaceras de menor características en catálogos del fabricante ni en el mercado, por el cual por ser las más económicas no nos afecta en su selección.

Figura 20. Chumacera



Fuente: Autores

Tabla 12. Catálogo de chumaceras SKF

Ø Eje (mm)	Tipo rodamiento	C (N)
17	6203	750
20	6204...6304	1000...1250
25	6205...6305	1100...1760
30	6206...6306	1530...2200
35	6207...6307	2000...2600
40	6208...6308	2280...3200
45	6209...6309	2550...4150
50	6210...6310	2750...4800

Fuente: (SKF, 2008)

3.7 Selección del reductor de velocidad

El factor de servicio es un valor que nos permite medir el grado de protección con el que trabaja el reductor de velocidad, depende de factores como la cantidad de horas de funcionamiento, el factor de uso de acuerdo a ese tiempo.

Atendiendo las especificaciones del fabricante y de acuerdo a la necesidad de nuestro modulo, tener una velocidad de 5,40 cm/s, requiriendo esta velocidad ya que es para la movilización de productos.

Teniendo un motor con 1720 rpm nos vemos en la necesidad de reducir dicha velocidad con un reductor de velocidades de tipo tornillo sin fin, motivo por el cual se ha

determinado que necesitamos un reductor de velocidades con una relación de transmisión de 1:50.

Figura 21. Reductor de velocidades tornillo sin fin - corona



Fuente: Autores

3.8 Cálculo y selección de poleas de la banda transportadora de caucho

El reductor de velocidad sin-fin corona viene agregado con sus respectivas poleas D_2 y D_3 , por lo tanto se realizó la selección de poleas para el eje del motor D_1 y la polea del rodillo metálico D_4 .

Tabla 13. Designación y medidas de las poleas

Poleas	Designación	Medidas
D1	Eje del motor	6 cm
D2	Tornillo sin fin reductor	15 cm
D3	Eje de la corona caja reductora	6 cm
D4	Eje del rodillo metálico	13 cm

Fuente: Autores

Sabiendo los diámetros de las poleas 1 y 2 y aplicando la ecuación 31, proceder a calcular el número de revoluciones de la polea 2.

Dónde:

N_1 = Número de revoluciones de polea 1, en [rpm]

D_1 = Diámetro de polea 1, en [cm]

N_2 = Número de revoluciones de polea 2, en [rpm]

$D_2 =$ Diámetro de polea 2, en [cm]

$$\begin{aligned} N_1 * D_1 &= D_2 * N_2 & (31) \\ 1720 \text{ rpm} * 6 \text{ cm} &= 15 \text{ cm} * N_2 \\ N_2 &= 688 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Se obtiene 688 rpm a la entrada del reductor Sin-fin corona 50:1

Dónde:

El reductor sin fin corona tiene una relación de 50:1

$$\begin{aligned} N_3 &= \frac{N_2}{50} & (32) \\ N_3 &= \frac{688 \text{ rpm}}{50} \\ N_3 &= 13,76 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Sabiendo los diámetros de las poleas 3 y 4 y aplicando la ecuación 31, proceder a calcular el número de revoluciones para dar movimiento a la banda transportadora.

Dónde:

$$D_3 = 6 \text{ [cm]}$$

$$D_4 = 13 \text{ [cm]}$$

$$N_3 = 13,76 \text{ [rpm]}$$

$$N_4 = ?$$

$$\begin{aligned} N_3 * D_3 &= D_4 * N_4 \\ 13,76 \text{ rpm} * 6 \text{ cm} &= 13 \text{ cm} * N_4 \\ N_4 &= 6,35 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Obtenido el número de revoluciones de la polea 4 que es 6,35 rpm proceder a calcular la velocidad lineal para la banda transportadora con la ecuación 33.

Dónde:

$\omega =$ Velocidad angular, en [rad/seg]

v = Velocidad lineal, en [cm/seg]

r = Radio de la polea, en [cm]

$$\omega = \frac{v}{r} \quad (33)$$

Se transforma los 6,35 rpm a [rad/seg]

$$\omega = 0,66 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Con la velocidad angular procede a calcular la velocidad lineal despejando la ecuación 33.

$$v = \omega * r \quad (34)$$

$$v = (0,66 \frac{\text{rad}}{\text{s}})(6,5\text{cm})$$

$$v = (0,66 \frac{\text{rad}}{\text{s}})(6,5 \text{ cm})$$

$$v = 4,29 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

3.9 Cálculo y selección de poleas de la banda transportadora de metal

El reductor de velocidad sin-fin corona viene agregado con sus respectivas poleas D_2 y D_3 , por lo tanto se realizó la selección de poleas para el eje del motor D_1 y la polea del rodillo metálico D_4 .

Tabla 14. Designación y medidas de las poleas

Poleas	Designación	Medidas
D1	Eje del motor	6 cm
D2	Tornillo sin fin reductor	15 cm
D3	Eje de la corona caja reductora	6 cm
D4	Eje del rodillo metálico	15 cm

Fuente: Autores

Sabiendo los diámetros de las poleas 1 y 2 y aplicando la ecuación 31 proceder a calcular el número de revoluciones de la polea 2.

Dónde:

N_1 = Número de revoluciones de polea 1, en [rpm]

D_1 = Diámetro de polea 1, en [cm]

N_2 = Número de revoluciones de polea 2, en [rpm]

D_2 = Diámetro de polea 2, en [cm]

$$\begin{aligned}N_1 * D_1 &= D_2 * N_2 \\1720 \text{ rpm} * 6\text{cm} &= 15\text{cm} * N_2 \\N_2 &= 688 \text{ rpm}\end{aligned}$$

Se obtiene 688 rpm a la entrada del reductor Sin-fin corona 50:1

Dónde:

El reductor sin fin corona tiene una relación de 50:1

$$\begin{aligned}N_3 &= \frac{N_2}{50} \\N_3 &= \frac{688 \text{ rpm}}{50} \\N_3 &= 13,76 \text{ rpm}\end{aligned}$$

Sabiendo los diámetros de las poleas 3 y 4 y aplicando la ecuación 32 proceder a calcular el número de revoluciones para dar movimiento a la banda transportadora.

Dónde:

$D_3 = 6$ [cm]

$D_4 = 15$ [cm]

$N_3 = 13,76$ [rpm]

$N_4 = ?$

$$\begin{aligned}N_3 * D_3 &= D_4 * N_4 \\13,76 \text{ rpm} * 6\text{cm} &= 15 \text{ cm} * N_4 \\N_4 &= 5,5 \text{ rpm}\end{aligned}$$

Obtenido el número de revoluciones de la polea 4 que es 5,5 rpm proceder a calcular la velocidad lineal para la banda transportadora con la ecuación 33.

Dónde:

ω = Velocidad angular, en [rad/seg]

v = Velocidad lineal, en [cm/seg]

r = Radio de la polea, en [cm]

$$\omega = \frac{v}{r}$$

Se transforma los 5,5 rpm a [rad/seg]

$$\omega = 0,57 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Con la velocidad angular se procede a calcular la velocidad lineal despejando la ecuación 33.

$$v = \omega * r$$

$$v = (0,57 \frac{\text{rad}}{\text{s}})(7,5 \text{ cm})$$

$$v = 4,27 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

3.10 Cálculo y selección de cilindros neumáticos

3.10.1 Parámetros para la selección

- La fuerza a vencer del cilindro de retención debe ser mayor a los pesos establecidos en este caso, el peso de la pieza de retención, el peso de los productos almacenados por continuidad.
- La carrera es lineal.

3.10.2 Cálculo para el cilindro de retención de productos

Datos:

- Masa de la pieza de retención = 0.68 kg

- Masa de los productos = 6 kg
- Masa total = 6.68 kg
- Presión de trabajo = 3 bar = 3×10^5 Pa

Desarrollo

Calcular el diámetro del cilindro de acuerdo a la ecuación 35. (MORÁN, 2008)

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 * Ft}{\pi * P}} \quad (35)$$

Dónde:

D = Diámetro del émbolo, en [mm]

Ft = Fuerza teórica, en [N]

P = Presión de trabajo, en [Pa]

Proceder a obtener la fuerza teórica partiendo de las masas establecidas con la ecuación 36.

$$W = m_t * g \quad (36)$$

Dónde:

W = Peso de las botellas

m_t = Masa total a vencer

g = Gravedad

$$W = 6.68 \text{ kg} * 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W = Fe = 65,46 \text{ N}$$

La fuerza efectiva es 65,46 N, pero hay que tomar en cuenta que se debe restar el 10% de la fuerza de rozamiento, adquiriendo un rendimiento del 90% con la ecuación 37.

Dónde:

Ft = Fuerza teórica

Fe = Fuerza efectiva

Fr = Fuerza de rozamiento 10% (0,1)

$$Fe = Ft - Fr \quad (37)$$

$$Fr = 0,1 * Ft \quad (38)$$

$$Fe = Ft - 0,1Ft$$

$$Fe = 0,9Ft$$

Despejar Ft de la ecuación 37.

$$Ft = \frac{Fe}{0.9}$$

$$Ft = \frac{65,46 \text{ N}}{0.9}$$

$$Ft = 72,73 \text{ N}$$

Reemplazar la fuerza teórica en la ecuación 35.

$$D = \sqrt{\frac{4 * 72,73 \text{ N}}{\pi * 3 \times 10^5 \text{ Pa}}}$$

$$D = 0.0175 \text{ m} = 18 \text{ mm}$$

De acuerdo al diámetro obtenido proceder al catálogo para seleccionar el diámetro normalizado atendiendo a la fuerza neta normalizada.

Figura 22. Catálogo de diámetros de cilindros

Φ VASTAGO (mm)	Φ EMBOLO (mm)	FUERZA NETA a P= 3 bar (N)	LONGITUDES DE CARRERAS NORMALIZADAS (mm)
—	6	7	10,25,40,80
4	12	30	10,25,40,80,140,200
6	16	53	10,25,40,80,140,200,300
10	25	130	25,40,80,140,200,300
12	35	160	70,140,200,300
16	40	225	40,80,140,200,300
18	50	519	70,140,200,300
22	70	1018	70,140,200,300
25	100	2078	70,140,200,300
30	140	4073	70,140,200,300
40	200	8312	70,140,200,300
50	250	12988	70,140,200,300

Fuente: <http://goo.gl/Qci5p1>

De acuerdo al catálogo se determina que el diámetro de émbolo normalizado es de 25 mm

Datos del cilindro de retención:

Diámetro normalizado del émbolo = 25 [mm]

Diámetro del vástago = 10 [mm]

Carrera = 60 [mm]

Proceder a realizar el cálculo del consumo de aire con la ecuación 39.

$$V = (Se + Sc)(L * n) * Rc \quad (39)$$

Dónde:

V = Consumo de aire

Rc = Relación de compresión

Se = Área del cilindro del émbolo

L = Longitud de la carrera

Sc = Área del cilindro en el retorno

n = Número de ciclos por minuto $3 \frac{\text{ciclos}}{\text{minuto}}$

Sr = Área del cilindro del vástago

Calcular el área del cilindro en el avance y el área del cilindro en el retorno con las ecuaciones 40, 41, 42:

$$Se = \frac{\pi}{4} * De^2 \quad (40)$$

$$Se = 0,786 * (25 \text{ mm})^2$$

$$Se = 491,25 \text{ mm}^2$$

$$Sr = \frac{\pi}{4} * Dv^2 \quad (41)$$

$$Sr = 0,786 * (10 \text{ mm})^2$$

$$Sr = 78,6 \text{ mm}^2$$

$$Sc = Se - Sr \quad (42)$$

$$Sc = (491,25 - 78,6) \text{ mm}^2$$

$$Sc = 412,65 \text{ mm}^2$$

Calcular la relación de compresión con la siguiente ecuación 43.

$$R_c = \frac{P_{atm} + P_{trabajo}}{P_{atm}} \quad (43)$$
$$R_c = \frac{1,013 \text{ bar} + 3 \text{ bar}}{1,013 \text{ bar}}$$
$$R_c = 3,96$$

Proceder a calcular el consumo de aire con la ecuación 39.

$$V = (491,25 \text{ mm}^2 + 412,4 \text{ mm}^2)(60 \text{ mm} * 3 \text{ ciclos/min}) * 3,96$$
$$V = 643943,5 \text{ mm}^3/\text{min}$$

3.10.3 Cálculo para el cilindro de empuje de productos

Datos:

- Masa de la pieza de empuje = 10 kg
- Masa de los productos total = 6 kg
- Masa total = 16 kg
- Presión de trabajo = 3 bar = 3×10^5 Pa

Desarrollo

Calcular el diámetro del cilindro de acuerdo a la ecuación 35. (MORÁN, 2008)

$$D = \sqrt{\frac{4 * Ft}{\pi * P}}$$

Dónde:

D = Diámetro del émbolo, en [mm]

Ft = Fuerza teórica, en [N]

P = Presión de trabajo, en [Pa]

Proceder a obtener la fuerza teórica partiendo de las masas establecidas con la ecuación 36.

$$W = m_t * g$$

Dónde:

W = Peso de las botellas

m_t = Masa total a vencer

g = Gravedad

$$W = 16 \text{ kg} * 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W_{\text{total}} = F_e = 156,8 \text{ N}$$

$$W_{\text{botella}} = 6 \text{ kg} * 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W_{\text{botella}} = F_e \text{ botella} = 58,8 \text{ N}$$

La fuerza efectiva que se necesita es 156,8 N, pero hay que tomar en cuenta que se debe restar el 10% de la fuerza de rozamiento, adquiriendo un rendimiento del 90% con la ecuación 37.

Dónde:

F_t = Fuerza teórica

F_e = Fuerza efectiva

F_r = Fuerza de rozamiento 10% (0,1)

$F_r \text{ bp}$ = Fuerza de rozamiento del plástico

μ = Coeficiente de rozamiento del plástico con la banda

$$F_e = F_t - F_r - f_r \text{ bp}$$

$$F_r = 0,1 * F_t$$

$$F_r \text{ bp} = \mu * 58,8$$

$$F_r \text{ bp} = 0,31 * 58,8$$

$$F_r \text{ bp} = 18,22$$

$$F_e = F_t - 0,1F_t - F_r \text{ bp}$$

$$F_e = 0,9F_t - F_r \text{ bp}$$

Despejar F_t de la ecuación 37:

$$F_t = \frac{F_e + f_r \text{ bp}}{0.9}$$

$$F_t = \frac{156.8 \text{ N} + 18,22}{0.9}$$

$$F_t = 175,02 \text{ N}$$

Remplazar la fuerza teórica en la ecuación 35:

$$D = \sqrt{\frac{4 * 175,02 \text{ N}}{\pi * 3 \times 10^5 \text{ Pa}}}$$

$$D = 0.02725 \text{ m} = 27 \text{ mm}$$

De acuerdo al diámetro obtenido proceder al catálogo para seleccionar el diámetro normalizado atendiendo a la fuerza neta normalizada.

Figura 23. Catálogo de diámetros de cilindros

Ø VASTAGO (mm)	Ø EMBOLO (mm)	FUERZA NETA a P= 3 bar (N)	LONGITUDES DE CARRERAS NORMALIZADAS (mm)
-	6	7	10,25,40,80
4	12	30	10,25,40,80,140,200
6	16	53	10,25,40,80,140,200,300
10	25	130	25,40,80,140,200,300
12	35	160	70,140,200,300
16	40	225	40,80,140,200,300
18	50	519	70,140,200,300
22	70	1018	70,140,200,300
25	100	2078	70,140,200,300
30	140	4073	70,140,200,300
40	200	8312	70,140,200,300
50	250	12988	70,140,200,300

Fuente: <http://goo.gl/Qci5p>

De acuerdo al catálogo se determina que nuestro diámetro de émbolo normalizado es de 40 m.

Datos del cilindro de empuje:

- Diámetro normalizado del émbolo = 40[mm]
- Diámetro del vástago = 16 [mm]
- Carrera = 300 [mm]

Proceder a realizar el cálculo del consumo de aire con la ecuación 38.

$$V = (S_e + S_c)(L * n) * R_c$$

Dónde:

V = Consumo de aire

Rc = Relación de compresión

Se = Área del cilindro del émbolo

L = Longitud de la carrera

Sc = Área del cilindro en el retorno

n = Número de ciclos por minuto $5 \frac{\text{ciclos}}{\text{minuto}}$

Sr = Área del cilindro del vástago

Calcular el área del cilindro en el avance y el área del cilindro en el retorno con las ecuaciones 40, 41,42.

$$Se = \frac{\pi}{4} * De^2$$

$$Se = 0,786 * (40 \text{ mm})^2$$

$$Se = 1257,6 \text{ mm}^2$$

$$Sr = \frac{\pi}{4} * Dv^2$$

$$Sr = 0,786 * (16 \text{ mm})^2$$

$$Sr = 201,22 \text{ mm}^2$$

$$Sc = Se - Sr$$

$$Sc = (1257,6 - 201,22) \text{ mm}^2$$

$$Sc = 1056,38 \text{ mm}^2$$

Calcular la relación de compresión con la ecuación 43:

$$Rc = \frac{Patm + Ptrabajo}{Patm}$$

$$Rc = \frac{1,013 \text{ bar} + 3 \text{ bar}}{1,013 \text{ bar}}$$

$$Rc = 3,96$$

Proceder a calcular el consumo de aire con la ecuación 39:

$$V = (1257,6 \text{ mm}^2 + 1056,38 \text{ mm}^2)(300 \text{ mm} * 5 \text{ ciclos/min}) * 3,96$$

$$V = 13745041,2 \text{ mm}^3/\text{min}$$

3.10.4 Cálculo para el cilindro de selladora – cortadora

Datos:

- Masa de la pieza de la cabeza selladora – cortadora = 10 kg
- Presión de trabajo = 3 bar = 3×10^5 Pa

Desarrollo

Calcular el diámetro del cilindro de acuerdo a la ecuación 35. (MORÁN, 2008)

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 * Ft}{\pi * P}}$$

Dónde:

D = Diámetro del émbolo, en [mm]

Ft = Fuerza teórica, en [N]

P = Presión de trabajo, en [Pa]

Proceder a obtener la fuerza teórica partiendo de las masas establecidas de la ecuación 36.

$$W = m_t * g$$

Dónde:

W = Peso de la pieza cabeza selladora - cortadora

m_t = Masa total a vencer

g = Gravedad

$$W = 10 \text{ kg} * 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W_{\text{total}} = F_e = 98 \text{ N}$$

La fuerza efectiva que se necesita es 98 N, pero hay que tomar en cuenta que se debe restar el 10% de la fuerza de rozamiento, adquiriendo un rendimiento del 90% con la ecuación 37.

Dónde:

Ft = Fuerza teórica

Fe = Fuerza efectiva

Fr = Fuerza de rozamiento 10% (0,1)

Fk = Resistencia del resorte

$$Fe = Ft - Fr - Fk$$

$$Fr = 0,1 * Ft$$

$$Fe = Ft - 0,1Ft - Fk$$

$$Fe = 0,9 Ft - Fk$$

Despejar Ft de la ecuación 37.

$$Ft = \frac{Fe + Fk}{0.9}$$

$$Ft = \frac{98 \text{ N} + 50 \text{ N}}{0.9}$$

$$Ft = 133 \text{ N}$$

Remplazar la fuerza teórica en la ecuación 35.

$$D = \sqrt{\frac{4 * 133 \text{ N}}{\pi * 3 \times 10^5 \text{ Pa}}}$$

$$D = 0.0237 \text{ m} = 24 \text{ mm}$$

De acuerdo al diámetro obtenido proceder al catálogo para seleccionar el diámetro normalizado atendiendo a la fuerza neta normalizada.

De acuerdo al catálogo se determina que nuestro diámetro de émbolo normalizado es de 35 mm.

Figura 24. Catálogo de diámetros de cilindros

Ø VASTAGO (mm)	Ø EMBOLO (mm)	FUERZA NETA a P= 3 bar (N)	LONGITUDES DE CARRERAS NORMALIZADAS (mm)
–	6	7	10,25,40,80
4	12	30	10,25,40,80,140,200
6	16	53	10,25,40,80,140,200,300
10	25	130	25,40,80,140,200,300
12	35	160	70,140,200,300
16	40	225	40,80,140,200,300
18	50	519	70,140,200,300
22	70	1018	70,140,200,300
25	100	2078	70,140,200,300
30	140	4073	70,140,200,300
40	200	8312	70,140,200,300
50	250	12988	70,140,200,300

Fuente: <http://goo.gl/Qci5p1>

Datos del cilindro de sellado y cortado:

- Diámetro normalizado del émbolo = 35 [mm]
- Diámetro del vástago = 12 [mm]
- Carrera = 200 [mm]

Proceder a realizar el cálculo del consumo de aire con la ecuación 38.

$$V = (S_e + S_c)(L * n) * R_c$$

Dónde:

V = Consumo de aire

R_c = Relación de compresión

S_e = Área del cilindro del émbolo

L = Longitud de la carrera

S_c = Área del cilindro en el retorno

n = Número de ciclos por minuto $3 \frac{\text{ciclos}}{\text{minuto}}$

S_r = Área del cilindro del vástago

Calcular el área del cilindro en el avance y el área del cilindro en el retorno con las ecuaciones 40, 41, 42.

$$S_e = \frac{\pi}{4} * D_e^2$$

$$S_e = 0,786 * (35 \text{ mm})^2$$

$$S_e = 962,85 \text{ mm}^2$$

$$S_r = \frac{\pi}{4} * D_v^2$$

$$S_r = 0,786 * (12 \text{ mm})^2$$

$$S_r = 113,18 \text{ mm}^2$$

$$S_c = S_e - S_r$$

$$S_c = (962,85 - 113,18) \text{ mm}^2$$

$$S_c = 849,66 \text{ mm}^2$$

Calcular la relación de compresión con la ecuación 43:

$$R_c = \frac{P_{atm} + P_{trabajo}}{P_{atm}}$$

$$R_c = \frac{1,013 \text{ bar} + 3 \text{ bar}}{1,013 \text{ bar}}$$

$$R_c = 3,96$$

Proceder a calcular el consumo de aire con la ecuación 38.

$$V = (962,85 \text{ mm}^2 + 849,66 \text{ mm}^2)(200 \text{ mm} * 3 \text{ ciclos/min}) * 3,96$$

$$V = 4306523,7 \text{ mm}^3/\text{min}$$

3.10.5 Cálculo para el cilindro de sujeción de productos

Datos:

- Masa de la pieza de sujeción: 15 kg
- Presión de trabajo: 3 bar = 3×10^5 Pa

Desarrollo

Calcular el diámetro del cilindro de acuerdo a la ecuación 35. (MORÁN, 2008)

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 * F_t}{\pi * P}}$$

Dónde:

D = Diámetro del émbolo, en [mm]

Ft = Fuerza teórica, en [N]

P = Presión de trabajo, en [Pa]

Proceder a obtener la fuerza teórica partiendo de las masas establecidas con la ecuación 36.

$$W = m_t * g$$

Dónde:

W = Peso de pieza de sujeción

m_t = Masa total a vencer

g = Gravedad

$$W = 15 \text{ kg} * 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W_{\text{total}} = F_e = 147 \text{ N}$$

La fuerza efectiva que se necesita es 147 N, pero hay que tomar en cuenta que se debe restar el 10% de la fuerza de rozamiento, adquiriendo un rendimiento del 90% con la ecuación 37.

Dónde:

Ft = Fuerza teórica

Fe = Fuerza efectiva

Fr = Fuerza de rozamiento 10% (0,1)

$$F_e = F_t - F_r$$

$$F_r = 0,1 * F_t$$

$$F_e = F_t - 0,1F_t$$

$$F_e = 0,9 F_t$$

Despejando Ft de la ecuación 37.

$$F_t = \frac{F_e}{0,9}$$

$$F_t = \frac{147 \text{ N}}{0.9}$$

$$F_t = 132,3 \text{ N}$$

Remplazando la fuerza teórica de la ecuación 4:

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 * 132,3 \text{ N}}{\pi * 3 \times 10^5 \text{ Pa}}}$$

$$D = 0.0236 \text{ m} = 23 \text{ mm}$$

De acuerdo al diámetro obtenido proceder al catálogo para seleccionar el diámetro normalizado atendiendo a la fuerza neta normalizada.

Figura 25. Catálogo de diámetros de cilindros

Φ VASTAGO (mm)	Φ EMBOLO (mm)	FUERZA NETA a P= 3 bar (N)	LONGITUDES DE CARRERAS NORMALIZADAS (mm)
–	6	7	10,25,40,80
4	12	30	10,25,40,80,140,200
6	16	53	10,25,40,80,140,200,300
10	25	130	25,40,80,140,200,300
12	35	160	70,140,200,300
16	40	225	40,80,140,200,300
18	50	519	70,140,200,300
22	70	1018	70,140,200,300
25	100	2078	70,140,200,300
30	140	4073	70,140,200,300
40	200	8312	70,140,200,300
50	250	12988	70,140,200,300

Fuente: <http://goo.gl/Qci5p1>

De acuerdo al catálogo se determina que nuestro diámetro de émbolo normalizado es de 35 mm.

Datos del cilindro de sujeción:

- Diámetro normalizado del émbolo = 35 [mm]
- Carrera = 100 [mm]

Proceder a realizar el cálculo del consumo de aire con la ecuación 38.

$$V = (S_e + S_c)(L * n) * R_c$$

Dónde:

V = Consumo de aire

Rc = Relación de compresión

Se = Área del cilindro del émbolo

L = Longitud de la carrera

Sc = Área del cilindro en el retorno

n = Número de ciclos por minuto $3 \frac{\text{ciclos}}{\text{minuto}}$

Sr = Área del cilindro del vástago

Calcular el área del cilindro en el avance y el área del cilindro en el retorno con las ecuaciones 40, 41,42.

$$Se = \frac{\pi}{4} * De^2$$

$$Se = 0,786 * (35 \text{ mm})^2$$

$$Se = 962,85 \text{ mm}^2$$

$$Sr = \frac{\pi}{4} * Dv^2$$

$$Sr = 0,786 * (19 \text{ mm})^2$$

$$Sr = 283,74 \text{ mm}^2$$

$$Sc = Se - Sr$$

$$Sc = (962,85 - 283,74) \text{ mm}^2$$

$$Sc = 679,1 \text{ mm}^2$$

Calcular la relación de compresión con la ecuación 43.

$$Rc = \frac{Patm + Ptrabajo}{Patm}$$

$$Rc = \frac{1,013 \text{ bar} + 3 \text{ bar}}{1,013 \text{ bar}}$$

$$Rc = 3,96$$

Proceder a calcular el consumo de aire con la ecuación 38.

$$V = (962,85 \text{ mm}^2 + 679,1 \text{ mm}^2)(100 \text{ mm} * 3 \text{ ciclos/min}) * 3,96$$

$$V = 1950641,3 \text{ mm}^3/\text{min}$$

3.11 Selección de la unidad de mantenimiento (FRL)


La unidad de mantenimiento es esencial e imprescindible para el correcto funcionamiento de los sistemas neumáticos ayuda a regular, lubricar y filtrar las impurezas para así tener un flujo de aire en óptimas condiciones de trabajo.

3.11.1 Parámetros de selección:

- Para la selección de la unidad es importante saber el caudal total de aire.
- La presión de trabajo no debe superar los valores indicados en la unidad.
- La temperatura no debe exceder de los 50°C.

Seleccionaremos una FRL a la cual podamos regular a una presión de trabajo de 0.5 a 7 bares.

Figura 26. Unidad de mantenimiento

Tipo.....	Unidades FRL de tratamiento del aire, filtro-regulador más lubricador, con cuerpos y vasos plásticos (conexiones con insertos metálicos), con bloqueo en el regulador	
Posición de trabajo.....	Vertical, con los vasos hacia abajo	
Temperaturas.....	0...50 °C (32...122 °F)	
Poder filtrante	Standard 25µ (opcional 5µ)	
Presión de trabajo	Standard: 0,5...8 bar (8...116 psi) Opcional: 0,5...4 bar (8...58 psi)	
Drenaje condensados.....	Manual (opcional semiautomático por caída de presión)	
Conexiones.....	G 1/8" y G 1/4"	
Capacidad condensados	22 cm ³ (0,74 oz.)	
Capacidad de aceite.....	35 cm ³ (1,18 oz.)	
Aceites recomendados...	ISO VG 32 - SAE 10	
Manómetro	Ø 40 mm 1/8", incluido con las unidades	
Accesorios y repuestos ..	Ver página 6.7.1.1	

Fuente: <http://goo.gl/hgSDWc>

3.12 Accesorios neumáticos

3.12.1 Manguera plástica. Son ampliamente usadas en sistemas neumáticos para transferir fluido de aire, para la instalación utilizaremos manguera de diámetro 1/4".

El programa de festo abarca una gama extensa de accesorios neumáticos para que los montajes sean fáciles y sencillos y de acuerdo a nuestra necesidades hemos procedido a seleccionar racords, unión tee y silenciadores.

3.13 Selección de electroválvulas

De acuerdo al sistema electroneumático y los actuadores seleccionados se determinó utilizar electroválvulas de distribución 5/2 monoestable con una solenoide de 110V de corriente alterna y retorno por muelle, que es la que más se ajusta al trabajo requerido para el sistema termoretráctil.

Figura 27. Electroválvula 5 /2



Fuente: Autores

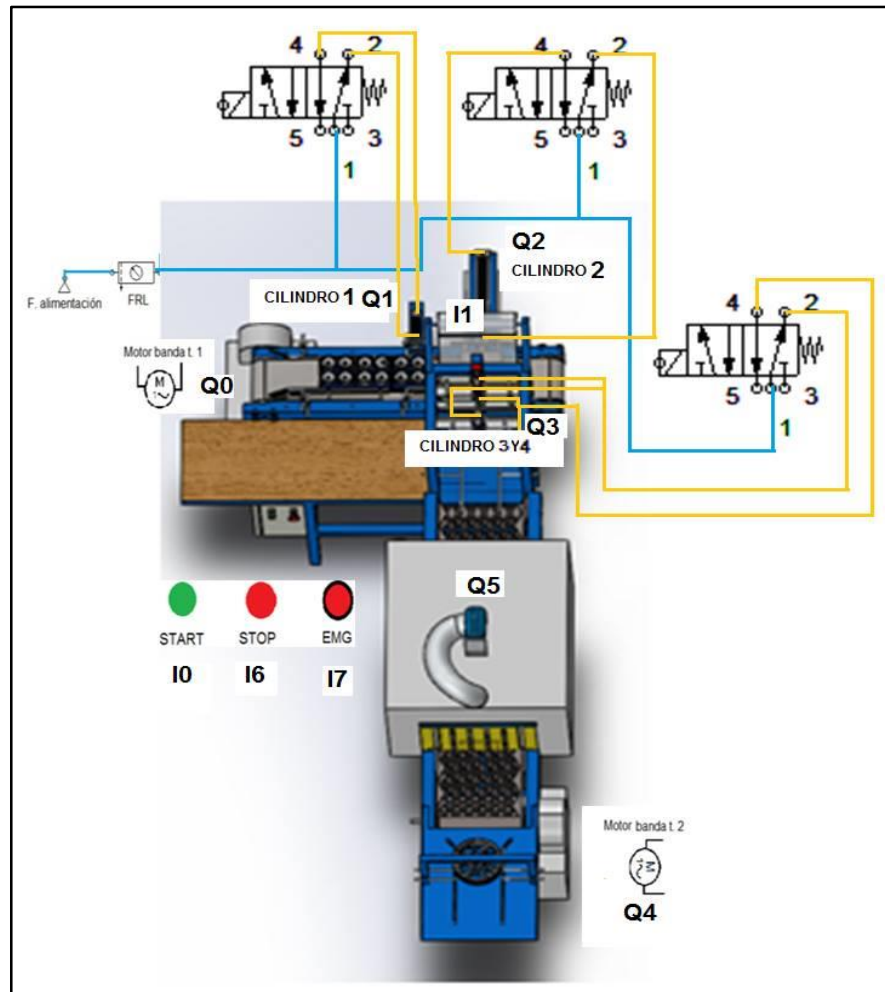
3.14 Selección del controlador lógico programable (PLC)

Según las características del módulo interactivo del sistema termoretráctil se requiere utilizar de un controlador lógico programable con 4 entradas (I) y 6 salidas (Q) necesarias para cumplir el proceso termoretráctil, razón por la cual se procede a seleccionar un PLC S7-1200 AC/DC/RELE principalmente con las siguientes características:

- Alimentación con corriente alterna 110V/220V
- Entradas 24 VCD
- Salidas tipo relé 110V/220V
- Memoria interna de 50 Kb
- Entradas (I) : 8

- Salidas (Q) : 6

Figura 28. Circuito electroneumático



Fuente: Autores

Tabla 15. Entradas / salidas

ENTRADAS		
1	I ₀	Pulsador de la primicia del proceso
2	I ₁	Sensor fotoeléctrico
3	I ₆	Pulsador parada
4	I ₇	Pulsador parada de emergencia
SALIDAS		
1	Q ₀	Motor banda transportadora 1
2	Q ₁	Cilindro neumático 1
3	Q ₂	Cilindro neumático 2
4	Q ₃	Cilindro neumático 3 y 4
5	Q ₄	Motor banda transportadora 2 venterol – ventilador
6	Q ₅	Caja térmica

Fuente: Autores

3.15 Selección de cortinas

En este punto las cortinas no permiten la fuga de calor concentrado en la cámara termoretráctil, dando con una alternativa para evitar la fuga con cortinas teflonadas, que es de un material térmico resistentes a las altas temperaturas que alcanza el túnel termoretráctil.

Figura 29. Cortinas de teflón

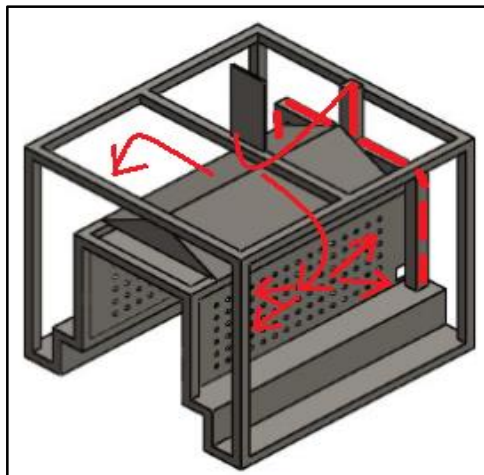


Fuente: <http://goo.gl/1Et1Bf>

3.16 Cálculo de circulación de aire

La magnitud de aire está a la dependencia de diversos factores como son: el diámetro de salida, la forma de las paletas, la velocidad en rpm, la potencia en CV del motor. El ventilador tiene una capacidad que se mide en pies cúbicos por minuto (CFM).

Figura 30. Circulación del aire



Fuente: Autores

3.16.1 Cálculos para cuantificaciones del aire. Para la determinación del cálculo vamos a partir de los siguientes datos:

- Temperatura necesaria de la cámara térmica = 225 °C

Con el dato de la temperatura requerida en la cámara térmica necesitamos transformar a grados Fahrenheit.

$$\begin{aligned} \text{°F} &= 9/5 * 225 \text{ °C} + 32 \\ \text{°F} &= 9/5 * 225 \text{ °C} + 32 = 437 \text{ °F} \end{aligned} \tag{44}$$

Con la temperatura seleccionada nos guiamos a la tabla y miramos el valor del Factor de elevación de temperatura.

437 °F = 450 °F de acuerdo a la tabla.

Tabla 16. Factor de elevación de temperatura

Amt. of Air CFM	Temperature Rise (°F)											
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	
100	1,7	3,3	5	6,7	8,3	10	11,7	13,3	15	16,7	20	
200	3,3	6,7	10	13,3	16,7	20	23,3	26,7	30	33,3	40	
300	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	
400	6,7	13,3	20	26,7	33,3	40	46,7	53,3	60	66,7	80	
500	8,3	16,7	25	33,3	41,7	50	58,3	66,7	75	83,3	100	
600	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	
700	11,7	23,3	35	46,7	58,3	70	81,7	93,3	105	116,7	140	
800	13,3	26,7	40	53,3	66,7	80	93,3	106,7	120	133,3	160	
900	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	180	
1000	16,7	33,3	50	66,7	83,3	100	116,7	133,3	150	166,7	200	
1100	18,3	36,7	55	73,3	91,7	110	128,3	146,7	165	183,3	220	
1200	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	240	

Fuente: <http://goo.gl/yC9hbx>

En la tabla se puede apreciar que de acuerdo a la temperatura nos dictamina también lo CFM, para lo cual tomaremos el valor más bajo porque el aire está en constante recirculación para evitar caídas de temperatura.

En el cálculo se obtiene una temperatura de 450 °F para lo cual el parámetro de CFM tenemos un valor adimensional que es 15.

De acuerdo con estos datos se puede determinar la potencia del motor que se necesita para mover dicha cantidad de aire, para lo cual se tiene la siguiente ecuación.

$$kW = \frac{CFM * \text{elevación de temperatura}}{3000} \quad (45)$$

Dónde:

CFM = Pies cúbico por minuto de aire

kW = Potencia del motor

15 = Elevación de temperatura

3000 = Valor constante

$$kW = \frac{100 * 15}{3000} = 0.5kW = 500W = 0.67Hp$$

De acuerdo a las especificaciones del fabricante vamos a ocupar un venterol de $\frac{3}{4}$ Hp de la marca electric blower a 110 V con un rango de 3000 - 3600 rpm.

3.17 Selección del sensor fotoeléctrico

Para la selección del sensor del módulo interactivo se basa en la necesidad y funcionalidad del sistema, el sensor fotoeléctrico es un dispositivo eléctrico que responde a la emisión de una luz infrarroja, esta luz al no ser visible lo hace inmune a la luz ambiental, se lo conoce también como un seleccionador de objetos.

El sensor requerido tiene las siguientes características:

- Fuente de luz infrarroja
- Rango hasta 900 mm
- Voltaje: 24 V

3.18 Análisis térmico de la caja termoretráctil

Para iniciar el análisis térmico de la caja termoretráctil se tiene que efectuar un balance de energía:

$$\text{Energía de carga} + \text{Energía por pérdidas} = \text{Energía de aire}$$

Procediendo a fraccionar dicho balance de energía para Δt , lo cual tenemos:

$$Q \text{ carga} + Q \text{ pérdidas} = Q \text{ aire} \quad (46)$$

Calor transmitido al producto

El calor necesario para exaltar cada uno de los componentes de carga de acuerdo a la ecuación 47, que van a ingresar a la caja térmica estarán:

$$Q = m C_p (T_s - T_e) \quad (47)$$

Dónde:

m = Flujo de masa del producto

C_p = Calor específico [J/kg °K]

T_s = Temperatura de salida [°C]

T_e = Temperatura de entrada [°C]

Asumiendo las propiedades del agua para el líquido que está contenido en el interior del envase, la carga del producto de dimensión más grande está formada por:

- Líquido
- Envase del producto
- Plástico termoencogible, en el mercado podemos encontrar diferentes tipos y de plásticos termoencogibles como: poliolefina termoencogible, PVC, poliuretano.

Siendo una temperatura de contracción de 65 °C a un tiempo de 25 segundos.

Carga

Los productos que vamos analizar son botellas que se toma como una figura cilíndrica con las dimensiones siguientes:

- Altura 150 mm
- Diámetro 50 mm

La temperatura al principio del túnel termoencogible con todos los elementos es de 25 a 30 °C.

Para el cálculo de la masa de los elementos citados se tiene los siguientes datos:

- Película poliuretano termoencogible: El espesor 30 micras, con un alto de la botella de 0,15 m, un diámetro de 0,05 m y una densidad de 1350 kg/m³.

$$m = \rho * V \quad (48)$$

$$m = 1350 \text{ kg/m}^3 (\pi * 0.05 \text{ m} * 3 \times 10^{-5} \text{ m} * 0.15 \text{ m})$$

$$m = 7.068 \times 10^{-7} \text{ kg/botella}$$

Para establecer la masa de salida se tiene que el total de producción necesaria es de 30 botellas/minuto a la razón que se tiene los siguientes datos:

$$m_{\text{Total}} = m * \text{producción requerida} \quad (49)$$

$$m_{\text{Total}} = 7.068 \times 10^{-7} \text{ kg/botella} * 30 \text{ botellas/min} * 1 \text{ min}/60 \text{ s}$$

$$m_{\text{Total}} = 3.534 \times 10^{-7} \text{ kg/s de película poliuretano termoencogible}$$

- Botellas de PET (polietileno de tereftalato): un espesor de 0,4 mm, el alto de 0,15 m, un diámetro de 0,05 m y una densidad de 1380 kg/m³.

$$m = \rho * V$$

$$m = 1380 \text{ kg/m}^3 (\pi * 0.05 \text{ m} * 4 \times 10^{-4} \text{ m} * 0.15 \text{ m})$$

$$m = 1.3 \times 10^{-2} \text{ kg/botella}$$

Reiterando el cálculo del total de la producción por minuto tenemos que:

$$m_{\text{Total}} = m * \text{producción requerida}$$

$$m_{\text{Total}} = 1.3 \times 10^{-2} \text{ kg/botella} * 30 \text{ botellas/min} * 1 \text{ min}/60 \text{ s}$$

$$m_{\text{Total}} = 6.503 \times 10^{-3} \text{ kg/s de polietileno de tereftalato}$$

- El líquido a utilizar: Son botellas de 0,25 litros con una densidad de 1000 kg/m^3

$$m = \rho \times V$$

$$m = 1000 \text{ kg/m}^3 * 0,25 \text{ litros} * 1 \text{ m}^3 / 1000 \text{ litros}$$

$$m = 0.25 \text{ kg/botella}$$

De la misma forma haciendo el cálculo anterior del total de la producción por minuto se tiene:

$$m_{\text{Total}} = m * \text{producción requerida}$$

$$m_{\text{Total}} = 0.25 \text{ kg/botella} * 30 \text{ botellas/min} * 1 \text{ min}/60 \text{ s}$$

$$m_{\text{Total}} = 0.125 \text{ kg/s de agua}$$

Se debe tener en cuenta que el envase o botella no está en su totalidad llena de agua, sino que también tenemos gas en el interior del envase, siendo este gas cualquiera que sea lo asumirá con las propiedades del aire.

- Gas: El volumen del líquido que está en el interior de la botella que son $0,00025 \text{ m}^3$, El alto de la botella $0,15 \text{ m}$, con un diámetro de $0,05 \text{ m}$ y una densidad de 1.1614 kg/m^3 .

$$H_{\text{AGUA}} = \frac{4V}{\pi * D^2} \quad (50)$$

$$H_{\text{AGUA}} = \frac{4 (0,00025 \text{ m}^3)}{\pi * (0,05 \text{ m})^2}$$

$$H_{\text{AGUA}} = 0,1273 \text{ m}$$

$$H_{\text{AIRE}} = H_{\text{TOTAL}} - H_{\text{AGUA}} \quad (51)$$

$$H_{\text{AIRE}} = 0.15 \text{ m} - 0.1273 \text{ m}$$

$$H_{\text{AIRE}} = 0.0226 \text{ m}$$

Conociendo la altura de ocupa el gas en la botella podemos calcular la masa:

$$m = \rho * V$$

$$m = 1.1614 \text{ kg/m}^3 * \left(\frac{0.0226m * \pi (0.05m)^2}{4} \right)$$

$$m = 5.153 \times 10^{-5} \text{ kg/botella}$$

Para determinar el total másico de la producción que requerimos es de 30 botellas/minuto, para lo cual tenemos:

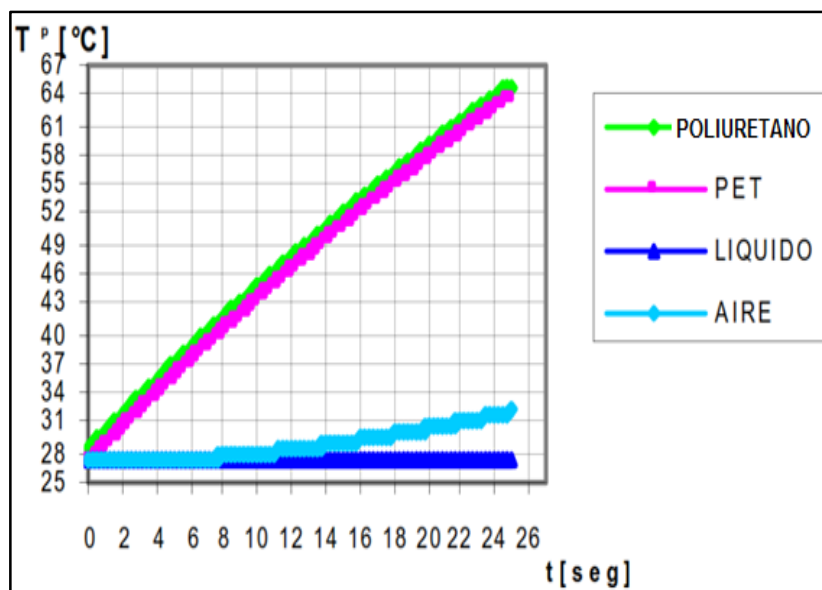
$$m_{\text{Total}} = m * \text{producción requerida}$$

$$m_{\text{Total}} = 5.153 * 10^{-5} \text{ kg/botella} * 30 \text{ botellas/min} * 1\text{min}/60\text{s}$$

$$m_{\text{Total}} = 2.5768 \times 10^{-5} \text{ kg/s de aire}$$

A continuación se representa una gráfica de la variación de temperatura de la carga para un mejor entendimiento.

Figura 31. Distribución de temperatura



Fuente: Incropera Frank P, Fundamentos de Transferencia de Calor, Cuarta Edición, Prentice Hall, México1996

Entonces tenemos las temperaturas finales aproximadamente de cada elemento de la carga y éstas son:

$$T_s - \text{Película} = 65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_s - \text{Botella} = 63 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_s - \text{Aire} = 32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_s - \text{Agua} = 27 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Para efectuar con el objetivo planteado la temperatura ideal de los gases dentro de la cámara termoencogible es de 225 °C.

Se procede a calcular el calor necesario con la ecuación 53.

Dónde:

Q = masa total

C_p = Calor específico

T_s = Temperatura de salida

T_e = Temperatura de entrada

$$Q = m (T_s - T_e) \quad (52)$$
$$Q_{\text{Película}} = (3.534 \times 10^{-7} \text{ kg/s}) * 1200 \text{ J/kg K} * (65^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$
$$Q_{\text{Película}} = 0.0170 \text{ W}$$
$$Q_{\text{Botella}} = (6.503 \times 10^{-3} \text{ kg/s}) * 1250 \text{ J/kg K} * (63^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$
$$Q_{\text{Botella}} = 308.89 \text{ W}$$
$$Q_{\text{Aire}} = (2.5768 \times 10^{-5} \text{ kg/s}) * 1007 \text{ J/kg K} * (32^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$
$$Q_{\text{Aire}} = 0.1816 \text{ W}$$
$$Q_{\text{Agua}} = (0.125 \text{ kg/s}) * 4179 \text{ J/kg K} * (27^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})$$
$$Q_{\text{Agua}} = 1044.75 \text{ W}$$

Por consiguiente se tiene que:

$$Q_{\text{Carga}} = 0.0170 \text{ W} + 308.89 \text{ W} + 0.1816 \text{ W} + 1044.75 \text{ W} \quad (53)$$
$$Q_{\text{Carga}} = 1353.8386 \text{ W}$$

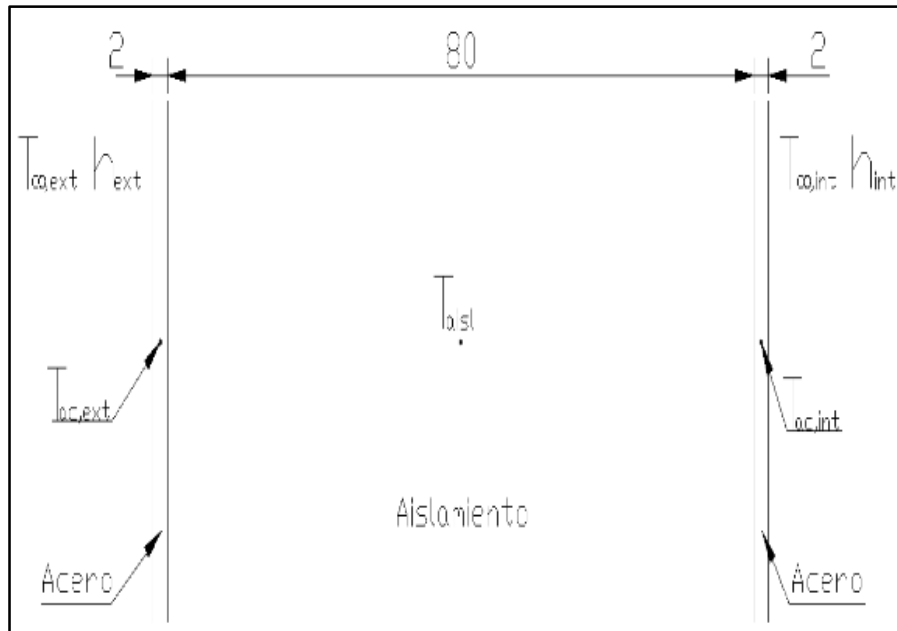
Pérdidas por paredes y por extremos del túnel térmico

Para determinar los cálculos de pérdidas por conducción se debe establecer lo siguiente:

- No hay generación de energía
- El calentador interno está constituido por una plancha de acero galvanizada ASTM A 653 CS de espesor de 2 mm.

- Aislamiento de fibra de vidrio de 80 mm.
- El calentador externo está constituido por una plancha de acero galvanizada ASTM A 653 CS de espesor de 2 mm.

Figura 32. Composición de la pared



Fuente: Incropera Frank P, Fundamentos de Transferencia de Calor, Cuarta Edición, Prentice Hall, México 1996

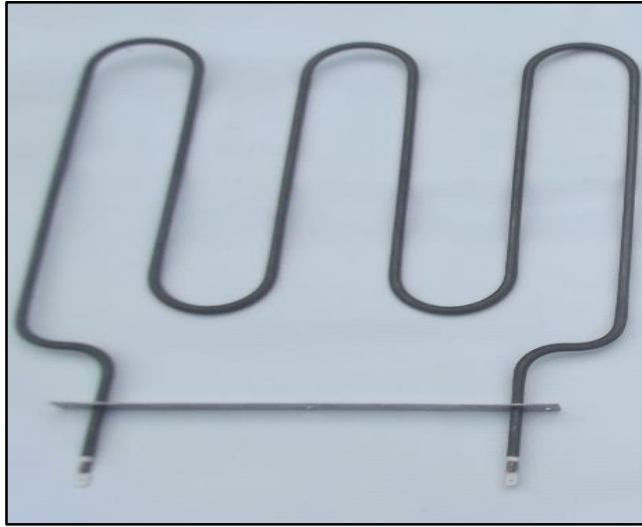
La temperatura comprendida en el exterior del túnel termoretráctil será (25 °C – 32 °C).

3.19 Selección de las resistencias térmicas

Para la selección de las resistencias eléctricas a usar en nuestro sistema termoretráctil usaremos resistencias onduladas para soportes de gancho ya conseguimos una elevada potencia, se emplean en varillas de 5 a 8 mm de diámetro la temperatura máxima a soportar es de 1050 °C ya que son varilla aleadas de Ni- Cr de 1200 W.

La resistividad de las resistencias la cual procedimos a seleccionarlas ya que el sistema o cámara de termoencogido contamos en su interior con una Termocupla que es compone el control de temperatura, para la seguridad de las resistencias y para el equilibrio de temperatura necesaria requerida por el túnel de termoencogido que es de 225 °C para el encogido del plástico termosensible cumpla las especificaciones para su empacado final.

Figura 33. Resistencia térmica



Fuente: <http://goo.gl/obiRnt>

CAPÍTULO IV

4. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL MÓDULO INTERACTIVO DEL SISTEMA TERMORETRÁCTIL

4.1 Introducción

El sistema mecánico del módulo interactivo nos ayudara a comprender fundamentalmente el funcionamiento de todos sus componentes y dispositivos con el que está conformado, así como también las dimensiones adecuadas, para cumplir una buena didáctica y un correcto funcionamiento en el proceso.

4.2 Descripción general del módulo interactivo

El modulo interactivo está conformado de la siguiente manera:

1. Sistema transportador de productos (banda de caucho).
2. Selladora – cortadora.
3. Sistema transportador de productos (banda de metal).
4. Túnel termoretráctil.
5. Tablero de control.

A continuación se identifica las partes en la siguiente figura:

4.3 Sistema transportador

Está diseñado y construido totalmente en perfil de acero, el cual permite la transportación de los productos.

Los dos sistemas transportadores, están formado por los siguientes elementos: base de soportes, chumaceras, rodillos, banda transportadora (caucho – metal), guías de deslizamiento, motor y caja reductora de velocidad.

El sistema de transportación de la banda de caucho, funciona de manera conjunta con un sensor fotoeléctrico, que al ser activado permite separar los productos mediante un cilindro de retención, mientras que el otro cilindro empuja conjuntamente con el plástico termoretráctil a la selladora. Siendo la entrada la parte donde se ubica el motor y la caja reductora de velocidad y la salida el cilindro neumático 2 que empuja conjuntamente el plástico termoretráctil a la selladora.

De igual manera el sistema de transportación de la malla metálica funciona de acuerdo a la lógica de la programación utilizada, aquí los productos son empujados a malla metálica por acumulación de productos, siendo la entrada el lugar donde son empujados los productos y la salida la parte del ventilador el cual enfría el plástico termoretráctil adherido a los productos.

Figura 34. Descripción general del módulo del sistema termoretráctil



Fuente: Autores

4.3.1 Bases del soporte del módulo interactivo. Las bases de soporte del módulo están hechas en perfil cuadrado de acero de 1^{1/2} pulgadas x 1,5 mm de espesor, con las patas vistas, sirven de soporte al montaje de los diferentes elementos.

Figura 35. Bases del soporte



Fuente: Autores

4.3.2 Bastidor. Están hechos en perfil de acero en C de 4” pulgadas de alto x 1^{1/2}” pulgadas de ancho y espesor 1,5 mm, soldadas a las bases de soporte del módulo.

El bastidor servirá para montar y fijar los elementos mecánicos los cuales permitirán que la banda transportadora se deslice.

4.4 Banda transportadora de caucho

Sirve de transporte a los diferentes productos a lo largo del proceso. La banda transportadora es de caucho polipropileno para impedir el desgaste y el agrietamiento por tensión con el movimiento continuo, tiene una distancia entre ejes de 110 cm, 17 cm de ancho y espesor de 2 mm.

4.4.1 Rodillos metálicos. Los rodillos están contruidos en tubo redondo de acero de 18 cm de largo y diámetro 8,6 cm, el primero fijo y el segundo móvil, permitiéndole tener un ajuste correcto a la banda transportadora, el primero fijo y el segundo móvil.

4.5 Guías de direccionamiento y transportación

Están hechas en varilla de acero, las cuales permitirán orientan los productos desde que son ubicados a la entrada y salida del sistema. Las bases de las guías están soldadas a la estructura del bastidor, además están roscadas con un machuelo 5/16, en estas son ubicados pernos tipo mariposa que permiten regular las guías de direccionamiento para los distintos productos y diferentes necesidades.

4.6 Sistema de retención

Este sistema se compone de un sensor fotoeléctrico y de un cilindro neumático, este sistema permitirá separar los productos a la entrada de la selladora, el sensor manda una señal al PLC para que se active el cilindro separador de productos, impidiendo de esta forma que exista un estancamiento y se tengan fallas en el proceso de sellado y corte del plástico termoretráctil.

Figura 36. Sistema de retención



Fuente: Autores

4.6.1 *Sensor fotoeléctrico.* El sensor fotoeléctrico que se utilizara, es un BEN 5M-MAR, acoplado al bastidor, su función es detectar la presencia de productos y enviar una señal al PLC, el cual accionara el cilindro neumático, permitiéndole realizar la separación de los productos.

4.6.2 *Cilindro neumático.* El cilindro neumático utilizado es de doble efecto con una carrera normalizada de 60 mm, acoplado a una base metálica soldada a la estructura, el cilindro permite realizar la retención de los productos, permitiendo la separación física de los mismos.

4.7 Selladora – cortadora

El proceso de embalado sellado y corte comienza cuando el cilindro neumático 2 con una carrera de 300 mm, se activa y empuja los productos hacia la selladora - cortadora, conjuntamente estos con el plástico termoretráctil, terminada la carrera del cilindro se activan los cilindros neumáticos 3 y 4, el tercero con una carrera de 200 mm se encarga

de embalar, sellar y cortar el plástico termoencogible, ya que a este se encuentra acoplado la cabeza selladora - cortadora y el cuarto con una carrera de 100 mm se encarga de sostener los productos para que no tienda a caer o desviarse por el embalado, sellado y corte.

El sellado y corte del plástico termoencogible se logra por la combinación del calor emitido por la niquelina, ubicada en la base de la selladora - cortadora y la presión que ejerce la cabeza selladora - cortadora que esta acoplada al cilindro neumático 3.

La unión que es por un periodo de tiempo está fijado por un temporizador que es ajustable, suaviza el plástico termoencogible cortándole y sellándole. Después de que los materiales se enfrían, estos pueden ser fácilmente separados.

La cabeza selladora - cortadora está compuesta de una base de aluminio la cual contiene un fomix cuadrado de teflón protegido con una mica aislante de nylon y la niquelina que esta sobrepuesta a la base de la selladora – cortadora se encuentra recubierta también de una mica aislante de nylon que protege que el plástico se adhiera a la niquelina.

La selladora – cortadora contiene un transformador el cual convierte la energía eléctrica alterna de cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión.

Figura 37. Selladora – cortadora



Fuente: Autores

4.7.1 Carretes metálicos. La función del tambor es almacenar el plástico termoretráctil, los rebordes de sus lados son autoajustables dependiendo del tipo de material que se utilice y sirven para evitar el descarrilamiento del mismo.

4.8 Banda transportadora de metal

La banda transportadora está fabricada de malla de acero galvanizado, tiene una distancia de 140 cm entre ejes y 32,8 cm de ancho y espesor 3 mm. El movimiento de la malla metálica se produce por medio de correas de transmisión.

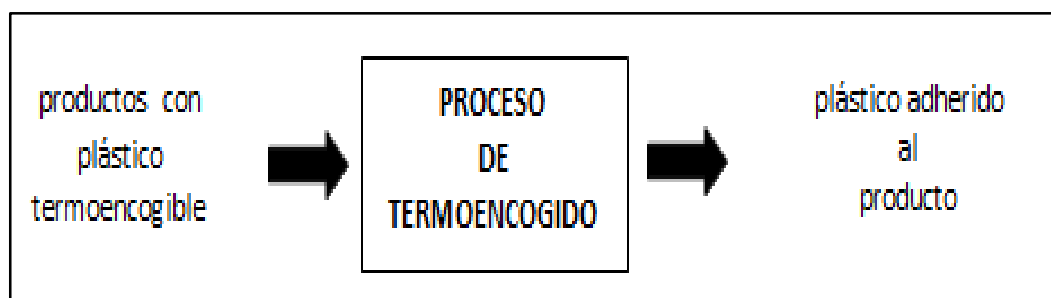
4.8.1 Rodillos metálicos. Los rodillos están construidos en tubo redondo de acero de 328 mm largo y diámetro 90 mm, el primero fijo y el segundo móvil, permitiéndole tener un ajuste correcto a la banda transportadora.

4.9 Túnel termoretráctil

Es el sitio donde se producirá el proceso de termofijado de los productos, efecto de la generación de aire caliente producido por las resistencias eléctricas y el aire emitido por un venterol eléctrico.

El proceso del túnel termoretráctil constituye a su entrada de productos sobrepuestos de plástico termoencogible y a la salida se obtiene el plástico adherido al producto.

Figura 38. Proceso del túnel termoretráctil



Fuente: Autores

Dicho túnel está formado por elementos internos y externos, tales como: estructura, cámara, ductos de ventilación y recirculación de aire, deflector, venterol resistencias eléctricas, asilamiento, cubierta exterior, cortinas y controlador de temperatura.

4.9.1 Estructura del túnel termoretráctil. La estructura del túnel termoretráctil está sujeta por pernos autoroscantes al bastidor del módulo.

Está diseñada de tal forma que permite sujetar elementos internos y externos encargados del proceso de termofijado, construidos en tubo cuadrado de acero de 1" x 2 mm de espesor y soldados.

Figura 39. Estructura del túnel termoretráctil



Fuente: Autores

4.9.2 Cámara de termoencogido. Diseñada y construida al interior de la estructura, en perfil de tubo cuadrado de 1" x 2 mm de espesor, forrada de láminas de acero galvanizado de 2mm de espesor, estas se sujetan con pernos triple pato alrededor del borde del tubo.

La cámara de termoencogido es el sitio donde se origina el proceso termoretráctil, por la circulación de aire caliente que fluye al interior de la cámara, dicho aire choca longitudinal y tangencialmente al deflector y este guía a las grillas, las cuales permiten que el aire salga al exterior e impacte el film termoretráctil, se contraiga y se produzca el termoencogido de los productos.

4.9.3 Ducto de recirculación de aire. Están contruidos en perfil de tubo cuadrado de 1^{1/2}" x 1,5 mm de espesor, tienen como objetivo absolver el aire generado por el venterol una y otra vez, haciendo circular hasta que se apague el sistema, es decir ayuda de esta forma a conservar una temperatura homogénea dentro de la cámara de termoencogido.

4.9.4 *Ducto de ventilación de aire.* Está construido en perfil de tubo redondo de \varnothing 2” y 2 mm de espesor, tiene por objetivo distribuir el aire generado por el venterol al interior de la cámara de termoencogido.

Está ubicado a la salida del venterol guiando el aire hacia el deflector, y este direccionara el aire a las cuatro resistencias eléctricas conectadas en paralelo para general aire caliente y salir por las grillas produciendo el proceso de termoencogido.

4.9.5 *Venterol.* El venterol utilizado es de marca blower, es un dispositivo mecánico que sirve para mover aire mediante el uso de paletas o álabes.

Sirve para desplazar el aire por el ducto de ventilación a la cámara de termoencogido, donde el deflector guiara el aire hacia las resistencias produciéndose aire caliente en el interior y direccionando a las grillas donde se provocará el proceso de termoencogido del plástico termoretráctil.

Figura 40. Venterol



Fuente: Autores

4.9.6 *Deflector.* Construido en lámina de acero galvanizado de 2 mm de espesor, tiene una inclinación que sirve para el direccionamiento de aire, ya que el ducto de ventilación conecta directamente con este, proporcionando una correcta distribución de caudal de aire y disminuyendo las pérdidas por choque de aire al repartir el aire por ambos lados.

4.9.7 Resistencias eléctricas. El túnel termoretráctil posee cuatro resistencias para conservar una temperatura óptima de trabajo y proporcionar el calor necesario para el proceso de termoencogido, posee dos resistencias tipo m de 1200 watts y dos de 600 watts tubulares, todas estas conectadas en paralelo las mismas que se encuentran ubicadas en el interior de la cámara de termoencogido, alimentadas a una fuente de energía de 110 V.

4.9.8 Controlador de temperatura. El controlador de temperatura analógico modelo Rainbow 0 °C - 320 °C, nos ayudara a controlar y regular la temperatura de trabajo. La perilla manual del controlador nos permite intuir la temperatura a la que se encuentra sometidas las resistencias eléctricas al interior del túnel termoretráctil.

Figura 41. Controlador de temperatura



Fuente: Autores

4.9.9 Aislamiento. El material aislante que se utilizo es lana de vidrio aluminizada de 1^{1/2}” de espesor, envuelve toda el área exterior de la caja, utilizada para mantener una temperatura máxima de 36 °C al exterior y ayudar a conservar la temperatura en la parte activa del túnel.

Figura 42. Aislamiento



Fuente: Autores

4.9.10 Cubierta exterior. Construidas en láminas de acero galvanizado de 2 mm de espesor, permite cubrir la estructura del túnel termoretráctil, las tapas laterales están sujetadas con tornillos triple pato a las bases y las tapas frontales con remaches, permitiendo sujetar estas de forma permanente.

4.9.11 Cortinas. Las cortinas se encuentran colocadas a la entrada y salida del túnel, capaces de aislar el frío del exterior y permitir que se produzcan caídas drásticas de temperatura al interior del túnel.

4.9.12 Tablero de control. El gabinete metálico utilizado tiene las siguientes dimensiones (40 cm alto x 30 cm ancho x 20 cm profundidad), sujetado con pernos hexagonales rosca gruesa a la estructura, contiene al interior dispositivos de protección y mando que sirven para operar el sistema de forma conjunta o fraccionada.

4.10 Elementos externos del tablero de control

4.10.1 Luz piloto. Es una luz que nos muestra la condición del sistema cuando ha sido activado, en este caso estará encendida al momento de que la caja termoretráctil comience a funcionar.

Figura 43. Luz piloto



Fuente: <http://goo.gl/uzXuzv>

4.10.2 Pulsador on. Un pulsador es un dispositivo eléctrico que permite el paso de corriente mientras sea accionado, La función del pulsador on es encender por completo el circuito del sistema termoretráctil.

Figura 44. Pulsador on



Fuente: <http://goo.gl/rySdw2>

4.10.3 Pulsador off. La función del pulsador de parada off es detener el sistema excepto el túnel termoretráctil.

Figura 45. Pulsador off



Fuente: Autores

4.10.4 Pulsador de emergencia tipo hongo. Su función es brindar seguridad ante imprevistas fallas en el proceso o inconvenientes al momento de operar, al momento de pulsar inmediatamente desenergizara y parara todo el sistema termoretráctil.

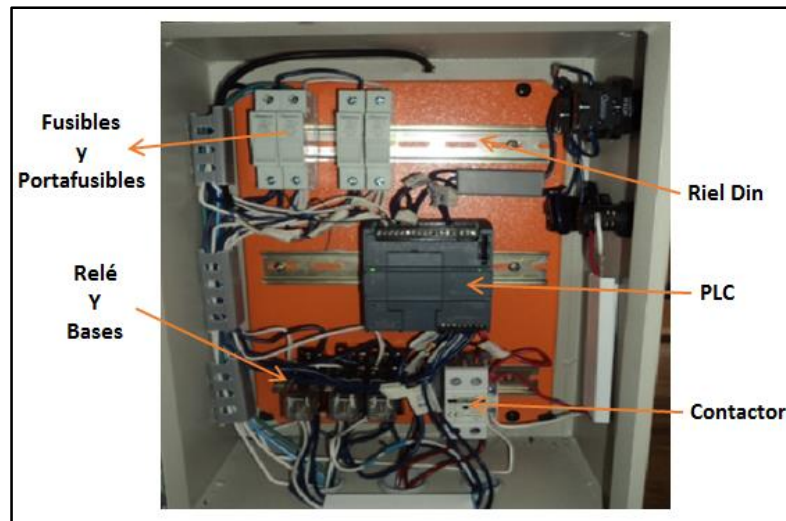
Figura 46. Pulsador tipo hongo



Fuente: <http://goo.gl/YMO6QH>

4.11 Elementos internos del tablero de control

Figura 47. Elementos internos del tablero de control



Fuente: Autores

4.11.1 *Riel DIN.* El Riel DIN es una barra metálica que sirve para el montaje de los dispositivos eléctricos con la ventaja de un desmontaje rápido y sencillo.

4.11.2 *PLC.* El controlador lógico programable que se utilizó es un CPU 1212 AC/DC RELE, consta de 6 entradas y 8 salidas necesarias para la programación del sistema termoretráctil.

4.11.3 *Fusibles y portafusibles.* Los fusibles son dispositivos eléctricos, que se utilizan para la protección de sobrecargas o cortocircuitos al sistema, conjuntamente incluido en un cartucho fusible removible en una base o soporte fusible.

Los fusibles tienen como principal objetivo proteger a los distintos elementos eléctricos de sobre intensidades de corriente, cortocircuitos, lo cual dañan o afectan los equipos eléctricos.

Para esto el fusible desactivará el paso de corriente si excede la corriente permitida de trabajo.

- Para la protección de los motores usamos un fusible de 25A.
- Para la protección de las electroválvulas usamos un fusible 2A.

4.11.4 Bases y relé. El relé es un dispositivo electromecánico, que sirve como un interruptor el cual es controlado por un circuito electrónico en el que por medio de una bobina y un electroimán se acciona un juego de contactos que permite abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

Tienen un zócalo con separación, las cuales ayudan a montar el cableado de manera sencilla y fácil. (Wikipedia, 2014)

Midiendo el amperaje de los motores eléctricos se tiene un consumo individual de 8A en funcionamiento, para lo cual se procede a seleccionar relés encapsulados LY2 de 10A Y MY2 de 3A para el ventilador y el venterol eléctrico.

4.11.5 Contactor. Un contactor es un aparato electromecánico que tiene por finalidad establecer o interrumpir el paso de corriente, Sus contactos principales activan las resistencias eléctricas y su contacto auxiliar activa la luz piloto verde.

El contactor que se utilizara es de 30A de tipo electromagnético, debido a que su mando se lo realizara mediante el suministro de tensión eléctrica enviada por el PLC hacia la bobina del contactor.

4.11.6 Cableado. El cableado del tablero de mando y control se lo realiza con cable flexible número 16 AWG y para alimentación del sistema se utilizó cable flexible número 12 AWG, para el túnel termoretráctil que se utilizó cable solido número 12 AWG.

Para realizar las instalaciones de las resistencias eléctricas al interior de la cámara de termoencogido se utilizó cable siliconado de alta temperatura número 12 AWG.

4.12 Construcción y montaje del sistema termoretráctil

Finalizando la selección de los elementos que conforman el sistema se procede a la construcción y montaje de los mismos en la parte estructural del módulo.

4.12.1 *Construcción de la estructura*

- Medición y señalización en el tubo estructural cuadrado.
- Corte de acuerdo a las medidas establecidas por el esquema.
- Soldado de todas las partes del tubo estructural cuadrado que conforman el sistema u módulo.

Figura 48. Estructura metálica



Fuente: Autores

4.12.2 *Construcción de la estructura para las bandas transportadoras*

- De los rodillos donde se instalan las bandas transportadoras.
- Ubicación de guías en los rodillos para evitar descarrilamiento.
- Centrado de chumaceras y rodillos.

Figura 49. Montaje de rodillos



Fuente: Autores

4.12.3 Construcción del sistema de transmisión

- Construcción de la placa base donde se montara el motor y reductor.
- Montaje de la polea en el eje conducido por el reductor en este caso el del rodillo.
- Montaje de las bandas tipo SPZ que es de acuerdo al cálculo establecido.
- Centrado del sistema motor reductor con la polea del eje del rodillo.

Figura 50. Construcción del sistema de transmisión



Fuente: Autores

4.12.4 Montaje del tablero de control. En el tablero de control incluimos el PLC, contactor, bases para relé, relés, portafusibles, fusibles y los pulsadores.

Proceder a realizar la instalación y montaje de los elementos establecidos anteriormente por la selección.

Figura 51. Montaje de todos los elementos

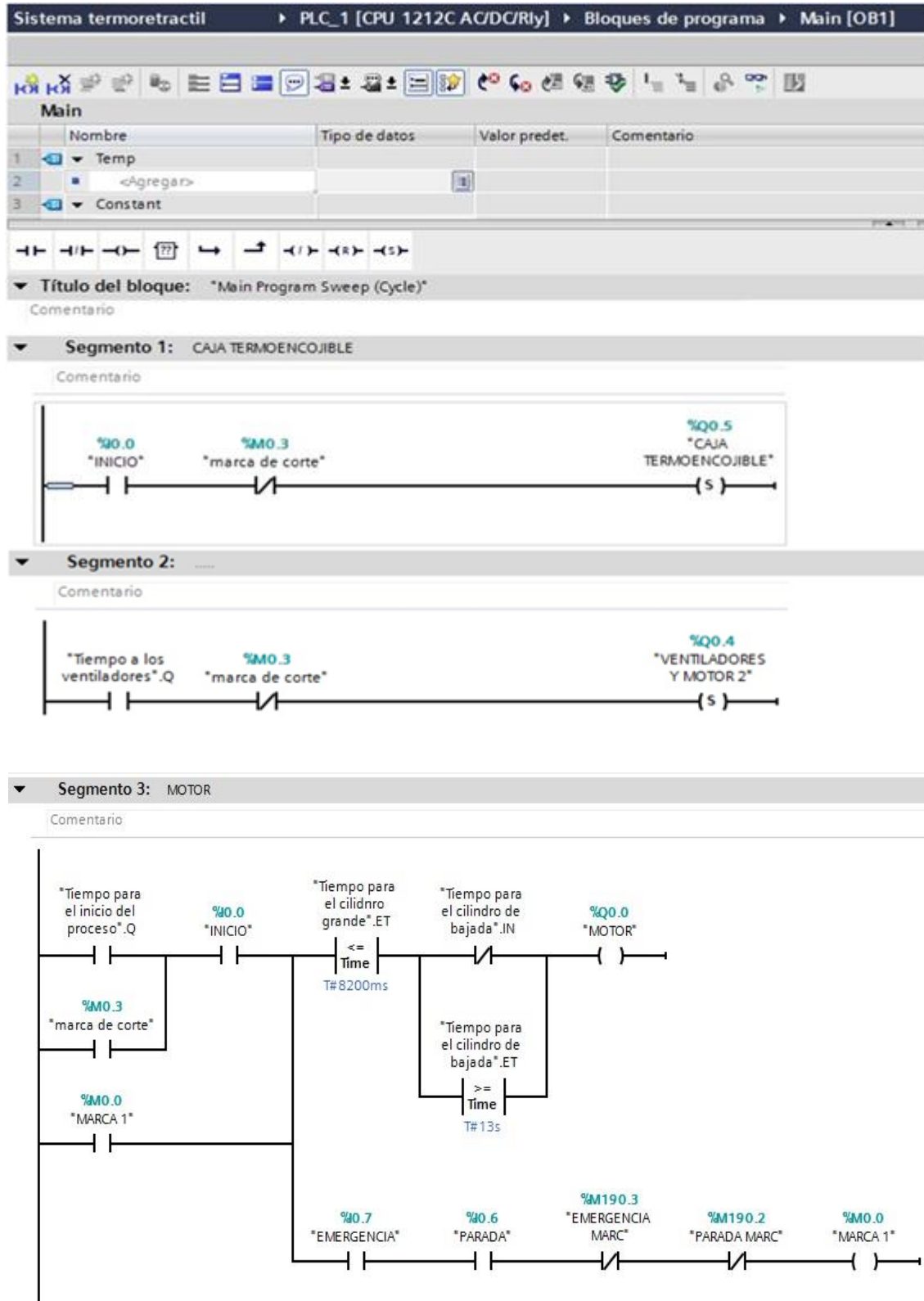


Fuente: Autores

4.13 Programación del PLC

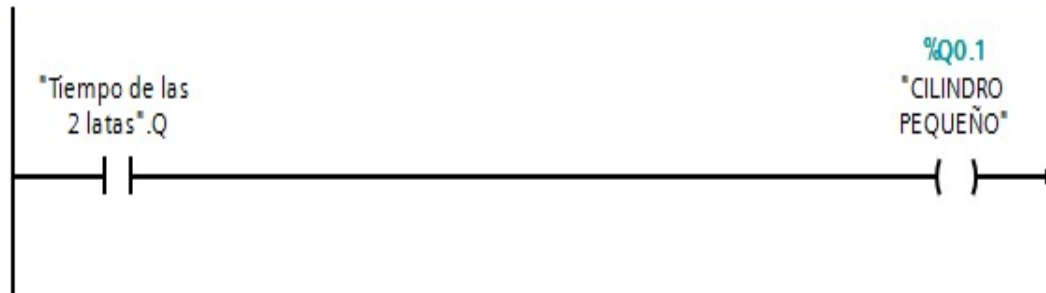
4.13.1 Circuito ladder

Figura 52. Circuito ladder



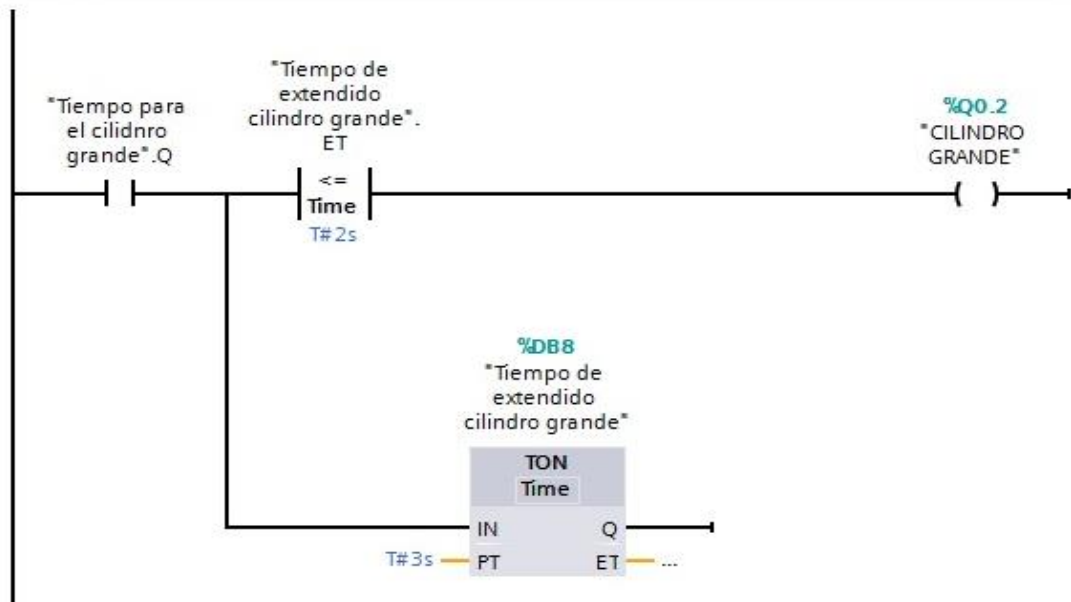
▼ Segmento 4: CILINDRO PEQUEÑO

Comentario



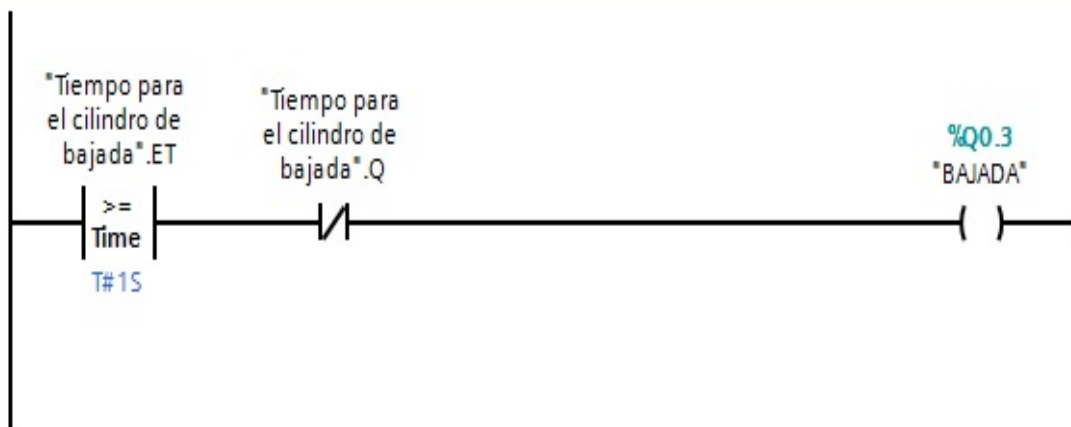
▼ Segmento 5: CILINDRO GRANDE

Comentario



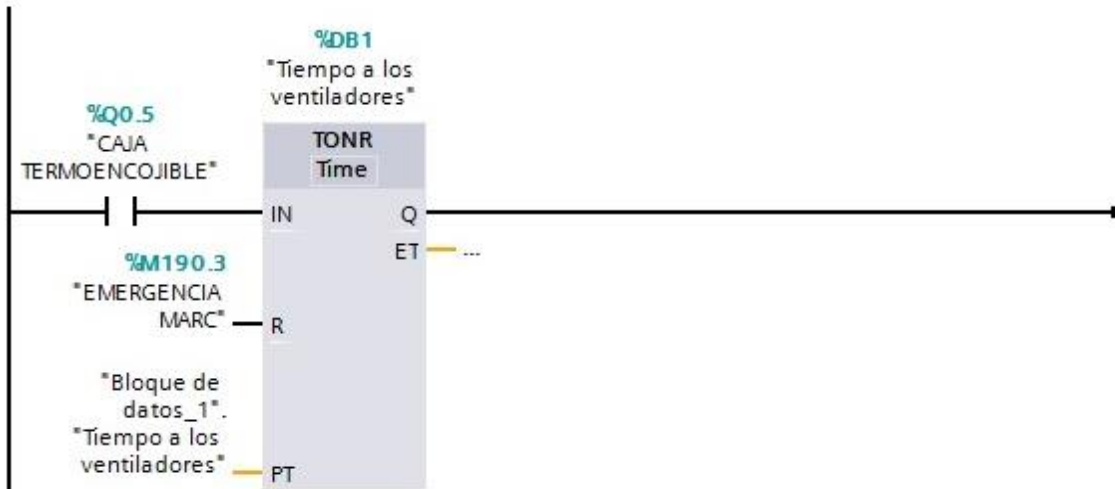
▼ Segmento 6: BAJADA

Comentario



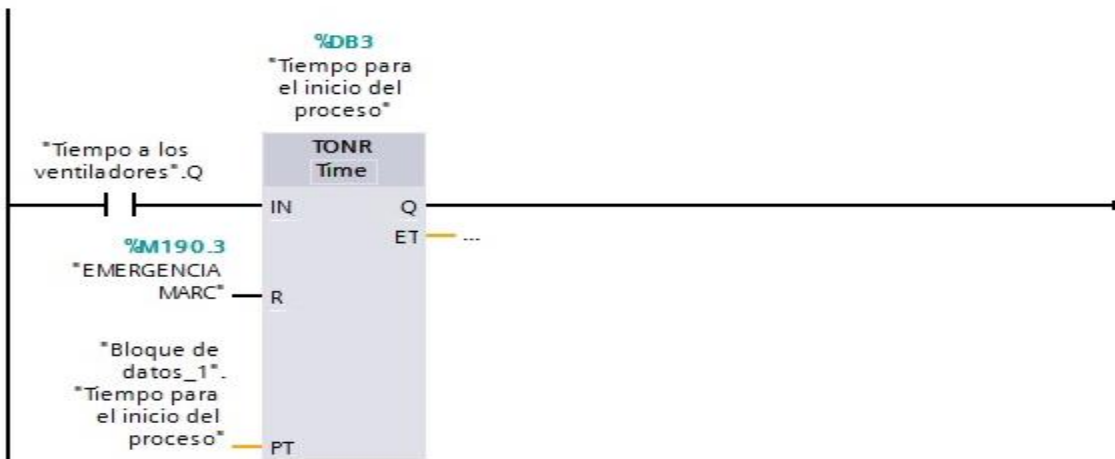
Segmento 7:

Comentario



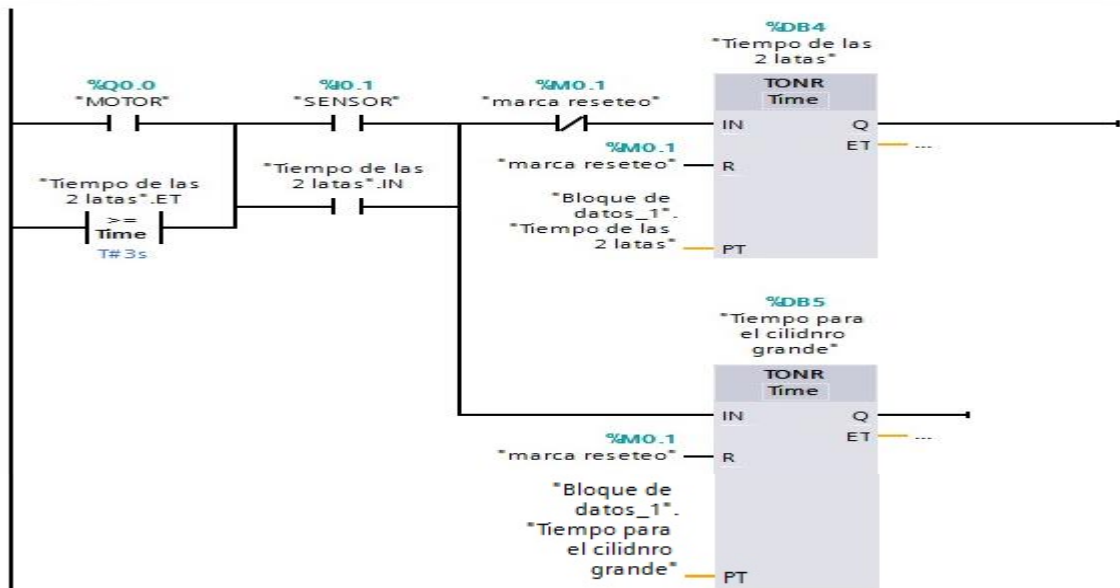
Segmento 8:

Comentario



Segmento 9: motor

Comentario



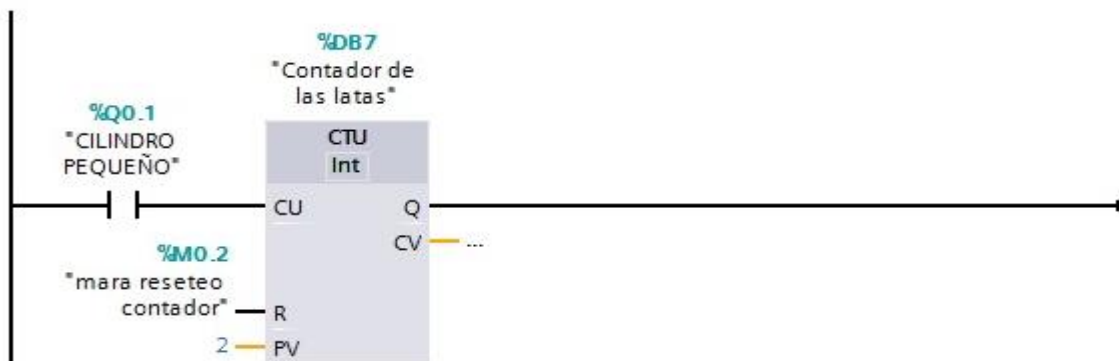
Segmento 10: Reseteo

Comentario



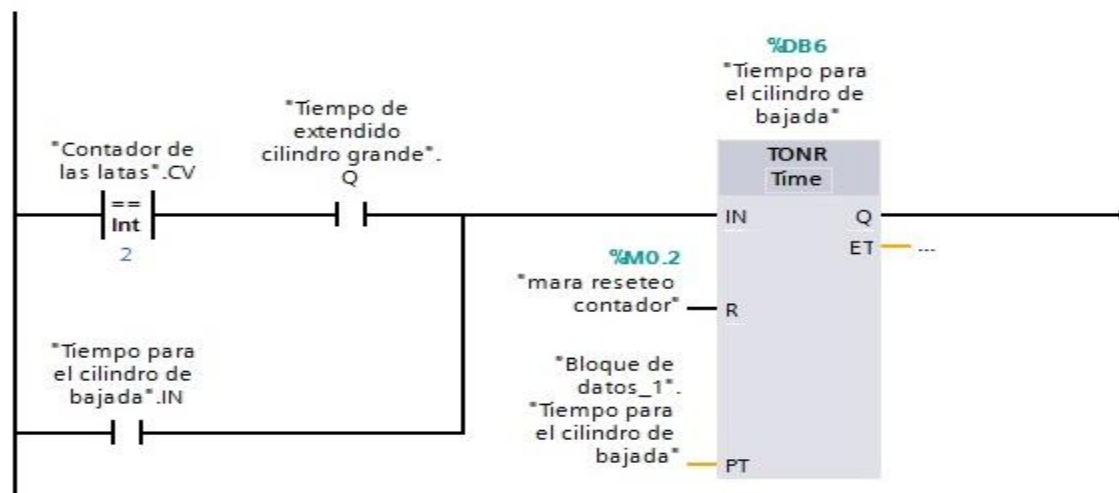
Segmento 11: Contador

Comentario



Segmento 12:

Comentario



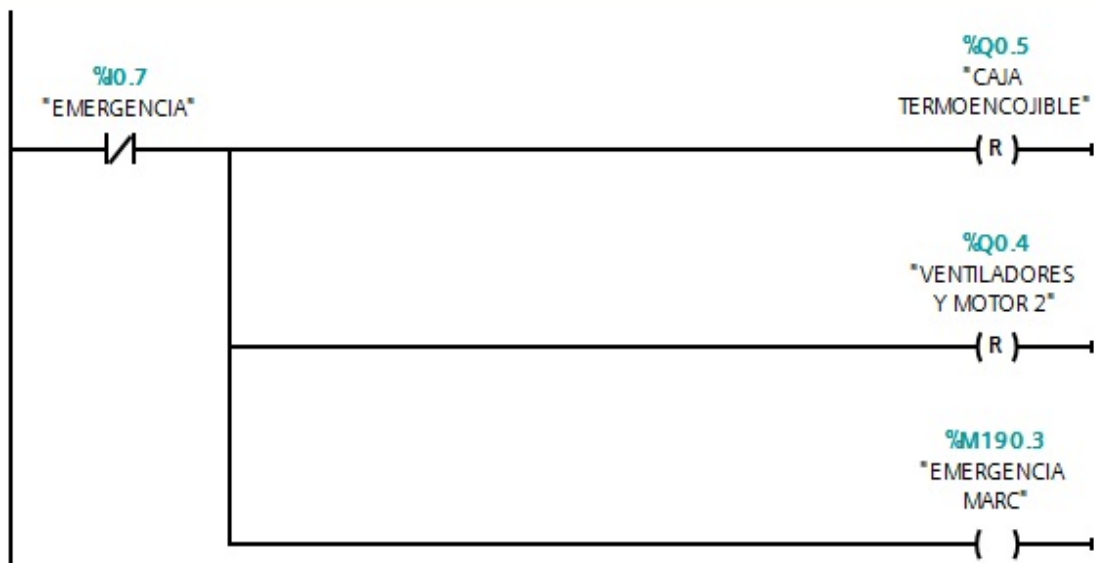
Segmento 13:

Comentario



Segmento 14:

Comentario



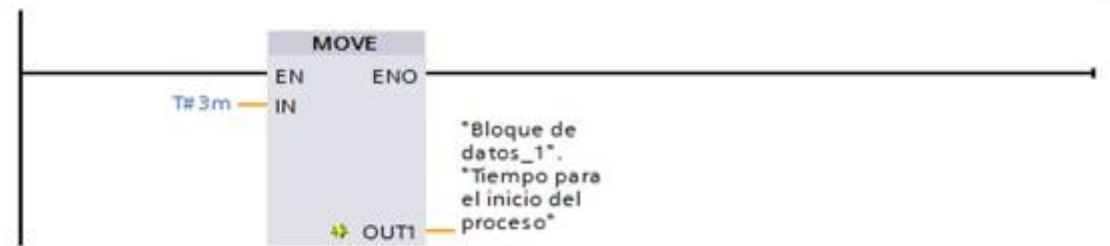
Segmento 1: TIEMPO DE LOS VENTILADORES

Comentario



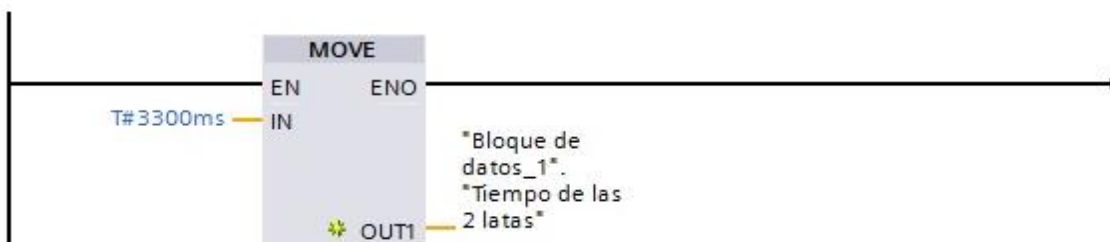
Segmento 2: TIEMPO DEL INICIO DEL PROCESOS

Comentario



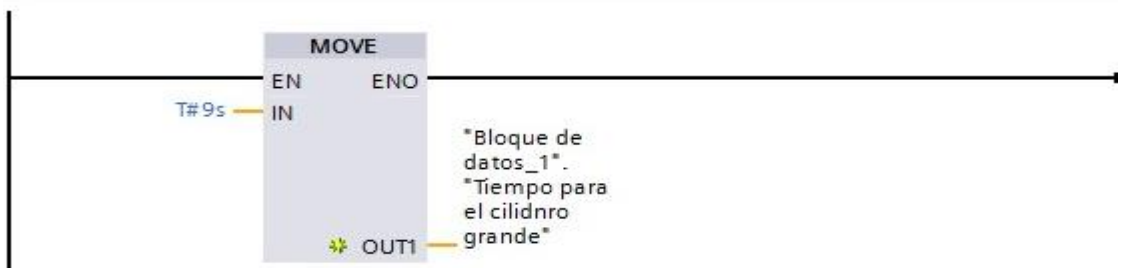
Segmento 3: TIEMPO DE LATAS 2

Comentario



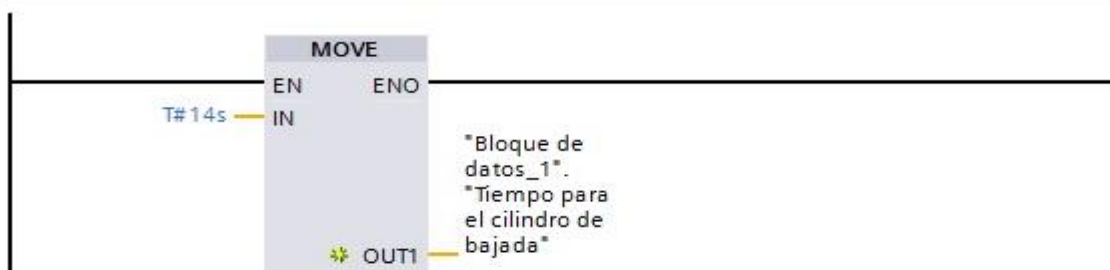
Segmento 4: TIEMPO PARA EL CILINDRO GRANDE

Comentario



Segmento 5: TIEMPO DEL CILINDRO DE BAJADA

Comentario

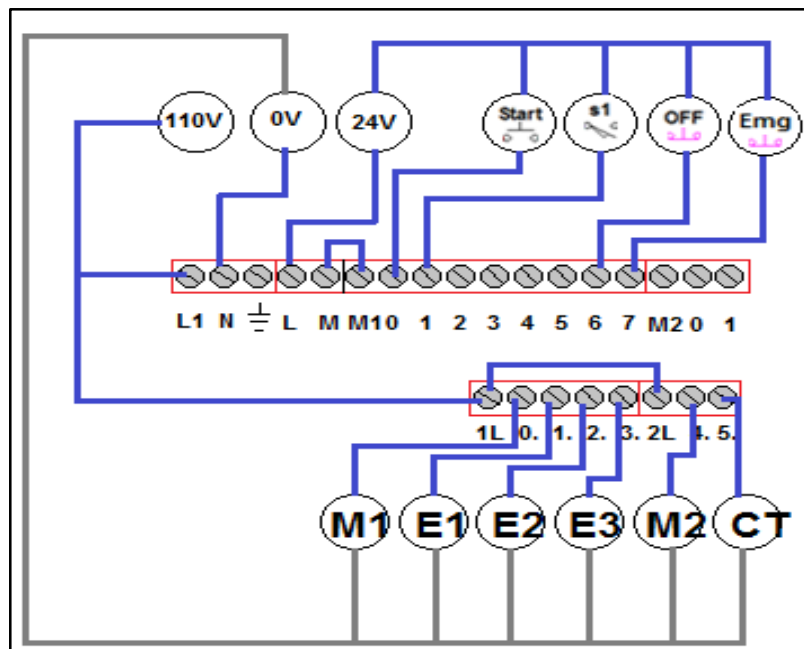


Fuente: Autores

4.14 Diagramas de instalación

4.14.1 *Diagrama de instalación del PLC.* Se describe el circuito de la programación PLC en un esquema eléctrico.

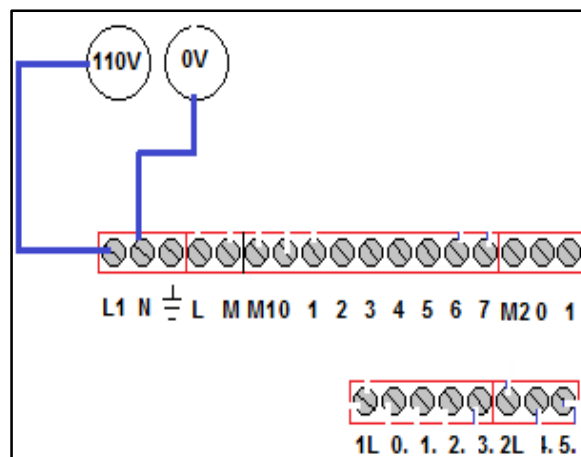
Figura 53. Circuito con el PLC



Fuente: Autores

El PLC que seleccionamos se energiza previamente con corriente alterna de 110 V en la entrada de L+ que será la línea de fase y N que será la línea de neutro.

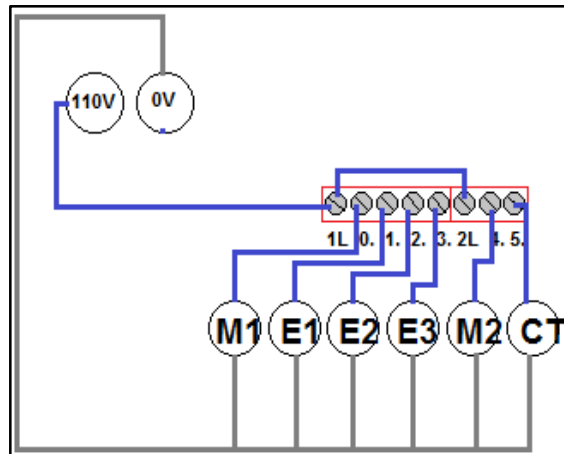
Figura 54. Montaje del PLC



Fuente: Autores

4.14.2 Diagrama de instalación de las electroválvulas. La electroválvula seleccionada es una electroválvula 5/2 con una solenoide y retorno por muelle, en el diagrama de instalación hay que ubicarlos de acuerdo a nuestra programación, lo cual lo determinamos en las salidas del PLC.

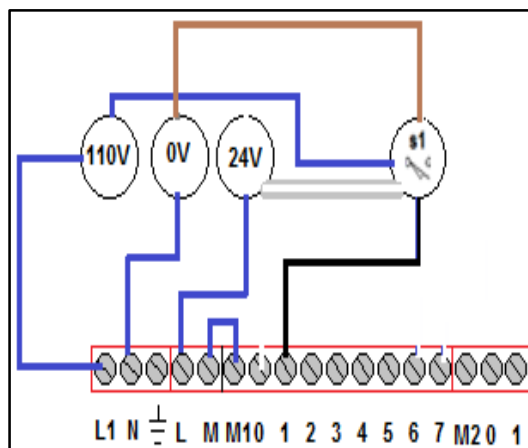
Figura 55. Diagrama de instalación de las electroválvulas



Fuente: Autores

4.14.3 Diagrama de instalación del sensor fotoeléctrico. La instalación para el sensor fotoeléctrico se lo realiza mediante los cables color azul y café se los conecta en la entrada de alimentación de 110 V para energizarlos, el cable negro lo conectamos a la entrada seleccionada de acuerdo a nuestra programación, el cable blanco lo conectamos a la fuente de 24 V brindada por el PLC.

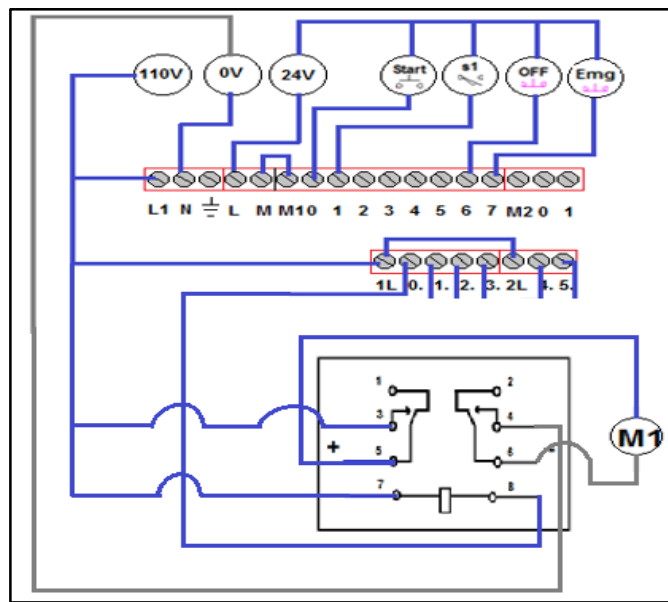
Figura 56. Diagrama de instalación del sensor fotoeléctrico



Fuente: Autores

4.14.4 Diagrama de instalación de los relés encapsulados. El relé seleccionado de las especificaciones LY2 y MY2 son un tipo de relés que abren y cierran sus contactos, estos se utilizan para proteger otros dispositivos eléctricos como el PLC de amperajes excesivos lo que perjudique dañándolo o quemándolo y estos dispositivos nos permiten salvaguardar los dispositivos eléctricos con amperaje menor.

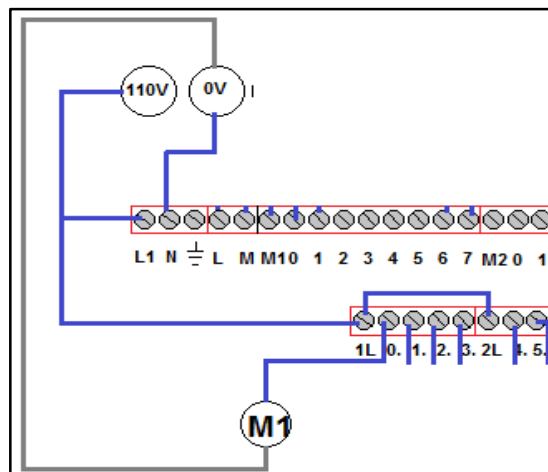
Figura 57. Diagrama de instalación de un relé encapsulado



Fuente: Autores

4.14.5 Diagrama de instalación de los motores. La instalación del motor lo hacemos de acuerdo a la especificación del fabricante con el código de colores lo cual con aquello nos determina el giro del mismo.

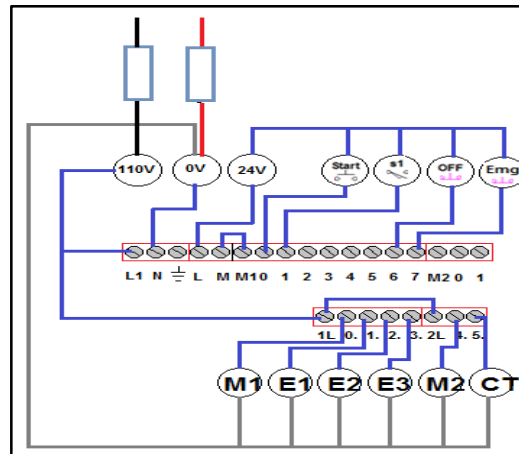
Figura 58. Diagrama de instalación del motor



Fuente: Autores

4.14.6 Diagrama de instalación de porta fusibles. La instalación de los portafusibles no sirven en este caso para salvaguardar los equipos como PLC, motores selladora, electroválvulas ya sea por sobrecargas, cortos circuitos, de acuerdo a un amperaje establecido y calculado.

Figura 59. Diagrama de instalación de porta fusibles



Fuente: Autores

4.14.7 Comunicación entre el PLC y el ordenador. Para desarrollar la comunicación necesariamente deberá estar encendido el PLC y el ordenador, para asegurar el uso del PLC los leds (RUN/STOP, ERROR, MAINT) deberán palpitar varias veces eso asegurara su uso, además se necesitara emplear un cable de datos Ethernet para conectarlos entre sí para de esta forma poder desarrollar la comunicación o interfaz entre estos.

4.14.8 Pruebas del módulo interactivo

- Después de realizar la selección de dispositivos y elementos para el modulo interactivo convenimos proceder a realizar pruebas, es decir asegurar su funcionamiento.
- Realizamos la instalación y montaje de todos los elementos mecánicos que conforman el sistema termoretráctil.
- Realizamos la instalación y conexión de todos los dispositivos de control, según el diagrama eléctrico.
- Realizar todas las instalaciones neumáticas y regularemos la presión de trabajo del sistema en la FRL a 3 BAR además deberemos cercioraremos del funcionamiento de cada cilindro neumático accionando el botón de mando manual de las respectivas electroválvulas.
- Realizamos la conexión de la fuente de energía de 110 VCA y procedemos a verificar su funcionamiento.

CAPÍTULO V

5. MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y GUÍA DE PRÁCTICA DEL LABORATORIO

5.1 Interfaz del ordenador – PLC

La interfaz se inicia realizando la conexión del cable Ethernet del ordenador al PLC y se procede a efectuar de la siguiente manera:

1. Se procede a iniciar el archivo “sistema termoretráctil”.
2. Se inicia vista del proyecto.
3. Abrir la carpeta PLC_1 (CPU 1212C AC/DC/Rly), bloques de programa, main ob1 y nos muestra el circuito del proceso del sistema termoretráctil.
4. Se da clic derecho en PLC_1 (CPU 1212C AC/DC/Rly), se inicia cargar dispositivos de la programación.
5. Inicia con el tipo de interfaz (PN / IE), en dispositivos accesibles se da clic en el PLC y cargar la programación.
6. Abrir la opción (aplicar todo) para que no haya ningún fallo de la programación.
7. Cargar una segunda ocasión, inicia el programa y ejecutar pruebas para el proceso del sistema termoretráctil.

5.2 Manual de operación

El objetivo del manual de operaciones es dar a conocer al operario encargado, capacitado de operar y verificar su adecuado funcionamiento de los diferentes componentes mecánicos, eléctricos, neumáticos, térmicos que conforman parte del módulo interactivo sistema termoretráctil.

El manual de operaciones cubre una gran importancia en el cómo actuar frente al proceso del módulo interactivo del sistema termoretráctil, el manual abarca la información necesaria al operario para guiar a un procedimiento preciso, cauteloso y secuencial de las

diferentes actividades operativas que se lleva a cabo en el módulo interactivo del sistema termoretráctil, la misma que determina la responsabilidad y detalla los mecanismos elementales para una adecuada instrumentación con forme avanza el desarrollo en el proceso del sistema termoretráctil.

De igual forma destaca la importancia que ostenta el manual de operación, la cual proporciona y da a conocer la guía para su utilización, teniendo en cuenta los riesgos mecánicos, eléctricos, térmicos que se presentan al momento de su utilización para lo cual se establece una guía para su utilización.

5.2.1 *Guías para su utilización*

Guía de seguridad: Esta guía de seguridad tiene por objeto la prevención de riesgos que atenten la salud del operario, que son ocasionados por una inadecuada o mala utilización del equipo, el exceso de confianza son el indicio a una serie de sucesos inesperados.

- Solicitar una previa información e instrucción al guía encargado del área sobre el modulo y así poder evitar acciones indeseables que repercutan en un accidente posterior, en especial cuando el equipo o módulo esté en su pleno funcionamiento.
- Utilizar el equipo de protección personal requerido antes de llevar a cabo la utilización del módulo como son: calzado adecuado, guantes, gafas, protección auditiva etc.
- Inspeccionar las instalaciones eléctricas, indagando que no haya ningún cable sin su recubrimiento aislante, evitando cortos circuitos u otros inconvenientes que atenten la salud del operario.
- Revisar las instalaciones neumáticas y que no exista ninguna fuga de aire.

5.2.2 *Indicaciones de uso*

Indicaciones mecánicas

- Inspeccionar los mecanismos de inmovilización (tuercas - pernos) de los elementos que conforman el sistema termoretráctil, asegurarse de que estos estén debidamente ajustados a la estructura metálica.

- Examinar la sujeción de los pernos de inmovilización o prisioneros de las guías de direccionamiento del producto.
- Revisar que los componentes de movimiento como son elementos rodantes estén lubricados, en estado adecuado para su correcto funcionamiento y limpios de polvo lo cual afecte al sistema.

Indicaciones eléctricas

- Inspeccionar el estado del cableado, que no haya desperfectos o cables descubiertos que puedan hacer contacto con la estructura en sí.
- En un pos recambio el sensor utilizado en el módulo retráctil es un sensor fotoeléctrico que al igual que los pulsadores trabajan con una corriente de 24 VDC.
- En un pos recambio las electroválvulas, luz de aviso, motores trabajan con una corriente de 110 VCA.
- de breakers o fusibles, evitando así el daño del equipo por una sobre carga.
- El PLC cuenta con fuente propia para salidas de 24 VDC para sustentar los sensores.

Indicaciones neumáticas

- Revisar la unidad de mantenimiento o FRL y regular la presión de trabajo.
- Inspeccionar el estado de los conductos neumáticos para que no exista ninguna fuga de aire, de existir un desperfecto hacer su cambio.
- Utilizar los racores de acuerdo a la medida de los conductos neumáticos para evitar fugas de aire.
- Desconectar los aparatos neumáticos sin que exista presencia de aire en la instalación.

5.3 Representación del proceso

Dado la alimentación de 110 VAC al módulo, el proceso del sistema termoretráctil empieza con el accionamiento del pulsador de inicio (I_0), lo cual envía una señal al PLC dando comienzo al proceso, proporcionando el encendido paralelamente a las resistencias

y a la luz piloto de color verde alimentadas con la salida del PLC (Q_5) situadas en la caja térmica, manteniéndolas encendidas hasta la culminación del proceso.

Posteriormente al pulso de inicio procura un conteo de 2 min para el encendido del motor de la segunda banda transportadora de metal, venterol y ventilador automáticamente alimentadas con la salida del PLC (Q_4) permaneciendo encendidas también hasta la finalización del proceso.

Subsiguientemente del encendido de la salida (Q_4) inicia un conteo de 3 min para dar comienzo con un segundo pulso de inicio (I_0) el encendido del motor de la banda transportadora 1 alimentada con la salida (Q_0), ya que en el lapso de dicho tiempo determinado en la programación existe una restricción que mientras no transcurra dicho tiempo sumatorio de 2min y 3min respectivamente, el segundo pulso de inicio (I_0) no está habilitado así actué con un pulso erróneo y de comienzo a (Q_4), transcurrido el tiempo predeterminado por la programación el pulsador de inicio (I_0) queda habilitado para la continuación del proceso que es el encendido del motor de la banda transportadora 1 (Q_0).

El fin de proceder a aplicar una restricción para el motor de la banda transportadora 1 (Q_0), es que la caja térmica necesita llegar a una temperatura establecida de 200 °C, ya que en dicha temperatura el plástico termoencogible o poliolefina termosensible se encoje, determinando un empaquetado final deseado.

El producto seleccionado se direcciona en la banda transportadora 1 (Q_0) hasta topa con la línea de barrera del sensor fotoeléctrico que es alimentada con la entrada (I_1), el mismo que emite una señal al PLC dando inicio a la electroválvula del cilindro neumático 1 (Q_1) en un tiempo de 3,3 segundos, remoto a este tiempo a la electroválvula del cilindro neumático 1 alimentada con la salida (Q_1) se activa inmovilizando el tercer producto, para que prosiga los dos primeros productos al tope del cilindro neumático 2. En el instante de tiempo dado de 3,3 segundos y el producto colisiona con las guías de direccionamiento del cilindro neumático 2, el motor de la banda transportadora 1 (Q_0) se apaga, dando la activación de la electroválvula del cilindro 2 alimentada con la salida (Q_2) durante un instante de tiempo de 9 segundos movilizandolos dos primeros productos a su posición pre final, transcurrido dichos 9 segundos el cilindro neumático 2 y el cilindro neumático 1 regresa a su posición inicial.

Transmitido la última señal de la electroválvula del cilindro neumático 2 (Q_2), activa por segunda ocasión el motor de la banda transportadora 1 (Q_0) hasta que nuevamente el primer producto tope con la línea de barrera del sensor fotoeléctrico (I_1) y por segunda ocasión un conteo en la programación y una señal para desactivar el motor de la banda transportadora 1 (Q_0) y active la electroválvula del cilindro neumático 1 (Q_1) inmovilizando el tercer producto, siguiendo por segunda ocasión los dos primeros productos el trayecto hasta colisionar con las guías de direccionamiento del cilindro neumático 2 durante 3,3 segundos.

Transcurrido el tiempo de 3,3 segundos programados se activa por segunda ocasión la electroválvula del cilindro neumático 2 (Q_2) movilizandolos productos por colisión hacia su posición final para su embalado con el plástico termoencogible, sellado y corte.

Terminada la carrera del cilindro neumático 2 se activa la electroválvula de los cilindros neumáticos 3 y 4 alimentadas con la salida del PLC (Q_3), la cual a su final de carrera el cilindro 3 se encarga de embalar, sellar y cortarlo en un tiempo de 14 segundos al plástico termoencogible, por otro lugar el cilindro neumático 4 se encarga de sostener el producto para que el mismo no tienda a caer o desviarse por el embalado, sellado y corte del cilindro neumático 3.

Acontecidos dichos 14 segundos proporciona un 3 conteo y una señal al PLC para que el sistema se reinicie, ocurriendo repetitivamente el proceso mencionado.

En su etapa final del sistema termoretráctil por colisión de productos el primer paquete o los primeros productos empaquetados prosiguen a la segunda banda transportadora donde es guiado el producto empaquetado a la cámara o túnel térmico, al ingresar resta un tiempo de 20 segundos hasta la salida donde un ventilador enfría el empaquetado ya que el plástico termoencogible tiende a salir con una temperatura de 60 a 70 °C desde la cámara o túnel térmico, finalmente los productos salen empaquetados con contextura rígida gracias a las propiedades termoencogibles del plástico.

Además por seguridad del sistema termoretráctil cuenta con pulsadores de parada y parada de emergencia que son dispositivos consignados y alimentados por las entradas

(I₆) y (I₇) respectivamente las cuales nos permiten parar todo el sistema y prevenir algún tipo de accidente imprevisto.

El pulsador de parada (I₆) detiene el sistema excepto el túnel térmico, en cambio el pulsador tipo hongo que es la parada de emergencia (I₇) paraliza totalmente el sistema este dispositivo puede ser utilizado como su palabra lo indica por alguna emergencia suscitada.

5.4 Determinación de variables

Las salidas (Q) trabajan con una corriente de 110 VCA y las entradas (I) trabajan con 24 VCC, a continuación son establecidas en la siguiente figura.

Tabla 17. Determinación de variables

Entradas Salidas	Designación	Designación Física	Representación
Entrada	Inicio	I ₀	Pulsador de la primicia del proceso
Entrada	Sensor	I ₁	Sensor foto eléctrico
Entrada	Parada	I ₆	Pulsador parada
Entrada	Parada de emergencia	I ₇	Pulsador parada de emergencia
Salida	Motor 1	Q ₀	Motor banda transportadora 1
Salida	Electroválvula 1	Q ₁	Cilindro neumático 1
Salida	Electroválvula 2	Q ₂	Cilindro neumático 2
Salida	Electroválvula 3	Q ₃	Cilindro neumático 3 y 4
Salida	Motor 2 - venterol ventilador	Q ₄	Motor banda transportadora 2 venterol - ventilador
Salida	Resistencia térmicas	Q ₅	Caja térmica

Fuente: Autores

5.5 Recomendaciones

- No irrumpir a propósito la señal que digita el sensor fotoeléctrico en su pleno funcionamiento.

- Utilizar una altura máxima de 16 cm del producto a empacar, por consiguiente si se estima o se requiere una altura de producto a empacar superior a esta, incluir un cilindro neumático con la carrera requerida.
- Mantener el marcador del control de temperatura en 300°C por seguridad.
- Inspeccionar que las guías de direccionamiento del producto estén correctamente sujetas.

5.6 Guía de práctica

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**GUÍA DE PRACTICA PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE
PROCESOS**

PRÁCTICA N°1

**APLICACIÓN DEL PROCESO AUTOMATIZADO DEL SISTEMA
TEMRORETRÁCTIL**

DATOS GENERALES

NOMBRE : _____ CÓDIGO : _____

GRUPO N° : _____ FECHA : _____

1. Objetivos

1.1. *Objetivo General.*

- Aplicar el conocimiento para el desarrollo del proceso del sistema termoretráctil.

1.2. *Objetivos Específicos.*

- Capacitar y brindar el conocimiento amplio sobre la automatización de procesos.
- Manipular y conocer los circuitos, elementos que conforman el sistema termoretráctil.
- Elaborar y ejecutar la programación del sistema termoretráctil en el PLC.
- Elaborar y ejecutar la interfaz del sistema termoretráctil en el PLC.
- Aplicar las recomendaciones de seguridad del sistema termoretráctil.

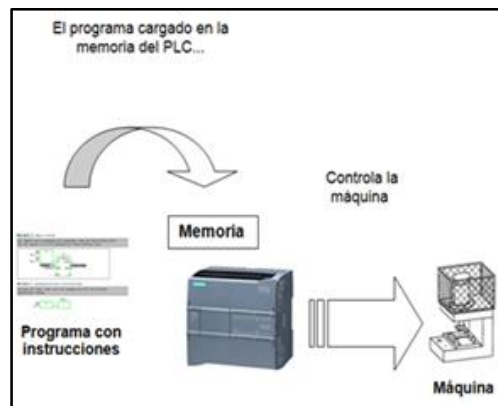
2. Introducción

Esta guía de práctica muestra una serie de inducciones para la realización de la práctica de laboratorio, de la misma que es elaborada de una manera metodológica atendiendo el contenido analítico de la materia.

El PLC es un ordenador diseñado para el almacenamiento de memoria interna programada, lo cual no permite la realización de sistemas automatizados con una múltiple gama de señales de entradas y salidas, hoy en día es un mecanismo muy utilizado y necesario para la industria en la mejora de la producción.

El PLC es un vivo ejemplo del tiempo efectivo, lo cual las salidas de respuesta están en interacción con las entradas en un tiempo exacto para producir los resultados deseados.

Figura 60. Estructura Plc – módulo



Fuente: Siemens S7-1200 AC/DC/Relé

3. Metodología

- Examinar las correctas instalaciones tanto eléctricas como neumáticas.
- Aplicar una presión de trabajo de 0,3 MPa.
- Utilizar una corriente de 110 V para todo el sistema termoretráctil.
- Cebear antes de su previo funcionamiento los cilindros neumáticos.
- Efectuar la programación y la interfaz ordenador – PLC del sistema termoretráctil.
- Inspeccionar el controlador de temperatura.

4. Determinación de variables

Tabla 18. Determinación de variables

Entrada salidas	Designación	Designación física	Representación
Entrada	Inicio	I ₀	Pulsador de la primicia del proceso
Entrada	Sensor	I ₁	Sensor fotoeléctrico
Entrada	Parada	I ₆	Pulsador parada
Entrada	Parada de emergencia	I ₇	Pulsador parada de emergencia
Salida	Motor 1	Q ₀	Motor banda transportadora 1
Salida	Electroválvula 1	Q ₁	Cilindro neumático 1
Salida	Electroválvula 2	Q ₂	Cilindro neumático 2
Salida	Electroválvula 3	Q ₃	Cilindro neumático 3 y 4
Salida	Motor 2 - venterol ventilador	Q ₄	Motor banda transportadora 2 venterol - ventilador
Salida	Resistencia térmicas	Q ₅	Caja térmica

Fuente: Autores

5. Materiales y equipos

- Modulo sistema termoretráctil
- Comunicador ethernet
- PLC
- Sistema de aire comprimido
- Computador previamente instalado el software TIA portal V11
- Plástico termoencogible

6. Procedimiento a utilizar

- Recomendaciones respectivas por parte del docente.
- Examinar el manual de operación previo a su funcionamiento.
- Realizar la respectiva programación atendiendo a su utilización y tipo de producto a utilizar.
- Cebiar elementos neumáticos.
- Inspeccionar conexión eléctrica.
- Conectar entradas y salidas respectivamente con la programación.
- Energizar el sistema termoretráctil con fuente de 110 VCA.

7. Conclusiones

- El sistema térmico requiere de un tiempo determinado para alcanzar a una temperatura de 225°C la cual es ideal para que el plástico termosensible se encoja y el producto no sufra cambios por el aumento de temperatura a la cual es sometido por el lapso de tiempo que el producto está sometido.
- El empaquetado final del producto luego de salir del túnel térmico requiere un instante de tiempo para que el plástico vuelva a su estado normal de rigidez antes de ser removido o transportado.
- Se ha decretado que la regulación del sistema nos permite realizar diferentes tipos de programación atendiendo a la necesidad y aplicación a la que sea requerida.

8. Recomendaciones

- Utilizar equipo de protección antes del funcionamiento del sistema termoretráctil.
- No inducir las extremidades superiores cuando el sistema termoretráctil esté en su pleno funcionamiento para evitar un accidente indeseado.

- Revisar las conexiones neumáticas y eléctricas antes de su previo funcionamiento.

9. Bibliografía

- Sistemas neumáticos: principios y mantenimiento, McGraw-Hill, 1998, S. R. Majumdar.
- Montaje y reparación de sistemas neumáticos e hidráulicos bienes de equipo y máquinas industriales, Rafael Castillo Jiménez

5.7 Manual de mantenimiento

El manual de mantenimiento es un documento imprescindible que detalla los procedimientos de trabajo y de control con el fin de alcanzar un alto grado de fiabilidad. La implementación del módulo interactivo del sistema termoretráctil no muestra condiciones inseguras, mientras sea manipulado y operado por personas capacitadas y siga todas las instrucciones indicadas.

5.7.1 Normas de seguridad

- Utilizar equipos de protección personal.
- En caso de no utilizar el modulo interactivo, mantener siempre desconectado el enchufe.
- Siempre que se vaya a manipular el modulo interactivo evitar usar objetos colgantes ya que podría ocasionar enredos en las bandas trasportadoras.
- Evitar introducir cualquier parte del cuerpo, objeto ajeno al proceso en el interior del túnel termoretráctil.
- Se realizara el manual de mantenimiento preventivo y correctivo del módulo interactivo del sistema termoretráctil con el fin de evitar paros imprevistos debido a daños parciales o completos.

5.7.2 Objetivos

Objetivo general:

- Diseñar el manual de mantenimiento preventivo y correctivo del módulo interactivo del sistema termoretráctil.

Objetivos específicos:

- Identificar todos los dispositivos que conforman el modulo interactivo.
- Planear las tareas de mantenimiento en función de su periodicidad y procedimientos a realizar.

5.7.3 Mantenimiento preventivo. EL mantenimiento preventivo se fundamenta en la conservación periódica de equipos mediante reparaciones, revisiones que aseguren un funcionamiento óptimo del módulo.

Los dispositivos que forman las partes del módulo interactivo son:

- **Parte eléctrica y electrónica.-** Cables, borneras, sensor fotoeléctrico, contactor, relay, bases para relay, fusibles, bases para fusible, luz piloto, pulsadores, PLC, selladora, controlador de temperatura, resistencias térmicas.
- **Parte Neumática.-** Válvulas electroneumáticas, cilindros de doble efecto, manguera plástica synflex, unidad de mantenimiento (FRL), racores, acoples.
- **Parte mecánica.-** Estructura, ventilador, motores eléctricos, cajas reductoras, chumaceras, rodillos, bandas transportadoras, venterol eléctrico.

Mantenimiento del tablero de control

- Limpiar periódicamente el tablero de control.
- Comprobar los voltajes y corriente de entrada al tablero de control.
- Chequear y verificar periódicamente el estado de los fusibles, cables de conexión y pernos de las conexiones eléctricas del PLC, borneras, contadores, bases de relé.
- Verificar el funcionamiento de las luces pilotos.

Mantenimiento general del módulo

- Realizar una limpieza periódicamente y verificar el estado de los diferentes elementos del módulo.

- Comprobar los voltajes y corrientes de operación de: motores, ventiladores, resistencias eléctricas, niquelina, etc.
- Comprobar la tensión de las bandas transportadoras.
- Verificar el nivel de aceite de las cajas reductoras y lubricar las chumaceras.
- Verificar que no exceda la temperatura de calentamiento de la caja termoretráctil.
- Chequear que no exista fugas de aire de los sistemas neumáticos.

Mantenimiento correctivo

Este mantenimiento se lo realiza eventualmente para resolver problemas eventualmente o cuando una falla lo requiere, el problema tiene un tiempo de duración, dependiendo del problema.

- **Mantenimiento eléctrico**

Tabla 19. Mantenimiento de las resistencias eléctricas y control de temperatura

Descripción: Resistencias eléctricas y control de temperatura.		E.I.I
Tarea: Inspección - cambio		
Voltaje: 110 voltios		
Tiempo de cambio o revisión: 100 horas		
Herramientas	Materiales	E.P.P
Destornillador plano Destornillador estrella Multímetro	Guaípe Brocha Cables de alta temperatura Terminales de alta temperatura	Overol Gafas Guantes
Procedimiento:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Desconectar toda fuente de energía eléctrica del módulo interactivo. 2. Desmontar los tornillos de la cubierta exterior de la caja termoretráctil. 3. Retirar la lana de vidrio del interior de la caja. 4. Desmontar los tornillos de la caja interna de la caja termoretráctil. 5. Limpiar los cables y los terminales de las resistencias eléctricas. 6. Verificar el estado de la termocupla y las resistencias eléctricas. 7. Chequear las piezas y los aislantes que sujetan las resistencias eléctricas, de no estar en buen estado proceder a realizar el cambio. 8. Montar todos los elementos. 		

Fuente: Autores

Tabla 20. Mantenimiento de los contactores, relé, bases para relé, fusibles

Descripción: Contactores, relé, bases para relé, fusibles.		E.I.I
Tarea: Inspección – cambio		
Voltaje: 110 voltios		
Tiempo de cambio o revisión: 300 horas		
Herramientas	Materiales	E.P.P
Destornillador plano Destornillador estrella Multímetro	Brocha - guaípe Fusibles – relé – bases relé Cable	Overol Gafas Guantes
Procedimiento:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Desconectar toda fuente de energía eléctrica del módulo interactivo. 2. Limpiar los aparatos eléctricos con mucho cuidado. 3. Sacar los aparatos de la caja de control. 4. Verificar la continuidad de energía de los aparatos, de no estar en buen estado proceder a realizar el cambio. 5. Verificar y aislar completamente las conexiones eléctricas con cinta aislante. 6. Montar todos los elementos. 		

Fuente: Autores

Tabla 21. Mantenimiento de la selladora

descripción: Selladora		E.I.I
tarea: Inspección – cambio		
voltaje: 110 voltios		
Tiempo de cambio o revisión: Cada 7 días		
Herramientas	Materiales	E.P.P
Llave de corona Destornillador estrella Multímetro	Guaípe Niquelina Terminales tipo ojal Cinta aislante	Overol Gafas Guantes
Procedimiento:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Desconectar toda fuente de energía eléctrica del módulo interactivo 2. Desmontar los tornillos que sujetan la selladora a la estructura. 3. Verificar el estado de la cinta aislante de nylon. 4. Comprobar la continuidad de energía de los cables y verificar el estado de la niquelina, de no estar en buen estado proceder a realizar el cambio de esta. 5. Destornillar los pernos de la carcasa de la selladora que protege la niquelina. 6. Destornillar los pernos de los extremos de la selladora, que sujetan los terminales de la niquelina. 7. Cambiar la niquelina. 8. Montar todos los elementos. 		

Fuente: Autores

Tabla 22. Mantenimiento del CPU S7-1200 AC/DC/RELÉ

descripción: Controlador lógico programable (PLC)		E.I.I
Tarea: Inspección – cambio		
Voltaje: 110 voltios		
Tiempo de cambio o revisión: 100 horas		
Herramientas	Materiales	E.P.P
Destornillador plano Destornillador estrella Multímetro	Guaípe Multímetro	Overol Gafas Guantes
Procedimiento:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Desconectar toda fuente de energía eléctrica del módulo interactivo 2. Desconectar todas las conexiones del PLC. 3. Limpiar el PLC. 4. Analizar las conexiones de las entradas y salidas del PLC. 5. Confirmar el estado del PLC. 6. Montar los cables. 		

Fuente: Autores

Tabla 23. Mantenimiento del motor eléctrico

Descripción: Motor eléctrico		E.I.I
Tarea: Inspección – Cambio		
Voltaje: 110 - 220 voltios		
Tiempo de cambio o revisión: 300 horas		
Herramientas	Materiales	E.P.P
Destornillador plano Destornillador estrella Multímetro Playo	Guaípe Multímetro	Overol Gafas Guantes
Procedimiento:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Desconectar toda fuente de energía eléctrica del módulo interactivo 2. Destornillar los pernos de las tapas de protección de los motores. 3. Destornillar los pernos que sujetan los motores a la estructura metálica. 4. Señalar la carcasa y destornillar los pernos. 5. Limpiar el interior del motor, e inspeccionar los bobinados del rotor y estator. 6. Ubicar la tapa de la carcasa del motor eléctrico. 7. Verificar las fases del motor, inspeccionar el estado de los cables, de no estar en buen estado realizar el cambio de estos. 8. Montar todos los elementos. 		

Fuente: Autores

Tabla 24. Mantenimiento de los rodamientos del motor

Descripción: Rodamientos del motor		E.I.I
Tarea: Inspección – cambio		
Voltaje: 110 - 220 voltios		
Tiempo de cambio o revisión: 1000 – 2000 horas		
Herramientas	Materiales	E.P.P
Destornillador plano Destornillador estrella Multímetro Playo	Guaípe Multímetro Rodamiento SKF	Overol Gafas Guantes
Procedimiento:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Desconectar toda fuente de energía eléctrica del módulo interactivo 2. Destornillar los pernos de las tapas de protección de los motores. 3. Destornillar los pernos que sujetan los motores a la estructura metálica. 4. Señalar la carcasa y destornillar los pernos. 5. Limpiar el interior del motor, e inspeccionar el estado del eje y sus rodamientos, de no estar en buen estado realizar el cambio de estos. 6. Armar la carcasa del motor eléctrico. 7. Verificar las conexiones del motor, inspeccionar los cables. 		

Fuente: Autores

- **Mantenimiento neumático**

Tabla 25. Mantenimiento de la unidad de mantenimiento

descripción: FRL		E.I.I
tarea: Inspección – mantenimiento		
Tiempo de cambio o revisión: 100 horas		
Herramientas	Materiales	E.P.P
Playo Llaves de corona	Guaípe Aceite Teflón	Overol Gafas Guantes
Procedimiento:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Desconectar la alimentación neumática. 2. Verificar que no exista contaminación. 3. Verificar el nivel de aceite 4. Drenar la purga de la FRL. 5. Limpiar e inspeccionar racores. 		

Fuente: Autores

Tabla 26. Mantenimiento de las válvulas electroneumáticas

Descripción: Válvulas electroneumáticas		E.I.I
Tarea: Inspección – cambio		
Voltaje: 110 voltios		
Tiempo de cambio o revisión: 300 horas		
Herramientas	Materiales	E.P.P
Destornillador plano	Guaípe	Overol
Destornillador estrella	Brocha	Gafas
Multímetro	Teflón	Guantes
Procedimiento:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Desconectar toda fuente de energía eléctrica del módulo interactivo. 2. Desconectar la alimentación neumática. 3. Desmontar los tornillos que sujetan las válvulas electroneumáticas. 4. Desmontar las mangueras de las válvulas electroneumáticas. 5. Desmontar las válvulas electroneumáticas de la estructura. 6. Limpiar 7. Verificar que no exista fugas de aire por los acoples y racores. 8. Verificar la continuidad de energía. 9. Montar todos los elementos a la estructura. 		

Fuente: Autores

Tabla 27. Mantenimiento de los cilindros

Descripción: Cilindros neumáticos		E.I.I
Tarea: Inspección – cambio		
Tiempo de cambio o revisión: 100 horas		
Herramientas	Materiales	E.P.P
Destornillador plano	Guaípe	Overol
Destornillador estrella	Aceite ISO VG32	Gafas
Llaves de corona	Teflón	Guantes
Playo	Gasolina	
Procedimiento:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Desconectar la alimentación neumática de los cilindros neumáticos. 2. Desmontar los tornillos de los cilindros neumáticos. 3. Limpiar la parte interna del cilindro con gasolina. 4. Verificar el estado de los empaques de caucho, racores, de estar en mal estado proceder a realizar el cambio. 5. Lubricar internamente el cilindro. 6. Montar todos los elementos. 7. Verificar que no exista pérdidas de aire. 		

Fuente: Autores

- **Mantenimiento mecánico**

Tabla 28. Mantenimiento de las chumaceras y rodamientos

Descripción: Chumaceras y rodamientos		E.I.I
Tarea: Inspección – cambio		
Tiempo de cambio o revisión: Chumaceras - rodamientos 160 horas		
Herramientas	Materiales	E.P.P
Llave hexagonal Llave tipo corona Llave rache Aumento de rache Copa	Guaie Gasolina Grasa LGMT 2	Overol Gafas Guantes
Procedimiento:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Desconectar toda fuente de energía eléctrica del módulo interactivo. 2. Aflojar de los extremos laterales de la estructura metálica los tornillos templadores de los rodillos. 3. Desmontar los tornillos que sujetan las chumaceras a la estructura metálica. 4. Sacar con cuidado las bandas transportadoras (caucho-metal). 5. Sacar con cuidado los rodillos y las chumaceras que están unidas entres si por prisioneros formando un solo cuerpo. 6. Aflojar los prisioneros de las chumaceras. 7. Limpiar las chumaceras, lubricar y verificar el funcionamiento de los rodamientos, caso contrario reemplazar estas. 8. Montar los elementos en la estructura. 		

Fuente: Autores

Tabla 29. Mantenimiento de la caja reductora tornillo sin fin

Descripción: Caja reductora tornillo sin fin		E.I.I
Tarea: Mantenimiento		
Tiempo de cambio o revisión: 15 días		
Herramientas	Materiales	E.P.P
Llave inglesa Llave	Guaie Aceite SAE 85	Overol Gafas Guantes
Procedimiento:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Desconectar toda fuente de energía eléctrica del módulo interactivo. 2. Aflojar los pernos de sujeción de la caja reductora de la estructura. 3. Sacar con cuidado las bandas de transmisión. 4. Inspeccionar las poleas. 5. Limpiar la caja reductora, aflojar el tapón de llenado, vaciar el aceite. 6. Lubricar, se recomienda utilizar un SAE 85 e inspeccionar el nivel. 7. Poner el tapón y montar los elementos en la estructura. 		

Fuente: Autores

Tabla 30. Mantenimiento de las poleas y bandas de transmisión

Descripción: Poleas y bandas de transmisión de movimiento.		E.I.I
Tarea: Inspección – cambio		
Tiempo de cambio o revisión: 160 horas		
Herramientas	Materiales	E.P.P
Llave hexagonal Martillo de goma Desarmador plano Nivel	Guaípe Gasolina	Overol Gafas Guantes
Procedimiento:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Desconectar toda fuente de energía eléctrica del módulo interactivo. 2. Desmontar los pernos de las tapas de protección de los motores. 3. Desmontar los pernos que sujetan los motores a la estructura metálica. 4. Sacar las bandas de transmisión de las poleas, limpiar. 5. Verifico el estado de las poleas y de las bandas de transmisión de movimiento, siempre que se presente desgaste o deformación proceder a realizar el cambio de estas. 6. Aflojar los prisioneros de las poleas y sacar con cuidado, luego al armar alinear correctamente. 7. Montar los elementos en la estructura. 		

Fuente: Autores

Tabla 31. Mantenimiento de las bandas (caucho – metal)

Descripción: Bandas (caucho – metal)		E.I.I
Tarea: Inspección – cambio		
Tiempo de cambio o revisión: Cada semana		
Herramientas	Materiales	E.P.P
Llave hexagonal Llave tipo corona Llave rache	Guaípe	Overol Gafas Guantes
Procedimiento:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Desconectar toda fuente de energía eléctrica del módulo interactivo. 2. Aflojar de los extremos laterales de la estructura metálica los tornillos templadores de los rodillos. 3. Desmontar los tornillos que sujetan las chumaceras a la estructura metálica. 4. Sacar con cuidado los rodillos y las chumaceras que están unidas entre sí por prisioneros formando un solo cuerpo. 5. Sacar la banda transportadora (caucho-metal) y verificar su estado, si presenta desgaste o deformación proceder a hacer el cambio. 6. Aflojar los prisioneros de las chumaceras y verificar su estado. 		

Fuente: Autores

5.7.4 Checklist general del módulo interactivo del sistema termorretráctil

- **Mantenimiento mecánico**

Tabla 31. Checklist general mantenimiento mecánico

Checklist general mantenimiento mecánico													
Responsable: _____										Hora de inicio:			
										Hora de finalización:			
Elementos mecánicos	Lista de actividades	Periodicidad mensual										Observaciones	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Moto-reductor	Operación de limpieza												
	Lubricación												
Chumaceras y rodamientos	Operación de limpieza												
	Revisar apriete de los pernos de enclavamiento												
Poleas y bandas	Lubricación												
	Verificar alineación												
Banda de transmisión	Verificar apriete prisioneros												
	Verificar estado de correas de transmisión												
Banda de transmisión	Operación de limpieza												
	Verificar alineación de los rodillos metálicos												
Banda de transmisión	Verificar tensador												

Fuente: Autores

- **Mantenimiento neumático**

Tabla 32. Checklist general mantenimiento neumático

Checklist general mantenimiento neumático													
Responsable: _____										Hora de inicio:			
										Hora de finalización:			
Elementos neumáticos	Lista de actividades	Periodicidad mensual										Observaciones	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Electroválvulas	Operación de limpieza												
	Verificar estado de racords y acoples												
Cilindros neumáticos	Operación de limpieza												
	Verificar estado de racords y acoples												
	Lubricar												
FRL	Operación de limpieza												
	Verificar la presión de trabajo												
	Lubricar												

Fuente: Autores

- **Mantenimiento eléctrico**

Tabla 33. Checklist general mantenimiento eléctrico

Checklist general mantenimiento eléctrico													
Responsable: _____										Hora de inicio:			
										Hora de finalización:			
Elementos eléctricos	Lista de actividades	Periodicidad mensual										Observaciones	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Cables	Revisar el estado de las conexiones												
	Aislar completamente los amarres												
	Revisar el estado de los terminales eléctricos												
Resistencias eléctricas controlador analógico	Operación de limpieza												
	Revisar el estado de los cables y terminales												
	Chequear aislantes que sujetan a las niquelinas												
	Verificar el estado de la termocupla												
PLC	Operación de limpieza												
	Revisar la alimentación del PLC												
	Revisar las conexiones de E/S												
Motor eléctrico	Operación de limpieza												
	Inspeccionar estado de los cables												
	Inspeccionar los bobinados rotor - estator												
	Inspeccionar estado del eje y sus rodamientos												
Aparatos de protección	Operación de limpieza												
	Inspeccionar la continuidad de energía												
Selladora cortadora	Verificar el estado de los relés y fusibles												
	Operación de limpieza												
	Revisar el estado de las conexiones												
	Revisar el estado de la niquelina												
	Inspeccionar la continuidad de energía												

Fuente: Autores

CAPÍTULO VI

6. COSTOS

Se realiza un análisis general de los costos efectuados en la construcción del módulo interactivo del sistema termoretráctil.

6.1 Costos directos

Son todos aquellos que se relacionan directamente con su fabricación u obtención.

6.1.1 Costos neumáticos

Tabla 34. Costos neumáticos

Cantidad	Descripción	V. Unitario (USD)	V. Total (USD)
3	Válvulas electroneumáticas 5/2 110 V	34,54	103,62
1	Unidad de mantenimiento (FRL)	21,5	21,5
6 mts	Manguera plástica synflex 1/4	1,21	7,26
4	Orings	0,64	2,56
2	Teflón	0,6	1,2
4	Acople en tee 1/4 rápida	1,03	4,12
8	Racores 1/8	0,88	7,04
9	Acoples rectos 1/4	1,18	10,62
6	Silenciadores 1/8	0,86	5,16
1	Cilindro neumáticos C. 60 mm	10	10
1	Cilindro neumáticos C. 300 mm	40	40
1	Cilindro neumáticos C. 200 mm	30	30
1	Cilindro neumáticos C. 100 mm	20	20
	Total		263,08

Fuente: Autores

6.1.2 Costos de transporte de material

Tabla 35. Costos de transporte de material

Nº	Descripción	V. Unitario (USD)	V. Total (USD)
1	Fletes del material	25	25
	Total		25

Fuente: Autores

6.1.3 Costos mecánicos

Tabla 36. Costos mecánicos

Cantidad	Descripción	V. Unitario (USD)	V. Total (USD)
2	Motores/eléctricos-monofásico ¼ Hp	85,71	171,42
2	Cajas reductoras 50/1 Tro	84,6	169,2
3	Tubo cuadrado 1" x 1"	5	15
2 mts	Tubo redondo 8,6 mm x 2 mm	9	9
3	Tubo cuadrado 1 ½" - 1.5 mm	13	39
1,70 mts	Angulo 1 ½" - 1/8"	2,38	2,38
1,70 mts	Angulo 25 ^ 2	1,09	1,09
1 mts	Platina 1/2 x 1/8 (13x3)	0,4	0,4
2	TC 1 ½" x 2 mm	14,29	28,57
1	Plancha TOL HG 1 mm	13,54	13,54
1	Plancha TOL HG 2 mm	18,96	18,96
1	Banda de metal	14	14
1	Banda de caucho	22	22
8	Chumaceras bower	4,24	33,92
4	Bandas de transmisión tipo A	5,7	22,8
3	Poleas aluminio 15 cm	5,3	15,9
4	Poleas aluminio 6 cm	2,16	8,64
1	Polea aluminio 13 cm	4,5	4,5
1 mts	Eje de transmisión 5/8	2,4	2,4
5 mts	Eje de transmisión 5/16	0,75	3,75
0,08 kg	Nylon 19-20mm 3/4	1,24	1,24
2 planchas	Lana de vidrio con aluminio	3,5	7
3 planchas	Lana de vidrio sin aluminio	2,5	7,5
5	Pliego de lija # 180	0,6	3
4	Pliego de lija # 1000	0,5	2
2	Cemento de contacto	1	2
1 lt	AirLux azul colonial	4,8	4,8
1 lt	AirLux aluminio	1,68	1,68
1 lt	Boroxinc gris mate	3,58	3,58
1 gl	Thiñer laca coda	5,49	5,49
12	Prisiones cabeza allen	0,29	3,48
1 mts	Carpa blanca	1,25	1,25
2	Masilla unidas plástica uniplast	5,9	11,8
1 kg	Pernos triple pato 3/16	5,25	5,25
1 kg	Pernos triple pato 1/4	5,25	5,25
1 kg	Pernos rosca gruesa 3/8 - arandela - tuercas	4,25	4,25
1 kg	Pernos rosca gruesa 5/16 - arandela - tuercas	4,8	4,8
1 kg	Pernos rosca gruesa 5/8 - arandela - tuercas	4,7	4,7
1 kg	Pernos rosca gruesa 3/16 - arandela - tuercas	3,36	3,36
4	Arandelas 5" pulgadas	4	4
8	Arandelas 4" pulgadas	3,5	3,5
1 kg	Remaches 3/16	1,7	1,7
1 kg	Remaches 1/4	2,7	2,7
	Otros	30	30
	Total		719,44

Fuente: Autores

6.1.4 Costos eléctricos

Tabla 37. Costos eléctricos

Cantidad	Descripción	V. Unitario (USD)	V. Total (USD)
1	Luz piloto verde 110V	1,71	1,71
1	Pulsador rojo 110V	1,86	1,86
1	Pulsador verde 110V	1,86	1,86
1	Pulsador emergencia 110V	2,5	2,5
1	Contactador LG SMC-30A 110V	13,35	13,35
8 mts	Cable flexible	0,28	2,24
2	Relay LY2 pines planos 110VAC/10A	2,95	5,9
2	Bases para relay LY2-8PIN planos grande	2,15	4,3
1	Relay MY2 pines planos 110VAC/5A	2,95	2,95
1	Bases para relay MY2-8PIN planos peq	1,66	1,66
1	Gabinete metálico liviano 40x30x20	32,04	32,04
1	Controlador de temperatura	16,35	16,35
1 mts	Spaguetti # 8	0,37	0,37
3	Cable de alta temperatura	4,62	13,86
4	Base fusible 32 A	5,8	23,21
1	Selladora de funda	21,05	21,05
2	Canaleta lisa	2,14	4,28
3	Ángulos externos para canaleta lisa	0,36	1,07
1	CPU 1212C AC/DC/RELE 110/220V	435	435
50	Cable flexible # 16	0,25	12,5
12 mts	Cable flexible # 12	2,14	25,68
1	Fusible camco 10x38 RT14-20 /25 A	0,56	0,56
2	Fusible camco 10x38 RT14-20 /16 A	0,56	0,56
1 mts	Riel Din	2,15	2,15
2	Resistencia eléctrica 110V - 1200 W	21,88	43,76
2	Resistencia eléctrica 110V - 600 W	20	40
1	Ventilador vene 2	13,12	13,12
4 mts	Cable solido # 12	0,33	1,32
2	Enchufe	0,99	1,98
1	Ventrol eléctrico 2" - 2 A	45	45
2	Rollos de cinta aislante	0,8	1,6
8	Borneras 15 A	0,45	3,6
1	Sensor foto eléctrico BEN 5M-MAR	35	35
		Total	812,59

Fuente: Autores

6.1.5 Costos de maquinaria y equipos

Tabla 38. Costos de maquinaria y equipos

N°	Descripción	V. Unitario (USD)	V. Total (USD)
1	Torno	45	45
2	Soldadora	30	30
3	Taladro de pedestal	10	10
4	Amoladora	15	15
5	Taladro manual	10	10
		Total	110

Fuente: Autores

6.1.6 Costos directos totales

Tabla 39. Costos directos totales

N°	Descripción	V. Unitario (USD)	V. Total (USD)
1	Costos eléctricos	812,59	812,59
3	Costos mecánicos	719,64	719,44
2	Costos neumáticos	263,08	263,08
4	Costos de maquinaria y equipos	110	110
5	Costos de transporte de material	25	25
		Total	1930,11

Fuente: Autores

6.1.7 Costos indirectos

Tabla 40. Costos indirectos totales

N°	Descripción	V. Unitario (USD)	V. Total (USD)
1	Ingenieriles (supervisión y diseño)	50	50
2	Imprevistos	100	100
		Total	150

Fuente: Autores

6.2 Costos totales

Tabla 41. Costos totales

N°	Descripción	V. Unitario (USD)	V. Total (USD)
1	Costos directos totales	1930,11	1930,11
2	Costos indirectos totales	150	150
		Total	2080,11

Fuente: Autores

El costo total del módulo interactivo del sistema termoretráctil es \$ 2080,11 dólares.

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Se ha seleccionado los elementos mecánicos, eléctricos, neumáticos de acuerdo a la necesidad que requiere el módulo para su desempeño.

Se realizó la respectiva programación ladder de acuerdo al modelo sistemático del módulo termoretráctil.

Se procedió a la realización de una manual de operación y de mantenimiento para un mejor funcionamiento del sistema termoretráctil.

Se implementó el laboratorio de automatización de procesos con el modulo interactivo termoretráctil, el cual cumple con las expectativas trazadas, siendo versátil, resistente, y de fácil manejo que se utilizará para realizar prácticas en el laboratorio de automatización de la escuela de ingeniería industrial.

7.2 Recomendaciones

Antes de manipular el sistema termoretráctil, persistir en una previa inducción por el docente encargado de acuerdo al manual de operación para un correcto funcionamiento del módulo y evitando un posible accidente.

Realizar una verificación manual del funcionamiento de los cilindros neumáticos a partir de la electroválvula para un correcto funcionamiento cuando el sistema esté en plena actividad.

Realizar el respectivo mantenimiento de acuerdo a los checklist para evitar un desperfecto mecánico, eléctrico o neumático.

Es prudente que al realizar las prácticas en el módulo interactivo, siempre tratar de mejorar el mismo buscando la forma de implementar e innovar con nuevas ideas.

BIBLIOGRAFÍA

FESTO PNEUMATIC. 2005. Catálogo FESTO PNEUMATIC. 2005.

KAUMAN. 2008. Manual de Bandas Transportadoras y Accesorios. Madrid : s.n., 2008.

SALINAS PINEDA, Edmundo. 2011. FÍSICA 2. FLUIDOS CALOR ONDAS Y SONIDO. Loja : s.n., 2011.

MORÁN, Iván. 2008. Apuntes de Sistemas Neumáticos. Riobamba : FACULTAD DE MECÁNICA, 2008.

SKF. 2003. Catalólo General de Selección de Rodamientos y Chumaceras. 2003.

Wikipedia. 2011. Importancia de la automatización. [En línea] 2011. [Citado el: 12 de 03 de 2014.]

http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/articulos/automat_tiempos_de_crisis10-9.pdf.

WEQ. 2013. Maniobra y protección de Motores Eléctricos. [En línea] 2013. [Citado el: 13 de abril de 2014.] www.weg.net.

Wikipedia. 2009. Motor eléctrico. [En línea] 2009. [Citado el: 10 de 03 de 2014.] <http://experimento.wikispaces.com/file/view/motor.jpg/30208559/motor.jpg>.

Machine Elements Dobrovolsky

