



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN  
PROTOTIPO AUTOMATIZADO PARA LA SIMULACIÓN  
DEL PROCESO DE ENFUNDADO DE PRENDAS TEXTIL  
EN EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE  
INGENIERÍA INDUSTRIAL, ESPOCH”**

**DEFAZ JAMI WILLIAM OSWALDO  
PEÑA ALUCHO JOFFRE GEOVANNY**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2015**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013-12-05

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**WILLIAM OSWALDO DEFAZ JAMI**

---

Titulada:

**“ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO AUTOMATIZADO PARA LA SIMULACIÓN DEL PROCESO DE ENFUNDADO DE PRENDAS TEXTIL EN EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL, 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. Elvis Enrique Argüello  
ASESOR DE TESIS

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013-12-05

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**JOFFRE GEOVANNY PEÑA ALUCHO**

---

Titulada:

**“ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO AUTOMATIZADO PARA LA SIMULACIÓN DEL PROCESO DE ENFUNDADO DE PRENDAS TEXTIL EN EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL, 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. Elvis Enrique Argüello  
ASESOR DE TESIS

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE: WILLIAM OSWALDO DEFAZ JAMI**

**TÍTULO DE LA TESIS: “ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO AUTOMATIZADO PARA LA SIMULACIÓN DEL PROCESO DE ENFUNDADO DE PRENDAS TEXTIL EN EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL, ESPOCH”**

**Fecha de Examinación: 2015-04-06**

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Orozco Ramos DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Elvis Enrique Argüello 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. Marco Santillán Gallegos  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE: JOFFRE GEOVANNY PEÑA ALUCHO**

**TÍTULO DE LA TESIS: “ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO AUTOMATIZADO PARA LA SIMULACIÓN DEL PROCESO DE ENFUNDADO DE PRENDAS TEXTIL EN EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL, ESPOCH”**

**Fecha de Examinación: 2015-04-06**

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Orozco Ramos DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Elvis Enrique Argüello 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. Marco Santillán Gallegos  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

William Oswaldo Defaz Jami

---

Joffre Geovanny Peña Alucho

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo Académico-Profesional, va dedicado en especial a mi hermano Jorge Edison Defaz Jami, por protegerme y estar siempre a mi lado en el transcurso de mis estudios, a mis maravillosos Padres, Jorge Oswaldo Defaz Jami y Blanca Matilde Jami Chicaiza por ser pilares fundamentales para culminar esta etapa de mi vida y ser quienes día a día me brindan incondicionalmente su apoyo moral y su ejemplo para verme superar.

A mis amigos y compañeros, quienes directa o indirectamente me apoyaron para continuar paso a paso con mis estudios.

A mi Director y Asesor por el apoyo académico-científico para el desarrollo de mi tesis.

**William Oswaldo Defaz Jami**

Este presente trabajo se lo dedico en especial a mi padre Segundo Tomas Peña Tixe que desde el cielo me ha ayudado con su bendición y que a pesar del tiempo transcurrido no olvido el infinito amor que siempre me brindo, a mi querida madre María Luisa Alucho García, a mi hermano y a mi hermana que sin su amor y apoyo incondicional no hubiera podido culminar esta etapa más de mi vida.

**Joffre Geovanny Peña Alucho**

## **AGRADECIMIENTO**

El más sincero agradecimiento a Dios por brindarme la salud y la vida para culminar esta etapa de mi vida, así como a toda mi Familia, en especial a mi Padre Jorge Oswaldo Defaz Jami, por el apoyo puro y sincero desde siempre y para siempre.

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona útil para la sociedad.

Al Ing. Jhonny Orozco, así como al Ing. Elvis Arguello, quienes desinteresadamente me apoyaron para culminar con éxito el presente trabajo de Tesis.

**William Oswaldo Defaz Jami**

El más sincero agradecimiento a Dios por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi vida y lograr culminar esta etapa más en mi vida, a mi madre María Luisa Alucho García por su cariño, comprensión y a toda mi familia por brindarme su apoyo incondicional.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona útil para la sociedad.

A mis amigos y compañeros que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Agradezco al Ing. Jhonny Orozco y al Ing. Elvis Arguello por brindarme el apoyo incondicional y asesoramiento de la tesis, quienes supieron guiarnos e impartir sus valiosos conocimientos.

**Joffre Geovanny Peña Alucho**

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación .....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general.</i> .....	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos.</i> .....	2
<b>2. MÁRCO TEÓRICO</b> .....	3
2.1 Sistemas de sellado.....	3
2.1.1 <i>Sellado con mordaza y controlada por termopar.</i> .....	3
2.1.2 <i>Sellado por impulso.</i> .....	3
2.2 Máquinas empacadoras.....	4
2.2.1 <i>Máquinas selladoras manuales.</i> .....	4
2.2.2 <i>Selladora manual con bastidor y actuador neumático</i> .....	4
2.2.3 <i>Maquinas empacadoras automáticas.</i> .....	5
2.2.3.1 <i>Máquinas empacadoras verticales de tres costuras.</i> .....	5
2.2.3.2 <i>Empacadoras horizontales.</i> .....	6
2.3 Control de las máquinas empacadoras.....	6
2.4 Automatización.....	7
2.5 Controlador lógico programable (PLC).....	7
2.5.1 <i>Características de los PLC.</i> .....	7
2.6 PLC S7 - 1200. ....	8
2.6.1 <i>Software.</i> .....	8
2.6.2 <i>Características de los PLC S7- 1200.</i> .....	8
2.7 Motores eléctricos.....	9
2.7.2 <i>Partes fundamentales de un motor eléctrico</i> .....	9
2.8 Resistencia térmica .....	10
2.8.1 <i>Conductancia térmica.</i> .....	10
2.9 Electroneumática .....	10
2.9.1 <i>Dispositivos que participan en sistema electroneumático básico:</i> .....	10
2.10 Cilindros.....	11
2.10.1 <i>Funcionamiento del cilindro.</i> .....	11
2.10.2 <i>Clasificación.</i> .....	11
2.11 Electroválvulas .....	12
2.11.1 <i>Funcionamiento.</i> .....	12
2.12 Lenguaje de programación PLC'S.....	12
2.12.1 <i>Programa y lenguaje de programación.</i> .....	12
2.12.2 <i>Programas de aplicación y del sistema</i> .....	12
2.12.3 <i>Tipos de lenguajes de programación de PLC'S</i> .....	13
2.13 La norma IEC 1131-3 .....	13
2.14 Lenguaje LADDER .....	14
2.14.1 <i>Elementos de programación.</i> .....	14
2.14.2 <i>Programación.</i> .....	15
<b>3. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL PROTOTIPO CON PLC S7-1200</b> .....	17
3.1 Selección del sistema.....	17

3.1.1	<i>Selección del tipo de enfundado de prendas textiles.</i>	17
3.1.1.1	<i>Alternativa 1.</i>	17
3.1.1.2	<i>Alternativa 2.</i>	18
3.1.1.3	<i>Análisis para la selección del tipo de enfundado de prendas textiles.</i>	18
3.1.2	<i>Sistema seleccionado.</i>	20
3.2	<i>Secuencia de trabajo</i>	21
3.2.1	<i>Descripción del proceso de enfundado de prendas textil.</i>	21
3.3	<i>Diseño del circuito electroneumático</i>	23
3.4	<i>Diseño del circuito eléctrico</i>	23
3.5	<i>Selección de elementos.</i>	24
3.5.1	<i>Selección de cilindros neumáticos.</i>	24
3.5.1.1	<i>Principio de funcionamiento de los cilindros para el proceso de enfundado.</i>	24
3.5.2	<i>Selección de electroválvulas.</i>	29
3.5.3	<i>Selección de la unidad de mantenimiento (FRL).</i>	29
3.5.4	<i>Selección de la banda transportadora.</i>	30
3.5.4.1	<i>Determinación del ancho de la banda transportadora.</i>	30
3.5.4.2	<i>Determinación del material de la banda transportadora.</i>	32
3.5.4.3	<i>Velocidad de la banda transportadora.</i>	33
3.5.5	<i>Selección de los rodillos.</i>	33
3.5.6	<i>Selección de chumaceras.</i>	34
3.5.7	<i>Selección del motor.</i>	35
3.5.7.1	<i>Cálculo del esfuerzo necesario para desplazar la banda transportadora en vacío.</i>	35
3.5.7.2	<i>Calculo del esfuerzo necesario para desplazar la banda transportadora con carga</i>	37
3.5.7.3	<i>Selección del motor eléctrico.</i>	38
3.5.7.4	<i>Diagrama del circuito de potencia.</i>	40
3.5.8	<i>Selección del reductor de velocidades.</i>	40
3.5.9	<i>Selección de poleas.</i>	41
3.5.10	<i>Selección de la banda de transmisión.</i>	43
3.5.11	<i>Cálculo de la resistencia eléctrica (Niquelinas).</i>	49
3.5.12	<i>Selección del contactor.</i>	51
3.5.13	<i>Selección del relé térmico.</i>	53
3.5.14	<i>Selección del plástico (Celofán).</i>	53
3.5.15	<i>Selección de otros accesorios.</i>	54
3.5.16	<i>Selección del Controlador Lógico Programable.</i>	56
3.6	<i>Construcción y montaje del prototipo</i>	58
3.6.1	<i>Construcción de la estructura</i>	58
3.6.2	<i>Montaje de las bandas transportadoras</i>	58
3.6.2.1	<i>Componentes de la banda transportadora 1:</i>	58
3.6.2.2	<i>Componentes de la banda transportadora 2:</i>	59
3.6.3	<i>Montaje total del prototipo</i>	60
3.6.4	<i>Armado de la caja de control</i>	60
3.6.5	<i>Análisis estático.</i>	61
3.7	<i>Programación del PLC</i>	64
<b>4.</b>	<b>MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y GUÍAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO.</b>	<b>69</b>
4.1	<i>Carga del programa del ordenador al PLC</i>	69
4.2	<i>Manual de operaciones del prototipo de enfundado de prendas textiles</i>	73

4.2.1	<i>Objetivo.</i>	73
4.2.2	<i>Alcance.</i>	73
4.2.3	<i>Responsabilidades</i>	73
4.2.3.1	<i>Responsabilidad académica</i>	73
4.2.3.2	<i>Responsabilidad operativa</i>	73
4.2.4	<i>Procedimiento</i>	74
4.2.4.1	<i>Gestión previa y planificación</i>	74
4.2.4.2	<i>Gestión en el laboratorio</i>	74
4.3	Procedimiento para el mantenimiento preventivo del prototipo de enfundado de prendas textiles	79
4.3.1	<i>Objetivo.</i>	79
4.3.2	<i>Alcance.</i>	79
4.3.3	<i>Definiciones:</i>	80
4.3.4	<i>Responsabilidades</i>	80
4.3.4.1	<i>Responsabilidad académica:</i>	80
4.3.4.2	<i>Responsabilidad operativa:</i>	80
4.3.5	<i>Procedimiento:</i>	80
4.3.5.1	<i>Mantenimiento de los elementos mecánicos:</i>	80
4.3.5.2	<i>Mantenimiento de los elementos neumáticos:</i>	84
4.3.5.3	<i>Mantenimiento de los elementos eléctricos:</i>	84
4.4	Guía para práctica de laboratorio	86
<b>5.</b>	<b>COSTOS</b>	<b>91</b>
5.1	Costos directos	91
5.1.1	<i>Costos de elementos mecánicos</i>	91
5.1.2	<i>Costos de elementos eléctricos</i>	93
5.1.3	<i>Costos de los elementos neumáticos</i>	94
5.1.4	<i>Costos de maquinaria</i>	94
5.1.5	<i>Costos de transporte</i>	95
5.1.6	<i>Costos directos totales</i>	95
5.2	Costos Indirectos	95
5.3	Costos totales	96
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>97</b>
6.1	Conclusiones	97
6.2	Recomendaciones	97

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## **PLANOS**

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1 Símbolos de los elementos de programación.....	15
2 Selección del tipo de enfundado de prendas textiles .....	18
3 Selección del sistema de sellado.....	20
4 Selección de cilindros normalizado .....	27
5 Cilindro de doble efecto seleccionado.....	27
6 Electroválvula monoestable seleccionada .....	29
7 FRL seleccionado .....	30
8 Dimensiones del ancho de la banda 1 .....	31
9 Dimensiones del ancho de la banda 2.....	31
10 Selección de ancho de la banda transportadora .....	31
11 Aplicaciones de las bandas transportadoras .....	32
12 Tipo de material de las bandas transportadoras .....	32
13 Banda transportadora seleccionada.....	33
14 Diámetro exterior de rodillos.....	34
15 Chumaceras seleccionadas.....	34
16 El factor de fricción debido a las chumaceras (f) .....	36
17 Factor de fricción .....	36
18 Selección del motor .....	39
19 Selección del motor .....	39
20 Selección del motor .....	45
21 Criterios comparativos de las correas de transmisión.....	45
22 Coeficiente de variación de resistencia por grado de temperatura .....	50
23 Resistencia inicial de la niquelina.....	50
24 Aplicación del contactor en función de la categoría de servicio .....	51
25 Corriente cortada de acuerdo a la categoría de servicio .....	52
26 Contactor seleccionado.....	52
27 Relé térmico seleccionado .....	53
28 Celofán seleccionado .....	54
29 Accesorios para el prototipo enfundadura de prendas textiles 1 de 3.....	54
30 Accesorios para el prototipo enfundadura de prendas textiles 2 de 3.....	55
31 Accesorios para el prototipo enfundadura de prendas textiles 3 de 3.....	56
32 Entradas y salidas del proceso .....	57
33 PLC siemens S7-1200 1214 AC/DC/RLY seleccionado.....	57
34 Peso total de los componentes de la banda transportadora 2.....	62
35 Check list del prototipo.....	75
36 Análisis de seguridad de trabajo .....	77
37 Análisis de Seguridad de trabajo .....	77
38 Frecuencia de mantenimiento de la estructura.....	81
39 Frecuencia de mantenimiento del motor.....	81
40 Frecuencia de mantenimiento del reductor sin-fin corona .....	82

41	Frecuencia de mantenimiento de chumaceras .....	82
42	Frecuencia de mantenimiento de poleas .....	83
43	Frecuencia de mantenimiento de bandas de transmisión.....	83
44	Frecuencia de mantenimiento de banda transportadora.....	83
45	Frecuencia de mantenimiento del FRL.....	84
46	Frecuencia de mantenimiento de electroválvulas .....	84
47	Frecuencia de mantenimiento de relés, portafusibles y guardamotores .....	85
48	Frecuencia de mantenimiento del PLC .....	85
49	Designación de entradas y salidas .....	87
50	Costos mecánicos.....	91
51	Costos eléctricos .....	93
52	Costos neumáticos .....	94
53	Costos de maquinaria.....	94
54	Costos de transporte.....	95
55	Costos directos totales .....	95
56	Costos indirectos.....	95
57	Costo total.....	96

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1 Mordaza para sellado por temperatura constante .....	3
2 Niquelinas para sellado por impulso.....	4
3 Máquina selladora manual .....	4
4 Selladora manual con bastidor y actuador neumático .....	5
5 Empacadora vertical para bolsas de tres costuras.....	5
6 Empacadora horizontal .....	6
7 PLC S7- 1200 .....	8
8 Partes fundamentales de un motor eléctrico .....	9
9 Tipos de cilindros .....	11
10 Enfundado de prendas textiles manual por gravedad .....	17
11 Enfundado de prendas textiles horizontal con PLC S7-1200 .....	18
12 Mordaza de cobre con alojamiento para la resistencia eléctrica.....	19
13 Niquelinas para sellado por impulso.....	19
14 Enfundado de prendas textiles horizontal con PLC S7-1200 .....	20
15 Diagrama de movimientos de los cilindros .....	22
16 Secuencia de trabajo .....	22
17 Circuito electroneumático.....	23
18 Circuito eléctrico .....	23
19 Cilindro de doble efecto.....	24
20 Cilindros y soportes .....	24
21 Diagrama de banda transportadora .....	35
22 Diagrama de cuerpo libre.....	35
23 Diagrama del circuito de potencia .....	40
24 Reductor de velocidades sin fin-corona.....	41
25 Selección de poleas.....	41
26 Rueda dentada y cadena de transmisión .....	44
27 Polea y banda de transmisión .....	44
28 Distancias de las correas de transmisión .....	46
29 Correa trapecial para el sistema de transmisión 1 .....	47
30 Correa trapecial para el sistema de transmisión 2 .....	48
31 Estructuras .....	58
32 Montaje banda transportadora 1 .....	59
33 Montaje banda transportadora 2 .....	60
34 Prototipo ensamblado .....	60
35 Caja de control.....	61
36 Análisis estático .....	61
37 Circuito LADDER .....	64
38 Selección abrir la carpeta.....	69
39 Selección abrir el proyecto .....	69
40 Selección vista del proyecto .....	70

41	Selección en la carpeta PLC-S7 1200.....	70
42	Abrir el circuito LADDER .....	71
43	Selección cargar dispositivo .....	71
44	Selección del tipo de interfaz.....	72
45	Cargar la programación .....	72
46	Seleccionar aplicar todo cargar la programación.....	73
47	Diagrama neumático .....	78
48	Diagrama eléctrico.....	79
49	PLC S7- 1200 .....	89

## SIMBOLOGÍA

V	Volumen	cm <sup>3</sup>
$\rho$	Densidad	g/cm <sup>3</sup>
m	Masa	kg
W	Peso	N
P	Presión	Pa
F <sub>e</sub>	Fuerza efectiva	N
F <sub>T</sub>	Fuerza	N
F <sub>r</sub>	Fuerza de rozamiento	N
d	Diámetro del cilindro	mm
V	Consumo de aire	L/h
P <sub>atm</sub>	Presión atmosférica	Pa
A	Área	mm <sup>2</sup>
B	Ancho de la banda	mm
v	Velocidad	m/s
L	Distancia entre centros	m
F <sub>1</sub>	Esfuerzo necesario para mover la banda sin carga	N
F <sub>2</sub>	Esfuerzo necesario para mover la banda con carga	N
F	Esfuerzo total	N
P	Potencia	W
$\omega$	Velocidad angular	rad/s
D	Diámetro de la polea	in

## LISTA DE ABREVIACIONES

PLC	Controlador lógico programable
I	Entradas al PLC
Q	Salidas del PLC
VAC	Voltios de corriente alterna
VDC	Voltios de corriente directa
Bar	Bares de presión
n	Número de revoluciones
RPM	Revoluciones por minuto
HP	Caballos de fuerza
FRL	Filtro regulador lubricador o unidad de mantenimiento
Pa	Pascales
N	Newton
L	Litros
in	Pulgadas
$P_{atm}$	Presión atmosférica
Rc	Relación de compresión

## **LISTA DE ANEXOS**

A Construcción del prototipo

## RESUMEN

Se realizó la construcción e implementación de un prototipo automatizado con PLC S7-1200 para la simulación del proceso de enfundado de prendas textiles, para el laboratorio de automatización de procesos en la escuela de Ingeniería Industrial de la facultad de mecánica-ESPOCH, con la finalidad de desarrollar conocimiento, destreza y habilidad técnica en la automatización de procesos industriales.

Mediante los diferentes sistemas de enfundados de varias máquinas, se seleccionó la mejor alternativa para el diseño del prototipo que brinde el funcionamiento requerido, determinando la secuencia de trabajo y el diagrama de movimientos de los dispositivos a utilizarse.

Con los diagramas electroneumático y eléctrico se determinó los elementos mecánicos, eléctricos y neumáticos adecuados para el buen funcionamiento del prototipo. El mismo que está compuesto por dos estructuras de perfil estructural cuadrado de acero ASTM A36, motores eléctricos, reductores de velocidades, chumaceras, poleas, sistemas de transmisión, bandas transportadoras, PLC S7-1200, contactor, relés, transformadores, niquelinas, porta fusibles, cilindros neumáticos, electroválvulas y finales de carrera.

La programación tipo LADDER del proceso se realizó en el software TIA Portal V13, al igual que la interfaz PLC-ordenador utilizando un cable Ethernet. Considerando que el sistema de producción implementado se puede ampliar a una automatización avanzada. Se elaboró un manual de operación que sirva como guía previa de utilización y darle mantenimiento preventivo para prolongar la vida útil buscando el funcionamiento óptimo y efectivo del prototipo.

## **ABSTRACT**

The construction and implementation of an automated prototype was conducted with PLC S7-1200 for the simulation of bagged process of textile products for the Laboratory of automation of processes at Industrial Engineering School, Faculty of Mechanics-ESPOCH, in order to develop knowledge, skill and technical expertise in automation of industrial processes.

Through the different bagged systems of several machines; the best alternative was selected for the prototype design that provides the required operation, determining the sequence of work and the motion diagram of the devices to be used.

With the electro-pneumatic and electrical diagrams, electrical and pneumatic elements suitable for the proper operation of the prototype, were determined. This prototype; is composed of two structures of squared, structural, steel contour ASTM A36, electric motors, speed reducers, ball bearings, pulleys, transmission systems, conveyors, S7-1200 PLC, counter, relays, transformers, nickelines, fuse holders, pneumatic cylinders, electro valves and limit switches.

The type LADDER programming process is performed in TIA Portal V13 software, as well as the PLC-computer interface using an Ethernet cable. Whereas the production system implemented can be extended to an advanced automation.

It was developed an operating manual to be used as a preliminary guide of use and provide preventive maintenance in order to extend the life searching for the optimal functioning and effective prototype.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

Antiguamente en la industria existían imperfectas condiciones de trabajo, así mismo abundaban los denominados tiempos muertos, esto hacia que los producto tomaran exagerados tiempo de fabricación. Con la aparición de la fuerza de vapor y mecanización de la industria, se redujo los tiempos muertos en la fabricación de los productos, pero se incrementó los accidentes laborales, lo que obligo a aumentar medidas de seguridad para el ser humano así como para las máquinas para que no provocaren accidentes hacia él.

Hoy en día, la producción automatizada en la industria ha liberado al ser humano del trabajo físico y lo ha desplazado hacia tareas de supervisión y decisión, por lo que se ve obligado a adoptar nuevas conductas y formas de pensar frente a los autómatas.

Los Controladores Lógicos Programables (PLC) nacieron como solución al control de procesos de los circuitos complicados de automatización. Por lo tanto se puede decir un PLC es un equipo electrónico que constituye los circuito auxiliares o de mando de los sistemas automáticos. El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. Donde es necesario un proceso de maniobra, control señalización, etc., para complementar y reforzar el aprendizaje de los estudiantes con la práctica. Aprendizaje que ha llevado a realizar un prototipo automatizado para la simulación del proceso de enfundado de prendas textil, el cual será de gran aporte para la formación de los Ingenieros Industriales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y para la sociedad.

### 1.2 Justificación

La Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior

Politécnica de Chimborazo no cuenta con laboratorios de automatización de procesos que ayude a los estudiantes a poner en práctica los conocimientos teóricos adquiridos en las diferentes asignaturas, además debido a los avances tecnológicos que hoy en día forman parte de cada una de las organizaciones, empresas, industrias etc., que es de suma importancia generar nuevas alternativas de aprendizaje con el fin de lograr un intelectual y óptimo desarrollo del conocimiento en el estudiante para el servicio tanto de la empresa como del país, con sistemas automatizado el cual garantizan maximizar la producción, mejorar la calidad, seguridad de los empleados, mejorar el nivel de vida de los trabajadores.

Debido a estas razones se ve la necesidad de elaborar e implementar un prototipo automatizado con control lógico programable (PLC) para la simulación de un proceso de enfundado de prendas textil el cual ayudara al estudiante a programar y controlar dicho proceso en tiempo real.

### **1.3 Objetivos**

**1.3.1** *Objetivo general.* Elaborar e implementar un prototipo automatizado para la simulación del proceso de enfundado de prendas textil en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Industrial, ESPOCH

**1.3.2** *Objetivos específicos.*

Seleccionar la alternativa funcional para el diseño del prototipo del proceso de enfundado de prendas textiles.

Seleccionar los elementos mecánicos, eléctricos y neumáticos para la elaboración del prototipo de enfundado de prendas textil.

Diseñar la programación para la simulación del proceso de enfundado de prendas textil.

Elaborar el manual de operación y mantenimiento para el prototipo.

Elaborar la guía de prácticas de laboratorio para el prototipo.

## CAPÍTULO II

### 2. MÁRCO TEÓRICO

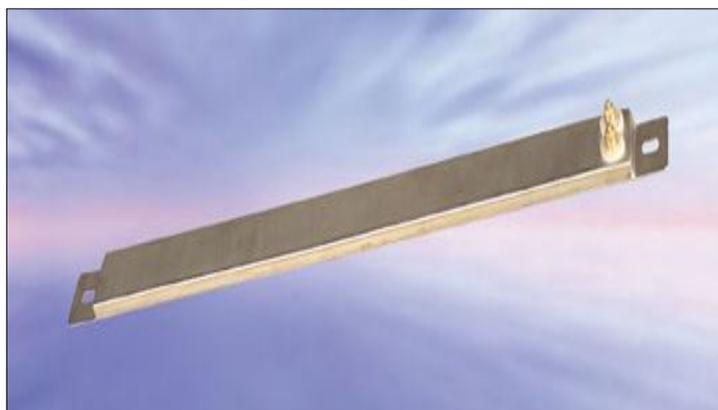
#### 2.1 Sistemas de sellado

Existen varios sistemas que utilizan calor y presión para efectuar el sellado de películas plásticas, los más usados son los que funcionan con resistencias eléctricas como fuentes de calor.

**2.1.1 Sellado con mordaza y controlada por termopar.** El método de “mordaza caliente” produce la unión de los materiales plásticos por presión y aporte de calor, aquí la temperatura es controlada durante todo el proceso utilizando resistencias eléctricas montadas dentro o fuera de una mordaza que se fabrica de un buen conductor térmico.

La temperatura es medida por un termopar conectado a ésta y el suministro de corriente controlado por algún instrumento (pirómetro). Este tipo de sellado es ideal para materiales plásticos como el polipropileno.

Figura 1. Mordaza para sellado por temperatura constante



Fuente: [www.asso-forming.com](http://www.asso-forming.com)

**2.1.2 Sellado por impulso.** Sistema más usado, en el que el sellado lo realiza una resistencia eléctrica tipo banda (niquelinas) que puede ser plana o circular. Sólo es calentada un tiempo determinado. El control de la temperatura de las niquelinas se lo

logra regulando el período de impulso de la corriente por medio de un temporizador electrónico y regulando el voltaje suministrado.

El sellado por impulso permite remover el calor rápidamente después de que el sello se ha producido. La unión es más resistente y tiene una apariencia más homogénea.

Figura 2. Niquelinas para sellado por impulso



Fuente: [www.tossheatseal.com/supplies.html](http://www.tossheatseal.com/supplies.html)

## 2.2 Máquinas empacadoras

**2.2.1 Máquinas selladoras manuales.** Son máquinas utilizadas para sellar fundas de polietileno, polipropileno, poliéster-polietileno, entre otros. Son de carácter doméstico ya que la producción de empaques es muy baja y necesariamente requiere de una funda preformada.

Figura 3. Máquina selladora manual



Fuente: [www.bonomi-resistencias.com.ar/selladoras.html](http://www.bonomi-resistencias.com.ar/selladoras.html)

**2.2.2 Selladora manual con bastidor y actuador neumático.** Son máquinas que tiene un accionamiento repetitivo del pedal, el cual controla al actuador neumático con la ayuda de la extremidad inferior del operario.

Figura 4. Selladora manual con bastidor y actuador neumático



Fuente: [www.procesoscontinuos.com](http://www.procesoscontinuos.com)

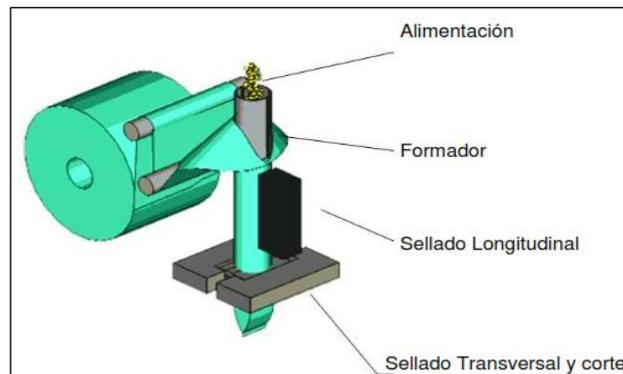
**2.2.3 Máquinas empacadoras automáticas.** Son máquinas que combinan sistemas mecánicos, neumáticos y electrónicos para la producción elevada de empaques. Además, permiten adaptar equipos para mejorar la presentación y calidad de productos como son cintas transportadoras, sensores, etc.

Las máquinas empacadoras automáticas pueden llegar a reducir los costos por mano de obra. Son máquinas ideales para grandes productores y empresas que necesitan un elevado volumen de producción.

Estas máquinas empacadoras son de dos tipos, verticales y horizontales.

**2.2.3.1 Máquinas empacadoras verticales de tres costuras.** Este tipo de máquinas sellan el material realizando tres costuras, dos horizontales y una vertical. El material a enfundar se alimenta desde la bobina hacia el formador donde se genera un tubo continuo que es sellado verticalmente.

Figura 5. Empacadora vertical para bolsas de tres costuras



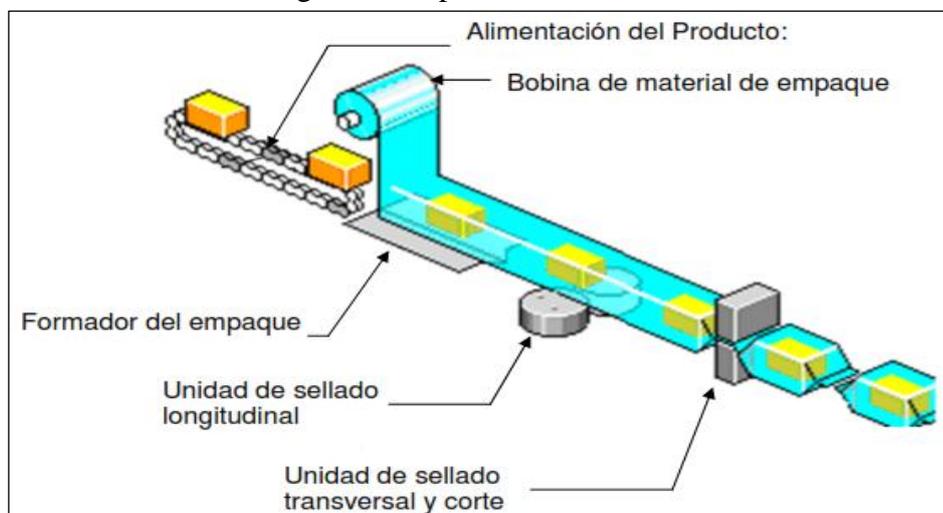
Fuente: [www.atc-ltd.co.uk/industrial.htm](http://www.atc-ltd.co.uk/industrial.htm)

**2.2.3.2 Empacadoras horizontales.** La máquina crea un tubo de plástico partiendo de una lámina flexible y el producto lo atraviesa hasta alcanzar una mordaza que delimitara el principio y el final del paquete.

Desde un eje porta bobina el material flexible que puede ser polipropileno, o un material complejo según las exigencias, pasa a través de un túnel conformador y se sella por aportación de las niquelinas.

El empaque en una máquina horizontal es usado para empaquetar comúnmente productos formados en una sola pieza de dimensiones no muy grandes, que requieren cadencias altas y lotes homogéneos, como tarjetas telefónicas y prendas textiles, etc.

Figura 6. Empacadora horizontal



Fuente: [www.atc-ltd.co.uk/industrial.atm](http://www.atc-ltd.co.uk/industrial.atm)

### 2.3 Control de las máquinas empacadoras

En las maquinas empacadoras modernas, una adecuada sincronización de los diferentes sistemas permite que se obtenga una gran capacidad de producción, es por ese motivo que el control automático es un aspecto muy importante dentro de las máquinas destinadas a la producción.

La utilización de componentes estándar para su fabricación, fáciles de conseguir en el mercado nacional e internacional a un costo moderado, evita que el usuario deba recurrir al fabricante para la provisión de repuestos.

La producción y algunas exigencias de seguridad son tales, que es necesario hacer que las máquinas se detengan rápidamente como sea posible. El método más eficiente de controlar la velocidad de un motor eléctrico es por medio de un variador electrónico de frecuencia. No se requiere motores especiales, son mucho más eficientes y tienen precios cada vez más competitivos.

## **2.4 Automatización**

Es la parte de la ingeniería que permite desarrollar diferentes tipos de procesos, actividades a través de elementos mecánicos, electrónicos, neumáticos y ayudan a controlar los mismos.

Automatización según la RAE:

- ✓ Automatización: Acción y efecto de automatizar.
- ✓ Automatizar: Aplicar la automática a un proceso, un dispositivo, etc.
- ✓ Automática: Pertenciente o relativo al autómeta.
- ✓ Autómata: Instrumento o aparato que encierra dentro de sí el mecanismo que le imprime determinados movimientos.

## **2.5 Controlador lógico programable (PLC)**

Un controlador lógico programable o PLC son dispositivo electrónico, diseñado para controlar procesos secuenciales (una etapa después de la otra) que se ejecutan en un ambiente industrial. Es decir, que van asociados a la maquinaria que desarrolla procesos de producción y controlan su trabajo.

El PLC es un sistema, que contiene todo lo necesario para operar, y es industrial, por tener todos los registros necesarios para operar en los ambientes hostiles que se encuentran en la industria. (PRIETO)

**2.5.1 Características de los PLC.** Los PLC se pueden encontrar en diferentes tipos, tamaños, formas los cuales tienen diferentes propiedades que facilitan ciertas tareas para los cuales se los diseñan.

## 2.6 PLC S7 - 1200.

El PLC Siemens S7-1200, es un controlador modular para tareas de automatización sencillas. Tiene una gama de paneles que se integran en un software de desarrollo. (LEON)

**2.6.1 Software.** Tiene un sistema de desarrollo totalmente integrado SIMATIC STEP 7 Basic, con SIMATIC WinCC Basic lo que integra la programación de los paneles SIMATIC HMI Basic en el mismo ambiente de desarrollo. (LEON)

**2.6.2 Características de los PLC S7- 1200.** El autómata S7-1200, es el último dentro de una gama de controladores SIMATIC de Siemens, es el sucesor del S7-200.

El controlador compacto SIMATIC S7-1200 es el modelo modular y compacto para pequeños sistemas de automatización que requieran funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes, los sistemas de automatización S7-1200 son idóneos para controlar tareas sencillas.

Figura 7. PLC S7- 1200



Fuente: <http://goo.gl/5wwaty>

En el marco del compromiso SIMATIC para con la automatización plenamente integrada TIA, la familia de productos S7-1200 y la herramienta de programación STEP 7 Basic proporcionan la flexibilidad necesaria para cubrir las diferentes necesidades de automatización de cada caso.

El controlador S7-1200 ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.

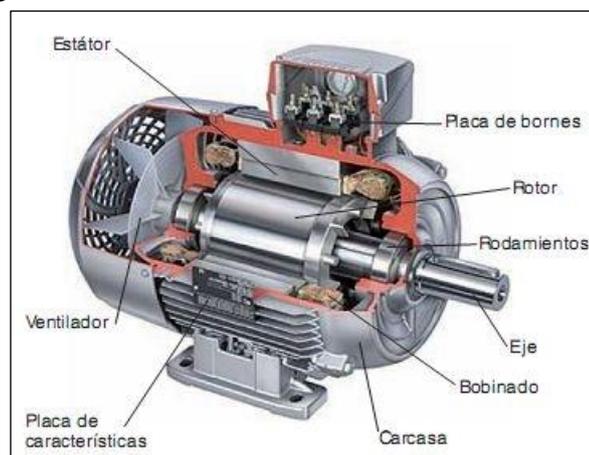
## 2.7 Motores eléctricos

Los motores eléctricos son máquinas eléctricas que transforman en energía mecánica la energía eléctrica que absorben por sus bornes.

**2.7.1 Principio de funcionamiento.** El funcionamiento de un motor eléctrico se basa en la acción del flujo giratorio generado en el circuito estatórico sobre las corrientes inducidas por dicho flujo en el circuito del rotor. El flujo giratorio creado por el bobinado estatórico corta los conductores del rotor, por lo que se generan fuerzas electromotrices inducidas. Suponiendo cerrado el bobinado rotórico, es de entender que sus conductores serán recorridos por corrientes eléctricas. (REGA).

**2.7.2 Partes fundamentales de un motor eléctrico.** Como todas las máquinas eléctricas, un motor eléctrico está constituido por un circuito magnético y dos eléctricos, uno colocado en la parte fija (estator) y otro en la parte móvil (rotor). El circuito magnético de los motores eléctricos de corriente alterna está formado por chapas magnéticas apiladas en forma de cilindro en el rotor y en forma de anillo en el estator y aisladas entre sí para eliminar el magnetismo remanente. (REGA).

Figura 8. Partes fundamentales de un motor eléctrico



Fuente: <http://goo.gl/nVJC7t>

## 2.8 Resistencia térmica

La resistencia térmica de un material representa la capacidad del material de oponerse al flujo del calor. En el caso de materiales homogéneos es la razón entre el espesor y la conductividad térmica del material; en materiales no homogéneos la resistencia es el inverso de la conductancia térmica. (TUDELA)

**2.8.1 Conductancia térmica.** La conductividad térmica es el tiempo que emplea el flujo de calor en estado estable al atravesar una unidad de área de un material homogéneo inducido por una unidad de gradiente de temperatura en una dirección perpendicular a la unidad del área. (MENDENHALL)

## 2.9 Electroneumática

La Electroneumática es una de las técnicas de automatización de vital importancia en la optimización de los procesos a nivel industrial. Su evolución fue a partir de la neumática, disciplina bastante antigua que revolucionó la aplicación de los servomecanismos para el accionamiento de sistemas de producción industrial. Con el avance de las técnicas de electricidad y la electrónica se produjo la fusión de métodos y dando así el inicio de los sistemas electroneumático en la industria, los cuales resultaban más compactos y óptimos a diferencia de los sistemas puramente neumáticos. (MEINLEBENGOTT)

**2.9.1 Dispositivos que participan en sistema electroneumático básico:**

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

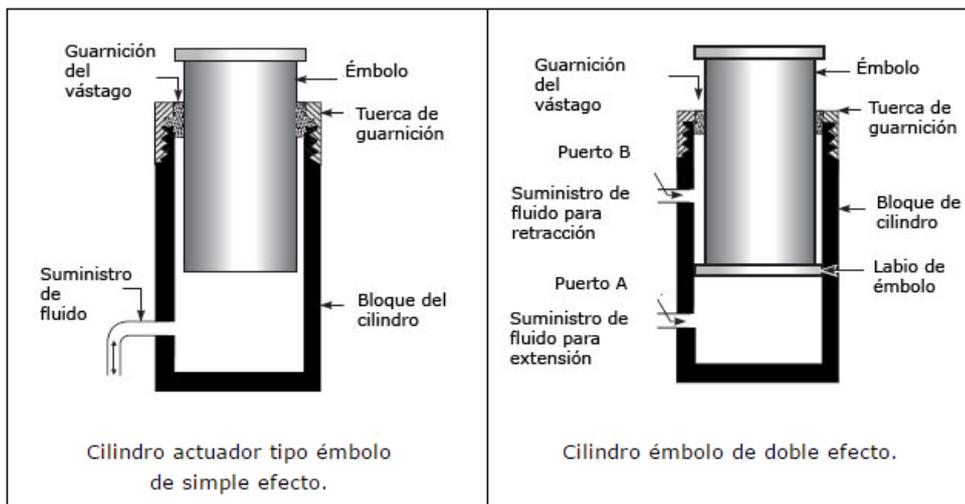
## 2.10 Cilindros

Los cilindros son componentes neumáticos, que mediante el uso del aire comprimido, genera un movimiento rectilíneo de avance y retroceso de un mecanismo. Son los elementos de trabajo de más frecuente uso en neumática, muy por encima de los accionadores rotativos, motores, pinzas y otros. Aunque existe en el mercado una gran variedad de tipos, algunas veces forman parte de un bloque mecánico y es preciso fabricarlo como parte integrante del mismo. (NICOLÁS)

**2.10.1 Funcionamiento del cilindro.** Para hacer avanzar el vástago el aire a presión penetra por el orificio de la cama trasera, llenándola y haciendo avanzar el vástago. Para que esto sea posible, el aire de la cámara delantera ha de ser desalojado al exterior a través del orificio correspondiente. En el retroceso del vástago, se invierte el proceso haciendo que el aire penetre por el orificio de la etapa delantera, y sea evacuado al exterior a través del conducto unido a la etapa trasera. (NICOLÁS)

**2.10.2 Clasificación.** De acuerdo con su función podemos clasificar en 2 tipos: cilindros de simple efecto y cilindros de doble efecto. Los de doble efecto son los más utilizados. Los de simple efecto reciben aire a presión por una de sus cámaras, que suele ser la que produce el trabajo, desplazando al vástago. El retroceso se produce de forma mecánica, bien por la acción de un resorte, o bien por la acción de la gravedad sobre masas solidarias al vástago. (NICOLÁS)

Figura 9. Tipos de cilindros



Fuente: <http://goo.gl/2K8e7x>

## **2.11 Electroválvulas**

El mando electromagnético de una válvula se utiliza cuando la señal procede de un final de carrera eléctrico, de un presostato o de un dispositivo eléctrico. A través de este tipo de mando la señal eléctrica es transformada en una señal neumática destinada a accionar el mecanismo de cierre o apertura de las distintas vías de las válvulas.

Pueden ser de asiento o de corredera indistintamente y también de mando directo o indirecto o servopilotadas. (NICOLÁS)

**2.11.1 Funcionamiento.** Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica, mediante magnetismo, en energía mecánica para actuar la válvula.

## **2.12 Lenguaje de programación PLC'S.**

**2.12.1 Programa y lenguaje de programación.** Se puede definir un programa como un conjunto de instrucciones, órdenes y símbolos reconocibles por el PLC, a través de su unidad de programación, que le permiten ejecutar una secuencia de control deseada. El Lenguaje de Programación en cambio, permite al usuario ingresar un programa de control en la memoria del PLC, usando una sintaxis establecida.

Al igual como los PLCs se han desarrollado y expandido, los lenguajes de programación también se han desarrollado con ellos. Los lenguajes de hoy en día tienen nuevas y más versátiles instrucciones y con mayor poder de computación. Por ejemplo, los PLCs pueden transferir bloques de datos de una localización de memoria a otra, mientras al mismo tiempo llevan cabo operaciones lógicas y matemáticas en otro bloque. Como resultado de estas nuevas y expandidas instrucciones, los programas de control pueden ahora manejar datos más fácilmente.

**2.12.2 Programas de aplicación y del sistema.** Los programas de aplicación que crean los usuarios están orientados a ejecutar, a través del controlador, tareas de automatización y control. Para ello, el usuario escribe el programa en el lenguaje de programación que mejor se adapte a su trabajo y con el que sienta poseer un mejor

dominio. En este punto es importante señalar, que algunos fabricantes no ofrecen todas las formas de representación de lenguajes de programación, por lo que el usuario deberá adaptarse a la representación disponible

Por otro lado, el conjunto de programas que realizan funciones operativas internas del controlador, incluyendo los traductores de lenguaje, reciben la denominación de programas del sistema o software del sistema. Un elemento importante de éste, es el sistema operativo, cuyos servicios incluyen el manejo de los dispositivos de entrada y salida del PLC, el almacenamiento de la información durante largos períodos, el procesamiento de los programas del usuario, etc. Estos programas ya vienen escritos y están almacenados en una memoria No volátil dentro de la CPU, por lo tanto no se pierden ni alteran en caso de pérdida de alimentación al equipo.

**2.12.3 Tipos de lenguajes de programación de PLC'S.** En la actualidad cada fabricante diseña su propio software de programación, lo que significa que existe una gran variedad comparable con la cantidad de PLCs que hay en el mercado. No obstante, actualmente existen tres tipos de lenguajes de programación de PLCs como los más difundidos a nivel mundial estos son:

- ✓ Lenguaje de contactos o Ladder
- ✓ Lenguaje Booleano (Lista de instrucciones)
- ✓ Diagrama de funciones

### **2.13 La norma IEC 1131-3**

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) desarrolló el estándar IEC 1131, en un esfuerzo para estandarizar los Controladores Programables. Uno de los objetivos del Comité fue crear un conjunto común de instrucciones que podría ser usado en todos los PLCs. Aunque el estándar 1131 alcanzó el estado de estándar internacional en agosto de 1992, el esfuerzo para crear un PLC estándar global ha sido una tarea muy difícil debido a la diversidad de fabricantes de PLCs y a los problemas de incompatibilidad de programas entre marcas de PLCs.

El estándar IEC 1131 para controladores programables consiste de cinco partes, una de

Las cuales hace referencia a los lenguajes de programación y es referida como la IEC 1131-3.

El estándar IEC 1131-3 define dos lenguajes gráficos y dos lenguajes basados en texto, para la programación de PLC'S. Los lenguajes gráficos utilizan símbolos para programar las instrucciones de control, mientras los lenguajes basados en texto, usan cadenas de caracteres para programar las instrucciones.

**a) Lenguajes gráficos**

- ✓ Diagrama Ladder (LD)
- ✓ Diagrama de Bloques de Funciones (FBD)

**b) Lenguajes textuales**

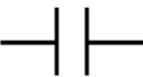
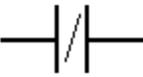
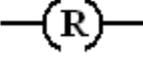
- ✓ Lista de Instrucciones (IL)
- ✓ Texto Estructurado (ST)

**2.14 Lenguaje LADDER**

El LADDER, también denominado lenguaje de contactos o de escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los Controladores Lógicos Programables (PLC), debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje. Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según normas NEMA y son empleados por todos los fabricantes.

**2.14.1 Elementos de programación.** Para programar un PLC con LADDER, además de estar familiarizado con las reglas de los circuitos de conmutación, es necesario conocer cada uno de los elementos de que consta este lenguaje. En la siguiente tabla podemos observar los símbolos de los elementos básicos junto con sus respectivas descripciones.

Tabla 1. Símbolos de los elementos de programación

Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.
	Contacto NC	Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico, cosa que deberá de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización.
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele representar elementos de salida, aunque a veces puede hacer el papel de variable interna.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.
	Bobina SET	Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET. Sirve para memorizar bits y usada junto con la bina RESET dan una enorme potencia en la programación.
	Bobina SET	Permite desactivar una bobina SET previamente activada.

Fuente: Autores

**2.14.2 Programación.** Una vez conocidos los elementos que LADDER proporciona para su programación, resulta importante resaltar cómo se estructura un programa y cuál es el orden de ejecución.

El siguiente esquema representa la estructura general de la distribución de todo programa LADDER, contactos a la izquierda y bobinas y otros elementos a la derecha.

En cuanto a su equivalencia eléctrica, podemos imaginar que las líneas verticales representan las líneas de alimentación de un circuito de control eléctrico.

El orden de ejecución es generalmente de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, primero los contactos y luego las bobinas, de manera que al llegar a éstas ya se conoce el valor de los contactos y se activan si procede. El orden de ejecución puede variar de un controlador a otro, pero siempre se respetará el orden de introducción del programa, de manera que se ejecuta primero lo que primero se introduce.

## CAPÍTULO III

### 3. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL PROTOTIPO CON PLC S7-1200

#### 3.1 Selección del sistema

**3.1.1 Selección del tipo de enfundado de prendas textiles.** Para la selección del tipo de enfundado de prendas textiles se tiene dos alternativas:

**3.1.1.1 Alternativa 1.** Enfundado de prendas textiles manual por gravedad

Figura 10. Enfundado de prendas textiles manual por gravedad



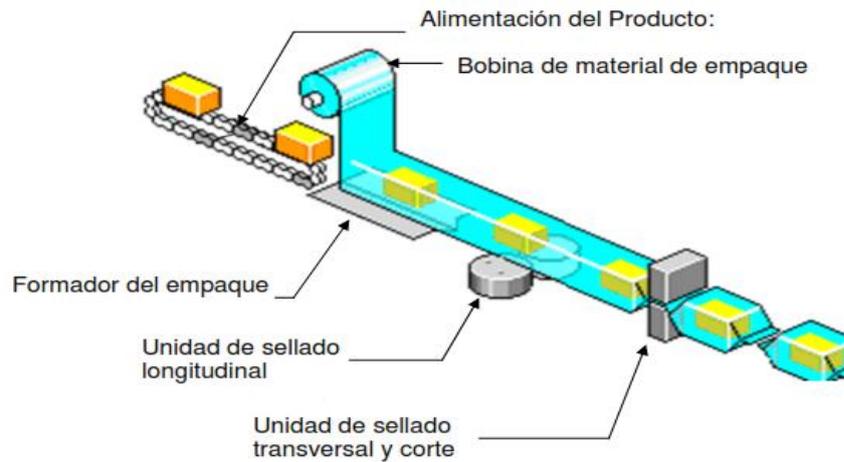
Fuente: <http://goo.gl/hJL1Zm>

#### **Características.**

Consiste en enfundar manualmente y en sentido vertical las prendas textiles unidad por unidad, consiguiendo con esto, tiempos exagerados en la operación, desperdicio de recursos materiales ya que al ser manual el proceso está expuesto a almacenajes temporales en lugares inadecuados.

### 3.1.1.2 Alternativa 2. Enfundado de prendas textiles horizontal con PLC S7-1200

Figura 11. Enfundado de prendas textiles horizontal con PLC S7-1200



Fuente: [www.atc-ltd.co.uk/industrial.atm](http://www.atc-ltd.co.uk/industrial.atm)

#### Características.

Consiste en enfundar prendas textiles con un proceso automático a través de dos bandas transportadoras longitudinales que poseen puntos de sellados por medio de niquelinas. El proceso es controlado por un PLC S7-1200.

**3.1.1.3 Análisis para la selección del tipo de enfundado de prendas textiles.** Consiste en encontrar la mejor alternativa para el enfundado de prendas textiles para preservarlas de la suciedad ambiental durante su transporte y almacenamiento.

Tabla 2. Selección del tipo de enfundado de prendas textiles

Criterios de comparación	Alternativas	
	Enfundado manual por gravedad	Enfundado horizontal con PLC S7-1200
Tiempo de enfundado	1	5
Factor Humano	1	5
Sistema de transporte	1	5
Mantenimiento	4	2
Costo	4	2
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>19</b>

Fuente: Autores

Ponderación:

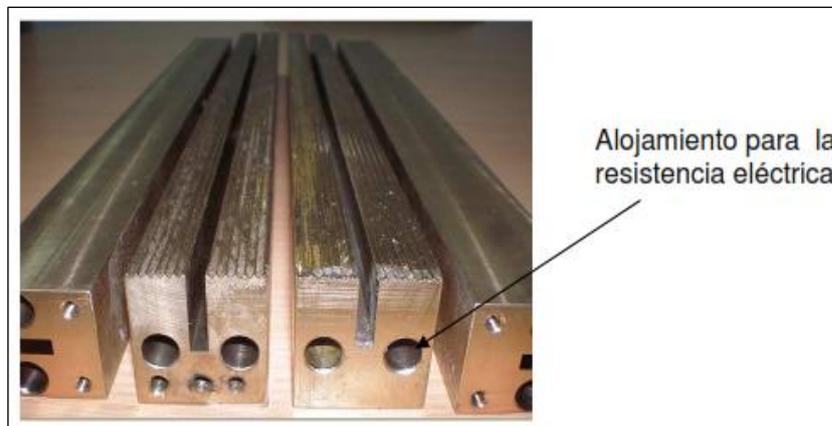
- ✓ 1: menos importante
- ✓ 5: más importante

De acuerdo con los criterios analizados, se ha seleccionado la mejor alternativa es la de enfundado de prendas textiles horizontal con PLC S7-1200 debido a las facilidades del sistema y capacidad de producción.

Para la selección del sistema de sellado tenemos las siguientes alternativas:

- ✓ Mordaza de cobre con alojamiento para la resistencia eléctrica (A)

Figura 12. Mordaza de cobre con alojamiento para la resistencia eléctrica



Fuente: [www.asso-forming.com](http://www.asso-forming.com)

- ✓ Niquelina para sellado por impulso (B)

Figura 13. Niquelinas para sellado por impulso



Fuente: [www.tossheatseal.com/supplies.html](http://www.tossheatseal.com/supplies.html)

Tabla 3. Selección del sistema de sellado

Criterios de comparación	Alternativas	
	A	B
Costo	3	5
Facilidad de adquisición	2	4
Facilidad de montaje	2	4
Mantenimiento	3	4
<b>Total</b>	10	<b>17</b>

Fuente: Autores

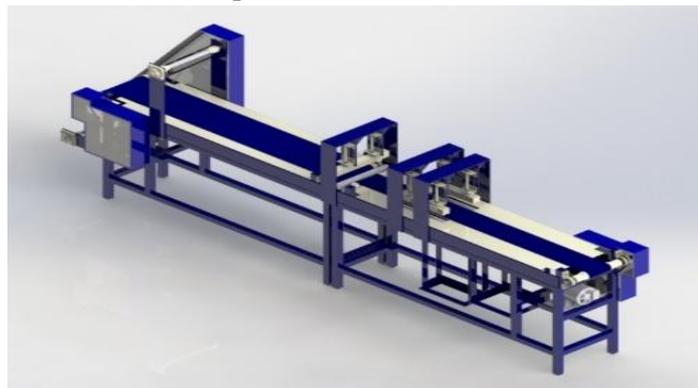
Ponderación:

- ✓ 1: menos importante
- ✓ 5: más importante

De acuerdo con los criterios analizados, se ha seleccionado la alternativa B (Niquelina para sellado por impulso) debido a los costos y facilidad de adquisición.

**3.1.2 Sistema seleccionado.** Mediante el análisis realizado se ha determinado la mejor alternativa para selección del sistema de enfundado de prendas textiles, por lo cual se tiene que el sistema es de forma horizontal a través de dos bandas transportadoras longitudinales que poseen puntos de sellado por medio de niquelinas y el proceso es controlado por un PLC s7-1200.

Figura 14. Enfundado de prendas textiles horizontal con PLC S7-1200



Fuente: Autores

## 3.2 Secuencia de trabajo

Para todo el proceso sellado trasversal y longitudinales se utilizara cilindros neumáticos de doble efecto.

Parámetros generales para la selección:

- ✓ La fuerza necesaria al utilizar
- ✓ Longitud de carrera

**3.2.1 Descripción del proceso de enfundado de prendas textil.** Se necesita que al ingresar las prendas textiles en la banda transportadora estos sean enfundados de forma automático controlado mediante un PLC S7-1200, sin la intervención de un operario en el proceso.

El proceso consta de 2 etapas:

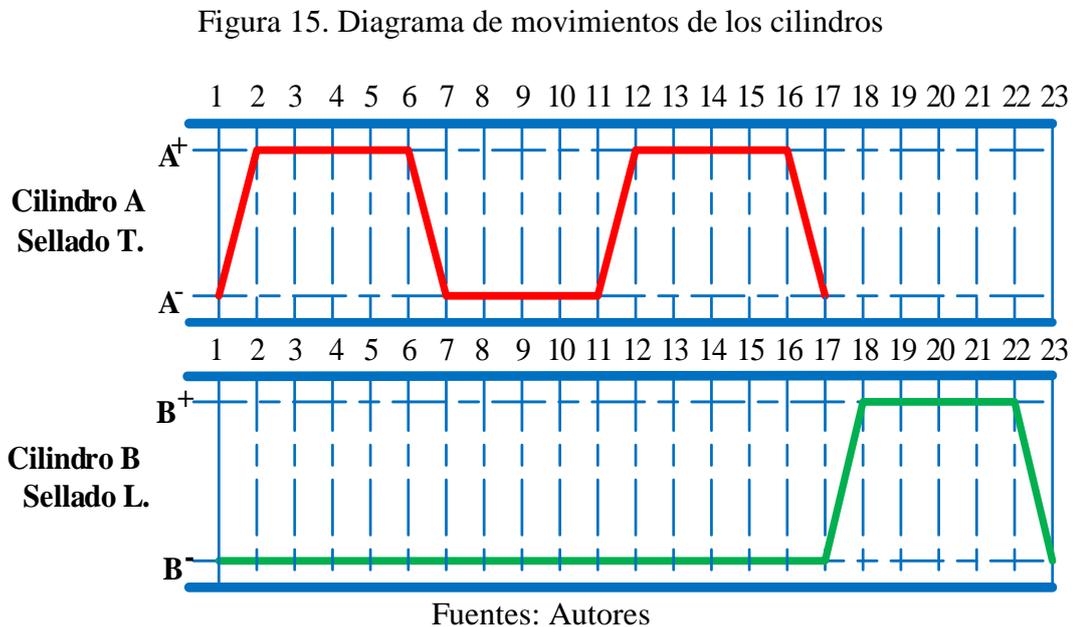
Los motores que activa a la banda transportadora 1 y 2 inician su funcionamiento desde que el operador pulsa el botón de marcha del prototipo.

- 1. Sellado trasversal de la prenda textil.** Esta etapa inicia desde que un sensor detecta a la prenda textil, se detienen las dos bandas transportadoras y se acciona el cilindro neumático para el sellado trasversal al inicio de la prenda y el cilindro regresa a su posición, después de un tiempo de 6 segundos avanza las dos bandas transportadoras detecta la prenda textil el siguiente sensor, se detiene las dos bandas transportadoras y se acciona el mismo cilindro neumático para el sellado trasversal al final de la prenda, una vez terminado el proceso el cilindro para el sellado trasversal regresa a su posición y se activa el avance de la banda transportadora.
- 2. Sellados longitudinales de la prenda textil.** Mediante la programación con un temporizador después de un tiempo determinado se detiene el avance de las dos bandas transportadoras y se acciona los cilindros para los dos sellados longitudinales.

De acuerdo a lo analizado la secuencia de trabajo queda de la siguiente manera:

A+/A-/A+/A-/B+/B-

Y el diagrama de movimientos es:



Dónde:

A+ = Avance del cilindro para el sellado transversal

A- = Retorno de cilindro del sellado transversal

B+ = Avance del cilindro para el sellado longitudinal

B- = Retorno de cilindro del sellado longitudinal

Figura 16. Secuencia de trabajo

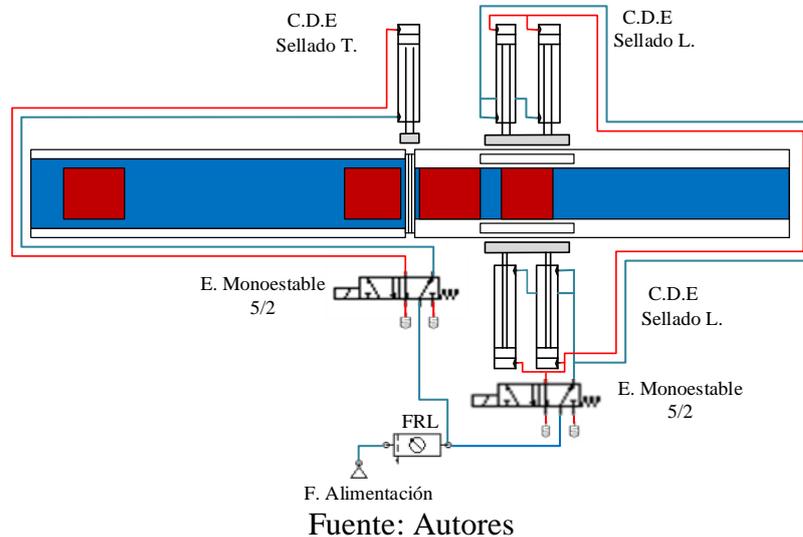


Fuentes: Autores

### 3.3 Diseño del circuito electroneumático

Una vez determinada la secuencia de trabajo se realiza el diseño del circuito electroneumático el cual nos permite determinar los elementos necesarios pero su funcionamiento.

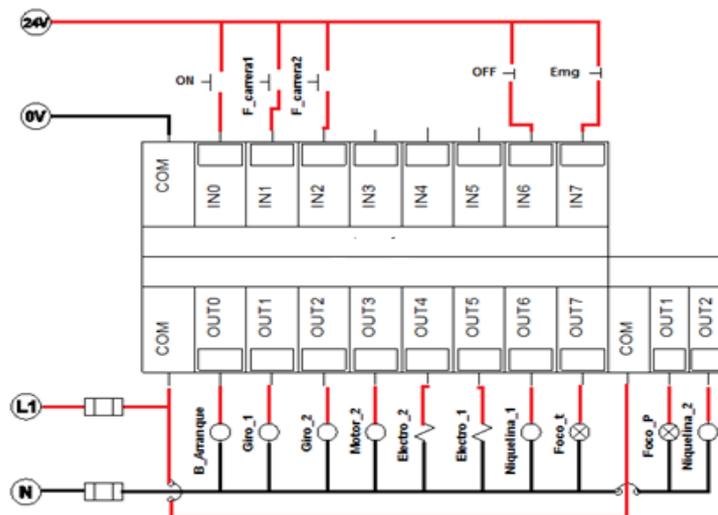
Figura 17. Circuito electroneumático



### 3.4 Diseño del circuito eléctrico

El circuito eléctrico permite determinar cada uno de los elementos eléctricos a conectarse en las entradas y salidas del PLC S7-1200 para el control del proceso.

Figura 18. Circuito eléctrico

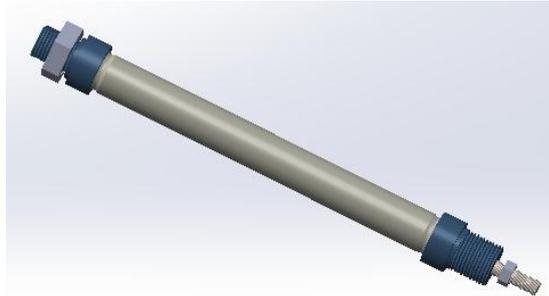


Fuente: Autores

### 3.5 Selección de elementos

**3.5.1 Selección de cilindros neumáticos.** Para la selección de los cilindros se debe realizar un cálculo teórico para determinar el diámetro del émbolo y luego proceder a seleccionar el cilindro requerido con la ayuda de los catálogos y así tener los diámetros normalizados.

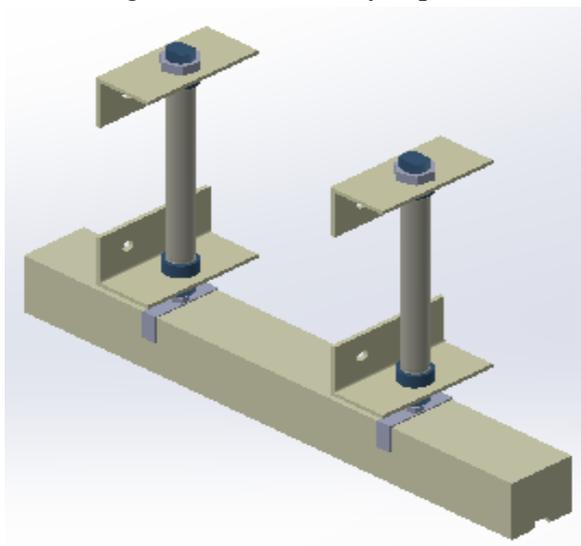
Figura 19. Cilindro de doble efecto



Fuente: Autores

**3.5.1.1 Principio de funcionamiento de los cilindros para el proceso de enfundado.** Estos cilindros neumáticos de doble efecto realizan su trabajo descendiendo su vástago el cual tiene acoplado en su extremo una barra de aluminio y acercarla a una distancia cercana a la superficie del plástico (celofán) entre la resistencia térmica y así poder lograr sellar. Y cumplen el mismo principio de funcionamiento para los sellados (transversal y longitudinal).

Figura 20. Cilindros y soportes



Fuente: Autores

Parámetros para la selección del cilindro:

- ✓ La fuerza necesaria al utilizar
- ✓ La distancia del desplazamiento
- ✓ El diámetro del émbolo
- ✓ El consumo de aire (compresor)

### Cálculo del peso de la carga a elevar

Cálculo del volumen de la barra de aluminio

$$\begin{aligned} V &= b * h * a & (1) \\ V &= 38cm * 3,8cm * 3,8cm \\ V &= 548,72cm^3 \end{aligned}$$

Cálculo de la masa de la barra de aluminio

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2)$$

Despejando tenemos:

$$\begin{aligned} m &= \rho_{Al} * V \\ m &= 2,7 \frac{g}{cm^3} * 548,72 \\ m &= 1,48kg \end{aligned}$$

Peso total de la carga a elevar

$$\begin{aligned} W_T &= m * g & (3) \\ W_T &= 1,48 kg * 9,8 \frac{m}{s^2} \\ W_T &= 14,5N / 2cilindros \\ W_T &= 7,25N \\ W_T &= F_e = 7,25N \end{aligned}$$

Dónde:

V= Volumen de la barra de aluminio, en  $cm^3$

$\rho$ = Densidad del aluminio, en  $kg/cm^3$

m= Masa total a vencer, en kg

$W_T$ = Peso total a vencer, en N

g= Gravedad,  $m/s^2$

$F_e$  = Fuerza efectiva, en N

## Cálculo para la selección de los cilindros

Datos:

Masa a vencer total = 1,48kg

Presión de trabajo = 6 bar =  $6 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

Cálculo de diámetro del émbolo de cilindro

$$\begin{aligned}F_e &= F_t - F_R \\F_e &= F_t - 0,1F_t \\F_e &= 0,9 F_t\end{aligned}\tag{4}$$

Despejando la fuerza teórica tenemos:

$$\begin{aligned}F_t &= \frac{F_e}{0,9} \\F_t &= \frac{7,25N}{0,9} \\F_t &= 8,05N\end{aligned}$$

Dónde:

$F_t$  = fuerza teórica, en N

$F_e$  = Fuerza efectiva, en N

$F_r$  = fuerza de rozamiento 10% (0,1), en N

$$\begin{aligned}F_t &= P * A \\F_t &= P \left( \frac{\pi * D^2}{4} \right)\end{aligned}\tag{5}$$

Despejando el diámetro del émbolo tenemos:

$$\begin{aligned}D &= \sqrt{\frac{4 * F_t}{\pi * P}} \\D &= \sqrt{\frac{4 * 8,05N}{\pi(6 * 10^5 \frac{N}{m^2})}} \\D &= 0,00413m \\D &= 4,13mm\end{aligned}$$

Obteniendo un diámetro del émbolo de 4.13mm equivalente a 4mm procedemos a seleccionar un cilindro normalizado en catálogo.

Tabla 4. Selección de cilindros normalizado

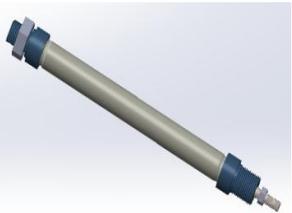
O VASTAGO [mm]	O EMBOLO [mm]	FUERZA NETA [N] a P=6 bar	LONGITUDES DE CARRERAS NORMALIZADAS [mm]
6	16	106	10, 25, 40, 80, 140, 200, 300
10	25	260	25, 40, 80, 140, 200, 300
12	35	509	70, 140, 200, 300
16	40	665	40, 80, 140, 200, 300
18	50	1039	70, 140, 200, 300
22	70	2037	70, 140, 200, 300
25	100	4156	70, 140, 200, 300
30	140	8146	70, 140, 200, 300
40	200	16625	70, 140, 200, 300
50	250	25977	70, 140, 200, 300

Fuente: E.MC Pneumatic 2014

### Selección del cilindro requerido

Debido a que no existe en el mercado un cilindro de un diámetro tan pequeño se ha tenido que sobredimensionar el mismo, así obteniendo un micro cilindro con las siguientes características:

Tabla 5. Cilindro de doble efecto seleccionado

Imagen	Características
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Funcionamiento: Doble efecto.</li> <li>✓ Fuerza neta: 106N.</li> <li>✓ Diámetro de émbolo: 16mm.</li> <li>✓ Diámetro de vástago: 6mm.</li> <li>✓ Carrera: 100mm.</li> <li>✓ Vástago con rosca exterior.</li> </ul>

Fuente: Autores

Nota: Para el sistema de sellado de prendas textiles (transversal y longitudinales), se requiere seleccionar 6 micros cilindros con las mismas características técnicas y está conformado por dos cilindros para cada proceso de sellado.

Una vez obtenido el cilindro necesario se procederá a determinar el consumo del aire con la ecuación siguiente:

$$V = A + A'' s * n * Rc \quad (6)$$

Dónde:

V= Consumo de aire, en mm<sup>3</sup>/min

A= Área del cilindro en avance, en mm<sup>2</sup>

A'' = Área del cilindro en retorno, en mm<sup>2</sup>

s= Carrera del vástago, en mm

n= Número de ciclos por minuto

Rc= Relación de compresión

Cálculo de la relación de compresión

$$Rc = \frac{P_{atm} + P_{trabajo}}{P_{atm}} \quad (7)$$
$$Rc = \frac{(10^5 Pa + 6 * 10^5 Pa)}{10^5 Pa}$$
$$Rc = 7$$

Dónde:

P<sub>atm</sub> = Presión atmosférica (10<sup>5</sup>)

P<sub>trabajo</sub> = Presión de trabajo (6\*10<sup>5</sup>)

Cálculo del área del cilindro para el avance

$$A = 0,785 D^2 \quad (8)$$
$$A = 0,785 * (16mm)^2$$
$$A = 200,96 mm^2$$

Cálculo del área del cilindro en retorno

$$A'' = 0,785 (D^2 - d^2) \quad (9)$$
$$A'' = 0,785 ((16mm)^2 - (6mm)^2)$$
$$A'' = 172,7 mm^2$$

Dónde:

D= Diámetro de émbolo del cilindro.

d= Diámetro de vástago del cilindro.

Cálculo del consumo de aire de un cilindro utilizando la ecuación (6).

$$V = A + A'' s * n * Rc$$
$$A = (200,96mm^2 + 172,7mm^2) 100mm * 5 \frac{ciclos}{min} * 7$$
$$V = 1307,81 \frac{mm^3}{min}$$
$$V = 78,47 \frac{L}{h}$$

Cálculo del consumo total de aire en el proceso de enfundado de prendas textiles. El prototipo cuenta con 6 micros cilindros neumáticos de doble efecto que por cada cilindro el consumo de aire es 78,47 L/h y por cada proceso de sellado está conformado por 2 cilindros.

Consumo de aire de un cilindro = 78,48 L/h

Sellado transversal:  $V_1 = 156,94$  L/h

Sellado longitudinal 1:  $V_2 = 156,94$  L/h

Sellado longitudinal 2:  $V_3 = 156,94$  L/h

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 \quad (10)$$

$$V_T = 151,13 \frac{L}{h} + 151,13 \frac{L}{h} + 151,13 \frac{L}{h}$$

$$V_T = 470,82 \frac{L}{h}$$

**3.5.2 Selección de electroválvulas.** La función que realiza la electroválvula es la encargada de accionar a los cilindros neumáticos mediante una señal eléctrica y también se puede controlar la distancia de avance o retorno del vástago. Para controlar los cilindros de doble efecto son necesarias electroválvulas 5/2 (5 vías/2 posiciones). Además se utilizaron electroválvulas 5/2 monoestables ya que así se ocupa menos salidas del PLC s7-1200.

Tabla 6. Electroválvula monoestable seleccionada

Imagen	Características
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Marca: 551 OTV25-08</li> <li>✓ Numero de vías y posiciones = 5/2</li> <li>✓ Entradas y salidas de aire = 1/4in</li> <li>✓ Máxima resistencia a la presión= 1,2MPa</li> <li>✓ Voltaje = 110V</li> <li>✓ Amperaje = 3A</li> </ul>

Fuente: E.MC Pneumatic 2014

**3.5.3 Selección de la unidad de mantenimiento (FRL).** La unidad de mantenimiento está compuesto principalmente por un filtro, que no permiten que pase las impurezas del

aire comprimido, un regulador que sirve para regular la presión de trabajo requerida de 6 bares y un lubricador, así obtener un fluido en el sistema en perfectas condiciones.

**Criterios para la selección:**

- ✓ Conocer el consumo de aire de todo el sistema neumático del prototipo.
- ✓ La presión de trabajo es de 6 bares y se deberá seleccionar una unidad de mantenimiento mayor a este valor.

Tabla 7. FRL seleccionado

Imagen	Características
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Marca: ACE200</li> <li>✓ Componentes: Filtro, Regulador y Lubricador</li> <li>✓ Puerto: 1/4in NTP (tipo rosca)</li> <li>✓ Manómetro: 0-10bar (1-140PSI)</li> <li>✓ Purga del condensado: Manual</li> <li>✓ Caudal: 550 L/min</li> <li>✓ Rango de regulación de presión: 0-1MPa</li> </ul>

Fuente: E.MC Pneumatic 2014

**3.5.4 Selección de la banda transportadora.** La función que debe cumplir la banda transportadora es desplazar las prendas textiles junto con el celofán, a los diferentes puntos del prototipo.

**Banda transportadora.** Se utiliza este tipo de banda transportadora ya que es el más adecuado para el desplazamiento de las prendas textiles desde un punto de carga hasta el lugar de almacenamiento.

**3.5.4.1 Determinación del ancho de la banda transportadora.** El ancho de la banda se determina de acuerdo a las dimensiones de las prendas textiles y el celofán.

Tabla 8. Dimensiones del ancho de la banda 1

Prendas textiles	(20*15*3)cm
Celofán	(30*0,1)cm
<b>Ancho de la banda transportadora</b>	<b>250mm</b>

Fuente: Autores

Tabla 9. Dimensiones del ancho de la banda 2

Prendas textiles	(20*15*3)cm
Celofán	(20*0,1)cm
<b>Ancho de la banda transportadora</b>	<b>150mm</b>

Fuente: Autores

Para todo tipo de banda transportadora el ancho está normalizada y se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 10. Selección de ancho de la banda transportadora

<b>Ancho de bandas normalizadas (mm)</b>										
<b>150</b>	200	<b>250</b>	300	500	600	650	800	1000	1200	1600

Fuente: Norma UNE 18025

Se ha seleccionado un ancho de 250mm para la banda transportadora 1 y 150mm para la banda transportadora 2.

3.5.4.2 *Determinación del material de la banda transportadora.* El material se seleccionará de acuerdo a sus aplicaciones que se detallan en las siguientes tablas:

Tabla 11. Aplicaciones de las bandas transportadoras

RESISTENCIAS QUIMICAS Y APLICACIONES DE LAS BANDAS TRANSPORTADORAS		
MOD	RESISTENCIA	APLICACIONES DE BANDAS TRANSPORTADORAS
ALG-1	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	GALLETAS, PAPELERIA, TRANSPORTACION LIGERA
ALG-2	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	GALLETAS, PAPELERIA, QUIMICA, LAVANDERIA Y TRANSPORTACION LIGERA
ALG-3	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA DE EMPAQUE Y HARINERA
ALG-4	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA CARTONERA, TABACALERA, CERILLERA Y HARINERA
ALG-6	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA CEMENTERA, ACUMULADORES, TRANSMISION DE FUERZA
POL-2	ACIDOS, ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA ALIMENTICIA, ACUMULADORES, QUIMICA, TRANSPORTE DE CARGA MEDIANA
POL-4	ACIDOS, ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA CEMENTERA, Y TRANSPORTACION PESADA
POL-6	ACIDOS, ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA CEMENTERA, TRANSPORTACION PESADA
PS-1	ALCALIS, DESGASTE, HUMEDAD	INDUSTRIA ALIMENTICIA, QUIMICA Y TRANSPORTACION LIGERA
PS-2	ALCALIS, DESGASTE, HUMEDAD	INDUSTRIA ALIMENTICIA, QUIMICA, Y TRANSPORTACION LIGERA
S-230	ALCALIS, DESGASTE	TRANSPORTACION MEDIANA
TF	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE	INDUSTRIA ALIMENTICIA Y SALIDA DE HORNO
TECA	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE, FRICCION	INDUSTRIA DE ACUMULADORES Y CEMENTERA
TECP	ALCALIS, OXIDANTES, DESGASTE, FRICCION	INDUSTRIA DE ACUMULADORES Y CEMENTERA
FF	ACIDOS, FRICCION, IMPACTO, CORTE, ACEITES, QUIMICOS	INDUSTRIA MINERA, CEMENTERA, CONCRETERA, MARMOLERA, TRANSPORTE DE CARGA PESADA
MINX16	ACIDOS, FRICCION, IMPACTO, CORTE, ACEITES, QUIMICOS	INDUSTRIA MINERA, CEMENTERA, CONCRETERA, MARMOLERA, TRANSPORTE DE CARGA PESADA
MINX08	ACIDOS, FRICCION, IMPACTO, CORTE, ACEITES, QUIMICOS	INDUSTRIA MINERA, CEMENTERA, CONCRETERA, MARMOLERA, TRANSPORTE DE CARGA PESADA
MIN168	ACIDOS, FRICCION, IMPACTO, CORTE, ACEITES, QUIMICOS	INDUSTRIA MINERA, CEMENTERA, CONCRETERA, MARMOLERA, TRANSPORTE DE CARGA PESADA
BANDAS TRANSPORTADORAS PARA MAQUINAS BOLSEADORAS, ALIMENTICIAS, CEMENTERAS, MINERAS, ELECTRONICAS		

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

Tabla 12. Tipo de material de las bandas transportadoras

MOD	MATERIAL DE BANDA	ESPESOR	ACABADO DE BANDA	TENSION	TEMP.
ALG-1	BANDA DE ALGODON	1 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	200 KG/IN	80°C
ALG-2	BANDA DE ALGODON	2 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	500 KG /IN	100°C
ALG-3	BANDA DE ALGODON	3 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	750 KG/IN	120°C
ALG-4	BANDA DE ALGODON	4 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1000 KG /IN	140°C
ALG-6	BANDA DE ALGODON	6 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1250 KG/IN	180°C
POL-2	BANDA DE POLIESTER	2 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	650 KG/IN	100°C
POL-4	BANDA DE POLIESTER	4 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1300 KG/IN	120°C
POL-6	BANDA DE POLIESTER	6 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1950 KG/IN	140°C
PS-1	BANDA DE POLIESTER/PVC	1.5 MM	BANDA ACABADO LISO	200 KG/IN	100°C
PS-2	BANDA DE POLIESTER/PVC	2.5 MM	BANDA ACABADO LISO	500 KG/IN	120°C
S-230	BANDA DE ALGODON/SILICON	2.5 MM	BANDA ACABADO LISO	800 KG/IN	230°C
TF	BANDA DE ALGODON/TEFLON	2 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	500 KG/IN	140°C
TECA	BANDA DE ALGODON-RIG	4 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1000 KG/IN	140°C
TECP	BANDA DE POLIESTER-RIG	4 MM	BANDA ANTIDERRAPANTE	1300 KG/IN	130°C

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

Características de la banda transportadora requerida para el proceso de enfundado de prendas textiles.

Tabla 13. Banda transportadora seleccionada

Imagen	Características
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Banda de poliéster/PVC</li> <li>✓ Acabado liso</li> <li>✓ Temperatura 120°</li> <li>✓ Transportación ligera</li> <li>✓ Resiste al desgaste y humedad</li> <li>✓ Ancho de 25cm</li> <li>✓ Espesor 2.5mm</li> <li>✓ Grapa galvanizada desmontable</li> </ul>

Fuente: Autores

**3.5.4.3** *Velocidad de la banda transportadora.* Según la norma UNE 18025, la velocidad de la banda para transportar peso ligero esta entre 0,05m/s y 1m/s.

Para el prototipo del proceso de enfundado de prendas textiles se seleccionó una velocidad de 0,07m/s ya que se requiere a baja velocidad para poder apreciar el proceso con mejor detalle.

**3.5.5** *Selección de los rodillos.* Los rodillos son elementos principales de una banda transportadora, y de su calidad depende para el buen funcionamiento de la misma. En base del ancho de la banda transportadora se determinará la longitud de los rodillos.

La longitud de los rodillos es de 400mm de acuerdo al ancho de la banda transportadora. En la siguiente tabla se puede seleccionar el diámetro recomendado para rodillos.

Tabla 14. Diámetro exterior de rodillos

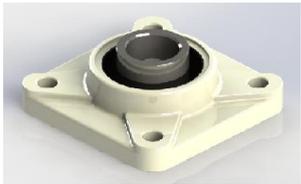
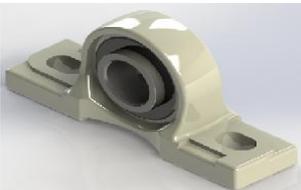
Material (Tubo)	Longitud del rodillo (mm)	Ø min (mm)	Ø máx. (mm)
Acero	350	50,0	77,6
	<b>400</b>	50,0	77,6
	450	52,5	84,0
	500	52,5	84,0
	550	55,6	90,4
	600	55,6	90,4

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

Se seleccionó un diámetro exterior normalizado de 50mm para la construcción de los rodillos.

**3.5.6 Selección de chumaceras.** Estos elementos sirven para brindar un desplazamiento rotacional a los rodillos de las bandas transportadoras. Al seleccionar se debe considerar esfuerzos radiales con el que se va a trabajar los rodamientos.

Tabla 15. Chumaceras seleccionadas

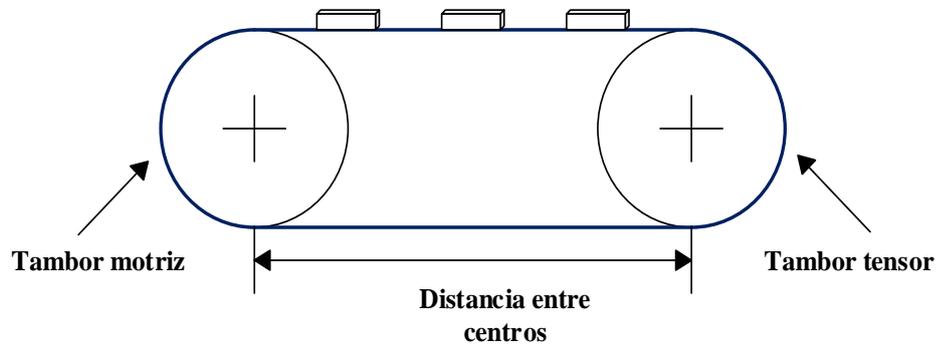
Imagen	Característica
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Chumacera de pared</li> <li>✓ Rodamiento: Radial de bolas</li> <li>✓ Diámetro interior: 1in</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Chumacera de pie</li> <li>✓ Rodamiento: Radial de bolas</li> <li>✓ Diámetro interior: 1in</li> </ul>

Fuente: Autores

### 3.5.7 Selección del motor.

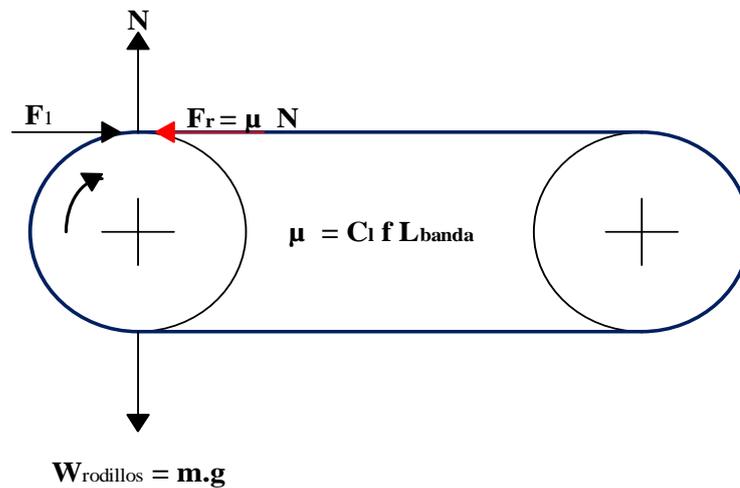
3.5.7.1 Cálculo del esfuerzo necesario para desplazar la banda transportadora en vacío. El siguiente esquema muestra la disposición que tendrá la banda transportadora.

Figura 21. Diagrama de banda transportadora



Fuente: Autores

Figura 22. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: Autores

$$\begin{aligned}
 f_x &= 0 & f_y &= 0 \\
 F_1 - F_r &= 0 & N - W_{rodillos} &= 0 \\
 F_1 &= F_r & N &= W_{rodillos} \\
 F_1 &= \mu \cdot N & N &= m_{rodillos} \cdot g
 \end{aligned}$$

Se obtiene la siguiente ecuación:

$$F_1 = C_L * f * L_{banda} * m_{rodillos} * g \quad (11)$$

Dónde:

$F_1$  = Esfuerzo necesario para desplazar la banda en vacío, en N.

$C_L$  = Factor de fricción debido a la longitud de banda.

$f$  = Coeficiente de rozamiento de los cojinetes.

$L_{banda}$  = Longitud de banda, en m.

$m_{rodillos}$  = Masa de los rodillos en kg/m.

$g$  = Gravedad, en  $m/s^2$

Datos:

$m_{rodillos} = 3,28 \text{ kg/m}$

$L_{banda} = 3\text{m}$

El coeficiente de rozamiento de los cojinetes ( $f$ ) se obtiene de la siguiente tabla.

Tabla 16. El factor de fricción debido a las chumaceras ( $f$ )

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

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

El factor de fricción debido a la longitud de banda ( $C_L$ ) se obtiene de la siguiente tabla.

Tabla 17. Factor de fricción

Longitud banda (m)	3	4	5	6	8	10	13	16	20	25	32	40
$C_L$	9	5.6	6.6	5.9	5.1	4.5	4	3.6	3.2	2.9	2.6	2.4

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

Con los datos obtenidos anteriormente reemplazamos en la ecuación (10) para obtener el esfuerzo necesario para desplazar la banda en vacío.

$$F_1 = C_L * f * L_{banda} * m_{rodillos} * g$$

$$F_1 = 4 * 0,05 * 9 * 3m * \frac{3,28kg}{m} * 9,8m/s^2$$

$$F_1 = 174N$$

**3.5.7.2** *Calculo del esfuerzo necesario para desplazar la banda transportadora con carga.* Para calcular el esfuerzo de la banda transportadora con carga se utiliza la siguiente ecuación.

Datos:

$$M_m = 7 \text{ kg/min}$$

$$v = 4,2 \text{ m/min.}$$

$$F_2 = \frac{f * L_{banda} * C_L * M_m * g}{3,6v} \quad (12)$$

$$F_2 = \frac{4 * 3m * (0,05) * (7 \text{ kg/min}) * (9,8 \text{ m/s}^2)}{3,6(4,2 \frac{m}{min})}$$

$$F_2 = 52 N$$

Dónde:

$F_2$  = Esfuerzo necesario para desplazar la banda con carga, en N.

$f$  = Coeficiente de rozamiento.

$L_{banda}$  = Longitud de banda, en m.

$C_L$  = Factor de fricción debido a la longitud de la banda.

$M_m$  = Capacidad de carga, en kilogramos por minuto.

$g$  = Gravedad, en  $m/s^2$ .

$v$  = Velocidad, en m/min.

### Calculo del esfuerzo total

Es la suma de los esfuerzos calculados anteriormente y se utiliza la siguiente ecuación.

$$F = F_1 + F_2 \quad (13)$$

$$F = 174 \text{ N} + 52 \text{ N}$$

$$F = 226 \text{ N}$$

Una vez obtenido el esfuerzo total se procederá a calcular la potencia requerida utilizando la siguiente ecuación.

$$Pot = F * v \quad (14)$$

Dónde:

Pot = Potencia, en vatios.

F = Esfuerzo total, en newton.

v = Velocidad de la banda transportadora, en metros por segundo.

$$Pot = 226 \text{ N} * 0,07 \text{ m/s}$$

$$Pot = 158 \text{ vatios}$$

Para el sistema de transporte de banda para el prototipo se requiere seleccionar un motor con una potencia 158 vatios. Esto transformando a HP se obtiene un valor de 0,21HP.

1HP = 746 vatios.

**3.5.7.3 Selección del motor eléctrico.** Para transportar las prendas textiles es necesario utilizar un motor eléctrico de jaula de ardilla, las más comunes y de uso más generalizado por varias razones:

- ✓ Fácil de adquirir
- ✓ Bajo costo
- ✓ Bajo mantenimiento
- ✓ Alto grado de protección

**Criterios para la selección de un motor eléctrico:**

- ✓ Conocimiento del voltaje dentro del laboratorio de automatización (110V).
- ✓ Velocidad del trabajo del motor.

- ✓ La carga a mover por el motor.
- ✓ El tipo de arranque del motor.
- ✓ Las condiciones del ambiente de trabajo.
- ✓ Frecuencia.

**Selección del motor eléctrico requerido.** Con la potencia calculada de **0,21HP** se debe seleccionar un motor con una potencia normalizada con las siguientes características:

Tabla 18. Selección del motor

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	-

Fuente: (WEQ, 2013)

Tabla 19. Selección del motor

Imagen	Característica del motor
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Potencia del motor = 0,25HP</li> <li>✓ Numero de revoluciones = 1730RPM</li> <li>✓ Voltaje = 110 o 220V</li> <li>✓ Amperaje = 5A o 2.5A</li> <li>✓ Rendimiento = 85%</li> <li>✓ Fr = 56/60 Hz</li> </ul>

Fuente: Autores

### **Cálculo de la potencia del motor requerido.**

Para calcular la potencia real del motor utilizaremos la siguiente ecuación.

$$Pot = P_m * \eta \tag{15}$$

$$Pot = 0,25HP * 0,85$$

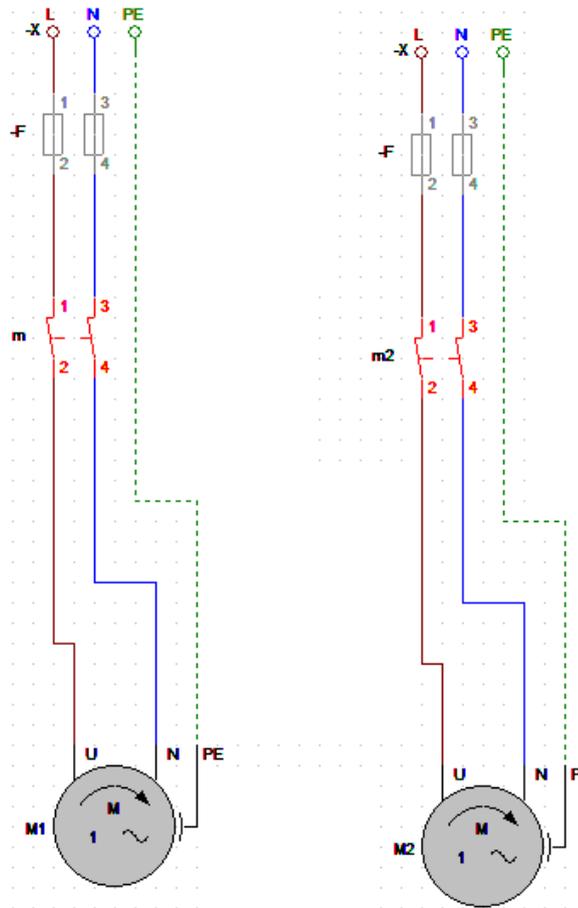
$$Pot = 0,22HP$$

$$0,21HP = 0,22HP$$

El motor eléctrico monofásico de jaula de ardilla que se seleccionó cubre la potencia necesaria para el sistema de bandas transportadoras.

**3.5.7.4 Diagrama del circuito de potencia.** En el circuito de potencia obtendremos los elementos que mantendrán protegidos a nuestros motores debido a que su amperaje es de mayor rango que los otros dispositivos eléctricos que se encuentran en el procesos de empacado de baldosas.

Figura 23. Diagrama del circuito de potencia



Fuente: Autores

**3.5.8 Selección del reductor de velocidades.** Si la velocidad lineal requerida de la banda transportadora es de 7cm/s por la gran precisión que se requiere para los sellados transversal y longitudinal de las prendas textiles y la que proporciona el motor es

1730rpm por lo cual obligatoriamente se debe reducir, es por eso es necesario seleccionar un reductor de velocidad.

En el mercado se encuentra un reductor de corona sin fin, que debido a sus dimensiones se ajusta a las necesidades que se requiere y este reductor de velocidades tiene una relación de transmisión de 1:50. En este reductor de velocidades para la banda trapezoidal ya vienen agregados sus respectivas poleas, para el eje del tornillo sin fin viene agregado una polea de 6in y para el eje de la corona una polea de 3in.

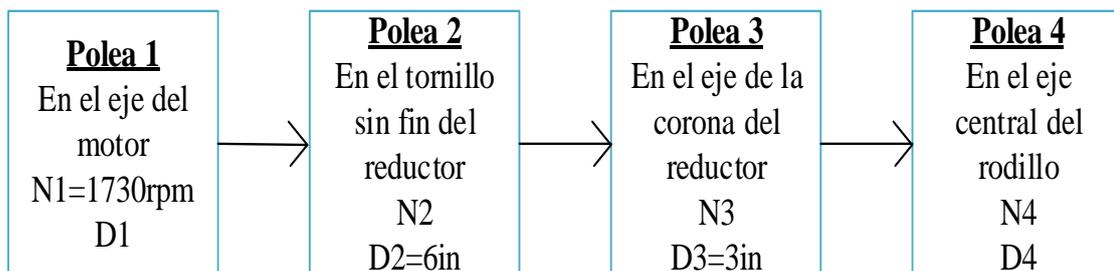
Figura 24. Reductor de velocidades sin fin-corona



Fuente: Autores

**3.5.9 Selección de poleas.** Al tener el reductor de velocidades sus respectivas poleas se debe seleccionar poleas para el eje del motor y para el eje central de los rodillos para la banda transportadoras. A continuación se representa una figura de secuencia en la que se transmitirá de polea a polea.

Figura 25. Selección de poleas



Fuente. Autores

Los diámetros de las poleas ( $D_2 = 6in$ ) y ( $D_3 = 3in$ ). Se seleccionara los diámetros de poleas ( $D_1 = 3in$ ) y ( $D_4 = 2.5in$ ) porque se requiere bajas velocidades para las bandas transportadoras para el proceso de enfundado de prendas textil. Mediante estos datos obtenidos se procederá a realizar los siguientes cálculos para determinar las rpm de cada una de las poleas.

Cálculo de revoluciones por minuto para la polea 2 con la ecuación que se muestra a continuación:

$$N_1 * D_1 = N_2 * D_2 \quad (16)$$

$$1730 \text{ RPM } 3in = 6in (N_2)$$

$$N_2 = 865 \text{ rpm}$$

Se obtiene como resultado 865 RPM en el eje del tornillo sin fin.

Dónde:

$N_1$  = Número de revoluciones de la polea 1, en revoluciones por minuto

$D_1$  = Diámetro de la polea 1, en pulgadas

$N_2$  = Número de revoluciones de la polea 2, en revoluciones por minuto

$D_2$  = Diámetro de la polea 2, en pulgadas

Dónde:

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

$$N_3 = \frac{N_2}{50}$$

$$N_3 = \frac{865}{50}$$

$$N_3 = 17,3 \text{ rpm}$$

Se obtiene como resultado 17.3 rpm en el eje de la corona o en la salida del reductor y aplicando la ecuación (16) se procede a calcular las rpm para el eje central de rodillos.

$$N_3 * D_3 = N_4 * D_4$$

Datos:

Diámetro de la polea tres:  $D_3 = 3in$

Número de revoluciones de la polea tres:  $N_3 = 17.3 \text{ rpm}$

Diámetro de la polea cuatro:  $D_4 = 2.5in$

Número de revoluciones:  $N_4 = ?$

$$17.3RPM \cdot 3in = 2.5in (N_4)$$

$$N_4 = 20.76 \text{ rpm}$$

Se obtiene 20.76 rpm equivalente a **21rpm** del eje central del rodillo. Transformando a rad/seg tenemos:

$$\omega = 2.2 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

Cálculo de la velocidad lineal de la banda.

$$\omega = \frac{V}{r} \quad (17)$$

Despejando tenemos:

$$V = \omega * r$$

$$V = 2.2 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} * (1.25in)$$

$$V = 2.75 \frac{\text{in}}{\text{seg}} * \left( \frac{2.54cm}{1in} \right)$$

$$V = 7 \text{ cm/s}$$

Dónde:

$\omega$  = Velocidad angular, en rad/s

V = Velocidad lineal, en m/s

r = Radio de la polea, en in

**3.5.10 Selección de la banda de transmisión.** Estos elementos tienen como función transmitir el movimiento rotacional del motor eléctrico hacia la caja reductora y de la

caja reductora al rodillo que permiten dar el movimiento a la banda transportadora del prototipo.

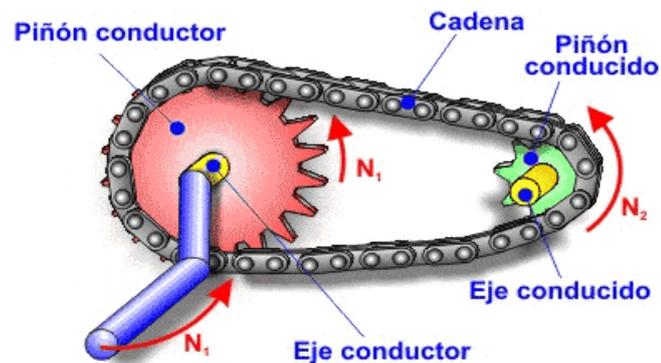
### Criterios de Selección:

- ✓ Baja velocidad de transmisión
- ✓ Trabajar con cortas distancias posibles entre los centros de los ejes
- ✓ Bajo costo del elemento mecánico
- ✓ Bajo control de tensado
- ✓ Buena tolerancia a la desalineación

Para la selección del sistema de transmisión tenemos las siguientes alternativas:

- ✓ Rueda dentada y cadena de transmisión (A)

Figura 26. Rueda dentada y cadena de transmisión



Fuente: <http://goo.gl/yDma3Q>

- ✓ Polea y banda de transmisión (B)

Figura 27. Polea y banda de transmisión



Fuente: <http://goo.gl/fNeXm5>

Tabla 20. Selección del motor

Criterios de comparación	Alternativas	
	A	B
Costo	3	4
Facilidad de adquisición	3	4
Facilidad de montaje	3	4
Mantenimiento	3	4
Nivel de ruido	3	5
Disponibilidad en el mercado	4	5
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>26</b>

Fuente: Autores

Ponderación:

- ✓ 1: menos importante
- ✓ 5: más importante

De acuerdo con los criterios analizados, se ha seleccionado la alternativa B (Polea y banda de transmisión) debido a los costos, facilidad de adquisición y nivel de ruido.

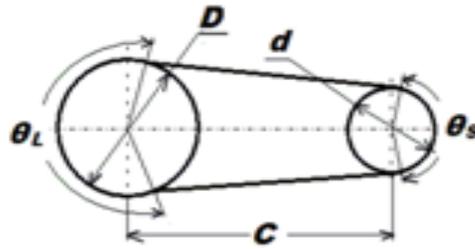
Tabla 21. Criterios comparativos de las correas de transmisión

Criterio	Plana	Trapezoidal	Estriada	Dentada
Carga en los árboles	muy grande	pequeña	pequeña	mínima
Trabajo a $V = 25$ m/s	aceptable	aceptable	malo	bueno
Resistencia a los choques	muy buena	bueno	regular	aceptable
Eficiencia %	97 ... 98	96 ... 97	95 ... 96	98 ... 99
Longitud de correa.	libre	normalizada	libre	dependiente
Tolerancia a la desalineación	pequeña	grande	grande	pequeña
Nivel de ruido	muy bajo	muy bajo	bajo	bajo
Sincronismo	no	no	no	si
Costo inicial	bajo	bajo	bajo	moderado
Necesidad de control del tensado	alguna	escasa	alguna	escasa

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

## Cálculo de las distancias de las correas de transmisión

Figura 28. Distancias de las correas de transmisión



Fuente: Autores

Dónde:

D = Diámetro de la polea conductora

d = Diámetro de la polea conducida

C = Distancia entre ejes de las poleas

$$L = \sqrt{4C^2 - D - d} + \frac{1}{2}(D \cdot \theta_L + d \cdot \theta_S) \quad (18)$$

$$\theta_L = \pi + 2\text{sen}^{-1} \frac{D-d}{2C} \quad (19)$$

$$\theta_S = \pi - 2\text{sen}^{-1} \frac{D-d}{2C} \quad (20)$$

Dónde:

L = Longitud de la correa en in.

$\theta_S$  = Longitud de contacto de la polea conductora.

$\theta_L$  = Longitud de contacto de la polea conducida.

**Longitud del sistema de transmisión 1.** Desde el eje del motor hacia la polea de 6 in de la caja reductora.

Datos:

D = 3in

d = 6in

C = 7.67 in

$$\theta_L = \pi + 2\text{sen}^{-1} \frac{6 - 3}{2(7.67)}$$

$$\theta_L = 50.28$$

$$\theta_S = \pi - 2\text{sen}^{-1} \frac{6 - 3}{2(7.67)}$$

$$\theta_S = -19.33$$

---


$$L = 4C^2 - D - d^2 + \frac{1}{2}(D \cdot \theta_L + d \cdot \theta_S)$$


---

$$L = 4(7.67)^2 - 6 - 3^2 + \frac{1}{2}(6 \times 50.28 + 3 \times -19.33)$$

$$L = 28.78 \text{ in}$$

Figura 29. Correa trapezoidal para el sistema de transmisión 1

**PART NUMBER: 17300**

[Back to results](#)



ATTRIBUTES	SPECIFICATIONS
Effective Length (in)	30
Angle	36
Top Width (in)	0.53
Metric Part	13A0760
Outside Circumference	30.27

Fuente: <http://goo.gl/hMyF2J>

**Longitud del sistema de transmisión 2.** Desde la polea de 2.5 in de la caja reductora hacia la polea de 2.5 in del rodillo motriz de la banda transportadora.

Datos:

$$D = 2.5 \text{ in}$$

$$d = 2.5 \text{ in}$$

$$C = 12.20 \text{ in}$$

$$\theta_L = \pi + 2\text{sen}^{-1} \frac{2.5 - 2.5}{2(12.20)}$$

$$\theta_L = \pi$$

$$\theta_S = \pi - 2\text{sen}^{-1} \frac{2.5 - 2.5}{2(12.20)}$$

$$\theta_S = \pi$$

$$L = 4C^2 - D - d^2 + \frac{1}{2}(D \cdot \theta_L + d \cdot \theta_S)$$

$$L = 4(12.20)^2 - 2.5 - 2.5^2 + \frac{1}{2}(2.5\pi + 2.5\pi)$$

$$L = 31.58 \text{ in}$$

Figura 30. Correa trapecial para el sistema de transmisión 2

**17320 Dayco Top-Cog Gold Label V-Belt**  
Details



Part Number:	17320
Weight:	0.2 lbs
Warranty:	One Year
Angle (°):	38
Banded Belt:	No
Belt Construction:	Bottom Cog
Belt Material:	Synthetic Rubber Compound
Effective Length (in):	32.00
Effective Length (mm):	812.80
Outside Circumference (in):	32.14
Outside Circumference (mm):	816.36
SAE Standards:	SAE J636, SAE J637
Temperature Range Maximum (°F):	175
Temperature Range Minimum (°F):	-35
Top Width (in):	.53
Top Width (mm):	13.462
Type:	V-Belt

Fuente: <http://goo.gl/pLQPi4>

**Longitud del sistema de transmisión 3.** Desde la polea de doble canal de 2.5 in del rodillo motriz hasta la polea de 2.5 in del rodillo superior para el rollo del plástico.

Datos:

$$D = 2.5 \text{ in}$$

$$d = 2.5 \text{ in}$$

$$C = 23.22 \text{ in}$$

$$\theta_L = \pi + 2\text{sen}^{-1} \frac{2.5 - 2.5}{2(23.22)}$$

$$\theta_L = \pi$$

$$\theta_S = \pi - 2\text{sen}^{-1} \frac{2.5 - 2.5}{2(23.22)}$$

$$\theta_S = \pi$$

$$L = 4C^2 - D - d^2 + \frac{1}{2}(D \cdot \theta_L + d \cdot \theta_S)$$

$$L = 4(23.22)^2 - 2.5 - 2.5^2 + \frac{1}{2}(2.5 \times \pi + 2.5 \times \pi)$$

$$L = 46.52 \text{ in}$$

**Longitud del sistema de transmisión 4.** Desde la polea de doble canal de 2.5 in del rodillo motriz hasta la polea de 2.5 in del rodillo inferior para el rollo del plástico.

Datos:

$$D = 2.5 \text{ in}$$

$$d = 2.5 \text{ in}$$

$$C = 18.5 \text{ in}$$

$$\theta_L = \pi + 2 \text{sen}^{-1} \frac{2.5 - 2.5}{2(18.5)}$$

$$\theta_L = \pi$$

$$\theta_S = \pi - 2 \text{sen}^{-1} \frac{2.5 - 2.5}{2(18.5)}$$

$$\theta_S = \pi$$

$$L = 4C^2 - D - d^2 + \frac{1}{2}(D \cdot \theta_L + d \cdot \theta_S)$$

$$L = 4(18.5)^2 - 2.5 - 2.5^2 + \frac{1}{2}(2.5 \times \pi + 2.5 \times \pi)$$

$$L = 37.10 \text{ in}$$

**3.5.11 Cálculo de la resistencia eléctrica (Niquelinas).** La resistencia eléctrica es la oposición que presenta el material a la circulación de corriente. En los conductores metálicos esta oposición se debe al choque de los electrones cuasi libres con otros electrones o con otras partículas atómicas, con lo cual se tiende a retardar su circulación. Estos choques se traducen exteriormente como un calentamiento del material conductor.

## Variación de la resistencia con la temperatura

La resistencia eléctrica varía su valor cuando la temperatura cambia, es por este motivo que el circuito que contenga estos elementos debe funcionar en ambientes donde la temperatura sea normal y constante.

Si la temperatura varía en el lugar donde está el resistor se puede obtener el nuevo valor de la resistencia utilizando la siguiente fórmula:

$$R_{tf} = R_{to} \times [1 + \alpha (t_f - t_o)] \quad (21)$$

Dónde:

$R_{tf}$  = Resistencia final a la temperatura  $t_f$ , en ohmios

$R_{to}$  = Resistencia inicial a la temperatura  $t_o$ , en ohmios

$\alpha$  = Coeficiente de temperatura

$t_f$  = Temperatura final en ° C

$t_o$  = Temperatura inicial en ° C

Tabla 22. Coeficiente de variación de resistencia por grado de temperatura

Material	$\alpha$	Material	$\alpha$
Aluminio	0.0039	Plata	0.0038
Mercurio	0.00089	Hierro	0.0052
Bronce fosforoso	0.002	Plomo	0.0037
Nicromio	0.00013	Kruppina	0.0007
Carbón	0.0005	Tungsteno	0.0041
Níquel	0.0047	Latón	0.002
Niquelina	0.0002	Wolframio	0.0045
Cobre	0.00382	Oro	0.0034

Fuente: <http://goo.gl/io4tYs>

Tabla 23. Resistencia inicial de la niquelina

**Niquelina** (CuNi 30 Mn)

Resist. específica $\sigma_{20}$	0,4 $\Omega$
Coef. temperatura $\alpha$	$\pm 0,00015/^\circ\text{C}$
Resistencia al calor	hasta 500 $^\circ\text{C}$
Tensión térmica respecto al cobre	25 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$

Fuente: <http://goo.gl/T9GizR>

$$R_{tf} = R_{to} \times [1 + \alpha (t_f - t_o)]$$

$$R_{niq} = 0.4\Omega \times [1 + 0,0002(500^\circ\text{C} - 18^\circ\text{C})]$$

$$R_{niq} = 1.438\Omega$$

### Cálculo de la potencia

$$P = \frac{V^2}{R} \tag{22}$$

$$P = \frac{(35)^2}{1.438\Omega}$$

$$P = 69.54W$$

### Cálculo de la corriente

$$I = \frac{P}{V} \tag{23}$$

$$I = \frac{69.54W}{35V}$$

$$I = 1.98 A$$

**3.5.12 Selección del contactor.** La función es de activar o desactivar el paso de la corriente hacia la resistencia térmica mediante una señal de tensión enviada por el PLC.

### Criterios para la selección:

- ✓ El contactor debe ser del tipo electromagnético ya que su mando será mediante el suministro de tensión eléctrica enviada por el PLC hacia la bobina del contactor.
- ✓ La tensión con la que se va alimentar la resistencia térmica para este caso es 35V.
- ✓ Según el tipo de aplicación que tenga la resistencia térmica se debe obtener la categoría de servicio con la siguiente tabla.

Tabla 24. Aplicación del contactor en función de la categoría de servicio

Categoría de servicio	Aplicaciones
AC1	Carga puramente resistiva para calefacción eléctrica, resistencia eléctricas, etc.
AC2	Motores asincrónicos para mezcladoras, centrifugas, etc.
AC3	Motores asincrónicos para aparatos de aire acondicionado, compresores, ventiladores y trabajos intermitentes.
AC4	Motores asincrónicos para grúas, ascensores.

**Fuente:** <http://goo.gl/VOYp6N>

Determinación del calibre del contactor considerando el factor de la corriente cortada.

Tabla 25. Corriente cortada de acuerdo a la categoría de servicio

Categoría de servicio	Ic (A)
AC1	1
AC2	2,25
AC3	1
AC4	6

Fuente: <http://goo.gl/VOYp6N>

### Cálculo del calibre del contactor.

Datos:

Corriente de consumo de la resistencia eléctrica:  $I_e = 2 \text{ A}$ .

Corriente cortada:  $I_c = 1 \text{ A}$ .

Categoría de servicio:  $I_c = 1$

$$\text{Calibre del contactor} = I_e * I_c \quad (24)$$

$$\text{Calibre} = (2) (1)$$

$$\text{Calibre} = 2 \text{ A}$$

Tabla 26. Contactor seleccionado

Imagen	Características
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Contactor FUJI AC-03 1NO (110VAC)</li> <li>✓ Categoría de servicio: AC3</li> <li>✓ Bobina: 110V</li> <li>✓ Corriente de consumo: 32 A.</li> <li>✓ Característica de utilización:</li> <li>✓ 50/60 Hz, hasta 690V</li> <li>✓ Contactos principales: 3</li> <li>✓ Contacto auxiliares: 1NO</li> </ul>

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

**3.5.13 Selección del relé térmico.** Estos elementos son para proteger a los motores cuando existe sobrecalentamiento en los conductores, sobre intensidades de corriente y cortocircuitos. Estos deben ser calibrados a la corriente de trabajo de los motores eléctricos el cual permite desactivar el paso de la corriente en caso de que exceda de la corriente de trabajo. Conociendo la corriente de arranque de los motores eléctricos de 5 amperios se seleccionara los relés para los motores.

Tabla 27. Relé térmico seleccionado

Imagen	Características
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Relé de 8 pines 110V AC</li> <li>✓ Marca: Camsco</li> <li>✓ Serie: MY2</li> <li>✓ Capacidad de contactos: 10 A</li> </ul>

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

**3.5.14 Selección del plástico (Celofán).** Se seleccionará este tipo de plástico siendo el más adecuado para enfundar prendas textiles por ser transparente, flexible y además es un material de alta resistencia para trabajos de tracción y de fácil corte.

#### **Criterios de selección**

- ✓ Conociendo las dimensiones de la prenda textil a enfundar que es de 20 cm de largo, 15 cm de ancho y 3cm de alto como máximo se deberá seleccionar el celofán.
- ✓ Bajo costo en el mercado.
- ✓ Tienen baja densidad.
- ✓ Resisten muchos factores químicos.
- ✓ Son fáciles de trabajar.

Tabla 28. Celofán seleccionado

Imagen	Características
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alta flexibilidad</li> <li>✓ Transparente (con o sin color)</li> <li>✓ Flexible y resistente</li> <li>✓ Brillante y adherente</li> <li>✓ Punto de fundición menor a 100°C</li> </ul>

Fuente: <http://goo.gl/pSy72h>

**3.5.15 Selección de otros accesorios.** Son los elementos que se utiliza para el sistema de control, montaje y conexiones del prototipo para el proceso de enfundado de prendas textiles.

Tabla 29. Accesorios para el prototipo enfundadura de prendas textiles 1 de 3

Nombre	Imagen	Características
Racores EPC		Diámetro: 1/4in
Uniones EPY6		Diámetro: 1/4in
Uniones EPE6		Diámetro: 1/4in
Uniones EPU6		Diámetro: 1/4in
Racores EPB6 y uniones		Diámetro: 1/4in
Regulador de aire		Diámetro: 1/4in

Fuente: Autores

Tabla 30. Accesorios para el prototipo enfundadura de prendas textiles 2 de 3

Nombre	Imagen	Características
Acople para toma de aire		Diámetro: 1/4in
Manguera neumáticas		Diámetro: 1/4in
Borneras		Para diferentes diámetros
Base para relés		Para 8 pines de forma planos
Luces piloto		Luces de 24VDC y 110VCA
Pulsador ON		Normalmente abierto
Pulsador OFF		Normalmente cerrado
Pulsador de emergencia		Normalmente cerrado
Fusible		Fusible de 2 A, 500V
Base para fusible		Corriente máxima 32A

Fuente: Autores

Tabla 31. Accesorios para el prototipo enfundadura de prendas textiles 3 de 3

Nombre	Imagen	Características
Terminales		Para cable #16
Cable flexible		Numero 16
Caja metálica		Para el montaje de accesorios
Riel DIN		Para montaje del PLC y Relés
Barra eléctrica		Para fuente alimentación de baja y alta intensidad

Fuente: Autores

**3.5.16 Selección del Controlador Lógico Programable.** El PLC S7-1200 se seleccionó de acuerdo al diseño del circuito eléctrico en donde tenemos conectados todos los elementos necesarios para el proceso de enfundado de prendas textil. EL PLC tiene como función ejecutar el programa elaborado en el software TIA portal V13 del proceso y llevar el control de secuencia.

**Criterios de selección del PLC:**

- ✓ PLC de tipo compacto.
- ✓ Familia de los SIMATIC 1200.
- ✓ Tensión de alimentación de 110VAC.
- ✓ Fuente de alimentación interna de 24VDC.
- ✓ 5 entradas y 10 salidas digitales mínimo.

Tabla 32. Entradas y salidas del proceso

<b>Entradas (I)</b>		
1	I0	Pulsador START
2	I1	Final de carrera 1
3	I2	Final de carrera 2
4	I6	Pulsador STOP
5	I7	Pulsador Emergencia
<b>Salidas (Q)</b>		
1	Q0	Arranque banda 1
2	Q1	Giro 1
3	Q2	Giro 2
4	Q3	Motor 2
5	Q4	Electroválvula 2
6	Q5	Electroválvula 1
7	Q6	Niquelina 2
8	Q7	Foco de Trabajo
9	Q1.0	Foco de Parada
10	Q1.1	Niquelina 1

Fuente: Autores

Tabla 33. PLC siemens S7-1200 1214 AC/DC/RLY seleccionado

<b>Imagen</b>	<b>Características</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Marca: SIEMENS</li> <li>✓ Familia: SIMATIC 1200</li> <li>✓ Entradas y salidas digitales: 14E/10S</li> <li>✓ Entradas y salidas analógicas: 2E/1S</li> <li>✓ Puerto de comunicación:1</li> <li>✓ Memoria interna: 50KB</li> </ul>

Fuente: <http://goo.gl/xspBW5>

### 3.6 Construcción y montaje del prototipo

Una vez seleccionado todos los elementos necesarios procedemos a la construcción del prototipo.

#### 3.6.1 Construcción de la estructura

- ✓ Corte del perfil cuadrado con sus respectivas medidas.
- ✓ Soldar cada uno de los elementos estructurales.

Figura 31. Estructuras



Fuente: Autores

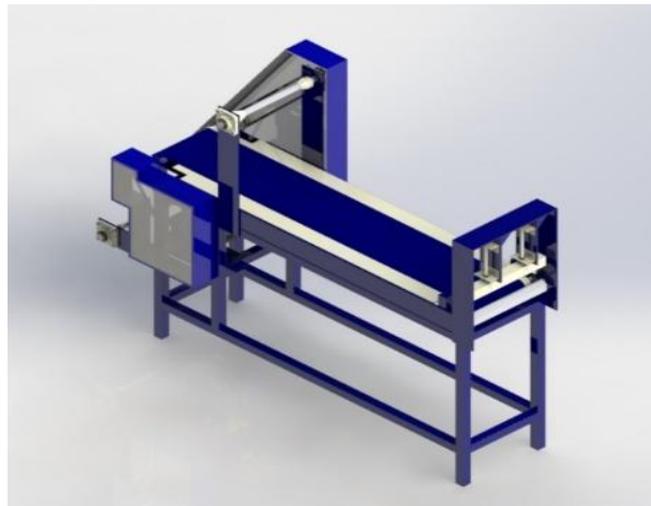
#### 3.6.2 Montaje de las bandas transportadoras

##### 3.6.2.1 Componentes de la banda transportadora 1:

- ✓ Estructura.
- ✓ Canal en C.
- ✓ Lámina de tol.
- ✓ Rodillos de accionamiento y reenvío.
- ✓ Guardas para los sistemas de transmisión.
- ✓ Apoyos para las chumaceras de pared.
- ✓ Placa base para el motor.
- ✓ Sujeción para el rollo de plástico superior.

- ✓ Sujeción para el rollo de plástico inferior.
- ✓ Eje para el rollo de plástico superior.
- ✓ Eje para el rollo de plástico inferior.
- ✓ Centrador de rollo de plástico.
- ✓ Soporte para el sellado transversal.
- ✓ Sujeción para cilindros neumáticos.
- ✓ Soporte superior de sellado transversal (aluminio).
- ✓ Base de niquelina para sellado transversal.
- ✓ Banda transportadora 1.

Figura 32. Montaje banda transportadora 1



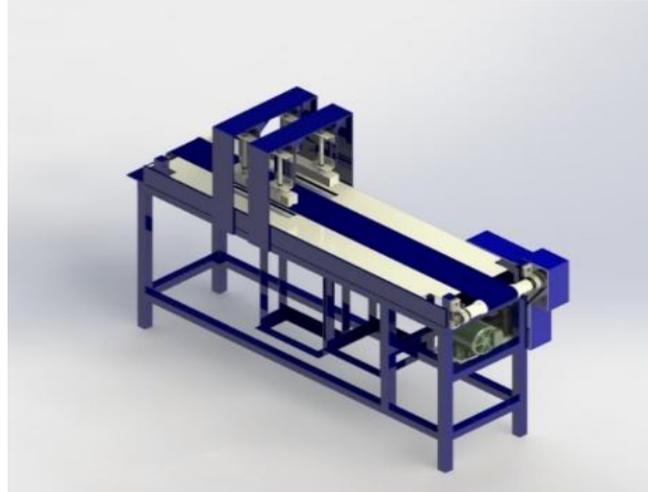
Fuente: Autores

### 3.6.2.2 Componentes de la banda transportadora 2:

- ✓ Estructura.
- ✓ Canal en C.
- ✓ Lámina de tol.
- ✓ Rodillos de accionamiento y reenvío.
- ✓ Guardas para los sistemas de transmisión.
- ✓ Apoyos para las chumaceras de pared.
- ✓ Placa base para el motor.
- ✓ Soporte para el sellado longitudinales.
- ✓ Sujeción para cilindros neumáticos.
- ✓ Soporte superior de sellado longitudinal (aluminio).

- ✓ Base de niquelina para sellado longitudinal.
- ✓ Banda transportadora 2.

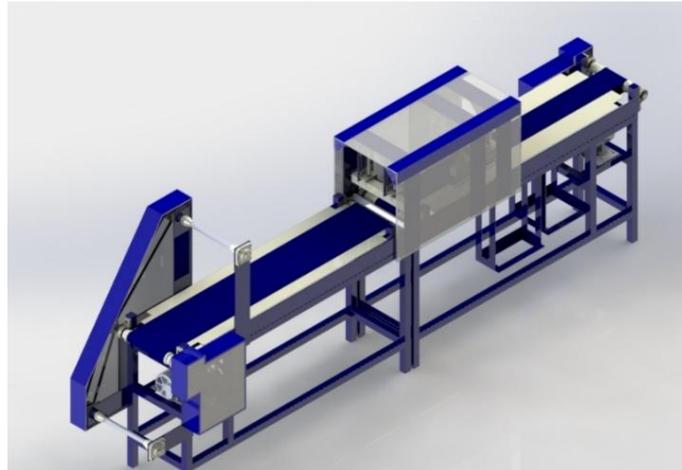
Figura 33. Montaje banda transportadora 2



Fuente: Autores

### 3.6.3 Montaje total del prototipo

Figura 34. Prototipo ensamblado



Fuente: Autores

### 3.6.4 Armado de la caja de control

Se conecta los distintos elementos de control, tales como:

- ✓ PLC S7-1200
- ✓ Contactor
- ✓ Relés

- ✓ Porta fusibles
- ✓ Borneras
- ✓ Pulsadores

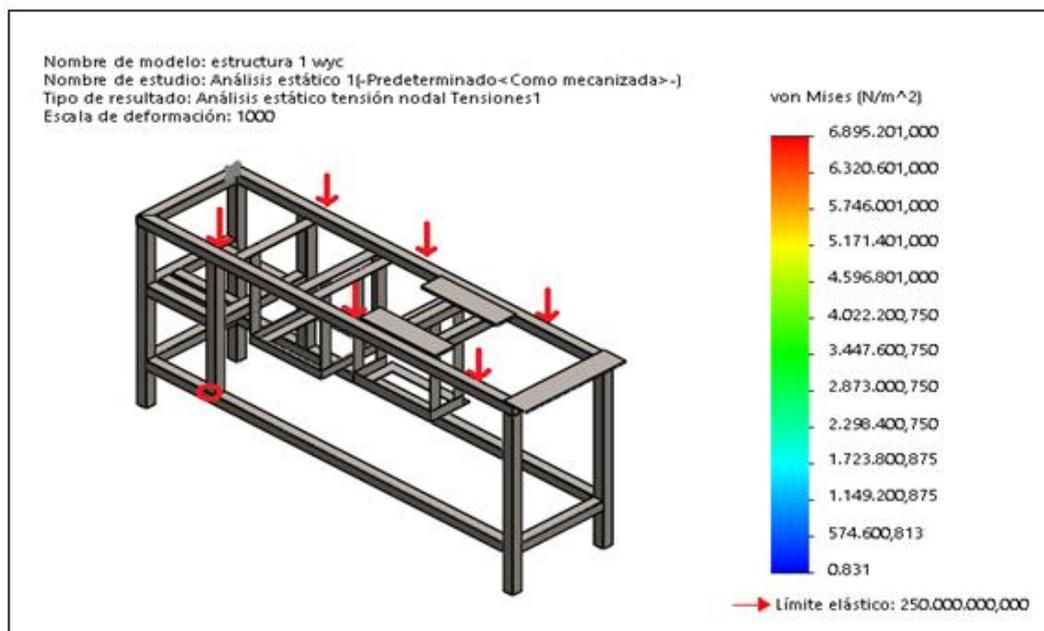
Figura 35. Caja de control



Fuentes: Autores

**3.6.5 Análisis estático.** Se realizará un análisis estático a la segunda banda transportadora debido a que esta estructura se encuentra sometida a los mayores pesos para determinar el esfuerzo máximo que soportara.

Figura 36. Análisis estático



Fuentes: Autores

El material utilizado para construir la estructura es un perfil cuadrado de acero de 1 1/2in por 2mm de espesor el cual tiene una resistencia de hasta 6,895 MPa, por lo cual el peso de los elementos representa una carga mínima.

Tabla 34. Peso total de los componentes de la banda transportadora 2

<b>Elementos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso en newton [N]</b>
Base para banda y cilindros	1	314,86
Rodillos de accionamiento y reenvió	2	70,45
Base para chumaceras de pie	4	23,32
Base para motor, sellado transversal y lateral	1	56,55
Soportes para resistencia térmica	5	59,95
Base para caja reductora y transformadores	2	64,45
Protección para el sistema de sellado	1	142,88
Cinta transportadora	1	28,4
Chumaceras	4	32,14
Cilindros de doble efecto	4	31,17
Electroválvula	1	1,44
Caja térmica y accesorios	1	92,32
Caja y sus transformadores	1	83,22
Unidad de mantenimiento	1	8,22
Poleas	2	1,72
Correa de transmisión	2	1,2
Prendas textil	3	0,45
Protección del motor eléctrico	1	38,77
Base para motor eléctrico	1	10,39
Motor	1	147,2
Caja reductora	1	52,49
<b>Peso total (<math>W_T</math>)</b>		<b>1261,3</b>

Fuente: Autores

Cálculo de comprobación de la fuerza de límite elástico del material con el esfuerzo máximo del material de trabajo de la banda transportadora 2.

**Característica del material:**

Material: Perfil estructural cuadrado

Norma: Acero ASTM A36

Dimensiones: (40x40x2) mm

Datos:

Límite elástico del material:  $S_y = 250 \text{ MPa}$

Factor de seguridad de la estructura:  $\eta = 2$

Esfuerzo máximo del material de trabajo:  $\sigma_T = 6,895 \text{ MPa}$

$$\begin{aligned}\sigma_{Admisible} &= \frac{S_y}{\eta} && (25) \\ \sigma_{Admisible} &= \frac{250 \text{ MPa}}{2} \\ \sigma_{Admisible} &= 125 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_A &> \sigma_T \\ 125 \text{ MPa} &> 6,895 \text{ MPa}\end{aligned}$$

La fuerza de límite elástico del material debe ser mayor al esfuerzo máximo del material de trabajo. Este material seleccionado la cual resiste los pesos a lo que está sometido.

**Cálculo del factor de seguridad mínimo.**

$$\begin{aligned}\eta_m &= \frac{S_y}{\sigma_T} && (26) \\ \eta_m &= \frac{250 \text{ MPa}}{6,895 \text{ MPa}} \\ \eta_m &= 36\end{aligned}$$

Dónde:

$\eta_m$  = Factor de seguridad mínimo

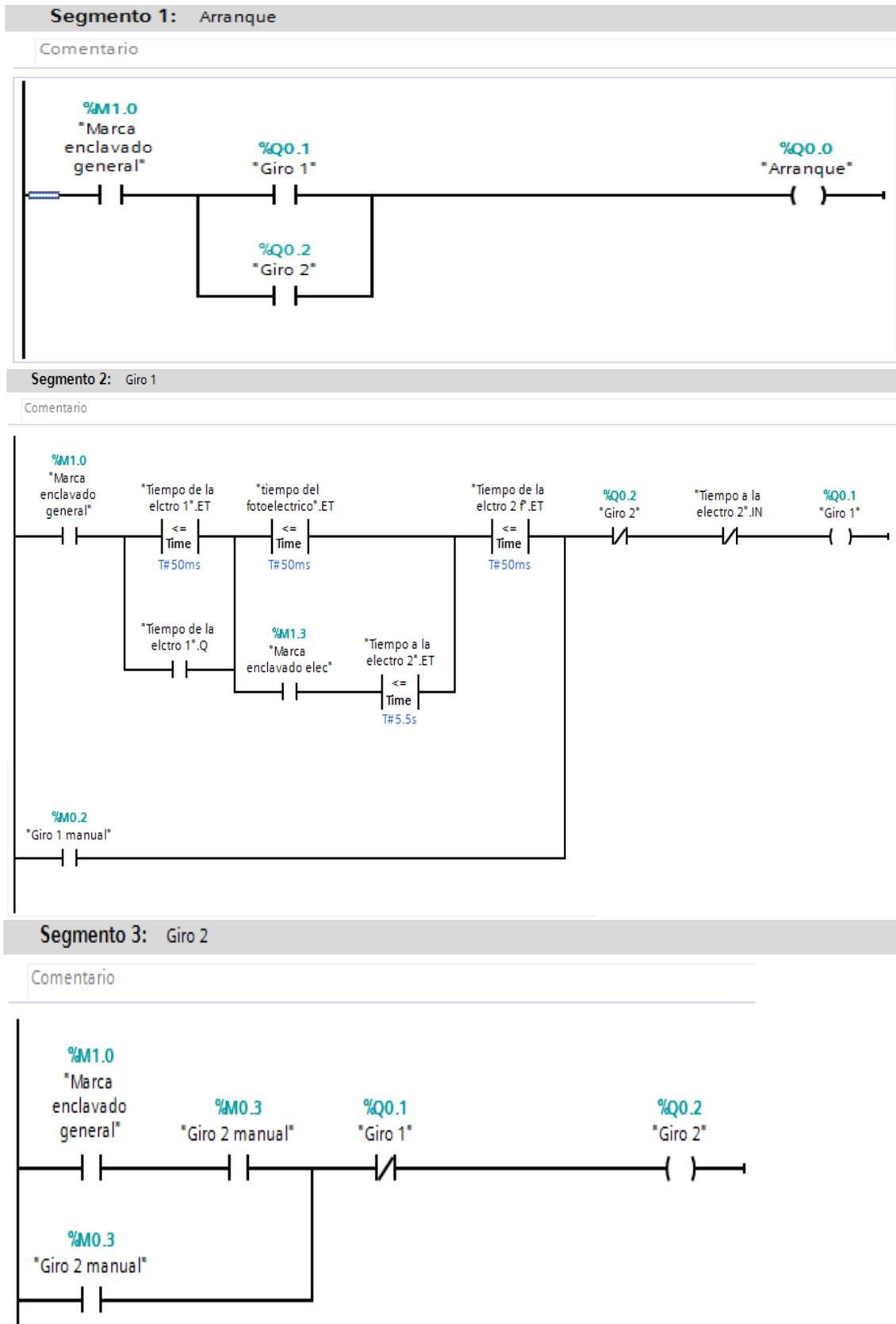
$S_y$  = Límite elástico del material

$\sigma_T$  = Esfuerzo máximo del material de trabajo

$\sigma_A$  = Esfuerzo admisible

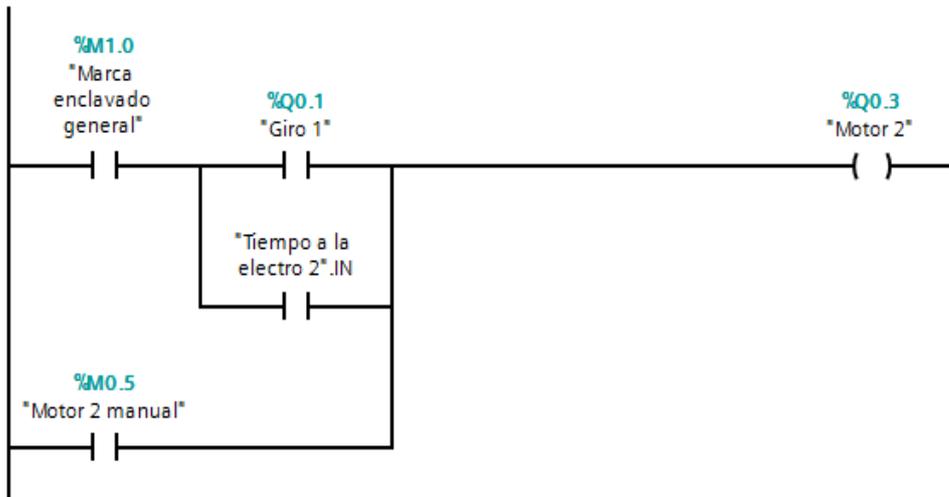
### 3.7 Programación del PLC

Figura 37. Circuito LADDER



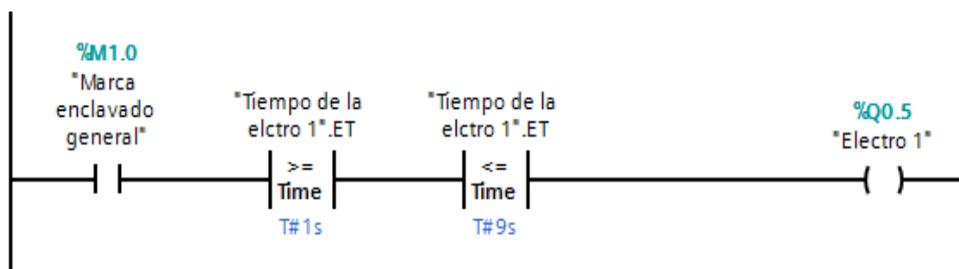
#### Segmento 4: Motor 2

Comentario



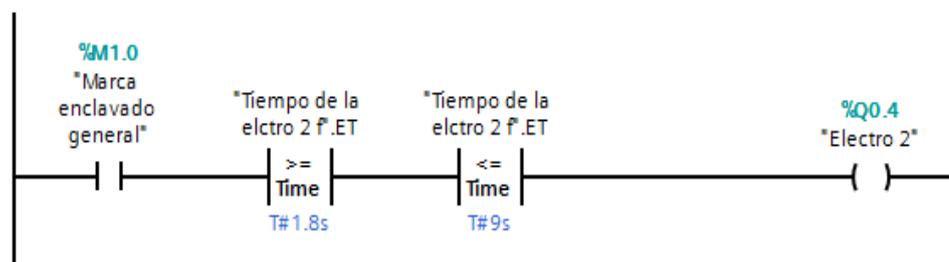
#### Segmento 5: Electro 1

Comentario



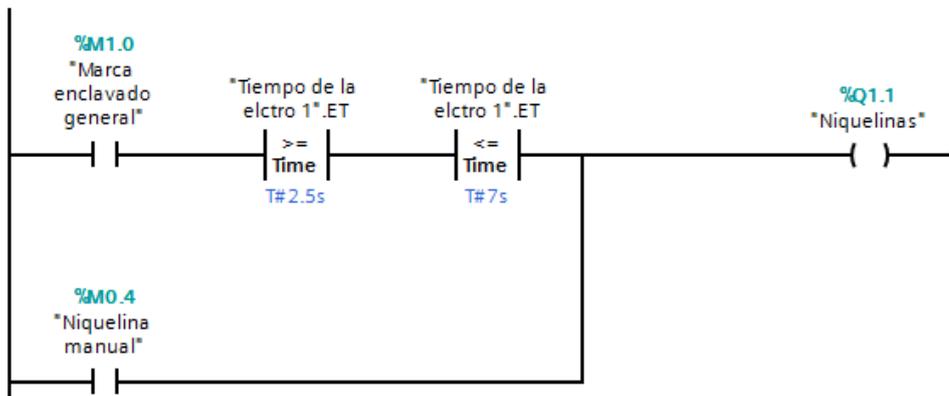
#### Segmento 6: Electro 2

Comentario



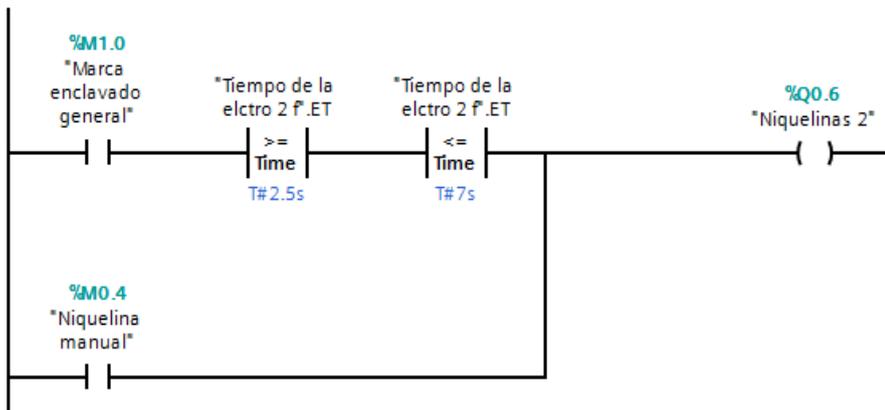
#### Segmento 7: Niquelinas 1

Comentario



### Segmento 8: Niquelinas 2

Comentario



### Segmento 9: Foco de trabajo

Comentario



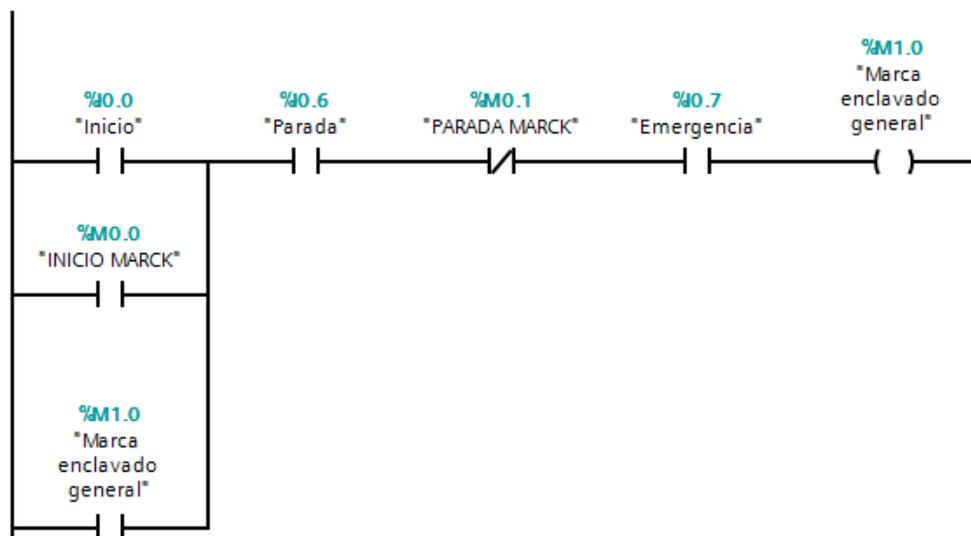
### Segmento 10: Foco de parada

Comentario



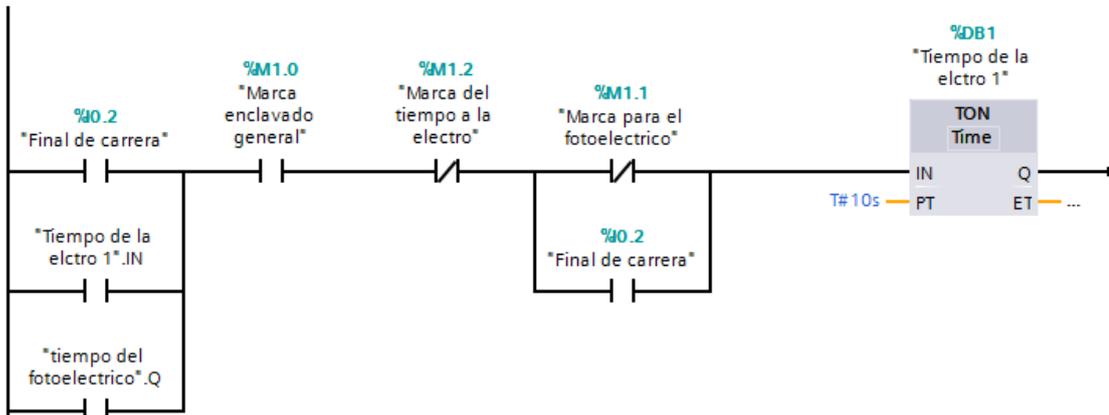
### Segmento 11: INICIO

Comentario



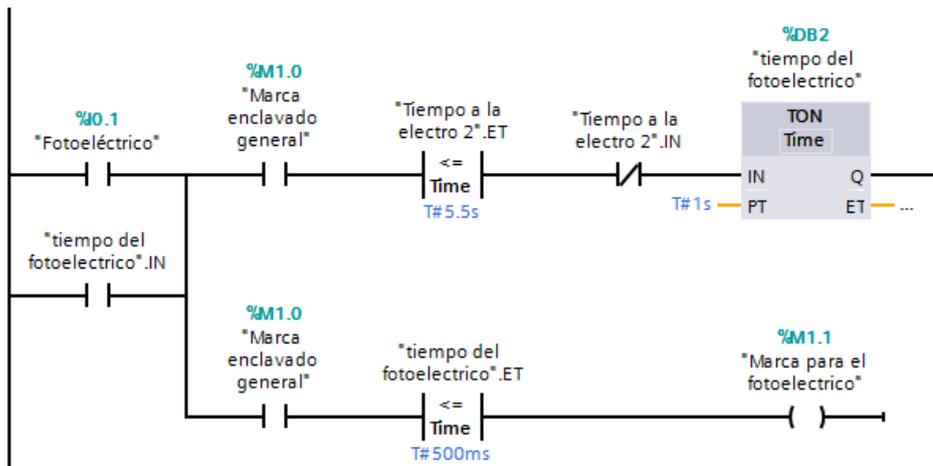
### Segmento 12: Final de carrera 1

Comentario



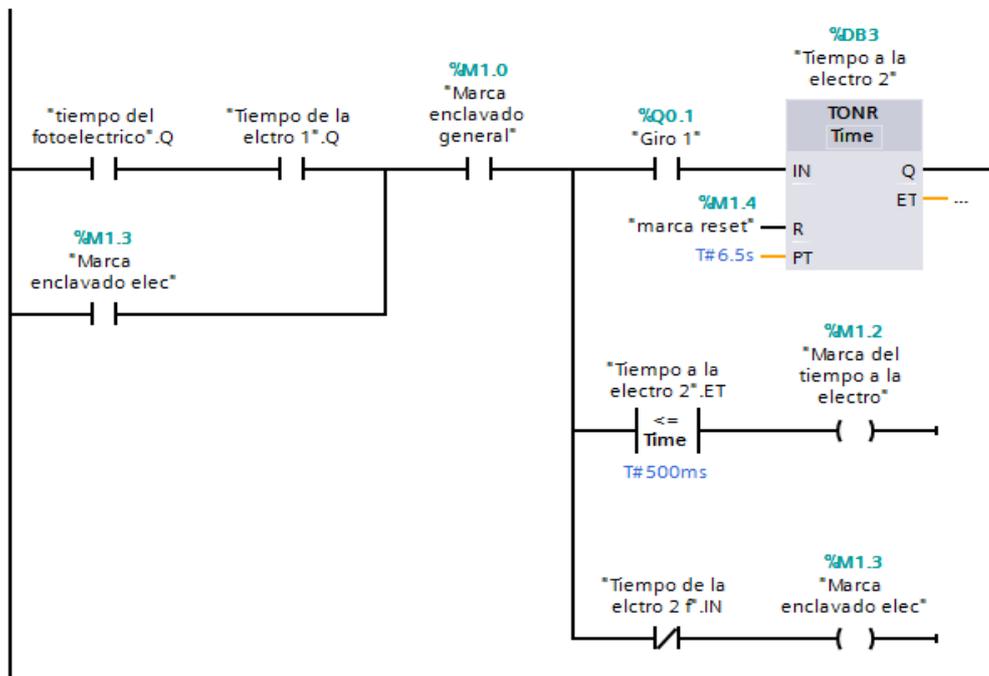
### Segmento 13: Final de carrera 2

Comentario



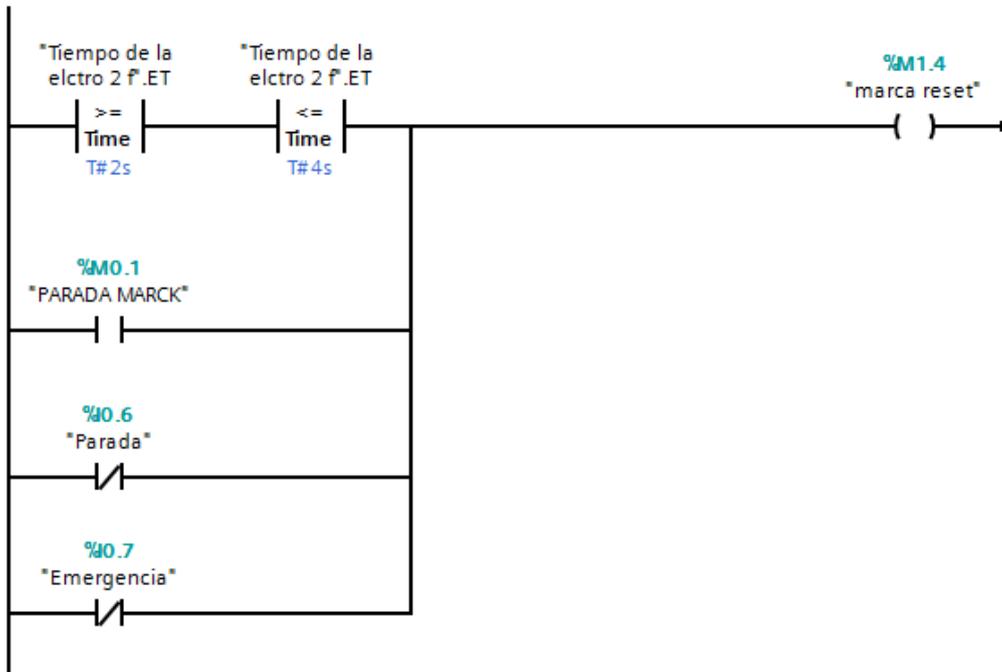
### Segmento 14: FINAL DE CARRERA

Comentario



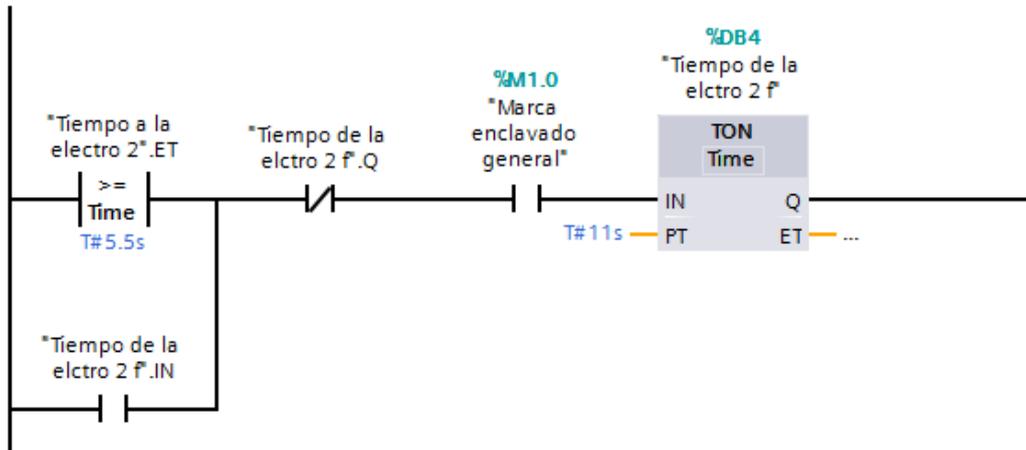
**Segmento 15: ELECTRO 2**

Comentario



**Segmento 16: Electro 2**

Comentario



Fuente: Autores

## CAPÍTULO IV

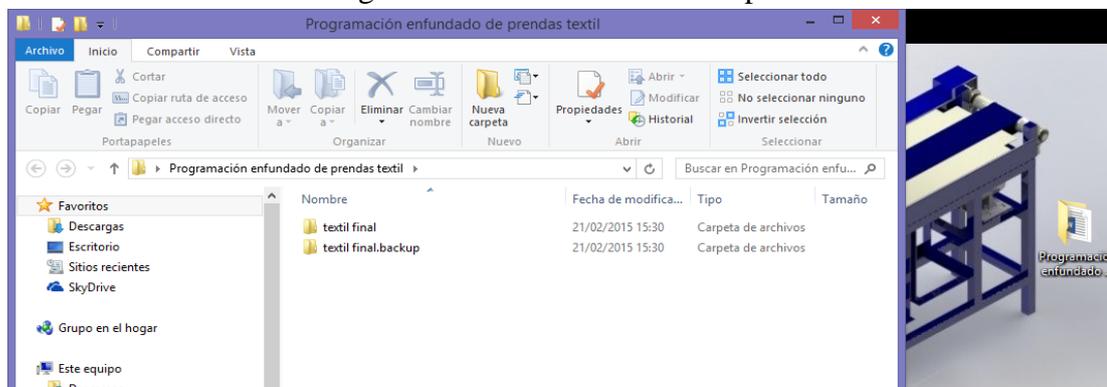
### 4. MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y GUÍAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO.

#### 4.1 Carga del programa del ordenador al PLC

Para realizar la interfaz ordenador-PLC se necesita un enlace que es un cable Ethernet y se realiza del siguiente orden:

1. Abrir la carpeta que contiene la programación del proceso.

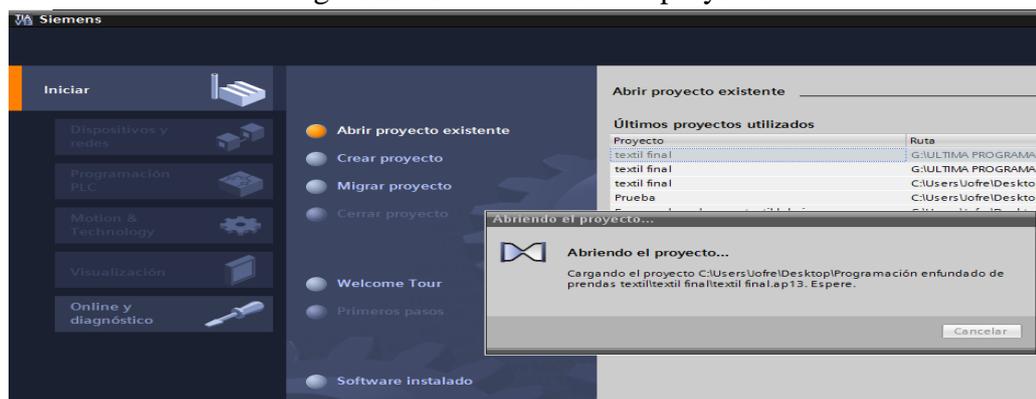
Figura 38. Selección abrir la carpeta



Fuente: Autores

2. Abrir el proyecto realizado en el programa TIA portal.

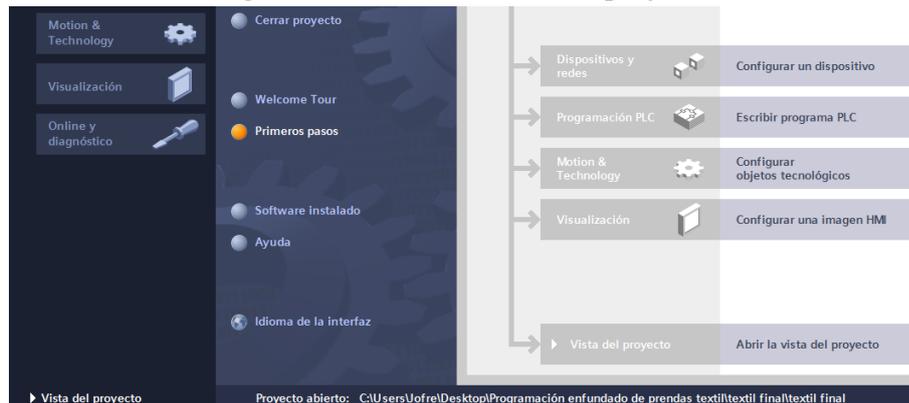
Figura 39. Selección abrir el proyecto



Fuente: Autores

3. Dar clic en la parte inferior izquierda la opción vista del proyecto.

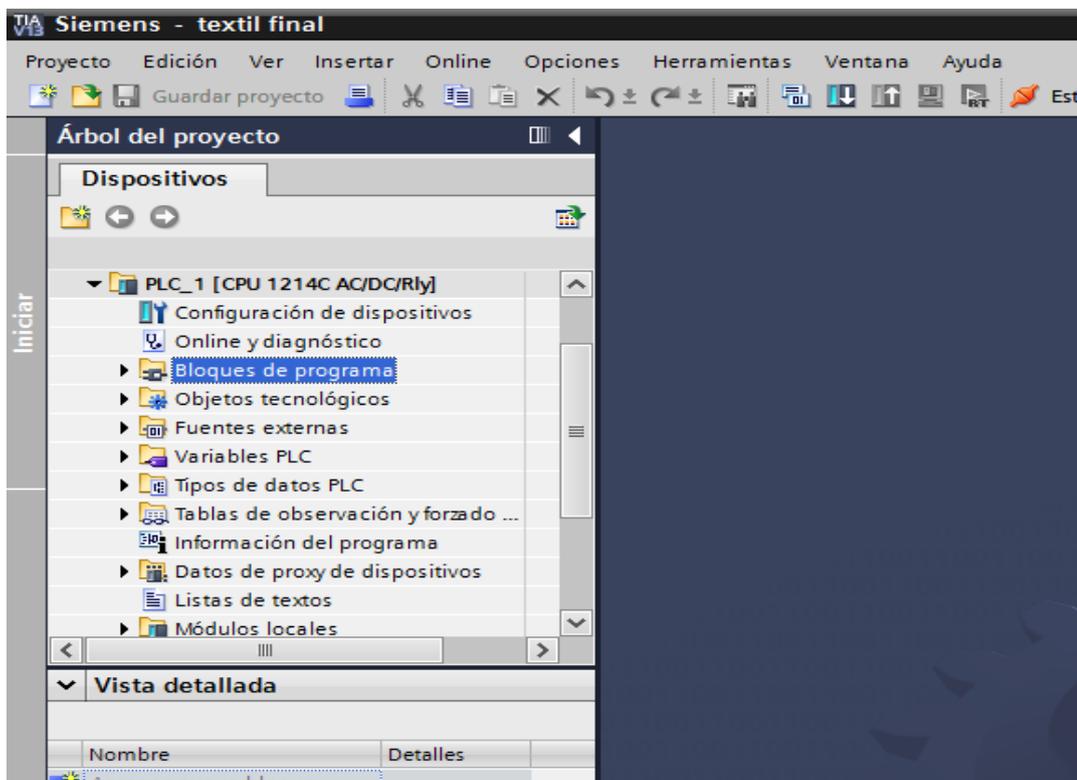
Figura 40. Selección vista del proyecto



Fuente: Autores

4. En la parte izquierda de la pantalla dar clic en la opción PLC-S7 1200 y bloques de programa.

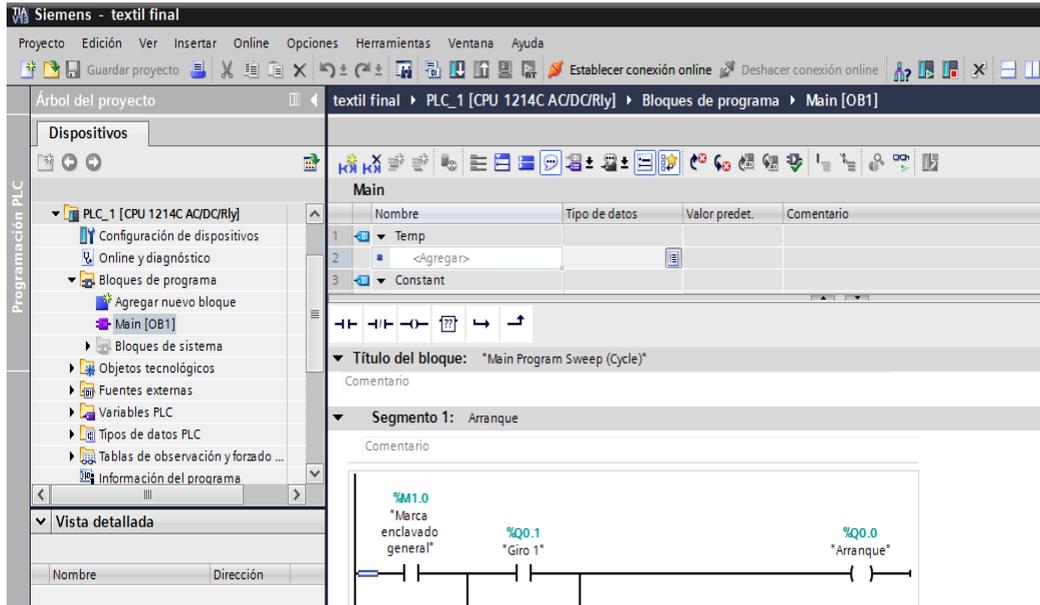
Figura 41. Selección en la carpeta PLC-S7 1200



Fuente: Autores

5. En la parte izquierda de la pantalla dar clic en la opción Main (OB1) para abrir el circuito LADDER del proceso.

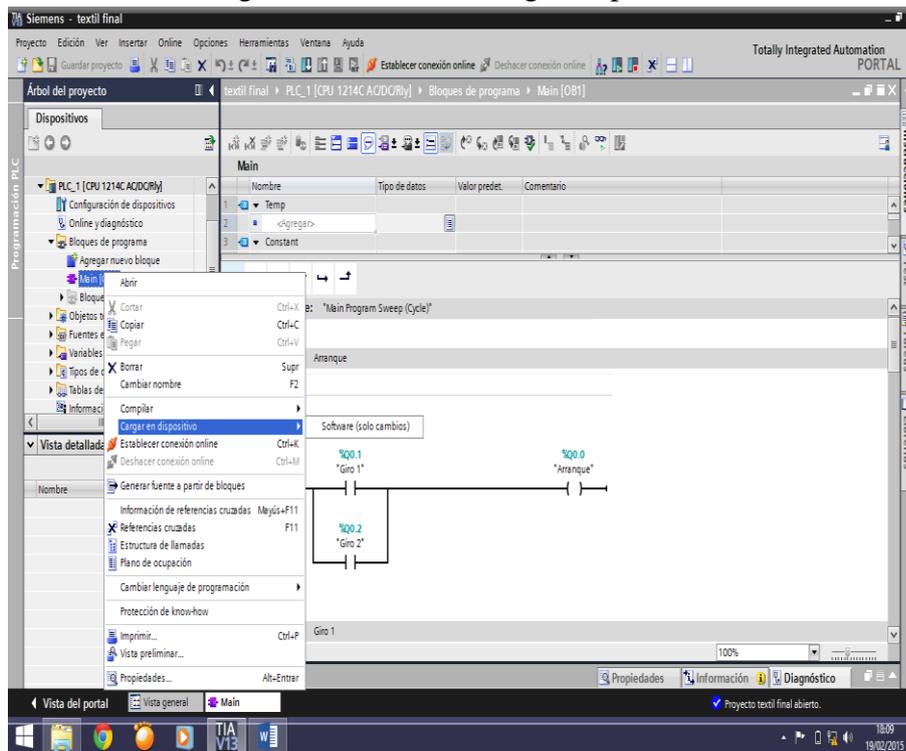
Figura 42. Abrir el circuito LADDER



Fuente: Autores

6. Dar clic derecho sobre la opción PLC-1 seleccionar la opción cargar dispositivo y todo respectivamente.

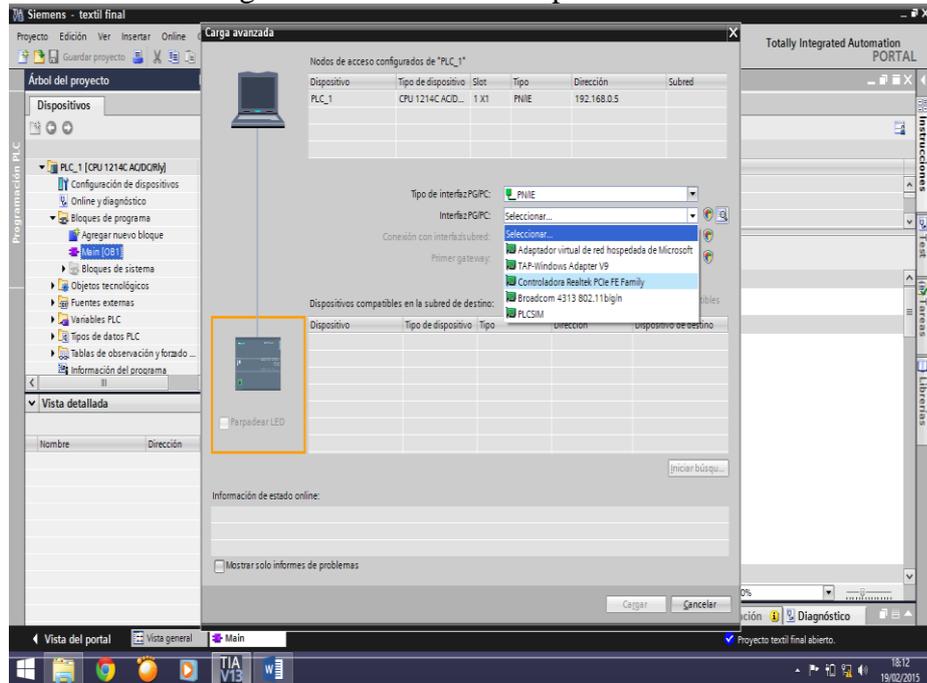
Figura 43. Selección cargar dispositivo



Fuente: Autores

7. Seleccionar el tipo de interfaz la opción PN/IE

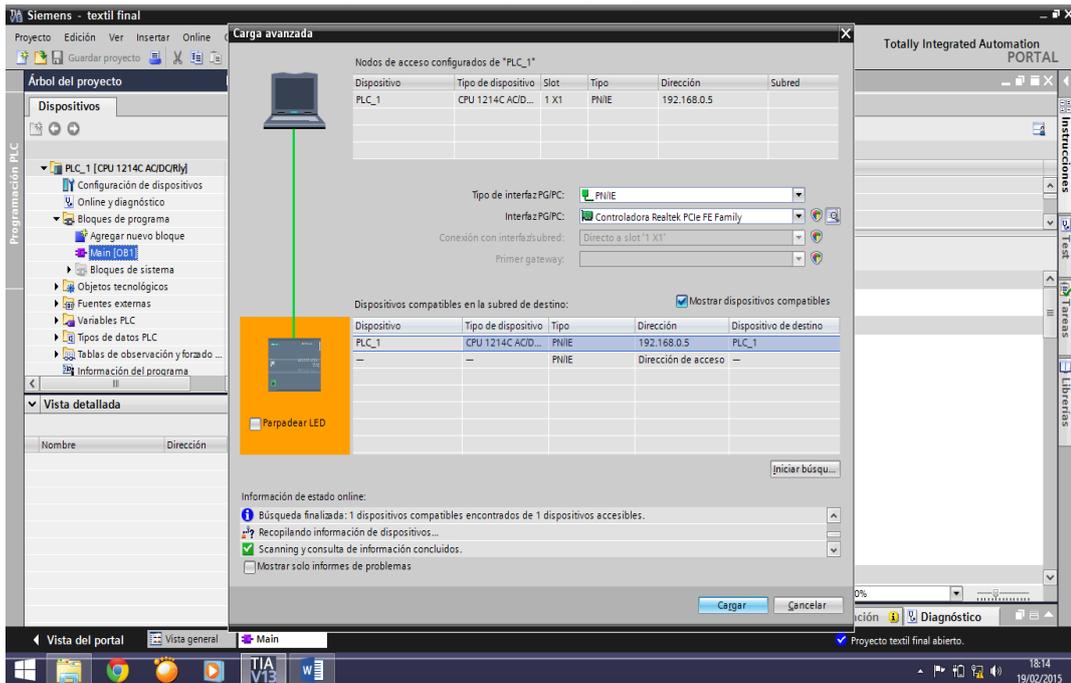
Figura 44. Selección del tipo de interfaz



Fuente: Autores

8. Seleccionamos la opción cargar la programación.

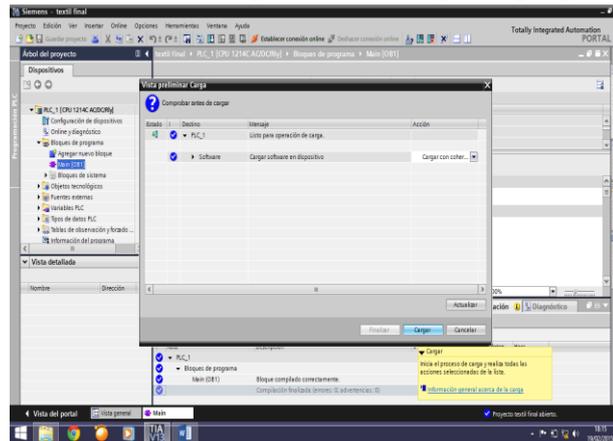
Figura 45. Cargar la programación



Fuente: Autores

9. Finalmente en el cuadro de dialogo que se despliega seleccionar la opción aplicar todo y cargar.

Figura 46. Seleccionar aplicar todo cargar la programación



Fuente: Autores

## 4.2 Manual de operaciones del prototipo de enfundado de prendas textiles

**4.2.1 Objetivo.** Establecer el procedimiento operacional para la utilización del prototipo enfundado de prendas textiles en el laboratorio de Ingeniería Industrial de la ESPOCH.

**4.2.2 Alcance.** Este procedimiento abarca la utilización del prototipo con las siguientes alternativas de operación:

- ✓ Operaciones de simulación de procesos de enfundado de prendas textiles.
- ✓ Operaciones de identificación de elementos básicos y necesarios para automatizar el proceso.

### 4.2.3 Responsabilidades

#### 4.2.3.1 Responsabilidad académica

- ✓ **Docente de la cátedra:** Responsable de revisar el presente procedimiento previa aprobación.

#### 4.2.3.2 Responsabilidad operativa

**Docente de cátedra:** Será responsable de:

- ✓ Garantizar el cumplimiento del presente procedimiento.
- ✓ Coordinar con los estudiantes sobre los horarios de prácticas a realizarse.
- ✓ Participar con los estudiantes en las prácticas de laboratorio.

**Estudiantes en laboratorio:** Serán responsables de:

- ✓ Presentar un informe al docente de cátedra en el que explique las actividades realizadas en el laboratorio durante las horas-clase.
- ✓ Mantener el orden y la limpieza del prototipo, espacio de trabajo y el laboratorio.
- ✓ Del control de energías eléctricas, hidráulicas y neumáticas, previos a la utilización del prototipo.
- ✓ Participar en las prácticas grupales.
- ✓ Coordinar con el docente o asesor la manipulación de las conexiones eléctricas y neumáticas así como en la programación.
- ✓ Cumplir con todas aquellas funciones contempladas en el puesto de trabajo.

#### **4.2.4** *Procedimiento*

##### **4.2.4.1** *Gestión previa y planificación*

**Docente de cátedra:**

- ✓ Coordinar con los estudiantes la fecha para realizar la práctica en el laboratorio.
- ✓ Asegurarse de la disponibilidad de los recursos y equipos necesarios con un mínimo de 24 horas antes de la práctica

##### **4.2.4.2** *Gestión en el laboratorio*

**Indicaciones de Seguridad:**

- ✓ Realizar la reunión pre-operativa y registrar en el formato AST antes de realizar la práctica. La práctica se realizará en caso de existir condiciones inseguras.
- ✓ Verificar el buen estado del equipo y accesorios utilizando el check list propuesto.
- ✓ Verificar en el prototipo los accesorios y recursos necesarios para la práctica.
- ✓ Revisar la ubicación de la señalética de seguridad tanto en el prototipo como en el laboratorio en general.
- ✓ Conservar la distancia con los objetos rotatorios del prototipo.

Tabla 35. Check list del prototipo

		<b>Check list diario del módulo enfundador de prendas textiles</b>				
Lugar y fecha:						
Personal a cargo:						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CHEQUEO	REPARACIÓN	CAMBIO	OBSERVACIONES	
	<b>ESTRUCTURA</b>					
1	Libre de óxido					
2	Estable					
3	Pintada					
4	Reajuste de pernos					
	<b>MOTOR</b>					
5	Limpio					
6	Ajustado					
7	Conectado					
8	Alineado					
	<b>REDUCTOR</b>					
9	Limpio					
10	Ajustado					
11	Aceite					
12	Alineado					
	<b>CHUMACERAS</b>					
13	Limpio					
14	Ajustado					
15	Engrasado					
16	Alineado					
	<b>RODILLOS</b>					
17	Limpio					
18	Ajustado					
19	Alineado					
	<b>BANDAS</b>					
20	Sin desgaste					
21	Alineado					
22	operativos					
23	Tensado					
	<b>CINTA TRANS.</b>					
24	Sin desgaste					
25	Alineado					
26	Operativo					
27	Grapa industrial					
28	Pasador					

29	Tensado				
	<b>RACORES</b>				
30	Ajustado				
	<b>CAÑERIAS</b>				
31	Sin fugas				
32	Conectados				
	<b>CABLES ELEC.</b>				
33	Aislados				
34	Conectados				
	<b>PLC</b>				
35	Limpio				
36	Aislado				
37	Buena conexión				
38	Acoplado				
	<b>ELECTROVALVULAS</b>				
39	Limpio				
40	Ajustado				
41	Conectado				
42	Buena conexión				
	<b>FRL</b>				
43	Sin fugas				
44	Conectado				
45	Limpio				
46	Acoplado				
	<b>NIQUELINAS</b>				
47	Aisladas				
48	Conectadas				
	<b>TRANSFORM.</b>				
49	Acoplada				
50	Buena conexión				
51	Aislado				
	<b>PANEL CONTROL</b>				
52	Limpio				
53	Ajustado				
54	Aislado				
55	Buena conexión				
	<b>GUARDAS</b>				
56	Instaladas				

Fuente: Autores

Tabla 36. Análisis de seguridad de trabajo

 <b>ANÁLISIS DE SEGURIDAD DE TRABAJO (AST)</b> 					
Elaborado por					
Trabajo / actividad					
Área					
Prototipo					
Fecha					
EQUIPO DE TRABAJO					
NOMBRE	APELLIDO	FIRMA	NOMBRE	APELLIDO	FIRMA
PROCEDIMIENTO PARA ELABORAR EL AST:					
PAZO 1: SELECCIÓN DEL TRABAJO	PAZO 2: DESCRIPCIÓN DE LOS PASOS DE LA TAREA	PAZO 3: IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS SEGURIDAD, SALUD Y AMBIENTE	PAZO 4: MEDIDAS DE CONTROL ASOCIADAS A CADA RIESGO		
Seleccione las actividades que representen un riesgo actual o potencial	Identificar los pasos más importantes de la práctica a realizar	Existe el riesgo de: ser golpeado por un objeto atrapado con o entre algún objeto, una descarga eléctrica, tropezón o caída, quemaduras.	Identificar y describir las medidas de control necesarias para eliminar o minimizar los riesgos previamente definidos. Indicar los elementos de protección personal a usarse durante la práctica.		

Fuente: Autores

Tabla 37. Análisis de Seguridad de trabajo

 <b>ANÁLISIS DE SEGURIDAD DE TRABAJO (AST)</b> 				
DESCRIPCIÓN DE LOS PASOS DE LA TAREA	RIESGOS EN SEGURIDAD Y SALUD	RIESGOS AMBIENTALES	MEDIDAS DE CONTROL	
EQUIPOS, ELEMENTOS Y CONDICIONES DE SEGURIDAD REQUERIDOS PARA ESTA TAREA				
<b>1.- Equipo de Protección Personal</b> <input type="checkbox"/> Casco <input type="checkbox"/> Botas de Seguridad <input type="checkbox"/> Gafas de seguridad <input type="checkbox"/> Guantes de algodón <input type="checkbox"/> Guantes de cuero <input type="checkbox"/> Guantes dieléctricos	<input type="checkbox"/> Guantes de Nitrilo <input type="checkbox"/> Protección facial <input type="checkbox"/> Protección respiratoria <input type="checkbox"/> Protección auditiva <input type="checkbox"/> Arnés <input type="checkbox"/> Línea de vida <input type="checkbox"/> Careta de soldador	<input type="checkbox"/> chaleco reflectado <input type="checkbox"/> Protección para Químicos <input type="checkbox"/> Otros..... <b>2.- Equipo de Medición y Protección</b> <input type="checkbox"/> Detector de Gases <input type="checkbox"/> Equipo Contra Incendio <input type="checkbox"/> Equipo especializado	<b>3.- EQUIPO COMPLEMENTARIO</b> <input type="checkbox"/> Cinta de seguridad <input type="checkbox"/> Señalización <input type="checkbox"/> Tarjeta de Andamios <input type="checkbox"/> Tarjetas de Bloqueo <input type="checkbox"/> Material de Contingencia <input type="checkbox"/> Otros.....	<b>4.- Procedimiento Específico</b> <input type="checkbox"/> Evaluación Médica <input type="checkbox"/> Permisos de Trabajo <b>5.- Otros</b> <input type="checkbox"/>

Fuente: Autores

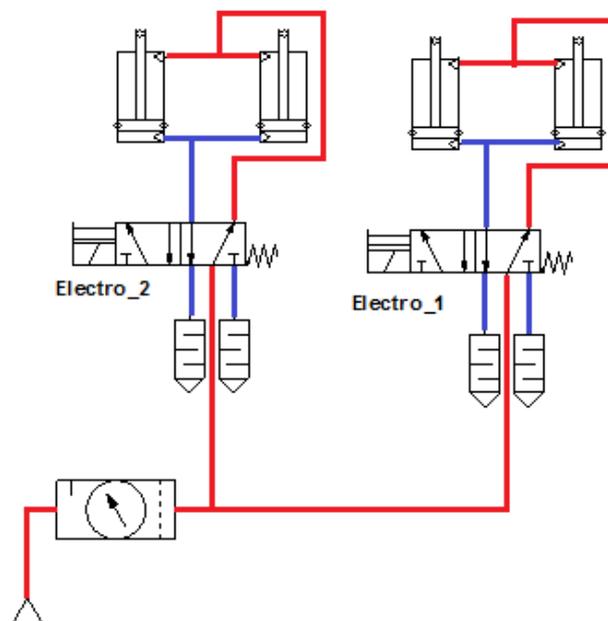
### Indicaciones mecánicas:

- ✓ Verificar que el motor, chumaceras, rodillos, poleas, cilindros neumáticos, pernos de anclaje y demás elementos mecánicos estén sujetas a la estructura.

### Indicaciones neumáticas:

- ✓ Antes de abrir la válvula de paso del aire comprimido, revisar que los ductos de aire en el prototipo estén bien conectadas presionándolos dentro de los racores y acoples rápidos de acuerdo al siguiente diagrama neumático.

Figura 47. Diagrama neumático



Fuente: Autores

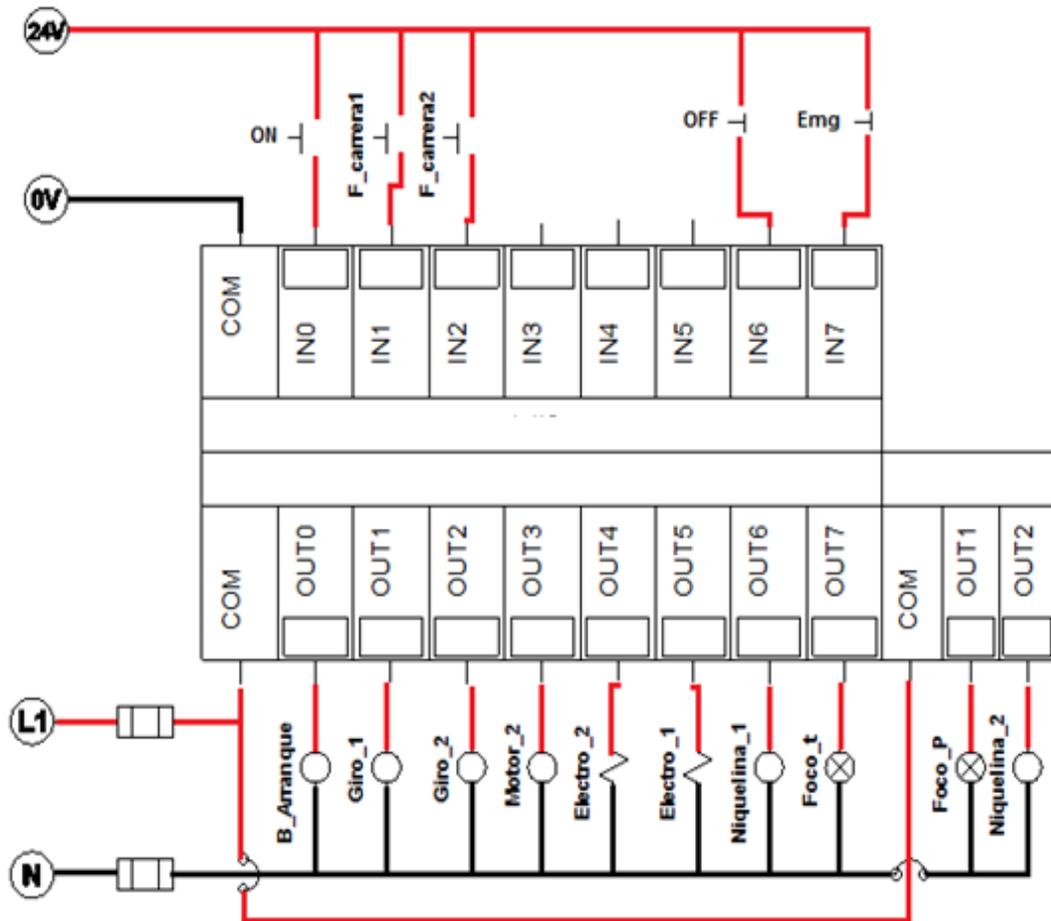
- ✓ Verificar q en el manómetro del FRL del prototipo marque una presión de trabajo de 6 bares al abrir la válvula de paso de aire comprimido.

### Indicaciones eléctricas:

- ✓ El PLC siemens se conecta directamente a la fuente de 110 VCA.
- ✓ Verificar que esté desconectada la fuente de alimentación eléctrica para:

- ✓ Revisar que las conexiones eléctricas entre los equipos estén bien sujetas en los distintos terminales y totalmente aisladas.
- ✓ Para el sistema de control, realizar las conexiones eléctricas de acuerdo al siguiente diagrama eléctrico.

Figura 48. Diagrama eléctrico



Fuente: Autores

### 4.3 Procedimiento para el mantenimiento preventivo del prototipo de enfundado de prendas textiles

4.3.1 *Objetivo.* Establecer un procedimiento para realizar el mantenimiento preventivo al prototipo enfundado de prendas textiles.

4.3.2 *Alcance.* Este procedimiento vincula el mantenimiento del prototipo en el laboratorio de Ingeniería Industrial de la ESPOCH, con la finalidad de mantenerlo en condiciones operativas.

#### 4.3.3 *Definiciones:*

- ✓ **Mantenimiento preventivo:** Conjunto de actividades que se realiza planificadamente con el fin de precautelar la integridad de un equipo.
- ✓ **Mantenimiento correctivo:** Tiene por objeto, corregir, reparar, cambiar los elementos que por su uso están fuera de especificaciones del fabricante. Para precautelar su correcto funcionamiento.

#### 4.3.4 *Responsabilidades*

##### 4.3.4.1 *Responsabilidad académica:*

**Docente de la cátedra:** Responsable de revisar el presente procedimiento previa aprobación.

##### 4.3.4.2 *Responsabilidad operativa:*

**Docente de cátedra:** Será responsable de:

- ✓ Garantizar el cumplimiento del presente procedimiento.
- ✓ Coordinar con los estudiantes sobre el trabajo de mantenimiento a realizarse.
- ✓ Participar con los estudiantes en el mantenimiento requerido del prototipo.

**Estudiantes en laboratorio:** Serán responsables de:

- ✓ Elaborar un AST (Análisis de Seguridad de Trabajo) antes del mantenimiento.
- ✓ Si es necesario, asignar personal de “vigilancia”.
- ✓ Inspeccionar los elementos de protección personal a usarse.
- ✓ Utilizar el equipo de protección personal adecuado.
- ✓ Indicar los equipos y herramientas específicos que deben usarse.

#### 4.3.5 *Procedimiento:*

##### 4.3.5.1 *Mantenimiento de los elementos mecánicos:*

#### **ESTRUCTURA:**

Tabla 38. Frecuencia de mantenimiento de la estructura

Frecuencia	Herramientas
✓ Cada 3 meses	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Llave inglesa</li> <li>✓ Alicates</li> <li>✓ Lija</li> <li>✓ Guaípe</li> <li>✓ Pintura</li> </ul>

Fuente: Autores

- ✓ Desconectar la alimentación eléctrica y neumática del prototipo.
- ✓ Inspeccionar si existen posibles fisuras en las juntas soldadas de la estructura.
- ✓ Inspeccionar si existe presencia de corrosión en las partes metálicas del prototipo y si el estado del mismo lo amerita, tratar la superficie afectada.
- ✓ Inspeccionar si los elementos de ajuste como pernos, tuercas, etc., están engrasadas.
- ✓ Inspeccionar si los elementos acoplados entre sí por medio de pernos, se encuentren con el ajuste necesario.

**MOTOR:**

Tabla 39. Frecuencia de mantenimiento del motor

Frecuencia	Herramientas y materiales
✓ Cada 300 horas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Llave inglesa</li> <li>✓ Alicates</li> <li>✓ Destornillador plano y estrella</li> <li>✓ Lija</li> <li>✓ Absorbente</li> <li>✓ Pernos</li> <li>✓ Tuercas</li> <li>✓ Arandelas de presión</li> </ul>

Fuente: Autores

- ✓ Desconectar la alimentación eléctrica y neumática del prototipo.
- ✓ Inspeccionar el motor y sus conexiones eléctricas totalmente aisladas.
- ✓ Inspeccionar el ajuste de los pernos de sujeción de la carcasa del motor.

- ✓ Inspeccionar que el motor se encuentre acoplado con el ajuste necesario a la estructura.

### **REDUCTOR SIN-FIN CORONA:**

Tabla 40. Frecuencia de mantenimiento del reductor sin-fin corona

<b>Frecuencia</b>	<b>Herramientas y materiales</b>
✓ Cada 1000 horas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Llave inglesa</li> <li>✓ Grasa MOBIL GEAR 629</li> <li>✓ Alicates</li> <li>✓ Pernos</li> <li>✓ Tuercas</li> <li>✓ Arandelas de presión</li> </ul>

Fuente: Autores

- ✓ Desconectar la alimentación eléctrica y neumática del prototipo.
- ✓ Debilitar el ajuste de los pernos de anclaje con la estructura.
- ✓ Debilitar el ajuste de los pernos del reductor.
- ✓ Inspeccionar el nivel de aceite.
- ✓ Inspeccionar el estado y alineación de las poleas.
- ✓ Limpiar los elementos externos del reductor con un absorbente.

### **CHUMACERAS:**

Tabla 41. Frecuencia de mantenimiento de chumaceras

<b>Frecuencia</b>	<b>Herramientas y materiales</b>
✓ Cada 100 horas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Llave inglesa</li> <li>✓ Grasa LGMT 2</li> <li>✓ Absorbente</li> <li>✓ Llave # 11, 12</li> </ul>

Fuente: Autores

- ✓ Desconectar la alimentación eléctrica y neumática del prototipo.
- ✓ Desmontar las chumaceras de los rodillos.
- ✓ Limpiar las chumaceras con absorbente para retirar grasas contaminadas por el uso.
- ✓ Engrasar el rodamiento de la chumacera por medio del grasero.

- ✓ Montar la chumacera en los rodillos y demás partes del prototipo.

**POLEAS:**

Tabla 42. Frecuencia de mantenimiento de poleas

Frecuencia	Herramientas y materiales
✓ Cada 100 horas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Llave inglesa</li> <li>✓ Absorbente</li> <li>✓ Llave # 11, 12</li> <li>✓ Llave allen # 7</li> </ul>

Fuente: Autores

- ✓ Desconectar la alimentación eléctrica y neumática del prototipo.
- ✓ Desmontar las poleas de los rodillos, estructura del prototipo.
- ✓ Revisar la alineación de las poleas.

**BANDAS DE TRANSMISIÓN:**

Tabla 43. Frecuencia de mantenimiento de bandas de transmisión

Frecuencia	Herramientas y materiales
✓ Cada 100 horas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Llave inglesa</li> <li>✓ Absorbente</li> <li>✓ Banda</li> <li>✓ Poleas</li> </ul>

Fuente: Autores

- ✓ Desconectar la alimentación eléctrica y neumática del prototipo.
- ✓ Siempre que se observe desgaste y deformación de la banda.

**BANDA TRANSPORTADORA:**

Tabla 44. Frecuencia de mantenimiento de banda transportadora

Frecuencia	Herramientas y materiales
✓ Cada 100 horas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Llave inglesa</li> <li>✓ Absorbente</li> <li>✓ Grapas industriales</li> <li>✓ Detergente</li> </ul>

Fuente: Autores

- ✓ Desconectar la alimentación eléctrica y neumática del prototipo.
- ✓ Desmontar la banda transportadora con los rodillos de las chumaceras.
- ✓ Inspeccionar que la banda transportadora se encuentre libre de roturas.
- ✓ Ubicar la banda transportadora en los rodillos junto con las chumaceras y acoplarlos a la estructura.
- ✓ Alinear la banda transportadora.
- ✓ Tensar la banda transportadora.

#### 4.3.5.2 *Mantenimiento de los elementos neumáticos:*

#### **UNIDAD DE MANTENIMIENTO FRL:**

Tabla 45. Frecuencia de mantenimiento del FRL

<b>Frecuencia</b>	<b>Herramientas y materiales</b>
✓ Cada 100 horas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Destornillador plano y estrella</li> <li>✓ Absorbente</li> </ul>

Fuente: Autores

- ✓ Desconectar la alimentación eléctrica y neumática del prototipo.
- ✓ Controlar fugas.
- ✓ Desacoplar la perilla de drenaje y verificar que se evacue todo.
- ✓ Ubicar la perilla de drenaje, inspeccionar los racores y limpiar con absorbentes.

#### 4.3.5.3 *Mantenimiento de los elementos eléctricos:*

#### **ELECTROVÁLVULAS:**

Tabla 46. Frecuencia de mantenimiento de electroválvulas

<b>Frecuencia</b>	<b>Herramientas y materiales</b>
✓ Cada 300 horas	✓ Destornillador plano y estrella

Fuente: FESTO PNEUMATIC

- ✓ Desconectar la alimentación eléctrica y neumática del prototipo.
- ✓ Desinstalar la electroválvula y verificar continuidad.
- ✓ Limpiar con absorbente.

**RELÉS, PORTAFUSIBLES, GUARDAMOTORES:**

Tabla 47. Frecuencia de mantenimiento de relés, portafusibles y guardamotores

Frecuencia	Herramientas y materiales
✓ Cada 300 horas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Destornillador plano y estrella</li> <li>✓ Multímetro</li> <li>✓ Cable # 14</li> </ul>

Fuente: FESTO PNEUMATIC

- ✓ Desconectar la alimentación eléctrica y neumática del prototipo
- ✓ Verificar si existe continuidad en los elementos de mando.
- ✓ Aislar totalmente las conexiones con silicón.

**PLC:**

Tabla 48. Frecuencia de mantenimiento del PLC

Frecuencia	Herramientas y materiales
✓ Cada 100 horas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Destornillador plano y estrella</li> <li>✓ Multímetro</li> <li>✓ Guaípe</li> </ul>

Fuente: FESTO PNEUMATIC

- ✓ Desconectar la alimentación eléctrica y neumática.
- ✓ Desconectar las conexiones del PLC.
- ✓ Revisar el buen ajuste de los bornes de entrada y salida del PLC.

#### 4.4 Guía para práctica de laboratorio



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**GUÍA PRÁCTICA DE LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE  
PROCESOS**

**PRÁCTICA N° 1**

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ENFUNDADO DE PRENDAS  
TEXTILES**

#### 1. DATOS GENERALES

NOMBRE(S):	CÓDIGO(S):
GRUPO N°	
FECHA DE REALIZACIÓN:	FECHA DE ENTREGA:
aa/mm/dd	aa/mm/dd

**PERIODO ACADÉMICO: OCTUBRE 2014 – FEBRERO 2015**

## 2. OBJETIVO(S)

### 2.1 General

- ✓ Automatizar el proceso de enfundado de prendas textiles.

### 2.2 Específicos

- ✓ Identificar los elementos necesarios para automatizar el proceso de enfundado de prendas textiles.
- ✓ Desarrollar las conexiones de control y mando.
- ✓ Programar el proceso de enfundado de prendas textil mediante el software.
- ✓ Desarrollar la interfaz entre el ordenador y el PLC S7-1200.
- ✓ Cargar el programa al PLC S7-1200.
- ✓ Realizar las conexiones de control y mando para el proceso.

## 3. METODOLOGÍA

- ✓ Leer el manual de operaciones para mayor información.
- ✓ Inspeccionar las conexiones eléctricas y neumáticas.

## 4. DESIGNACION DE VARIABLES

Tabla 49. Designación de entradas y salidas

<b>Entradas (I)</b>		
1	I0	Pulsador START
2	I1	Final de carrera 1
3	I2	Final de carrera 2
4	I6	Pulsador STOP
5	I7	Pulsador Emergencia
<b>Salidas (Q)</b>		
1	Q0	Arranque banda 1
2	Q1	Giro 1
3	Q2	Giro 2
4	Q3	Motor 2
5	Q4	Electro 2
6	Q5	Electro 1
7	Q6	Niquelina 2
8	Q7	Foco de Trabajo
9	Q1.0	Foco de Parada
10	Q1.1	Niquelina 1

Fuente: Autores

## 5. EQUIPOS Y MATERIALES:

- ✓ Prototipo de enfundado
- ✓ Prendas franelas
- ✓ Rollos de plástico
- ✓ Red de aire comprimido
- ✓ Computador
- ✓ Software TIA Portal
- ✓ Voltaje 110 VCA

## 6. MARCO TEÓRICO

**Automatización:** La técnica de hacer que un sistema opere automáticamente. El estado de ser operado automáticamente. Operación automáticamente controlada de un sistema mediante dispositivos mecánicos o electrónicos para observación esfuerzo y decisión.

Automatización según la RAE:

- ✓ Automatización: Acción y efecto de automatizar.
- ✓ Automatizar: Aplicar la automática a un proceso, un dispositivo, etc.
- ✓ Automática: Perteneciente o relativo al autómeta.
- ✓ Autómata: Instrumento o aparato que encierra dentro de sí el mecanismo que le imprime determinados movimientos.

**Prototipo:** Esta construido con distintos elementos necesarios para que los estudiantes puedan practicar y desarrollar sus conocimientos con mayor facilidad.

**Retroalimentación:** Propiedad por la cual se compara la señal de salida con la entrada al sistema de modo que se establezca una función entre ambas.

**Controlador lógico programable (PLC).** Un controlador lógico programable es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas.

Los PLC son utilizados en muchas industrias y máquinas. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de

entrada y de salida, rangos de temperatura ampliados, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. Los programas para el control de funcionamiento de la máquina se suelen almacenar en baterías copia de seguridad o en memorias no volátiles.

Figura 49. PLC S7- 1200



Fuente: <http://goo.gl/5wwaty>

## 7. PROCEDIMIENTO

- ✓ Revisar el manual de operaciones con el prototipo enfundado de prendas textiles.
- ✓ Cumplir con las medidas de seguridad establecidas.
- ✓ Verificar en el prototipo los accesorios y recursos necesarios para la práctica.
- ✓ Verificar los implementos de seguridad.
- ✓ Realizar la reunión pre-operativa y registrar en el formato AST antes de realizar la práctica. La práctica se realizará en caso de existir condiciones inseguras.
- ✓ Conservar la distancia con los objetos rotatorios del prototipo.
- ✓ No mover los elementos de protección de los motores cuando éstos estén en operación.
- ✓ Realizar la programación e interfaz del PLC S7-1200 con el computador.
- ✓ Ubicar las prendas en la banda transportadora 1.
- ✓ Energizar el prototipo.
- ✓ Inspeccionar el proceso automatizado.

## **8. CONCLUSIONES**

- ✓ Identificamos los elementos necesarios para automatizar el proceso de enfundado de prendas textiles.
- ✓ Se conoció el funcionamiento de los elementos básicos que conforman el prototipo enfundador de prendas textiles.
- ✓ Desarrollamos las conexiones de control y mando.
- ✓ Programamos el proceso de enfundado de prendas textiles mediante el software.
- ✓ Desarrollamos la interfaz entre el ordenador y el PLC S7-1200.
- ✓ Cargamos el programa al PLC S7-1200.
- ✓ Realizamos las conexiones de control y mando para el proceso.

## **9. RECOMENDACIONES**

- ✓ Cumplir con las recomendaciones de seguridad establecidas en el presente trabajo.
- ✓ Sincronizar la temperatura adecuada en la caja de potenciómetros de las niquelinas.
- ✓ Verificar en el prototipo los accesorios y recursos necesarios para la práctica.
- ✓ Verificar los implementos de seguridad.
- ✓ Verificar el buen estado del equipo, instalaciones y accesorios utilizando el check list propuesto.
- ✓ Realizar la reunión pre-operativa y registrar en el formato AST antes de realizar la práctica. La práctica se realizará en caso de existir condiciones inseguras.
- ✓ Revisar la ubicación de la señalética de seguridad tanto en el prototipo como en el laboratorio en general.
- ✓ Conservar la distancia con los objetos rotatorios del prototipo.
- ✓ No mover los elementos de protección de los motores cuando éstos estén en operación.
- ✓ Mantener el orden y la limpieza.

## **10. BIBLIOGRAFÍA**

## CAPÍTULO V

### 5. COSTOS

#### 5.1 Costos directos

##### 5.1.1 Costos de elementos mecánicos

Tabla 50. Costos mecánicos

Ítem	Descripción	Unidad	Costo total (USD)
1	Tubos Cuadrados de 1*1/2 pulgadas*2mm	5	100,00
2	Canal de 10*050*2mm	1	19,50
3	Chumaceras de pie	8	84,28
4	Acero de transmisión para eje	1.5m	11,42
5	Motor monofásico 1/4 HP	2	170,50
6	Caja reductora 50/1	2	191,99
7	Poleas de aluminio de 3in de diámetro	2	6,69
8	Poleas de aluminio de 6in de diámetro	2	14,18
9	Pernos de 7/16x3in, tuercas y rodela	16	14,00
10	Placas de pletinas 350x150x6mm	2	10,00
11	Poleas de aluminio de 2in de diámetro	2	4,66
12	Bandas tipo A 17300	2	12,50
13	Bandas tipo A 17320	2	12,50
14	Tol Negro 1/25	1	27,00
15	Bandas transportadoras	2	20,00
16	Pernos de 7*1/16x2*1/2in, tuercas y rodela	24	11,50
17	Pernos 5/16x1 mas tornillos y rodela	16	3,20
18	Brocas de 5/32	2	2,00
19	Grapas para bandas transportadoras	4	8,20
20	Acero de transmisión de 1inx0.5m para eje	2	8,78
21	Acero de transmisión de 2inx2m para centradores	4	8,44
22	Chumaceras de pared	4	28,05
23	Celofán para enfundar prendas textiles	1	9,00
24	Barras de aluminio para base de resistencias	6	60,00
25	Pernos para sujeción del motor y caja reductora	8	3,60
26	Pletina de 4*1/4in para base del rollo del plástico	4m	17,55
27	Pernos 7/16x1in y tuercas para sujeción de	24	3,60

	actuadores		
28	Acero de transmisión de 65cm x 1in para eje	2	11,40
29	Polea de aluminio de 2.5in de diámetro de 2 canales	1	5,63
30	Acero de transmisión de 2inx3in	2	4,68
31	Poleas de aluminio 2.5in de diámetro de un canal	4	11,40
32	Prisioneros Allen 5/16 + 4 pernos 7/16x1in	12	4,80
33	Banda tipo A de 53cm y de 33cm	2	15,00
34	Pernos 7/16x1*1/2in + 4 pernos 7/16x2*1/2 con tuercas	8	3,50
35	Barrilla roscada galvanizada de 1/2in diámetro	1m	8,00
36	Pletina de 1inx1/8in	1m	1,80
37	Tuercas Galvanizadas y arandelas planas	24	6,35
38	Pletina de 3in x 1/8in para base de actuadores	53 libras	19,00
39	Angulo de 1*1/4x1/8in	4m	9,00
40	Pernos 5/16x3/4in mas tuercas	42	12,68
41	Brocas de 1/8, 9/64	5	4,25
42	Disco de corte y desbastar Norton	2	3,00
43	Pliego de cartulina	2	0,50
44	Tablero para transformadores	1	28,00
45	Acero de transmisión de 1/2in de diámetro	0.5m	1,50
46	Pletina de 1*1/4x1/8in	3m	5,70
47	Bisagras para protección de motores	6	3,30
48	Plancha de policarbonato	1	25,00
49	Silicona	3	11,30
50	Pistola para silicona	1	2,00
51	Lijas para hierro # 60,100, 150 y 180	12	6,22
52	Tiraderas	8	5,76
53	Anti corrosivo gris mate	1 litro	3,62
54	Masilla mustan	1 litro	5,00
55	Thiñer laca	5 litros	8,22
56	Remaches 1/8in	30	0,30
57	Tornillos con tuerca	30	3,53
58	Desoxidante	1 litro	3,10
59	Guantes	1	3,20
60	Pintulux Azul español	3,78 litros	17,56
61	Gris arena preparado	2 litros	8,00
62	Esmalte marfil	2 litros	8,00
63	Papel contact azul oscuro 0,45x3m	1	2,17
64	Regatón de caucho	4	1,16
65	Otros		388,00
<b>TOTAL</b>			<b>1524,77</b>

Fuente: Autores

### 5.1.2 Costos de elementos eléctricos

Tabla 51. Costos eléctricos

Ítem	Descripción	Unidad	Costo total (USD)
1	PLC	1	470,00
2	Terminales redondos	150	4,78
3	Cable flexible # 14 color negro	7m	3,85
4	Cable flexible # 14 color rojo	7m	3,85
5	Jack banana pequeña negro	10	2,00
6	Jack banana hembra rojos	36	7,21
7	Sensor fotoeléctrico	1	30,00
8	Relay pines planos 110VAC/10 <sup>a</sup>	5	16,52
9	Base para relay	4	9,62
10	Gabinete metálico doble fondo 30x40x15cm	1	35,47
11	Maquinas selladoras	3	90,00
12	Resistencia Eléctricas	6	20,50
13	Porta fusible	1	1,87
14	Fusibles 2 <sup>a</sup>	5	1,79
15	Riel DIN	1m	2,46
16	Barra de tierra	4	6,32
17	Cable flexible # 16 rojo	20m	5,39
18	Canaletas lisas	2	3,30
19	Pulsadores rojo	2	3,40
20	Disyuntor para riel DIN	1	4,07
21	Pulsador hongo rojo	1	2,89
22	Luz piloto 110VAC	3	3,93
23	Bornera flexible	1	3,29
24	Cable flexible #16 blanco	17m	6,94
25	Tornillos	50	1,02
26	Alambre de rebobinar	10m	3,50
27	Espaguete fibra/vidrio	10m	2,35
28	Contactador fuerza de 32A 10hp 110v	1	28,67
29	Base para fusible cilíndrico 32 <sup>a</sup>	1	1,49
30	Fusible cilíndrico 32 <sup>a</sup>	2	0,70
31	Espiral para cable	10m	4,00
32	Sensor capacitivo de proximidad	1	23,30
33	Relé de 24VDC	1	5,00
34	Otros		50,00
<b>TOTAL</b>			<b>859,48</b>

Fuente: Autores

### 5.1.3 Costos de los elementos neumáticos

Tabla 52. Costos neumáticos

Ítem	Descripción	Unidad	Costo total (USD)
1	Cilindros de doble efecto	6	250,08
2	Electroválvulas 5/2 monoestable	2	119,60
3	Silenciadores de bronce	4	8,00
4	Racores recto	14	16,80
5	Racores Y	4	9,80
6	Manguera azul # 6	4m	2,80
7	Unidad de mantenimiento (FRL)	1	22,40
8	Teflón	1	0,40
9	Racores T	1	2,40
10	Unión Recto	1	2,00
11	Uniones T	4	8,80
12	Reguladores de caudal	4	11,76
13	Neplo corrido hexagonal	1	3,00
<b>TOTAL</b>			<b>457,84</b>

Fuente: Autores

### 5.1.4 Costos de maquinaria

Tabla 53. Costos de maquinaria

Ítem	Descripción	Costo total (USD)
1	Torno	20
2	Soldadura	40
3	Taladro	10
4	Pulidora	8
5	Cortadora	5
<b>TOTAL</b>		<b>83,00</b>

Fuente: Autores

### 5.1.5 Costos de transporte

Tabla 54. Costos de transporte

Ítem	Descripción	Costo total (USD)
1	Materiales al taller	20
2	Prototipo al laboratorio	7
<b>TOTAL</b>		<b>27,00</b>

Fuente: Autores

### 5.1.6 Costos directos totales

Tabla 55. Costos directos totales

Ítem	Descripción	Costo total (USD)
1	Costos mecánicos	1524,77
2	Costos neumáticos	457,84
3	Costos Eléctricos	859,48
4	Costos de maquinaria	83,00
5	Costos de transporte	27,00
<b>TOTAL</b>		<b>2952,09</b>

Fuente: Autores

## 5.2 Costos Indirectos

Los costos indirectos para la fabricación del prototipo son:

Tabla 56. Costos indirectos

Ítem	Descripción	Costo total (USD)
1	Imprevistos	300
<b>TOTAL</b>		<b>300,00</b>

Fuente: Autores

### 5.3 Costos totales

Representa el costo total de la fabricación del prototipo

Tabla 57. Costo total

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo total (USD)</b>
1	Costo directos totales	2952,09
2	Costo indirectos totales	300,00
<b>TOTAL</b>		<b>3252,09</b>

Fuente: Autores

## **CAPÍTULO VI**

### **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 Conclusiones**

Se analizó los diferentes sistemas de enfundados de varias máquinas, con la finalidad de seleccionar la alternativa que brinde el funcionamiento requerido.

Se seleccionó los elementos mecánicos, eléctricos y neumáticos, los mismos que cumplen con el requerimiento y funcionamiento esperado.

Se realizó la programación tipo LADDER del proceso de enfundado de prendas textiles, el mismo que se logró a través del software TIA PORTAL, así como la interfaz mediante un computador y cable Ethernet.

Se elaboró el manual de operación del prototipo a fin de que sirva como guía previa a la utilización del mismo.

Se elaboró el manual de mantenimiento preventivo, con este manual se pretende mejorar la vida útil así como buscar el funcionamiento óptimo y efectivo.

Se elaboró la guía de prácticas de laboratorio para dar una pauta en los diferentes tipos de enfundados de prendas textiles.

#### **6.2 Recomendaciones**

Antes de iniciar las prácticas en el prototipo, realizar una inducción con el docente/asistente en lo que es el proceso de enfundado de prendas textiles.

Llenar el check list y AST (Análisis de seguridad en el trabajo) propuesto para tener un proceso de enfundado de prendas textiles satisfactorio.

Para la utilización en nuevos modelos de prendas textiles se ajusta en la programación en la variación de los temporizadores y las marcas internas dependiendo de las dimensiones del producto a enfundar.

Verificar que la presión de la red de aire comprimido del laboratorio sea el adecuado para el funcionamiento del prototipo, (6 bares de presión).

Revisar que los rollos de plástico se encuentre centrados con los elementos instalados (centradores de rollos) para evitar desviaciones del plástico.

No retirar las protecciones de los elementos rodantes cuando el prototipo este en operación.

## BIBLIOGRAFÍA

**hafner-pneumatik. 2009.** [En línea] 2009. [http://www.hafner-pneumatik.de/valvulas\\_neumaticas](http://www.hafner-pneumatik.de/valvulas_neumaticas).

**Huerta, Gálvez. 2013.** [En línea] 2013. [http://es.wikipedia.org/wiki/Resistencia\\_t%C3%A9rmica](http://es.wikipedia.org/wiki/Resistencia_t%C3%A9rmica).

**Laughton. 2013.** <http://Electrical Engineer's Reference book>. [En línea] 1 de 08 de 2013. <http://Electrical Engineer's Reference book, Programmable Controller, 2013>.

**Leon, J. 2013.** <http://jorgeleon.terradeleon.com>. [En línea] 15 de 08 de 2013. [http://jorgeleon.terradeleon.com/automatizacion/PLC\\_2/index.html](http://jorgeleon.terradeleon.com/automatizacion/PLC_2/index.html).

**Megachain. 2013.** [En línea] 2013. <http://www.megachainperu.com/chumaceras-piepared.php>.

**Nicolás, A. Serrano. 2011.** *NEUMÁTICA PRÁCTICA*. s.l. : Ediciones Paraninfo, S.A., 2011. pág. 153. Vols. 1ra edición, 2da impresión.

**Rosero, Y. 2009.** *Lenguajes de programación de PLC'S*. Quito : Escuela Politecnica Nacional, 2009.

**Sapiensman. 2012.** [En línea] 13 de 09 de 2012. [http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica\\_hidraulica22.htm](http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica22.htm).

**Termokew. 2013.** [En línea] 2013. <http://www.termokew.mx/resistencias-calentamiento.php>.

**Turboepsilon. 2013.** [En línea] 2013. <http://turboepsilon.com/index.php/productos-y-servicios/analisis-de-chumaceras>.

**Wikipedia. 2014.** [En línea] 28 de 11 de 2014. <http://es.wikipedia.org/wiki/Motor>.

**Wordpress. 2009.** *AUTOMATIZACION INDUSTRIAL MEDIANTE PLC*. [En línea] 14 de 01 de 2009. <https://davidrojasticsplc.wordpress.com/2009/01/14/ventajas-y-desventajas/>.