



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

### **“AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MÁQUINA INYECTORA DE PLÁSTICO PARA LA EMPRESA MATRICERIA Y PRODUCCIÓN EDBOR”**

**BALDEÓN QUISHPE PAÚL ENRIQUE  
JANETA PAUCAR ALEX FABIÁN**

## **TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del Título de:**

## **INGENIERO INDUSTRIAL**

**RIOBAMBA – ECUADOR  
2016**

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2015-04-22

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**BALDEÓN QUISHPE PAÚL ENRIQUE**  
**JANETA PAUCAR ALEX FABIÁN**

---

Titulada:

**“AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MÁQUINA**  
**INYECTORA DE PLÁSTICO PARA LA EMPRESA MATRICERIA Y**  
**PRODUCCIÓN EDBOR”**

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 Argüello  
**ASESOR DE TESIS**

---

**CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** BALDEÓN QUISHPE PAÚL ENRIQUE

**TÍTULO DE LA TESIS:** “AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MÁQUINA INYECTORA DE PLÁSTICO PARA LA EMPRESA MATRICERIA Y PRODUCCIÓN EDBOR”

**Fecha de Examinación:** 2016-05-20

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Ángel Guamán Mendoza <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Jhonny Orozco Ramos <b>DIRECTOR DE TESIS</b>			
Ing. Elvis Argüello <b>ASESOR</b>			

\* 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. Ángel Guamán Mendoza  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** JANETA PAUCAR ALEX FABIÁN

**TÍTULO DE LA TESIS:** “AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UNA MÁQUINA INYECTORA DE PLÁSTICO PARA LA EMPRESA MATRICERIA Y PRODUCCIÓN EDBOR”

**Fecha de Examinación:** 2016-05-20

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Ángel Guamán Mendoza <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Jhonny Orozco Ramos <b>DIRECTOR DE TESIS</b>			
Ing. Elvis Argüello <b>ASESOR</b>			

\* 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. Ángel Guamán Mendoza  
**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.

---

**Baldeón Quishpe Paúl Enrique**

---

**Janeta Paucar Alex Fabián**

## **DECLARACION DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, Baldeón Quishpe Paúl Enrique y Janeta Paucar Alex Fabián, declaramos que el presente trabajo de grado es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de grado.

---

**Baldeón Quishpe Paúl Enrique**  
Cédula de Identidad: 172314566-8

---

**Janeta Paucar Alex Fabián**  
Cédula de Identidad: 060421371-0

## **DEDICATORIA**

A Dios a quien reconozco en todos los aspectos en mi vida en los difíciles para sostenerme y en los felices agradeciendo en todo momento por las bendiciones recibidas.

A mi madre Martha Quishpe por el sacrificio y esfuerzo por ver a sus hijos realizados y el ejemplo que inculco en nuestras vidas para salir adelante siempre con valores y principios de amor, humildad y respeto.

Aún existen metas y sueños en mi vida y cada una de ellas se las dedicaré por siempre

**Paúl Enrique Baldeón Quishpe**

Dedico el presente trabajo primeramente a Dios por guiarme por el camino de la responsabilidad y de la perseverancia hasta lograr cumplir con mi objetivo.

A mi mami María Paucar por el apoyo moral y el cariño que me brinda, a mi papa Pedro Janeta por la ayuda durante los años de mi carrera y lograr mi formación profesional, a mis hermanas Myriam, Erika; a mi hermano Dennys y especialmente a mi hermana Jessica que desde el cielo me guía y guiara hacia el triunfo y el éxito profesional.

**Alex Fabián Janeta Paucar**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme fortaleza para lograr mis metas, a mi familia por brindarme todo el cariño comprensión y confianza para ver culminado una etapa más de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por ser un centro de formación no solo profesional sino también humano teniendo la oportunidad de obtener una profesión, y ser una persona útil a la sociedad.

Al Ing. Jhonny Orozco e Ing. Elvis Argüello, por brindarme su amistad y asesoramiento en la tesis, quienes con la ayuda de su conocimiento y experiencia se logró elaborar el presente documento.

Al Ing. Edgar Borja por la amistad y confianza recibida al haber abierto las puertas de su empresa Matricería y Producción EDBOR para implementar nuestro trabajo.

**Paúl Enrique Baldeón Quishpe**

Agradezco el presente trabajo a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a la Escuela de Ingeniería Industrial por acogerme en sus aulas en mi andar por la carrera, a los profesores que supieron llegar con sus conocimientos y lograr formarme profesionalmente

A los ingenieros Jhonny Orozco y Elvis Arguello por el apoyo que me brindaron durante el desarrollo del presente trabajo.

Al Ingeniero Edgar Borja gerente propietario de Matricería y Producción EDBOR por las facilidades prestadas al realizar la implementación de nuestro trabajo dentro de las instalaciones de la empresa

**Alex Fabián Janeta Paucar**

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS</b>	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación técnico – económico.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general.</i> ....	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos:</i> .....	3
<b>2. MARCO TEORICO</b>	
2.1 Automatización.....	4
2.1.1 <i>Definición de automatización.</i> .....	4
2.2 Formas de realizar el control de un proceso .....	5
2.2.1 <i>¿Qué es un proceso?</i> .....	5
2.2.2 <i>Parte de mando.</i> .....	5
2.2.3 <i>Parte operativa.</i> .....	5
2.2.4 <i>Sistemas lazo abierto.</i> .....	6
2.2.5 <i>Sistemas lazo cerrado.</i> .....	6
2.3 Control lógico programable PLC.....	7
2.3.1 <i>Esquema de un PLC.</i> .....	7
2.3.2 <i>Utilidad de los PLC's en la industria.</i> .....	11
2.3.3 <i>Empleo de los PLC's en la Industria.</i> .....	11
2.4 Polímeros .....	12
2.4.1 <i>Definición.</i> .....	12
2.4.2 <i>Características generales</i> .....	13
2.5 Máquina de inyección plástica.....	15
2.6 Descripción del proceso de inyección .....	16
2.6.1 <i>Colado a presión.</i> .....	16
2.7 Circuito neumático.....	17
2.7.1 <i>Neumática.</i> .....	17
2.7.2 <i>Elementos de las instalaciones neumáticas.</i> .....	18
2.7.3 <i>Elementos de control y medición</i> .....	20
2.7.4 <i>Electro neumático.</i> .....	21
2.8 Variables en el proceso de inyección.....	21
2.8.1 <i>Presión de trabajo de la máquina.</i> .....	22
2.8.2 <i>Temperatura de trabajo de la máquina.</i> .....	22
2.8.3 <i>Tiempos de inyección de trabajo de la máquina.</i> .....	22
2.8.4 <i>Velocidades de los cilindros de trabajo de la máquina.</i> .....	23
2.8.5 <i>Carrera de los cilindros de trabajo de la máquina.</i> .....	23
2.9 Principios de Mantenimiento .....	24
<b>3. ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINA INYECTORA; DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA LA AUTOMATIZACION</b>	
3.1 Descripción del sistema de la maquina inyectora.....	26
3.1.1 <i>Máquina EDBOR.</i> .....	26

3.2	Levantamiento de planos .....	26
3.3	Partes de la maquina inyectora .....	27
3.3.1	<i>Estructura metálica.</i> .....	27
3.3.2	<i>Unidad de inyección.</i> .....	28
3.3.3	<i>Sistema neumático.</i> .....	30
3.3.4	<i>Unidad de cierre.</i> .....	30
3.3.5	<i>Sistema eléctrico.</i> .....	31
3.4	Análisis de los dispositivos neumáticos.....	31
3.4.1	<i>Funciones del cilindro de apertura y cierre de moldes "A".</i> .....	31
3.4.2	<i>Función del cilindro de inyección "B".</i> .....	38
3.5	Diseño y simulación del sistema automático para la inyectora .....	41
3.5.1	<i>Simulación de la parte neumática</i> .....	41
3.6	Conexión del panel operador e instalación del software .....	43
3.6.1	<i>Panel operador.</i> .....	43
3.7	Conexión del ordenador con el sistema y puesta a punto .....	47
<b>4.</b>	<b>MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DEL MODULO INYECTOR AUTOMATICO</b>	
4.1	Montaje mecánico.....	50
4.2	Montaje de las hormas y moldes.....	50
4.3	Montaje de las bandas de calefacción.....	50
4.4	Puesto a punto del circuito neumático .....	51
4.5	Montaje del tablero de control .....	51
4.5.1	<i>Análisis de solución para la automatización de la maquina inyectora</i> .....	51
4.6	Programación .....	67
4.7	Operación y puesta en marcha de la estación. ....	70
4.8	Pruebas, mediciones y monitoreo. ....	71
4.9	Presupuesto para la implementación del sistema automático.....	72
4.9.1	<i>Costos directos</i> .....	72
4.9.2	<i>Costos indirectos</i> .....	73
4.9.3	Costo total .....	73
<b>5.</b>	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b>	
5.1	Manual de Operación.....	74
5.2	Mantenimiento del equipo .....	74
5.2.1	<i>Plan de mantenimiento preventivo</i> .....	74
5.2.2	<i>Mantenimiento Correctivo</i> .....	75
5.3	Detección de averías .....	76
5.4	Seguridad .....	77
5.4.1	<i>Control de factores de riesgo en la fuente.</i> .....	77
5.4.2	<i>Control de seguridad en el operario.</i> .....	78
5.4.3	<i>Instructivo de seguridad para el uso de la maquina inyectora</i> .....	78
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
6.1	Conclusiones.....	80
6.2	Recomendaciones. ....	80

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

### **PLANOS**



## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1	Sistemas de lazo abierto..... 6
2	Sistemas lazo cerrado ..... 7
3	Esquema de PLC ..... 8
4	Elementos de escala lógica ..... 10
5	Accesorios de mando y válvulas auxiliares ..... 20
6	Cilindros de doble Efecto ..... 21
7	Maquina inyectora ..... 26
8	Estructura metálica ..... 27
9	Análisis de la estructura..... 28
10	Unidad de inyección ..... 28
11	Tolva ..... 29
12	Bandas calentadoras..... 30
13	Unidad de cierre..... 31
14	Molde ..... 31
15	Cilindro A ..... 32
16	Modelo a producir ..... 32
17	Modelo a producir acotado ..... 32
18	Selección del cilindro B..... 38
19	1° Fase A+, B- ..... 41
20	2° Fase A-, B- ..... 41
21	3° Fase A-, B+ ..... 42
22	4° Fase A-, B- ..... 42
23	5° Fase A+, B- ..... 42
24	Diagrama de ciclo ..... 43
25	Diagrama de tiempo de los cilindros ..... 43
26	Panel operador ..... 43
27	Pulsadores NO ..... 44
28	Pulsador NC..... 44
29	Interruptor ..... 45
30	Botonera..... 45
31	Circuito eléctrico del panel de control..... 46
32	Modem..... 47
33	Cables de conexión..... 47
34	PLC S71200..... 48
35	Modelo de PC ..... 48
36	Tablero de control..... 51
37	Componentes del S71200 ..... 59
38	Contactador ..... 59
39	Relé..... 60

40	Porta fusible .....	61
41	Relé con control de temperatura .....	61
42	Cable flexible .....	62
43	Borneras .....	63
44	Luces piloto .....	63
45	Cilindro neumático .....	64
46	Racores y mangueras .....	65
47	Diagrama eléctrico.....	65
48	Diagrama electro neumático .....	66
49	Programación.....	68
50	Programación.....	68
51	Programación.....	69
52	Programación.....	69

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1	Elementos de las instalaciones neumáticas..... 18
2	Lista de materiales para estructura ..... 27
3	Factor de viscosidad ..... 34
4	Selección en catálogo del cilindro A ..... 36
5	Selección en catálogo del cilindro B ..... 39
6	Especificaciones del conductor ..... 45
7	Simbología del circuito eléctrico del panel de control ..... 46
8	Evaluación de los criterios de ponderación y el peso de cada uno de estos. .... 52
9	Rapidez de programación ..... 53
10	Precio ..... 53
11	Robustez y eficacia ..... 54
12	Entradas y salidas digitales ..... 54
13	Comunicaion e interfaces ..... 55
14	Acceso a soporte técnico ..... 55
15	Resultados..... 56
16	PLC siemens S7-1200 1212 AC/DC/RLY seleccionado ..... 56
17	Electroválvula monoestable seleccionada ..... 57
18	FRL seleccionado ..... 57
19	Componentes de control automático ..... 58
20	Características del PLC S71200 ..... 58
21	Componentes PLC S71200 ..... 59
22	Características del contactor ..... 60
23	Especificaciones del relé con control de temperatura..... 62
24	Componentes de control automático ..... 64
25	Simbología diagrama eléctrico. .... 66
26	E/S y memorias del PLC ..... 67
27	Check list ..... 77
28	Costos directos..... 72
29	Costos Indirectos. .... 73
30	Costos totales..... 73

## SIMBOLOGIA

F	Fuerza de Cierre	N
P	Presión del Sistema	Pa
A	Área del cilindro	cm <sup>2</sup>
D	Diámetro del embolo	cm
V	Volumen consumido	cm <sup>3</sup>
L	Longitud del cañón	cm
V <sub>A</sub>	Velocidad de Avance	m/s
V <sub>R</sub>	Velocidad de Retorno	m/s

## LISTA DE ABREVIACIONES

PLC	Controlador Lógico Programable
E/S	Entradas/Salidas
CPU	Unidad Central de Procesamiento
SCAN	Ciclo de operación del PLC
DIN	Instituto Alemán de Normalización
MTU	Unidad de Transmisión Máxima
RUT	Receptor de unidades transmitidas
DTE	Equipos terminales de datos
DCE	Equipo de Comunicación de Datos
TIA	Portal Automático Totalmente Integrado
RAM	Random Access Memory
RLY	Relay
UNE	Una Norma Española
FRL	Filtro Regulador Lubricador
COM	Puerto de comunicación
WLAN	Wireless local area network
ANSI	Instituto Nacional Americano de Normalización
BOOL	Booleano (lógica binaria)
NO	Normalmente abierto
IP	Internet Protocol

## **LISTA DE ANEXOS**

- A** Manual de operación de la máquina inyectora

## RESUMEN

El propósito de esta investigación es la implementación de un sistema automático para la máquina de inyección de plástico para la empresa Matricería y Producción EDBOR con el objetivo de ahorrar tiempo, en la elaboración de piezas de un determinado volumen de inyección.

Para determinar los elementos mecánicos, eléctricos y electroneumáticos que se necesitan en la automatización de la máquina inyectora, se elaboraron los planos del sistema mecánico de la inyectora con el objetivo de realizar el acople de los cilindros y demás dispositivos para el correcto funcionamiento de la misma, la máquina está constituida por los siguientes elementos: dos cilindros neumáticos normalizados, bandas de resistencia calorífica, regulador de temperatura, moldes, PLC, electroválvulas, filtro regulador lubricador. El estudio estático realizado usando el software SOLIDWORK nos permitió verificar que la estructura mecánica no necesitaba ninguna modificación para soportar las cargas adicionales que se le incluirían para automatizar la máquina.

Luego de realizar las conexiones y acoples logrando la estanqueidad en el sistema neumático, se realiza la programación en el PLC y servirá para que la máquina funcione correctamente, finalmente se realizan pruebas de funcionamiento coordinando los ciclos de avance y retorno para cada cilindro y los tiempos de funcionamiento del ciclo de trabajo.

Al automatizar la máquina inyectora de plástico, esta tiene la capacidad de inyectar polímero de polipropileno PP con un volumen máximo de inyección de  $35 \text{ cm}^3$  dependiendo del molde utilizado. Mediante la automatización se reducen tiempos de fabricación de las piezas inyectadas además de la uniformidad en la producción de cada lote obtenido.

## **ABSTRACT**

The purpose of the present research is based on the implementation of an automated system of a plastic-injection molding machine for “Matricería y Producción EDBOR Company” in order to reduce time in the development of parts through an established injection volume.

To determine the mechanical, electrical and electro-hydraulic elements that are required in the automation of the injection machine developed the designs for the mechanical system of the injection machine; with the aim of making the fittings of the cylinders and other devices for the proper operation. The machine contains the following elements: two pneumatic cylinders standardized, heating resistance bands, temperature controller, moulds, PLC, electro-valves and filter regulator and lubricator. The static study was made by using the software SOLID WORK which allowed verifying that the mechanical structure does not need any other modifications to support the additional charges that will be included to automate the machine.

After making connections, fittings and obtaining sealing in the pneumatic system, it makes the PLC programming which will be useful for the machine works properly. Finally functional test are performed by coordinating the cycles of the advance and return for each cylinder and times operating for each work cycle.

When automatic plastic-injection molding machine, it allows to inject polymer of polypropylene PP with a maximum injection volume of  $35 \text{ cm}^3$ , depending on the mould used. The automation process reduces the production time of the parts, besides the uniformity in the production of each batch obtained.

## CAPITULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1 Antecedentes

MATRICERIA Y PRODUCCION EDBOR es una empresa cuya actividad industrial se encuentra vinculada con la comercialización y fabricación de productos y piezas destinadas en su mayoría al sector carroceros en el Ecuador. Su manufactura abarca tres líneas de producción: compuestos termoplásticos, matricería de inyección, mecanizado y troquelado de accesorio carroceros. En la producción de compuestos termoplásticos se usa materia prima como el polímero de cloruro de polivinilo (EVA) y material reciclado que se obtiene de las piezas defectuosas.

Dentro de la línea de producción de regatones y complementos plásticos se usan dos inyectoras una de fabricación italiana marca ESSO TERISSO la misma que es de funcionamiento automático y la segunda que fue fabricada en la misma empresa y funciona manualmente con tiempos de preparación y operación relativamente altos.

Los constantes avances tecnológicos han permitido una continua modernización de los sistemas de producción en el Ecuador, esto hace indispensable la actualización en la tecnología de sus máquinas inyectoras las cuales permitirán incrementar la productividad controlando parámetros de inyección, con reducción en tiempos de ejecución.

Con la automatización se adquiere un conocimiento organizado de las funciones de cada elemento que conforman el sistema automático de la máquina inyectora además de obtener un sistema mecatrónica que reconoce ciertas condiciones mediante sensores, procesando la información, y generando sistemas de producción flexibles

Las mejoras que tiene una máquina inyectora a través de la automatización se evidencian tanto estética como operacionalmente. Se mejora el tiempo de calentamiento de la máquina, se reduce el tiempo de calibración de la misma y se baja el consumo eléctrico. Con esto se mejora la calidad del producto, los tiempos de ciclo haciendo el equipo más eficiente (BURBANO, y otros, 2013).

## **1.2 Justificación técnico – económico**

La actividad de la industria plástica en el Ecuador cuenta con procesos de producción limpia que no generan emisiones al medioambiente. El sector es parte importante de otras cadenas productivas, especialmente de aquellas consideradas como prioritarias en el Código Orgánico de la Producción del Ecuador.

En Tungurahua, 1.200 personas y 80 empresas, entre medianas y pequeñas se dedican al ensamblaje de vehículos. La media mensual es de cinco a ocho carrocerías en las empresas grandes y una o dos entre las artesanales. La tecnología y tiempos de entrega de insumos marca la diferencia entre ellas que resulta en una alta demanda de accesorios plásticos para la construcción de las mismas. (CARROCERIAS, 2004)

En la actualidad la industria de plásticos y polímeros es uno de los sectores más dinámicos de la economía del Ecuador.

El ámbito de su crecimiento junto con el desarrollo de la tecnología, ha llevado a los propietarios de empresas a tomar las decisiones de invertir en nueva maquinaria y repotenciar otras para su producción y poder competir en un mercado cada vez más estricto en cuanto a calidad y costos de producción.

Es por esta razón que surge la necesidad de repotenciar y automatizar una máquina inyectora de plástico además este ha sido uno de los objetivos principales de la empresa “MATRICERIA Y PRODUCCION EDBOR” por algún tiempo, para poder crecer como empresa y en producción. Poniendo en marcha una máquina obsoleta con un bajo costo de repotenciación y la utilización de un PLC para conseguir automatizar el sistema, y detectar cualquier falla que se pudiese dar.

El desarrollo del presente proyecto pretende dar a conocer la importancia que tiene para la empresa la automatización de una de sus maquinarias para la mejora de su producción.

## **1.3 Objetivos**

**1.3.1** *Objetivo general.* Automatizar y poner en marcha una maquina inyectora de plástico para la empresa “MATRICERIA Y PRODUCCION EDBOR”

### 1.3.2 *Objetivos específicos:*

- Recopilar la información textual para la elaboración del fundamento teórico y buscar alternativas de automatización.
- Estudiar, seleccionar y aplicar el manejo de las entradas y salidas digitales para los actuadores, PLC y tablero de control.
- Implementar el sistema de automatización para la máquina inyectora utilizando un PLC que controle los cilindros neumáticos y demás dispositivos de monitoreo.
- Realizar pruebas y evaluar el funcionamiento de la máquina inyectora mediante la producción de pequeñas piezas de plástico que permita comparar los beneficios en cuanto a tiempos de fabricación.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEORICO

#### 2.1 Automatización

**2.1.1** *Definición de automatización.* La automatización industrial ha tenido un alto grado de aceptación en un mercado cada vez más globalizado mediante el uso de sistemas o dispositivos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias o procesos industriales. Está a tenido por propósito ayudar a la competitividad del producto actuando sobre los costos de producción y la calidad; y de manera indirecta optimizando las condiciones de trabajo de los operarios.

La técnica de la automatización industrial o de procesos es una disciplina que abarca la aplicación varias especialidades de los diversos campos de estudio de la ingeniería, uno de los más estudiados en el presente trabajo es la instrumentación industrial, que engloba los sensores, los transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

Con el actual cambio de matriz productiva que vive el Ecuador la industria vive un proceso de modernización que trae consigo la automatización de sus procesos de producción. El uso de los controladores lógicos programables (PLC's) integrados a paneles operadores son herramientas que se conjugan para brindar soluciones integrales a estos procesos de automatización.

En la actualidad cuando se maneja el criterio de "automatización industrial", se imagina inmediatamente en robots industriales y en sistemas de control manejados mediante computadores.

Pero, en principio, la automatización empezó con mucho tiempo de antelación a las computadoras, se originó en los talleres artesanales y en las plantas industriales. Concretamente, desde que se empezó a utilizar la máquina de vapor de James Watt en el año 1769. (SIEMENS, 2015)

Fue la primera vez que la fuerza humana o animal fue sustituida por el accionamiento de una máquina.

## **2.2 Formas de realizar el control de un proceso**

**2.2.1** *¿Qué es un proceso?* Un proceso, o sistema de control es un conjunto de elementos interrelacionados capaces de realizar una operación dada o satisfacer una función deseada a partir de la entrada de material, energía e información, se genera una transformación sujeta a perturbaciones del entorno, que da lugar a la salida de material en forma de producto. Los procesos industriales se conocen como procesos continuos, procesos discretos y procesos batch. (SUAZA, 2009)

**2.2.1.1** *Procesos continuos.* Se caracterizan por el flujo continuo del material en la entrada y producto elaborado en la salida del sistema ayudado de procesos definidos, como por ejemplo la purificación de agua o la generación de electricidad.

**2.2.1.2** *Procesos discretos.* Contemplan la salida del proceso en forma de unidades o número finito de piezas, siendo el ejemplo más relevante la fabricación de automóviles.

**2.2.1.3** *Procesos batch.* Son aquellos en donde las materias primas necesarias para el proceso son diferentes en cantidad y en forma. Sobre este conjunto de materias lleva a cabo un proceso de transformación que resulta en lotes de subproducto o producto terminado. Como por ejemplo la fabricación de productos farmacéuticos o la producción de cerveza. Todo proceso automático lleva un sistema de control y se inicia con una orden del operario (parte de mando) y ejecuta el proceso mediante actuadores (parte operativa).

**2.2.2** *Parte de mando.* Es la que emite las órdenes hacia la parte operativa y recibe las señales de retorno para coordinar sus acciones. Es común realizarla con tecnologías programables como P.L.C. (controlador lógico programable). Coordina las tareas con la maquinaria por medio de accionadores (relay) y adquiere las señales de retorno por los capadores o sensores.

**2.2.3** *Parte operativa.* La parte operativa es la que da el funcionamiento a la máquina y el producto. Comprende los diversos medios o actuadores que se aplican en el proceso de elaboración como, mezcladores, dosificadores, homogeneizadores, contadores

volumétricos, solenoides y llaves exclusas entre otras. Estos actuadores son de tipo eléctrico, mecánico, hidráulicos.

Los procesos automáticos son diseñados mediante sistemas que permiten un control de la actuación para que se inicie el proceso, se realice y se concluya. Existen dos formas de realizar el control sobre un proceso industrial automatizado. (SIEMENS, 2015)

**2.2.4** *Sistemas lazo abierto.* Un sistema de control en lazo o bucle abierto es aquél en el que la señal de salida no influye sobre la señal de entrada se caracteriza porque la información o variables que controlan el proceso circulan en una sola dirección, desde el sistema de control al proceso. El sistema de control no recibe la confirmación de que las acciones que a través de los actuadores ha de realizar sobre el proceso se han ejecutado correctamente. Es decir la acción de control es independiente de la salida.

Figura 1. Sistemas de lazo abierto

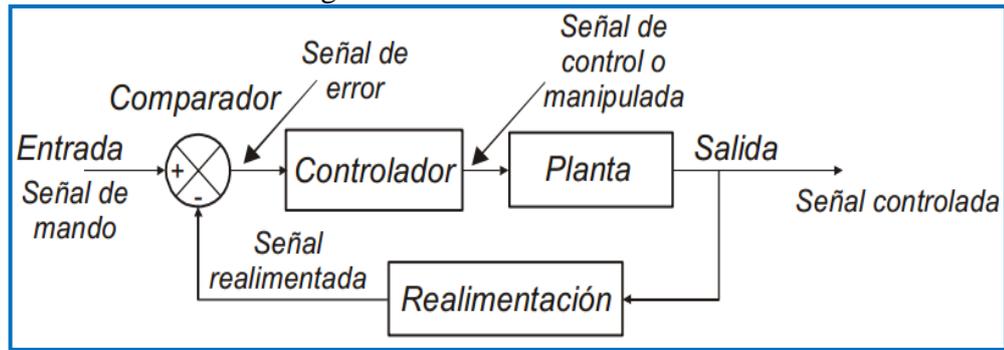


Fuente: Autores

**2.2.5** *Sistemas lazo cerrado.* Un sistema de control de lazo cerrado también conocido como retroalimentado es aquél en el que la acción de control es, en cierto modo, dependiente de la salida. La señal de salida influye en la entrada.

Esto se consigue por medio de lo que llamamos realimentación o retroalimentación (feedback). La realimentación es la propiedad de un sistema en lazo cerrado por la cual la salida (o cualquier otra variable del sistema que esté controlada) se compara con la entrada del sistema (o una de sus entradas), de manera que la acción de control se establezca como una función de ambas a fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor conveniente. A veces también se le llama a la realimentación transductor de la señal de salida, ya que mide en cada instante el valor de la señal de salida y proporciona un valor proporcional o conveniente a dicha señal. (HERNANDEZ, 2009)

Figura 2. Sistemas lazo cerrado



Fuente: Autores

El error, o diferencia entre los valores de la entrada y de la salida, actúa sobre los elementos de control en el sentido de reducirse a cero y llevar la salida a su valor correcto.

### 2.3 Control lógico programable PLC

Un Controlador Lógico Programable (PLC) es un dispositivo digital utilizado para el control de máquinas y operación de procesos. Según lo define la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de los Estados Unidos (NEMA), se trata de un aparato digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como: lógica, secuencias, temporizado, conteo y aritmética; con el objeto de controlar procesos. (GEYA)

El PLC es el 'work horse' de la automatización industrial, es usado para controlar tiempo y regular la secuencia. Ejemplos de procesos de producción que son controlados usando PLC's son: secuencias maquiladoras de metal, líneas de ensamblado de productos y procesos químicos.

El PLC ha sido usado para controlar secuencias de acciones en sistemas de manufactura automática por muchos años. (CRIOLLO, 2010)

#### 2.3.1 Esquema de un PLC.

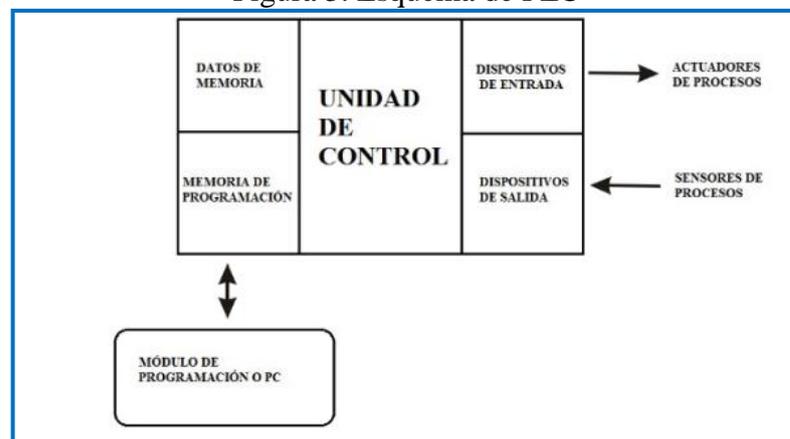
Los PLC's tienen cuatro unidades principales:

- La Memoria Programable. Las instrucciones para la secuencia de control lógico están acomodadas aquí.

- La Memoria de Datos. Las condiciones de los cambios, interbloqueo, valores pasados de datos y otros datos de trabajo están acomodados aquí.
- Los dispositivos de entrada. Estos son los controladores de hardware/software para los procesos industriales como motores y válvulas.
- Los dispositivos de salida. Estos son los controladores de hardware/software para los sensores de los procesos industriales como sensores de cambio de estado, detectores de proximidad, ajuste de interbloqueo y más.

Para poder interpretar la estructura de un PLC utilizaremos un sencillo diagrama en bloques. En la siguiente figura se muestran las partes fundamentales: la unidad central de procesamiento (CPU), memoria y circuitos de entradas y salidas. La CPU controla y procesa todas las operaciones dentro del PLC.

Figura 3. Esquema de PLC



Fuente: <http://goo.gl/dEpCh1>

**2.3.1.1** *La unidad central de procesamiento (CPU).* La unidad central de procesamiento (CPU) incluye: el procesador y el sistema de memoria, es en realidad el "cerebro" del controlador programable.

- El procesador

La función principal del procesador es el control y gobierno de las actividades del PLC. El procesador realiza esta función por interpretación y ejecución del programa del sistema.

En operación el procesador examina continuamente el estado de todos los circuitos de entrada/salida y del programa contenido en la memoria; actualizando el nuevo estado de las salidas.

El proceso evalúa el programa en forma secuencial, paso por paso, ordena y repite la evaluación cíclicamente. El tiempo en que el procesador completa un ciclo de operación es llamado tiempo de exploración, "Scan Time"; durante un "Scan", todas las entradas son leídas, la lógica es resuelta y las salidas son generadas.

Basado en cada inspección, el procesador puede iniciar una o más acciones de control, dependiendo de las condiciones de las entradas y salidas. Las inspecciones tienen por objeto establecer si las entradas y salidas han actuado.

Estas acciones establecen un lazo de control entre las señales de entrada tales como: interruptores, finales de carrera, pulsadores, sensores, y las salidas como: relés y transistores. La exploración de entradas y salidas implica la lectura de todas las entradas y la actualización de todas las salidas.

La exploración del programa en memoria implica la ejecución, paso a paso, de todas las instrucciones dadas en el programa del usuario y en el orden en que éstas han sido ingresadas.

- La Memoria.

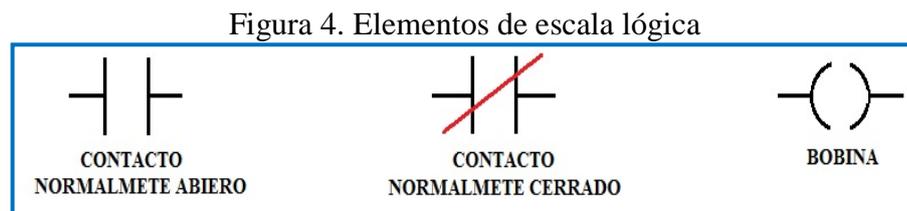
El sistema de memoria de un controlador lógico programable es básicamente un arreglo de bits accesibles aleatoriamente, cada uno de los cuales es identificado por una única dirección.

Cada palabra de memoria usada por el programa de control debe contener la dirección y el código de operación.

La cantidad de memoria requerida para una aplicación es una función de la longitud del programa y del número de entradas y salidas involucradas. En forma aproximada, la cantidad de memoria requerida, se obtiene multiplicando el número de instrucciones por el número de palabras utilizadas por cada instrucción.

**2.3.1.2 Elementos de escala lógica.** Los componentes básicos en un programa de escala lógica son el contacto y la bobina. El contacto es el nombre dado a un dispositivo general de entrada, éste puede ser activado por un interruptor externo, una lógica de activación interna o una función de tiempo.

La bobina es el nombre dado a un dispositivo general de salida y es usada para manejar motores, solenoides y otros procesos de activación. Estos dos dispositivos básicos son mostrados en la siguiente figura.



- **Contactos**

Los contactos son los dispositivos de entrada en un diagrama. Ellos son abiertos y cerrados tanto por un signo aplicado externamente (usualmente representado por X), como por un temporizador interno (T), contador o por una bandera lógica interna (M y S). Como se muestra en la tabla de contactos son obtenibles en dos formas: normalmente abiertos o normalmente cerrados.

- **Bobinas**

Las bobinas son los dispositivos de salida en un diagrama de escala. Son usadas para operar dispositivos externos y temporizadores internos, contadores y banderas.

Algunas manufacturas incluyen bobinas que permiten operaciones especiales para ser realizadas, lo cual extiende la capacidad del PLC más allá de lo que se puede obtener con las simples bobinas o contacto.

**2.3.1.3 Circuitos de entradas y salidas.** Las entradas (interfaces o adaptadores de entrada) se encargan de adaptar señales provenientes de campo a niveles que la CPU pueda interpretar como información.

Las señales de campo pueden implicar niveles y tipo de señal eléctrica diferentes a los que maneja la CPU. En forma similar, las salidas (interfaces o adaptadores de salida) comandan dispositivos de campo en función de la información enviada por la CPU.

La CPU se comunica con las interfaces de entrada/salida por medio de un bus paralelo, que incluye un bus de datos y un bus de direcciones. Adicionalmente, un bus de alimentación provee alimentación eléctrica a las interfaces de entrada/salida. A las entradas se conectan sensores, que pueden ser: pulsadores, llaves, termóstatos, presóstatos, límites de carrera, sensores de proximidad y otros elementos que generan señales binarias (on-off).

Las salidas comandan distintos equipos, por ejemplo: lámparas, sirenas y bocinas, contactores de mando de motores, válvulas solenoide, otros elementos comandados por señales binarias.

**2.3.2** *Utilidad de los PLC's en la industria.* Los controladores lógicos programables ofrecen una gran cantidad de utilidades dentro de la industria.

Como ventaja de la utilización de PLC's, comparados con otros dispositivos de control aplicados en la industria, se puede describir:

- Optimar recursos como el espacio ocupado.
- Baja potencia eléctrica requerida.
- Son reprogramables si ocurren cambios en los condicionantes de producción.
- Facilidad de mantenimiento.
- Mayor flexibilidad, satisfaciendo el mayor número de aplicaciones.
- Permite la interface con microcomputadores y computadores.
- Proyecto de sistema más rápido.

**2.3.3** *Empleo de los PLC's en la Industria.* El PLC es un dispositivo electrónico que puede ser programado por el usuario y se utiliza en la industria para resolver problemas de secuencias en la maquinaria o procesos, ahorrando costos en mantenimiento y aumentando la confiabilidad de los equipos. Maquinaria industrial: Toda y cualquier tipo de máquina cae dentro de las aplicaciones de los PLC's, para su mando. Máquinas

motrices, inyectoras de plástico, máquinas textiles y otras que puedan tener tareas de secuencia, inserción de piezas, posicionamiento continuo y temporizado comandos por PLC's.

Equipamientos industriales para diferentes procesos, tales como: siderúrgica, papel, neumáticos, hornos.

Equipamientos para control de energía: control de demanda y supervisión de energía, vía microcomputador y otros sistemas.

Control de sistemas robóticos manipuladores.

## **2.4 Polímeros**

**2.4.1** *Definición.* “Plástico” proviene de PLASTIKOS palabra griega que significa susceptible de ser modelado o moldeado. Quizá la mejor manera de caracterizar los plásticos es describir un número de cualidades que tienen en común, eliminando de esta forma los materiales que no las tienen:

Los plásticos se llaman así porque en alguna etapa de su fabricación o de su utilización tienen propiedades plásticas.

Pueden ser plásticos- sólo una vez, o pueden ser tantas veces como se quiera. Sin embargo, esta propiedad no basta para distinguir a los plásticos de otros materiales. El vidrio y el hormigón pueden tener, un comportamiento análogo, pero no son, plásticos.

Los plásticos son materiales orgánicos: esto es, están basados en la química del carbono. Esto elimina materiales como el hormigón y el cristal, pero no excluye el asfalto, que no está clasificado como plástico.

Los plásticos son materiales sintéticos, productos de la Industria química, que convierte materias primas en formas nuevas y radicalmente diferentes. Esto elimina materiales naturales tales como el asfalto y la laca, pero no excluye las ceras sintéticas. Los plásticos son polímeros de elevado peso molecular; esto es, son moléculas gigantes formadas por numerosas unidades repetidas combinadas en agregados muy grandes.

Los primeros plásticos, como el celuloide o la galalita, partían de polímeros a los que se añadían sustancias plastificantes. El proceso que condujo a los plásticos modernos fue la sintetización: partir de monómeros o moléculas sencillas para obtener polímeros mediante una reacción química polimerizante. Los resultados alcanzados por los primeros plásticos incentivaron a los químicos y a la industria a buscar otras moléculas sencillas que pudieran enlazarse para crear polímeros. En la década de los 30, químicos ingleses descubrieron que el gas etileno polimerizaba bajo la acción del calor y la presión, formando un termoplástico al que llamaron polietileno (PE).

Al reemplazar en el etileno un átomo de hidrógeno por uno de cloruro se produjo el cloruro de polivinilo (PVC), un plástico duro y resistente al fuego. Al agregarles diversos aditivos se logra un material más blando, sustitutivo del caucho, comúnmente usado para ropa impermeable, manteles, cortinas y juguetes. Un plástico parecido al PVC es el politetrafluoretileno (PTFE), conocido popularmente como teflón y usado para rodillos y sartenes antiadherentes. Otro de los plásticos desarrollados en los años 30 en Alemania fue el poliestireno (PS). También en esta época se crea la primera fibra artificial, el nylon. Su primer uso fue la fabricación de paracaídas para las fuerzas armadas estadounidenses durante la Segunda Guerra Mundial, extendiéndose rápidamente a la industria textil en la fabricación de medias y otros tejidos combinados con algodón o lana. Nacen en 1942 las melaminas, las resinas epoxi, el poliuretano y en 1952 el policarbonato. La evolución ha sido muy rápida, hoy tenemos unos 50 materiales que con sus tipos, subtipos, mezclas.

## **2.4.2** *Características generales*

**2.4.2.1** *Estructura y composición.* Los plásticos son sustancias químicas sintéticas denominadas polímeros, de estructura macromolecular que puede ser moldeada mediante calor o presión y cuyo componente principal es el carbono. Estos polímeros son grandes agrupaciones de monómeros unidos mediante un proceso químico llamado polimerización. Los plásticos proporcionan el balance necesario de propiedades que no pueden lograrse con otros materiales, por ejemplo: color, poco peso, tacto agradable y resistencia a la degradación ambiental y biológica. De hecho, plástico se refiere a un estado del material, pero no al material en sí: los polímeros sintéticos habitualmente llamados plásticos, son en realidad materiales sintéticos que pueden alcanzar el estado plástico, esto es cuando el material se encuentra viscoso o fluido, y no tiene propiedades.

Este estado se alcanza cuando el material en estado sólido se transforma en estado plástico generalmente por calentamiento, y es ideal para los diferentes procesos productivos ya que en este estado es cuando el material puede manipularse de las distintas formas que existen en la actualidad. Así que la palabra plástico es una forma de referirse a materiales sintéticos capaces de entrar en un estado plástico, pero plástico no es necesariamente el grupo de materiales a los que cotidianamente hace referencia esta palabra.

**2.4.2.2** *Propiedades de los polímeros.* Las propiedades y características de la mayoría de los plásticos (aunque no siempre se cumplen en determinados plásticos especiales) son estas:

- Fáciles de trabajar y moldear,
- Tienen un bajo costo de producción,
- Poseen baja densidad,
- Suelen ser impermeables,
- Buenos aislantes eléctricos,
- Aceptables aislantes acústicos,
- Buenos aislantes térmicos, aunque la mayoría no resisten temperaturas muy elevadas,
- Resistentes a la corrosión y a muchos factores químicos;

**2.4.3** Algunos no son biodegradables ni fáciles de reciclar, y si se queman, son muy contaminantes.

**2.4.4** Tipos de polímeros

**2.4.3.1** *Termoplásticos.* Son las resinas que se ablandan en presencia del calor y se endurecen cuando se enfrían, no importa cuántas veces se repita el proceso, dentro de

ellas tenemos: Vinílicos y Polivinílicos, Poliestirénos, Poliamidas ( nylon), Policarbonatos, Polietilenos, ABS (Acilonitrilo Butadieno Estireno), Acetálicas, Acrílicos, las Celulosas ( acetato butirato de celulosa, propianato de celulosa, nitrato de celulosa y la celulosa etílica), Polipropileno, polimetacrilato, Politetra- fluoretileno.

**2.4.3.2** *Termoestables.* Son las resinas que se solidifican en forma definitiva cuando se les aplica calor y presión durante el moldeo, el recalentamiento no ablanda estos materiales y si el calor continua la pieza llega a carbonizarse directamente. Dentro de éste grupo tenemos: Las resinas Fenólicas, Úricas, Melamínicas, Epoxi, Poliéster, Poliuretanos, Alquídicos, Caseína, Amina.

## **2.5 Máquina de inyección plástica**

El diseño actual de la máquina de moldeo por inyección ha sido influido por la demanda de productos con diferentes características físicas y químicas, con diferentes polímeros involucrados y colores. Además, su diseño se ha modificado de manera que las piezas moldeadas tengan un menor costo de producción, lo cual exige rapidez de inyección, bajas temperaturas, y un ciclo de moldeo corto y preciso.

John Hyatt registró en 1872 la primera patente de una máquina de inyección, la cual consistía en un pistón que contenía en la cámara derivados celulósicos fundidos.

Sin embargo, se atribuye a la compañía alemana Cellon-Werk el haber sido pionera de la máquina de inyección moderna. Esta firma presentó, en 1928, una patente incluyendo la descripción de nitrocelulosa (celuloide).

Debido al carácter inflamable de la nitrocelulosa, se utilizaron posteriormente otros derivados celulósicos como el etanoato de celulosa.

Los británicos John Beard y Peter Delafield, debido a ciertas diferencias en la traducción de la patente alemana, desarrollaron paralelamente la misma técnica en Inglaterra, con los derechos de patente inglesa para la compañía F.A. Hughes Ltd. Durante los últimos cincuenta años la industria de las materias plásticas tuvo un desarrollo de proporciones gigantes, superando la industria del acero. Después de 1945; poli estireno, polietileno, cloruro de polivinilo, poliamidas, polimetilmetacrilato y polipropileno han entrado en las

casas de todos, en las ciudades más remotas como en las grandes ciudades, la industria así como en las economías agrícolas.

Ha sido un fenómeno que no se había verificado nunca en la historia del ser humano en proporciones tan grandes y con una dinámica tan rápida de sustitución progresiva de los materiales tradicionales con las nuevas sustancias sintéticas y de re proyección formal de las estructuras y de las formas ergonómicas de las herramientas y de los objetos de los cuales el ser humano se circunda y emplean. La historia de los tecno polímeros se desarrolla junto con el perfeccionamiento de las tecnologías de transformación que permiten convertir un puño de gránulos, un poco de polvo o un bote de líquido en un objeto terminado con una forma propia y capaz de absolver una función precisa.

## **2.6 Descripción del proceso de inyección**

El proceso de inyección tiene varias operaciones:

- Dosificación de una cantidad de granulado correspondiente al volumen del molde, que ingresa al embolo de inyección.
- Fusión del material termoplástico hasta alcanzar una consistencia apta para la inyección.
- Inyección del material termoplástico en el molde.
- Enfriamiento del material inyectado, y solidificación.
- Desmolde de la pieza inyectada.

Las ventajas del proceso de inyección están enfocadas principalmente en el ahorro del material y la gran exactitud en la forma y dimensión de las piezas inyectadas, rápida producción de gran cantidad de piezas mediante moldes duraderos.

**2.6.1 Colado a presión.** El moldeo por inyección es un método en el cual el material, calentado en el cilindro de la máquina, es obligado a pasar en un estado fluido al molde. Desde la tolva el material se envía en cantidades preestablecidas a la cámara del cilindro,

en el cual está montado el husillo o émbolo, se produce la plastificación, y por el incremento de la temperatura el material se inyecta a presión al molde. Debido a que la temperatura del molde es inferior a la del material que lo llena este se enfría rápidamente y se solidifica.

Su permanencia en el molde demora un tiempo para evitar el posible escape del material líquido y, a la vez, para que este llene los espacios libres producidos al solidificarse por el rechazo del material.

Pasado el tiempo de permanencia forzosa bajo la presión, la pieza fabricada se extrae y se enfría. El ciclo completo comprende entre unos 20 y 30 segundos que son gobernados por un actuador que maneje tiempo. Uno de los parámetros importantes en la inyección es la presión de la fundición sobre el molde y la magnitud de permanencia bajo presión de la pieza una vez colada.

La presión es la que más consume energía, desgasta el molde y la máquina, cuando se aplica una elevada presión en la inyección, la extracción de la pieza del molde puede resultar dificultosa.

## **2.7 Circuito neumático**

**2.7.1** *Neumática.* La neumática es la parte de la ingeniería que se dedica al estudio y aplicación del aire comprimido en la automatización de diversos procesos industriales. Algunas ventajas y desventajas que esta tecnología ofrece a las industrias se enlistan a continuación:

**2.7.1.1** *Ventajas.* Lo que nos favorece del uso de la neumática en la inyectora.

- Es barato y es utilizado en cantidades ilimitadas
- Se transporta con facilidad por las tuberías y, una vez empleado, se puede expulsar al exterior sin necesidad de tuberías de retorno
- Es limpio y, en caso de fugas o falta de estanqueidad en los componentes, no ensucia, no contamina

**2.7.1.2 Desventajas.**- Para hacer uso de la neumática de forma correcta es necesario conocer las desventajas del aire como fluido:

- Antes de emplear el aire comprimido es necesario prepararlo bien para que las partículas abrasivas, impurezas y humedad que pueda tener en suspensión no ingresen al sistema de trabajo.
- Baja fuerza de trabajo menor que 30000 Newtons.
- Las partículas deterioran los componentes y el agua que se condensa provoca la oxidación de las piezas aceradas.
- El escape de aire produce ruidos molestos.
- Las velocidades no son constantes por la compresión de aire existente.

**2.7.2 Elementos de las instalaciones neumáticas.** Un sistema neumático consta de los siguientes elementos de trabajo de procesamiento de entrada de alimentación (ver tabla 1)

Tabla 1. Elementos de las instalaciones neumáticas.

Elementos de Trabajo Cilindros Motores Indicaciones ópticas	
Electos de procesamiento Válvula de vías Válvula selectora Válvula de presión mixta Válvula de presión Conmutadores de paso a paso	
Elementos de entrada Válvula de vías con pulsador Válvulas accionadas por palanca Interruptores de proximidad Barreras de aire	
Elementos de alimentación Compresores Acumuladores de aire a presión Válvula reguladora de presión Unidad de mantenimiento	

Fuente: Autores

**2.7.2.1** *Compresores.* Proporcionan una presión y un caudal de aire adecuados a la instalación

**2.7.2.2** *Acumuladores.* Mantiene un nivel de presión adecuada en la instalación neumática. Su tamaño depende del caudal de consumo y de la potencia del motor.

**2.7.2.3** *Acondicionadores de aire.* Son dispositivos que nos permiten mantener el aire en unas condiciones de limpieza, humedad y lubricación adecuadas, de tal manera que alargan la vida de toda la instalación. Estos elementos son: filtro de aire, secador, lubricador. Es limpio y, en caso de fugas o falta de estanqueidad en los componentes, no ensucia, no contamina. Se transporta con facilidad por las tuberías y, una vez empleado, se puede expulsar al exterior sin necesidad de tuberías de retorno

**2.7.2.4** *Red de distribución.* Debe garantizar la velocidad y presión del aire en todos los puntos de uso. No es necesario un circuito de retorno de fluido, ya que éste se vierte directamente a la atmósfera por un silenciador después de haber sido usado.

**2.7.2.5** *Elementos de regulación y control.* Son los encargados de regular el paso de aire desde los acumuladores a los elementos actuadores. Estos elementos que se denominan válvulas pueden ser activados de diversas formas: manualmente, por circuitos eléctricos, neumáticos, hidráulicos o mecánicos.

- Válvulas

La función de las válvulas es permitir, orientar o detener un flujo de aire. Por distribuir el aire hacia los elementos de trabajo se los conoce como válvulas distribuidoras. Dos de las características principales que posibilitan su clasificación son el número de vías y el número de posiciones, definidos a continuación.

- Vías

Llamamos así al número de bocas de conexión del elemento de distribución. Pueden tenerse válvulas de 2, 3, 4, 5 ó más vías. No es posible un número de vías inferior a dos por el funcionamiento de la máquina para que la salida de aire sea la que se necesita en el sistema.

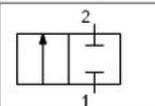
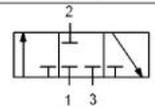
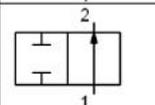
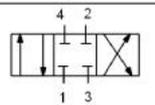
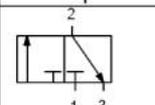
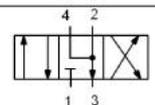
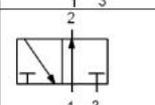
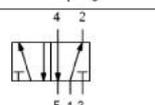
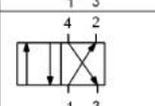
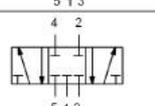
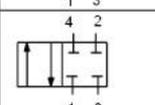
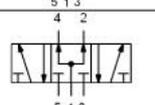
- Posiciones

Se refiere al número de posiciones estables del elemento de distribución. No es posible un número de posiciones inferior a dos. Las válvulas direccionales se designan de acuerdo al número de vías y al número de posiciones

### 2.7.3 Elementos de control y medición

Existen distintos tipos de mandos: mandos musculares o manuales, mecánicos, neumáticos, eléctricos y electro neumáticos. Se transporta con facilidad por las tuberías y, una vez empleado, se puede expulsar al exterior sin necesidad de tuberías de retorno. Es limpio y, en caso de fugas o falta de estanqueidad en los componentes, no ensucia, no contamina.

Figura 5. Accesorios de mando y válvulas auxiliares

	Válvula 2/2 normalmente cerrada		Válvula 3/3 con posición neutra normalmente cerrada
	Válvula 2/2 normalmente abierta		Válvula 4/3 con posición neutra normalmente cerrada
	Válvula 3/2 normalmente cerrada		Válvula 4/3 con posición neutra a escape
	Válvula 3/2 normalmente abierta		Válvula 5/2
	Válvula 4/2		Válvula 5/3 en posición normalmente cerrada
	Válvula 4/2 normalmente cerrada		Válvula 5/3 en posición normalmente abierta

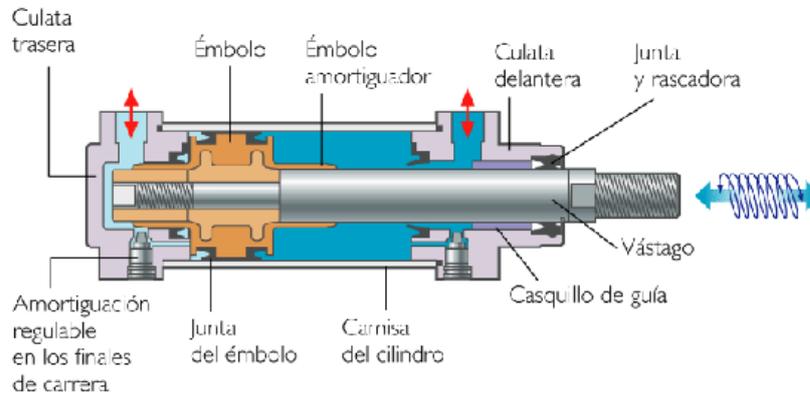
Fuente: <http://goo.gl/FcyNlb>

Las válvulas auxiliares son componentes que cumplen las más variadas funciones en los circuitos neumáticos, en general asociadas al control de las secuencias

**2.7.3.1 Cilindros de doble Efecto.** Los cilindros de doble efecto realizan fuerza en la salida del émbolo o avance y en el retorno o retroceso. La superficie útil de las dos cámaras de un cilindro de doble efecto no son iguales, el diámetro del pistón es igual en

las dos cámaras, pero la superficie que ocupa el vástago disminuye la superficie útil de la cámara de retroceso

Figura 6. Cilindros de doble Efecto



Fuente: <http://goo.gl/3XGh8e>

**2.7.4 Electro neumático.** Es la aplicación en donde combinamos dos importantes ramos de la automatización como son la neumática (Manejo de aire comprimido) y electricidad y/o la electrónica.

En la electroneumática los actuadores siguen siendo neumáticos, los mismos que en la neumática básica, pero las válvulas de gobierno mandadas neumáticamente son sustituidas por electroválvulas activadas con electroimanes en lugar de pilotadas con aire comprimido.

Las electroválvulas son convertidores electroneumáticos que transforman una señal eléctrica en una actuación neumática.

## 2.8 Variables en el proceso de inyección.

Para determinar las variables dentro de un proceso de inyección de plástico, se tendrán en cuenta varios parámetros. Los parámetros a controlar dependen del material a trabajar, del diseño del molde y la pieza, cada caso es particular. La calidad de los productos obtenidos en el moldeo por inyección incluye propiedades mecánicas, calidad de la superficie, dimensiones y densidad. Para obtener una calidad aceptable y reproducible, es esencial mantener el proceso de moldeo un control preciso de las variables que influyen directamente como la presión del sistema de la máquina inyectora velocidad (E-MC).

**2.8.1** *Presión de trabajo de la máquina.* Primera presión de avance, Presión requerida para vencer las resistencias que el material fundido produce a lo largo de su trayectoria, para llenar la cavidad en un 90 ó 95%.

Segunda presión de avance: Tiene como objeto el mantener bajo presión el material fundido que se solidifica y se contrae en la cavidad del molde.

Presión de retorno: En el momento de la plastificación el material es llevado hacia delante en tanto que el cilindro va hacia atrás, la contrapresión se aplica sobre el el cilindro de cierre del molde.

Presión de retorno: Distancia que el cilindro se hace para atrás con la finalidad de liberar la presión ejercida sobre el plástico de tal manera que no escurra el material al momento que abra el molde y que permita el paso de nuevo material.

Presión de retorno: permite la apertura del molde para que la pieza pueda ser liberada y caiga en el contenedor.

Presión de retorno: Presión que estará presente para que el molde se cierre nuevamente e inicio el ciclo de inyección.

**2.8.2** *Temperatura de trabajo de la máquina.* Temperaturas del cilindro de plastificación y de la boquilla, dada por el tipo de material a trabajar, debe ser constante y uniforme ya que controla la densidad y contracción debe ser de 115 °C a 150 °C.

Temperatura del molde: Está determinada por el material plástico a trabajar, y el acabado de la pieza. (HERNANDEZ, 2009)

Temperatura de enfriamiento: Este tiempo de la pieza tarda en solidificarse y que no esté en estado frágil y que la pieza este con un acabado superficial liso y que este sin porosidades de ningún tipo en la pieza.

**2.8.3** *Tiempos de inyección de trabajo de la máquina.* Tiempo de cierre, tiempo en el cual el cilindro de moldeo se cierra para que los moldes se junten cerrando completamente el sistema.

Tiempo de inyección: Tiempo en el que se lleva a cabo el llenado de las cavidades del molde.

Tiempo de pos presión: Tiempo en que permanece activa la presión del cilindro A y B.

Tiempo de plastificación: Tiempo requerido para llevarse a cabo la fusión del material, hasta llevarlo a un estado líquido viscoso.

Tiempo de enfriamiento: Tiempo para acabar de solidificar la pieza

Tiempo de ciclo: Tiempo en el que se llevan a cabo las etapas del proceso de inyección: tiempo de cierre + tiempo de inyección + tiempo de pos presión + tiempo de enfriamiento que incluye el tiempo de plastificación + tiempo de apertura y expulsión. (SUAZA, 2009)

**2.8.4** *Velocidades de los cilindros de trabajo de la máquina.* Velocidad de cierre de molde, distancia que recorre la parte móvil de la inyectora hasta hacer contacto con la parte fija del molde

Velocidad de apertura de molde: Distancia que recorre la el molde hasta separarse de la platina fija y dejar el espacio suficiente para la expulsión de las piezas en un tiempo determinado.

Velocidad de plastificación: Se control por medio del cilindro neumático y la presión de colado.

Velocidad de inyección: Dependerá de los siguientes factores: La viscosidad del polímero, condiciones del molde, tamaño y número de puntos de entrada de material, tamaño de los canales o venas de alimentación del material, salidas de aire en el molde, temperatura de la masa fundida, temperatura del molde, acabado de la pieza.

Velocidad de expulsión: Distancia que recorren el cilindro de desmolde en un tiempo determinado para expulsar la pieza moldeada. (HERNANDEZ, 2009)

**2.8.5** *Carrera de los cilindros de trabajo de la máquina.* Distancia de dosificación (inyección) y espesor del colchón, milímetros de material inyectado en función del

volumen (mm<sup>3</sup>) y la unidad de plastificación. Otra definición, es la cantidad de plástico necesaria para llenar todas las cavidades y la colada. Se transporta con facilidad por las tuberías y, una vez empleado, se puede expulsar al exterior sin necesidad de tuberías de retorno. Es limpio y, en caso de fugas o falta de estanqueidad en los componentes, no ensucia, no contamina

Distancia de conmutación a segunda presión: Milímetros necesarios para hacer el cambio por distancia, de primera presión de inyección a segunda presión.

Distancia de apertura de molde: Distancia que deseamos que abra la parte móvil del molde para que pueda expulsarse la pieza.

Distancia de expulsión: Milímetros recorridos por el sistema de expulsión de la pieza inyectada, para que pueda desmoldar la pieza.

## **2.9 Principios de Mantenimiento**

En el área de mantenimiento existen diversas estrategias para la selección del sistema a aplicar en cada equipo; sin embargo, la mayoría de estas estrategias no tienen en cuenta la naturaleza del fallo; en contraste, este elemento es de vital importancia para un empleo óptimo de los recursos en el área analizada.

Otros aspectos que comúnmente no se tienen en cuenta para la selección de las posibles estrategias de mantenimiento a utilizar en cada equipo son el nivel de riesgo que ofrece el fallo a los operarios de la empresa.

En mantenimiento, se agrupan una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles, instalaciones.

La confiabilidad es la probabilidad de que un producto se desempeñe del modo que se había propuesto, durante un tiempo establecido, bajo condiciones especificadas de operación. Si este criterio lo aplicamos a los productos como los productos de plástico regatones de producción que sólo se usan una vez puede darnos una idea relativamente falsa de su significado.

La labor del departamento de mantenimiento, está relacionada muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria y herramienta, equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral. (HERNANDEZ, 2009)

## CAPÍTULO III

### 3. ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINA INYECTORA; DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA LA AUTOMATIZACION

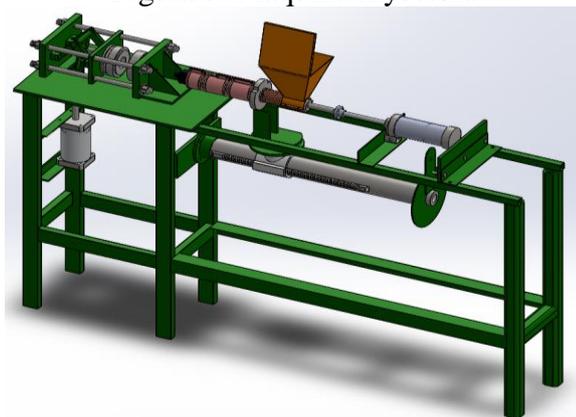
#### 3.1 Descripción del sistema de la maquina inyectora

**3.1.1 Máquina EDBOR.** La máquina de inyección EDBOR es una máquina construida artesanalmente que actualmente funciona manualmente, se utiliza para la inyección de autopartes de bajo volumen de plástico, regatones de muebles y piezas de pequeño volumen. La máquina fue diseñada para la inyección de materiales termoplásticos (pellets), este material cambia su estado de sólido a líquido mediante la elevación de temperatura por medio de resistencias eléctricas y a la fricción que se produce en el interior de la unidad de inyección debido al empuje producido por el pistón.

#### 3.2 Levantamiento de planos

La máquina fue construida por la empresa en un principio para su funcionamiento mecánico pero el objetivo de la tesis es automatizarla por lo que se realizó un levantamiento completo de los planos máquina y del sistema mecánico de inyección para poder ubicar el sistema automático y verificar que los cambios realizados no afecten el principio de funcionamiento. Se tomó las medidas de cada una de las partes que se van a conservar en la máquina con parámetros y conocimientos técnicos adquiridos usando calibradores flexo metros y escuadras, para luego llevarlas al software ver anexo A

Figura 7. Maquina inyectora



Fuente: Autores

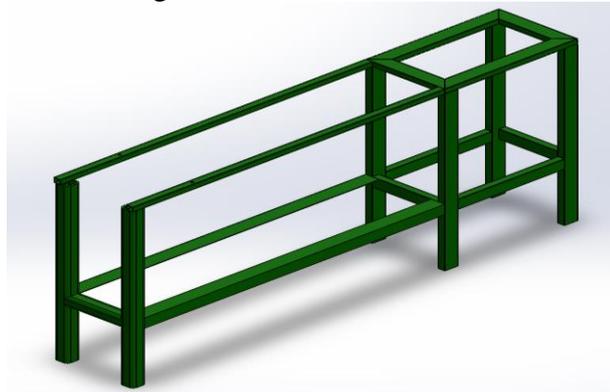
### 3.3 Partes de la maquina inyectora

La máquina de inyección neumática está compuesta de 5 partes principales las que hacen que su funcionamiento sea óptimo:

- Estructura Metálica (soporte)
- Unidad de inyección
- Sistema neumático
- Unidad de cierre
- Sistema eléctrico

**3.3.1 Estructura metálica.** Como toda estructura esta debe ser capaz de soportar diferentes tipos de cargas y esfuerzos como cargas muertas producidas por el peso de la máquina y la estructura mismo además de esfuerzos dinámicos.

Figura 8. Estructura metálica



Fuente: Autores

La estructura está constituida por tubería, perfiles, y platinas estructurales descritas en la siguiente tabla

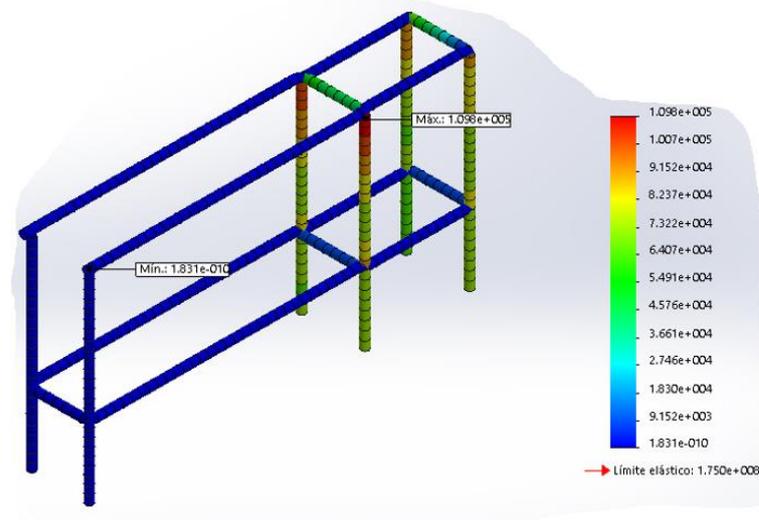
Tabla 2. Lista de materiales para estructura

Material	Longitud [m]
Tubo cuadrado de 1"	3
Tubo de 2" x 1"	2
Angulo l de 2"	2
Canal c de 2"	3

Fuente: Autores

**3.3.1.1** *Análisis de la estructura.* Además de las cargas actuales que soporta la estructura se debe saber si es capaz de soportar las cargas que se incluirán por la automatización como son las de los cilindros la de la caja de conexiones eléctricas. Por lo que se procedió a modelar en una herramienta de CAD tomando cada medida de los perfiles, tubería y ángulos estructurales usados para realizar un análisis CAE de la estructura.

Figura 9. Análisis de la estructura

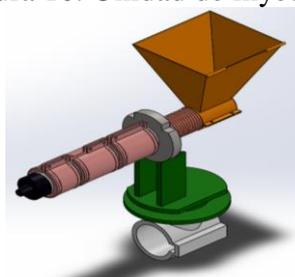


Fuente: Autores

Se puso a prueba la estructura en la herramienta CAE se escogió un factor de seguridad de 2.5 la cual cumplió por lo que no se procedió realizar ninguna modificación.

**3.3.2** *Unidad de inyección.* La unidad de inyección está compuesta por una tolva en la cual se coloca la materia prima (pellet de plástico) el plástico se dosifica al cilindro de alimentación en el cual están colocadas las resistencias que calientan el cilindro y este a su vez calienta el plástico hasta el punto de fusión del plástico.

Figura 10. Unidad de inyección



Fuente: Autores

**3.3.2.1** *Volumen de inyección.* El volumen de inyección será calculado mediante el área de la base del cilindro que contiene el material y la carrera del cilindro de empuje de la siguiente manera:

$$V_m = A_b * L_c \quad (1)$$

La carrera del cilindro de empuje es variable por lo que el volumen máximo de material inyectado está dentro de los rangos de 0 cm<sup>3</sup> a 35 cm<sup>3</sup> aproximadamente teniendo un área en el cilindro de empuje de 3,14 cm<sup>2</sup> y una carrera del cilindro de 11 cm.

**3.3.2.2** *Presión de inyección.* La presión de trabajo del sistema neumático es de 6 bar la que se distribuye a los dos cilindros neumáticos que se activan por medio de 2 electroválvulas biestables

$$P = \frac{F}{A}$$

**3.3.2.3** *Tolva.* La tolva es la parte del sistema de inyección que acumulara el pellet o material a inyectar a una temperatura ambiente debe tener un ángulo de inclinación para que los pellet puedan caer al cilindro hueco de inyección sin ningún problema el ángulo de inclinación de la tolva es de 60 ° aproximadamente tiene una apertura superior cuadrada de 20 cm de lado y en la inferior una salida rectangular de 3cm por 6 cm.

Figura 11. Tolva



Fuente: Autores

**3.3.2.4** *Barra de inyector.* La barra de inyección es una varilla cilíndrica que esta acoplada al vástago del cilindro neumático tiene un diámetro de 2cm y un largo de 45 cm, está hecha de acero de construcción el cual puede soportar la temperatura de inyección (250°C) sin que pierda sus propiedades físicas y mecánicas.

**3.3.2.5** *Bandas calentadoras.* Las bandas o resistencias de calefacción son elementos que se fabrican a base de níquel donde la energía eléctrica se convierte en calor la cantidad de calor dependerá de la cantidad de tiempo que esté conectado y el voltaje de entrada.

La temperatura se puede controlar mediante una perilla que controla la cantidad de energía que entra a las resistencias el voltaje usado es de 110 V el calor producido se transporta al cilindro hueco, el sistema consta de 3 bandas de calefacción, a la primera se la conecta directamente a la corriente y de esta se distribuye a las otras 2 en circuitos en paralelo. (C.V)

Figura 12. Bandas calentadoras



Fuente: Autores

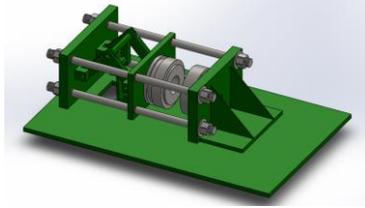
**3.3.3** *Sistema neumático.* Este sistema es el encargado de transformar la energía del aire comprimido en energía mecánica por medio de los cilindros neumáticos que se encargan de empujar la masa plastificada hacia el interior del molde y el otro se encarga de abrir y cerrar la unidad de cierre, está compuesto por dos cilindros neumáticos y un compresor además de la electroválvulas que se encuentran en el sistema eléctrico.

**3.3.3.1** *Cilindros neumáticos.* Los cilindros neumáticos usados en la maquina son de doble efecto, por el motivo se necesita controlar tanto su avance y el retorno, la selección depende de la presión de trabajo y el plástico inyectado. (E-MC)

**3.3.4** *Unidad de cierre.* La unidad de cierre es la que se encarga de sostener el molde está compuesta por 3 placas dos son fijas y se encuentran separadas, y con ejes que las cruzan en sus 4 esquinas.

En la parte media se encuentra una placa móvil que se cierra al momento de moldear y se abre al momento de desmoldar está conectada por medio de brazos móviles a un cilindro neumático que se encarga de darle el movimiento. Es una placa fija que se encuentra en el molde con una abertura que permite el paso de masa plastificada.

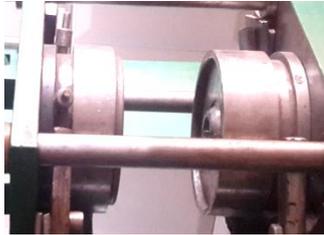
Figura 13. Unidad de cierre.



Fuente: Autores

**3.3.4.1** *Moldes.* Los moldes usados en la maquina tienen que ser fabricado a un modelo que no tengan un volumen mayor a él volumen de inyección que es de 35 cm<sup>3</sup> al momento de cierre no debe existir ningún tipo de apertura entre los moldes, se debe verificar que al momento de inyección no exista fugas de plástico por los bordes o desperdicio de material plástico.

Figura 14. Molde



Fuente: Autores

**3.3.5** *Sistema eléctrico.* El sistema eléctrico es la parte principal de la maquina inyectora es el encargado de controlar la unidad de cierre, el sistema neumático, el sistema de calefacción, mediante un PLC en el cual está programado todos los paso a seguir para el correcto funcionamiento de la maquina como los tiempos de cierre de la unidad, la temperatura de las resistencias además de las electroválvulas que permiten el paso de aire hacia los cilindros (la descripción de los elemento se la encuentra en el siguiente capítulo).

### **3.4** **Análisis de los dispositivos neumáticos**

**3.4.1** *Funciones del cilindro de apertura y cierre de moldes "A".* El cilindro "A" se encarga de abrir y cerrar el sistema de moldeo de la máquina, además de mantener la presión en el cierre para evitar que el plástico se derrame por los costados. Para verificar si la fuerza seleccionada para el proceso de inyección será suficiente, deberá considerarse el área proyectada de la pieza sobre el plano paralelo a las superficies de las placas por la presión en la cavidad, necesaria para inyectar la pieza.

**3.4.1.1** Selección de cilindro de cierre "A": Se empra para el cierre y apertura del molde

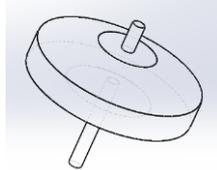
Figura 15. Cilindro A



Fuente: Autores

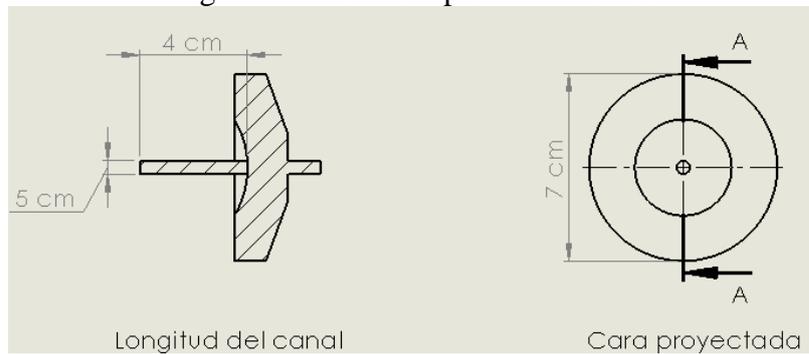
- Calculo del área máxima

Figura 16. Modelo a producir



Fuente: Autores

Figura 17. Modelo a producir acotado



Fuente: Autores

- Calculo

$$A_{max} = \frac{\pi d^2}{4}$$

Donde

$A_{max}$  = Área máxima de inyección [cm<sup>2</sup>]

D = diámetro en centímetros [cm]

$$A_{\max} = \frac{\pi(7 \text{ cm})^2}{4}$$

$$A_{\max} = 38,3 \text{ cm}^2 \cong 38 \text{ cm}^2$$

- Calculo del área del canal de inyección

$$A_{\text{canal}} = L * d$$

$$A_{\text{canal}} = 4 \text{ cm} * 0,5 \text{ cm}$$

$$A_{\text{canal}} = 2 \text{ cm}^2$$

Donde

$A_{\text{canal}}$  = Área del canal [cm<sup>2</sup>]

- Calculo de la fuerza del cilindro A

$$F_C = A_P P_I$$

Donde:

$F_C$  = Fuerza del cilindro [N]

$A_P$  = Área proyectada [cm<sup>2</sup>]

$P_I$  = Presión de inyección [Pa]

- Calculo del Área proyectada

$$A_P = A_{\max} + A_{\text{Canal}}$$

$$A_P = 38 \text{ cm}^2 + 2 \text{ cm}^2$$

$$A_P = 40 \text{ cm}^2$$

Donde:

$A_P$  = Área proyectada [cm<sup>2</sup>]

$A_{\max}$  = Área máxima [cm<sup>2</sup>]

$A_{\text{Canal}}$  = Área del canal de inyección [cm<sup>2</sup>]

- Calculo de la presión de inyección

Tabla 3. Factor de viscosidad

RESINA	FACTOR POR VISCOSIDAD
GPPS (PS)	1
PP	1 - 1.2
PE	1 - 1.3
PA6 ó PA66, POM	1.2 - 1.4
Celulósicos	1.3 - 1.5
ABS, ASA, SAN	1.3 - 1.5

Fuente: [http://www.tecnovasa.com/hoja\\_calculo.html](http://www.tecnovasa.com/hoja_calculo.html)

$$P_I = P_T f_c$$

$$P_I = 6,12 \frac{kg}{cm^2} * 1,1$$

$$P_I = 6,722 \frac{kg}{cm^2}$$

Donde:

$P_I$  = Presión de inyección [Pa]

$P_T$  = Presión de trabajo = Presión del compresor =  $6,12 \frac{kg}{cm^2}$

$f_c$  = Factor de corrección para el plástico polipropileno

Se calculó la fuerza del cilindro A aplicando la formula (1)

$$F_C = 40 \text{ cm}^2 * 6,722 \frac{kg}{cm^2}$$

$$F_C = 269,28 \text{ kgf}$$

$$F_C = 2638,94 \text{ N} = F_e$$

- Calculo de la Fuerza Teórica del Cilindro A

$$F_e = F_T - F_R$$

Donde:

$F_e$  = Fuerza efectiva [N]

$F_T$  = Fuerza teórica [N]

$F_R$  = Fuerza de rozamiento [N]

$$F_R = 0,1F_T$$

$$F_e = F_T - 0,1F_T$$

$$F_e = 0,9F_T$$

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

$$F_T = \frac{2638,94 \text{ N}}{0,9}$$

$$F_T = 2932,16 \text{ N}$$

- Cálculo del diámetro del embolo del cilindro A

$$D = \sqrt{\frac{4 * F_T}{\pi * P_T}}$$

Donde:

D = Diámetro del embolo [mm]

FT = Fuerza teórica [N]

PT = Presión de trabajo = Presión del compresor =  $6,12 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 2932,16 \text{ N}}{\pi * 6 * 10^5 \text{ Pa}}}$$

$$D = 0,078 \text{ cm}$$

$$D = 78 \text{ mm}$$

- Cilindro normalizado

$D_N = 80 \text{ mm}$

$D_V = 20 \text{ mm}$

Carrera = 100 mm

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

$$F_T = \frac{2638,94 \text{ N}}{0,9}$$

$$F_T = 2932,16 \text{ N}$$

Tabla 4. Selección en catálogo del cilindro A

Bore size	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	N	O	P	Q	R	S	T	V	W	X	Z
32	142	48	94	30	29	19	27.5	22	17	6	M10x1.25	M6	13	PT1/8	5.5	6	6	46.5	32.5	12	10	3	30
40	159	54	105	35	33	21	32	24	17	7	M12x1.25	M6	17	PT1/4	6	7.5	8.5	54	38	16	13	3.5	35
50	175	69	106	40	42	27	31	32	23	8	M16x1.5	M8	15.5	PT1/4	7.5	6.5	9.5	64	46.5	20	17	3.5	40
63	190	69	121	45	42	27	33	32	23	8	M16x1.5	M8	16.5	PT3/8	7.5	7.5	11.5	75	56.5	20	17	4	45
80	214	86	128	45	53	33	33	40	26	10	M20x1.5	M10	16.5	PT3/8	8	8.5	12.5	93	72	25	22	4	45

Fuente: (E-MC)

- Fuerza de avance y retorno
- Calculo del área del cilindro A

$$A_A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde:

D = diámetro [mm]

$$A_A = \frac{\pi * (80 \text{ mm})^2}{4}$$

$$A_A = 5026,55 \text{ mm}^2$$

$$A_A = 5,03 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

- Calculo de la Fuerza de Avance

$$F_A = P_T A_A$$

Donde:

$F_A$  = Fuerza de avance [N]

$P_T$  = Presión de trabajo = Presión del compresor =  $6,12 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

$A_A$  = Área de avance [ $\text{cm}^2$ ]

$$F_A = 6 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * 5,03 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$F_A = 3015,93 \text{ N}$$

- Calculo del Área de Retroceso del cilindro A

$$A_R = \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4}$$

Donde:

D = Diámetro [mm]

d = Diámetro [mm]

$$A_R = \frac{\pi * [(80 \text{ mm})^2 - (20 \text{ mm})^2]}{4}$$

$$A_R = 4712,39 \text{ mm}^2$$

- Calculo de la Fuerza de Retroceso del cilindro A

$$F_R = P_T A_R$$

Donde:

F<sub>R</sub> = Fuerza de retroceso [N]

P<sub>T</sub> = Presión de trabajo = Presión del compresor = 6,12  $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

A<sub>R</sub> = Área de retroceso [cm<sup>2</sup>]

$$F_R = 6 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * 4,71 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$F_R = 2827,434 \text{ N}$$

- Calculo de consumo de Aire

$$V = (A_A + A_R) * (C * n) * R_c$$

Donde:

A<sub>A</sub> = Área de avance del cilindro [cm<sup>2</sup>]

A<sub>R</sub> = Área de retroceso del cilindro [cm<sup>2</sup>]

R<sub>C</sub> = Relación de compresión

C = Carrera [mm]

- Cálculo de la relación de compresión

$$Rc = \frac{P_{atm} + P_T}{P_{atm}}$$

Donde:

$P_{atm}$  = Presión atmosférica normalizada en [Bar]

$P_T$  = Presión de trabajo [Bar]

$$Rc = \frac{(1,01325 + 6)bar}{1,01325 bar}$$

$$Rc = 6,92$$

- Cálculo del volumen de aire consumido

$$V = (5026,55 \text{ mm}^2 + 4712,39 \text{ mm}^2) * \left(100 \text{ mm} * 0,92 \frac{\text{ciclos}}{\text{min}}\right) * (6,92)$$

$$V = 6200198,76 \frac{\text{mm}^3}{\text{min}} = 6200,2 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

**3.4.2** *Función del cilindro de inyección "B"*: La función del cilindro de inyección es impulsar el plástico derretido del cañón de inyección hacia el molde la fuerza que se necesita para empujar el plástico depende de la densidad del mismo en este caso el plástico que se usa es el plástico más común para inyección es el pellet de polipropileno PP cuya densidad es de 0,94 g/cm<sup>3</sup> y la fuerza de empuje necesario es de 1500 N.

#### **3.4.2.1** *Selección de cilindro "B"*

Figura 18. Selección del cilindro B



Fuente: Autores

$F_e = 1500 \text{ N}$

$F_c = 1500 \text{ N} = F_e$

- Calculo de la fuerza teórica del cilindro B utilizando la formula (4)

$$F_R = 0,1F_T$$

$$F_e = F_T - 0,1F_T$$

$$F_e = 0,9F_T$$

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

$$F_T = \frac{1500 N}{0,9}$$

$$F_T = 1666,67 N$$

- Calculo del diámetro del embolo del cilindro B utilizando la formula (5)

$$D = \sqrt{\frac{4 * 1666,67 N}{\pi * 6x10^5 Pa}}$$

$$D = 0,059 cm$$

$$D = 59 mm$$

- Cilindro normalizado

$D_N = 63 mm$

$D_V = 16 mm$

Carrera = 110 mm

Tabla 5. Selección en catálogo del cilindro B

 Main dimensions



Bore size	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	N	O	P	Q	R	S	T	V	W	X	Z
32	142	48	94	30	29	19	27.5	22	17	6	M10x1.25	M6	13	PT1/8	5.5	6	6	46.5	32.5	12	10	3	30
40	159	54	105	35	33	21	32	24	17	7	M12x1.25	M6	17	PT1/4	6	7.5	8.5	54	38	16	13	3.5	35
50	175	69	106	40	42	27	31	32	23	8	M16x1.5	M8	15.5	PT1/4	7.5	6.5	9.5	64	46.5	20	17	3.5	40
63	190	69	121	45	42	27	33	32	23	8	M16x1.5	M8	16.5	PT3/8	7.5	7.5	11.5	75	56.5	20	17	4	45
80	214	86	128	45	53	33	33	40	26	10	M20x1.5	M10	16.5	PT3/8	8	8.5	12.5	93	72	25	22	4	45
100	229	91	138	55	55	36	37	40	26	10	M20x1.5	M10	19.5	PT1/2	10	7	12	110	89	25	22	4	55

Fuente: (E-MC)

- Fuerza de avance y retorno

- Calculo del área de avance del cilindro B utilizando la formula (6)

$$A_A = \frac{\pi * (63 \text{ mm})^2}{4}$$

$$A_A = 3,12 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

- Calculo de la fuerza de avance del cilindro B utilizando la formula (7)

$$F_A = 6 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * 3,12 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$F_A = 1870,344 \text{ N}$$

- Calculo del Área de Retroceso del cilindro B utilizando la formula (8)

$$A_R = \frac{\pi * [(63 \text{ mm})^2 - (16 \text{ mm})^2]}{4}$$

$$A_R = 2,92 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

- Calculo de la fuerza de retroceso del cilindro B utilizando la formula (9)

$$F_R = 6 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * 2,92 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$F_R = 1749,71 \text{ N}$$

- Calculo de la relación de compresión utilizando la formula (11)

$$R_C = \frac{(1,01325+6) \text{ bar}}{1,01325}$$

$$R_C = 6,92$$

- Calculo de consumo de Aire utilizando la formula (10)

$$V = (3117,24 \text{ mm}^2 + 2916,18 \text{ mm}^2) * \left(110 \text{ mm} * 0,92 \frac{\text{ciclos}}{\text{min}}\right) * (6,92)$$

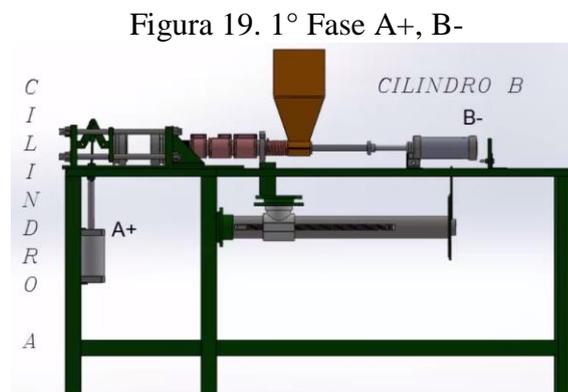
$$V = 4225228,16 \frac{\text{mm}^3}{\text{min}} = 4225,23 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

### 3.5 Diseño y simulación del sistema automático para la inyectora

Se realiza un diseño previo en un software y se procede a su simulación con el fin de reducir errores que pueden presentar y ser muy dificultosos de corregir si se encuentran implementados. Es el motivo por el cual se debe realizar dicha simulación. Se detalla la simulación que se realizó en la parte electro neumático y eléctrico.

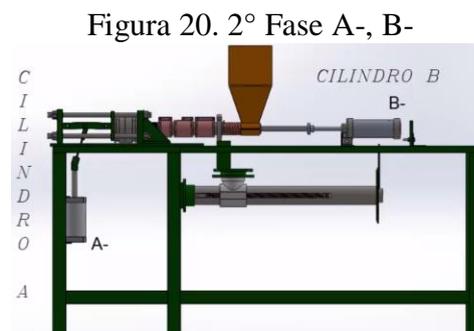
**3.5.1 Simulación de la parte neumática.** Para simular la parte neumática se procedió a realizar el diseño de la maquina inyectora en un software que nos permite simular el proceso productivo, se simulo el avance y retorno de los cilindros neumáticos los cuales son la base esencial del proceso y se detalla a continuación:

**3.5.1.1 1° fase o Inicio.** Donde el cilindro A se encuentra en avance o A+ y el cilindro B en retorno o B-.



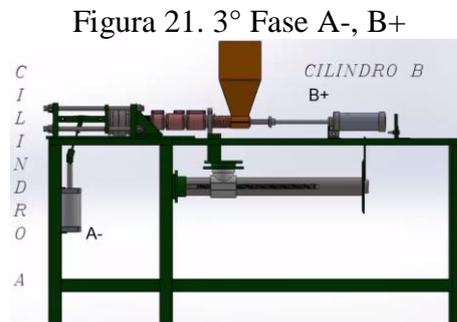
Fuente: Autores

**3.5.1.2 2° fase o cierre de molde.** Donde el Cilindro A pasa de estar de A+ a A- para cerrar el molde, y el cilindro B se mantiene en B-



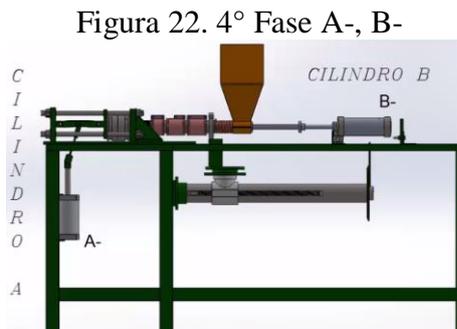
Fuente: Autores

**3.5.1.3** 3° fase o inyección de material. Donde cilindro A se encuentra en A- y cilindro B pasa de B- a B+ para empujar la materia prima hacia la unidad de inyección y posteriormente al molde. En esta fase se mantiene cerrado el molde y el cilindro B + con el propósito de mantener la presión y su rápida solidificación.



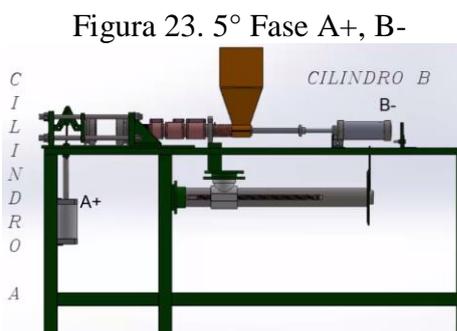
Fuente: Autores

**3.5.1.4** 4° fase. Donde cilindro A se encuentra en A- y el cilindro B esta en B+ pasa a B- y suspende el empuje de materia prima.



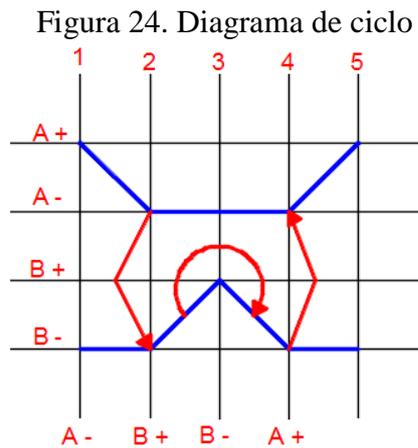
Fuente: Autores

**3.5.1.5** 5° fase. Donde cilindro A se encuentra en A- y pasa a A+ para liberar el producto terminado, el cilindro B esta en B-.



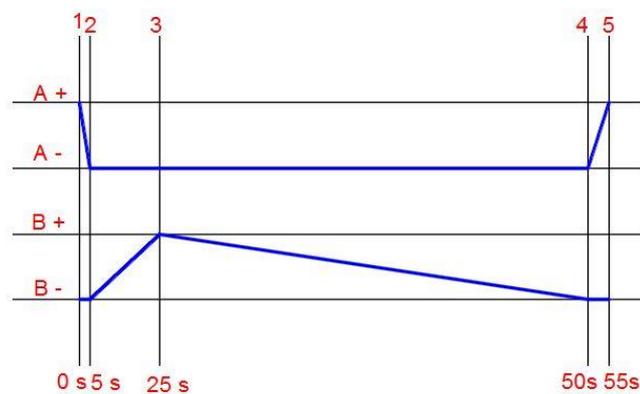
Fuente: Autores

Es la última fase y es donde se va a repetir el ciclo desde la primera fase.



Fuente: Autores

Figura 25. Diagrama de tiempo de los cilindros



Fuente: Autores

### 3.6 Conexión del panel operador e instalación del software

**3.6.1** *Panel operador.* El panel operador que se va a ocupar para el funcionamiento del sistema consta de una botonera la cual está compuesta de pulsadores e interruptores que son detallados a continuación.

Figura 26. Panel operador



Fuente: Autores

**3.6.1.1** *Componentes del panel operador.* El panel está compuesto con los siguientes elementos:

- 3 pulsadores normalmente abiertos
- 1 interruptor de dos posiciones
- 1 pulsador normalmente cerrado tipo hongo
- 2 botoneras eléctricas
- Cable flexible # 14

**3.6.1.2** *Descripción de los componentes del panel operador.* Se detalla su utilización y funcionalidad.

- Pulsador normalmente abierto (NO). Es un pulsador que se encuentra (NO) el cual tiene la función de al ser pulsado dar paso a un impulso eléctrico el cual se va a utilizar para dar inicio al proceso fases del mismo. En este caso opera a 24 V DC y es de color verde.

Figura 27. Pulsadores NO



Fuente: Autores

- Pulsador normalmente cerrado (NC). Es un pulsador que se encuentra normalmente cerrado es decir que permitirá el paso de la energía regularmente pero en el instante en que se pulse el contacto se abre y corta el paso de energía deteniendo el proceso inmediatamente, pero adicionalmente tiene la capacidad de quedarse enclavado cuando se haya realizado el pulso y no permitirá reanudar el proceso a menos que se lo desactive. En este caso opera a 24 V DC y es de color rojo en forma de hongo.

Figura 28. Pulsador NC



Fuente: Autores

- Interruptor de dos posiciones. Un interruptor es un dispositivo que permite desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica. En este caso se lo utiliza para cambiar la funcionalidad de la máquina de su modo automático a manual o viceversa.

Figura 29. Interruptor



Fuente: Autores

- Botonera eléctrica. Botonera o estación de control de plástico para unidades de control y señalización de 22 mm de diámetro. Estas estaciones de control son adecuadas para la mayoría de las funciones comunes: arranque, parada, arranque-parada, parada de emergencia.

Figura 30. Botonera



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

- Cable flexible. El cable o conductor es de característica flexible con revestimiento térmico con una numeración de 14 es decir su espesor o grosor.

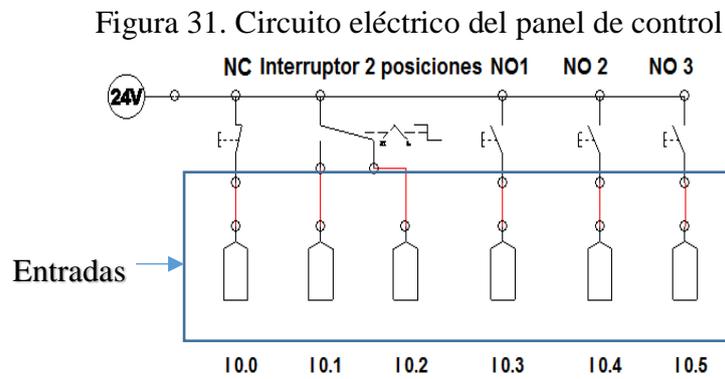
Tabla 6. Especificaciones del conductor

Calibre AWG ó MCM	Sección mm <sup>2</sup>	FORMACION No. de Hilos por diámetro en mm.	ESPESOR AISLAM. mm	ESPESOR CHAQUETA mm	DIAM. EXTERIOR mm	PESO TOTAL Kg/Km	Capacidad de corriente		TIPO CABLE	Altern. de embal.
							Para 1 cond. al aire libre Amp.	Para 3 cond. en conduit Amp.		
20	0.519	1 x 0.813	0.38	0.10	1.77	7.07	15	10	TFN	A,B
18	0.823	1 x 1,02	0.38	0.10	1.98	10.94	15	10	TFN	A,B
16	1.31	1 x 1,29	0.38	0.10	2.25	16.48	20	15	TFN	A,B
14	2.08	1 x 1,63	0.38	0.10	2.59	23.17	35	25	THHN	A,B
12	3.31	1 x 2,05	0.38	0.10	3.01	34.16	40	30	THHN	A,C

Fuente: <http://goo.gl/Y4uwWi>

**3.6.2** *Conexión del panel operador.* Se detalla cómo se procedió para su elaboración

**3.6.2.1** *Diseño del circuito del panel de control.* Es necesario realizar un diseño previo a su ensamble para preceder de una forma correcta y reducir futuros errores que se pueden presentar.



Fuente: Autores

Tabla 7. Simbología del circuito eléctrico del panel de control

Simbología	Definición
	Fuente de alimentación de 24 v dc
	Pulsador normalmente cerrado
	Interruptor 2 posiciones
	Pulsador normalmente abierto
	Envío en entrada
I 0.0	Envía señal para el paro del sistema
I 0.1	Envía señal para la selección del sistema (Manual)
I 0.2	Envía señal para la selección del sistema (Automático)
I 0.3	Envía señal para el inicio del sistema automático o avance y retorno del cilindro A en el sistema manual
I 0.4	Envía señal para el inicio para el avance y retorno del cilindro B en el sistema manual
I 0.5	Envía señal para el calentamiento de las resistencias en el sistema manual
NC	Pulsador normalmente cerrado donde al accionarse envía señal a I 0.0
Interruptor de 2 posiciones	Envía señal en una posición hacia I 0.1 y en la otra a I 0.2, su funcionamiento es la selección del tipo de sistema automático o manual.
NO 1	Pulsador normalmente abierto al accionarse envía señal hacia la entrada I 0.3
NO 2	Pulsador normalmente abierto al accionarse envía señal hacia la entrada I 0.4
NO 3	Pulsador normalmente abierto al accionarse envía señal hacia la entrada I 0.5

Fuente: Autores

### 3.7 Conexión del ordenador con el sistema y puesta a punto

**3.7.1 Comunicación del ordenador con el sistema.** La comunicación se la efectuara de manera inalámbrica con la ayuda de la red Wi-Fi que difunde el modem al cual están conectados el PLC.

**3.7.1.1 Materiales necesarios para la comunicación.** Empleamos algunos materiales para la ayuda de la comunicación entre el ordenador y el sistema.

- Modem wifi. Utilizamos un modem wifi para poder realizar una comunicación inalámbrica con el ordenador y el sistema. Esto beneficia en la facilidad de comunicación.

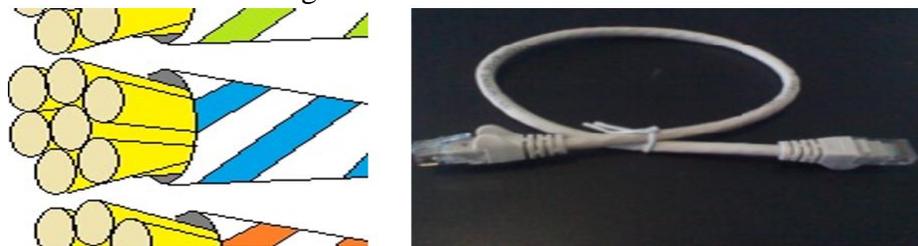
Figura 32. Modem



Fuente: Autores

- Cables de comunicación. Se utilizó un Cable de par trenzado para uso común (UTP Stranded o flexible) el cual contiene dentro de cada cable, varios hilos conductores, por lo que tiene mayor resistencia al movimiento y a los dobleces; ya que si se llega a romperse un hilo, los demás siguen conduciendo la señal. Se puede utilizar para cualquier aplicación y es el de mayor uso y consumo.

Figura 33. Cables de conexión



Fuente: [www.informaticamoderna.com/Cable\\_lan.htm](http://www.informaticamoderna.com/Cable_lan.htm)

- PLC S71200 AC/DC/RLY. Está integrada por entradas y salidas digitales y también analógicas, al igual que la fuente de alimentación. Un puerto de comunicación Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU). El controlador S71200 tiene la potencia y flexibilidad necesaria que se requiere para controlar gran variedad de dispositivos para diferentes necesidades de automatización, así como también es capaz de controlar una gran variedad de aplicaciones.

Figura 34. PLC S71200



Fuente: <https://cache.industry.siemens.com/>

- PC. El PC debe tener como requisito primordial la opción wifi y previamente instalado el software controlador del dispositivo en este caso TIA Portal.

Figura 35. Modelo de PC



Fuente: <https://goo.gl/2fyVYw>

**3.7.2** *Puesta a punto del módulo.* La supervisión total del sistema y la realización de todas aquellas tareas que son necesarias para dejar el módulo en condiciones perfectas e iniciar su correcto funcionamiento. Esta actividad se desarrolla cuando todas las fases del proyecto se han culminado de manera adecuada, incluso la de cargar la programación en el PLC para lograr una supervisión de cada uno de los elementos.

- Sin tensión: Análisis de la parte física.
- Con aire
- Con tensión: Análisis del sistema automático.

**3.7.2.1** *Análisis de la parte física.* Se procede a analizar la parte física.

Correcta conexión de todos los componentes del sistema.

Sujeción firme de todos los elementos del módulo como: PLC, relés.

Identificación de elementos y cables, mediante colores, señalizadores con letras o números.

**3.7.2.2** *Análisis de la parte neumática.*

Regular la unidad de mantenimiento a 3 bares, con lo cual se garantiza el correcto funcionamiento de los cilindros neumáticos.

Comprobar que los filtros estranguladores de las electroválvulas se encuentren regulados adecuadamente, es decir que garanticen una velocidad de avance y retorno correcta de los actuadores.

Pruebas manuales de las electroválvulas con lo cual verificamos que no exista ninguna fuga en las conexiones neumáticas.

**3.7.2.3** *Análisis del sistema automático.*

Con el PLC en modo Stop, alimentar el sistema sin las cargas.

Comprobar el correcto funcionamiento del circuito de mando inicio, parada de emergencia en las entradas y salidas del autómeta.

Con el PLC en modo RUN, verificar que las salidas del autómeta responden de acuerdo al programa, al actuar manualmente sobre las entradas. Esto es visualizando en los diodos LED indicativos la salida activada.

## **CAPÍTULO IV**

### **4. MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DEL MODULO INYECTOR AUTOMATICO**

#### **4.1 Montaje mecánico**

Luego de desarmar la máquina para realizar el diseño neumático, se realizó el ensamble de cada una de las partes que componen el sistema, se realizó las adecuaciones para adecuar los cilindros neumáticos y el panel de control.

El sistema mecánico está compuesto por la estructura mecánica, el sistema de moldeo, y el sistema de las bandas de calefacción.

#### **4.2 Montaje de las hormas y moldes**

El montaje de las hormas se realiza ensamblando correctamente cada placa de acero, de tal manera que los 4 orificios queden alineados perfectamente, las placas grandes quedan ancladas con tornillos allen a la placa base de la estructura metálica, la placa de menor tamaño es móvil y se queda en la parte central de las placas grandes.

Se realiza el ensamble de las bases para colocar los brazos que se unen con el cilindro en la parte del cierre y apertura del sistema de tal manera que el sistema mueva la placa intermedia de apertura y de cierre del sistema de moldeo.

El montaje del sistema tiene que ajustarse al tamaño del molde ya que al momento de cerrarse el sistema queda aprisionando al molde y al abrirse tiene que haber espacio suficiente para que la pieza moldeada sea liberada y descienda al contenedor

#### **4.3 Montaje de las bandas de calefacción**

La transmisión correcta de calor al sistema de calentamiento de la maquina se lo hace a través resistencias eléctricas tipo abrazaderas (omega) las cuales distribuyen uniformemente el calor a el cilindro hueco el cual contiene el plástico. Para lograr una uniformidad en el sistema de calentamiento las bandas deben colocarse exactamente

Las conexiones de las bandas de calefacción se las realiza en circuito en paralelo con cable solido N° 14 aislándolos del calor producido por las bandas y que no tomen contacto con la banda de tención para que no se produzca un corto circuito.

#### **4.4 Puesto a punto del circuito neumático**

Primeramente se comprobó la presión y de flujo de aire así como su filtrado, el cual nos permite garantizar la limpieza del aire suministrado a los cilindros neumáticos que controlan el sistema, para evitar averías, paradas innecesarias y gastos de reparación.

Se verifico el funcionamiento de los cilindros neumáticos la existencia de fugas en las mangueras y los acoples colocados para evitar pérdidas de presión de aire.

Se realizó el montaje siguiendo los parámetros que se realizaron en el diagrama mostrado

#### **4.5 Montaje del tablero de control**

Se detallará sobre los elementos utilizados para la construcción del tablero de control, al igual que la del montaje, aquí se identificará cada uno de los materiales con sus respectivas características, es necesario conocer todos los factores que intervienen en su construcción, puesto que permite comprender de mejor manera el funcionamiento los mismos.

Figura 36. Tablero de control



Fuente: Autores

**4.5.1** *Análisis de solución para la automatización de la maquina inyectora.* Para la decisión entre las diferentes alternativas encontradas para la automatización se encuentran por contactores, arduino y PLC.

Soluciones A,B y C respectivamente para esto se utilizará el método ordinal corregido de criterios ponderados, el cual permite obtener resultados globales y encontrar así la alternativa más apropiada.

Esta se basa en tablas donde cada solución o criterio se compara con las restantes soluciones o criterios los mismos que les asignaran los siguientes valores.

- Si la solución de la fila es mejor que de las columnas se asignara un valor de 1
- Si la solución de la fila es igual que de las columnas se asignara un valor 0.5
- Si la solución de la fila es peor que de las columnas se asignara un valor de 0

Luego de esto se sumaran los valores asignados en cada fila y para que ninguna solución quede con un valor nulo se sumará uno a los resultados.

**4.5.1.1 Criterios a Evaluar.** Se evaluara dentro de los criterios seleccionados para la determinación de la mejor alternativa y se ponderara la importancia de cada criterio con respecto a otro; en los criterios a evaluar que se encuentran listados a continuación, se considera primordial la rapidez de programación.

Los criterios a evaluar en las tablas de ponderación son:

- Rapidez de programación (A)
- Precio (B)
- Robustez e eficiencia (C)
- Entradas y salidas digitales (D)
- Comunicación e interfaces (E)
- Acceso a soporte técnico (F)

Tabla 8. Evaluación de los criterios de ponderación y el peso de cada uno de estos.

	A	B	C	D	E	F	E+1	PONDERACIÓN
A		1	0.5	1	1	0.5	5	0.24
B	0		0	0.5	1	0.5	3	0.142
C	0.5	1		1	0.5	0	4	0.19
D	0	0.5	0		1	0.5	3	0.142
E	0	0	0.5	0		0	1.5	0.071
F	0.5	0.5	1	0.50	1		4.5	0.214
							21	1

Fuente: Autores

**4.5.1.2** *Evaluación de las soluciones de automatización respecto a cada criterio.* En las siguientes tablas se observa el análisis con respecto a cada criterio de evaluación al utilizar las diferentes alternativas de automatización

**4.5.1.3** *Rapidez de programación.* Que solución programa de mejor manera.

PLC: Programación con diagrama escalera; Programación con bloques funcionales; programación con lógica booleana. Estructura compacta con todas sus funciones y estructuras incorporadas en el programa.

Arduino: programación lenguaje C++. Descarga de librerías de funciones

Contactores: Carece de lenguajes de programación

Tabla 9. Rapidez de programación

	SOLUCIÓN A	SOLUCIÓN B	SOLUCIÓN C	E+1	PONDERACIÓN
SOLUCIÓN A		0	0	1	0.167
SOLUCIÓN B	1		0	2	0.333
SOLUCIÓN C	1	1		3	0.5
				6	1

Fuente: Autores

**4.5.1.4** *Precio.* El que mejor costo permite la automatización.

PLC: elevado pero se justifica por la posibilidad de mejoramiento continuo a largo plazo y la posibilidad de implantar un sistema SCADA.

Arduino: 100

Contactores: 200

Tabla 10. Precio

	SOLUCIÓN A	SOLUCIÓN B	SOLUCIÓN C	E+1	PONDERACIÓN
SOLUCIÓN A		1	1	3	0.5
SOLUCIÓN B	0		1	2	0.333
SOLUCIÓN C	0	0		1	0.167
				6	1

Fuente: Autores

**4.5.1.5 Robustez y eficiencia.** El método de menor tamaño y mejor duración.

PLC: fue hecho para trabajar en lugares hostiles.

Arduino: No puede aplicarse a causa de su vulnerabilidad a lugares húmedos con polvo y ruido.

Contactores: se acopla a ambientes hostiles.

Tabla 11. Robustez y eficacia

	SOLUCIÓN A	SOLUCIÓN B	SOLUCIÓN C	E+1	PONDERACIÓN
SOLUCIÓN A		1	0	2	0.333
SOLUCIÓN B	0		0	1	0.167
SOLUCIÓN C	1	1		3	0.5
				6	1

Fuente: Autores

**4.5.1.6 Entradas y salidas digitales/analógicas.** Depende de la programación.

PLC: capacidad de leer entradas que vienen directamente de los sensores y que por el general su voltaje corresponde a 24Vcd. Con relación a sus salidas puede activar algunos actuadores como electroválvulas y otros dispositivos terminales

Arduino: muchas de las entradas y salidas deben estar sujetas a un circuito que regule los voltajes y mili amperajes de modo que la tarjeta y los dispositivos de entrada no sufran daños o averías. Se puede conectar al ordenador con USB o alimentarlo con un transformador o batería de 12 vcd.

Contactores: Son arrancadores directos que tienen bajo capacidad de control.

Tabla 12. Entradas y salidas digitales

	SOLUCIÓN A	SOLUCIÓN B	SOLUCIÓN C	E+1	PONDERACIÓN
SOLUCIÓN A		0	0	1	0.167
SOLUCIÓN B	1		0	2	0.333
SOLUCIÓN C	1	1		3	0.5
				6	1

Fuente: Autores

**4.5.1.7** *Comunicación e interfaces.* La programación depende del sistema.

PLC: hoy en día los PLC vienen con una gama de comunicaciones, con el objetivo de realizar un trabajo más óptimo y productivo, como son:

Ethernet, serial, bluetooth, también otro tipo de redes industriales como Can open, Radios, Asibus, Profibus.

Arduino: Ethernet, USB, aparte módulos de comunicación wifi.

Contactores: Carece de comunicación e interfaces.

Tabla 13. Comunicación e interfaces

	SOLUCIÓN A	SOLUCIÓN B	SOLUCIÓN C	E+1	PONDERACIÓN
SOLUCIÓN A		0	0	1	0.167
SOLUCIÓN B	1		0.5	2.5	0.416
SOLUCIÓN C	1	0.5		2.5	0.416
				6	1

Fuente: Autores

**4.5.1.8** *Acceso a soporte técnico.* En este caso el soporte técnico será brindado por los autores del proyecto como un mutuo acuerdo que permita seguir la línea de desarrollo e implementación de nuevos mecanismos y sistemas para la máquina inyectora a largo plazo.

Tabla 14. Acceso a soporte técnico

	SOLUCIÓN A	SOLUCIÓN B	SOLUCIÓN C	E+1	PONDERACIÓN
SOLUCIÓN A		0	0	1	0.167
SOLUCIÓN B	1		0	2	0.333
SOLUCIÓN C	1	1		3	0.5
				6	1

Fuente: Autores

Para obtener la tabla de conclusiones se multiplica la ponderación adquirida por cada criterio con la ponderación de cada solución, después se suma los resultados y se escoge la alternativa con la puntuación más alta., se considera primordial la rapidez de programación.

Tabla 15.Resultados

	A	B	C	D	E	F	SUMA
SOLUCIÓN A	0.04	0.07	0.06	0.02	0.01	0.04	0.1328
SOLUCIÓN B	0.08	0.05	0.03	0.05	0.03	0.07	0.31
SOLUCIÓN C	0.12	0.02	0.09	0.07	0.03	0.1	0.43

Fuente: Autores

#### 4.5.2 Selección de componentes.

4.5.2.1 Selección del controlador lógico programable. En función del sistema de producción que se está diseñando se necesita las características del PLC

- PLC de tipo compacto.
- Tensión de alimentación de 110VAC.
- Fuente de alimentación interna de 24VDC.
- 7 entradas y 6 salidas digitales mínimo.

El PLC que cumple con estas características es el PLC siemens S7-1200 1212 AC/DC/RL

Tabla 16. PLC siemens S7-1200 1212 AC/DC/RLY seleccionado

Imagen	Características
	<p>                     Marca: SIEMENS                      Familia: SIMATIC 1200                      Entradas y salidas digitales: 8E/6S                      Entradas y salidas analógicas: 2E                      Puerto de comunicación:1                      Memoria interna: 50KB                 </p>

Fuente: <https://c4b.gss.siemens.com/resources/images/articles/dffa-b10053-00-7800.pdf>

4.5.2.2 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 el avance o retorno del vástago. Para controlar los cilindros de doble efecto son necesarias electroválvulas 5/2 (5 vías/2 posiciones) biestables. Además las placas arduino contienen un multifusible reinicial que protege la conexión USB del ordenador de cortocircuitos y sobretensiones, después se suma los resultados y se escoge la alternativa con la puntuación más alta.

Tabla 17. Electroválvula monoestable seleccionada

Imagen	Características
	Marca: 551 OTV25-08 Numero de vías y posiciones = 5/2 Entradas y salidas de aire = 1/4in Máxima resistencia a la presión= 1,2MPa Voltaje = 110V Amperaje = 3ª

Fuente: E.MC Pneumatic 2014

**4.5.2.3 Selección de la unidad de mantenimiento (FRL).** La unidad de mantenimiento está compuesto principalmente por un filtro, que no permiten que pase las impurezas de 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 18. FRL seleccionado

Imagen	Características
	Marca: GROZ Componentes: Filtro, Regulador y Lubricador Puerto: 1/4in NTP (tipo rosca) Manómetro: 0-14bar (1-140PSI) Purga del condensado: Manual Caudal: 550 L/min Rango de regulación de presión: 0-1MPa

Fuente: E.MC Pneumatic 2014

**4.5.3 Identificación de componentes.** Se detallara los componentes que van a conformar el tablero de control para el funcionamiento de la máquina. Está compuesto por una parte eléctrica y otra neumática.

**4.5.3.1 Componentes eléctricos.** Se va a describir los diferentes componentes eléctricos que constituyen el tablero de control.

Tabla 19. Componentes de control automático

Ítems	Descripción	Ítems	Descripción
1	PLC S71200	5	Relé con control de temperatura
2	Contactador	6	Cable flexible
3	Relé	7	Borneras
4	Elementos de protección	8	Luces piloto

Fuente: Autores

- PLC S7 1200

El módulo de inyección de plástico está integrada por entradas y salidas digitales y también analógicas, al igual que la fuente de alimentación. El PLC tiene la capacidad de controlar el funcionamiento del sistema del módulo.

La lógica de control recoge la información previamente programada en el software, que permite automatizar el funcionamiento del sistema del módulo, por medio del relé.

Este PLC se caracteriza por su funcionamiento básico, al ser de un ciclo continuo cerrado, recibe señales, lee estados, y procesa señales de salida.

El controlador S71200 tiene la potencia y flexibilidad necesaria que se requiere para controlar gran variedad de dispositivos.

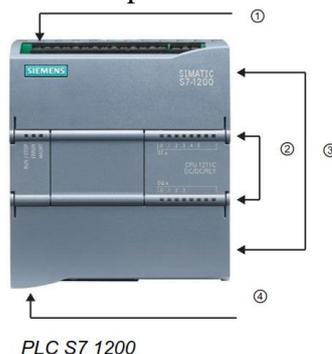
Las Características Técnicas más relevantes son

Tabla 20. Características del PLC S71200

Fabricante	Siemens
Módulo Central	CPU1212C AC/DC relé
Programa Correspondiente	Step7 Basic V 13
Tensión Nominal de Alimentación	120-230V AC
Tensión Nominal de Carga	24V DC
Max Intensidad al Conectar	20 A
Número de Entradas Digitales	8
Número de Entradas Analógicas	2
Número de Salidas Digitales	6

Fuente: Autores

Figura 37. Componentes del S71200



PLC S7 1200

Fuente: <http://goo.gl/bBA0QZ>

Tabla 21. Componentes PLC S71200

Ítems	Descripción
1	Conector de Alimentación
2	Conectores Extraíbles para cableado de usuario (detrás de las tapas)
3	LEDS de estado para las entradas y salidas INTEGRADAS
4	Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU)

Fuente: <http://www.catedu.es>

- Contactor

El contactor de la CA de la serie del LS es conveniente para usar en los circuitos el voltaje clasificado hasta 690V la CA 50HZ o 60 hertzios, corriente clasificada hasta 95A, para hacer y romper, con frecuencia encender.

Combinado con el bloque auxiliar del contacto, el temporizador retrasa y el dispositivo que se enclavija, de la máquina llega a ser retrasa el contactor, el cual que se enclavija mecánico, arrancador del estrella-delta.

Figura 38. Contactor



Fuente: Autores

Diferentes características del contactor. Con el relay termal, se combina en el arrancador electromagnético. El contactor se produce según IEC 60947-4, GB 14048-4. (GEYA)

Tabla 22. Características del contactor

Type	AC 1 duty	AC 1 duty				Life time (x 104)		Aux. Contact
		200~240V	380~440V	500~550V	690V	Electrical	Mechanical	
GMC-9	20A	2.5kW 11A	5kW 9A	4kW 7A	4kW 5A	250	2500	1NO1NC
GMC-12	20A	3.5kW 13A	5.5kW 12A	7.5kW 12A	7.5kW 9A	250	2500	
GMC-18	25A	4.5kW 18A	7.5kW 18A	7.5kW 13A	7.5kW 9A	250	2500	
<b>GMC-22</b>	<b>32A</b>	<b>5.5kW 22A</b>	<b>11kW 22A</b>	<b>15kW 22A</b>	<b>15kW 18A</b>	<b>250</b>	<b>2500</b>	

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

- Relé.

LY2 24VDC fabricado por OMRON INDUSTRIAL AUTOMATION, cuya función de adicionar un contacto NC al sistema y tiene las siguientes especificaciones.

Resistencia de bobina: 650  $\Omega$

Tipo de bobina: Sin pestillos

Voltaje de la bobina: 24 VDC

Contactar actual: 15 A

Material de los contactos: aleación de plata

Contacto Voltaje VAC: 120 V

Contacto Tensión VDC: 28 V

Tipo de relé: Potencia - Uso general

Figura 39. Relé



Fuente: <http://uk.farnell.com>

- Elementos de protección.

Fueron usados Porta fusibles “P42 base fusible” fabricados por Camsco para colocar los fusibles de 2 A que se usan en el módulo. Estos portafusibles cuentan con las siguientes características:

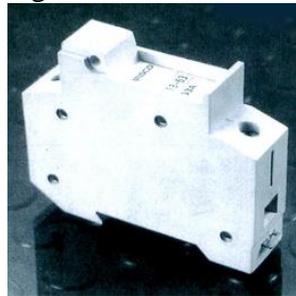
Tensión nominal: 500 V

Corriente nominal: 63 A

Conectada con fusible RT 14-32 ( $\theta$  14.3  $\times$  51)

Métodos de montaje: Según norma DIN para rieles (35mm)

Figura 40. Porta fusible



Fuente: <http://www.camsco.com.tw>

- Relé con controlador de temperatura.

Este relé tiene una característica especial la cual es de controlar la temperatura en este caso de las resistencias empleadas para la fundición de la materia prima. Cumple la misma función de los relés convencionales pero auto controlado analógicamente.

Figura 41. Relé con control de temperatura



Fuente: Autores

Se especifica sus diferentes características en la siguiente tabla.

Tabla 23. Especificaciones del relé con control de temperatura.

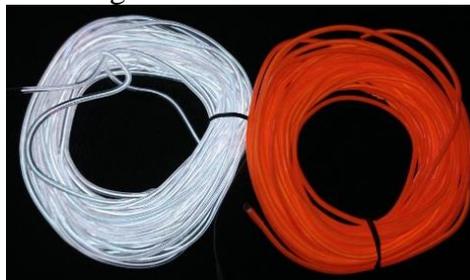
Nombre del producto	Controlador de temperatura
Modelo	E5C2-A4RPK
Rango	0-400 ° C
Tipo de salida	Relé
Sensor	K (CA)
Voltios	AC 100-240 V
Póngase en contacto con	5A 250 V AC (carga resistiva)
Pin	8
Agujero de montaje Tamaño	45x45mm/1.8 "x 1.8" (L * W)
Tamaño del panel	48x48mm/1.9" X1.9" (L * w)
Socket Tamaño total	55x41x21mm/2.2 "x 1.6" x 0.8 "(L * W * T)
Tamaño total	107x48x48mm/4.2" X1.9" X1.9" (L * W * t)
Peso	175g
Color principal	Como muestra la imagen
Material	Plástico, componentes electrónicos
Contenido del paquete	1 x controlador de temperatura 1 x Socket

Fuente: <http://goo.gl/8kZWj0>

- **Cable de conexión.**

Es cable que se va a emplear es el mismo que se empleó en el panel de control ya que sus características son muy favorables para el sistema. Lo único que va a diferir es en color de su aislante ya que se debe diferenciar entre positivo o fase y negativo

Figura 42. Cable flexible



Fuente: Autores

- **Borneras.**

Una bornera (también conocido como clema) es un tipo de conector eléctrico en el que un cable se aprisiona contra una pieza metálica mediante el uso de un tornillo.

En este caso se las ocupa para realizar las conexiones del tablero de control con el panel de control.

Figura 43. Borneras



Fuente: <https://goo.gl/8GX7Uf>

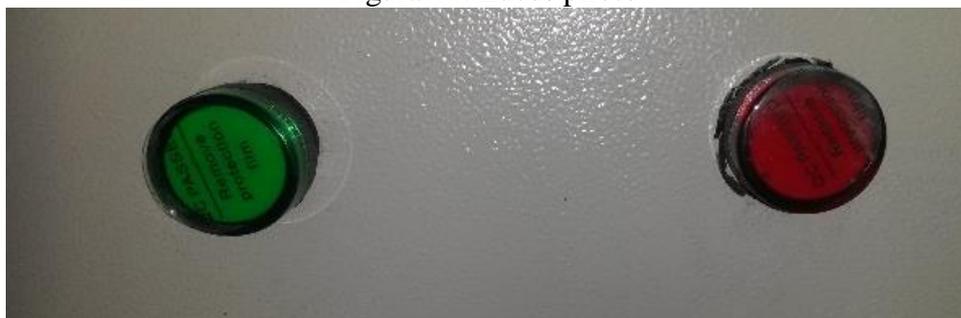
- **Luces piloto.**

Son señales de salida que tienen como objetivo indicar el funcionamiento de los diferentes fases del proceso. El módulo cuenta con 2 luces piloto las cuales se encuentran montadas sobre el tablero de control.

Luz piloto verde: Su alimentación es de 110 VAC, esta luce tienen la finalidad de indicar el inicio del proceso.

Luz piloto roja: Es 1 y opera a 110 VAC, esta luz indica el que el proceso se encuentra detenido.

Figura 44. Luces piloto



Fuente: Autores

**4.5.3.2 Componentes neumáticos.** Se detallara los componentes empleados en el sistema.

Tabla 24. Componentes de control automático

Ítems	Descripción
1	Cilindros de doble efecto
2	Electroválvulas biestable
3	Racores y conductos

Fuente: Autores

- **Cilindros neumáticos.**

El módulo dispone de 2 cilindros neumáticos de doble efecto los cuales están montados sobre la estructura. Los cilindros tiene por función empujar la materia prima fundida y el otro se ocupa de presionar al molde

Características de los cilindros.

Diámetro exterior 70 mm

Diámetro del vástago 20 mm

Carrera 180 mm

Cilindro de doble efecto

Figura 45. Cilindro neumático



Fuente: Autores

- **Racores y mangueras.**

Los racores tienen la función de evitar fugas de aire, estos se encuentran ubicados en los diferentes elementos neumáticos, el módulo cuenta con 12 racores.

El módulo dispone de 2 cilindros neumáticos de doble efecto los cuales están montados sobre la estructura.

La manguera es la encargada de conducir el aire a presión desde la salida de la unidad de mantenimiento hacia los diferentes elementos del proceso como electroválvulas y cilindros neumáticos. En el módulo se están utilizando 2 m de manguera distribuidos en los diferentes elementos y tiene un diámetro de 6 mm.

Figura 46. Racores y mangueras

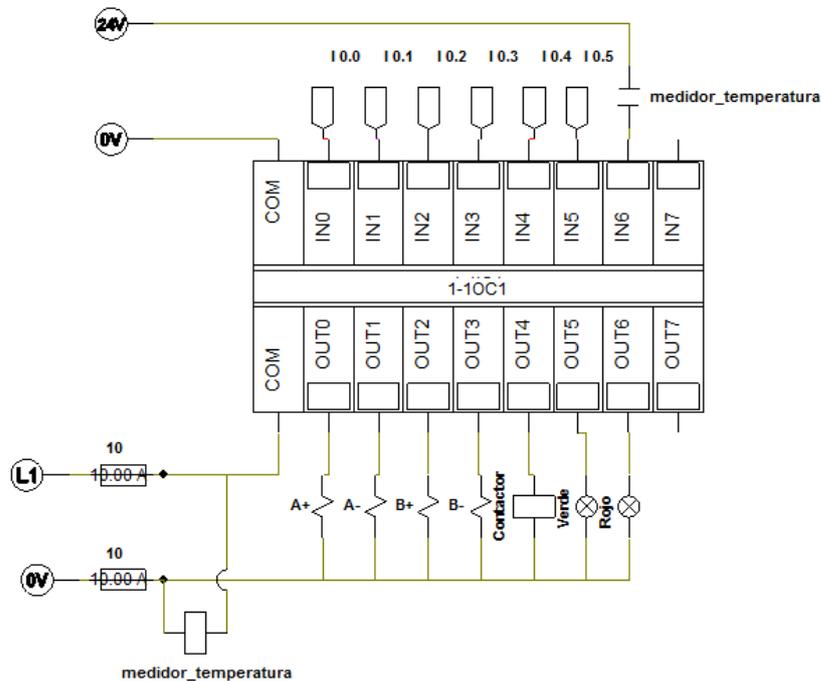


Fuente: Autores

**4.5.4 Conexión de componentes.** Se va a proceder con la conexión de los componentes ya identificados para el armado del tablero de control. Previo a su conexión de debe realizar un circuito eléctrico y neumático guía.

**4.5.4.1 Diseño del circuito eléctrico guía.** Antes de realizar la conexión física de los elementos se procede a diseñar un circuito guía para eliminar fallas.

Figura 47. Diagrama eléctrico



Fuente: Autores

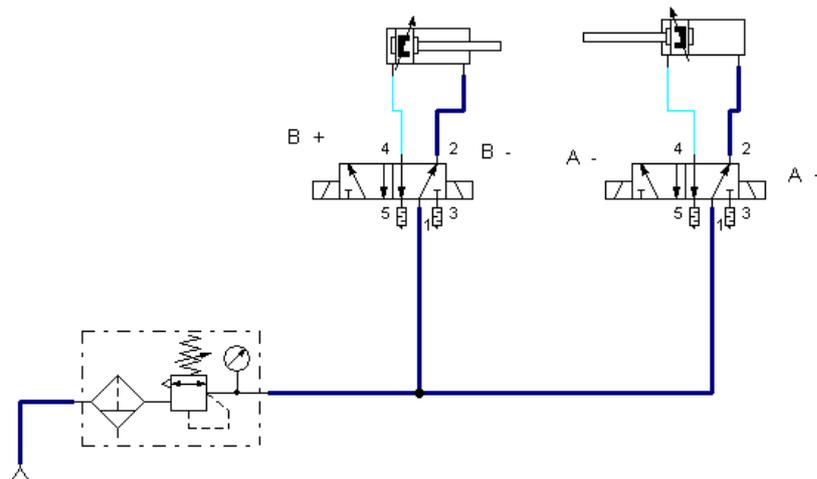
Tabla 25. Simbología diagrama eléctrico.

Simbología	Definición
	Común 0 v
	Fuente de alimentación de 110 v ac
	Envío en entrada
	Contacto normalmente abierto
	Solenoides
	Bobina
	Indicador luminoso
	Fusible de protección del sistema
Medidor de temperatura	Es un contacto NO del relé medidor de temperatura, al momento de llegar a la temperatura seleccionada se cierra y envía señal a I 0.6 el cual es una condición de funcionamiento porque debe estar caliente para iniciar el sistema.
A+	Activación del cilindro A en avance
A-	Activación del cilindro A en retorno
B+	Activación del cilindro B en avance
B-	Activación del cilindro A en retorno
Contactador	Activación de las resistencias para el calentamiento del sistema
Medidor de temperatura	Relé medidor de temperatura es aquel que va a controlar la temperatura necesaria del sistema

Fuente: Autores

4.5.4.2 *Diseño del circuito neumático guía.* Antes de realizar la conexión física de los elementos se procede a diseñar un circuito guía para mitigar fallas.

Figura 48. Diagrama electro neumático



Fuente: Autores

## 4.6 Programación

### 4.6.1 Pasos para elaborar el proyecto, del módulo inyector de plástico:

- Ejecutar el software TIA Portal V13.
- Seleccionar “Crear Proyecto” dentro de la pantalla de inicio, llenar la información y dar clic en crear.
- Aparecerá la vista portal, seleccionar la pestaña “Primeros Pasos” y a continuación “Configurar un Dispositivo”.
- Dar clic en “Agregar Dispositivo”, controladores a continuación SIMATIC S7-1200 y seleccionamos el CPU “1212C AC/DC/RLY”, clic en la serie que corresponda a nuestro PLC y agregar.
- Desplegamos la pestaña “Bloques de Programa” y damos clic en Main [OB1].

**4.6.2 Asignación de E/S y memorias para el PLC.** Son las variables utilizadas en la programación del módulo didáctico, así como entradas, salidas y memorias internas; todas estas en datos booleanos es decir en bytes.

Tabla 26. E/S y memorias del PLC

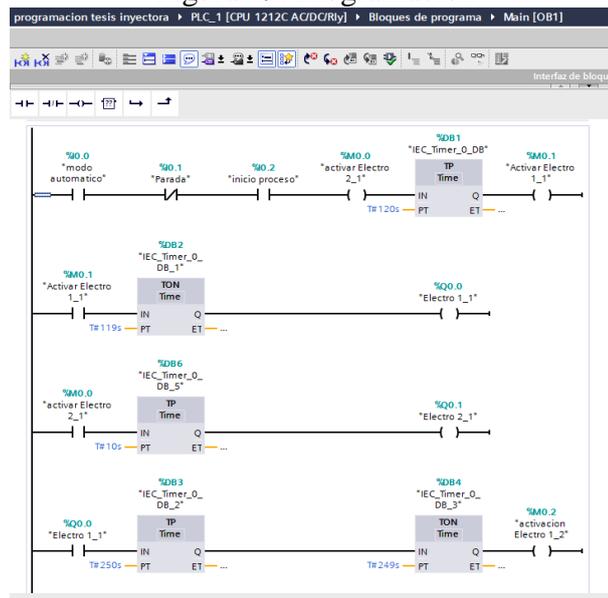
Variable del PLC	Tipo de datos	Dirección
modo automático	Bool	%I0.0
Parada	Bool	%I0.1
inicio proceso	Bool	%I0.2
Electro A+	Bool	%Q0.0
Electro B-	Bool	%Q0.1
activar Electro B+	Bool	%M0.0
Activar Electro A+	Bool	%M0.1
activacion Electro B-	Bool	%M0.2
Electro A-	Bool	%Q0.2
Electro B-	Bool	%Q0.3
Rele temperatura	Bool	%I0.3
Contactador	Bool	%Q0.4

Fuente: Autores

**4.6.3 Programación.** Se va a establecer dos programaciones para separar la forma de producción en automática y otra en manual. se plantea de la siguiente forma. Los cilindros tiene por función empujar la materia prima fundida y el otro se ocupa de presionar al molde

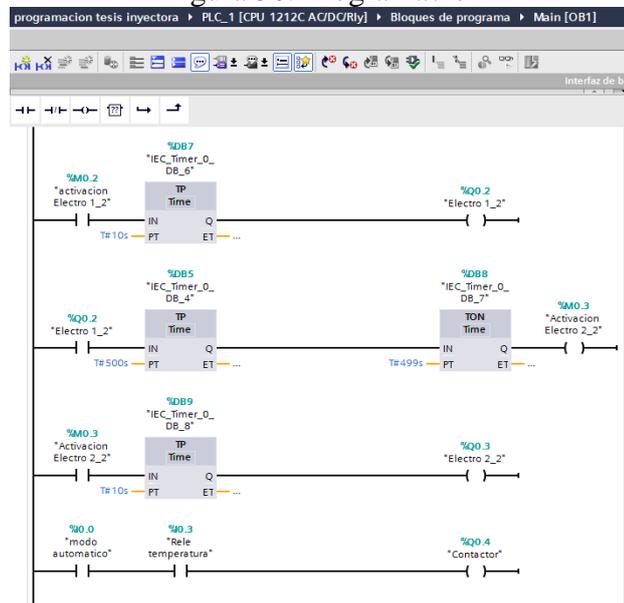
**4.6.3.1 Programación automática.** La programación realizada en el TIA PORTAL para que la máquina funcione sin intervención del operario.

Figura 49. Programación



Fuente: Autores

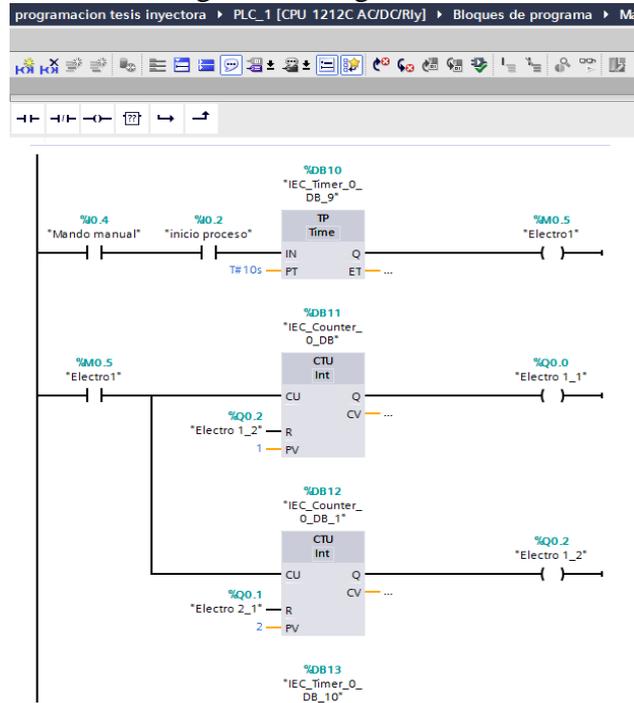
Figura 50. Programación



Fuente: Autores

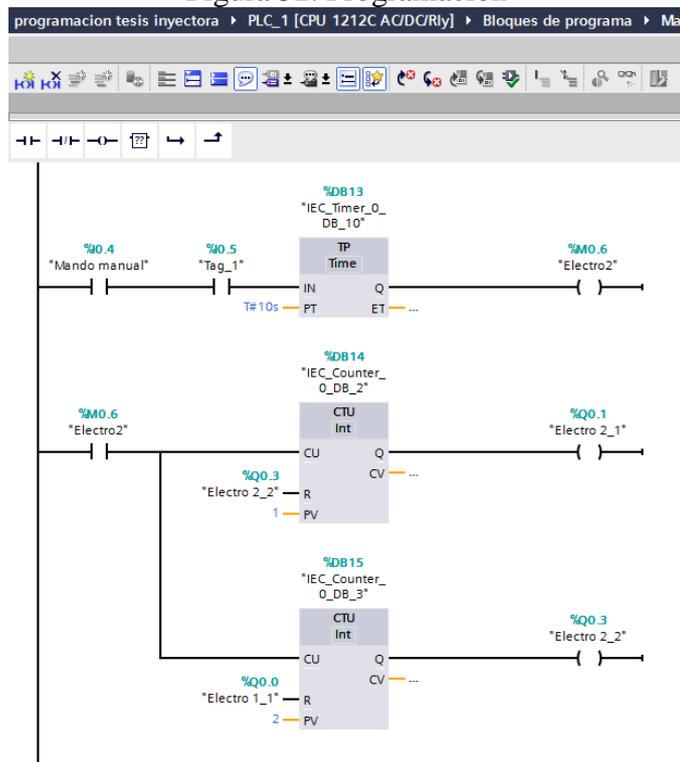
4.6.3.2 *Programación manual.* La programación realizada en el TIA PORTAL para que la máquina funcione con intervención del operario.

Figura 51. Programación



Fuente: Autores

Figura 52. Programación



Fuente: Autores

#### **4.7**      *Operación y puesta en marcha de la estación.*

Una vez listo el sistema se procede a realizar varias operaciones para garantizar su funcionamiento e ir reduciendo pequeños errores q se pueden ir presentando. Se alista para pruebas futuras.

En caso que un dispositivo impida el funcionamiento del sistema cambiarlo lo más pronto posible.

**4.7.1**    *Parte eléctrica.* Se procede a realizar varias operaciones para que se encuentre listo en futuras pruebas.

- Revisar conexiones que se encuentran al PLC como son: fuente de alimentación, entradas, salida.
- Verificar conexiones en borneras y proceder con un reajuste de las mismas.
- Inspeccionar conexiones en dispositivos electrónicos como pueden ser: contactor, relé con control de temperatura, pulsadores y luces piloto, con la ayuda de un multímetro.
- Revisar la correcta conexión en la clavija.
- Revisar funcionamiento de fusibles.

**4.7.2**    *Parte neumática.* Se procede a realizar varias operaciones para que se encuentre listo en futuras pruebas.

- Verificar instalaciones de racores que cuenten con su material que impida fugas como por ejemplo teflón.
- Inspeccionar funcionamiento de electroválvulas 5/2 biestables.
- Revisar las diferentes partes del FRL como son: nanómetro, método de regulación, sistema lubricador.

#### 4.8 *Pruebas, mediciones y monitoreo.*

**4.8.1 *Pruebas.*** Se procede a realizar varias pruebas al funcionamiento de modulo e ir ajustando algunos parámetros. En caso de algún dispositivo funcione erróneamente corregir si es posible caso contrario proceder a mantenimiento o cambio.

- Se procede a introducir materia prima para revisar la temperatura adecuada para su fundición en el módulo y regularla en el relé con control de temperatura.
- A continuación del sistema se realiza una prueba de los cilindros neumáticos para regular el avance y presión necesaria para su correcto funcionamiento.
- Aplicar el apriete al molde con la ayuda de un cilindro neumático y verificar fugas.
- Observar producto terminado e identificar la existencia de porosidad caso contrario modificar presión y avance del primer cilindro.

**4.8.2 *Mediciones y monitoreo.*** Las mediciones principales que se efectuaron en el módulo inyector de plástico son:

- Comprobar que no existan aristas cortantes en el módulo y los diferentes elementos, para garantizar un correcto funcionamiento del sistema y salvaguardar la integridad física de todas las personas que operen el módulo didáctico.
- Realizamos la medición de amperaje y tensión, los cuales deben corresponder a las especificaciones de los diferentes equipos.
- Medimos que no exista continuidad entre los equipos del módulo y la estructura metálica.
- Monitoreamos de forma continua que exista un excelente contacto entre los elementos.
- Toma de tiempos del proceso, si existiese tiempos muertos reducirlos en programación

## 4.9 Presupuesto para la implementación del sistema automático.

El objetivo de nuestro proyecto es utilizar nuevos métodos de construcción y proporcionar al módulo de inyección varios equipos donde los operarios puedan familiarizarse con nuevas tecnologías por consiguiente se detallan los costos directos e indirectos de nuestro proyecto.

En las siguientes tablas se especifican todos los costos generados en el proyecto.

### 4.9.1 Costos directos

Tabla 27. Costos directos.

Cant	Detalle	Descripción	Valor unitario USD	Valor Total USD
1	PLC 1200	CPU1212C AC/DC relé	580	580
2	Electroválvulas	Biestable V AC 110 5/2	60	120
2	Cilindros	Cilindros de doble efecto	65	130
1	Filtro regulador	Filtro con manómetro incorporado	95	95
10	Racores	Racor recto # 6	0,45	4,5
2m	Manguera	Manguera de presión #6	0,65	1,3
1	Caja de control	Caja de control	40	40
10	Borneras	Bornera ploma	0,45	4,5
2	Porta fusibles dobles	Porta los elementos de protección	6,25	12,5
4	Fusibles	Elemento de protección	0,75	3
1	Riel	Sostiene los elementos en la caja de control	1,3	1
1	Contactador	GMC-22 32 <sup>a</sup>	18	18
1	Rele	LY2	5,75	5,75
1	Rele con control de temperatura	Rele 0-400  C	35	35
2	Indicadores luminosos	Luces piloto 110 v ac	1,35	2,7
20m	Cable	Cable # 14	0,4	8
1 lt	Pintura	Pintura verde	3	3
3	Pulsadores NO	Pulsadores normalmente abierto	1,5	4,5
1	Pulsador NC	Pulsador normalmente cerrado	1,5	1,5
1	Interruptor doble	Interruptor de dos posiciones	2,35	2,35
4	Pernos	¼ x 1 “	0,05	0,2
4	Pernos	5/32 x ¼	0,05	0,2
TOTAL				1073

Fuente: Autores

#### 4.9.2 *Costos indirectos*

Tabla 28. Costos Indirectos.

<b>Detalle</b>	<b>Valor USD</b>
Asesoría técnica	220
Transporte	140
Documentación e investigación	120
Impresiones	35
CD's	5
Alimentacion	110
<b>TOTAL</b>	<b>630</b>

Fuente: Autores

#### 4.9.3 *Costo total*

Tabla 29. Costos totales

<b>Detalle</b>	<b>Valor USD</b>
Costos Directos	1073
Costos Indirectos	630
<b>TOTAL</b>	<b>1703</b>

Fuente: Autores

El total del costo del proyecto es de 1703, se hizo esta inversión para que los trabajadores puedan realizar su trabajo fácilmente y estén constantemente en preparación en el uso de nuevas tecnologías.

## CAPÍTULO V

### 5. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

#### 5.1 Manual de Operación

La máquina inyectora cuenta con un manual de operaciones en el cual se especifican las acciones que se deben realizar para tener un óptimo funcionamiento de la misma sin poner en riesgo al operario ni al estado físico de la máquina inyectora.

#### 5.2 Mantenimiento del equipo

Para prolongar la vida de funcionamiento de la maquina es necesario crear un plan de mantenimiento preventivo y en caso de averías un plan de mantenimiento correctivo que funcione dentro de la empresa.

##### 5.2.1 *Plan de mantenimiento preventivo*

##### 5.2.1.1 *Mantenimiento preventivo en la unidad mecánica de la máquina.*

- Inspección general de la maquina.- Verificar el estado superficial de la máquina, que todos los tornillos estén bien fijados detectar ruidos extraños.
- Limpieza.- limpiar todos los perfiles de los que está compuesta la maquina la tubería y componentes eléctricos.
- Engrasar y lubricar: engrasar el engranaje diariamente con grasa Molykote BH12 de alto rendimiento y lubricar los ejes con aceite SAE W40 de baja densidad para evitar oxidación y años prematuros.

##### 5.2.1.2 *Mantenimiento preventivo de la unidad neumática de la máquina.*

- Inspección general del sistema neumático.- Verificar que no existan impurezas en la unidad de mantenimiento del sistema neumático

- Revisar que no existan roturas en las tuberías y fugas en los acoples con los cilindros, comprobar que los cilindros tengan una carrera correctamente calibrada.
- Ubicar los moldes. Verificar que los moldes estén correctamente alineados y no exista espacio de fugas de plástico.
- Inspeccionar que los vástagos no se encuentren desalineados y observar la presión en los manómetros, y ajustarlas si es necesario.

**5.2.1.3** *Mantenimiento preventivo de la unidad eléctrica.* Al ser la unidad eléctrica la parte más vulnerable de la maquina se recomienda realizar inspecciones regulares antes y después de la jornada de trabajo.

- Revisión del tablero de control.- Comprobar el funcionamiento eléctrico del sistema de la maquina revisar que todas las conexiones estén bien ajustadas.
- Interruptores.- comprobar el estado de los interruptores de cierre apertura, parada de emergencia.
- Relés y sistemas de protección.- comprobar el estado de los relés semanalmente ya que son los que protegen a el PLC

Al finalizar la jornada se recomienda desconectar la fuente de alimentación principal de la máquina, cerrar la puerta principal de la caja de conexiones, comprobar las lámparas de señalización, limpiar el polvo que pueda existir en las conexiones.

## **5.2.2** *Mantenimiento Correctivo*

### **5.1.2.1** *Revisión sistema automático.*

- Si el sistema no se comunica con el PLC

Desconectar la fuente de alimentación.

Comprobar que exista comunicación entre el PLC y el computador

En caso de no haber comunicación cambiar el cable.

- Cambio de elementos electrónicos

Cambiar lámparas de señalización.

Cambiar selectores y pulsadores.

Cambiar relés y elementos de protección.

Cambiar cables en caso de roturas.

- Reparación del PLC

La preparación lo debe realizar personal calificado para ello se debe realizar los siguientes pasos:

Desmontar el PLC del riel donde está ubicado.

Llevarlo al taller autorizado por la marca siemens.

Retirar la carcasa del PLC.

Limpiar las sócalos de borneras tanto de los dispositivos de entrada como las de salida del PLC con ayuda de una brocha fina # 2 y un espray limpia contactos.

Revisión minuciosa de las pistas electrónicas para la localización de soldas frías y elementos dañados o quemados.

Cambio del elemento dañado.

Armar el PLC y montarlo en el tablero de control.

Realizar pruebas antes de dar marcha al sistema automatizado.

### **5.3 Detección de averías**

Para detectar averías en el funcionamiento de la maquina en el sistema eléctrico verificaremos con un voltímetro que las conexiones estén funcionando correctamente. Si el sistema neumático no sierra correctamente es posible que exista suciedad en los

cilindros o, los vástagos se encuentren desalineados. En el sistema mecánico si existen ruidos fuertes al momento de cierre del molde se debe verificar que el sistema de moldeo se encuentre alineado. Si el plástico no es inyectado se debe verificar las resistencias para que estas calienten correctamente el cilindro que contiene los pellets.

Tabla 30. Check list

Check list para el mantenimiento de la maquina inyectora						
Listado	Revisión			Estado		Nota
	Trimestral	Semestral	Anual	Presto	Mantenimiento	
Electroválvulas						
Mangueras						
Racores						
Cilindros						
PLC						
Relay						
FRL						
Relé de control de temperatura						
Resistencias						
Tolva						
Cañón de inyección						
Molde						
Cremallera						

Fuente: Autores

## 5.4 Seguridad

La empresa realizara controles de seguridad tanto en la fuente como en el operario ya que en el medio de transmisión no es posible realizarlo.

Los planes de mantenimiento serán realizados en base a la normativa legal vigente (decreto 2393)

**5.4.1** *Control de factores de riesgo en la fuente.* La máquina será colocada en un área específica de la empresa de tal manera que cumpla con el reglamento legal vigente (decreto 2393) el cual especifica en el artículo 73. “Las maquinas estarán situadas en áreas de amplitud suficiente que permita su correcto montaje y una ejecución segura de las operaciones.”

Tanto la unidad de cierre y calentamiento serán cubiertas, para que no exista riesgos mecánicos, como atrapamientos o quemaduras. Si el plástico no es inyectado se debe verificar las resistencias para que estas calienten correctamente el cilindro que contiene los pellets.

**5.4.2** *Control de seguridad en el operario.* El operario será adiestrado para el uso de maquina tal como dicta el artículo 91 “todo operario que utilice una maquina deberá haber sido instruido y entrenado adecuadamente en su manejo y en los riesgos inherentes a las misma.

Así mismo recibirá instrucciones concretas sobre las prendas y elementos de protección personal que esté obligado a utilizar.”

Se le dotara al trabajado del respectivo equipo de protección personal como

- Overol
- Tapones Auditivos
- Casco
- Guantes
- Zapatos
- Gafas

**5.4.3** *Instructivo de seguridad para el uso de la maquina inyectora*

- Al momento de manipular la Maquina.

Limpiar la maquina antes y después de usarla

Limpiar la boquilla de inyección

Eliminar el plástico residual en el cilindro hueco el cual contiene el plástico

Al momento del desmolde manual apagar la maquina

No manipular las bandas de calefacción si la maquina está encendida

Realizar la recarga de material plástico en la tolva con la maquina apagada

Llevarlo al taller autorizado por la marca siemens.

No manipular manualmente los dispositivos neumáticos.

- Al momento de realizar el mantenimiento

El mantenimiento lo debe realizar personal calificado y de vera seguir las siguientes instrucciones.

Verificar que las bandas de calefacción se encuentren a temperatura ambiente antes de manipularlas

## CAPITULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones.

Se recolectaron datos suficientes para luego demostrar los beneficios de la automatización en la maquina inyectora ya que la producción de piezas plásticas aumento.

Se realizó la automatización de la máquina usando un PLC S7 1200 junto a la selección de elementos mecánicos y eléctricos tomando en cuenta su funcionamiento, durabilidad, costos y parámetros de seguridad.

Se realizó una correcta programación de los ciclos neumáticos de los cilindros A y B mediante el uso de un PLC con una programación tipo escalera.

Se obtuvo el funcionamiento óptimo de la inyectora de plástico revisando todo su reglaje o calibración.

Se procedió a realizar pruebas de funcionalidad de la maquina inyectora en tiempo real y usando el plástico especificado para las características de la máquina, con la finalidad de demostrar los beneficios en cuanto a tiempo y método de utilización de la misma.

#### 6.2 Recomendaciones.

No usar plásticos de diferentes características a las especificadas en el diseño de la maquina inyectora ya que la temperatura está regulada para un plástico específico (Polipropileno).

Usar el equipo de seguridad adecuado para evitar accidentes laborales durante la jornada de uso de la máquina si se trabaja en modo manual y en cambio de moldes.

Realizar el mantenimiento respectivo a la maquina inyectora en el cañón y canal de inyección para evitar residuos de plástico en las boquillas.

Siempre que se use la máquina refrigerar la parte de la tolva para que no se fusione el plástico en esa zona.

No usar moldes de mayor volumen al especificado en los cálculos anteriores.

## BIBLIOGRAFÍA

**BURBANO, Jorge y SANCHEZ, Jonathan. 2013.** *Automatización y puesta en marcha de maquina inyectora Red 100 en Plasticos Ecuatorianos S.A.* Guayaquil : Recuperado de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4662/1/UPS-GT000418.pdf>, 2013.

**C.A., ELECTROCABLES.** disemsa. *disemsa*. [En línea] [http://disemsa.com/main/images/pdf/electro\\_cables.pdf](http://disemsa.com/main/images/pdf/electro_cables.pdf).

**CARRIÓN, Jaime. 1991.** *Marketing estrategico: Referencia a productos industriales.* Barcelona : MARCOMBO, S.A, 1991.

**CARROCERIAS. 2004.** Carrocerías, negocio en expansión. *La Hora Nacional*. [En línea] 05 de 12 de 2004. <http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1000291942/-1/.html#.VRSKVvmG-uM>.

**CASTILLO, Luis Miguel Cruz. 2007.** *matematicas financiera.* Mexico : Industria Mexicana, 2007. Vol. tercera edicion .

**CEMBRANOS, Jesús. 2002.** *Automatismos Eléctricos, Neumaticos e Hidraulicos.* España : Paraninfo S.A, 2002.

**CRIOLLO, E. 2010.** *Desarrollo e implementacion de un sistema automatico para una maquina inyectora de PVC de la empresa Plasticaucho Industrial S.A.* Ambato : Recuperado de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/1139/1/25T00142.pdf>, 2010.

**E-MC.** Zhejiang Eternal Automation. *Zhejiang Eternal Automation*. [En línea] [www.emc-machinery.com](http://www.emc-machinery.com).

**ESCUADERO, María.** *Marketing en la actividad comercial.* s.l. : EDITEX.

**GEYA.** Yueqing Geya Electrical Co., ltd. *Yueqing Geya Electrical Co., ltd.* [En línea] <http://cngeya.spanish.globalmarket.com/products/details/lg-ls-contactor-gmc-40-2189521.html>.

**HERNANDEZ, Angelica Maria Guarin. 2009.** Monografias.com. *Monografias.com*. [En línea] 2009. <http://www.monografias.com/trabajos89/determinacion-variables-proceso-inyeccion/determinacion-variables-proceso-inyeccion.shtml#ixzz3jln3wXDE>.

**INGEMECANICA. sf.** [ingemecanica.com](http://ingemecanica.com). *ingemecanica.com*. [En línea] sf de sf de sf. [Citado el: 06 de Enero de 2015.] <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html#seccion5>.

**IVREA, nstituto. 2005.** [arduino.cc](http://www.arduino.cc). [En línea] 2005. [Citado el: 12 de ENERO de 2015.] <http://www.arduino.cc/>.

**KOTLER, Philip y AMSTRONG, Gary. 2001.** *Marketing*. Mexico : Camara Nacional Mexicana, 2001.

**LEMA, Raul y TASINCHANO, Edwin. 2010.** *Automatizacion de una maquina inyectora de poliuretano utilizada para la manufactura de asientos de vehículos de la industria INPOLPLAST CIA.LTDA*. Latacunga : Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3636/1/T-ESPEL-0737.pdf>, 2010.

**MESTANZA, Juan Carlos Santillán. 2008.** Monografias.com S.A. *Monografias.com* S.A. [En línea] 1 de Abril de 2008. [Citado el: 04 de 01 de 2015.] <http://www.monografias.com/trabajos58/disen0-cintas-transportadoras/disen0-cintas-transportadoras2.shtml#ixzz3O5xRYamK>.

**MUNUERA, José y RODRÍGUEZ, Ana. 2007.** *Estrategias de Marketing: Un enfoque basado en el proceso de dirección*. Madrid : ESIC, 2007.

**PHILIP, Kotler y ARMSTRONG, Gary. 2002.** *Fundamentos del Marketing*. Mexico : S.A, 2002.

**PIEDRAFITA, Ramón. 2004.** *Ingeniería de la Automatizacion Industrial*. España : Microinformatica, 2004.

**PRO ECUADOR .** *Platicos Caracteristicas del producto*. [En línea] <http://www.proecuador.gob.ec/compradores/oferta-exportable/plasticos-farmaceutica-cosmeticos/plasticos/>.

**SANPEDRO, JOSÉ DANIEL. SF.** cib.espol.edu.ec. *Digipath*. [En línea] SF de SF de SF. [Citado el: 11 de ENERO de 2015.] [http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D\\_Tesis\\_PDF/D-27768.pdf](http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-27768.pdf).

**SCHANAARS, Steven. 1994.** *Estrategia de Marketing*. Madrid : Diaz de Santos S.A, 1994.

**SIEMENS. 2009.** automation.siemens.com. *siemens.com*. [En línea] ENERO de 2009. [Citado el: 12 de ENERO de 2015.] [http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure\\_panels\\_es.pdf](http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure_panels_es.pdf).

**SUAZA, Geovanni. 2009.** Monografias. [En línea] 2009. <http://www.monografias.com/trabajos89/determinacion-variables-proceso-inyeccion/determinacion-variables-proceso-inyeccion.shtml#ixzz3jlmoD4vK>.

**ZAMORA, JULIO CESAR MACIAS. SF.** dspace.espol.edu.ec. *bitstream*. [En línea] SF de SF de SF. [Citado el: 10 de ENERO de 2015.] <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5581/3/Leyes%20de%20Newton.pdf>.