

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

TEMA:

**Diseño e implementación de un sistema de posicionamiento automático para  
operaciones de corte transversal en máquinas de fabricación de tubos de pvc.**

AUTOR:

**Jacho Corrales, Asly Brigett**

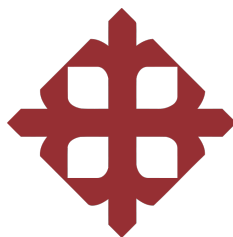
Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de  
**INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

TUTOR:

Vallejo Samaniego, Luis Vicente

Guayaquil, Ecuador

12 de marzo del 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por la Srta. **Jacho Corrales, Asly Brigett**, como requerimiento para la obtención del Título de **INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO**.

**TUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
**Vallejo Samaniego, Luis Vicente**

**DIRECTOR DE CARRERA**

f. \_\_\_\_\_  
**Heras Sánchez, Miguel Armando**

**Guayaquil, a los 12 días del mes de marzo del año 2018**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Jacho Corrales, Asly Brigett**

DECLARO QUE:

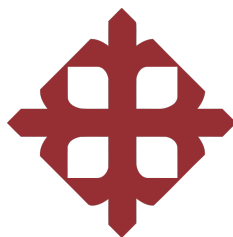
El Trabajo de Titulación, “**Diseño e implementación de un sistema de posicionamiento automático para operaciones de corte transversal en máquinas de fabricación de tubos de pvc**”, realizado previo a la obtención del Título de **Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 12 días del mes de marzo del año 2018**

**EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
**Jacho Corrales, Asly Brigett**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Jacho Corrales, Asly Brigett**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, “**Diseño e implementación de un sistema de posicionamiento automático para operaciones de corte transversal en máquinas de fabricación de tubos de pvc**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 12 días del mes de marzo del año 2018**

**EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
**Jacho Corrales, Asly Brigett**

# REPORTE URKUND

## DATOS

**Documento:** Trabajo de Titulación.  
**Título del Trabajo:** “*DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO AUTOMÁTICO PARA OPERACIONES DE CORTE TRANSVERSAL EN MÁQUINAS DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE PVC*”  
**Carrera:** Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo.  
**Estudiante:** ASLY BRIGETT JACHO CORRALES.  
**Semestre:** B-2017.  
**Fecha:** FEB/2018.

The screenshot displays the URKUND software interface. On the left, document metadata is shown: 'Documento: tja2jacho1902218.pdf (035789771)', 'Presentado: 2018-02-20 19:25 (-05:00)', 'Presentado por: luv191962@hotmail.com', 'Recibido: luis.vallejo.ucsg@analysis.urkund.com', and 'Mensaje: Mostrar el mensaje completo'. A progress indicator shows '2% de estas 37 páginas, se componen de texto presente en 8 fuentes.' The main area is divided into 'Lista de fuentes' and 'Bloques'. The 'Lista de fuentes' table lists several sources with their categories and file names. The 'Bloques' section shows a detailed view of a source with a 44% match rate, including a table of mechanical mechanisms and their characteristics.

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	<a href="http://www.fhm.com/ifmc/web/einfo010_040_040.htm">http://www.fhm.com/ifmc/web/einfo010_040_040.htm</a>
	<a href="http://repositorio.espe.edu.es/jspui/handle/21000/9113">http://repositorio.espe.edu.es/jspui/handle/21000/9113</a>
	<a href="http://dspace.espooh.edu.es/handle/123456789/3805">http://dspace.espooh.edu.es/handle/123456789/3805</a>
	<a href="http://www.leslaasuncion.org/departamento/documentos/inicio/2123.pdf">http://www.leslaasuncion.org/departamento/documentos/inicio/2123.pdf</a>
	<a href="http://repositorio.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4922/1/MONOGRAFIA%20planta...">http://repositorio.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4922/1/MONOGRAFIA%20planta...</a>
	<a href="http://www.bidi.uson.mx/Tesis/indice.aspx?tesis=21319">http://www.bidi.uson.mx/Tesis/indice.aspx?tesis=21319</a>

**Fuente externa:** <http://www.leslaasuncion.org/departamento/documentos/inicio/2123.pdf> 44%

**MECANISMO REDUCTOR** Reducción de Velocidad/Incremento de Fuerza MULTIPLICADOR Incremento de Velocidad/Reducción de Fuerza Entrada de elemento Salida de elemento Entrada de elemento Salida de elemento Velocidad Alta Baja Baja Alta Fuerza Débil Fuerte Fuerte

Débil Fuente: (IES LA ASUNCIÓN, 2013) 2.4 Clasificación de los mecanismos A continuación se presenta en la tabla 2.2 los tipos de mecanismos empleados en la industria mecánica.

12 Tabla 2.2 Clasificación de los mecanismos existentes en la industria mecánica TRANSMISIÓN LINEAL TRANSMISIÓN CIRCULAR TRANSFORMACIÓN CIRCULAR- LINEAL TRANSFORMACIÓN LINEAL- CIRC CIRC-LINEAL PALANCA RUEDAS DE FRICCIÓN MANIVELA- TORNO BIELA- MANIVELA POLEA MÓVIL ENGRANAJES CON CADENA LEVA PIÑÓN- CREMALLERA POLEA FIJA RUEDAS DENTADAS (ENGRANAJES) TORNILLO- TUERCA POLIPASTO FACTORIAL TORNILLO SINFIN POLIPASTO POTENCIAL POLEAS CON CORREA Fuente: (IES LA ASUNCIÓN, 2013) Sin embargo, los relacionados al presente trabajo de titulación se describen brevemente a continuación: 2.4.1 Transmisión lineal: engranajes Los engranajes están conformados por dos ruedas con una disposición engranada y dentada entre sí. De tal forma que la rueda motriz gira a través de una fuerza ejercida por un individuo o bien puede ser por el motor. Por otro lado, se encuentra la rueda arrastrada o también conocida como conducida que es aquella que sigue el movimiento como efecto del arrastre de la rueda motriz. Por lo tanto, es oportuno decir que el giro de las ruedas se ejecutará en diferentes sentidos; es decir, si una rueda gira en sentido de las manecillas del reloj, la otra ejercerá el mismo movimiento pero en sentido contrario (antihorario). (IES LA ASUNCIÓN, 2013) Sin embargo, la velocidad de giro de la rueda pequeña será mucho mayor a rueda grande. Ahora, en cuanto a los cálculos, se tiene la fórmula a continuación. En donde: Z m : número de dientes correspondiente al engranaje motor N m : velocidad correspondiente al engranaje del motor (rpm) Z S : número de dientes correspondiente al engranaje salida

**Conclusión:** La revisión de coincidencias del resultado de la revisión, considera la desactivación de la información de texto de los formatos de presentación de trabajos de titulación en la UCSG. Se adjunta documento de Reporte URKUND de la Revisión Final en medio digital. Porcentaje de coincidencia final del 2%.

**Ing. Luis Vallejo Samaniego, M.Sc.**  
**DOCENTE-TUTOR**

## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar quiero agradecer a Dios por haberme brindado la fortaleza que necesitaba para afrontar todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, ya que además me ha proporcionado la fuerza necesaria para continuar adelante y encaminar mi vida personal y académica de la mejor manera.*

*Quiero expresarle todo el agradecimiento a mi familia por ser el pilar fundamental de mi vida, de manera particular a mi mamá por siempre transmitirme una visión optimista de la vida e impulsarme hacia adelante aun cuando las cosas se vean un poco difíciles. También a mi papá por apoyarme en cada una de las decisiones que he tomado, y más aún al momento de realizar la tesis; ya que me ayudó mucho con ideas y formas de poder implementar el proyecto. Y a mis hermanos por brindarme su apoyo peculiar durante toda mi vida universitaria.*

*También expreso todo mi agradecimiento a mi tutor el Ing. Luis Vallejo y al Ing. Armando Heras, quienes siempre estuvieron dispuestos a verificar y encaminar la organización y realización del trabajo de titulación, y al Ing. Eduardo Mendoza por brindarme las bases necesarias para la realización de proyectos y por guiarme en el desarrollo de mi investigación.*

*Para finalizar, agradezco a mis compañeros de curso y excompañeros de primer a tercer ciclo, con quienes compartí en clase de alegrías, tristezas y realización de proyectos, de los cuales he adquirido conocimientos durante todo este proceso académico. Siempre los tendré presente!*

**Asly Jacho**

## DEDICATORIA

*Le dedico este trabajo de todo corazón a mi familia, por siempre brindarme apoyo en todas mis decisiones y por estar conmigo siempre que los necesitaba. En especial a mis padres por brindarme su amor y cariño durante el transcurso de toda mi vida no solo en el ámbito moral sino también en el aspecto económico y que con grandes esfuerzos salieron adelante para finalmente brindarme una excelente educación y así llegar a ser la profesional que soy hoy en día. Su sacrificio no fue en vano y seguiré creciendo para convertirme en lo que siempre han anhelado.*

*Por último, le dedico mi trabajo a quien vi crecer desde que era un cachorro y que además de ser mi mejor amigo, también fue una gran mascota; Scobby siempre estarás en mi corazón y tu memoria nunca será olvidada.*

***Asly Jacho***



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_  
**ROMERO PAZ, MANUEL DE JESUS**  
DECANO

f. \_\_\_\_\_  
**MENDOZA MERCHÁN, EDUARDO VICENTE**  
COORDINADOR DE TITULACIÓN

f. \_\_\_\_\_  
**HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO**  
OPONENTE



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xvii
Resumen.....	xix
Abstract .....	xx
CAPÍTULO 1 .....	2
INTRODUCCIÓN .....	2
1.1 Planteamiento del problema .....	2
1.2 Justificación y alcance .....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo general .....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Tipo de investigación .....	4
1.5 Metodología.....	5
PARTE I: MARCO TEÓRICO.....	6
CAPÍTULO 2 .....	6
MECANISMOS AUTOMATIZADOS .....	6
2.1 Introducción al diseño de máquinas .....	6
2.2 Mecanismos de transmisión .....	7
2.2.1 Elementos de un mecanismo .....	8
2.2.2 Tipos de mecanismos .....	8
2.3 Mecanismos multiplicadores y reductores .....	9
2.4 Clasificación de los mecanismos.....	11
2.4.1 Transmisión lineal: engranajes .....	11
2.4.2 Transmisión lineal: ruedas de fricción.....	12

2.4.3	Transmisión lineal: engranajes con cadena .....	17
2.4.4	Transmisión lineal: poleas con correa .....	18
2.4.5	Transmisión lineal: tornillo sin fin .....	18
2.5	Principio de los sistemas neumáticos .....	19
2.5.1	Fundamentos básicos del aire comprimido .....	19
2.5.2	Ventajas y desventajas del aire comprimido .....	20
2.5.3	Composición estructural de un sistema neumático.....	21
2.5.4	Estudio de estados y conexiones de válvulas neumáticas .....	23
CAPÍTULO 3 .....		25
PROCESO DE LA AUTOMATIZACIÓN.....		25
3.1	Componentes de un sistema automatizado.....	25
3.1.1	El proceso industrial y su clasificación .....	26
3.1.2	Elementos empleados en la automatización .....	27
3.2	Los sistemas de producción y sus tipos de automatización.....	27
3.3	Beneficios del control automático .....	29
3.4	Introducción a los sistemas de control.....	29
3.4.1	Principios de diseño de sistemas de control .....	31
3.5	Estudio de variables y parámetros de medición .....	32
3.5.1	Concepto de variable y clasificación.....	33
3.5.2	La señal de medición y su clasificación .....	34
3.6	El control automático y su rol en los procesos industriales.....	35
3.6.1	Los sistemas de control y su clasificación.....	36
3.6.2	Análisis del control por lazo abierto.....	36
3.6.3	Análisis del control por lazo cerrado.....	37
CAPÍTULO 4.....		39
ELEMENTOS DE MANDO Y CONTROL.....		39

4.1	Instrumentos de mando.....	39
4.1.1	Instrumentos auxiliares de mando .....	40
4.2	Instrumentos de señalización.....	41
4.3	Instrumentos de protección.....	42
4.4	Autómatas programables .....	44
4.4.1	Introducción al concepto de PLC y sus aplicaciones .....	44
4.4.2	Aportaciones del PLC.....	45
4.5	Siemens LOGO! .....	46
4.5.1	Dispositivos existentes en el mercado .....	46
4.5.2	Selección del equipo .....	47
PARTE II: APORTACIONES.....		48
CAPÍTULO 5.....		48
MODELADO DE LAS COMPUERTAS LÓGICAS DE PROGRAMACIÓN.....		48
5.1	Interfaz de usuario .....	48
5.2	Consideraciones generales del LOGO! .....	48
5.3	Configuración de las compuertas lógicas .....	49
5.4	Descripción del diseño de modelado de las compuertas lógicas.....	52
CAPÍTULO 6.....		53
CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO .....		53
6.1	Generalidades del proyecto .....	53
6.2	Consideraciones generales de la automatización del sistema.....	53
6.2.1	Descripción del proyecto .....	53
6.2.2	Características de los componentes que conforman el sistema .....	54
6.2.3	Funciones del sistema.....	60
6.2.4	Diagrama de flujo .....	62
6.3	Análisis del sistema de posicionamiento .....	64

6.4	Sensores y actuadores .....	65
6.4.1	Sensor de posicionamiento .....	65
6.4.2	Actuadores del sistema de posicionamiento .....	67
6.5	Sistema de control .....	71
6.5.1	Hardware .....	71
6.5.2	Software.....	72
6.6	Planos del sistema de posicionamiento automatizado.....	75
6.6.1	Plano 1. Diseño del sistema mecánico.....	76
6.6.2	Plano 2. Vistas del diseño mecánico en 3D.....	79
6.6.3	Plano 3. Diagrama de fuerza y control del sistema de posicionamiento... 81	
6.6.4	Plano 4. Diagrama del circuito neumático del sistema.....	83
6.6.5	Plano 5. Diagrama de bloques de la interfaz de programación. ....	85
CAPÍTULO 7 .....		89
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .....		89
7.1	Pruebas de prototipo .....	89
7.2	Tabla de resultados .....	92
7.3	Cálculo de costos .....	94
CAPÍTULO 8 .....		96
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		96
8.1	Conclusiones.....	96
8.2	Recomendaciones .....	97
8.3	Trabajos futuros.....	97
BIBLIOGRAFÍA .....		98
ANEXOS .....		103

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1: Fases involucradas en el proceso de diseño.....	7
Figura 2. 2: Movimientos de entrada y salida de un mecanismo .....	8
Figura 2. 3: Representación de un mecanismo reductor .....	9
Figura 2. 4: Ejemplo de mecanismo reductor.....	9
Figura 2. 5: Ejemplo de mecanismo multiplicador .....	10
Figura 2. 6: Representación del mecanismo por ruedas de fricción.....	12
Figura 2. 7: Relación velocidad vs. posición de las ruedas .....	13
Figura 2. 8: Ruedas por contacto exterior .....	14
Figura 2. 9: Ruedas por contacto interior .....	14
Figura 2. 10: Ruedas troncocónicas .....	15
Figura 2. 11: Ruedas de fricción a un $\theta > 90^\circ$ .....	16
Figura 2. 12: Ruedas de fricción a un $\theta (90^\circ)$ .....	17
Figura 2. 13: Engranajes con cadena.....	17
Figura 2. 14: Poleas con correa .....	18
Figura 2. 15: Poleas con correa .....	19
Figura 2. 16: Estructura de un sistema neumático.....	22
Figura 2. 17: Esquema de conexiones de un sistema neumático.....	22
Figura 2. 18: Simbología básica de un sistema neumático.....	23
Figura 2. 19: Simbología de válvulas neumáticas .....	23
Figura 2. 20: Electroválvula compacta.....	24
Figura 3. 1: Logo SIEMENS .....	27
Figura 3. 2: Gráfica producción vs. variedad de producción .....	28
Figura 3. 3: Sistema de control de un haz de luz.....	30
Figura 3. 4: Representación de un sistema de control.....	30

Figura 3. 5: Fases del diseño de un sistema de control .....	32
Figura 3. 6: Sistema de control automático.....	35
Figura 3. 7: Sistema de control en lazo abierto .....	37
Figura 3. 8: Lazo de control por realimentación .....	37
Figura 3. 9: Sistema de control de lazo cerrado con una variable.....	37
Figura 4. 1: Pulsante de emergencia.....	39
Figura 4. 2: Selector de mando.....	39
Figura 4. 3: Clasificación de los contactos auxiliares .....	40
Figura 4. 4: Sensor de proximidad .....	41
Figura 4. 5: Sensor fotoeléctrico .....	41
Figura 4. 6: Indicadores iluminados.....	41
Figura 4. 7: Relé térmico .....	42
Figura 4. 8: Relé unipolar.....	43
Figura 4. 9: Relé estado sólido .....	44
Figura 4. 10: PLC S7-1200.....	45
Figura 4. 11: Características de acuerdo al modelo del LOGO! .....	47
Figura 4. 12: LOGO! 230RC.....	47
Figura 5. 1: Interfaz de programación de LOGO!Soft Comfort V8.0.....	49
Figura 5. 2: Barra de herramientas “Estándar”.....	50
Figura 5. 3: Opciones de operación del LOGO! .....	50
Figura 5. 4: Barra de herramientas “Herramienta” .....	50
Figura 5. 5: Barra “Editor de programas” .....	50
Figura 5. 6: Diagrama de bloques de función del sistema.....	52
Figura 6. 1: Estructura de la base fija y desplazable .....	54
Figura 6. 2: Mordaza regulable .....	55
Figura 6. 3: Cilindro 25x25mm.....	55

Figura 6. 4: Electroválvula 5/2 – 1/4” (120V.).....	56
Figura 6. 5: Rieles de recorrido .....	56
Figura 6. 6: Microcilindro 25x150mm. ....	57
Figura 6. 7: Electroválvula 5/3 – 1/4” (120V.).....	57
Figura 6. 8: Válvula reguladora de flujo y racores.....	58
Figura 6. 9: Amoladora angular .....	59
Figura 6. 10: Diagrama de flujo del sistema de control .....	63
Figura 6. 11: Adaptación del tablero de control a la estructura mecánica .....	64
Figura 6. 12: Sensor magnético Reed Switch CS1-U .....	65
Figura 6. 13: Esquema de conexiones del sensor .....	66
Figura 6. 14: Diagrama de conexión del sensor al autómeta.....	67
Figura 6. 15: Manifold.....	67
Figura 6. 16: Electroválvula SV1 (5/2 – 1/4”) .....	68
Figura 6. 17: Electroválvula SV2 (5/3 – 1/4”) .....	68
Figura 6. 18: Electroválvula SV3 (5/2 – 1/4”) .....	69
Figura 6. 19: Electroválvula SV4 (5/2 – 1/4”) .....	69
Figura 6. 20: Representación de los microcilindros en el sistema .....	70
Figura 6. 21: Diagrama de conexión de las salidas del controlador.....	70
Figura 6. 22: Conexiones del LOGO! 230RC .....	72
Figura 6. 23: Diagrama de flujo de las funciones del software .....	74
Figura 7. 1: Simulación del diagrama de bloques de función (FUP) .....	89
Figura 7. 2: Tablero de control.....	89
Figura 7. 3: Funcionamiento de la cortadora.....	90
Figura 7. 4: Sistema de control modificado .....	90
Figura 7. 5: Racores neumáticos .....	91
Figura 7. 6: Válvulas reguladoras.....	91

Figura 7. 7: Desarrollo de las pruebas de funcionamiento .....	93
Figura 7. 8: Simulación del sistema de control .....	93
Figura 7. 9: Vista exterior de la implementación del sistema .....	94
Figura 7. 10: Vista interior de la implementación del sistema.....	94



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Características de los mecanismos reductores y multiplicadores.....	10
Tabla 2.2: Clasificación de los mecanismos existentes en la industria mecánica ....	11
Tabla 2.3: Parámetros para elaborar un sistema neumático .....	21
Tabla 5.1: Definición de los bloques del diagrama del sistema de control .....	51
Tabla 6.1: Componentes principales del prototipo.....	60
Tabla 6.2: Características del sensor magnético.....	66
Tabla 7.1: Tabla de resultados de pruebas de funcionamiento.....	92
Tabla 7.2: Listado de materiales.....	95

## ANEXOS

Anexo 1: Hoja de datos del microcilindro 25X25: MA6432 25X25-S (XCPC) ....	104
Anexo 2: Hoja de datos de la válvula electroneumática 5/2 - 1/4" (110V.).....	105
Anexo 3: Hoja de datos del microcilindro 25X150-S (XCPC).....	106
Anexo 4: Hoja de datos de la válvula electroneumática 5/3 - 1/4" (110V.).....	107
Anexo 5: Hoja de datos del sensor magnético reed switch: CS1-U (SNS).....	108
Anexo 6: Hoja de datos del microcilindro 25X100: MA6432 25X100-S (XCPC)	109
Anexo 7: Hoja de datos del manifold para válvulas: 4V300M-6F (XCPX) .....	110
Anexo 8: Hoja de datos del LOGO! 230RC .....	111

## **Resumen**

El presente trabajo de titulación se centra en el diseño e implementación de un sistema de posicionamiento automático para operaciones de corte transversal enfocado al ámbito productivo de fabricación de tubos de pvc. Para ello, a través de métodos bibliográficos hallados en base a los principios fundamentales y características que ofrecen los autómatas programables en el sector industrial; se optó por implementar este tipo de controlador, a través del cual se gobernarán todas funciones que desempeñará el sistema. En cuanto a la estructura, se compone en dos partes, la sección teórica y la sección que describe el diseño e implementación del sistema automático. En la primera parte, se desarrolla la investigación en la que se aclaran conceptos básicos que se usarán posteriormente para el diseño del sistema de control, así también como los elementos empleados en él. En el segundo punto que corresponde a las aportaciones, se realiza el modelado de las compuertas lógicas de programación, revisión de planos que evidencian el diseño de la estructura mecánica y diagramas de conexión, y finalmente se describen las pruebas de funcionamiento del sistema implementado.

**PALABRAS CLAVE:** POSICIONAMIENTO, CONTROL AUTOMÁTICO, AUTÓMATAS PROGRAMABLES, COMPUERTAS LÓGICAS, ACTUADORES, LOGO!SOFT COMFORT.

## **Abstract**

This degree work is based on the design and implementation of an automatic positioning system for cross-cutting operations focused on the production field of PVC pipes. For this, through bibliographic methods found based on the fundamental principles and characteristics offered by programmable logic controllers in the industrial sector; it was decided to implement this type of controller, through which all functions that the system will perform will be govern. As for the structure, it is composed in two parts, the theoretical section and the section that describes the design and implementation of the automatic system. In the first part, the research is developed in which basic concepts are clarified that will be used later for the design of the control system, as well as the elements used in it. In the second point that corresponds to the contributions, the modeling of the logic gates of programming, review of plans that show the design of the mechanical structure and connection diagrams, and finally the performance tests of the implemented system are described.

**KEY WORDS:** POSITIONING, AUTOMATIC CONTROL, PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER, LOGIC GATES, ACTUATORS, LOGO!SOFT COMFORT.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema

A lo largo de los años, la tecnología se ha convertido en un factor importante en el desarrollo del sector industrial, por lo que no cabe duda afirmar que desde la época de la revolución industrial se han generado notables cambios en lo que respecta a las técnicas de producción de un determinado elemento; logrando así alcanzar elevados niveles de calidad y por ende una mayor competitividad, mejoras en el sector productivo y de manera consecuente establecer un posicionamiento en el mercado nacional e internacional.

Sin embargo, en la actualidad la mayoría de las industrias pioneras dedicadas a la fabricación de tubos de pvc; dado a factores como la falta de recursos, conformismo con las tasas de producción y estándares de calidad, entre otros; operan sus máquinas de forma manual, lo cual conlleva a la generación de varios problemas tal como el desperdicio de materia prima a causa de la imprecisión de los cortes en la etapa final, alta cantidad de personal destinada a la mano de obra, retrasos en el tiempo de entrega del producto final, entre otros. En efecto, ante lo previamente expuesto es evidente la necesidad de automatizar todos los procesos que involucran la fabricación de tubos de pvc.

Sin embargo, el objeto del presente trabajo busca proponer el diseño e implementación de un sistema de posicionamiento automático con el objetivo de realizar operaciones de corte transversal en tubos de pvc como parte de uno de los procesos que se llevan a cabo durante su fabricación. Adicionalmente, se busca mejorar la situación económica para así alcanzar una posición representativa dentro del marco competitivo y consigo proporcionar beneficios tales como el incremento de la tasa productiva, obtención de productos con alta calidad, ahorro por gastos de mano de obra, mínimos gastos por mantenimiento, alta precisión de corte del tubo de pvc, etc.

## 1.2 Justificación y alcance

En el sector industrial, es de vital importancia el desarrollo de mecanismos que en algún tiempo fueron realizados de forma manual, y que ahora con el avance tecnológico pueden ser ejecutados de forma automática, logrando así una mayor rentabilidad y competitividad en el mercado global. En ese sentido, la fabricación de tubos de pvc por lo general cuenta con determinados procesos que van desde el riguroso tratamiento de la materia prima (pvc) a elevadas temperaturas, inyección de la mezcla en moldes acorde a las medidas solicitadas y finalmente el proceso de corte del tubo.

Por el contrario, cabe mencionar que durante la producción existe un considerable índice de desperdicios de materia prima a causa de la falta de precisión del personal encargado de realizar el corte de los tubos de pvc. Es por esto que con el desarrollo de este proyecto, se busca optimizar el proceso de corte a través de un sistema de posicionamiento automático que permita realizar el corte del tubo de pvc de manera más precisa. A la vez, en el ámbito académico cumple un rol importante para la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, ya que la implementación del proyecto realizado tiene opción a emplearse como un soporte didáctico que apoyen en la impartición de cátedras relacionadas.

De esta forma, el presente trabajo de titulación se centra en la propuesta del diseño de un sistema de posicionamiento automático útil en operaciones de corte transversal, el cual para fines demostrativos será implementado. Sin embargo, para la simulación de corte se pretende realizarlo con un tubo de pvc de  $\frac{1}{2}$ " o un elemento de menor diámetro al indicado. El control será gobernado a través de un LOGO! que permitirá tanto la adquisición como el análisis de datos para así enviar las señales pertinentes a los actuadores y por medio de la amoladora realizar el corte de las medidas solicitadas por el usuario. Los actuadores serán accionados a través de aire comprimido, proporcionado por un compresor de aire con una presión de 30 psi. Por otra parte, la medida mínima de corte en el sistema es de 2cm. y la máxima es de 13.5 cm. dado a la longitud del cilindro empleado para el desplazamiento de la base que posiciona el elemento de ingreso.

### **1.3 Objetivos**

A continuación se detallan los objetivos establecidos que permitirán alcanzar en su totalidad el desarrollo del presente trabajo de titulación:

#### **1.3.1 Objetivo general**

Desarrollar un sistema de posicionamiento automático para operaciones de corte transversal en máquinas de fabricación de tubos de pvc, a través del control de un autómatas programable.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Elaborar la programación para el diseño de un sistema de posicionamiento, utilizando un modelo de compuertas lógicas en la interfaz LOGOSoft! Comfort V8,0.
- Implementar el sistema de posicionamiento diseñado, a través de un prototipo a escala real.
- Evaluar las pruebas de funcionamiento del sistema de control para determinar la precisión del sistema.

### **1.4 Tipo de investigación**

En los últimos tiempos, el empleo de autómatas programables en los procesos de automatización se ha convertido en un tema de gran importancia para el sector industrial, dado al gran aporte que brindan no solo en cuanto a la reducción del tiempo de obtención del producto final, sino también a los grandes beneficios por incremento en las tasas productivas, competitividad en el mercado industrial y mejoras en el ámbito financiero. Sin embargo, proyectos relacionados a sistemas de posicionamiento automáticos es un tema limitadamente tratado en previos trabajos de titulación, por lo que se desarrollará una investigación de tipo correlacional con enfoque cuantitativo, ya que implica la adquisición de medidas para que de forma consecuente se realice el análisis de los datos, los mismos que permitirán realizar los respectivos ajustes en los parámetros, así como las pertinentes pruebas del sistema de forma integral. Finalmente, es de tipo correlacional, ya que involucra la evaluación y análisis de dos variables dentro del sistema que se propone en el presente trabajo de titulación.

## **1.5 Metodología**

En lo que respecta a la metodología, se refiere a los procesos de análisis o investigación que se originan de la selección de documentación técnica que define el planteamiento de los objetivos del proyecto para así realizar un análisis que soporte al desarrollo de las aportaciones y finalmente cumplir los objetivos planteados.

En este sentido, para adquirir los principios teóricos que incluye tanto las características como el principio de funcionamiento de cada uno de los elementos empleados, se utilizaron los métodos bibliográficos y experimentales. En primer lugar, la metodología bibliográfica corresponde a toda la información necesaria y recopilada para determinar los mecanismos y elementos importantes en el sistema a desarrollar. Por el contrario, la metodología experimental da cabida al proceso de diseño del sistema, así como la implementación y funcionamiento del mismo.

Para ello, ante las metodologías mencionadas, se propone el siguiente diseño investigativo compuesto por la PARTE I que corresponde al marco teórico y en el cual se realiza la revisión bibliográfica de los antecedentes de trabajos similares, identificación de los instrumentos necesarios para el levantamiento del proyecto (relacionado al controlador, sensor y actuadores que conforman el sistema de control), seguido de la PARTE II que corresponde a las aportaciones, en el que se realiza el modelado y análisis del sistema. A partir del cual, en el capítulo en que se realiza la implementación del proyecto se detalla la descripción del proceso; características técnicas de los elementos usados y especificación de las funciones del sistema seguido del diseño tanto del software como hardware, para finalmente ejecutar las pruebas de funcionamiento del proyecto.



## **PARTE I: MARCO TEÓRICO**

### **CAPÍTULO 2 MECANISMOS AUTOMATIZADOS**

Con el pasar de los años, el ser humano ha emprendido una larga búsqueda por hallar métodos que permitan desarrollar mecanismos automatizados con el propósito de facilitar el trabajo mecánico al obrero o reemplazar la mano de obra de ser el caso. De esta forma, hoy en día gracias al desarrollo tecnológico; gran parte de las industrias se encuentran equipadas con máquinas automatizadas como consecuencia del considerable incremento no solo en los niveles de producción, sino también en la parte financiera, calidad y reducción de tiempos de entrega del producto final. En fin un sinnúmero de beneficios que llevan a la humanidad a diseñar mecanismos automatizados más eficaces. (González, 2010)

#### **2.1 Introducción al diseño de máquinas**

El diseño se centra en la formulación o desarrollo de una propuesta con el objetivo de satisfacer las necesidades de un problema. En caso de que el proyecto resulte una implementación, éste debe ser confiable, seguro, funcional y por sobretodo competitivo; por tanto, el desarrollo del diseño debe resultar de carácter innovador.(Budynas & Nisbett, 2008)

En efecto, el proceso de diseño (figura 2.1) inicia con el reconocimiento de una necesidad, para luego definir el problema de forma más específica con las anotaciones observadas. En este caso, los valores de entrada, salida, dimensiones y características del objeto son puntos importantes que deben tomarse en cuenta, sin embargo también deben considerarse las variables que intervendrán en el proceso, tal como las variaciones y limitaciones del caso.

Hechas las consideraciones anteriores, se procede con la elaboración de la síntesis; cuyo contenido involucra el diseño del concepto, investigación y cuantificación de los datos. Para ello, deben realizarse también evaluaciones y análisis de desempeño del sistema con el objetivo de optimizar funciones en caso de que lo requiera. Por último, se realizan las pruebas con las respectivas

modificaciones y posteriormente se presenta el diseño final. (Budynas & Nisbett, 2008)

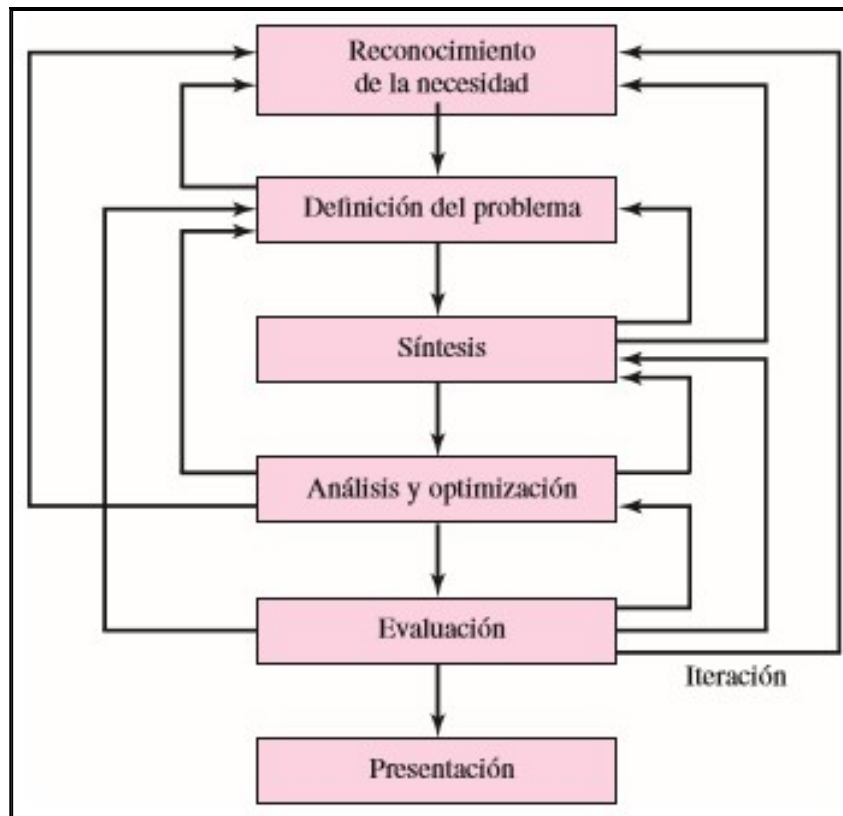


Figura 2. 1: Fases involucradas en el proceso de diseño  
Fuente: (Budynas & Nisbett, 2008)

Como ejemplo, se puede mencionar el desarrollo de un sistema de transmisión de potencia, cuyo diseño debe ajustarse a un determinado espacio y para ello deben seleccionarse equipos que cumplan con esta exigencia.

Por otra parte, en caso de que ya se ha elaborado el diseño del sistema, al momento de implementarlo suelen ocurrir ciertos inconvenientes como el reducido espacio de trabajo. Por lo tanto, se debe plantear una nueva propuesta que se ajuste a las necesidades del caso. (Budynas & Nisbett, 2008)

## 2.2 Mecanismos de transmisión

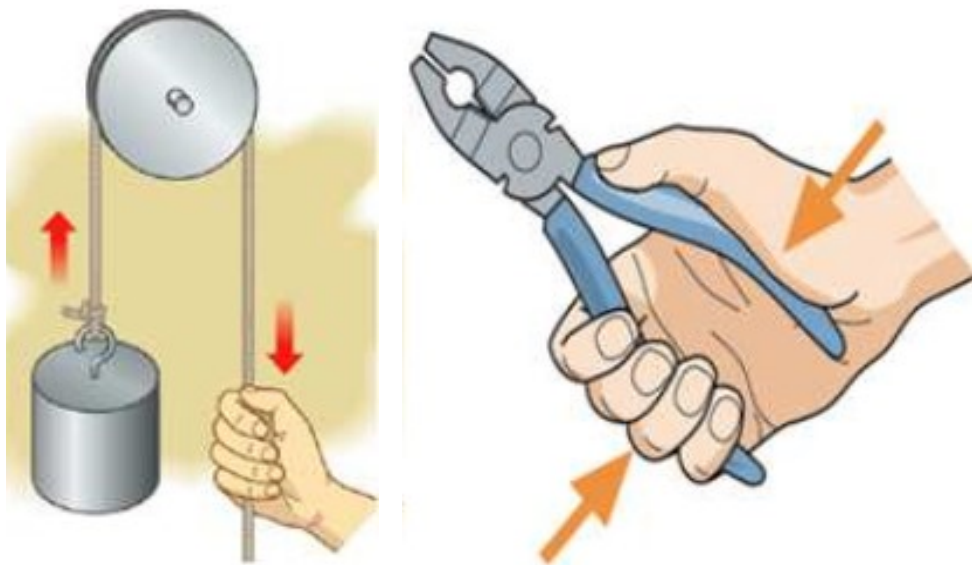
Un mecanismo se define como aquel dispositivo cuya función consiste en transformar y/o transmitir movimientos a partir de un elemento motriz. Se caracterizan por ser un gran aporte para el ser humano, ya que gracias al rol que desempeñan permiten efectuar trabajos puntuales con un menor esfuerzo y mejores condiciones de trabajo. (IES LA ASUNCIÓN, 2013)

En cuanto a la clasificación de movimientos, la transmisión puede ser de tipo lineal; condición en el que el objeto se desplaza en una trayectoria recta, o circular. En el caso de la trayectoria circular, describe una circunferencia o un arco de circunferencia. (IES LA ASUNCIÓN, 2013)

### 2.2.1 Elementos de un mecanismo

Todo mecanismo se encuentra compuesto por un movimiento de entrada y salida. Se denomina como movimiento de entrada a aquella fuerza que ejerce un animal, persona o motor sobre un determinado punto del elemento. Por otra parte, el movimiento de salida se refiere a aquella acción que ejerce el mecanismo sobre sí mismo. (IES LA ASUNCIÓN, 2013)

Una representación de ello, se puede observar en la figura 2.2 que se muestra a continuación.



**Figura 2. 2: Movimientos de entrada y salida de un mecanismo**  
Fuente: (IES LA ASUNCIÓN, 2013)

### 2.2.2 Tipos de mecanismos

Básicamente, los mecanismos pueden ser de transmisión y transformación. En los mecanismos de transmisión, tanto el movimiento de entrada como salida son de la misma característica; es decir lineal o circular. Sin embargo, a diferencia del mecanismo de transmisión; el de transformación consiste en movimientos de entrada y salida diferentes. Es decir, en la etapa de entrada puede ser lineal y en la de salida de tipo circular o viceversa. (IES LA ASUNCIÓN, 2013)

### 2.3 Mecanismos multiplicadores y reductores

Como bien se ha explicado, el objetivo de un mecanismo es lograr un mínimo esfuerzo al ejercer un determinado movimiento y para ello se emplean los mecanismos conocidos como REDUCTORES. (IES LA ASUNCIÓN, 2013)



Figura 2. 3: Representación de un mecanismo reductor  
Fuente: (IES LA ASUNCIÓN, 2013)

Como se observa en la figura 2.3 y 2.4, a través del empleo de una fuerza menor en la entrada, se logra la elevación de un peso mayor en la salida. Sin embargo, se debe tener en consideración que no se puede crear una fuerza gratis y que existe una pérdida de velocidad al tratar de ganar fuerza. Es decir, en la etapa de entrada existe una mayor velocidad que en la etapa de salida. (IES LA ASUNCIÓN, 2013)

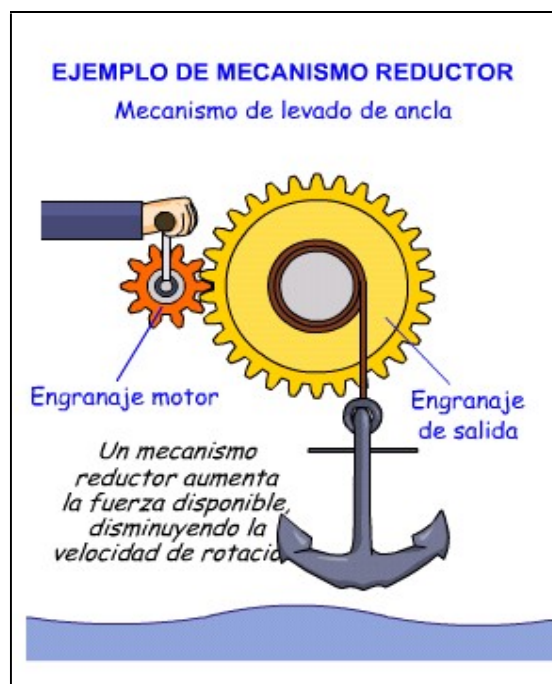
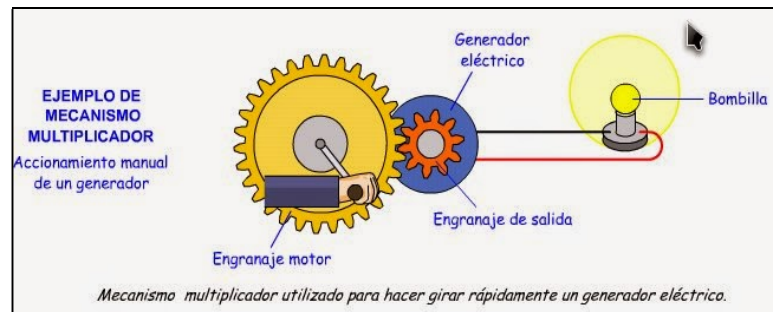


Figura 2. 4: Ejemplo de mecanismo reductor  
Fuente: (Requero, 2014)

No obstante, existen otros tipos de fuerzas que realizan una función inversa a los de tipo reductor. El mecanismo MULTIPLICADOR (figura 2.5) emplea una mayor fuerza en la entrada debido a que en la salida el elemento receptor es más pequeño que el emisor. (IES LA ASUNCIÓN, 2013)



**Figura 2. 5: Ejemplo de mecanismo multiplicador**  
Fuente: (Perez, 2014)

Como caso típico, se presenta el mecanismo empleado en el pedaleo de una bicicleta. En este caso, las ruedas giran a mayor velocidad que los pedales; lo que significa que ejerciendo una velocidad menor en la etapa de entrada, se obtiene una mayor velocidad en la salida. Por lo tanto, se llega a la conclusión de que este tipo de mecanismo no posee la capacidad de crear velocidad de forma instantánea. (IES LA ASUNCIÓN, 2013)

Por el contrario, mientras se trata de adquirir velocidad lo que se obtiene es una pérdida de fuerza. Se puede analizar el caso mencionado de la bicicleta, en el cual al realizar el giro de la rueda con la mano requiere de menos esfuerzo que hacerlo a través de los pedales. En otras palabras, al ejercer una mayor fuerza en la entrada del sistema (movimiento de la mano), menor fuerza se obtendrá en la salida (movimiento de los pedales). A continuación se muestra en la tabla 2.1 la relación velocidad vs. fuerza que presentan los mecanismos reductores y multiplicadores. (IES LA ASUNCIÓN, 2013)

**Tabla 2.1: Características de los mecanismos reductores y multiplicadores**

MECANISMO	REDUCTOR Reducción de Velocidad/Incremento de Fuerza		MULTIPLICADOR Incremento de Velocidad/Reducción de Fuerza	
	Entrada de elemento	Salida de elemento	Entrada de elemento	Salida de elemento
<b>Velocidad</b>	Alta	Baja	Baja	Alta
<b>Fuerza</b>	Débil	Fuerte	Fuerte	Débil

Fuente: (IES LA ASUNCIÓN, 2013)

## 2.4 Clasificación de los mecanismos

A continuación se presenta en la tabla 2.2 los tipos de mecanismos empleados en la industria mecánica.

**Tabla 2.2: Clasificación de los mecanismos existentes en la industria mecánica**

TRANSMISIÓN LINEAL	TRANSMISIÓN CIRCULAR	TRANSFORMACIÓN CIRCULAR - LINEAL	TRANSFORMACIÓN LINEAL-CIRC CIRC-LINEAL
PALANCA	RUEDAS DE FRICCIÓN	MANIVELA – TORNO	BIELA – MANIVELA
POLEA MÓVIL	ENGRANAJES CON CADENA	LEVA	PIÑÓN – CREMALLERA
POLEA FIJA	RUEDAS DENTADAS (ENGRANAJES)	TORNILLO – TUERCA	
POLIPASTO FACTORIAL	TORNILLO SINFIN		
POLIPASTO POTENCIAL	POLEAS CON CORREA		

Fuente: (IES LA ASUNCIÓN, 2013)

A partir de la tabla anterior, a continuación se describe cada tipo de mecanismos de acuerdo a su clasificación de movimiento.

### 2.4.1 Transmisión lineal: engranajes

Los engranajes están conformados por dos ruedas con una disposición engranada y dentada entre sí. De tal forma que la rueda motriz gira a través de una fuerza ejercida por un individuo o máquina (motor). Por otro lado, se encuentra la rueda arrastrada o conducida que es aquella que sigue el movimiento como efecto del arrastre de la rueda motriz. Por lo tanto, es oportuno decir que el giro de las ruedas se ejecutará en diferentes sentidos. En otras palabras, si una rueda gira en sentido de las manecillas del reloj, la otra ejercerá el mismo movimiento pero en sentido contrario (antihorario). (IES LA ASUNCIÓN, 2013)

Sin embargo, la velocidad de giro de la rueda pequeña será mucho mayor que la rueda grande. Ahora, en cuanto a los cálculos, se tiene la fórmula a continuación.

$$Z_m * N_m = Z_s * N_s$$

En donde:

$Z_m$ : número de dientes correspondiente al engranaje motor.

$N_m$ : velocidad correspondiente al engranaje del motor (rpm).

$Z_s$ : número de dientes correspondiente al engranaje salida.

$N_s$ : velocidad correspondiente al engranaje de salida (rpm).

En este tipo de sistemas, existe tanto el elemento regulador como multiplicador que pueden ser identificados de acuerdo a su tamaño. Esto significa que será considerada como reductora aquella cuya rueda motriz sea la más pequeña y como multiplicadora aquella cuya rueda motriz es de mayor tamaño. (IES LA ASUNCIÓN, 2013)

#### 2.4.2 Transmisión lineal: ruedas de fricción

Este tipo de mecanismo es similar al de los engranajes, cuya diferencia se centra en el movimiento por fuerza de rozamiento de la transmisión entre dos ruedas, tal como se observa en la figura 2.6. En la transmisión por engranajes, los dientes serán los encargados de transmitir el movimiento del sistema. Sin embargo, este tipo de mecanismo se dispone de la siguiente manera:

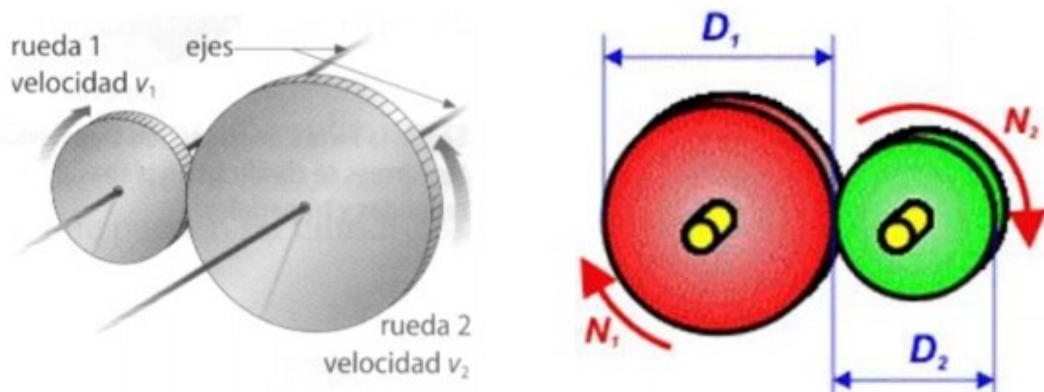


Figura 2. 6: Representación del mecanismo por ruedas de fricción  
Fuente: (IES LA ASUNCIÓN, 2013)

En este caso, aquella rueda que gira a causa de la fuerza de torque del motor, animal o persona se la conoce como rueda motriz (suele por lo general ser la primera). Y en efecto, aquella rueda que es arrastrada por la motriz se la conoce como rueda conducida (receptora). (IES LA ASUNCIÓN, 2013)

Aunque por otra parte, cabe acotar que el sentido de movimiento de giro de las ruedas es contrario como en el caso de los engranajes. Dentro de este marco, también se deben realizar cálculos que se asemejan a los expuestos en la sección de los engranajes con la diferencia de términos como el número de dientes representado

como Z en el caso anterior, reemplazado por el diámetro de las ruedas D en este apartado. (IES LA ASUNCIÓN, 2013)

$$D_1 * N_1 = D_2 * N_2 \rightarrow N_2 = \frac{D_1 * N_1}{D_2}$$

Adicionalmente, como en el caso de los engranajes; dependerá del tamaño de las ruedas para determinar si el mecanismo es multiplicador (incremento de velocidad) o reductor (decremento de velocidad). A continuación se observa en la figura 2.7 casos en el cual varía la velocidad de las ruedas de acuerdo a la disposición que presenten. (IES LA ASUNCIÓN, 2013)

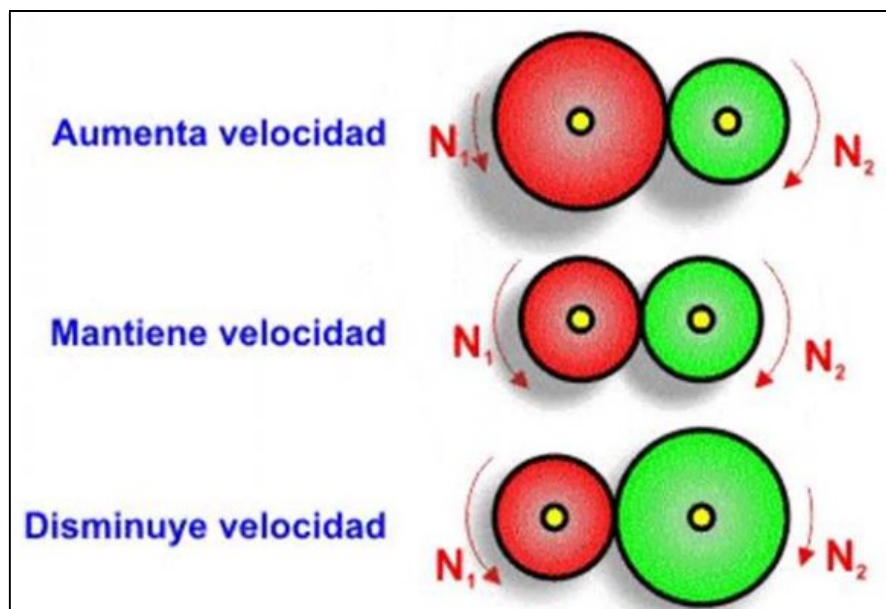


Figura 2. 7: Relación velocidad vs. posición de las ruedas  
Fuente: (IES LA ASUNCIÓN, 2013)

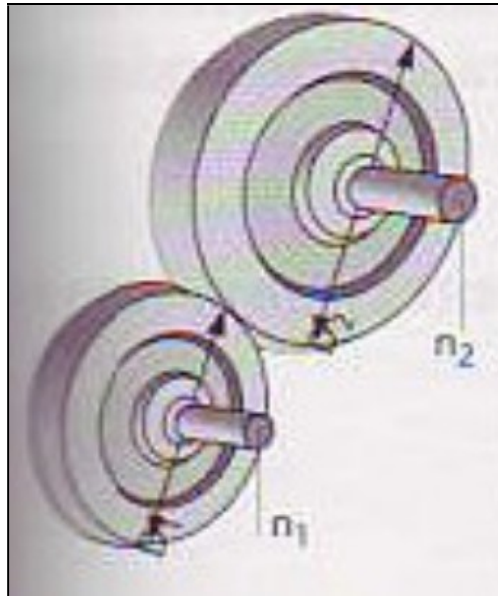
En resumen, entre algunas de las características con las que cuentan las ruedas de fricción se tiene:

- Uso de materiales con un elevado coeficiente de rozamiento para evitar que las ruedas se resbalen durante el contacto.
- Es de fácil fabricación.
- Baja incidencia de mantenimiento.
- Baja emisión de ruidos. (Pulido, 2009)

Por otra parte, algunos de los tipos de ruedas de fricción que existen en el mercado son:

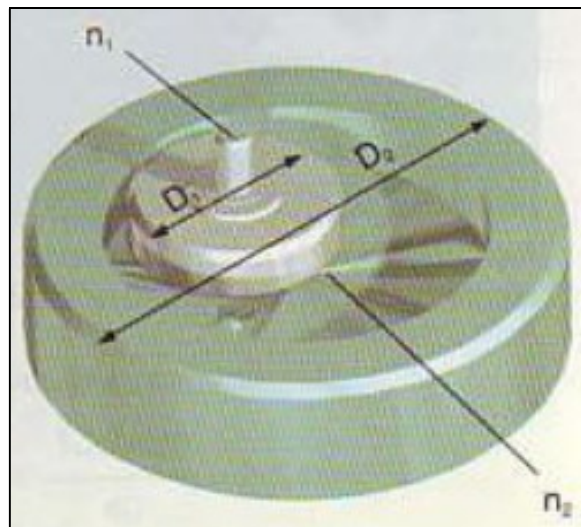


- **Ruedas de fricción por contacto exterior:** como se observa en la figura 2.8, su estructura es de forma cilíndrica y mantienen contacto entre las superficies exteriores de las ruedas. En cuanto al sentido de rotación, giran en sentidos inversos una con respecto a la otra. (Pulido, 2009)



**Figura 2. 8: Ruedas por contacto exterior**  
Fuente: (Pulido, 2009)

- **Ruedas de fricción por contacto interior:** al igual que en el caso anterior, su estructura es de forma cilíndrica (figura 2.9) y mantiene contacto entre las superficies internas de la rueda más grande con la superficie exterior de la rueda pequeña. Su giro se desarrolla en un mismo sentido. (Pulido, 2009)



**Figura 2. 9: Ruedas por contacto interior**  
Fuente: (Pulido, 2009)

- **Ruedas de fricción de tipo troncocónicas:** Posee una estructura en forma de tronco cónico y ejercen contacto entre las superficies laterales de las ruedas, tal como se muestra en la figura 2.10. Este tipo de mecanismo se emplean en caso de que los árboles de transmisión no sean paralelos. Sin embargo, al igual que las de tipo exterior, existe una inversión de giro. (Pulido, 2009)

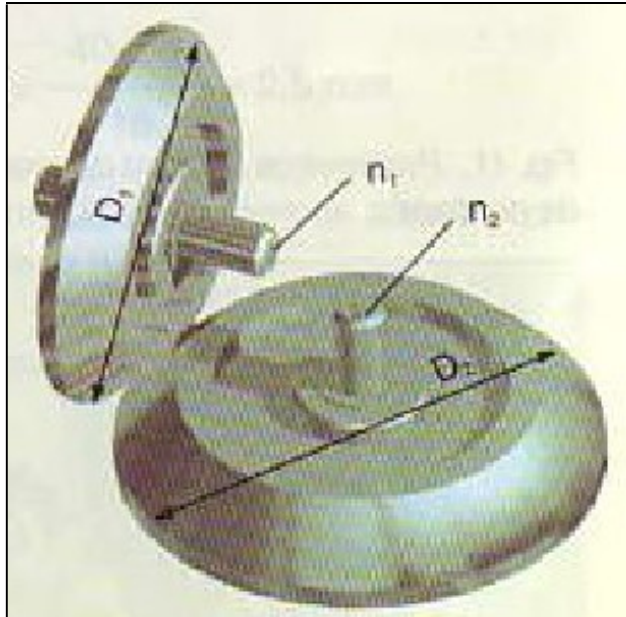


Figura 2. 10: Ruedas troncocónicas  
Fuente: (Pulido, 2009)

#### 2.4.2.1 Transmisión de movimiento y su relación

La relación de transmisión se refiere particularmente a la velocidad de giro entre la rueda conductora y conducida o también conocida como motriz y receptora. La relación de velocidad está dada por:

$$i = \frac{n_2}{n_1}$$

En donde:

$n_2$ : velocidad de la rueda receptora.

$n_1$ : velocidad de la rueda motriz.

$i$ : relación de transmisión.

Ahora, según los tipos de ruedas de fricción mencionados se tiene sus respectivas relaciones de transmisión:

- Ruedas de fricción por contacto exterior e interior.

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

En donde:

$D_1$ : diámetro de la rueda conductora.

$D_2$ : diámetro de la rueda conducida.

- Ruedas de fricción con disposición troncocónicas.

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{\text{sen } \beta}{\text{sen } \alpha}$$

Considerando:

$\beta$ : ángulo que se emplea como eje de la rueda conductora, representado por el segmento de recta PA.

$\alpha$ : ángulo que se emplea como eje de la rueda conducida con el segmento de recta PA, tal como se representa a continuación. (Pulido, 2009)

A continuación se observan en las figuras 2.11 y 2.12 algunos casos en los que se bosquejan los ángulos que representan los ejes de guía.

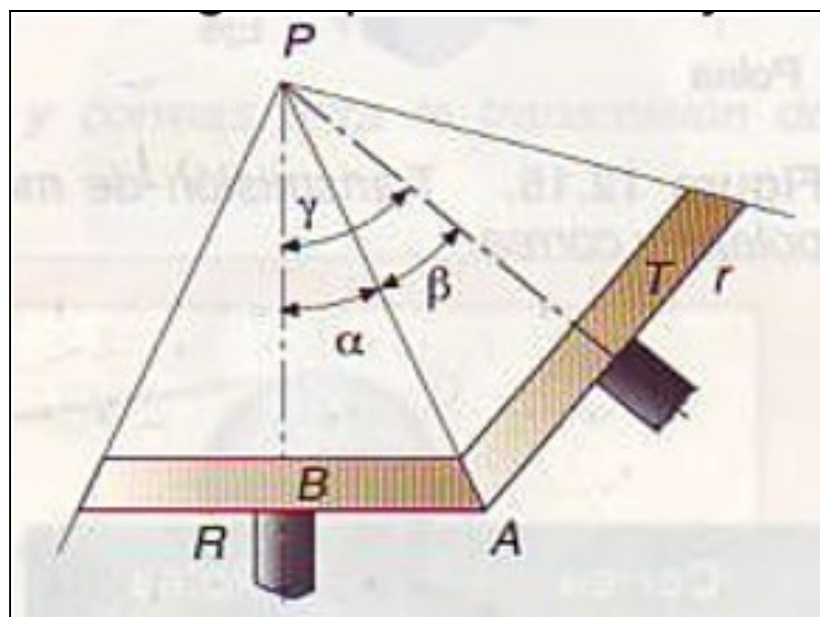


Figura 2. 11: Ruedas de fricción a un  $\theta > 90^\circ$   
Fuente: (Pulido, 2009)

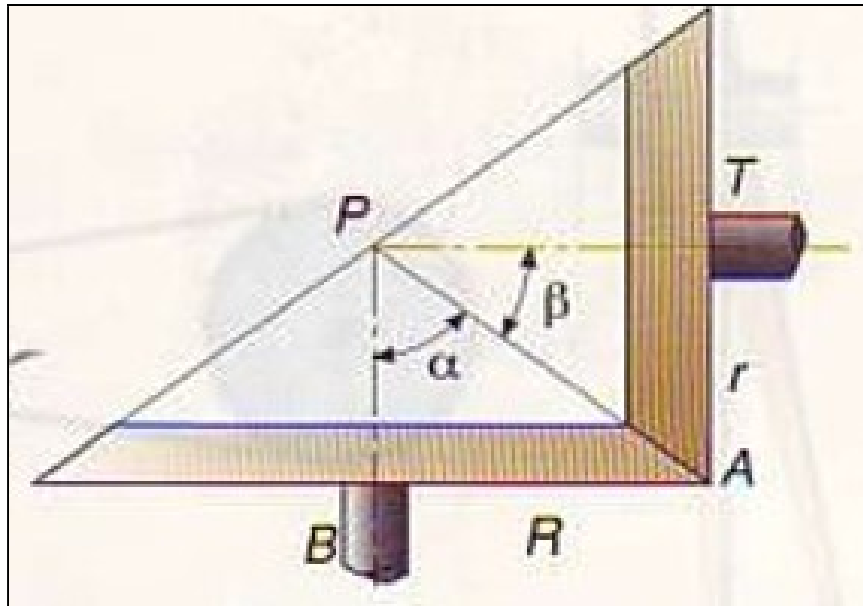


Figura 2. 12: Ruedas de fricción a un  $\theta$  ( $90^\circ$ )  
Fuente: (Pulido, 2009)

### 2.4.3 Transmisión lineal: engranajes con cadena

Se compone por dos ruedas cuyos bordes son dentados y se encuentran enlazadas a través de una cadena estructurada por eslabones en los que coinciden los dientes de las ruedas, tal como se observa en la figura 2.13. En este mismo sentido, la cadena es aquella que permite la transmisión del movimiento y fuerza desde una rueda a otra. Sin embargo, a diferencia del engranaje; el movimiento del mecanismo se desarrolla en un mismo sentido y no de forma contraria. Tomando en cuenta estas consideraciones, se emplean las mismas fórmulas que en la transmisión por engranajes para determinar las velocidades de las ruedas. (IES LA ASUNCIÓN, 2013)

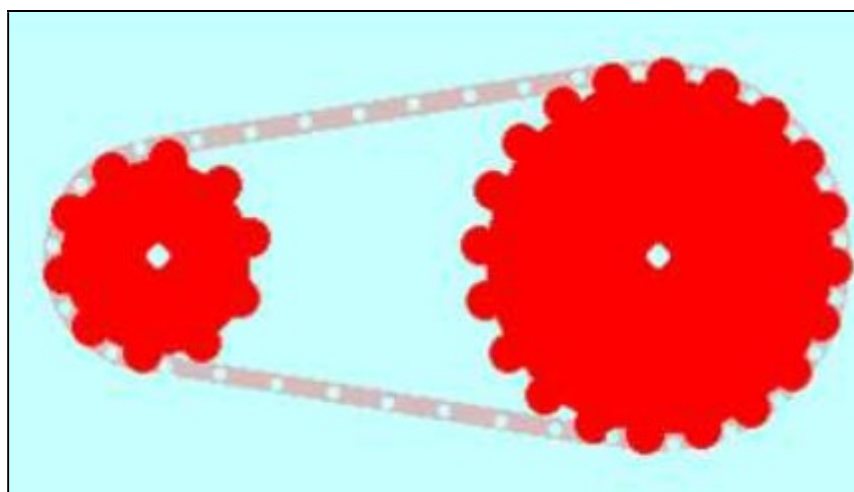


Figura 2. 13: Engranajes con cadena  
Fuente: (IES LA ASUNCIÓN, 2013)

#### 2.4.4 Transmisión lineal: poleas con correa

Este tipo de mecanismo se basa en el principio de funcionamiento de las ruedas de fricción pero en este caso se encuentran unidas a través de una correa, la cual permite la transmisión tanto del movimiento como de la fuerza de una rueda a otra, tal como se observa en la figura 2.14. A diferencia del caso anterior, las ruedas girarán en una misma dirección y los cálculos son los propuestos en la transmisión por ruedas de fricción. (IES LA ASUNCIÓN, 2013)

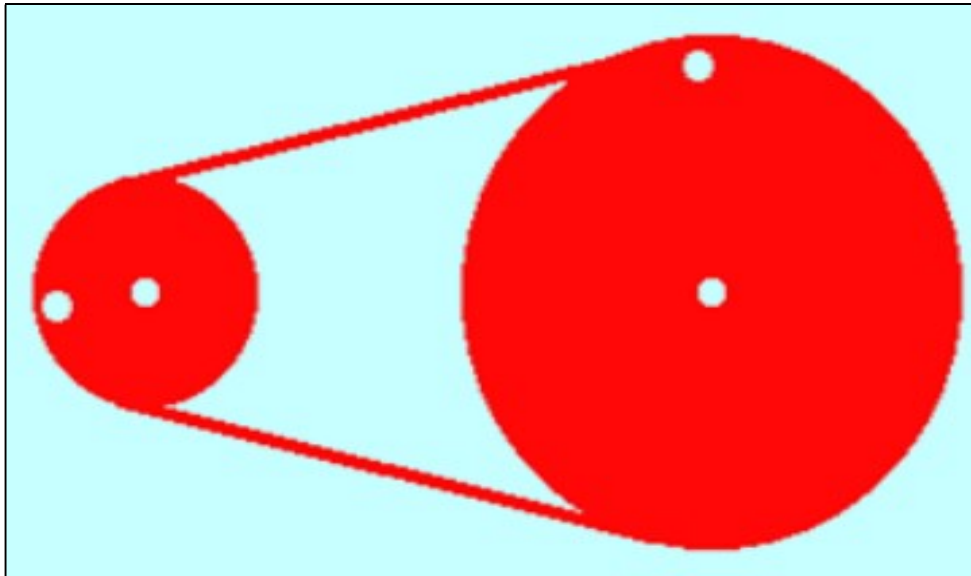


Figura 2. 14: Poleas con correa  
Fuente: (IES LA ASUNCIÓN, 2013)

#### 2.4.5 Transmisión lineal: tornillo sinfín

Este tipo de mecanismo de transmisión se compone por un tornillo, a partir del cual su rosca se engrana o encaja con los dientes de una rueda de tipo dentada (figura 2.15). En este caso, el movimiento se genera a partir del giro del elemento motriz (tornillo), provocando así el giro del elemento conducido (rueda dentada). De forma que la velocidad de giro de la rueda dentada es menor que la del tornillo; esto quiere decir que por cada revolución o vuelta del tornillo, avanzará un diente de la rueda. Por lo tanto, dependerá de la cantidad de dientes de la rueda para determinar la velocidad de giro del mecanismo. De esta manera se llega a la conclusión de que el tornillo sinfín es sin duda un elemento reductor, siendo el elemento receptor o conducido aquel que gira más lento que el motor. Por ende, es notorio que en este tipo de transmisión existe una pérdida de velocidad a costa de obtener una mayor adquisición de fuerza. (IES LA ASUNCIÓN, 2013)



**Figura 2. 15: Poleas con correa**  
**Fuente: (IES LA ASUNCIÓN, 2013)**

## **2.5 Principio de los sistemas neumáticos**

En la actualidad, gran parte del desarrollo de la automatización industrial se debe a la implementación de componentes neumáticos; siendo un factor de gran importancia en la mayoría de los procesos industriales, permitiendo así que genere altos niveles de manufactura y productos con mayor calidad. Por lo tanto, se define a la neumática como un recurso a través del cual permita alcanzar elevados niveles de competitividad en el sector industrial. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que lo que permite el funcionamiento de los sistemas neumáticos se debe a la alimentación por aire comprimido y elementos que lo componen. (Panchi & Santo, 2014)

### **2.5.1 Fundamentos básicos del aire comprimido**

En el ecosistema, el aire de la atmósfera lo encontramos como un recurso abundante en el medio ambiente con características favorables en cuanto a la calidad, almacenamiento, transporte, inflamabilidad, compresibilidad, entre otros que lo favorece como un fluido funcional para ser empleado como componente básico en los sistemas que se benefician de la energía de presión almacenada por un fluido. En este sentido, la compresión del aire se desarrolla por medio de una acción mecánica externa hasta llegar a una determinada presión y que al realizar contacto con otro componente de trabajo (un cilindro) descargue esa energía almacenada por la presión. (Panchi & Santo, 2014)

Dado el caso en que el cilindro cuente con una sección definida como (A), sobre el cual ejerce presión el aire comprimido (p), la cantidad de fuerza transmitida al vástago se define por:

$$F = A * p$$

Expresión cuya unidad de presión se encuentra representada por la atmósfera (atm), así como a nivel internacional se define por el pascal (Pa). Aunque a pesar de ello, se usa mucho en el campo industrial el bar equivalente a ( $10^5$  Pa). (Panchi & Santo, 2014)

### **2.5.2 Ventajas y desventajas del aire comprimido**

En el trabajo desarrollado por Panchi & Santo (2014), como parte de las numerosas ventajas que ofrece el aire comprimido pueden ser:

- Recurso de gran abundancia de fácil disponibilidad que puede ser reutilizado.
- Facilidad de almacenamiento en los acumuladores.
- Es antiexplosivo, con bajo índice de flamabilidad.
- Cuenta con una temperatura estable que en casos extremos puede considerarse como seguro.
- No presenta inconvenientes ante el escape del flujo y tienen la opción de ser empleado en las líneas depuradoras con el fin de conservar el aire limpio.
- Se compone de elementos cuyo diseño son de fácil armado.
- Cuenta con la capacidad de regular tanto las velocidades como las fuerzas de forma continua y escalonada.
- Los elementos neumáticos pueden trabajar hasta condiciones máximas sin sobrecargarse o recalentarse. (Panchi & Santo, 2014)

Sin embargo, también existen inconvenientes en el empleo del aire comprimido que se describen a continuación.

- Es necesario que se realice una previa limpieza de impurezas y humedad precedente a su uso.
- Como efecto ante la alta compresibilidad del aire, no cuenta con velocidades estables en los elementos que lo componen.

- Dispersión de ruidos ante el escape del aire a la atmósfera, sin embargo existen elementos como los silenciadores como solución ante este problema.
- En lo respecta a los esfuerzos requeridos, sólo pueden trabajar con 2000 a 300kg a una presión de 7 bares.
- A pesar de que ofrece un alto rendimiento en los procesos, posee un elevado costo. (Panchi & Santo, 2014)

### 2.5.3 Composición estructural de un sistema neumático

Como parte de la estructura principal que constituye un sistema neumático se encuentra:

- Provisión de energía.
- Elemento de entrada (sensores).
- Elemento de procesamiento (procesadores).
- Elemento de mando o control.
- Elementos de poder (actuadores)

Y cada uno de estos componentes llevados al sistema neumático se representan por símbolos que describen su función. Mas sin embargo, es necesario recordar que el flujo de señales se leen de abajo hacia arriba y la alimentación de energía se realiza a través de tubería flexible.

Pero para comprender mejor cómo se encuentra estructurado un sistema, a continuación se presenta en la tabla 2.3 los parámetros para diseñar un sistema neumático desde su estructura (figura 2.16), esquema de conexiones (figura 2.17), símbolos neumáticos (2.18) y algunos puntos a considerar para su desarrollo. (Croser, Thomson, & Ebel, 2000)

**Tabla 2.3: Parámetros para elaborar un sistema neumático**

<b>Especificación</b>	<b>Detalles</b>
Flujo de señales	De abajo hacia arriba
Cadena de mando	Principio S P A: Sensor, procesador, actuador
Alimentación de energía	Por tubo flexible o tubería

Fuente: (Croser et al., 2000)



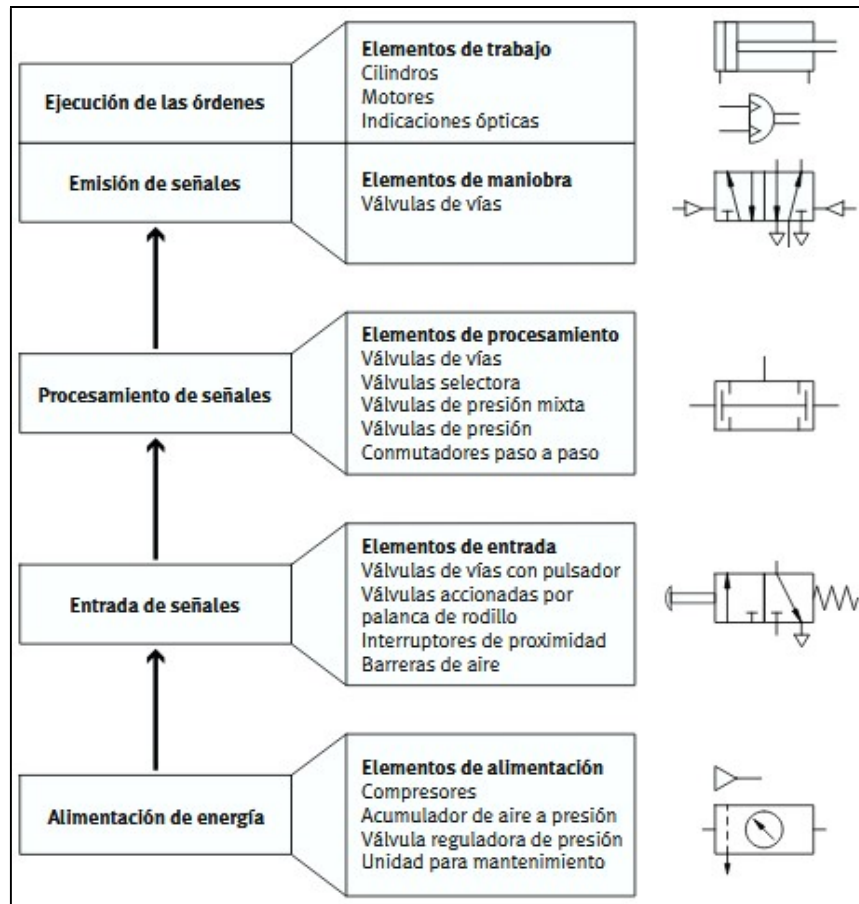


Figura 2. 16: Estructura de un sistema neumático  
Fuente: (Croser et al., 2000)

Código de señalización de los componentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número del equipo empezando con 1; sólo se utiliza cuando el circuito de mando completo consta de más de un equipo</li> <li>Número del circuito de mando comenzando con 1; todos los accesorios con 0</li> <li>Señalización de los componentes por medio de letras</li> <li>Número de los componentes comenzando con 1</li> </ul>
Esquema de conexiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>De arriba hacia abajo</li> <li>Elemento de trabajo 1A</li> <li>Elemento de mando 1V2</li> <li>Elemento de procesamiento 1V1</li> <li>Elementos de entrada 1S1, 1S2, 1S3</li> <li>Elementos de alimentación 0Z, 0S</li> </ul>

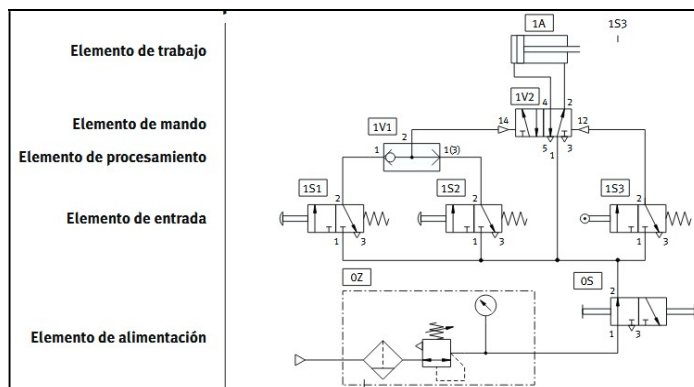
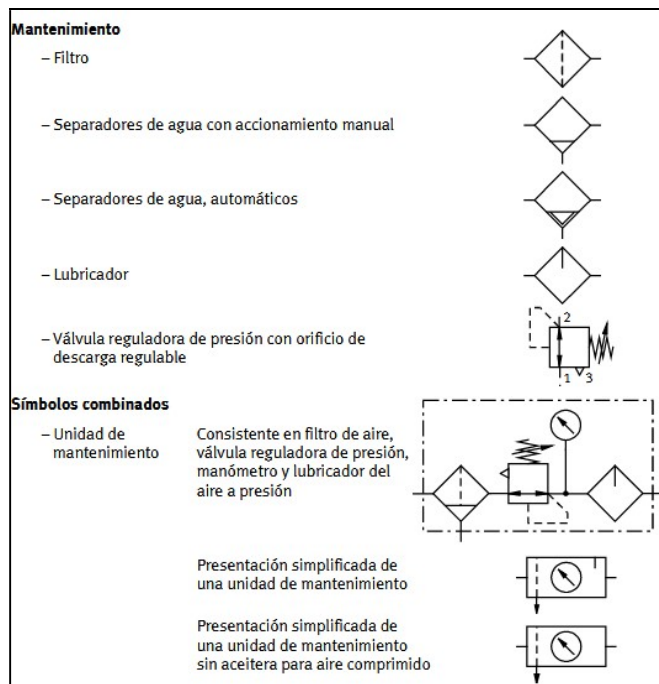


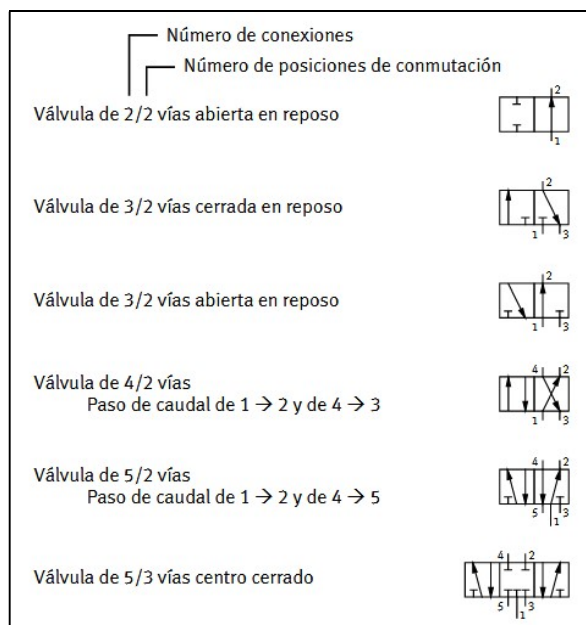
Figura 2. 17: Esquema de conexiones de un sistema neumático  
Fuente: (Croser et al., 2000)



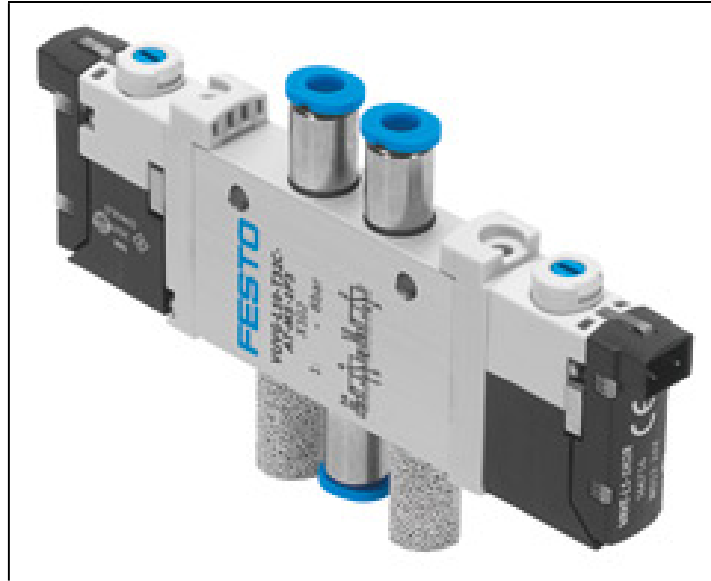
**Figura 2. 18: Simbología básica de un sistema neumático**  
**Fuente: (Croser et al., 2000)**

#### 2.5.4 Estudio de estados y conexiones de válvulas neumáticas

Según Croser et al. (2000), en un sistema neumático es necesario el empleo de válvulas (figura 2.20) que de acuerdo a la función necesaria, se dispondrán de varias vías y se pueden emplear como elementos de mando, de procesamiento y de entrada. Estos a su vez pueden contar con una posición abierta o cerrada en estado de reposo. Algunas de las válvulas existentes se muestran en la figura 2.19.



**Figura 2. 19: Simbología de válvulas neumáticas**  
**Fuente: (Croser et al., 2000)**



**Figura 2. 20: Electroválvula compacta**  
**Fuente: (Grupo Festo, 2018)**

## CAPÍTULO 3

### PROCESO DE LA AUTOMATIZACIÓN

Hoy en día, el propósito por el cual se desarrolla la automatización se debe a la necesidad de reducir la intervención de operarios, optando por la implementación de medios tecnológicos como las telecomunicaciones y la informática en actividades de control de producción en cuyos sistemas se logre el cierre de un lazo de información. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta que debe existir una medición del proceso para así determinar el estado del sistema, el objetivo de trabajo y finalmente ponerlo en marcha. (Tutosaus, 2009)

#### 3.1 Componentes de un sistema automatizado

En el apartado de AIU (2017), un sistema automatizado está compuesto de un lazo abierto o lazo cerrado. En lazo abierto, no existe retroalimentación a un controlador por parte de la variable física y por otro lado, el lazo cerrado presenta una retroalimentación con el controlador para así comparar con el valor de referencia y de existir error, realizar las correcciones respectivas. En otras palabras, ajustar el valor requerido dentro de los parámetros establecidos y lograr una estabilidad en el sistema. Los componentes que forman un sistema automatizado son:

- Proceso a controlar
- **Sensor:** También conocido como detector, se emplea para la medición de la variable física a controlar y envía los datos al controlador.
- **Controlador:** Es el encargado de determinar las decisiones para corregir la variable física de ser necesario.
- **Comparador:** Es aquel elemento que está constituido dentro o fuera del controlador y cumple con la función de comparar los valores leídos de la variable física con los preestablecidos o también llamados de referencia.
- **Actuador:** Dispositivo que se caracteriza por recibir indicaciones del controlador para ejecutar movimiento en cierto sentido y de esta forma corregir el valor de la variable en cuestión. (AIU, 2017)
- **Niveles de automatización y proceso de producción:** Durante siglos, los tres grandes referentes de la industrialización fueron la eléctrica, siderúrgica y petrolera. Hoy en día, la automatización forma parte del

importante desarrollo de muchos países a un distinto nivel. Según opiniones de profesionales, es de carácter obligatorio que las industrias que trabajan con materia prima pesada como la energética y siderurgia, deban automatizar sus procesos para cumplir con las normas de calidad del producto y a la vez garanticen su competitividad en el mercado. (AIU, 2017)

### **3.1.1 El proceso industrial y su clasificación**

Con proceso, se refiere a una función desarrollada de forma sistemática que se compone de un conjunto ordenado de pasos secuenciales o alternados, cuyo objetivo es lograr un determinado y específico resultado conforme a las necesidades del trabajo requerido. (Tinajero, 2015)

En tanto al proceso industrial, se define así dado a que su aplicación se desarrolla en ese sector. Por tanto, significa que las instalaciones están destinadas a la manufactura de productos específicos. Se dividen de acuerdo al número de entradas y salidas que presenta el sistema y pueden ser:

- **Proceso Simple**

Se determina como un proceso industrial simple, aquel que posee muy limitadas entradas que salidas, los cuales pueden ser de acuerdo al caso:

a) SISO (Simple In, Simple Out): Una entrada y salida.

b) SIMO (Simple In, Multiple Out): Una entrada, múltiples salidas.

c) MISO (Multiple In, Simple Out): Múltiples entradas y una salida. (Tinajero, 2015)

- **Proceso Complejo**

Por otra parte, un proceso industrial complejo se caracteriza por contar con una mayor cantidad de entradas que de salidas, con lo que permite más opciones de control y así garantizar el desempeño del proceso. Por lo que se tiene:

a) MIMO (Multiple In, Multiple Out): Varias entradas y salidas. (Tinajero, 2015)

### 3.1.2 Elementos empleados en la automatización

- Herramientas y máquinas automatizadas.
- Robots de tipo industrial.
- Sistemas de almacenamiento y movimiento automático.
- Sistemas basados en computadores: usados para la planificación, control y toma de decisiones (figura 3.1) y sistema de realimentación. (Tutosaus, 2009)



Figura 3. 1: Logo SIEMENS  
Fuente: (Tutosaus, 2009)

### 3.2 Los sistemas de producción y sus tipos de automatización

Se clasifican de acuerdo al nivel de especialidad en:

- **Sistemas fijos**

Emplean dispositivos expresamente diseñados para brindar solución a un determinado proceso con el propósito de obtener una mayor eficiencia. Por lo general, se usan en campos de trabajo con características como: alta producción, etapas fijas, alta inversión inicial en equipos, reducida diversidad de producto y por último el elevado coste en las unidades fabricadas. Como por ejemplo, las máquinas con proceso automático de ensamblaje, líneas de mecanizado, etc. (Tutosaus, 2009)

- **Sistemas programables**

Este sistema reutiliza los equipos en distintas secciones de producción con el fin de reducir los costos y disponer de una mayor flexibilidad en los tipos de productos fabricados. Usualmente los procesos en los que se emplean presentan un nivel de producción medio – bajo, además cuentan con equipos con la capacidad de variar la secuencia de operación de acuerdo a las necesidades del producto y equipos de uso general con posibilidad de inversión para mantener un stock variado. (Tutosaus, 2009)

Sin embargo, existen casos en el que se necesita realizar ciertas modificaciones en el proceso de fabricación y para ello se debe tomar en cuenta el ajuste físico de las herramientas, así como la reprogramación de los autómatas programables; robots, etc. (Tutosaus, 2009)

- **Sistemas flexibles**

Los sistemas flexibles permiten la reprogramación para lograr variaciones en la producción, en otras palabras cuenta con un determinado nivel de parámetros a los que se puede acceder. Comúnmente empleados en procesos con producciones de nivel medio, equipos de uso sofisticado, elevada inversión en dispositivos específicos y aquellos que cuentan con facilidad para realizar cambios en el diseño final. (Tutosaus, 2009)

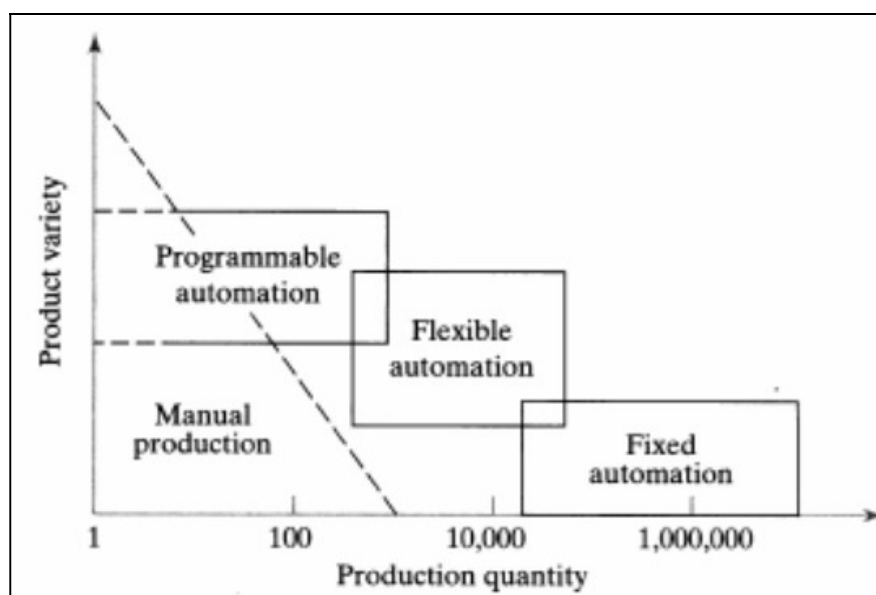


Figura 3. 2: Gráfica producción vs. variedad de producción  
Fuente: (Tutosaus, 2009)

### **3.3 Beneficios del control automático**

Como parte de algunas de las ventajas que ofrece el control automático, se encuentran:

- Incremento en las tasas de producción.
  - Productos con alto nivel de calidad.
  - Precios de materiales más accesibles.
  - Reducción de costos en el sector de potencia o energía.
  - Reducción de costos en equipos relacionados a la industria.
  - Baja inversión en mano de obra en labores con poco nivel de especialización.
- (Bullón, 2009)

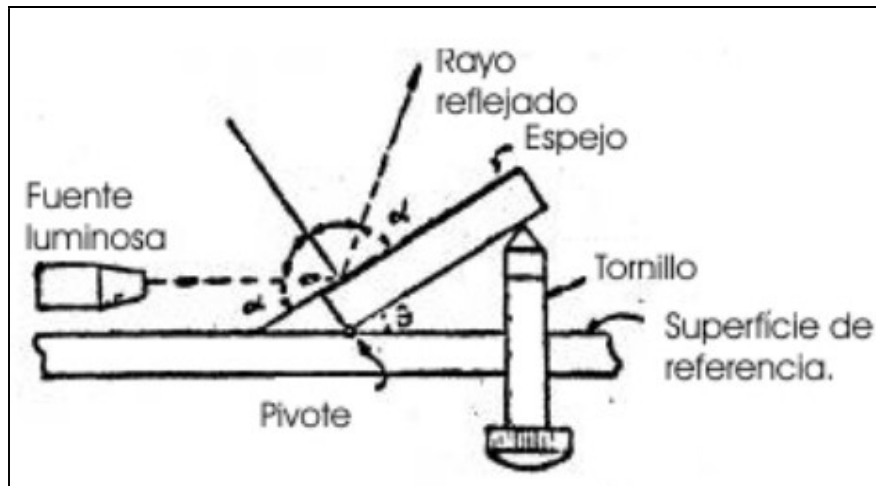
De esta forma, la industria logra una mayor producción en los procesos de fabricación. Aunque por otra parte, se crea la necesidad de brindar asesoramiento al personal tal como capacitaciones para aquellos obreros que son semiespecializados, con el fin de asignar tareas de mayor dificultad como el mantenimiento, manejo de la maquinaria y por ende los elementos de instrumentación que lo componen. (Bullón, 2009)

### **3.4 Introducción a los sistemas de control**

Como menciona Bullón (2009), al tratarse sobre un sistema, se define como una organización o conjunto de cosas interconectadas que forman un todo con el objetivo de realizar una función determinada. Y por otra parte, la palabra control hace referencia a todo aquello que requiere de direccionamiento o regulación. Por ende, la combinación de ambos términos nos brinda el concepto de sistema de control como una agrupación de elementos físicos acoplados con la capacidad de comandar por si solo a otro proceso o así mismo.

Por lo tanto, resulta oportuno decir que cada elemento de una misma estructura puede ser considerado como un sistema de control. No obstante, su entorno puede ser afectado por cualquier factor externo a favor o en contra. Como ejemplo, se puede mencionar el caso de un espejo que permite el direccionamiento de un haz de luz a través de un tornillo regulable que posibilita la variación de ángulo de reflexión, tal como se observa en la figura 3.3.



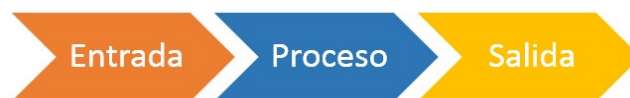


**Figura 3. 3: Sistema de control de un haz de luz**  
**Fuente: (Bullón, 2009)**

Hoy en día, existe una mayor incidencia de sistemas de control en muchos de los procesos industriales. Así pues, es necesario conocer términos como entrada y salida que permiten comprender e identificar ciertos parámetros que lo conforman.

Por un lado, la entrada se define como aquel estímulo que permite al sistema ejecutar una función específica. Por lo general, esta excitación puede ser una fuente de energía como una planta. Por otra parte, la salida corresponde a la respuesta adquirida del sistema de control. No obstante, no siempre se obtiene el resultado esperado en la etapa de entrada; mas sin embargo, el sistema de control se encarga de identificar tanto la entrada como la salida. Una vez que pasa por la etapa de identificación, procede a determinar el origen de los elementos que lo componen.

Por lo tanto, en resumidas se define como la relación entre componentes para crear una consigna en él, generando así una determinada respuesta (figura 3.4)



**Figura 3. 4: Representación de un sistema de control**  
**Fuente: (Tinajero, 2015)**

Ahora bien, tanto la entrada como la salida poseen un factor en común que se denomina como proceso; el cual receipta la señal de ingreso para brindar como resultado una respuesta específica, la misma que en la mayoría de los sistemas es amplificada para su respectivo análisis y almacenamiento.

Dependiendo de la cantidad de entradas y salidas de un sistema de control, se dividen en tres tipos fundamentales:

- **Sistemas de control elaborados por el hombre**

Este tipo de sistema puede tomar como referencia al interruptor eléctrico, obra del hombre y que a través de su accionamiento controla el paso del flujo eléctrico. Sin embargo, cabe recalcar que la intervención del usuario no influye en el comportamiento del entorno de trabajo. (Bullón, 2009)

- **Sistemas de control de tipo natural**

Hace referencia a un sistema por calentador que trabaja con un termostato, cuya función es regular la temperatura de forma automática de un determinado ambiente. En la entrada del sistema ingresa cierta temperatura que sirve de referencia y la salida será la temperatura deseada. En el caso particular en que la salida es menor a la entrada, se envía una señal al termostato; logrando así que el calefactor produzca el calor necesario para igualar la temperatura del entorno con la de referencia. Por ende, el calefactor se mantendrá es estado de conexión y desconexión hasta mantener la temperatura equilibrada. (Bullón, 2009)

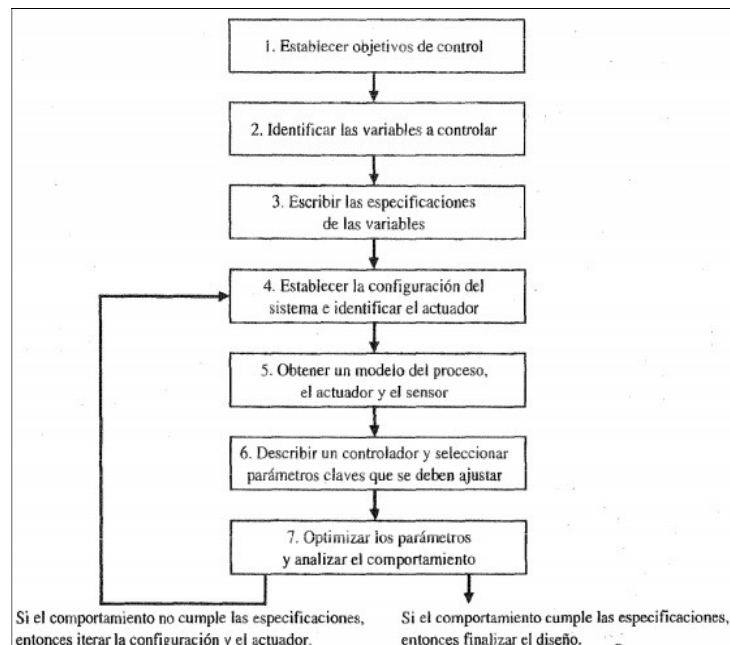
- **Sistemas de control combinado**

Se refiere a los sistemas en donde involucran dispositivos creados por el hombre y aquellos que son de origen natural. Por ejemplo, se tiene un sistema de indicación de objetos a través de un dedo y para ello se debe considerar el control biológico que involucra partes del cuerpo humano tal como brazo, mano, ojos y cerebro. Por lo tanto, la entrada se encuentra definida por la dirección del objeto con respecto a cierto punto y la salida será la posición indicada con referencia al punto ya establecido. (Bullón, 2009)

### **3.4.1 Principios de diseño de sistemas de control**

Se define como un punto importante dentro de las fases de diseño (figura 3.5) que abarca la ingeniería de control y su objetivo es lograr de forma eficaz la adecuada configuración y estabilización de parámetros para así obtener los resultados deseados del sistema. Por lo que se deben seguir indicaciones como:

- Establecer los fines del sistema, es decir el alcance de los procesos a desarrollarse. Como por ejemplo el control de la velocidad, temperatura, presión, etc.
- Identificación de las pertinentes variables a controlar.
- Definir las especificaciones o calibración de la precisión deseada. Además, se determina el sensor adecuado para medir la variable a controlar.
- Elección del actuador de acuerdo a los requerimientos que involucra el proceso con el objetivo de obtener el resultado deseado.
- Elección del controlador, dispositivo que cumple la función de comparar el valor deseado con el valor real para luego enviar la información comparada a un amplificador de señal.
- Ajuste de los parámetros para que el sistema trabaje de forma adecuada. (Tinajero, 2015)



**Figura 3. 5: Fases del diseño de un sistema de control**  
**Fuente: (Dorf & Bishop, 2005)**

### 3.5 Estudio de variables y parámetros de medición

En el sector industrial, es importante la cuantificación en lo que respecta a la cantidad de elementos que ingresan y salen de un contenedor o un espacio limitado, generalmente segmentado por la planta de procesos. Sin embargo, también es necesario tanto el monitoreo como la medición de los distintos parámetros del sistema de control, ya sea la presión, densidad, temperatura, etc; con el fin de

controlar los diferentes procesos que constituyen una planta a través de la manipulación de la variable controlada y alcanzar el objetivo buscado. (Bullón, 2009)

En el mismo sentido, las cuantificaciones mencionadas anteriormente se realizan a través de elementos con la capacidad de enviar señales con respecto a la variación de cantidad o volumen presente. Por lo que se llega a la conclusión de que una señal se define como un factor que incide interna o externamente sobre un sistema que limita su comportamiento.

En términos matemáticos, la señal se ve representada por una función de variables independientes que encierra toda la información sobre el origen y conducta de un determinado fenómeno, generando así una respuesta ante las señales recibidas y por ende una retroalimentación de la misma; es decir otra señal. Esta explicación se observa en el caso de un vehículo en donde el conductor oprime el acelerador, generando así un incremento de velocidad. Por lo tanto, de este ejemplo se define al vehículo como el sistema, el accionamiento del acelerador como entrada y la velocidad de respuesta como salida. (Bullón, 2009)

### 3.5.1 Concepto de variable y clasificación

Una variable se define como una medida de propiedad o cantidad que se caracteriza por formar parte de la base del sistema de control; generalmente se la conoce como variable de proceso, medición o instrumentación. De la misma manera pueden ser dependientes e independientes, sin embargo de acuerdo al tipo pueden ser:

- **Variable dinámica:** Se define como aquella variable controlada o constante.
- **Variable manipulada:** Es aquella variable con opción a cambios con el propósito de estabilizar el proceso. Esta variable es de gran importancia, ya que a través de ella se realiza el control del proceso.
- **Perturbaciones:** Se denominan así, ya que inciden sobre la variable controlada generando cambios en la misma. Por lo general, se las conocen como interferencias y éstas pueden ser de tipo: externas e internas. (Tinajero, 2015)

Dependiendo del campo de aplicación, las variables de medición más importantes se clasifican en:

- **Fuerza**

Se define como una medida física que genera variaciones en la posición desconocida de un cuerpo, sin embargo estos cambios pueden presentarse como deformaciones como en el caso de los plásticos; en el cual a través del exceso de fuerza deforma definitivamente el material o puede ser transitoria como en el caso de los elásticos. También existen fuerzas estáticas o dinámicas, originando deformaciones y/o desplazamientos torsionales y/o lineales. (Bullón, 2009)

- **Velocidad**

Esta variable contempla la velocidad con la que se desplaza un cuerpo con respecto a un punto fijo de referencia, ya sea a favor o en dirección contraria. Así mismo, se debe considerar al tiempo como un factor complementario e imprescindible de la velocidad; tal como ocurre en el trayecto de fluidos a través de un caudal o en la rapidez con la que un cuerpo viaja por unidad de tiempo. Las medidas obtenidas pueden ser lineales o angulares, mas sin embargo el cambio de la velocidad en el tiempo puede generar una segunda variable conocida como aceleración. (Bullón, 2009)

- **Tiempo**

Definido como el intervalo o período de tiempo transcurrido. La reiteración de períodos en una unidad de tiempo se conoce como frecuencia y se mide en hercios. (Bullón, 2009)

### **3.5.2 La señal de medición y su clasificación**

Los cambios observados en las mediciones de una variable se convierten en la variación de otra (en referencia a la señal de medición), de forma que acciona el dispositivo de operación y pone en marcha el sistema de control.(Bullón, 2009)

Un ejemplo que explica el envío de señales se puede observar en la medición de flujo usando como recurso una placa orificio como elemento primario, en el cual

se ejerce una presión diferencial que representa a la señal de medición y opera de forma directa al indicador y/o almacenador de datos. La señal que genera la presión puede incluso crear otra señal de medición, bien puede ser de tipo eléctrica o neumática que servirá para operar al dispositivo. En la actualidad, estas señales analógicas con el avance tecnológico se convierten en señales digitales y pueden ser enviadas a un dispositivo de control como una computadora.

Así mismo, la señal analógica es enviada a un transductor, dispositivo encargado de recibir energía de cierta naturaleza (acústica, mecánica, eléctrica, etc.) y proveer otra de diferente propiedad con características semejantes a la recibida, tal como un conversor analógico/digital. Sin embargo, existen diez divisiones que estudian las señales de medición; como el movimiento de tipo mecánico, líquido, de haz de electrones o luz; en donde involucra la fuerza por: presión o de tipo mecánica; señales eléctricas de voltaje o corriente y por último la medición de tiempo modulado por pulso, señal de frecuencia.(Bullón, 2009)

### 3.6 El control automático y su rol en los procesos industriales

Básicamente a través del control por lazo realimentado, muchos de los procesos no necesitan de la intervención por parte del operador; por lo que el control automático es de gran importancia para industrias con altos niveles de producción o manufactura. A continuación se presenta en la figura 3.6 un sistema intercambiador de calor como ejemplo del control por lazo realimentado. (Bullón, 2009)

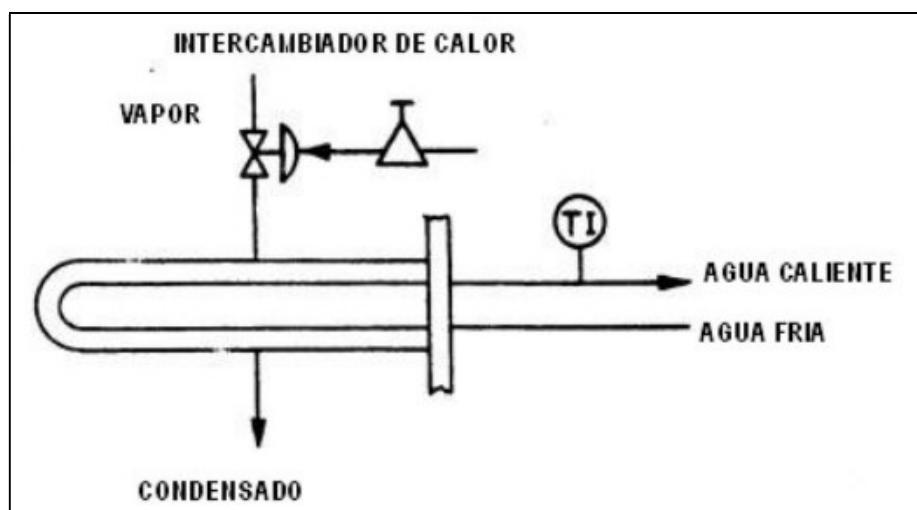


Figura 3. 6: Sistema de control automático  
Fuente: (Bullón, 2009)

La figura anterior muestra una modalidad de control automático generalmente empleado por las industrias dedicadas a la purificación y embotellado de agua. La función de un intercambiador de calor consiste en el calentamiento del agua que de forma manual opera través de la regulación de una válvula que controla el trayecto del vapor a partir de la presión de aire proporcionado. No obstante, es necesario para el operario contar con indicador de temperatura que le permita controlar la misma a los parámetros preestablecidos.

De no llegar a la temperatura deseada, debe abrir o cerrar la válvula hasta mantener la medida seteada. Mientras que con la ayuda de un control automático, el controlador capta las señales de medición provenientes del transmisor o sensor de temperatura para luego realizar las pertinentes comparaciones entre el set-point y el controlador.

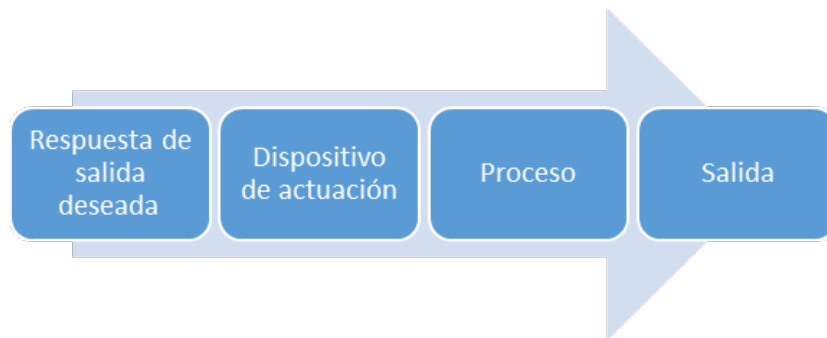
Una vez que se han realizado las comparaciones de datos, se determina si los valores medidos sobrepasan o están por debajo de los consignados y luego se envía una señal de apertura o cierre a la válvula hasta alcanzar el valor requerido. (Bullón, 2009)

### **3.6.1 Los sistemas de control y su clasificación**

Un sistema de control puede dividirse en lazo abierto y lazo cerrado y se diferencian mediante el tipo de acción que realizan con el fin de obtener una determinada salida. En lo que respecta al lazo abierto se caracteriza por realizar cierta acción que no depende de la salida. Además, cuenta con un elevado nivel de exactitud dado a la calibración que poseen durante las acciones que ejerce y no presentan problema en cuanto a su estabilidad. Por el contrario, el control de lazo cerrado trabaja hasta alcanzar cierto valor de la salida y se los conocen como control retroalimentado. (Bullón, 2009)

### **3.6.2 Análisis del control por lazo abierto**

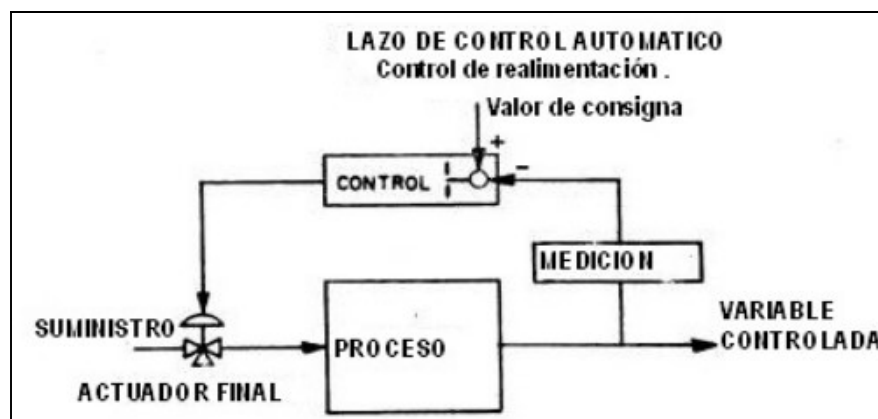
Este sistema depende (figura 3.7) de un dispositivo de actuación para así lograr el control del proceso de forma directa, ya que en este caso no existe retroalimentación. (Tinajero, 2015)



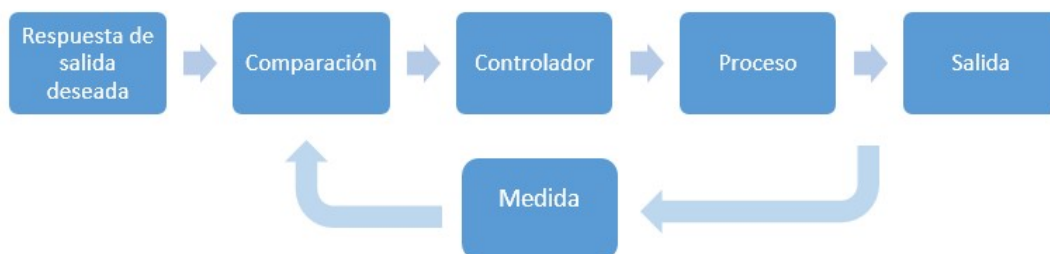
**Figura 3. 7: Sistema de control en lazo abierto**  
 Fuente: (Tinajero, 2015)

### 3.6.3 Análisis del control por lazo cerrado

En lazo cerrado (figura 3.8), se especifica de forma más completa cómo se encuentra compuesto un lazo de control. Sin embargo, a través del elemento de medición, se observan los valores de la variable controlada por el lazo realimentado. (Tinajero, 2015)



**Figura 3. 8: Lazo de control por realimentación**  
 Fuente: (Bullón, 2009)



**Figura 3. 9: Sistema de control de lazo cerrado con una variable**  
 Fuente: (Tinajero, 2015)

Así pues, se define como sistema realimentado a la característica que presenta un sistema de lazo cerrado (figura 3.9) de comparar los valores de salida con los de la entrada con el objetivo de ejecutar cierto tipo de acción en respuesta a la relación de



la salida con respecto a la entrada. En resumidas palabras, responde a una acción de causa y efecto como respuesta al sistema de control.

A nivel estructural, se compone por un actuador final que se encarga de proporcionar energía al proceso con el fin de modificar las señales de medición. Se representa por una llave de paso, válvula, etc. y también es necesario identificar el tipo de función con el que trabaja la planta, ya que puede ser simple como el control de caudal; hasta uno complejo como los que se desarrollan en la industria petrolera. Y finalmente, se tiene el controlador automático que como se indicó previamente cumple el trabajo de estabilizar las mediciones dentro de los parámetros definidos. (Tinajero, 2015)

## CAPÍTULO 4

### ELEMENTOS DE MANDO Y CONTROL

#### 4.1 Instrumentos de mando

Como mencionan Gasca, Bautista, Quintero, & Gómez (2012) en su trabajo de práctica; están definidos por aquellos instrumentos que permiten tanto la apertura como el cierre del circuito (baja potencia) y su operación es accionada por el operador. De esta manera, los elementos de mando se clasifican de la siguiente manera:

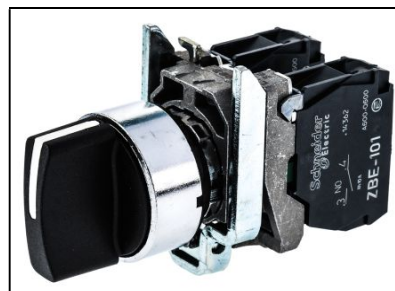
De acuerdo a su composición externa, pueden ser:

- **Pulsantes:** a diferencia de los pulsantes de maniobra, se caracterizan por trabajar con intensidades de corriente muy bajas y estos pueden ser de tipo rasantes, salientes, de llave, hongo (figura 4.1) y luminosos. (Gasca et al., 2012)



**Figura 4. 1: Pulsante de emergencia**  
Fuente: (Amidata S.A, 2018a)

- **Selectores o interruptores de giro:** controlan una sección del circuito o función del sistema. Algunos de los selectores pueden ser: simple, con llave, de tres y de dos posiciones. (figura 4.2) (Gasca et al., 2012)



**Figura 4. 2: Selector de mando**  
Fuente: (Amidata S.A, 2018b)

De acuerdo a la función que desempeñan, pueden trabajar con contactos auxiliares:

- Normalmente abierto (NA) y cerrado (NC).
- Conexión y desconexión múltiple, es decir aquellos que cuentan con más de dos contactos ya sean estos abiertos o cerrados.
- Mixto, de conexión y desconexión simple (un contacto abierto y cerrado a la vez) y compuesto (dos o más contactos a la vez). (Gasca et al., 2012)

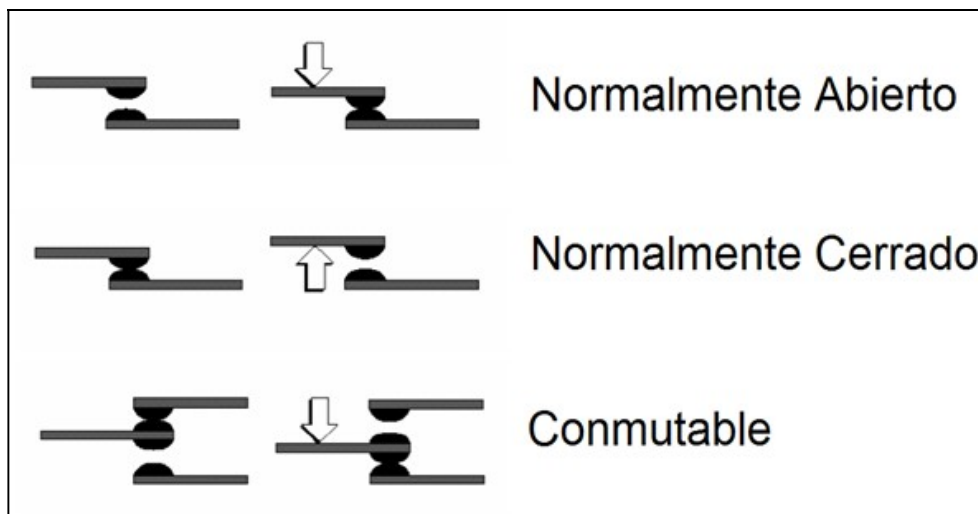
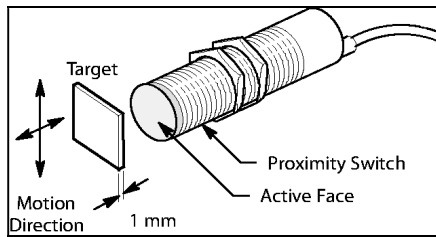


Figura 4. 3: Clasificación de los contactos auxiliares  
Fuente: (Gasca et al., 2012)

#### 4.1.1 Instrumentos auxiliares de mando

Son elementos cuyo funcionamiento depende de la respuesta de las variables involucradas en el sistema y estas pueden ser de tiempo, presión, temperatura, entre otras. Los instrumentos auxiliares trabajan de forma complementaria con los elementos de mando para automatizar el sistema de control. Como parte de algunos de los instrumentos auxiliares se pueden mencionar: finales o switch de carrera, temporizadores, presostatos, termostatos, detectores de proximidad, fotoeléctricos, entre otros. (Gasca et al., 2012)

- **Sensor de proximidad:** se refiere a un dispositivo capaz de convertir una variable común de tipo física en una eléctrica, cuyas propiedades como el nivel de frecuencia, corriente, entre otros posee información de la variable inicial. Un ejemplo que representa a los sensores de mayor uso son los de tipo inductivo, capacitivo, fotoeléctrico y magnético. (Panchi & Santo, 2014)



**Figura 4. 4: Sensor de proximidad**  
**Fuente: (Guruprasath, 2015)**



**Figura 4. 5: Sensor fotoeléctrico**  
**Fuente: (Autonics Corporation, 2015)**

## 4.2 Instrumentos de señalización

Son aquellos elementos que brindan alerta sobre el estado de un proceso en funcionamiento. En el campo, ofrecen soporte al control de los elementos que forman parte del sistema automatizado y estos pueden ser de tipo visual o auditiva.

- **Señalización visual:** instrumentos capaces de generar cambios perceptibles por el operario. Estos pueden estar representados por marcas e incluso por indicadores luminosos, mejor conocidos como luces piloto cuyos colores varían de acuerdo a la necesidad. (Gasca et al., 2012)



**Figura 4. 6: Indicadores iluminados**  
**Fuente: (Tengen, 2018)**

- **Señalización auditiva:** se representan por instrumentos que generan señales auditivas al operario, tal como sirenas, zumbadores, timbres, etc. (Gasca et al., 2012)

### 4.3 Instrumentos de protección

Son elementos que sirven como protección de la máquina o circuito contra sobrecargas que generen daños al sistema. Algunas de las causas que generan estos inconvenientes a un dispositivo eléctrico se deben al reducido voltaje en el suministro eléctrico, elevada incidencia en la temperatura del ambiente, etc. (Gasca et al., 2012)

A pesar de que se definen como elementos de protección, esto no significa que se desconectan de forma inmediata sino que procede con el corte de alimentación de la bobina del contactor. Algunos de los elementos que forman parte de los dispositivos de protección son: relés térmicos, electromagnéticos, estado sólido, magnético, etc. A continuación se mencionan algunos de ellos:

- **Relé térmico:** forman parte de los elementos de protección contra sobrecargas en el proceso de arranque o lapso de trabajo del actuador (como por ejemplo el motor). Su principio de funcionamiento consiste en la deformación por calor de un bimetálico, cuya deformación se debe a las propiedades de cada línea de fase. En lo que respecta a la aplicación, puede usarse en conjunto con instrumentos que trabajan con corriente continua y alterna. (Tinajero, 2015)



**Figura 4. 7: Relé térmico**  
Fuente: (Schneider Electric, 2017b)

- **Relé termomagnético:** se define como un elemento de protección con la capacidad de abrir o interrumpir un circuito ante la elevada intensidad de corriente que fluye a través de él, para sí evitar el daño de un determinado equipo eléctrico (figura 4.8). Dado a las necesidades en diferentes entornos, sus características pueden variar de acuerdo al:
  - **Calibre:** dependerá de la corriente que presente la instalación del proyecto. Puede encontrarse en el mercado desde 5 Amp. hasta 64 Amp.
  - **Tensión:** puede trabajar con tensión monofásica o trifásica. (230 ó 440 V).
  - **Poder de corte:** valor máximo de intensidad que el relé es capaz de interrumpir.
  - **Poder de cierre:** se refiere a la máxima intensidad que puede soportar sin sufrir daños, previo al instante de cierre.
  - **Polos:** corresponde al número de polos o conductores a los que van a conectar y pueden ser de uno hasta cuatro polos.



**Figura 4. 8: Relé unipolar**  
**Fuente: (Schneider Electric, 2017a)**

- **Relé estado sólido:** es un elemento de protección que controla cargas de corriente AC. y se acciona a través de la señal de corriente alterna. Los componentes que lo constituyen son semiconductores de estado sólido y a diferencia de los relevadores tradicionales, no emite ruido, interferencias o incluso vibraciones eléctricas dado al cierre de los contactos. («SSR-40DA Relevador de Estado Sólido 40 Amperes», 2018)



**Figura 4. 9: Relé estado sólido**  
**Fuente: («Electricas BC», 2010)**

#### **4.4 Autómatas programables**

Según Morales, Mendoza, & Ambrosio ( 2013), con la llegada de la revolución industrial, el hombre se ha mantenido en constante búsqueda del desarrollo para mejorar la eficiencia productiva en sus procesos. Y dentro de estas opciones, encontramos a los autómatas programables como la mejor opción para controlar los sistemas de un proceso industrial.

##### **4.4.1 Introducción al concepto de PLC y sus aplicaciones**

El PLC se define como un instrumento electrónico programable, empleado para efectuar acciones de autómatas lógicos, y controlar procesos industriales en tiempo real. (Panchi & Santo, 2014)

No obstante, tiempo atrás la mayoría de sistemas de control estaban conformados por contactores, relés, fusibles, entre otros elementos que involucraba la necesidad del diseño de diagramas eléctricos, de control, además empleaban componentes eléctricos y cableado estructurado, que en aquel entonces era necesario para realizar el levantamiento de una función específica. De forma que al existir alguna inconsistencia, se debía revisar y cambiar los cables incorrectamente conectados.

En respuesta a ello, el PLC aparece como solución a la interconexión de dispositivos y contactos de relés que se realizan a través de un programa, cuya función se basa en el almacenamiento de toda la información en su memoria. A pesar

de ello, también debe realizarse el cableado de los sensores, actuadores, entre otros que a larga resulta ser más práctico con la aparición de los autómatas. Además, en caso de errores por conexión, es de fácil corrección. (Panchi & Santo, 2014)

El PLC es por lo general aplicado en instalaciones que ejecutan procesos de señalización, control, maniobra, etc.; es decir en el sector industrial.



**Figura 4. 10: PLC S7-1200**  
**Fuente: (SIEMENS SPAIN, 2018)**

#### **4.4.2 Aportaciones del PLC**

El PLC como tal, posee ventajas tales como:

- Reducción de tiempo en la ejecución de proyectos.
- Acoplamiento de fácil acceso.
- Poca necesidad de espacio de trabajo.
- Capaz de controlar múltiples máquinas desde un solo controlador.
- Cortos tiempos de respuesta durante el funcionamiento del mismo.
- Reutilizable ante procesos que sobrepasan su capacidad de memoria.
- Bajos gastos por mantenimiento.

Sin embargo, también cuenta con desventajas como:

- Manipulación restringida, por lo que sólo personas capacitadas pueden configurarlo.
- Necesidad de un software determinado para la asignación de tareas del controlador.
- Elevada inversión para la adquisición de un PLC. (Tinajero, 2015)



## 4.5 Siemens LOGO!

Se define como un módulo lógico programable integrado por:

- Instrumentos de control.
- Unidad de visualización y operación o mando.
- Fuente de alimentación.
- Interfaz con capacidad para módulos de ampliación y programación (cable para PC). (SIEMENS AG, 2003)
- Funciones básicas integradas (conexión y desconexión retardada, relés, interruptor de software).
- Marcas Analógicas/Digitales.
- De acuerdo al modelo, existe una variación de entradas y salidas. (SIEMENS AG, 2003)

Con el empleo del LOGO!, muchos de los problemas ya sean industriales, domésticos, de carácter constructivo, por instalaciones de máquinas, etc.; pueden ser resueltos gracias a las posibilidades que ofrecen los relés programables en sus entradas y salidas de conexión. (SIEMENS AG, 2003)

### 4.5.1 Dispositivos existentes en el mercado

Como parte de los modelos que ofrece, están:

En corriente continua:

- 12 / 24 V.
- 24 V.

En corriente alterna:

- 24 V.
- 230 V.

Sin embargo, dependiendo del modelo escogido, las entradas y salidas del equipo variarán. Por lo que también variará su propiedad, que puede ser tipo relé o de transistor. (SIEMENS AG, 2003)

Símbolo	Designación	Alimentación	Entradas	Salidas	Características
	LOGO! 12/24RC	12/24 V CC	8 digitales <sup>(1)</sup>	4 relés de 10A	
	LOGO! 24	24 V c.c.	8 digitales <sup>(1)</sup>	4 transistores 24V / 0,3A	Sin reloj
	LOGO! 24RC <sup>(3)</sup>	24 V AC / 24 V DC	8 digitales	4 relés de 10A	
	LOGO! 230RC <sup>(2)</sup>	115...240 V CA/CC	8 digitales	4 relés de 10A	
	LOGO! 12/24RCo	12/24 V CC	8 digitales <sup>(1)</sup>	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado
	LOGO! 24o	24 V DC	8 digitales <sup>(1)</sup>	4 transistores 24V / 0,3A	Sin display Sin teclado Sin reloj
	LOGO! 24RCo <sup>(3)</sup>	24 V AC / 24 V DC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado
	LOGO! 230RCo <sup>(2)</sup>	115...240 V CA/CC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado

**Figura 4. 11: Características de acuerdo al modelo del LOGO!**  
**Fuente: (SIEMENS AG, 2003)**

#### 4.5.2 Selección del equipo

El LOGO! 230RC cuenta con display, módulo lógico, alimentación de 115/230V. (salida relé) tanto en las entradas como en las salidas. Además posee 8 entradas y 4 salidas digitales, memoria con capacidad máxima de 200 bloques y cuenta con opción de conexión hacia módulos de expansión adicionales del mismo voltaje. (SIEMENS AG, 2003)



**Figura 4. 12: LOGO! 230RC**  
**Fuente: (Soluciones y Servicios BLZ, 2018)**

## PARTE II: APORTACIONES

### CAPÍTULO 5

#### MODELADO DE LAS COMPUERTAS LÓGICAS DE PROGRAMACIÓN

##### 5.1 Interfaz de usuario

Permite al operario al mando, visualizar todos los procesos que se ejecutan o desarrollan en tiempo real en el sistema de control. La interfaz de usuario en el presente trabajo de titulación se ha desarrollado en LOGO!Soft Comfort V8, cuyo programa corre sin inconvenientes en el sistema operativo Windows 10. El envío del software al controlador se realiza a través de un cable de comunicación LOGO! – PC que se adquiere de forma independiente al LOGO! 230RC. En este aspecto, la interfaz de usuario consiste en la “interfaz de programación”, en el cual se tiene acceso a la manipulación de los botones y combinaciones lógicas de los programas; y por otra parte la “interfaz del proyecto” (vista de red), en donde aparecen los dispositivos y conexiones de red.

##### 5.2 Consideraciones generales del LOGO!

Para realizar la instalación del controlador, primero se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- **Montaje y cableado:** se debe realizar la selección del conductor de acuerdo a la intensidad de uso. Por lo general, el LOGO! permite el ingreso de conductores entre 1,5 y 2,5 mm<sup>2</sup>. Además, no se debe ajustar de forma excesiva los bornes de conexión; la extensión de los conductores a conectar deben ser muy cortos y de ser más largos se debe emplear cable apantallado. (SIEMENS AG 2001-2003, 2003)
- **Conexión a las entradas del LOGO!:** En la entrada se encuentra conectado un selector y un sensor magnético. Como parte de las propiedades que establece el modelo LOGO! 230RC si se desea conectar un sensor en corriente alterna se debe tener un estado de conexión 0 (< 40VAC) con intensidad de entrada < 0,03mA y en estado de conexión 1

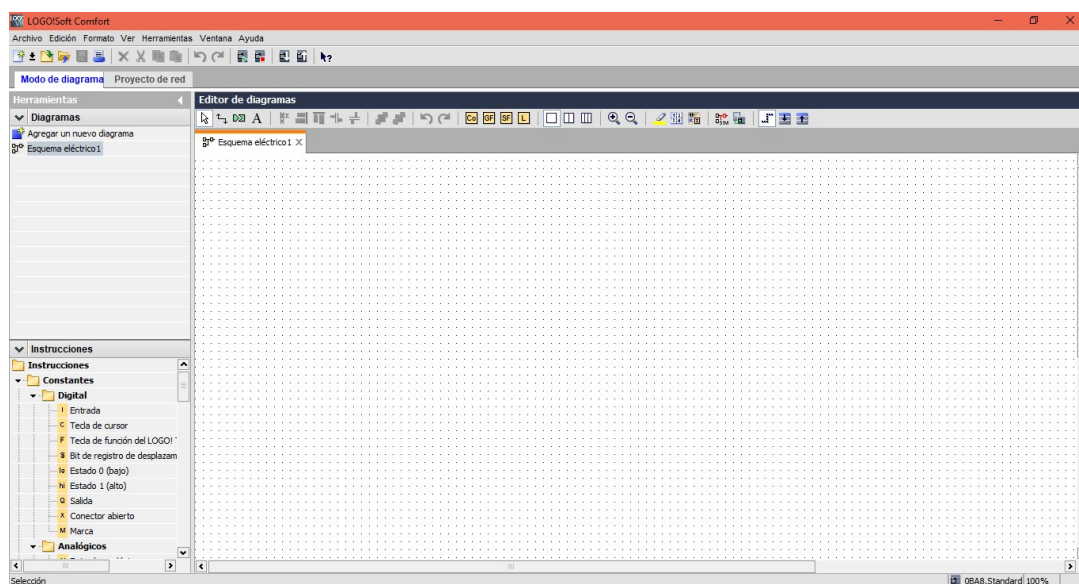
(>79 VAC) con intensidad de entrada > 0,08mA. (SIEMENS AG 2001-2003, 2003)

- **Conexión a las salidas del LOGO!:** En el modelo 230RC, las salidas son de tipo relé y sus contactos se encuentran sin potencial en comparación con la tensión de alimentación y a las entradas. En este caso, se conectan relés de 8 pines 120VAC – 10Amp. (SIEMENS AG 2001-2003, 2003)

### 5.3 Configuración de las compuertas lógicas

A través del entorno de trabajo LOGO!Soft Comfort V8.0, se realiza el diseño del programa en el escritorio y por ende se simula el programa desde el ordenador antes de ponerlo en marcha. Además, este software brinda la posibilidad de comentar e imprimir el programa diseñado.

Para comenzar, se debe abrir el entorno de trabajo LOGO!Soft Comfofrt V8.0 y de forma automática muestra la “interfaz de programación”(editor de diagramas), espacio en donde se realizan los circuitos y se puede visualizar además de los diagramas, también las instrucciones como se observa en la figura 5.1.



**Figura 5. 1: Interfaz de programación de LOGO!Soft Comfort V8.0**  
Elaborado por: Autor

Para comenzar, como en todo entorno se encuentra una barra de herramientas “Estándar”; el cual brinda acceso directo a las funciones principales que ofrece

LOGO!Soft Comfort V8.0 como se observa en la figura 5.2. Además, presenta opciones para operar el LOGO! como: RUN, STOP y transferencia de programa desde el PC al LOGO! como se observa en la figura 5.3.



Figura 5. 2: Barra de herramientas “Estándar”

Elaborado por: Autor

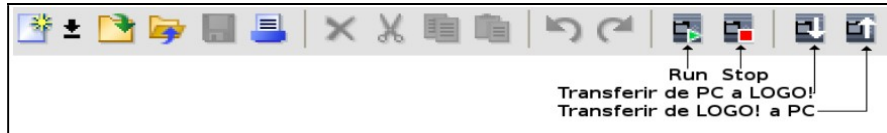


Figura 5. 3: Opciones de operación del LOGO!

Elaborado por: Autor

Así mismo, también cuenta con la barra de herramientas “Herramienta”, la cual proporciona botones que permiten cambiar los modos de edición para la creación o procesamiento de un programa (figura 5.4). También se lo conoce como “Editor de programas” y muestran los iconos para crear desde cero un circuito como se observa en la figura 5.5.



Figura 5. 4: Barra de herramientas “Herramienta”

Elaborado por: Autor

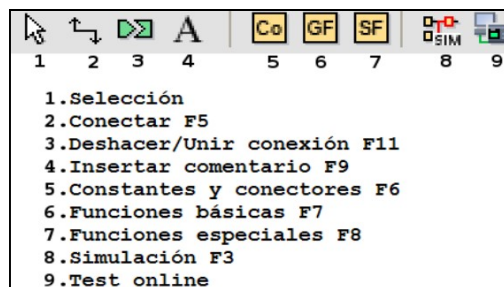


Figura 5. 5: Barra “Editor de programas”

Elaborado por: Autor

Para este caso, se procedió a realizar el diseño en lenguaje FUP o también conocido como diagramas de bloques de función para lo cual se seleccionaron los pertinentes comandos que permitan realizar el modelado de las compuertas lógicas necesitadas para la programación del controlador. Como resultado de las configuraciones de ciertos parámetros tal como el seteo del tiempo de acción, retardos a la conexión y desconexión, y estados de espera configurados en el sensor;

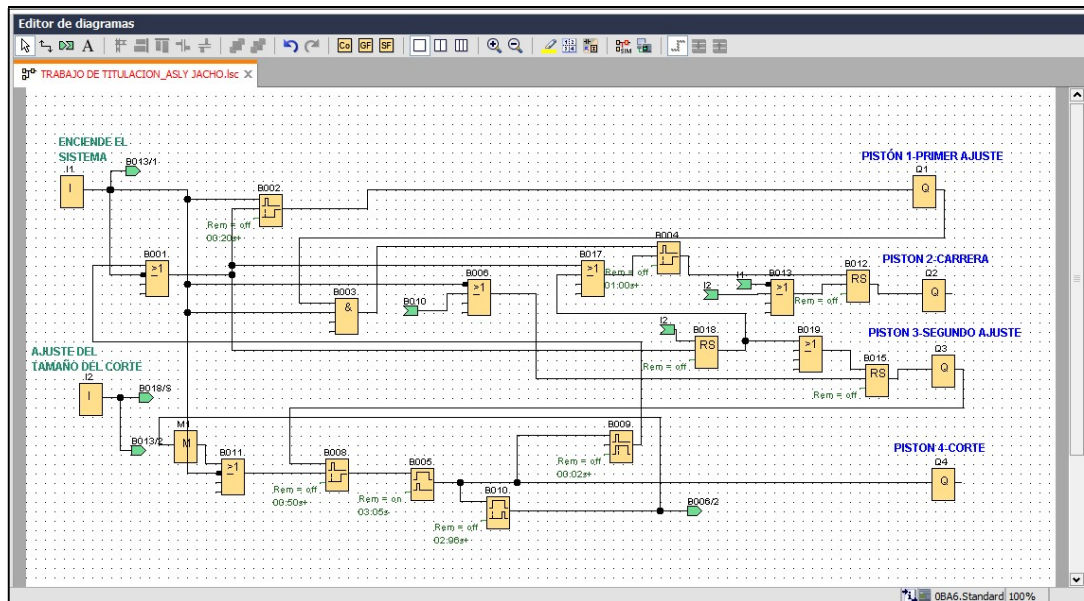
se observa en la figura 5.6 el diseño final del modelado propuesto para el presente sistema de posicionamiento.

Sin embargo, primero se debe identificar las funciones empleadas en el diagrama de bloques del sistema de posicionamiento diseñado, que se presentan en la tabla 5.1.

**Tabla 5.1: Definición de los bloques del diagrama del sistema de control**

<b>Nombre del bloque</b>	<b>Tipo de función</b>	<b>Tiempo de retardo (1/100s.)</b>
I1	Entrada (selector)	
I2	Entrada (sensor)	
B001	OR	
B002	Temporizador (retardo a la conexión)	00:20s.
B003	AND	
B004	Temporizador (retardo a la conexión)	01:00s.
B005	Relé de barrido (salida de impulsos)	03:05s.
B006	OR	
B008	Temporizador (retardo a la conexión)	00:50s.
B009	Temporizador (retardo a la desconexión)	00:02s.
B010	Temporizador (retardo a la conexión)	02:96s.
B011	AND	
B012	Relé autoenclavador	
B013	AND	
B015	Relé autoenclavador	
B017	OR	
B018	Relé autoenclavador	
B019	OR	
M	Marca de arranque	
Q1	Salida (pistón 1 – primer ajuste)	
Q2	Salida (pistón 2 – carrera)	
Q3	Salida (pistón 3 – segundo ajuste)	
Q4	Salida (pistón 4 – corte)	

**Elaborado por: Autor**



**Figura 5.6: Diagrama de bloques de función del sistema**  
**Elaborado por: Autor**

#### 5.4 Descripción del diseño de modelado de las compuertas lógicas

En la figura 5.6, el diagrama inicia con los bloques de entrada: I1 e I2, ambos de tipo digital. En lo que respecta a la entrada I1, se deriva la compuerta lógica B001, el temporizador B002, la función B006, B003 y B011. La salida de B011 se enlaza con B008 y se conecta con B005, del cual se divide en B009, B010 y Q4. La entrada de B001, se encuentra conectada al temporizador B009 y su salida se enlaza con B005. El temporizador B002 se subdivide en un relé autoenclavador B018, función B017 y B001. Como parte de la entrada de la función B017 se encuentra conectada a B018 y el bloque B019, del cual se deriva una conexión a B019 y en su salida presenta una conexión a B015 y finalmente Q3. En la salida de B002, se enlaza a Q1 y B003. De este último se deriva al temporizador B004, cuya salida está conectada al relé B012 y finalmente se enlaza a Q2. Como entrada de B012 también se encuentra la función B013. Por último, en la segunda salida I2, se conectan los bloques B018 y B013.

## **CAPÍTULO 6**

### **CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO**

#### **6.1 Generalidades del proyecto**

Para la industria dedicada a la manufactura de tubos de pvc, el desarrollo de mecanismos que acorten los tiempos de obtención de un producto es de vital importancia. Sin embargo, dado a la garantía que ofrecen las máquinas de operación manual; muchas de las oportunidades de comercialización se limitan a causa de la falta de desarrollo tecnológico. Por ello, se decidió elaborar un sistema de posicionamiento automático, capaz de guiar al tubo de pvc hasta un punto dado para después posicionarlo y cortarlo de acuerdo a las medidas solicitadas por el usuario. Esta función se realiza de forma automática gracias al apoyo de componentes neumáticos que permiten realizar el corte de forma más eficaz en un corto tiempo.

#### **6.2 Consideraciones generales de la automatización del sistema**

En este capítulo se describirá de forma detallada el diseño y desarrollo del proyecto desde un enfoque general hasta uno más específico. Es decir, se explicarán las características generales y funciones que desempeñarán de forma conjunta cada uno de los componentes que conforman el sistema. Adicionalmente, se presentará el desarrollo del diseño tanto del software como hardware y por último, se realizarán las pertinentes pruebas para alcanzar los objetivos planteados.

##### **6.2.1 Descripción del proyecto**

Básicamente el proyecto se centra en el diseño y desarrollo de un sistema de corte transversal capaz de posicionar de forma automática un tubo de pvc desde su etapa de ingreso, corte y salida, del cual con la ayuda de sensores y actuadores se logrará el objetivo del trabajo de acuerdo a las medidas solicitadas por el usuario. El diseño se conforma por una estructura principal de hierro y en ella posee una disposición de rieles que permitirá el recorrido de la base de sujeción móvil y por ende del tubo pvc a causa de la fuerza del vástago ejercida por el cilindro. De esta forma, al finalizar su recorrido; el tubo será sujetado por dos mordazas que permitirán el posicionamiento del mismo de acuerdo a la longitud deseada por el usuario y finalmente realizar el corte con la ayuda de una pulidora acoplada. El proceso se encuentra controlado por las operaciones que gobierna el LOGO! 230RC,



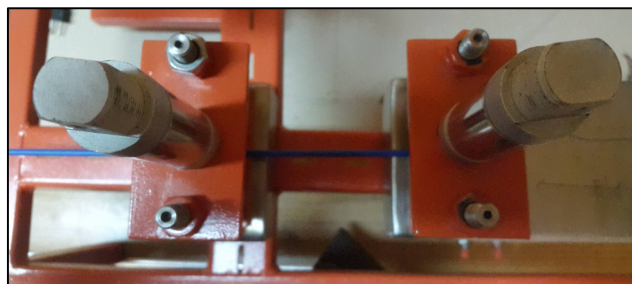
el cual cuenta con los parámetros de control previamente cargados para lograr las funciones deseadas.

Además, posee un interfaz de usuario capaz de inicializar los procesos del sistema gracias al apoyo de un botón de marcha y elemento de señalización de estado. Así mismo, la determinación de la longitud obtenida depende de la posición del sensor ajustada por el usuario, siempre y cuando se contemplen las pertinentes limitaciones del proyecto en cuanto a las medidas mínimas y máximas de corte. Cabe recalcar que el LOGO! 230RC consta de una pantalla de visualización en la que se observa la disposición de los bloques previamente configurados en la interfaz de programación.

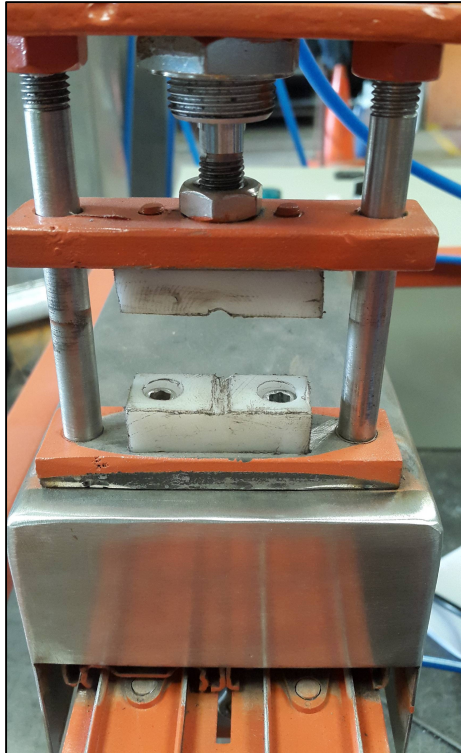
### **6.2.2 Características de los componentes que conforman el sistema**

La fuente de alimentación del proyecto proviene de la red pública (110V), con la cual se energizan la mayoría de los componentes del sistema de posicionamiento; sin embargo, también debe conectarse a un compresor de aire para proporcionar el fluido necesario a las electroválvulas que generan la activación otros componentes neumáticos.

El presente proyecto está conformado por una estructura principal de hierro, cuyas medidas son de 80cm. x 39,5cm., en el cual se ajustan todos elementos que constituye el montaje del sistema de posicionamiento. En este sentido, también cuenta con una disposición de rieles que sujetan dos bases, una fija y otra desplazable (figura 6.1 de izquierda a derecha); las cuales cuentan con mordazas regulables (figura 6.2) que se encargan no solo de la sujeción del elemento en la etapa de entrada y salida, sino también permiten el desplazamiento de la base móvil para lograr el posicionamiento del objeto a la medida ajustada.



**Figura 6. 1: Estructura de la base fija y desplazable**  
Elaborado por: Autor



**Figura 6. 2: Mordaza regulable**  
**Elaborado por: Autor**

Además, en la parte superior de cada base se encuentra sujeto un microcilindro con camisa de aluminio de 25x25 mm (figura 6.3); cuyo diámetro interno es de 25mm. y dispone de una carrera ajustable de 0 a 100mm. de marca XCPC. Posee un patrón de movimiento de simple o doble acción, trabaja con presiones que van desde los 0,05 hasta los 1,0 Mpa., cuenta con un puerto de entrada de 1/8", posee un buffer que almacena a una rapidez de 50 – 750 mm./s. y trabaja con una temperatura de fluido entre los -20° - +80°C., por lo que es apto a las condiciones del ambiente para ejecutar las pertinentes pruebas. (Ningbo Xinchao Automation Component Co.,Ltd., 2017)



**Figura 6. 3: Cilindro 25x25mm.**  
**Elaborado por: Autor**

Ahora bien, el funcionamiento de los microcilindros no serían posible de no emplear los correspondientes actuadores SV1 y SV2; siendo en este caso dos válvulas direccionales electroneumáticas 5/2 (5 vías y 2 posiciones) - 1/4" (110V.) de marca XCPC (figura 6.4). Se caracterizan por poseer un cabezal con doble posición, trabajan a una presión de 0,15 – 0,8Mpa, el cuerpo y tamaño de puerto de las electroválvulas es de 1/4" y operan a una temperatura de 5 - 50°C. Ambas válvulas se encargan de sujetar el elemento que ingresa al sistema, tanto para el posicionamiento como para el corte del mismo. (Ningbo Xinchao Automatization Component Co.,Ltd, 2017a)



**Figura 6. 4: Electroválvula 5/2 – 1/4" (120V.)**

**Elaborado por: Autor**

Por otra parte, el desplazamiento de la base móvil se debe gracias a dos carriles que realizan su recorrido a través de dos rieles y que a su vez permitirá la movilización del elemento de entrada (figura 6.5). Así también, la base desplazable posee una estructura compacta que le permite nivelarse con la base fija para sujetar al elemento en cuestión; la misma que a través de dos tornillos perforantes, sostienen tanto las mordazas de sujeción como los microcilindros mencionados previamente.

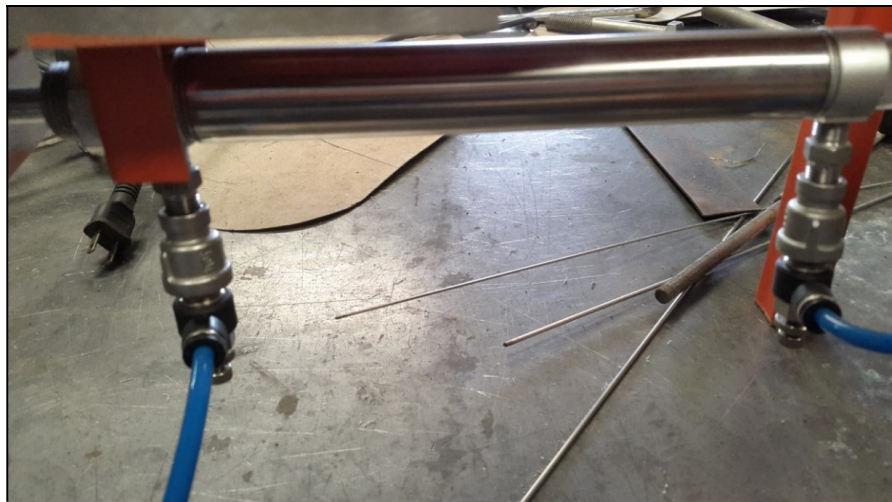


**Figura 6. 5: Rieles de recorrido**

**Elaborado por: Autor**

Adicionalmente, cerca del área de la base móvil se sitúa en la parte inferior de ella, un microcilindro con camisa de aluminio de 25x150 mm. de la marca XCPC (figura 6.6) que cumple la función de articular o desplazar la base móvil de acuerdo a las medidas de corte ajustadas por el usuario.

Al igual que los microcilindros anteriormente descritos, comparten las mismas características técnicas con la diferencia de que posee una carrera ajustable de 0 a 150mm, manteniendo el diámetro interno de 25mm. Por otra parte, la válvula empleada es direccional electropneumática 5/3 (5 vías y 3 posiciones) - 1/4" (110V.) de marca XCPC (figura 6.7) cuyas características son similares a la anterior descrita con la diferencia de las posiciones con las que cuenta. (Ningbo Xinchao Automatization Component Co.,Ltd, 2017b)



**Figura 6. 6: Microcilindro 25x150mm.**  
Elaborado por: Autor



**Figura 6. 7: Electroválvula 5/3 – 1/4" (120V.)**  
Elaborado por: Autor

Cabe recalcar que cada cilindro cuenta con una válvula reguladora de flujo a 90° de 1/8" a 6mm. (figura 6.8) y su rango de presión es de 0-9.2Kg/cm<sup>2</sup> (0-130Psi), dado a que en el ingreso del fluido al sistema, los cilindros neumáticos realizan los procesos de forma brusca; siendo un inconveniente tanto para la sujeción como para el posicionamiento del elemento.

Sin embargo, el movimiento del microcilindro no sería posible sin la señal que envía el switch o sensor magnético reed al LOGO! 230RC, el cual ha sido adaptado al cilindro ya antes mencionado con el objetivo de lograr el accionamiento de la respectiva electroválvula. (ELECTRICAS BC, 2010)



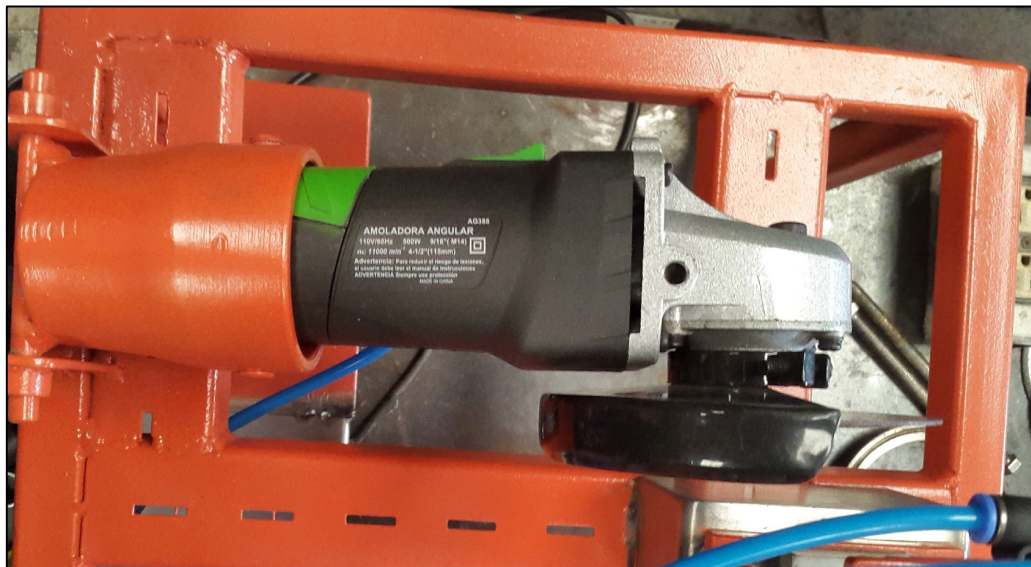
**Figura 6. 8: Válvula reguladora de flujo y racores**  
**Elaborado por: Autor**

Así, en lo que respecta al sensor magnético Reed Switch; es de la marca SNS, cuenta con un contacto NA (normalmente abierto), el voltaje de alimentación puede ser en DC y AC de 5-240V., su intensidad de corriente en DC es de 5-60mA. y en AC de 5-50mA. El tiempo de respuesta máximo del sensor es de 1ms., además trabaja a temperatura de 0 a 60°C. Su vida útil es de cinco millones de operaciones y viene incorporado un cable con extensión de dos metros. La señal que envía el sensor al controlador es aquella que limitará la longitud de corte del elemento y a su vez se accionan las electroválvulas como efecto de la detección del sensor. (Airtac, 2014)

La interfaz de usuario está desarrollada en el entorno LOGO! Soft Comfort V8, en el cual se ha realizado las configuraciones pertinentes del software en lo respecta

a las entradas y salidas tanto analógicas como digitales, con la finalidad de controlar todos los procesos que permitan el posicionamiento automático del elemento. Como algunas de las características que presenta el LOGO! 230RC, tiene integrado 8 entradas digitales y 4 salidas relé de 10A. con alimentación de 115 – 240V. AC/DC y cuenta con una pantalla LCD que proporciona una visualización con retroiluminación correspondiente a los cambios de estados del sistema durante su funcionamiento. (SIEMENS AG 2001-2003, 2003)

Por último, se ha realizado una adaptación sobre la estructura principal de una herramienta que permita realizar el corte del elemento ingresado. Empero, dado a la magnitud del proyecto y considerando las respectivas limitaciones de este trabajo; se ha empleado una amoladora angular de 4-1/2” (115mm. de diámetro del disco) cuya potencia es de 500W., alimentación es de 110V/60Hz. y su velocidad sin carga es de 11000 rpm. (figura 6.9). Básicamente, este es el proceso final del presente trabajo de titulación en donde de acuerdo a la medida ajustada por el usuario se obtiene el corte del elemento a cierta longitud.



**Figura 6. 9: Amoladora angular**  
**Elaborado por: Autor**

A continuación, en la tabla 6.1 se mencionan algunos de los componentes principales que conforman la estructura del prototipo implementado. También se presentan las características técnicas que hacen posible el funcionamiento de todo el sistema.

**Tabla 6.1: Componentes principales del prototipo**

<b>Dispositivos</b>	<b>Características técnicas</b>
Estructura principal	80cm. x 39,5cm.
Material de la estructura	Hierro con recubrimiento de pintura
Material de la base móvil	Acero inoxidable
ensores	Sensor magnético Reed Switch (NA)
Actuadores	2 Microcilindros de 25x25mm. 1 Microcilindro de 25x100mm. 1 Microcilindro de 25x150mm.
Software empleado para la interfaz	LOGO! Soft Comfort V8
Alimentación de la amoladora angular	110V. AC
Alimentación de las electroválvulas	Aire comprimido (compresor de aire)
Alimentación del sistema de control	110V. AC

Elaborado por: Autor

### 6.2.3 Funciones del sistema

En esta sección se enumerarán y describirán las funciones que forman parte del sistema de posicionamiento.

#### i) Activación del sistema

La alimentación tanto en la parte eléctrica como neumática, permiten la activación de todos los componentes que conforman el sistema, en el que incluye tanto el de control como de fuerza. El sistema se alimenta con 110VAC y debe conectarse a un compresor de aire, cuya unidad de mantenimiento debe ser de al menos 30 psi (capacidad con la que trabaja el sistema). Se activa con la puesta en marcha del selector.

#### ii) Sujeción del elemento (etapa de ingreso)

Como efecto de la activación del sistema, la válvula direccional electroneumática 5/2; representada en el sistema como SV1, cumple la función de inicializar el accionamiento del microcilindro de 25x25mm. para proceder con la sujeción del elemento que ingresará.

### **iii) Posicionamiento del elemento ingresado**

Una vez que el elemento ha sido sujetado, la válvula direccional electroneumática 5/3; representada en el sistema como SV2, activa el microcilindro de 25x150mm. y de esta forma el pistón corre hacia adelante para después posicionar el elemento de acuerdo a las medidas ajustadas en el sensor.

### **iv) Detección de la carrera**

El microcilindro 25x150mm. se encontrará en estado de espera hasta detectar la señal del sensor y después continuar con el desplazamiento del elemento de acuerdo a las medidas solicitadas por el usuario. Sin embargo, es importante conocer que el sensor o detector de cilindro se emplea para determinar la posición del émbolo en los cilindros neumáticos a través de la pared que compone la carcasa, la cual se encuentra constituida por materiales no magnetizables como por ejemplo el latón, acero inoxidable o aluminio. Así, los detectores o sensores cumplen la función de detectar a los imanes anulares que se encuentran en el émbolo. (ifm electronic Chile, 2017)

### **v) Proceso de corte**

Una vez que el microcilindro recibe la señal del sensor magnético, el vástago del mismo desplaza al elemento hasta posicionarlo a la medida deseada y la vez desactiva las válvulas direccionales electroneumáticas SV1 y SV2 para luego activar la electroválvula SV3, la cual realiza la función de sujeción del elemento para el corte.

Así pues, en el momento que el LOGO! recibe la señal de activación de SV3, se acciona inmediatamente la válvula SV4 y por ende el microcilindro de 25x100mm. que articula la amoladora angular para ejecutar el corte del elemento. En este caso, una luz piloto se encuentra embebida con la electroválvula SV4 para indicar cada vez que la amoladora se activa.

### **vi) Finalización del proceso**

Como última instancia y a consecuencia de la activación de la válvula SV4, finalmente se desactiva SV4 y se reinicia o retroalimenta el sistema a la etapa en que se activa la válvula SV1 para sujetar el elemento de ingreso.



### **vii) Adquisición de datos**

Tanto los datos enviados por las electroválvulas como la señal enviada por el sensor, son almacenadas en el LOGO! para determinar la activación de los elementos que forman parte del sistema.

### **viii) Interfaz de usuario**

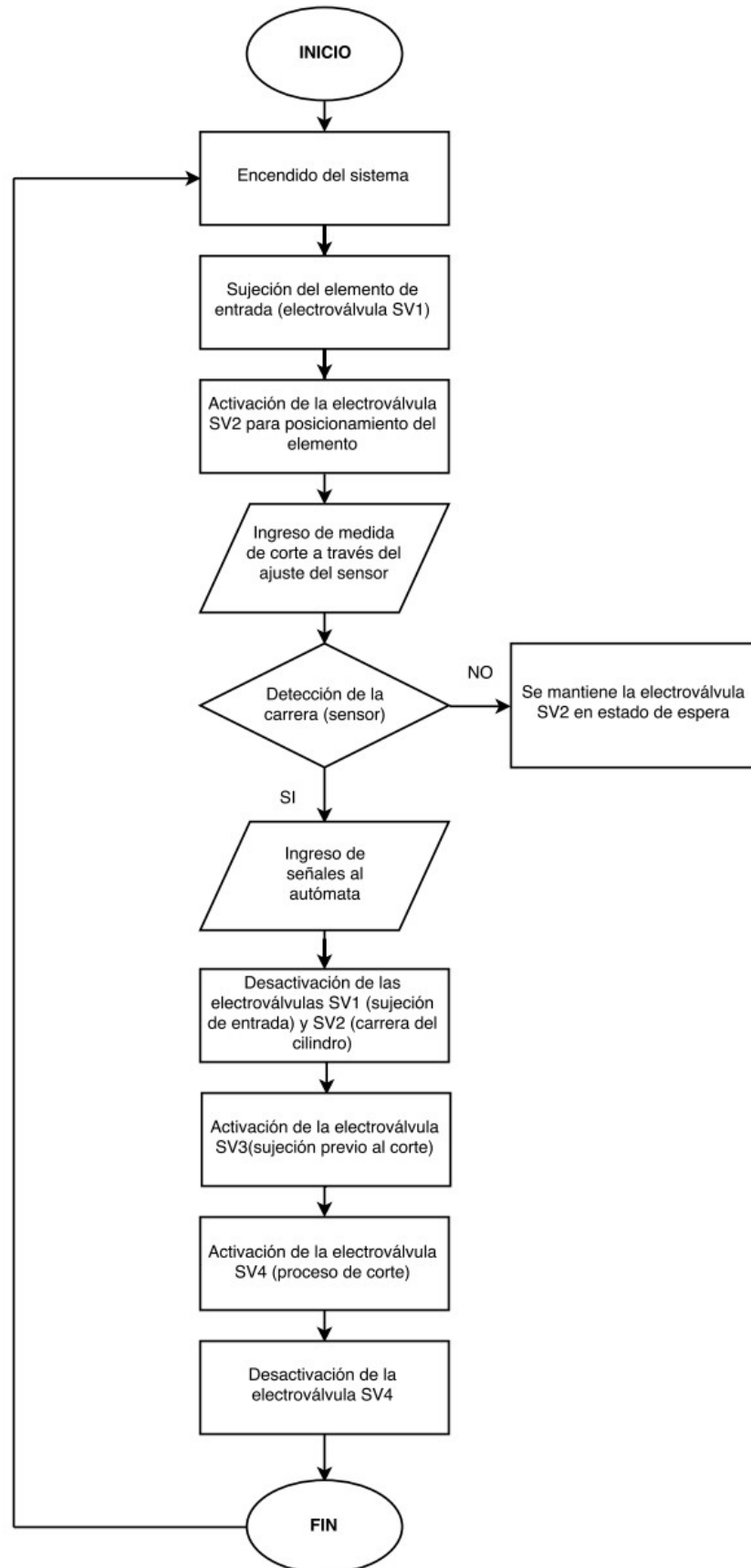
A raíz de los datos adquiridos, éstos serán almacenados en la interfaz de usuario; cuya función es mostrar por pantalla el desarrollo de los procesos del sistema.

### **ix) Análisis de datos**

Considerando que toda la información se encuentra en la interfaz de usuario, en efecto el autómata procederá a realizar un análisis comparativo entre las señales de entrada y así determinar las funciones que deberá ejecutar.

## **6.2.4 Diagrama de flujo**

A continuación se presenta el correspondiente diagrama de flujo en el cual se describe de manera general el funcionamiento del presente proyecto para así lograr una clara idea del proceso que realiza el prototipo.



**Figura 6. 10: Diagrama de flujo del sistema de control**  
**Elaborado por: Autor**

### 6.3 Análisis del sistema de posicionamiento

Dentro de la estructura principal que conforma el sistema de posicionamiento, se adaptó el tablero metálico, cuyas dimensiones son de 40cm. x 30cm. x 20cm. y contiene los elementos que conforman el control electrónico. Debido a que el tablero no se encontraba sujeto, se decidió realizar como última opción una adaptación que permita mantener de forma conjunta el mando de control con la estructura mecánica, tal como se puede observar en la figura 6.11.

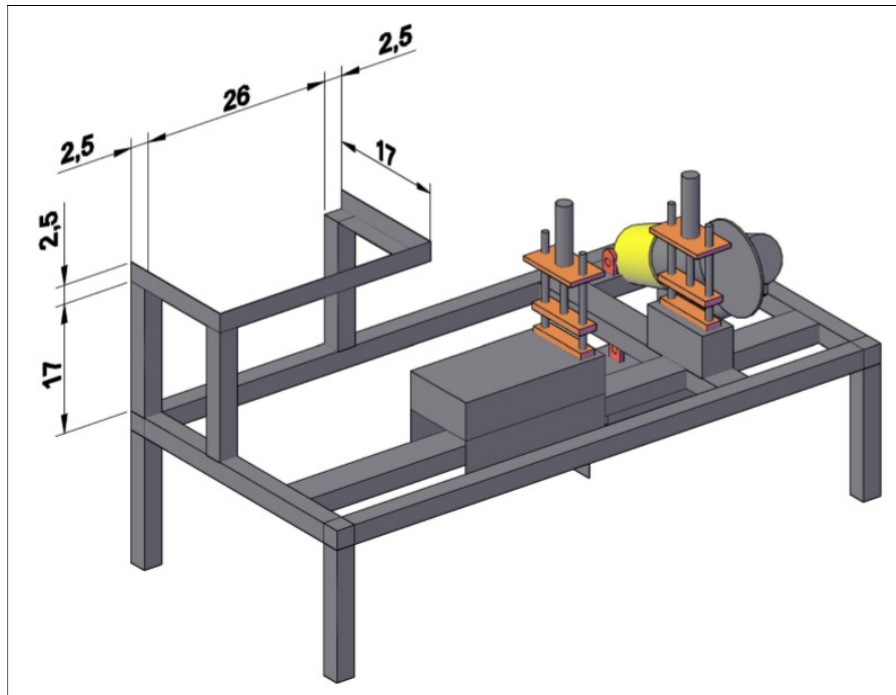


Figura 6. 11: Adaptación del tablero de control a la estructura mecánica  
Elaborado por: Autor

En lo que respecta a la parte interna de la estructura principal; el diseño del mismo se ha realizado en forma de mesa con el objetivo de ser presentado como un trabajo didáctico y a su vez que no ocupe mucho espacio. Sin embargo, para la adecuación de las bases a la estructura; se soldó y se realizaron las respectivas perforaciones en cada una de ellas para atornillar las mordazas que permitirán la sujeción del elemento. El diámetro de las mordazas da cabida al ingreso de un tubo de pvc con una medida máxima de  $\frac{1}{2}$ ", es decir que se pueden ingresar tubos de menores medidas a la indicada, siempre y cuando sea material de pvc. Además, también se soldaron las bases de soporte de la amoladora angular para contar con la posición adecuada de tal forma que el microcilindro lo articule y permita realizar el

corte. Por ello, también se realizaron las pertinentes perforaciones para colocar al microcilindro de 25 x 100mm. junto a la cortadora.

## 6.4 Sensores y actuadores

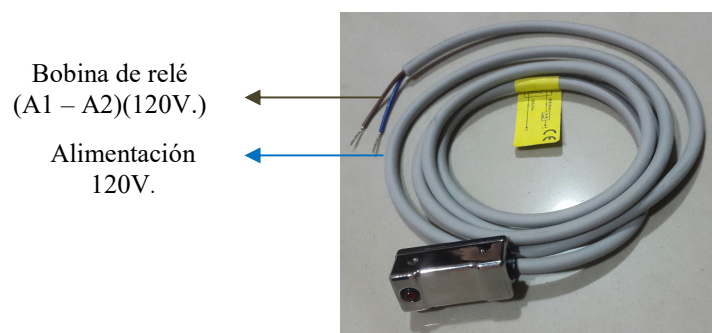
La selección de los sensores y actuadores se realizaron en base a las necesidades que presenta el sistema para lograr el funcionamiento óptimo del prototipo. Es decir, aquellos dispositivos que permitan el envío y recepción de la información necesaria para lograr el accionamiento del dispositivo de fuerza y así obtener una considerable precisión en el corte.

### 6.4.1 Sensor de posicionamiento

Esta sección describe y analiza el sensor empleado en el proceso de posicionamiento automático para corte de tubo de pvc.

#### 6.4.1.1 Sensor magnético Reed Switch CS1-U (SNS)

El sensor magnético tipo Reed Switch CS1-U debido a su aplicación, precisión y tiempo de respuesta; fue seleccionado para detectar el imán anular en el interior del émbolo del microcilindro de 25x150mm. para así limitar las medidas de corte solicitadas por el usuario. Así mismo, cuenta con un cable de alimentación de 2 metros y en su interior 2 cables, como se observa en la figura de abajo; uno café que se conecta a la bobina del relé (120V.) y el azul se alimenta directamente a 120V.



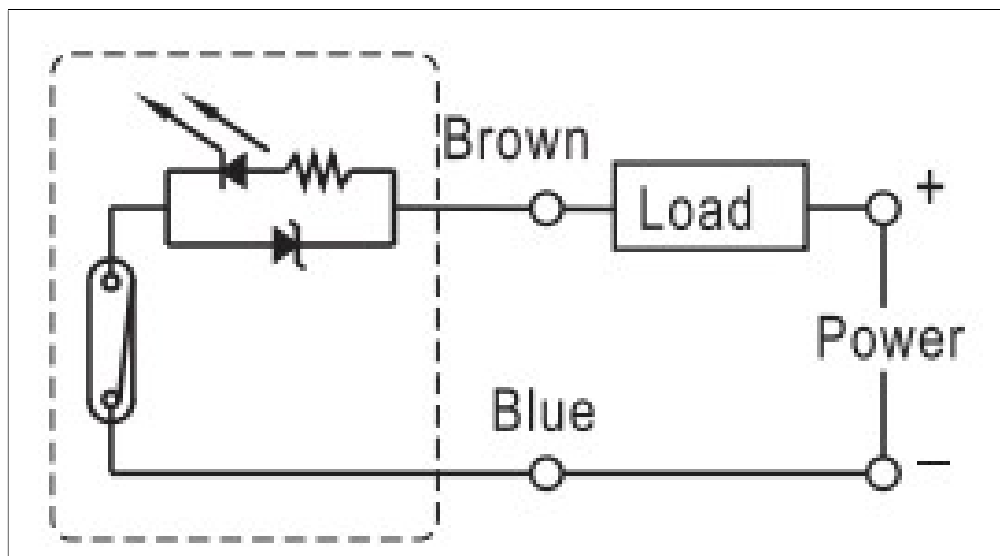
**Figura 6. 12: Sensor magnético Reed Switch CS1-U**  
Elaborado por: Autor

Por el contrario, la estructura del sensor posee en la parte central una sección que está destinada para ser sujetado con el cilindro, en el cual detectará el imán interno. A continuación se presenta en la tabla 6.2, algunas de las características más importantes del sensor empleado.

**Tabla 6.2: Características del sensor magnético**

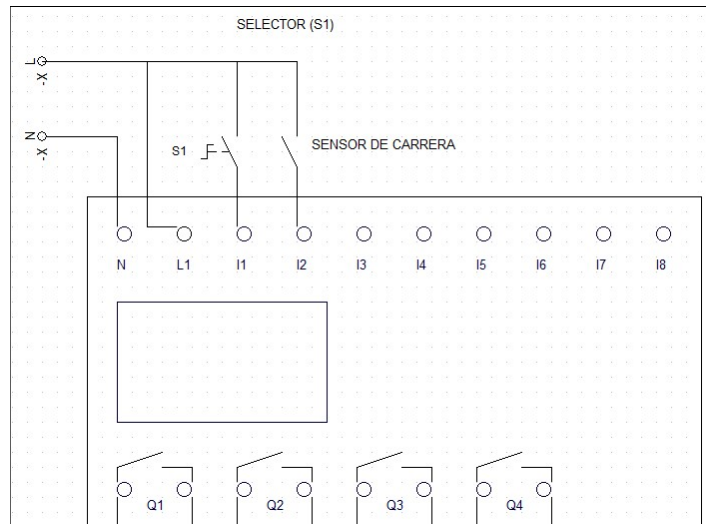
<b>Especificación</b>	<b>Descripción</b>
Modelo/Tipo	Reed switch – CS1-U
Lógica del switch	NA (normalmente abierto)
Voltaje de operación (V.)	5 – 240V AC/DC
Corriente máx.(mA.)	100
Indicador	Led roja
Sensibilidad (Gauss)	60-75
Frecuencia máx.(Hz.)	200
Rango de temperatura (°C.)	-80
Tipo de encapsulado	IP67 (NEMA 6)
Tiempo de respuesta (s.)	1ms.

Fuente: (Airtac, 2018)



**Figura 6. 13: Esquema de conexiones del sensor**

Fuente: (Trimantec, 2017)



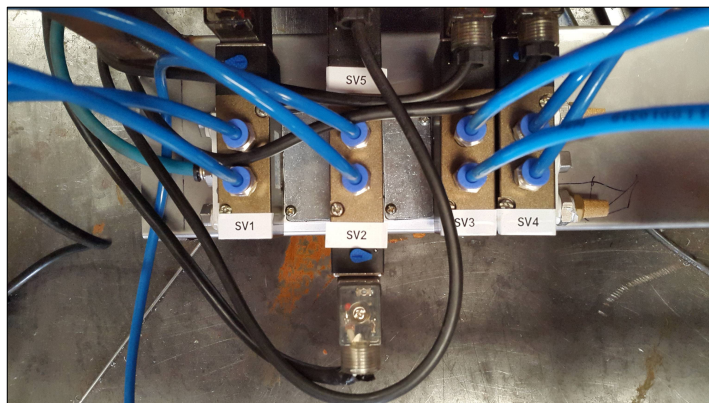
**Figura 6. 14: Diagrama de conexión del sensor al autómeta**  
**Elaborado por: Autor**

## 6.4.2 Actuadores del sistema de posicionamiento

A continuación se describe los actuadores empleados en el sistema automático de corte.

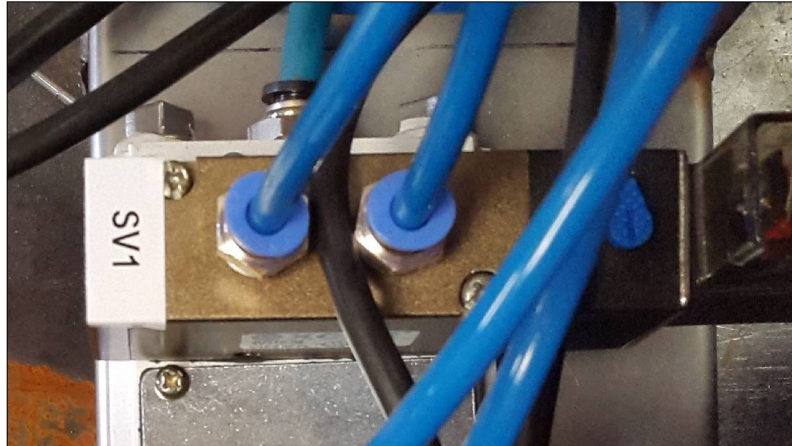
### 6.4.2.1 Electroválvulas

También denominadas como válvulas direccionales electroneumáticas (figura 6.15), de acuerdo al uso en el sistema de posicionamiento, se seleccionaron 4 electroválvulas con voltaje de 120V. AC, conectadas a fase – línea y cada uno se acciona a través de un relé de 8 pines a 120V. AC que a su vez se encuentran rotuladas como SV1, SV2, SV3 y SV4 y están sujetas a una base o manifold de 6 huecos (figura 6.15) que activan los microcilindros designados en el autómeta como Q1, Q2, Q3 y Q4.



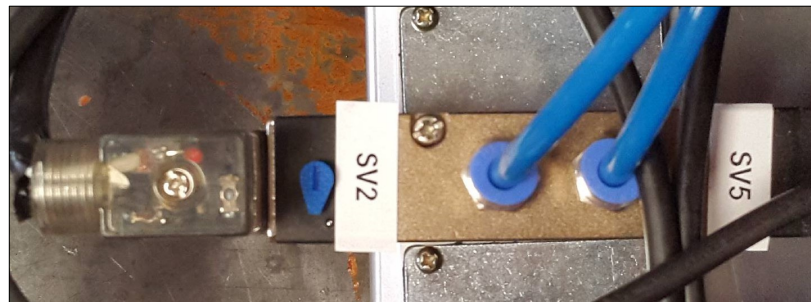
**Figura 6. 15: Manifold**  
**Elaborado por: Autor**

En primera instancia, la electroválvula 5/2 – 1/4” (figura 6.16) definida como SV1; se encuentra conectada a un relé de 8 pines a 120VAC – 10 Amp. por protección ante un cortocircuito de la electroválvula. Y así, el relé se conecta al borne de salida Q1 del LOGO!, el cual controla la función del relé y por ende de la electroválvula.



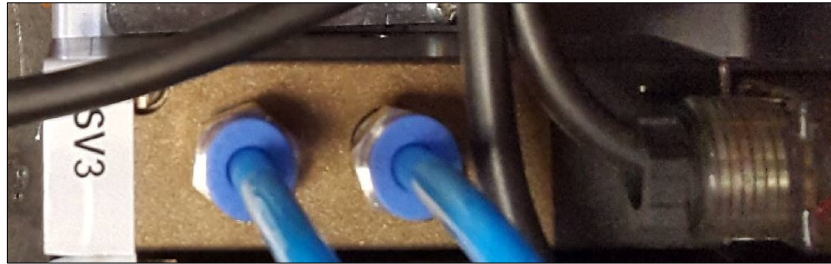
**Figura 6. 16: Electroválvula SV1 (5/2 – 1/4”)**  
**Elaborado por: Autor**

En segundo lugar, la electroválvula 5/3 – 1/4” (figura 6.17) definida como SV2 – SV5; se encuentra conectada a un segundo relé de 8 pines a 120VAC – 10 Amp. como medida de protección ante un cortocircuito. Y así, el relé se conecta al borne de salida Q2 del LOGO!.



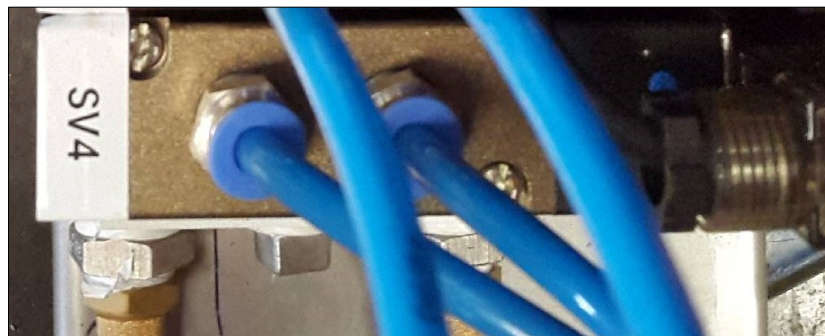
**Figura 6. 17: Electroválvula SV2 (5/3 – 1/4”)**  
**Elaborado por: Autor**

Luego, se tiene la electroválvula 5/2 – 1/4” (figura 6.18) definida como SV3; se cuya conexión se realiza a un tercer relé de 8 pines a 120VAC – 10 Amp. como medida de protección ante un cortocircuito. Y así, el relé se conecta al borne de salida Q3 del LOGO, controlando la función del relé y por ende de la electroválvula. Esta solo se acciona ante la señal enviada del sensor al LOGO!.



**Figura 6. 18:Electroválvula SV3 (5/2 – 1/4”)**  
Elaborado por: Autor

Finalmente, la electroválvula 5/2 – 1/4” (figura 6.19) definida como SV4; se encuentra conectada a un cuarto relé de 8 pines a 120VAC – 10 Amp. como medida de protección. Y así, el relé se conecta al borne de salida Q4 del LOGO!, rigiendo el control del relé y por ende de la electroválvula. Además, cumple la función de corte del elemento ingresado y se encuentra a la vez embebida a una luz piloto que se activa cada vez que SV4 se pone en funcionamiento.

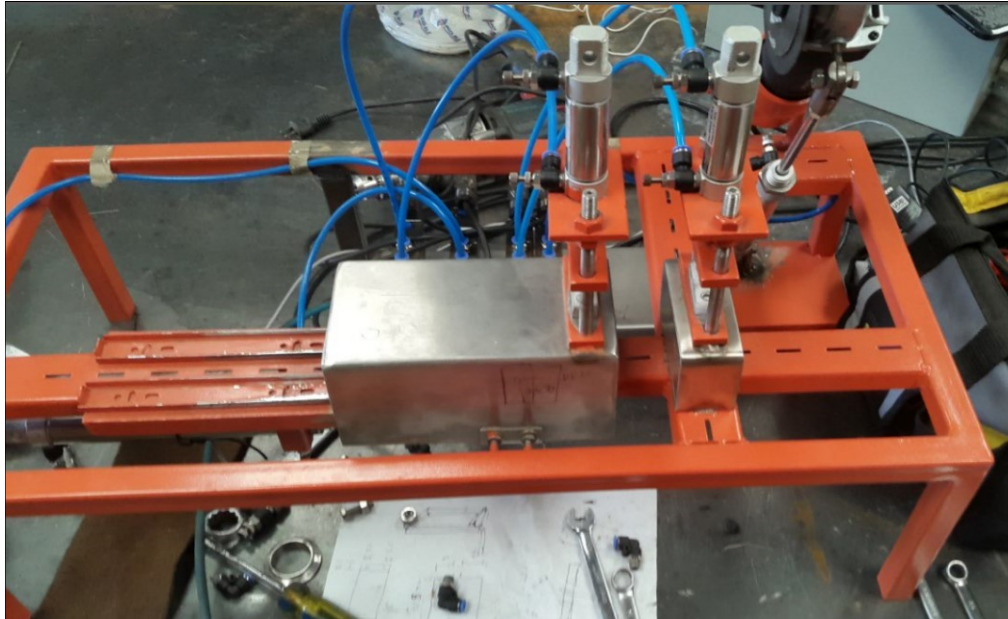


**Figura 6. 19:Electroválvula SV4 (5/2 – 1/4”)**  
Elaborado por: Autor

#### **6.4.2.2 Microcilindros**

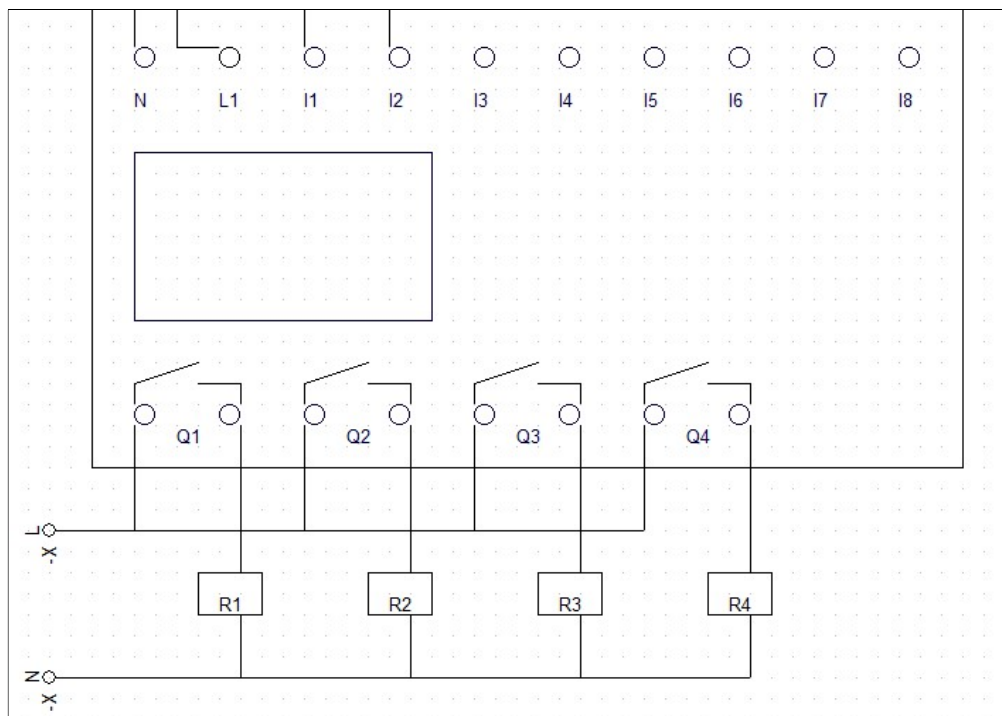
Los microcilindros básicamente en capítulos anteriores se han descrito como actuadores que reaccionan ante el accionamiento de las electroválvulas. Sin embargo, cada una de ellas al igual que las electroválvulas han sido seleccionadas en función de la acción que deberán realizar. Por ello, tanto en la sujeción de entrada y de corte; se usan con dimensiones de 25x25mm., debido a la corta carrera que debe desplazar el émbolo. Por otro lado, el cilindro de 25x150mm. cumple el rol de recorrido del pistón ante la espera del posicionamiento del elemento. Y finalmente, el cilindro de 25x100mm. acciona la amoladora angular para realizar el corte. De manera general, todos los cilindros se encuentran conectados a las electroválvulas con las salidas Q1, Q2, Q3 y Q4; trabajando con aire comprimido y mangueras, a través de las cuales pasará el fluido tal como se muestra en la figura 6.20.





**Figura 6. 20: Representación de los microcilindros en el sistema**  
 Elaborado por: Autor

Para finalizar, como bien se ha mencionado en cada caso; cada una de las electroválvulas se encuentran conectadas a los bornes de salida del LOGO!, por lo que en la figura 6.21 se muestra el diagrama de conexión de las electroválvulas al controlador.



**Figura 6. 21: Diagrama de conexión de las salidas del controlador**  
 Elaborado por: Autor

## 6.5 Sistema de control

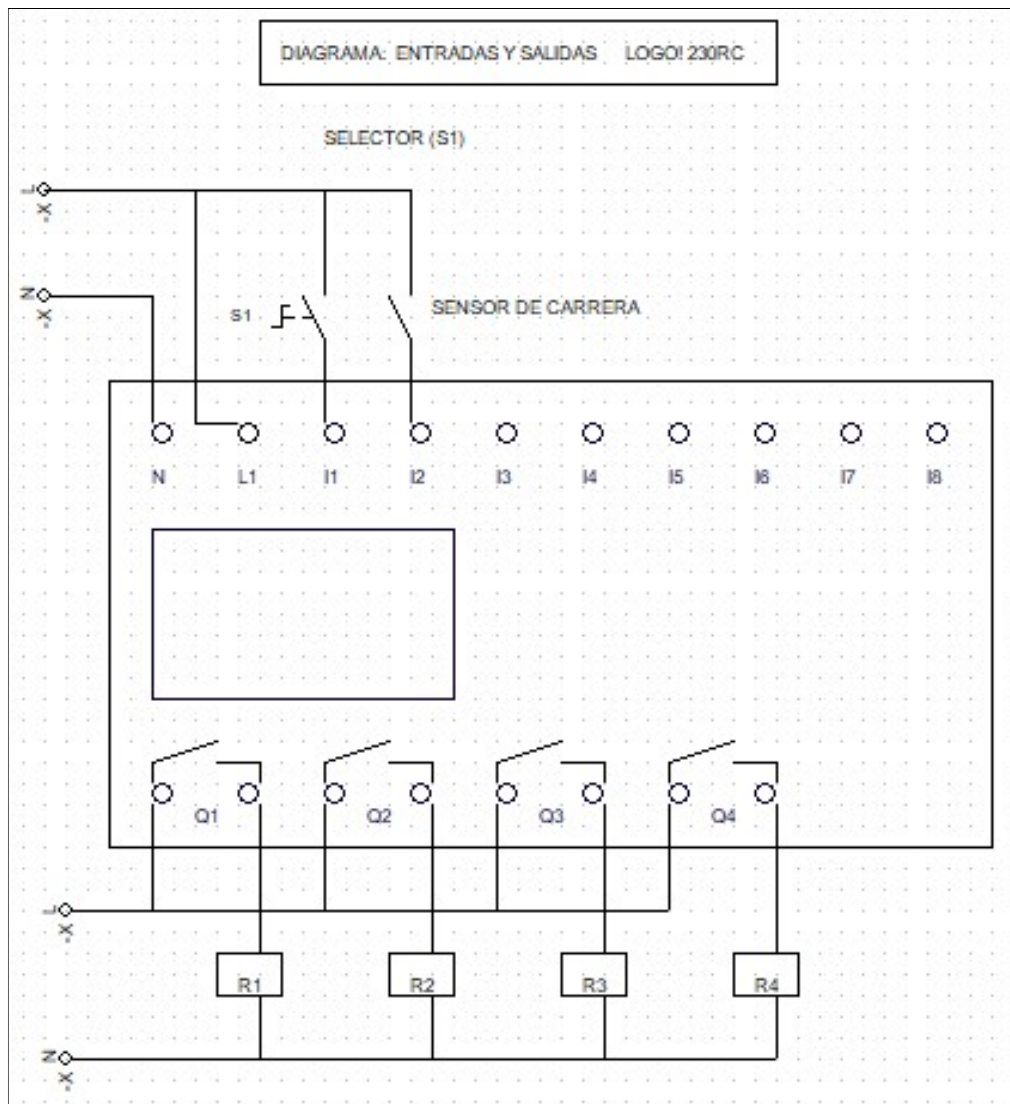
En lo que respecta al sistema de control, el proyecto se centra en dos divisiones. La primera corresponde al análisis del hardware que conforma la parte electromecánica y de control. Por otro lado, la segunda división corresponde al análisis del software; cuyas funciones son regidas por el autómeta LOGO! 230RC.

### 6.5.1 Hardware

En un sistema de control, al hablar de hardware se refiere a todos los elementos físicos y conexiones que permiten lograr la automatización de un proyecto en particular. En este caso, el controlador empleado es el LOGO! 230RC, el cual cuenta con 8 entradas digitales y 4 salidas digitales por relé. Es de fácil montaje sobre riel normalizada, cuenta con un interfaz para módulos de programa y cable para computadora LOGO -PC (tipo convertidor), permite hasta 200 bloques de programa y es de fácil implementación.

En este sentido, el sistema de control que se ha desarrollado recurre al uso de las siguientes entradas y salidas del LOGO! 230RC. (figura 5.23):

- **2 entradas:** 1 entrada digital I1 para la inicialización o encendido del sistema (accionado por el selector de 2 posiciones ON-OFF) y 1 entrada digital I2 para el ingreso de la señal del sensor (detección de la medida en que se desplazará la carrera del cilindro).
- **4 salidas digitales:** configuradas para accionar los relés para después activar las electroválvulas SV1, SV2-SV5, SV3 y SV4, y por ende los correspondientes cilindros definidos como Q1, Q2, Q3 y Q4 con los respectivos retardos de acuerdo a la necesidad.
- **Comunicación:** se realiza a través del cable LOGO!-PC, retirando el módulo del programa (Card) e insertando el cable. Por el contrario, en caso de disponer de puertos USB, se necesita un convertidor, como los controles correspondientes que facilite la conexión del cable del autómeta en el puerto USB de su ordenador. (SIEMENS AG 2001-2003, 2003)



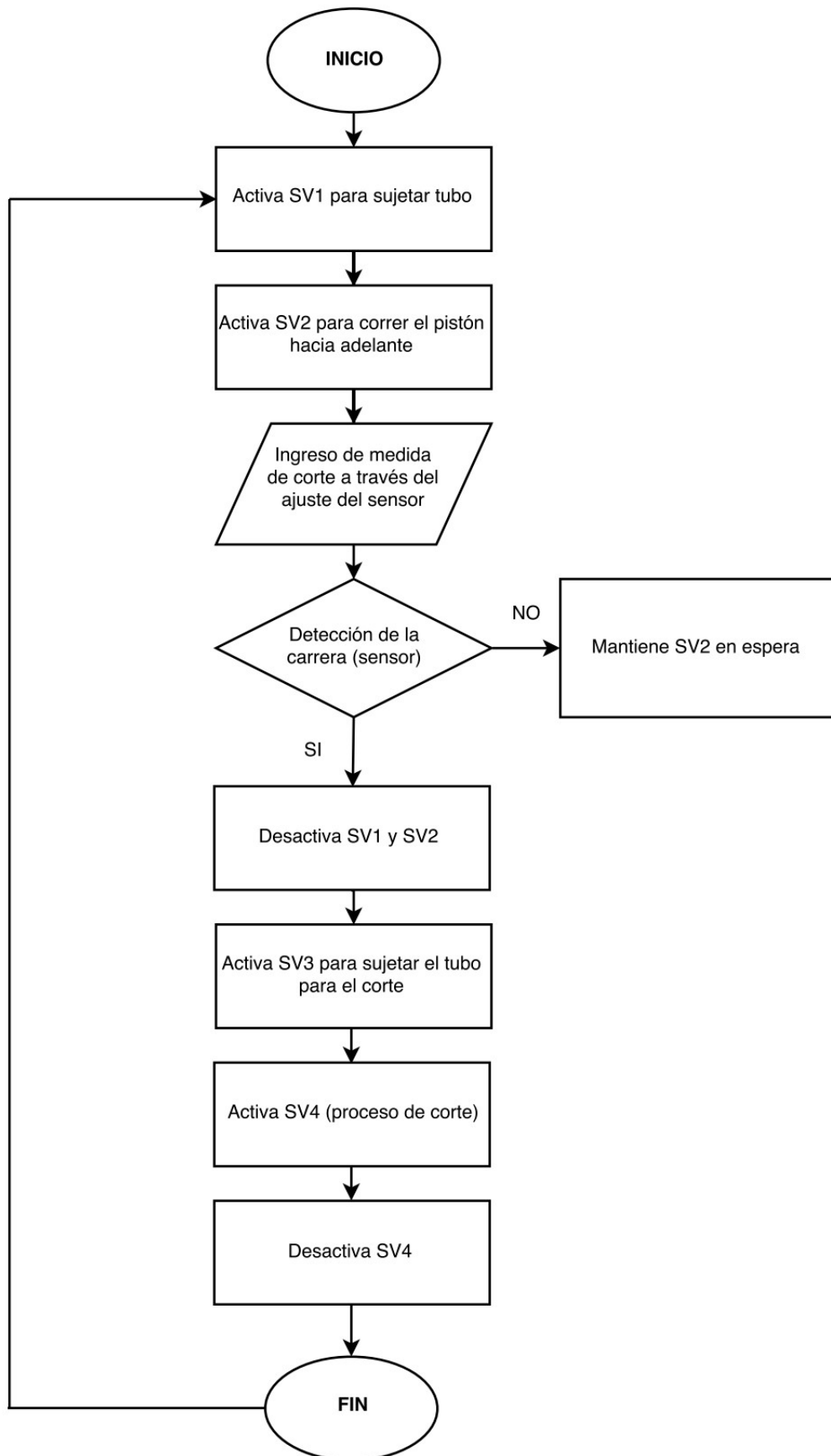
**Figura 6. 22: Conexiones del LOGO! 230RC**  
**Elaborado por: Autor**

El sistema se energiza con un voltaje de línea de 120VAC, del cual se alimentan todos los elementos que conforman el sistema de control. Además, es importante resaltar que los actuadores son controlados por los relés y la amoladora angular se encuentra conectada a un relé estado sólido que se alimenta de la línea L1 y a su vez es accionada por el selector de 2 posiciones (I1). Por otra parte, también se emplea un compresor de aire, que activa las electroválvulas y microcilindros.

### 6.5.2 Software

En lo que respecta al software, básicamente abarca la programación del controlador (autómata) y describe el desempeño de las funciones del sistema. Por ello, a continuación se describe el desempeño de las funciones del sistema (figura 6.23).

- Primero se alimenta el sistema a 120VAC e inicia con la puesta en marcha del selector en estado de ENCENDIDO (entrada I1), logrando así iniciar el sistema y activar de forma inmediata la amoladora angular, manteniéndose en estado de espera.
- Luego, el controlador procede con la activación de SV1 y por lo tanto de Q1 (pistón 1 – primer ajuste) para realizar la sujeción del tubo de pvc.
- Después, activa SV2 y por ende Q2 (pistón 2 – carrera) para ejecutar el corrido del pistón hacia adelante.
- Así, el sensor debe ser posicionado de manera que detecte la carrera y en caso de hacerlo, desactivar SV2 y SV1 y de no detectarlo, mantenerse a la espera de la recepción de señal. En este punto, el controlador se encarga de analizar las señales adquiridas por el sensor y posicionar al elemento para el corte.
- Una vez que detecta la carrera el sensor, activa SV3 y por ende Q3 (pistón 3 – segundo ajuste) para encargarse de la sujeción del tubo previo al corte.
- Así mismo, se activa SV4 y como tal Q4 (pistón 4 – corte) para continuar con la articulación de la amoladora e inclinarse para realizar el corte del tubo de pvc.
- Finalmente, se desactiva SV4 (Q4) y retorna al estado inicial en donde se activa la válvula de sujeción SV1.
- Durante el desarrollo de las funciones que se han configurado en el LOGO!, se muestran los tiempos de retardo - accionamiento de las válvulas en la pantalla del controlador y ejecuta en tiempo real las funciones de las entradas y salidas.



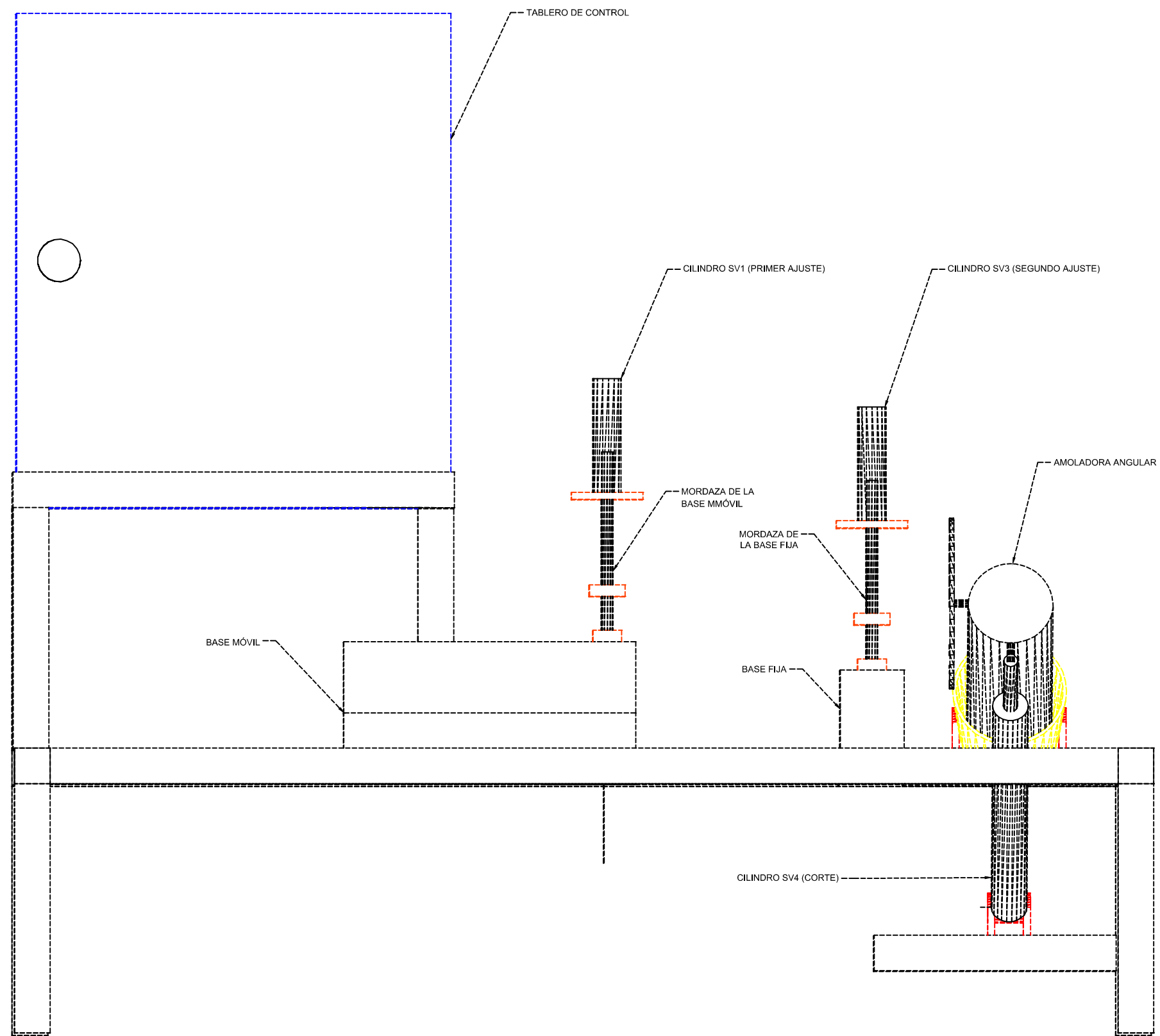
**Figura 6. 23: Diagrama de flujo de las funciones del software**  
 Elaborado por: Autor

## **6.6 Planos del sistema de posicionamiento automatizado**

A continuación se presentan los planos correspondientes tanto a la etapa de diseño mecánico como a la interfaz de programación del sistema.

- Plano 1: Diseño del sistema mecánico.
- Plano 2: Vistas del diseño mecánico en 3D.
- Plano 3: Diagrama de fuerza y control del sistema de posicionamiento.
- Plano 4: Diagrama del circuito neumático del sistema.
- Plano 5: Diagrama de bloques de la interfaz de programación.

### **6.6.1 Plano 1. Diseño del sistema mecánico.**



**CONTENIDO:**  
DISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO DEL PROYECTO

**INSTITUCIÓN:**  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

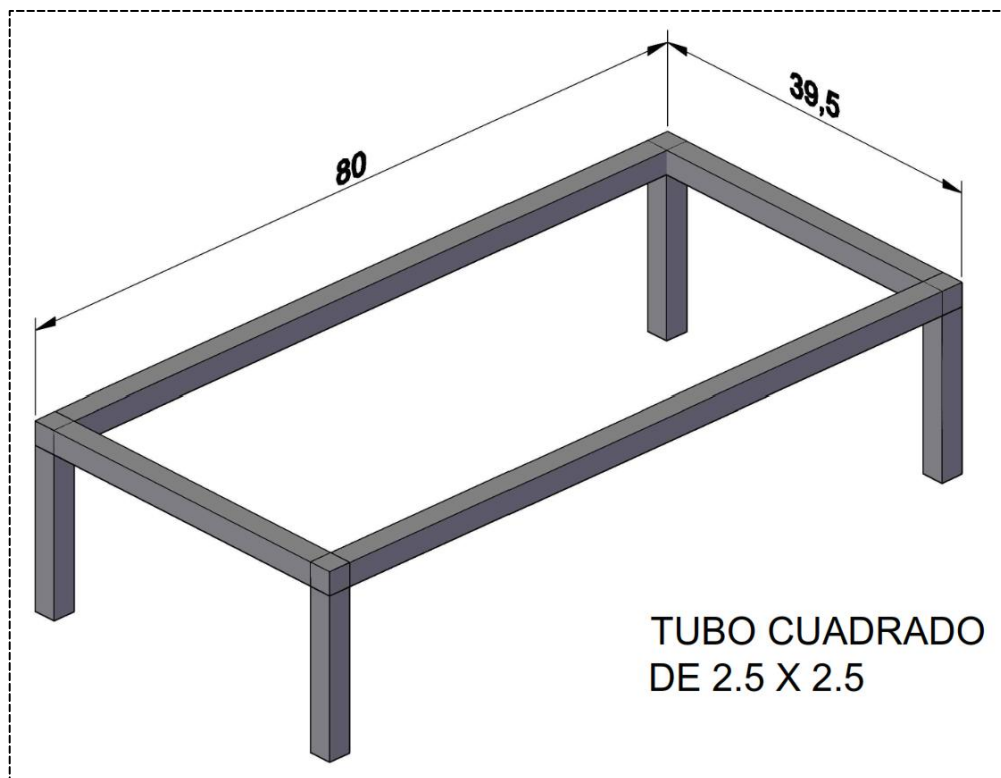
**PROYECTO:**  
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO AUTOMÁTICO PARA OPERACIONES DE CORTE TRANSVERSAL EN MÁQUINAS DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE PVC.

**ELABORADO Y DISEÑADO POR:**  
ASLY BRIGETT JACHO

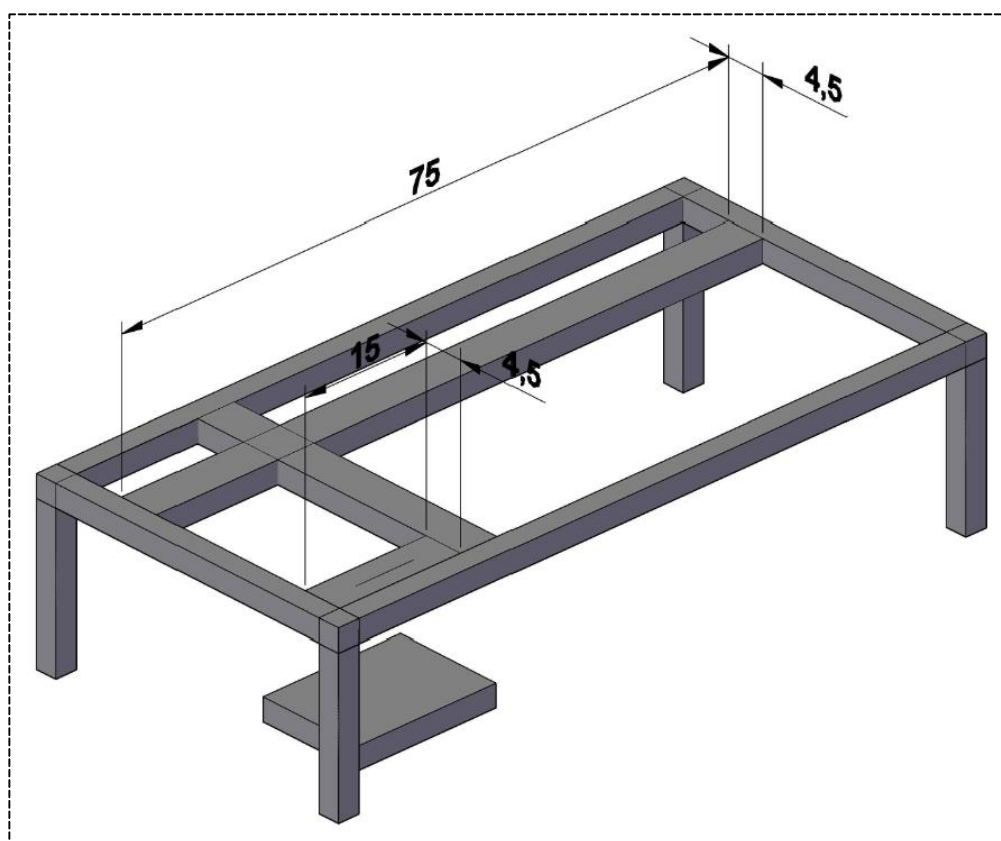
**NOTAS:**

- PRESENTACIÓN DE LA VISTA GENERAL DEL DISEÑO MECÁNICO DE LA ESTRUCTURA.

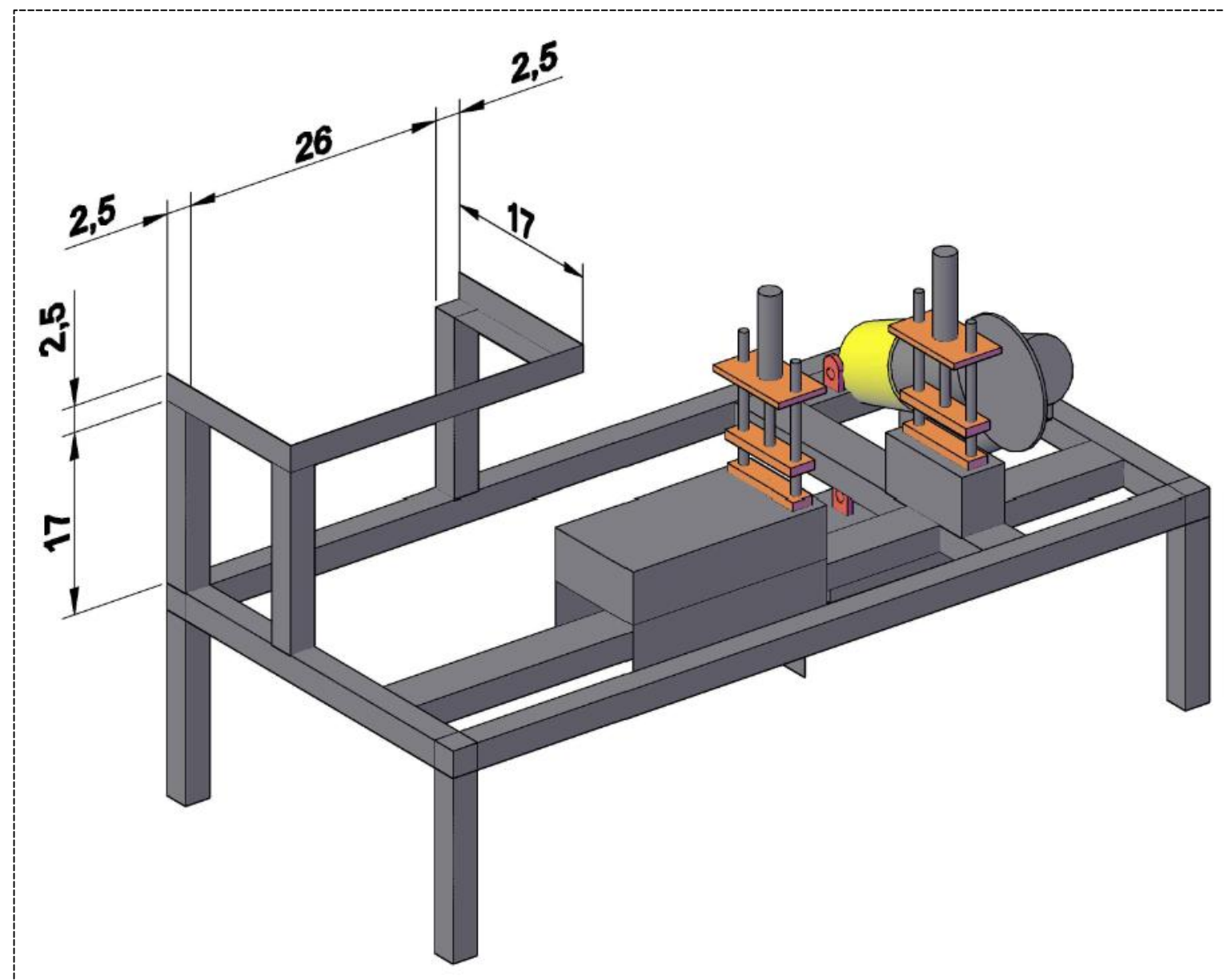




ESTRUCTURA EXTERNA



ESTRUCTURA INTERNA



ACOPLAMIENTO DEL TABLERO DE CONTROL



**CONTENIDO:**  
DISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO DEL PROYECTO

**INSTITUCIÓN:**  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

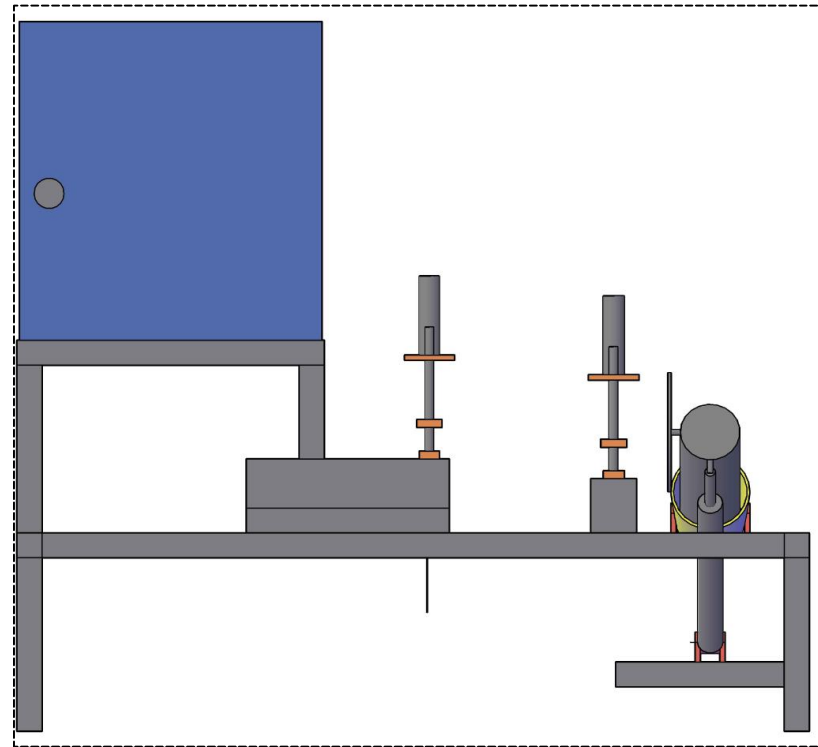
**PROYECTO:**  
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO AUTOMÁTICO PARA OPERACIONES DE CORTE TRANSVERSAL EN MÁQUINAS DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE PVC.

**ELABORADO Y DISEÑADO POR:**  
ASLY BRIGETT JACHO  
**FECHA:**  
MARZO 2018

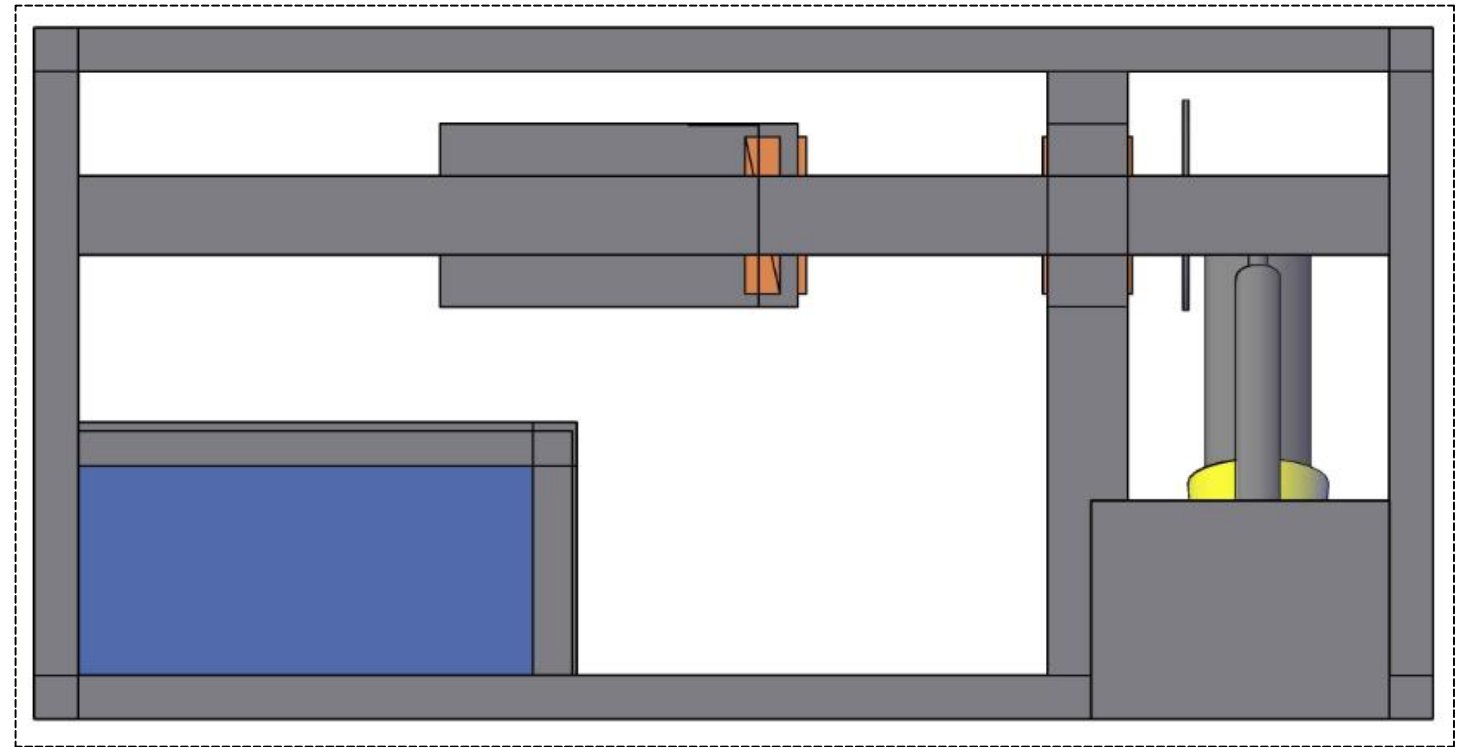
**NOTAS:**

- ESPECIFICACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA EXTERNA E INTERNA.
- DIMENSIONES DEL ACOPLAMIENTO DEL TABLERO DE CONTROL

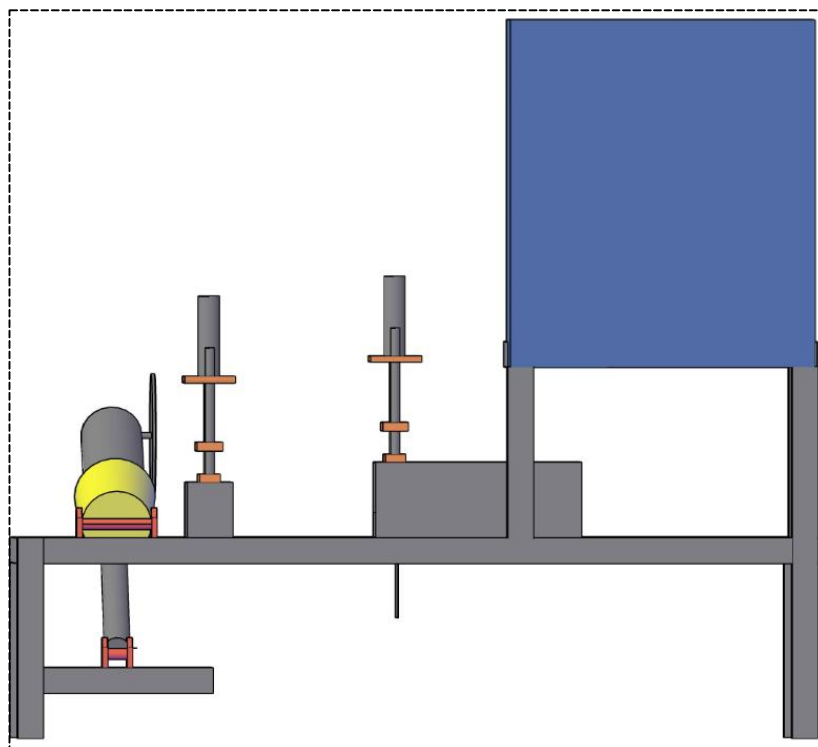
### **6.6.2 Plano 2. Vistas del diseño mecánico en 3D.**



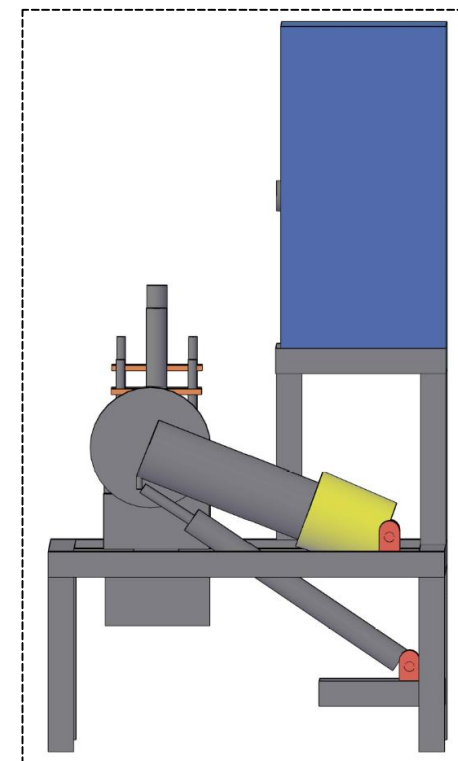
VISTA FRONTAL



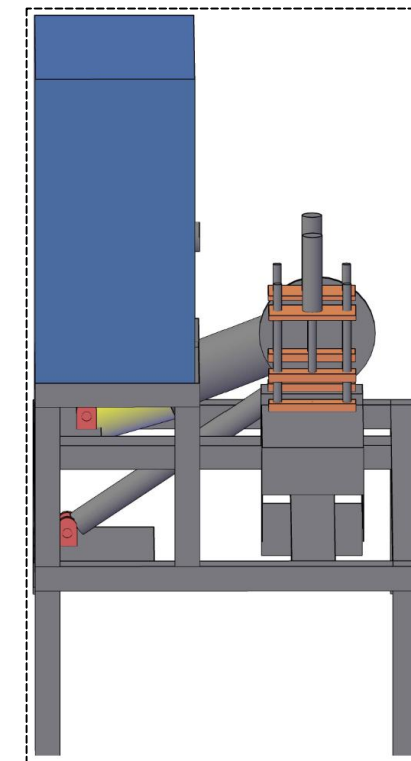
VISTA SUPERIOR



VISTA POSTERIOR



VISTA LATERAL DER.



VISTA LATERAL IZQ.



**CONTENIDO:**  
DISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO DEL PROYECTO

**INSTITUCIÓN:**  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**PROYECTO:**  
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO AUTOMÁTICO PARA OPERACIONES DE CORTE TRANSVERSAL EN MÁQUINAS DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE PVC.

**ELABORADO Y DISEÑADO POR:**  
ASLY BRIGETT JACHO  
**FECHA:**  
MARZO 2018

**NOTAS:**  
PRESENTACIÓN DE LAS VISTAS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA EN 3D:

- VISTA FRONTAL.
- VISTA POSTERIOR.
- VISTA SUPERIOR.
- V. LATERAL DERECHA.
- V. LATERAL IZQUIERDA.

### **6.6.3 Plano 3. Diagrama de fuerza y control del sistema de posicionamiento.**

DIAGRAMA: ENTRADAS Y SALIDAS LOGOI 230RC

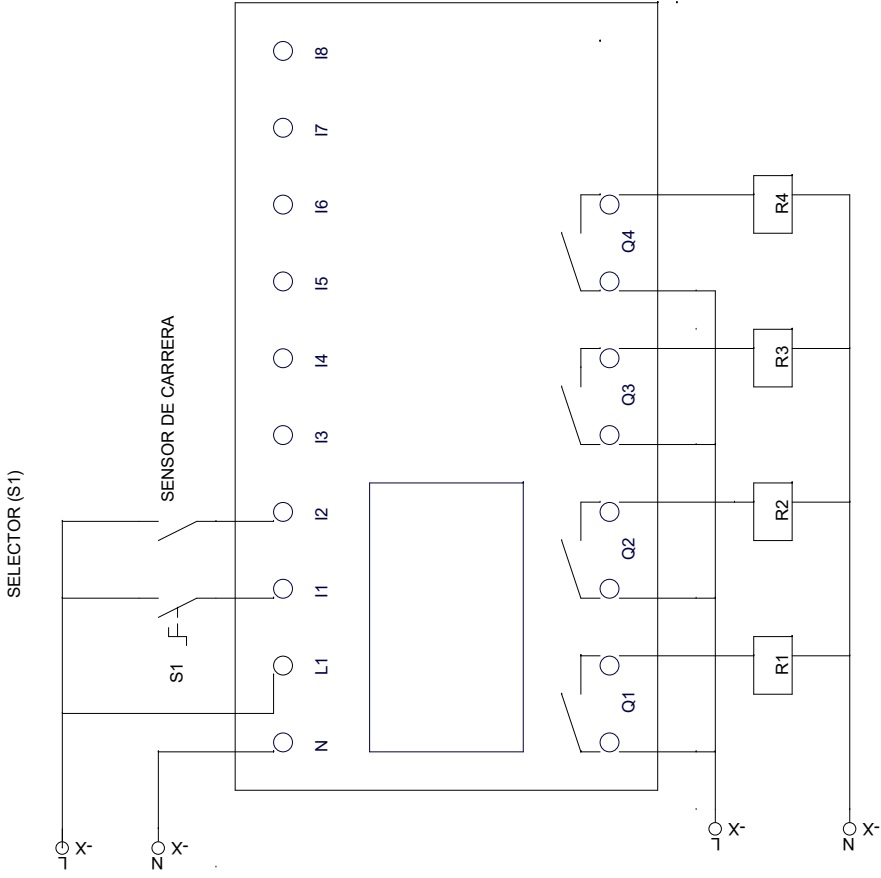
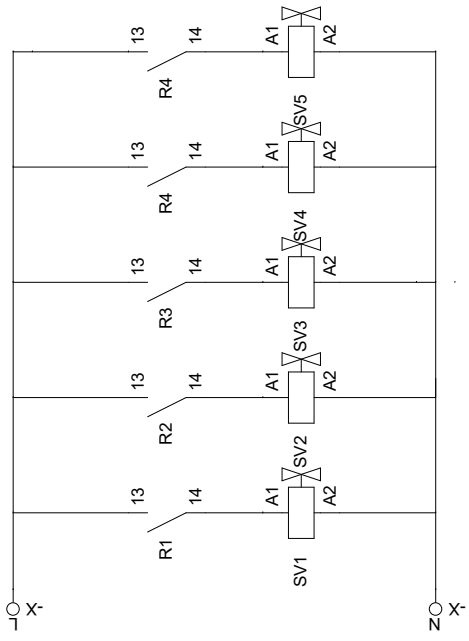


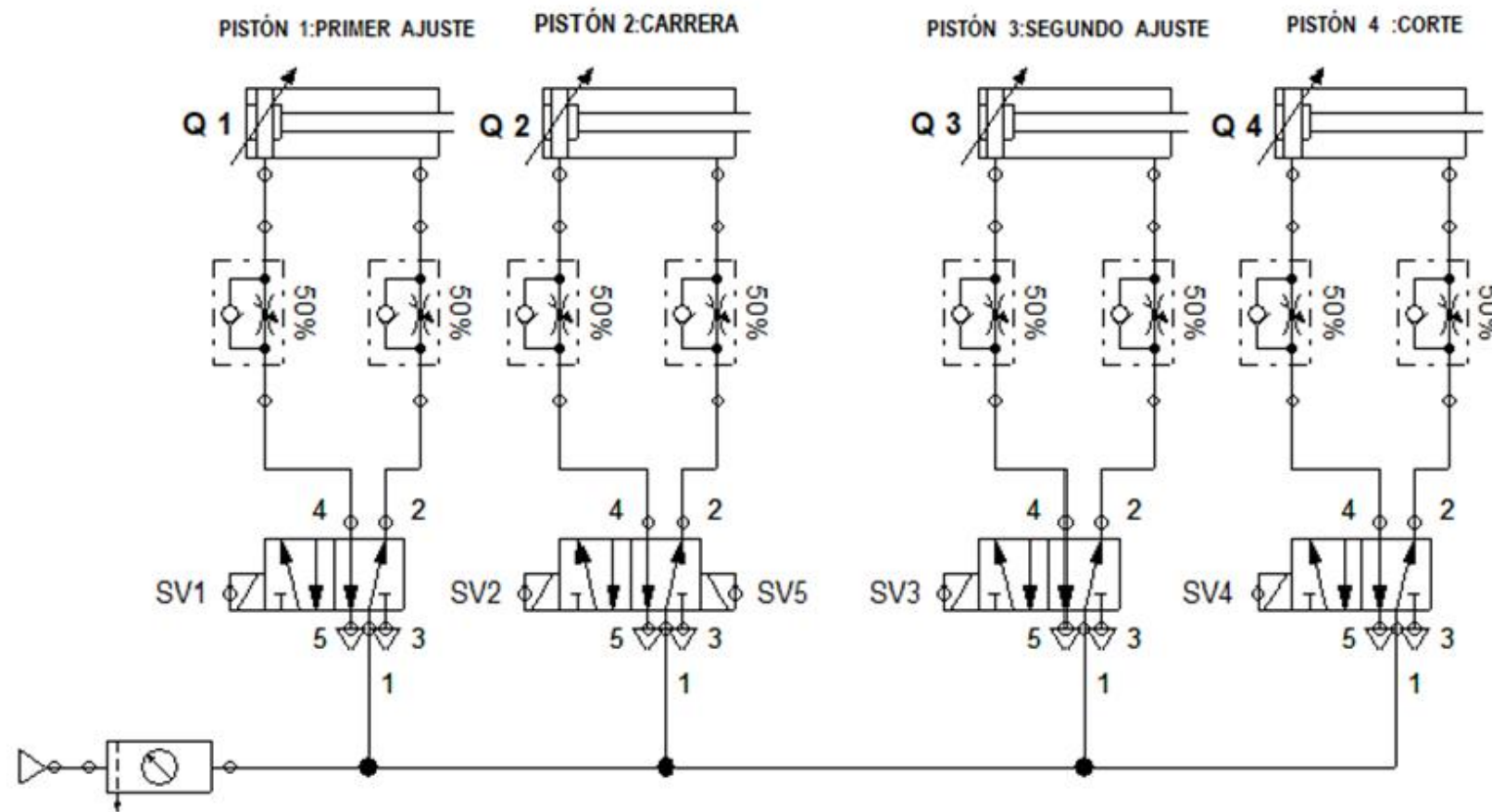
DIAGRAMA DE FUERZA DEL SISTEMA



Dibujado	Fecha	19/02/2018	Fecha:	19-Feb-2018	Núm? de 1
	Comprobado	Nombre	Título		
	ASLY JACHO	DISEÑO DEL DIAGRAMA DE CONTROL Y FUERZA DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO AUTOMATICO			Archivo:
	ASLY JACHO	UCSG			DIAGRAMA DE F/C
		Entidad			
		Firmas			

#### **6.6.4 Plano 4. Diagrama del circuito neumático del sistema.**

**MANDO DE CILINDROS DOBLE EFECTO CONTROLADO POR VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS Y REGULADORAS DE FLUIDO**



Marca	Denominación del componente
Q1	Cilindro doble efecto
	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
	Fuente de aire comprimido
	Válvula antirretorno estranguladora
	Válvula antirretorno estranguladora
	Válvula de 5/n vías
Q2	Cilindro doble efecto
	Válvula antirretorno estranguladora
Q3	Cilindro doble efecto
	Válvula antirretorno estranguladora
	Válvula antirretorno estranguladora
	Válvula de 5/n vías
	Válvula de 5/n vías
	Válvula de 5/n vías
Q4	Cilindro doble efecto
	Válvula antirretorno estranguladora
	Válvula antirretorno estranguladora
	Válvula antirretorno estranguladora



**CONTENIDO:**  
DISEÑO DEL CIRCUITO NEUMÁTICO DEL PROYECTO

**INSTITUCIÓN:**  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**PROYECTO:**  
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO AUTOMÁTICO PARA OPERACIONES DE CORTE TRANSVERSAL EN MÁQUINAS DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE PVC.

**ELABORADO Y DISEÑADO POR:**  
ASLY BRIGETT JACHO

**NOTAS:**

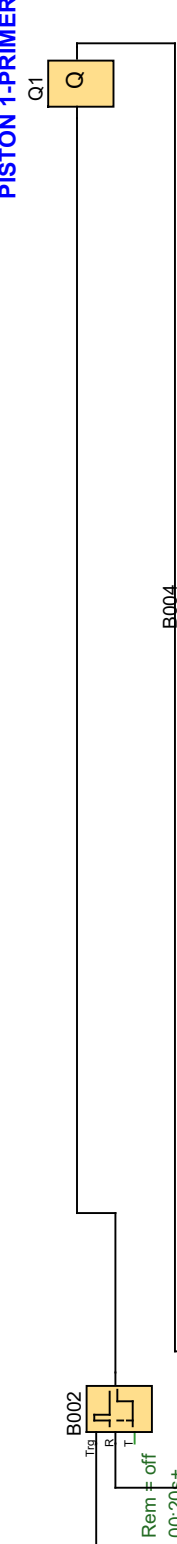
- PRESENTACIÓN DEL CIRCUITO NEUMÁTICO Y LISTA DE PIEZAS DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO.

#### **6.6.5 Plano 5. Diagrama de bloques de la interfaz de programación.**

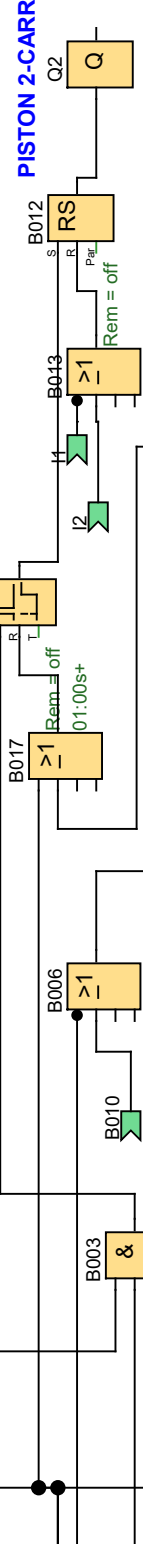


ENCIENDE  
EL  
SISTEMA

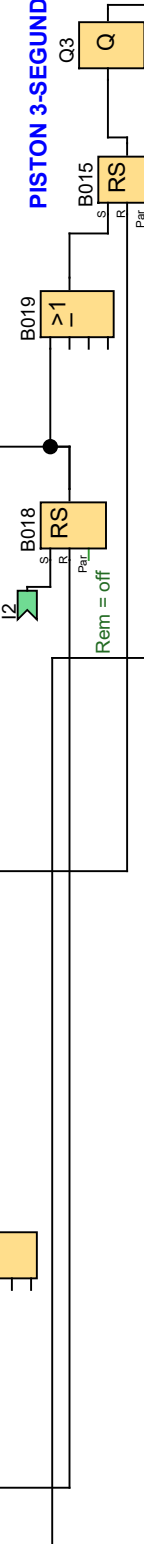
PISTON 1-PRIMER AJUSTE



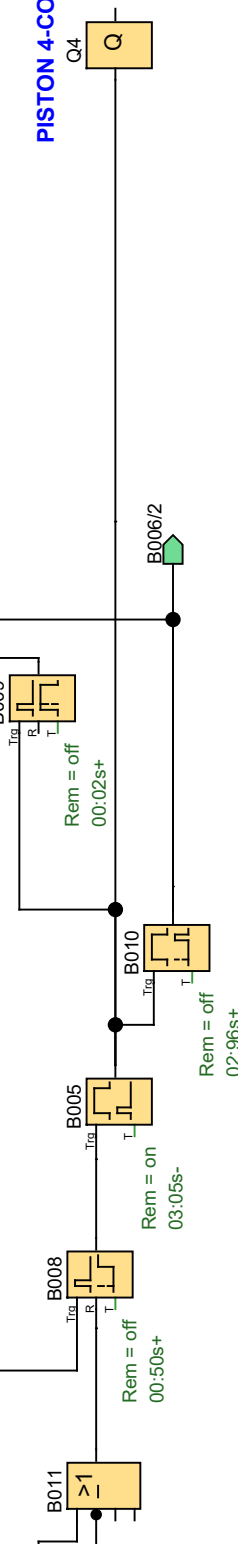
PISTON 2-CARRERA



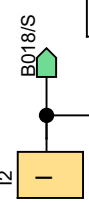
PISTON 3-SEGUNDO AJUSTE



PISTON 4-CORTE



AJUSTE DEL  
TAMAÑO DEL CORTE



Autor:	ASLY BRIGETT JACHO CORRALES	Diseño del entorno de programación del sistema	Cliente:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil
Comprobado:	ASLY BRIGETT JACHO CORRALES	Implementación del trabajo de titulación	Nº diagrama:	1
Fecha de creación/modificación:	22/01/18 23:14/17/02/18 16:35	TRABAJO DE TITULACION_ASLY JACHO lsc	Página:	1 / 3
Proyecto:		archivo:		
Instalación:				

Número de bloque (tipo)	Parámetro
B002(Retardo a la conexión con memoria) :	Rem = off 00:20s+
B004(Retardo a la conexión con memoria) :	Rem = off 01:00s+
B005(Relé de barrido (Salida de impulsos)) :	Rem = on 03:05s-
B008(Retardo a la conexión con memoria) :	Rem = off 00:50s+
B009(Retardo a la desconexión) :	Rem = off 00:02s+
B010(Retardo a la conexión) :	Rem = off 02:96s+
B012(Relé autoenclavador) :	Rem = off
B015(Relé autoenclavador) :	Rem = off
B018(Relé autoenclavador) :	Rem = off
I1(Entrada) : ENCIENDE EL SISTEMA	
I2(Entrada) : AJUSTE DEL TAMAÑO DEL CORTE	
Q1(Salida) : PISTON 1-PRIMER AJUSTE	
Q2(Salida) : PISTON 2-CARRERA	
Q3(Salida) : PISTON 3-SEGUNDO AJUSTE	
Q4(Salida) : PISTON 4-CORTE	

Autor:	ASLY BRIGETT JACHO CORRALES	Proyecto:	Diseño del entorno de	Cliente:	Universidad Católica de Santiago	
Comprobado:	ASLY BRIGETT JACHO CORRALES	Instalación:	Implementación del trabajo de	N° diagrama:	1	
Fecha de creación/modificación:	2018-02-13 23:14/17/02/18 16:35	archivo:	TRABAJO DE	Página:	2 / 3	

Conector	Rotulación
I1	ENCENDIDO DEL SISTEMA
I2	AJUSTE DEL TAMAÑO DE CORTE
Q1	PISTÓN 1 - PRIMER AJUSTE
Q2	PISTÓN 2 - CARRERA
Q3	PISTÓN 3 - SEGUNDO AJUSTE
Q4	PISTÓN 4 - CORTE

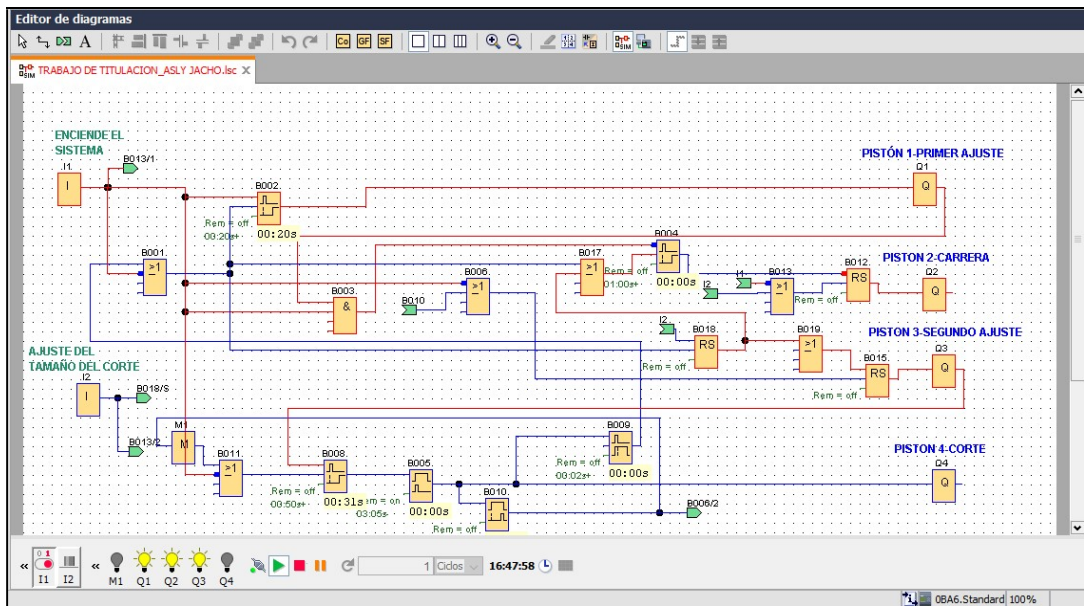
Autor:	ASLY BRIGETT JACHO CORRALES	Proyecto:	Diseño del entorno de	Cliente:	Universidad Católica de Santiago
Comprobado:	ASLY BRIGETT JACHO CORRALES	Instalación:	Implementación del trabajo de	Nº diagrama:	1
Fecha de creación/modificación:	2018/02/17 23:14/17/02/18 16:35	archivo:	TRABAJO DE	Página:	3 / 3

# CAPÍTULO 7

## PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

### 7.1 Pruebas de prototipo

Una vez que se ha realizado la programación en el entorno LOGO!Soft Comfort V8 y la respectiva simulación en el editor de programas (figura 7.1), se procedió a realizar las pertinentes pruebas en el sistema implementado (figura 7.2).



**Figura 7. 1: Simulación del diagrama de bloques de función (FUP)**  
Elaborado por: Autor



**Figura 7. 2: Tablero de control**  
Elaborado por: Autor

Durante las pruebas de funcionamiento iniciales, se diseñó el diagrama de control como se muestra en la figura 7.2 con dos breakers que controlan tanto al LOGO! como al sistema, pero durante la activación de la amoladora angular (figura 8.2), se determinó que es necesario un relé estado sólido (INPUT: 90-280 VAC / LOAD 40A. – 480VAC.) que gobierne a la cortadora (figura 7.3), dado a la potencia de trabajo. Por ende, el relé estado sólido se conecta directamente a 110VAC para la amoladora y también se realizó el cambio de las borneras de 2.5mm (calibre #18 awg.-azul) por 6 borneras de 16mm (calibre #6 awg.- gris). Las modificaciones realizadas se observan en la figura 7.4.

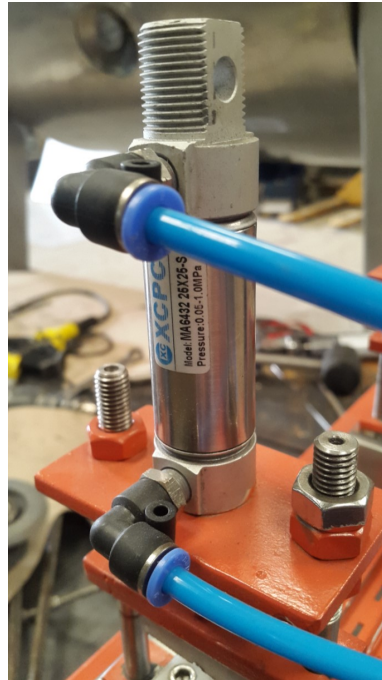


**Figura 7. 3: Funcionamiento de la cortadora**  
Elaborado por: Autor

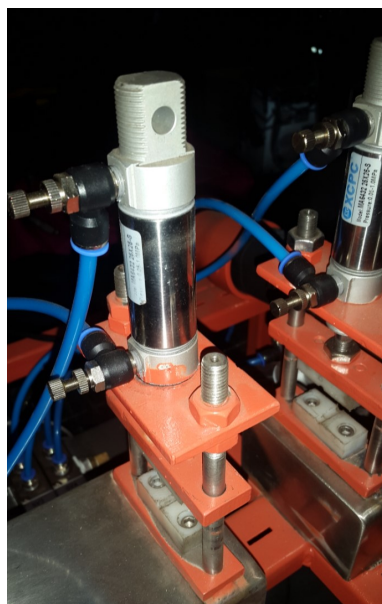


**Figura 7. 4: Sistema de control modificado**  
Elaborado por: Autor

Luego de evaluar el funcionamiento con las modificaciones realizadas, se observó también que en el movimiento de los cilindros se realizaban de forma precipitada debido a que se encontraban conectados directamente con racores, por lo que se los reemplazó por válvulas reguladoras de flujo en todas las entradas de los cilindros. En la figura 7.5 se observa la conexión inicial de los cilindros con racores y en la figura 7.6 se muestra el cambio por las válvulas reguladoras de flujo.



**Figura 7. 5:Racores neumáticos**  
Elaborado por: Autor



**Figura 7. 6:Válvulas reguladoras**  
Elaborado por: Autor

Después de verificar el accionamiento de los cilindros de forma más controlada, se observó también que existe un problema en el corte en función del tiempo de ida y retorno por parte del cilindro que gobierna la articulación de la cortadora. Por lo que se procedió a ajustar el flujo de paso de las válvulas reguladoras. En la interfaz de programación, el parámetro configurado se identifica como el bloque B002 en 00:20s., el cual se encarga de realizar el primer ajuste del cilindro y además se ajustó el bloque B005 en 03:50s., cuya función se centra en la bajada para ejecutar el corte.

Adicionalmente, en lo que respecta a la precisión del corte del tubo de pvc; se determinó que al inicio del sistema siempre se perderá el corte inicial y final hasta que se estabilicen las funciones. Sin embargo, a continuación se realiza respectivo análisis.

## 7.2 Tabla de resultados

### Precisión de corte

$$\%Error = \frac{|T - E|}{|T|} * 100\%$$

**Ejemplo:**

$$\%Error = \frac{|12 - 11,95|}{|12|} * 100 = 0,416\%$$

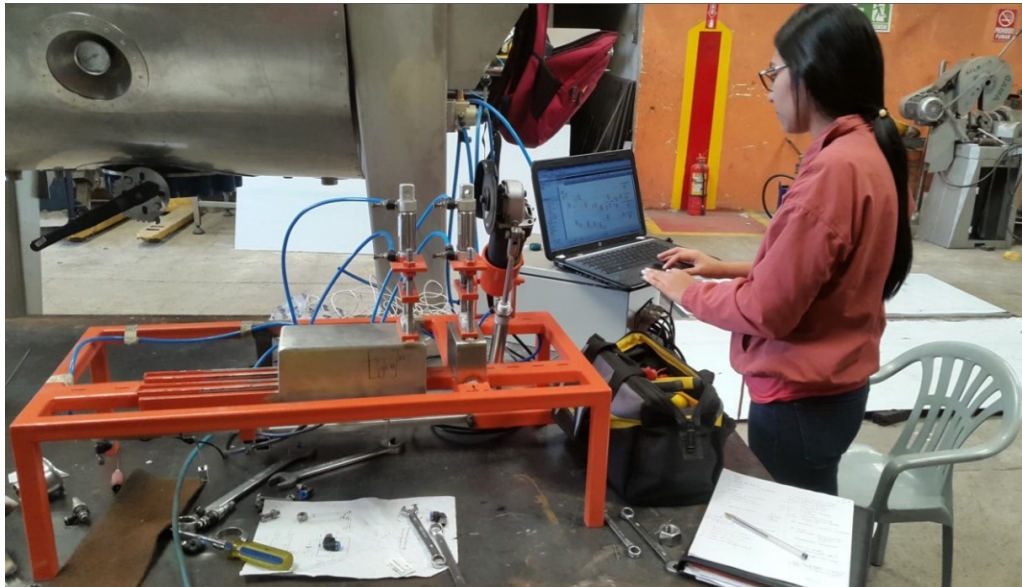
**Tabla 7.1: Tabla de resultados de pruebas de funcionamiento**

No.	Muestra	Longitud experimental (cm.)	Longitud teórica (cm.)	Error (%)
1	Tubo de pvc	11,95	12	0,42
2		12,00	12	0,00
3		11,80	12	1,67
4		12,00	12	0,00
5		12,00	12	0,00
6		12,00	12	0,00
7		11,90	12	0,83
8		11,95	12	0,42
9		12,00	12	0,00
<b>Media aritmética :</b>		11,96	12	<b>0,37</b>

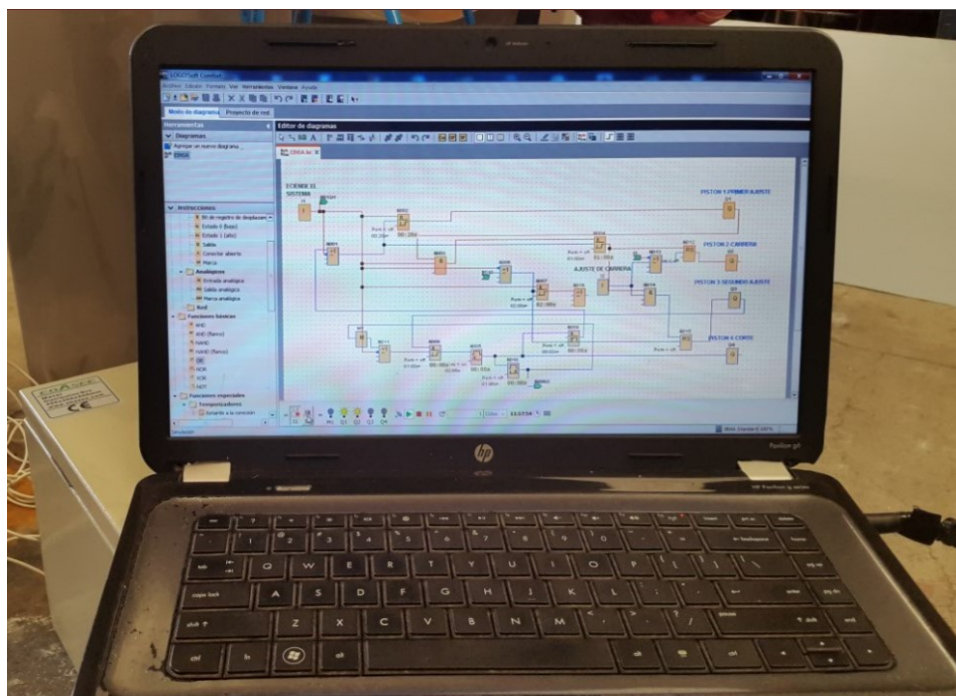
Elaborado por: Autor

De acuerdo al número de muestras empleadas y toma de datos experimentales obtenidos, se determina a partir de los cálculos que la precisión de corte posee un margen de error del 0,37% de acuerdo a la media de la tabla 7.1.

A continuación se observan algunas capturas que corresponden al desarrollo de las pruebas de funcionamiento del sistema.



**Figura 7. 7: Desarrollo de las pruebas de funcionamiento**  
Elaborado por: Autor

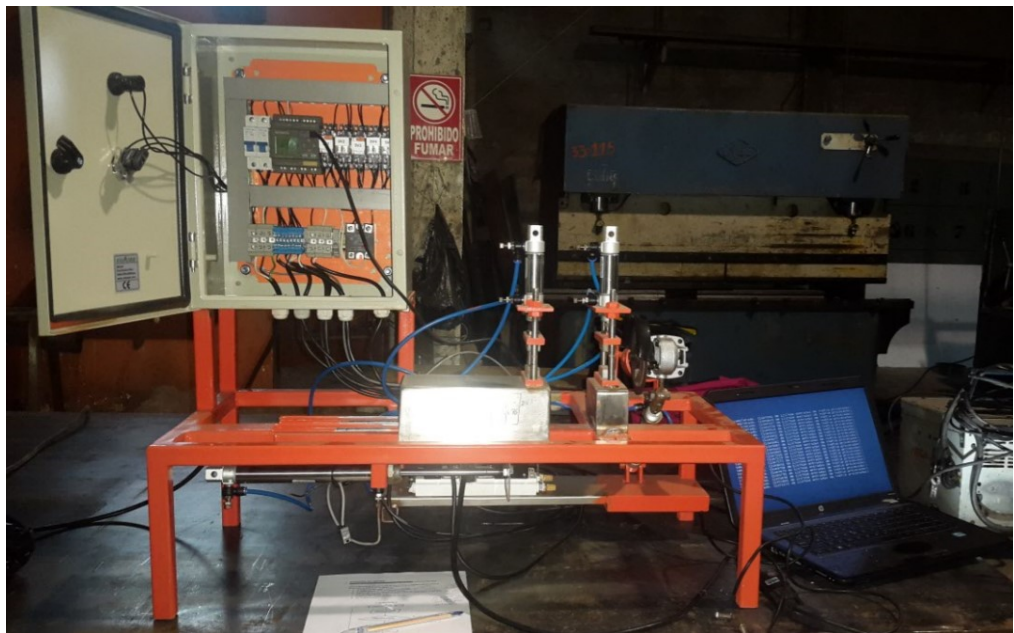


**Figura 7. 8: Simulación del sistema de control**  
Elaborado por: Autor





**Figura 7. 9: Vista exterior de la implementación del sistema**  
Elaborado por: Autor



**Figura 7. 10: Vista interior de la implementación del sistema**  
Elaborado por: Autor

### 7.3 Cálculo de costos

En este apartado, se identificarán todos los elementos que conforman el desarrollo del presente trabajo de titulación, así como su costo correspondiente para determinar el presupuesto total aproximado que se necesitó para la implementación del proyecto (tabla 7.2).

**Tabla 7.2: Listado de materiales**

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>P. UNIDAD</b>	<b>P. TOTAL</b>
1	Tablero metálico 40x30x20cm.	\$ 60.38	\$ 60.38
1	LOGO! 230RC (110-220VAC.)	\$ 387.00	\$ 387.00
5	Mini-relé de 8 pines (110VAC.)	\$ 7.90	\$ 39.50
5	Base p/relé 8 pines	\$ 5.04	\$ 25.20
2	Breaker 1P – 4 A. (p/riel)	\$ 9.80	\$ 19.60
1	Relé estado sólido 40A. 110V.	\$ 59.98	\$ 59.98
1	Luz piloto verde (110VAC.)	\$ 5.80	\$ 5.80
1	Selector 2 posiciones (22mm.)	\$ 9.90	\$ 9.90
1	Canaleta ranurada 35x35mm (2m.)	\$ 7.25	\$ 7.25
8	Bornera (calibre #22-18 awg)	\$ 1.10	\$ 8.80
6	Bornera(calibre #6awg)	\$ 4.50	\$ 27.00
1	Rollo de cable #18awg (100m.)	\$ 16.00	\$ 16.00
5	Cable concéntrico 3x14awg. (metro)	\$ 1.28	\$ 6.40
10	Cable concéntrico 2x18awg. (metro)	\$ 0.60	\$ 6.00
1	Enchufe polarizado (110V.)	\$ 2.63	\$ 2.63
2	Soporte de bornera tipo riel din	\$ 1.55	\$ 3.10
4	Prensaestopa PG 13,5mm.	\$ 0.39	\$ 1.56
2	Manguera poliuretano 6mm (metro)	\$ 1.14	\$ 2.28
8	Válvula reguladora 90°- 1/8" a 6mm.	\$ 4.99	\$ 39.92
8	Racor macho 6mm, rosca 1/4 " recto	\$ 2.89	\$ 23.12
1	Sensor magnético reed switch	\$ 15.00	\$ 15.00
3	Electroválvula 5/2 x 1/4" (110VAC)	\$ 25.00	\$ 75.00
1	Electroválvula 5/3 x 1/4" (110VAC)	\$ 45.00	\$ 45.00
2	Mirocilindro diam. 25x25mm.(2E)	\$ 29.00	\$ 58.00
1	Mirocilindro diam. 25x100mm.(2E)	\$ 35.00	\$ 35.00
1	Mirocilindro diam. 25x150mm.(2E)	\$ 46.20	\$ 46.20
1	Manifold (6 espacios)	\$ 48.00	\$ 48.00
1	Pulidora amoladora 4 1/2" - 500W	\$ 43.00	\$ 43.00
1	Estructura de hierro	\$ 350.00	\$ 350.00

<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1,466.62</b>
--------------	--------------------

**Elaborado por: Autor**

## CAPÍTULO 8

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 8.1 Conclusiones

Como culminación del presente trabajo de investigación realizado y en respuesta a la evaluación y análisis de los resultados alcanzados, se llegan a las siguientes conclusiones:

En lo que respecta a la definición del modelado del sistema, a través de entornos de programación avanzados, se pueden desarrollar sistemas de control más complejos que gobiernen los procesos de forma totalmente remota. En este sentido, el lenguaje FUP en lo que respecta a los diagramas de bloque de función, es un entorno de programación sencillo de usar; aunque por el contrario, también existe el lenguaje de esquemas de contactos o lenguaje escalera KOP.

Por otra parte, el prototipo realizado no solo se lo puede emplear en el proceso de corte de tubos de pvc, sino también en distintos tipos de industrias que bien pueden ser de tipo maderera, alimenticia, fabricantes de conductores, entre otros. Sin embargo, el sistema de posicionamiento es de vital importancia para la acción de corte y puede hacerse posible gracias al accionamiento de cilindros que a través del recorrido de la carrera, permiten desplazar el tubo de pvc para después determinar la medida de corte a través de sensores que han sido diseñados para trabajar especialmente con cilindros neumáticos y finalmente proceder con corte gracias al accionamiento de un actuador final.

Por último, se deben hacer pruebas de funcionamiento de los cilindros por separado para comprobar que todos los actuadores funcionan correctamente y evitar un movimiento precipitado en la salida de los vástagos. Además se determinó que el sistema de posicionamiento desarrollado realiza el corte del elemento con un alto nivel de precisión a lo esperado.

## **8.2 Recomendaciones**

Ante las observaciones realizadas en el desarrollo del presente trabajo de investigación, se hizo un énfasis en ciertos puntos relacionados al diseño, selección de elementos y funcionamiento del sistema.

En el aspecto de diseño, se recomienda emplear canaletas ranuradas para el paso del cableado entre los dispositivos que conforman el sistema de control, ya que las conexiones eléctricas pueden encontrarse insuficientemente ajustadas, provocando posibles accidentes o daños materiales a causa de cables sueltos. En este caso, el daño al LOGO! puede representar una pérdida importante, ya que controla todo el sistema y en caso de presentar daño, no solo significa la pérdida del equipo sino también de la programación y órdenes que reciben los sensores y actuadores.

En lo que a selección de elementos se refiere, se recomienda trabajar con un relé de estado sólido para proteger el controlador de sobrecarga por la potencia con la que trabaja el dispositivo que realiza el corte del tubo de pvc y de manera consecuente, se deben emplear borneras adecuadas para la carga de la misma. Además, es recomendable usar un tablero anticorrosivo para intemperie (plástico) con el fin de proteger los elementos internos de la humedad.

Para finalizar, se debe realizar las pertinentes pruebas de funcionamiento para verificar si los tiempos de corte se ejecutan en la implementación a lo esperado, ya que el movimiento de subida y bajada de la cortadora puede ser muy precipitado.

## **8.3 Trabajos futuros**

Como posibles mejoras al sistema de posicionamiento propuesto en el presente trabajo de titulación, se considera factible diseñar un carril de guía para colocar en la etapa de entrada un sensor óptico que permita detectar el ingreso del elemento y así enviar una señal al controlador para activar el cilindro que sujete al elemento ingresado.

## BIBLIOGRAFÍA

- Airtac. (2014). CS1-U Series. Recuperado 15 de febrero de 2017, a partir de <http://www.airtac.net/en/upload/201404290321518436.PDF>
- Airtac. (2018). Sensor switch CS1-U Series. Recuperado 16 de febrero de 2017, a partir de <http://www.airtac.net/en/upload/201404290321518436.PDF>
- AIU. (2017). Automatización y Control. Recuperado a partir de <http://cursos.aiu.edu/Automatizacion%20y%20Control/PDF/Tema%201.pdf>
- Amidata S.A. (2018a). Cabezal parada emergencia, liber por giro | Schneider Electric. Recuperado 14 de enero de 2018, a partir de <https://es.rs-online.com/web/p/botones-pulsadores-de-parada-de-emergencia/3309388/>
- Amidata S.A. (2018b). Interruptor selector 3 posiciones 2NO | Schneider Electric. Recuperado 14 de enero de 2018, a partir de <https://es.rs-online.com/web/p/unidades-completas-de-selectores-e-interruptores-de-llave/3308694/>
- Autonics Corporation. (2015). Sensores. Recuperado 14 de enero de 2018, a partir de [http://autonics.com.mx/products/products\\_2.php?big=01&mid=01/02](http://autonics.com.mx/products/products_2.php?big=01&mid=01/02)
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (Octava edición.). México, D.F.: McGraw-Hill. Recuperado a partir de <https://rafaelramirezr.files.wordpress.com/2015/03/disenio-en-ingenieria-mecanica-de-shigley-8th-hd.pdf>
- Bullón, O. (2009). *Automatización industrial* (Trabajo de Titulación). Instituto Politécnico Nacional, México. Recuperado a partir de <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/5632>
- Croser, P., Thomson, J., & Ebel, F. (2000). Fundamentos de Neumática. Festo Didactic GmbH & Co. Recuperado a partir de <http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/0598048001156321794.pdf>
- Dorf, R. C., & Bishop, R. H. (2005). *Sistemas de control moderno* (Décima edición). Madrid: Pearson Educación, S.A.

- ELECTRICAS BC. (2010). Automatizacion y control industrial, Materiales electricos, Instrumentacion de Medida, Maniobra, Herramientas. Recuperado 15 de febrero de 2018, a partir de <http://www.electricasbc.com/detalles/racores-instantaneos/4668-86740>
- Electricas BC. (2010). Recuperado 19 de febrero de 2018, a partir de <http://www.electricasbc.com/detalles/ssrs/1363-46924>
- Gasca, A. C., Bautista, F. A., Quintero, M. A., & Gómez, A. (2012). Automatizacion y Neumatica. Recuperado 12 de enero de 2018, a partir de <http://procesos2automatizacionyneumatica.blogspot.com/>
- González, M. M. (2010). *Factores de análisis para el cambio de un proceso manual a la automatización* (Trabajo de Titulación). Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales S/N, Col. Centro, Hermosillo, Sonora, México. Recuperado a partir de <http://www.bidi.uson.mx/TesisIndice.aspx?tesis=21319>
- Grupo Festo. (2018). Válvulas compactas universales, electroválvulas | Festo España. Recuperado 15 de enero de 2018, a partir de [https://www.festo.com/cms/es\\_es/16710.htm](https://www.festo.com/cms/es_es/16710.htm)
- Guruprasath, E. (2015). Practical Engineer for instrumentation: Proximity sensor. Recuperado 14 de enero de 2018, a partir de <http://instrumentguru.blogspot.com/2015/07/proximity-sensor-what-is-meaning.html>
- IES LA ASUNCIÓN. (2013). MECANISMOS [Educativo]. Recuperado 11 de diciembre de 2017, a partir de <http://www.ieslaasuncion.org/departamento/documentos/inicio/2123.pdf>
- ifm electronic Chile. (2017). Detectores para cilindros | ifm. Recuperado 15 de febrero de 2018, a partir de [http://www.ifm.com/ifmcl/web/pinfo010\\_040\\_040.htm](http://www.ifm.com/ifmcl/web/pinfo010_040_040.htm)
- Morales, R., Mendoza, R., & Ambrosio, R. (2013). *Sistemas de control moderno. Volumen I: sistemas de tiempo continuo*. México: Editorial Digital del Tecnológico de Monterrey. Recuperado a partir de <https://repositorio.itesm.mx/ortec/handle/11285/622324>

- Ningbo Xinchao Automatization Component Co.,Ltd. (2017a). 4V/3V 300,4A/3A 300 Series - Pneumatic Cylinder. Recuperado 15 de febrero de 2018, a partir de <http://www.china-pneumatic.com/4V-3V-300-4A-3A-100-Series.html>
- Ningbo Xinchao Automatization Component Co.,Ltd.. (2017). MA6432 Series Mini Cylinder(ISO6432) - Pneumatic Cylinder. 25x25. Recuperado 15 de febrero de 2018, a partir de <http://www.china-pneumatic.com/MA6432-Series-Mini-Cylinder-ISO6432.html>
- Ningbo Xinchao Automatization Component Co.,Ltd. (2017b). MA6432 Series Mini Cylinder(ISO6432) - Pneumatic Cylinder.25x150. Recuperado 15 de febrero de 2018, a partir de <http://www.china-pneumatic.com/MA6432-Series-Mini-Cylinder-ISO6432.html>
- Panchi, J. E., & Santo, M. A. (2014). *Diseño y construcción de una máquina de corte longitudinal y transversal de láminas de plástico PVC con un sistema HMI para la Industria Plástica Brother's*. (Trabajo de Titulación). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga. Recuperado a partir de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/9115>
- Perez, M. J. A. (2014). Tecnología María José Lapuebla: engranajes. Recuperado 11 de diciembre de 2017, a partir de <http://tecnomariajoseyguadalupe.blogspot.com/2014/05/engranajes.html>
- Pulido, A. (2009). Mecanismos de transmisión circular. Recuperado 27 de diciembre de 2017, a partir de <https://aprendemostecnologia.org/2009/04/22/maquinas-y-mecanismos-apuntes-de-tecnologia-industrial/>
- Requero, N. I. (2014). Tecno Nerea : Engranajes. Recuperado 11 de diciembre de 2017, a partir de <http://tecnonereaygabriel.blogspot.com/2014/05/engranajes.html>
- Schneider Electric. (2017a). Interruptor automático en miniatura - Acti 9 iC60 | Schneider Electric. Recuperado 15 de enero de 2018, a partir de <https://www.schneider-electric.com.pe/es/product-range/7556-acti-9-ic60?parent-category-id=1600&parent-subcategory-id=1605>

- Schneider Electric. (2017b). Thermal overload relays - TeSys LRD | Schneider Electric. Recuperado 15 de enero de 2018, a partir de <https://www.schneider-electric.com/en/product-range/1885-tesys-lrd/166389602-thermal-overload-relays/>
- SIEMENS AG. (2003). Manual - Siemens LOGO! Bereich Automation and Drives. Recuperado a partir de [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att\\_82567/v1/Logo\\_s.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logo_s.pdf)
- SIEMENS AG 2001-2003. (2003). LOGO! SIEMENS - MANUAL EDICIÓN 6/2003. Bereich Automation and Drives. Recuperado a partir de [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att\\_82567/v1/Logo\\_s.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logo_s.pdf)
- SIEMENS SPAIN. (2018). SIMATIC S7-1200. SIEMENS. Recuperado a partir de [https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce\\_educacion/Documentacion-Didactica/Documents/SIMATIC%20S71200R.pdf](https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce_educacion/Documentacion-Didactica/Documents/SIMATIC%20S71200R.pdf)
- Soluciones y Servicios BLZ. (2018). LOGO! 230RC Modulo lógico. Recuperado 15 de enero de 2018, a partir de <https://www.solucionesyservicios.biz/6ED1052-1FB00-0BA6>
- SSR-40DA Relevador de Estado Sólido 40 Amperes. (2018). Recuperado 19 de febrero de 2018, a partir de <https://www.geekfactory.mx/tienda/relevadores-y-switches/ssr-40da-relevador-estado-solido/>
- Tengen. (2018). 22mm m iluminaron los mini indicadores luminosos llevados, lámparas indicadoras del soporte industrial del panel. Recuperado 14 de enero de 2018, a partir de <http://spanish.moldedcase-circuitbreaker.com/sale-9510779-22mm-illuminated-mini-led-indicator-lights-industrial-panel-mount-indicator-lamps.html>
- Tinajero, J. (2015). *Evaluación de la eficiencia de los controladores Arduino Mega y Seimens Logo 23ORC en procesos industiales* (Trabajo de Titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Recuperado a partir de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3805>



Trimantec. (2017). Sensor Switch. Recuperado 16 de febrero de 2017, a partir de [https://trimantec.com/wp-content/uploads/2015/10/Airtac-Cylinder-Switches\\_Trimantec.pdf](https://trimantec.com/wp-content/uploads/2015/10/Airtac-Cylinder-Switches_Trimantec.pdf)

Tutosaus, C. (2009). INTRODUCCIÓN A LA AUTOMATIZACIÓN. AUTÓMATAS PROGRAMABLES. Recuperado a partir de [http://uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Trabajos%20IM%202009-10/Carlos%20Tutosaus-introduccion\\_automatizacion.pdf](http://uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Trabajos%20IM%202009-10/Carlos%20Tutosaus-introduccion_automatizacion.pdf)

## **ANEXOS**

# Anexo 1: Hoja de datos del microcilindro 25X25: MA6432 25X25-S (XCPC)

## MA6432 SERIES MINI CYLINDER(ISO6432)



### FEATURES

- Working Medium: Air
- Motion Pattern: Double Action or single Action
- Ensured Pressure Resistance: 1.5Mpa
- Max pressure: 1.0Mpa
- Min pressure: 0.05Mpa/0.1Mpa
- Buffering: 50-750mm/s

**MA6432**      **□**      **20** × **50**      **25**      **S**      **□**

**Series Code**  
 MA:Double Action Type  
 MSA:Single-Extrusion Type  
 MTA:Single Drawing-in Type  
 MAD:Double-shaft Double Action Type  
 MACD:Double-shaft Double Action Damping Type  
 MAJU:Double-shaft and adjustable stroke type  
 MAC:With Cushion Type

**Back Cover Type**  
 Blank:Fishtail Type  
 CM:Rounded Type  
 U:Horizontal Type

**Cylinder Bore**  
 8mm-25mm

**Stroke**

**Adjustable Stroke Type**  
 0-100mm

**Magnet Code**  
 Blank:Without Magnet  
 S:With Magnet

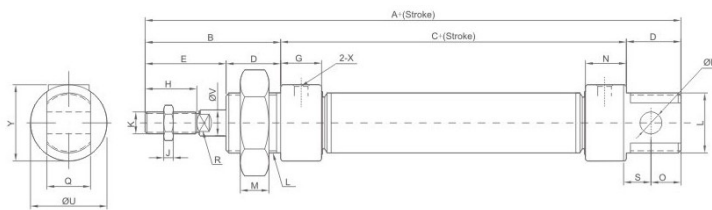
**Fixed Type**  
 Blank:Normal type  
 LB:Front and back fixed type  
 FA:Front cover fixed type  
 SDB:Back cover swinging type  
 U:Back cover fixed type

### Specification

Cylinder diameter(mm)	8	10	12	16	20	25
Working Medium	Air					
Motion pattern	Double Action or single Action					
Ensured Pressure Resistance	15.3kgf/cm <sup>2</sup> (1.5Mpa)					
Max.pressure	10.2kgf/cm <sup>2</sup> (1.0Mpa)					
Min.pressure	0.5kgf/cm <sup>2</sup> (0.05Mpa) 1kgf/cm <sup>2</sup> (0.1Mpa)					
Environment and fluid temp	-20~+80°C(Internal Magnetic Install by Tach strap.Type Max:60°C)					
Piston velocity	Rubber Buffer(Standard)Air Buffer(Optional)					
Buffering	50-750mm/s					
Kinetic energy To Larence(kgf/cm)	0.2	0.3	0.4	0.9	2.7	4
Pipe Size	M5×0.8			G1/8"		

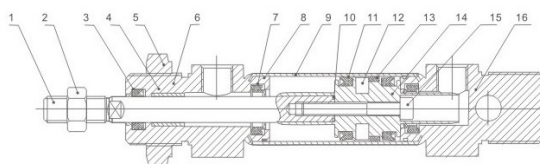
### Overall Dimensions

Bore(mm)	Standard stroke	Max.Stroke(mm)
25	25,40,50,80,100,125,150,160,175,200,250,300	1000



Bore/Symbol	A	B	C	D	E	G	H	M	J	O	K	N	P	S	R	U	V	Q	Y	L	X
25	137	50	65	22	28	15	22	8	6	11	M10×1.25	15	8	12	8	27	10	16	27	M22×1.5	G1/8"

### Other info



NO.	Designation	NO.	Designation
1	Piston Rod	9	Barret
2	Piston Rod Nut	10	Piston rod O-ring
3	Front Cover Seal	11	Piston O-ring
4	Bearing	12	Magnet(Optional)
5	Hexagon Screw	13	Wear Ring
6	Front Cover	14	Piston
7	Cushion Ring	15	Hex Socket Screw
8	O-ring	16	Back Cover

## Anexo 2: Hoja de datos de la válvula electro neumática 5/2 - 1/4" (110V.)

### MOD: 4V310-08

## 4V/3V 300,4A/3A 300 SERIES



#### FEATURES

- Working Medium: 40 Micron Filtered Air
- Motion Pattern: Inner Guide Type
- Working-Pressure: 0.15-0.8MPa
- Max. Pressure Resistance: 1.2MPa
- Operating Temperature: 5-50°C
- Voltage Range: ±10%

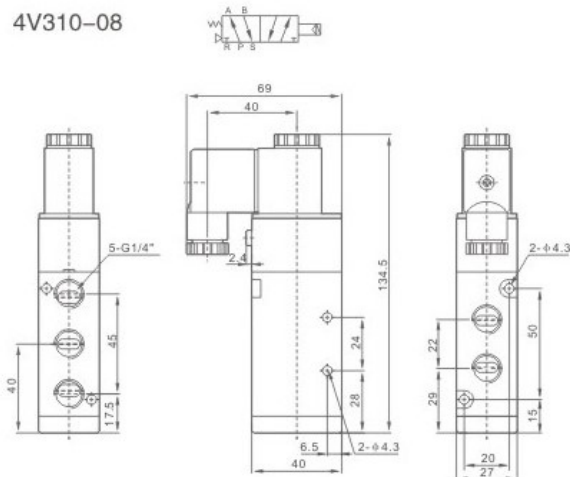
#### Ordering Code

<b>4V</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	—	<b>10</b>	□	—	<b>AC220V</b>	—	□
<b>Specification Code</b> 4V:Two(Three)-position Five-way Solenoid Valve 4A:Two(Three)-position Five-way pneumatic control Valve 3V:Two-position Three-way Solenoid Valve 3A:Two-position Three-way Pneumatic Control Valve	<b>Series Code</b> 300 Series	<b>Coil and Places</b> 10:Single-head Double-position 20:Double-head Double-position 30C:Double-head Three-position Close Type 30E:Double-head Three-position Exhaust Type 30P:Double-head Three-position Pressure Type		<b>Port Size</b> 08:G1/4" 10:G3/8"	<b>Port connection and Initial State</b> NC: Two-position Three- way Normal Close Type NO: Two-position Three- way Normal Open Type		<b>Standard Voltage</b> DC12V DC24V AC24V 50Hz/60Hz AC110V 50Hz/60Hz AC220V 50Hz/60Hz AC380V 50Hz/60Hz		<b>Wiring Form</b> Blank:Standard Connector LD:Brown With Lighting Connector LD1:White With Lighting Connector W:Lead Wire Type

#### Specification

Model	4V310-08	4V320-08	4V330C-08	4V330E-08	4V330P-08	4V310-10	4V320-10	4V320-10	4V330C-10	4V330E-10
Position and Way NO.	Two-position Five-way		Three-position Five-way			Two-position Five-way		Three-position Five-way		
Effective Sectional Area	25mm <sup>2</sup> (CV=1.40)		18mm <sup>2</sup> (CV=1.00)			30mm <sup>2</sup> (CV=1.68)		18mm <sup>2</sup> (CV=1.00)		

#### Overall Dimensions



# Anexo 3: Hoja de datos del microcilindro 25X150-S (XCPC)

SERIES: MA6432 Series Mini Cylinder(ISO6432)

## MA6432 SERIES MINI CYLINDER(ISO6432)



### FEATURES

- Working Medium: Air
- Motion Pattern: Double Action or single Action
- Ensured Pressure Resistance: 1.5Mpa
- Max.pressure: 1.0Mpa
- Min.pressure: 0.05Mpa/0.1Mpa
- Buffering: 50-750mm/s

<b>MA6432</b>	□	20 × 50	—	25	S	—	□
<b>Series Code</b> MA:Double Action Type MSA:Single-Extrusion Type MTA:Single Drawing-in Type MAD:Double-shaft Double Action Type MACD:Double-shaft Double Action Damping Type MAJ:Double-shaft and adjustable stroke type MAC:With Cushion Type	<b>Back Cover Type</b> Blank:Fishtail Type CM:Rounded Type U:Horizontal Type	<b>Cylinder Bore</b> 8mm-25mm	<b>Stroke</b>	<b>Adjustable Stroke Type</b> 0-100mm	<b>Magnet Code</b> Blank:Without Magnet S:With Magnet		<b>Fixed Type</b> Blank:Normal type LB:Front and back fixed type FA:Front cover fixed type SDB:Back cover swinging type U:Back cover fixed type

### Specification

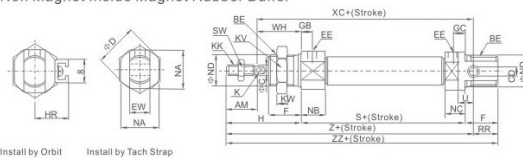
Cylinder diameter(mm)	8	10	12	16	20	25
Working Medium	Air					
Motion pattern	Double Action or single Action					
Ensured Pressure Resistance	15.3kgf/cm2(1.5Mpa)					
Max.pressure	10.2kgf/cm2(1.0Mpa)					
Min.pressure	0.5kgf/cm2(0.05Mpa) 1kgf/cm2(0.1Mpa)					
Environment and fluid temp	-20~+80°C(Internal Magnetic Install by Tach strap.Type Max:60°C)					
Piston velocity	Rubber Buffer(Standard)Air Buffer(Optional)					
Buffering	50-750mm/s					
Kinetic energy To Larence(kgf/cm)	0.2	0.3	0.4	0.9	2.7	4
Pipe Size	M5×0.8			G1/8"		

### Overall Dimensions

Bore(mm)	Standard stroke	Max.Stroke(mm)
25	25,40,50,80,100,125,150,160,175,200,250,300	1000

### MA6432-N25X150

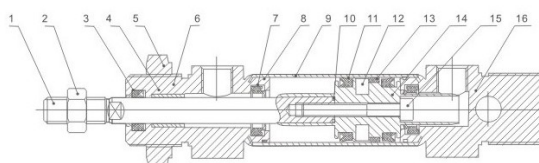
#### Non Magnet Inside Magnet Rubber Buffer



Install by Orbit    Install by Tach Strap

Bore	AM	BE	ΦC	ΦCD	ΦD	EE	EW	F
φ25	22	M22×1.5	8	8	33.5	G1/8"	16	22

### Other info



NO	Designation	NO.	Designation
1	Piston Rod	9	Barret
2	Piston Rod Nut	10	Piston rod O-ring
3	Front Cover Seal	11	Piston O-ring
4	Bearing	12	Magnet(Optional)
5	Hexagon Screw	13	Wear Ring
6	Front Cover	14	Piston
7	Cushion Ring	15	Hex Socket Screw
8	O-ring	16	Back Cover

## Anexo 4: Hoja de datos de la válvula electro neumática 5/3 - 1/4" (110V.)

### 4V330-08

### 4V/3V 300,4A/3A 300 SERIES



#### FEATURES

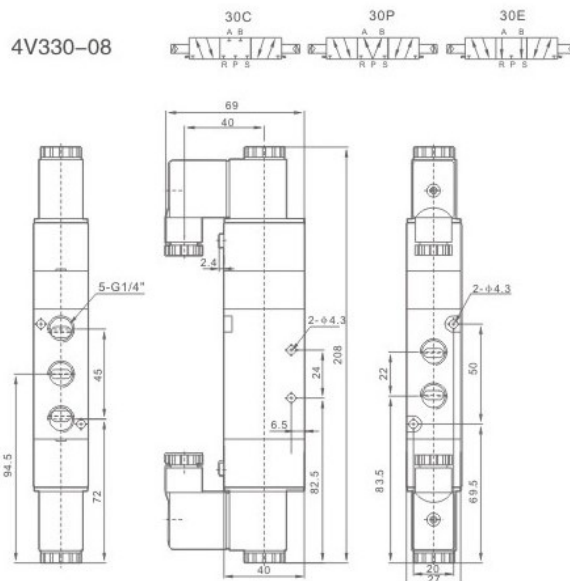
- Working Medium: 40 Micron Filtered Air
- Motion Pattern: Inner Guide Type
- Working-Pressure: 0.15-0.8MPa
- Max. Pressure Resistance: 1.2MPa
- Operating Temperature: 5-50°C
- Voltage Range: ±10%

#### Ordering Code

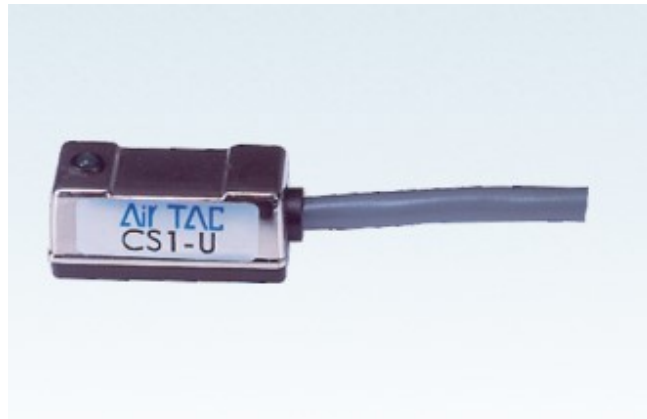
<b>4V</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	—	<b>10</b>	<input type="checkbox"/>	—	<b>AC220V</b>	—	<input type="checkbox"/>
<b>Specification Code</b> 4V: Two(Three)-position Five-way Solenoid Valve 4A: Two(Three)-position Five-way pneumatic control Valve 3V: Two-position Three-way Solenoid Valve 3A: Two-position Three-way Pneumatic Control Valve	<b>Series Code</b> 300 Series	<b>Coil and Places</b> 10: Single-head Double-position 20: Double-head Double-position 30C: Double-head Three-position Close Type 30E: Double-head Three-position Exhaust Type 30P: Double-head Three-position Pressure Type		<b>Port Size</b> 08: G1/4" 10: G3/8"	<b>Port connection and Initial State</b> NC: Two-position Three- way Normal Close Type NO: Two-position Three- way Normal Open Type		<b>Standard Voltage</b> DC12V DC24V AC24V 50Hz/60Hz AC110V 50Hz/60Hz AC220V 50Hz/60Hz AC380V 50Hz/60Hz		<b>Wiring Form</b> Blank: Standard Connector LD: Brown With Lighting Connector LD1: White With Lighting Connector W: Lead Wire Type

#### Specification

Model	4V310-08	4V320-08	4V330C-08	4V330E-08	4V330P-08	4V310-10	4V320-10	4V320-10	4V330C-10	4V330E-10
	4A310-08	4A320-08	4A330C-08	4A330E-08	4A330P-08	4A310-10	4A320-10	4A320-10	4A330C-10	4A330E-10
Position and Way NO.	Two-position Five-way		Three-position Five-way			Two-position Five-way		Three-position Five-way		
Effective Sectional Area	25mm <sup>2</sup> (CV=1.40)		18mm <sup>2</sup> (CV=1.00)			30mm <sup>2</sup> (CV=1.68)		18mm <sup>2</sup> (CV=1.00)		



## Anexo 5: Hoja de datos del sensor magnético reed switch: CS1-U (SNS)

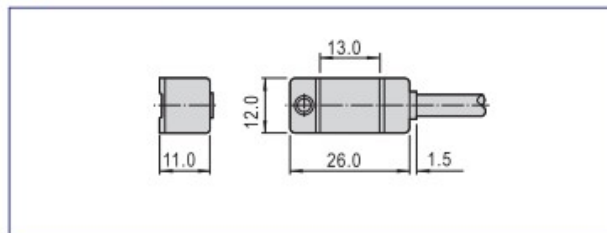


### Specification

Item\Type	CS1-U	CS1-UX
Switch logic	STSP Normally opened type	
Switch type	Reed switch with contact	
Operating voltage(V)	5~240V AC/DC	
Max. Switching current(mA)	100	
Switching rating(W)	Max. 10	
Current consumption	No	
Voltage drop	2.5V Max. @100mA DC	
Cable	Φ4.0,2C Gray oil resistant PVC (Flame retarded)	
Indicator	Red LED	No
Leakage current	No	
Sensitivity(Gauss)	60~75	
Max. Frequency(Hz)	200	
Shock(m/s <sup>2</sup> )	300	
Vibration(m/s <sup>2</sup> )	90	
Temperature range(°C) ①	-10~70	
Enclosure classification	IP67(NEMA6)	
Protection circuit	No	

① Note: Please contact us for high temperature resistant(125°C), low temperature resistant(-40~-25°C) and explosion-proof sensor switch.

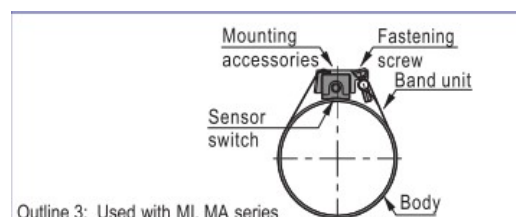
### Dimensions



### Ordering code

CS1 U X 020	
<b>Number of sensor switch</b>	CS1: Sensor switch
<b>Specification of sensor switch</b>	
Specification	Product Series
U: U type	SI/SU/SC/JSI/MI/MA50(63)
<b>Model of sensor switch</b>	
Blank:	two-line magnetic spring pipe with contact/normally opened
X:	two-line magnetic spring pipe with contact, without indicator light/normally opened
<b>Connecting way</b> ①	
C08:	M8 quick joint, length of wire is 150mm
C12:	M12 quick joint, length of wire is 150mm
020:	length of wire is 2m
030:	length of wire is 3m
050:	length of wire is 5m
100:	length of wire is 10m

① Note: The quick joint that is attached at the end of wire is three-needle-male joint-linear-rotary screw thread type. The female joint plug has to be ordered additionally. Please refer to P442 for the specific data.



## Anexo 6: Hoja de datos del microcilindro 25X100: MA6432 25X100-S (XCPC)

### MA6432 SERIES MINI CYLINDER(ISO6432)



#### FEATURES

- Working Medium: Air
- Motion Pattern: Double Action or single Action
- Ensured Pressure Resistance: 1.5Mpa
- Max.pressure: 1.0Mpa
- Min.pressure: 0.05Mpa/0.1Mpa
- Buffering: 50-750mm/s

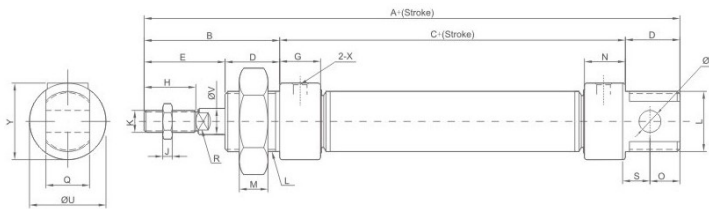
<b>MA6432</b>	□	<b>20</b> × <b>50</b>	—	<b>25</b>	<b>S</b>	—	□
<b>Serise Code</b> MA:Double Action Type MSA:Single-Extrusion Type MTA:Single Drawing-in Type MAD:Double-shaft Double Action Type MACD:Double-shaft Double Action Damping Type MAJ:Double-shaft and adjustable stroke type MAC:With Cushion Type	<b>Back Cover Type</b> Blank:Fishtail Type CM:Rounded Type U:Horizontal Type	<b>Cylinder Bore</b> 8mm-25mm	<b>Stroke</b>	<b>Adjustable Stroke Type</b> 0-100mm	<b>Magnet Code</b> Blank:Without Magnet S:With Magnet		<b>Fixed Type</b> Blank:Normal type LB:Front and back fixed type FA:Front cover fixed type SDB:Back cover swinging type U:Back cover fixed type

#### Specification

Cylinder diameter(mm)	8	10	12	16	20	25
Working Medium	Air					
Motion pattern	Double Action or single Action					
Ensured Pressure Resistance	15.3kgf/cm <sup>2</sup> (1.5Mpa)					
Max.pressure	10.2kgf/cm <sup>2</sup> (1.0Mpa)					
Min.pressure	0.5kgf/cm <sup>2</sup> (0.05Mpa) 1kgf/cm <sup>2</sup> (0.1Mpa)					
Environment and fluid temp	-20→+80°C(Internal Magnetic Install by Tach strap>Type Max:60°C)					
Piston velocity	Rubber Bufere(Standard),Air Buffer(Optional)					
Buffering	50-750mm/s					
Kinetic energy To Larence(kgf/cm)	0.2	0.3	0.4	0.9	2.7	4
Pipe Size	M5×0.8			G1/8"		

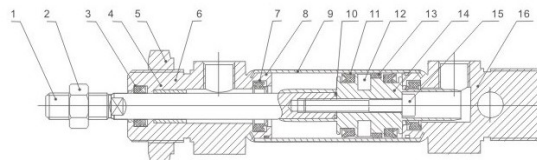
#### Overall Dimensions

Bore(mm)	Standard stroke	Max.Stroke(mm)
25	25,40,50,80,100,125,150,160,175,200,250,300	1000



Bore/Symbol	A	B	C	D	E	G	H	M	J	O	K	N	P	S	R	U	V	Q	Y	L	X
25	137	50	65	22	28	15	22	8	6	11	M10×1.25	15	8	12	8	27	10	16	27	M22×1.5	G1/8"

#### Other info



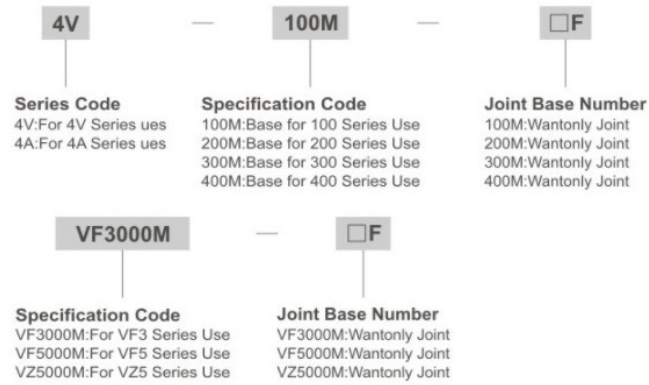
NO	Designation	NO.	Designation
1	Piston Rod	9	Barrel
2	Piston Rod Nut	10	Piston rod O-ring
3	Front Cover Seal	11	Piston O-ring
4	Bearing	12	Magnet(Optional)
5	Hexagon Screw	13	Wear Ring
6	Front Cover	14	Piston
7	Cushion Ring	15	Hex Socket Screw
8	O-ring	16	Back Cover



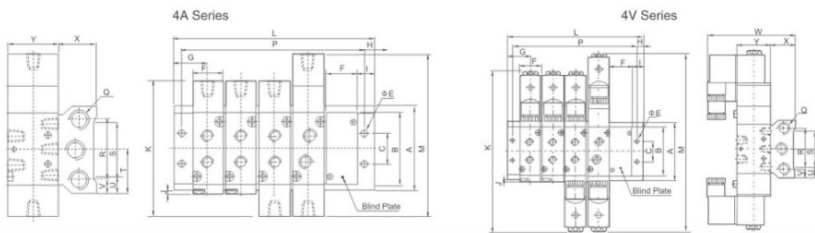
## Anexo 7: Hoja de datos del manifold para válvulas: 4V300M-6F (XCPX)



### Ordering Code

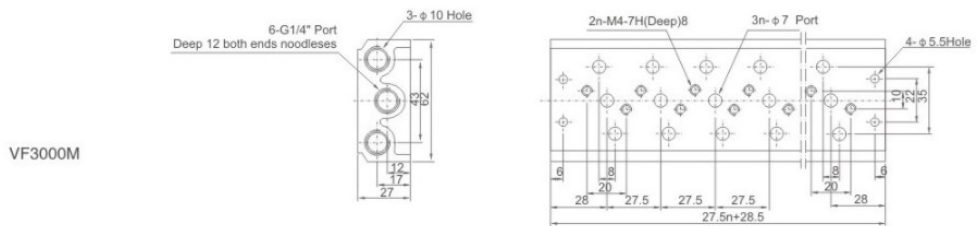


### Overall Dimensions



Model	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L															
											1F	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F	12F	13F	14F	15F	16F
100M=F	58	43.2	20	4.5	18.3	19	5	10	0.8	139.4	38	57	76	95	114	133	152	171	190	209	228	247	266	285	304	323
200M=F	61	50.7	21	4.5	22.4	23	6	12	1.2	170	46	69	92	115	138	161	184	207	230	253	276	299	322	345	368	391
300M=F	75	64.8	26	4.5	27.3	27	6	13.5	2.5	188.8	54	82	110	138	166	194	22	250	278	306	334	362	-	-	-	-
400M=F	104	94.5	32	5.5	34.3	31.5	7	14.5	5	221.8	63	98	133	168	203	238	273	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### Other info



VF3000M

## Anexo 8: Hoja de datos del LOGO! 230RC

	LOGO! 230RC LOGO! 230RCo	LOGO! 230RCL LOGO! 230RCLB11
<b>Fuente de alimentación</b>		
Tensión de entrada	115/230 V c.a.	115/230 V c.a.
Margen admisible	85 ... 250 V c.a.	85 ... 250 V c.a.
Frecuencia de red admisible	47 ... 63 Hz	47 ... 63 Hz
Consumo de corriente <ul style="list-style-type: none"> <li>• 115 V c.a.</li> <li>• 230 V c.a.</li> </ul>	10 ... 30 mA 10 ... 20 mA	15 ... 65 mA 15 ... 40 mA
Compensación de fallos de tensión <ul style="list-style-type: none"> <li>• 115 V c.a.</li> <li>• 230 V c.a.</li> </ul>	típ. 10 ms típ. 20 ms	típ. 10 ms típ. 20 ms
Potencia disipada en caso de <ul style="list-style-type: none"> <li>• 115 V c.a.</li> <li>• 230 V c.a.</li> </ul>	1,1 ... 3,5 W 2,3 ... 4,6 W	1,7 ... 7,5 W 3,4 ... 9,2 W
Tamponamiento del reloj a 25°C	típ. 80 h	típ. 80 h
Exactitud del reloj de tiempo real	máx. ± 5 s / día	máx. ± 5 s / día
<b>Entradas digitales</b>		
Cantidad	6	12
Separación galvánica	no	no
Tensión de entrada L1 <ul style="list-style-type: none"> <li>• señal 0</li> <li>• señal 1</li> </ul>	<40 V c.a. >79 V c.a.	<40 V c.a. >79 V c.a.

	<b>LOGO! 230RC LOGO! 230RC<sub>o</sub></b>	<b>LOGO! 230RCL LOGO! 230RCLB11</b>
Intensidad de entrada para <ul style="list-style-type: none"> <li>• señal 0</li> <li>• señal 1</li> </ul>	<0,03 mA >0,08 mA	<0,03 mA >0,08 mA
Tiempo de retardo para <ul style="list-style-type: none"> <li>• cambio de 0 a 1</li> <li>• cambio de 1 a 0</li> </ul>	típ. 50 ms típ. 50 ms	típ. 50 ms típ. 50 ms
Longitud del conductor (sin blindaje)	100 m	100 m
<b>Salidas digitales</b>		
Cantidad	4	8
Tipo de las salidas	Salidas a relé	Salidas a relé
Separación galvánica	sí	sí
En grupos de	1	2
Activación de una entrada digital	sí	sí
Corriente permanente $I_{th}$ (por cada borne)	máx. 10 A	máx. 10 A
Carga de lámparas incandescentes (25.000 maniobras) en caso de 230/240 V c.a. 115/120 V c.a.	1.000 W 500 W	1.000 W 500 W
Tubos fluorescentes con adaptador eléct. (25.000 maniobras)	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)
Tubos fluorescentes compensados convencionalmente (25.000 maniobras)	1 x 58 W (para 230/240 V c.a.)	1 x 58 W (para 230/240 V c.a.)
Tubos fluorescentes no compensados (25.000 maniobras)	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)

	<b>LOGO! 230RC LOGO! 230RCo</b>	<b>LOGO! 230RCL LOGO! 230RCLB11</b>
Resistencia a cortocircuitos cos 1	Contactora potencia B16 600 A	Contactora potencia B16 600 A
Resistencia a cortocircuitos cos 0.5 a 0.7	Contactora potencia B16 900 A	Contactora potencia B16 900 A
Conexión de las salidas en paralelo para aumentar la potencia	no admisible	no admisible
Protección de un relé de salida (si se desea)	máx. 16 A, característica B16	máx. 16 A, característica B16
Frecuencia de conmutación		
Mecánica	10 Hz	10 Hz
Carga óhmica/carga de lámparas	2 Hz	2 Hz
Carga inductiva	0,5 Hz	0,5 Hz
Conexión de esclavo ASi (sólo LOGO!230RCLB11)		
Perfil ASi • I/O Config • ID Code		7.F 7 <sub>h</sub> F <sub>h</sub>
Cantidad de entradas digitales virtuales		4
Cantidad de salidas digitales virtuales		4
Alimentación de tensión		Fuente de alimentación ASi
Consumo de corriente		típ. 30 mA
Separación galvánica		sí
Protección contra inversión de polaridad		sí



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



**SENESCYT**  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **JACHO CORRALES, ASLY BRIGETT**, con C.C: # **0952552792** autor/a del trabajo de titulación: **“Diseño e implementación de un sistema de posicionamiento automático para operaciones de corte transversal en máquinas de fabricación de tubos de pvc.”** previo a la obtención del título de **INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 12 de marzo del 2018

f. \_\_\_\_\_  
**Jacho Corrales, Asly Brigett**  
C.C: **0952552792**



## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Diseño e implementación de un sistema de posicionamiento automático para operaciones de corte transversal en máquinas de fabricación de tubos de pvc.		
<b>AUTOR</b>	Asly Brigett Jacho Corrales		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Luis Vicente Vallejo Samaniego, M.Sc.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	12 de marzo del 2018	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	132
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Sistemas de control y posicionamiento, automatización industrial.		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Posicionamiento, Control automático, Autómatas programables, Compuertas lógicas, Actuadores, LOGO!Soft comfort.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>			
<p>El presente trabajo de titulación se centra en el diseño e implementación de un sistema de posicionamiento automático para operaciones de corte transversal enfocado al ámbito productivo de fabricación de tubos de pvc. Para ello, a través de métodos bibliográficos hallados en base a los principios fundamentales y características que ofrecen los autómatas programables en el sector industrial; se optó por implementar este tipo de controlador, a través del cual se gobernarán todas funciones que desempeñará el sistema. En cuanto a la estructura, se compone en dos partes, la sección teórica y la sección que describe el diseño e implementación del sistema automático. En la primera parte, se desarrolla la investigación en la que se aclaran conceptos básicos que se usarán posteriormente para el diseño del sistema de control, así también como los elementos empleados en él. En el segundo punto que corresponde a las aportaciones, se realiza el modelado de las compuertas lógicas de programación, revisión de planos que evidencian el diseño de la estructura mecánica y diagramas de conexión, y finalmente se describen las pruebas de funcionamiento del sistema implementado.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTORES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-96-987-4810 +593-99-566-7198	<b>E-mail:</b> aslybrigett22@gmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre:</b> Mendoza Merchán, Eduardo Vicente		
	<b>Teléfono:</b> +593-98-508-6815		
	<b>E-mail:</b> eduardo.mendoza01@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			