



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

TEMA:

**MÓDULO DIDÁCTICO DE MANIPULACIÓN Y TALADRADO CON-
TROLADO MEDIANTE PLC.**

AUTOR: Luis Ángel Ruiz Nogales

DIRECTOR: Ing. Carlos Villarreal

Ibarra – Ecuador

2014



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE** dentro del proyecto **Repositorio Digital Institucional** determina la necesidad de disponer textos completos en forma digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual se pone a disposición la siguiente información.

DATOS DEL CONTACTO	
Cedula de identidad	1002960498
Apellidos y nombres	Ruiz Nogales Luis Angel
Dirección	Av. Juan De Albarracín y Amaguaña Otavalo
E-mail	anlunog_88@hotmail.com
Teléfono fijo	062922379
Teléfono móvil	0982833842
DATOS DE LA OBRA	
Título	Módulo Didáctico de Manipulación y Taladrado Controlado Mediante PLC
Autor	Luis Angel Ruiz Nogales
Fecha	Febrero del 2014
Programa	Pregrado
Director	Ing. Carlos Villarreal.

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Luis Angel Ruiz Nogales con cédula de identidad No 1002960498, en calidad de autor del trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica Del Norte, la publicación de la obra en Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL
TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Luis Angel Ruiz Nogales, con Cédula de identidad Nro. 1002960498, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de propiedad intelectual del Ecuador, artículos 4, 5, 6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado: MÓDULO DIDÁCTICO DE MANIPULACIÓN Y TALADRADO CONTROLADO MEDIANTE PLC, que ha sido desarrollada para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, 2014

EL AUTOR:

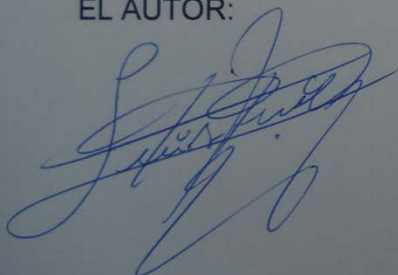
A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Luis Angel Ruiz Nogales", is written over a horizontal line.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original, y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 2014

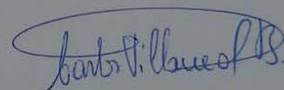
EL AUTOR:

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'J. J. J.', is written over the text 'EL AUTOR:'. The signature is stylized and somewhat illegible.

CERTIFICACIÓN

Que la Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica con el tema: **MÓDULO DIDÁCTICO DE MANIPULACIÓN Y TALADRADO CONTROLADO MEDIANTE PLC**, ha sido desarrollada y terminada en su totalidad por el Sr. Luis Angel Ruiz Nogales, con cédula de identidad: 100296049-8, bajo mi supervisión para lo cual firmo en constancia.

Atentamente,



Ing. Carlos Villarreal.

DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Infinitamente agradecido con DIOS que me ha permitido llegar a este mundo, así como también me ha brindado las capacidades mentales y físicas necesarias para afrontar los desafíos que en el transcurso de mi vida se han presentado, lo que me ha permitido superar los retos exitosamente en todos los aspectos.

Un eterno y especial agradecimiento a mis Padres y Hermanos que se han constituido en un indispensable respaldo en todo instante, a la vez que con esfuerzo, sacrificio y afecto me han guiado por el camino correcto, como también me han instruido en la continua lucha por mis ideales y principios.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a la persona más maravillosa y especial, a la cual AMO infinitamente, mi Madre Mónica Carmela Nogales Robles quien siempre me ha apoyado incondicionalmente y me ha formado con excelentes sentimientos, principios y valores, lo cual me ha permitido sobreponerme y salir adelante en los momentos más complicados.

A todos mis Hermanos que siempre han estado junto a mí apoyándome y guiándome en todos los aspectos, cada uno de los días en el transcurso de cada etapa de mi carrera universitaria.

ÍNDICE GENERAL

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	ii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	¡Error! Marcador no definido.
CONSTANCIAS.....	¡Error! Marcador no definido.
CERTIFICACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	xix
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT	xxi
PRESENTACIÓN	xxii
CAPÍTULO 1	1
PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 INTRODUCCIÓN A LA MANIPULACIÓN DE OBJETOS	2
1.2.1 DIFERENTES TÉCNICAS DE MANIPULACIÓN	3
1.2.2 TIPOLOGÍA DE ACCIONAMIENTO	4
1.2.3 MANIPULADORES NEUMÁTICOS.....	6
1.2.3.1 Actuadores	7
1.2.3.2 Elementos De Sujeción Por Vacío.....	7
1.3 NEUMÁTICA Y ELECTRONEUMÁTICA	8
1.3.1 CAMPOS DE APLICACIÓN	8
1.3.2 UNIDADES DE PRESIÓN	8
1.3.2.1 Presión De Vacío.....	9
1.3.2.2 Compresibilidad Del Aire.....	9
1.3.2.3 Ventajas Del Aire En La Neumática	10
1.3.2.4 Desventajas	10
1.3.3 PRODUCCIÓN, ALMACENAMIENTO, TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DEL AIRE COMPRESIDO.....	11

1.3.3.1	Compresor	11
1.3.3.2	Acumulador	12
1.3.3.3	Unidad De Mantenimiento.....	12
1.3.3.3.1	Filtro	12
1.3.3.3.2	Regulador	13
1.3.3.3.3	Lubricador	13
1.3.4	TUBERIAS.....	13
1.3.5	ACTUADORES NEUMÁTICOS	13
1.3.5.1	Funcionamiento De Un Cilindro Neumático	13
1.3.5.2	Fuerza Teórica Del Cilindro.....	14
1.3.5.3	Tipos De Cilindros.....	14
1.3.5.3.1	Cilindro De Simple Efecto.....	14
1.3.5.3.2	Cilindro De Doble Efecto	15
1.3.6	MANDOS DE REGULACIÓN.....	15
1.3.6.1	Válvula De Estrangulamiento Y Antiretorno	16
1.3.6.2	Válvula De Purga Y Escape Rápido	16
1.3.7	ELEMENTOS DE DISTRIBUCIÓN	17
1.3.7.1	Válvula De 2 Vías 2 Posiciones.....	17
1.3.7.2	Válvula De 5 Vías 2 Posiciones	17
1.3.8	ACCIONAMIENTOS DE LAS VÁLVULAS.....	18
1.3.8.1	Accionamiento Manual	18
1.3.8.2	Accionamiento Mecánico.....	19
1.3.8.3	Accionamiento Electromagnético	19
1.3.9	ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS NEUMÁTICOS.....	20
1.3.10	DENOMINACIÓN DE LOS COMPONENTES	20
1.3.10.1	Número del dispositivo.	21
1.3.10.2	Número del circuito de conmutación.....	21
1.3.10.3	Marca de los componentes.....	21
1.3.10.4	Número de los componentes.	21
1.3.11	REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE MOVIMIENTOS SECUENCIALES.....	21
1.3.11.1	Gráfico De Etapa De Transición.....	22
1.3.11.2	Diagrama Desplazamiento Fase	22
1.3.12	ELECTRONEUMÁTICA	23

1.3.12.1	ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRONEUMÁTICOS	23
1.3.12.1.1	Interruptor electromecánico.....	23
1.3.12.1.2	Finales de carrera electromecánicos	23
1.3.12.2	Electroválvulas.....	23
1.3.12.3	Circuitos Electroneumáticos.....	24
1.3.12.3.1	Determinación De La Secuencia Que Soluciona Un Problema	24
1.3.12.3.2	Diagrama Eléctrico	25
1.4	INTRODUCCIÓN AL TALADRADO	25
1.4.1	VELOCIDAD DE CORTE	26
1.4.2	AVANCE POR GIRO	26
1.4.3	COMO SE SUJETAN LAS PIEZAS	26
1.4.4	CALCULO DE POTENCIAS	26
1.5	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)	27
1.5.1	ESTRUCTURA DEL PLC.....	27
CAPÍTULO 2		28
DIMENSIONAMIENTO NEUMÁTICO		28
2.1	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL MÓDULO	28
2.2	DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE MANIPULACIÓN.....	29
2.2.1	SELECCIÓN DEL CILINDRO A DE ALIMENTACION DE PIEZAS	30
2.2.1.1	Consumo De Aire En El Cilindro De Alimentación De Piezas.....	31
2.2.2	SELECCIÓN DEL CILINDRO B DE DESPLAZAMIENTO VERTICAL DEL MANIPULADOR ELECTRONEUMÁTICO	32
2.2.2.1	Consumo De Aire En El Cilindro De Desplazamiento Vertical Del Manipula....	34
2.2.3	ACCESORIOS PARA GENERACIÓN DE VACÍO	35
2.2.3.1	Ventosa.....	35
2.2.3.2	Generador De Vacío	37
2.2.3.2.1	Consumo De Aire En El Generador De Vacío	38
2.2.3.2.2	Vacuostato	38
2.2.3.3	Electroválvula De Control De Flujo De Vacío.....	39
2.3	DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TALADRADO.....	40
2.3.1	SELECCIÓN DEL TALADRO ELÉCTRICO	40
2.3.2	SELECCIÓN DEL CILINDRO C DE DESPLAZAMIENTO Y SUJECIÓN DE PIEZA	42
2.3.2.1	Cálculo Del Consumo De Aire En El Cilindro.....	45

2.3.3	SELECCIÓN DEL CILINDRO NEUMÁTICO D PARA DESPLAZAMIENTO DEL MECANISMO DE TALADRADO	46
2.3.3.1	Cálculo Del Consumo De Aire En El Cilindro De Taladrado	48
2.4	SELECCIÓN DE ELECTROVÁLVULAS	49
2.5	REGULADOR DE CAUDAL UNIDIRECCIONAL.....	50
2.6	ELEMENTOS ADICIONALES	52
2.6.1	CONECTOR RÁPIDO RECTO	52
2.6.2	CONECTOR RÁPIDO T	53
2.6.3	SILENCIADOR	53
2.6.4	TUBERÍA.....	54
2.7	SELECCIÓN DE LA UNIDAD TÉCNICA DE MANTENIMIENTO	55
2.7.1	FILTRO DE AIRE.....	55
2.7.2	COLECTOR DE CONDENSADO	55
2.7.3	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN.....	55
2.7.4	MANÓMETRO.....	56
2.8	PÉRDIDAS EN LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA.....	57
2.9	PRESIÓN NECESARIA PARA EL MÓDULO DIDÁCTICO	57
2.10	CAUDAL REQUERIDO POR EL MÓDULO DIDÁCTICO	58
CAPÍTULO 3	59
	DISEÑO ELECTRÓNICO Y DE AUTOMATIZACIÓN	59
3.1	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL.....	59
3.2	DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS UTILIZADOS EN EL SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL.....	60
3.2.1	SENSORES REED EN EL MÓDULO	60
3.2.2	INTERRUPTOR DE VACÍO	60
3.2.3	INTERRUPTOR FOTOELECTRÓNICO DE PRESENCIA.....	61
3.2.4	DISEÑO DEL PANEL DE CONTROL Y DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS	62
3.2.4.1	Contenido De Elementos En El Panel De Mando	63
3.2.5	SELECCIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	65
3.2.5.1	PLC Array Electronic SR.	65
3.2.5.2	Características	65
3.2.5.3	Parámetros Técnicos Del PLC	66
3.2.5.4	Software De Programación SUPER CAD	67
3.2.5.5	Cable de transmisión de datos SR	68

3.2.5.6	HMI interfaz hombre máquina sr.....	69
3.2.6	FUENTE DE ALIMENTACIÓN	70
3.2.7	FUENTE DE SUMINISTRO DE ENERGIA SR	70
3.2.8	RELÉ DE ACTIVACIÓN PARA LA HERRAMIENTA DEL SISTEMA DE TALADRADO	72
3.2.9	RIEL NORMALIZADA DIN	73
3.2.10	TERMINALES DE CONEXIÓN	74
3.2.11	MICROCONTROLADOR AVR	74
3.2.11.1	Programación Del Microcontrolador	75
3.2.11.2	Diseño Del Circuito Impreso.....	76
3.2.11.3	Ubicación Y Soldadura De Elementos	77
3.3	AUTOMATIZACIÓN DEL MÓDULO	78
3.3.1	SEÑALES DE ENTRADA SALIDA	78
3.3.2	DIAGRAMA GRAFCET.....	79
3.3.3	DIAGRAMA DE ESTADO	81
3.3.4	ESQUEMA ELECTRONEUMÁTICO	81
3.3.4.1	Diagrama Neumático.....	81
3.3.4.2	Esquema Eléctrico	81
3.3.5	PROGRAMACIÓN DEL PLC	82
CAPÍTULO 4	83
IMPLEMENTACIÓN MÓDULO DIDÁCTICO.....		83
4.1	DIAGRAMA DE BLOQUES.....	83
4.2	FUNCIONAMIENTO.....	83
4.3	CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE CONTROL	85
4.3.1	ELEMENTOS QUE COMPONEN EL SISTEMA DE CONTROL	85
4.3.2	PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL	86
4.3.3	DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES REALIZADAS.....	87
4.4	CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE MANIPULACIÓN.....	87
4.4.1	ALIMENTADOR DE PIEZAS	88
4.4.1.1	Cilindro A De Alimentación	88
4.4.1.1.1	Sensor Magnético Reed (A.0).....	88
4.4.1.1.2	Sensor Magnético Reed (A.1).....	89
4.4.2	ELEMENTOS NECESARIOS PARA EL ALIMENTADOR.....	89
4.4.2.1	Construcción Del Alimentador	89

4.4.2.2	Diagrama De Flujo De Operaciones Realizadas Para el Alimentador.....	90
4.4.3	IMPLEMENTACIÓN MANIPULADOR ELECTRONEUMÁTICO	91
4.4.3.1	Cilindro B Del Manipulador	91
4.4.3.1.1	Sensor Magnético Reed (B.0).....	92
4.4.3.1.2	Sensor Magnético Reed (B.1).....	92
4.4.3.1.3	Servomotor	92
4.4.3.1.4	Generador De Vacío Y Ventosa	92
4.4.3.1.5	Fibra De Vidrio Con Resina De Poliéster	93
4.4.3.2	Materiales Necesarios Para El Manipulador.	93
4.4.4	PROCESO DE CONSTRUCCIÓN PARA MANIPULADOR ELECTRONEUMÁTICO	94
4.4.5	DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES REALIZADAS	95
4.5	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TALADRADO.....	96
4.5.1	ETAPA DE TRASLADO, UBICACIÓN Y SUJECIÓN.....	96
4.5.1.1	Cilindro Neumático C De Traslado Y Sujeción	97
4.5.1.1.1	Sensor Magnético Reed (C.0).....	97
4.5.1.1.2	Sensor Magnético Reed (C.1).....	98
4.5.1.2	Microinterruptor Óptico.....	98
4.5.1.3	Materiales Necesarios Para La Etapa De Traslado Y Sujeción.....	98
4.5.2	PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN.....	99
4.5.3	DIAGRAMA DE CONSTRUCCIÓN DE LA ETAPA DE TRASLADO Y SUJECIÓN.	99
4.5.4	CONSTRUCCIÓN ETAPA DE TALADRADO.....	100
4.5.4.1	Cilindro D De Desplazamiento Del Taladro	101
4.5.4.1.1	Sensor Magnético Reed (D.0).....	102
4.5.4.1.2	Sensor Magnético Reed (D.1).....	102
4.5.4.2	Elementos Necesarios Para La Etapa De Taladrado	102
4.5.4.3	Operaciones Realizadas En La Construcción Del Sistema De Taladrado... ..	103
4.5.4.4	Diagrama De Operaciones En El Sistema De Taladrado	105
4.6	PRUEBAS Y AJUSTES	106
4.6.1	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE ACTUADORES.....	106
4.6.2	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE SENSORES.....	106
4.6.3	AJUSTE DE LOS REGULADORES DE CAUDAL	107
CAPÍTULO 5	109
DESARROLLO DE GUÍA DE PRÁCTICAS.....		109

5.1	ESQUEMATIZACIÓN DE PRÁCTICAS.....	109
5.1.1	PRACTICA No. 1	110
5.1.1.1	Objetivo	110
5.1.1.2	Equipo Requerido	110
5.1.1.3	Procedimiento	110
5.1.1.4	Cuestionario	111
5.1.1.5	Funcionamiento Y Conclusiones.....	112
5.1.1.6	Actividades Propuestas.	112
5.1.2	PRÁCTICA No. 2	113
5.1.2.1	Objetivo	113
5.1.2.2	Equipo Requerido	113
5.1.2.3	Procedimiento	113
5.1.2.4	Cuestionario	114
5.1.2.5	Funcionamiento Y Conclusiones.....	115
5.1.2.6	Actividades Propuestas.	115
5.1.3	PRÁCTICA No. 3	116
5.1.3.1	Objetivo	116
5.1.3.2	Equipo Requerido	116
5.1.3.3	Procedimiento	116
5.1.3.4	Cuestionario	118
5.1.3.5	Funcionamiento Y Conclusiones.....	118
5.1.3.6	Actividades Propuestas.	118
5.1.4	PRÁCTICA No. 4	119
5.1.4.1	Objetivo	119
5.1.4.2	Equipo Requerido	119
5.1.4.3	Procedimiento	119
5.1.4.4	Cuestionario	121
5.1.4.5	Funcionamiento Y Conclusiones.....	121
5.1.4.6	Actividades Propuestas.	122
	CONCLUSIONES	123
	RECOMENDACIONES	124
	BIBLIOGRAFÍA.....	125
	ANEXOS	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Garra De Vacío Para La Manipulación De Tableros De Madera.....	3
Figura 1-2 Diagrama De Bloques De Un Manipulador Neumático	6
Figura 1-3 Componentes Utilizados En Tecnología Neumática	8
Figura 1-4 Variación De Volumen Del Aire	10
Figura 1-5 Representación Y Constitución Interna UTM	12
Figura 1-6 Representación Cilindro De Simple Efecto.....	15
Figura 1-7 Cilindro De Doble Efecto Símbolo Y Vista Interna.....	15
Figura 1-8 Esquematación Válvula De Estrangulamiento	16
Figura 1-9 Válvula Escape Rápido.....	17
Figura 1-10 Símbolo Válvula 2/2.....	17
Figura 1-11 Esquematación Válvula 5/2	18
Figura 1-12 Representación Diagrama Desplazamiento-Fase	22
Figura 1-13 Composición Interna De Una Electroválvula 5/2.....	24
Figura 1-14 Denominación de los componentes de una secuencia	25
Figura 1-15 Taladrado De Una Chapa Metálica	25
Figura 1-16 Estructura De Un PLC.....	27
Figura 2-1 Diagrama De Bloques Del Sistema De Manipulación Y Taladrado	29
Figura 2-2 Cilindro Alimentador De Piezas.....	31
Figura 2-3 Cilindro Neumático Compacto Y Guiado	34
Figura 2-4 Superficie De Sujeción De La Ventosa	36
Figura 2-5 Ventosa 40 mm De Diámetro	37
Figura 2-6 Generador De Vacío Efecto Venturi Seleccionado	38
Figura 2-7 Vacuostato Montado En El Generador De Vacío.....	39
Figura 2-8 Electroválvula 3/2 De Control De Flujo De Vacío.....	40
Figura 2-9 Taladro Seleccionado	42
Figura 2-10 Cilindro De Transporte Y Sujeción De Pieza.....	45
Figura 2-11 Cilindro De Activación Del Mecanismo De Taladrado	47
Figura 2-12 Electroválvula 5/2 Para Accionamiento De Todos Los Cilindros.....	50
Figura 2-13 Regulador De Caudal Unidireccional.....	51
Figura 2-14 Regulador De Caudal Del Cilindro Del Manipulador	52
Figura 2-15 Racor Recto 1/8 a 6mm	52
Figura 2-16 Conector T 6mm.....	53
Figura 2-17 Silenciador De Bronce Sinterizado.....	54
Figura 2-18 Tubería Azul Mantova.....	55
Figura 2-19 UTM - FRL Con Manómetro	56
Figura 3-1 Diagrama De Bloques Del Sistema Electrónico De Control.....	59
Figura 3-2 Sensores Tipo Reed	60
Figura 3-3 Interruptor De Vacío.....	61
Figura 3-4 Sensor Fotoelectrónico	61
Figura 3-5 Sensor Foto electrónico de presencia Implementado	62
Figura 3-6 Distribución Horizontal De Los Elementos Del Panel De Control	63
Figura 3-7 Panel de Control Implementado	64

Figura 3-8 PLC 22MRDC de Array Electronic.....	67
Figura 3-9 Cable de Comunicación SR-DUSB.....	68
Figura 3-10 SR-HMI Interfaz Hombre Máquina Del PLC	69
Figura 3-11 Fuente de Alimentación SR-24AL	72
Figura 3-12 Relé 24VDC—240VAC—7A	73
Figura 3-13 Dimensiones De La Riel Normalizada De 35 mm	73
Figura 3-14 Terminales de Conexión en el Módulo.....	74
Figura 3-15 Circuito De Control Del Servomotor.....	75
Figura 3-16 Diagrama De Flujo De Programación Del Microcontrolador	76
Figura 3-17 Circuito Impreso Del Controlador del ATMEGA 324.....	77
Figura 3-18 Placa De Control Del AVR Terminada	77
Figura 3-19 Diagrama Grafcet De Todo El Sistema	80
Figura 3-20 Diagrama De Estado De Todo El Sistema.....	81
Figura 4-1 Bloques Principales Del Módulo Didáctico	83
Figura 4-2 Sistemas Del Módulo Implementado.....	84
Figura 4-3 Implementación Sistema De Control.....	85
Figura 4-4 Diagrama De Flujo De Operaciones.....	87
Figura 4-5 Implementación Alimentador De Piezas	88
Figura 4-6 Operaciones Realizadas En La Implementación Del Alimentador	90
Figura 4-7 Implementación Del Manipulador.....	91
Figura 4-8 Operaciones Para Construcción Del Manipulador	96
Figura 4-9 Dispositivos Que Conforman La Etapa De Traslado Y Sujeción.....	97
Figura 4-10 Procedimiento De Construcción Etapa De Traslado Y Sujeción	100
Figura 4-11 Dispositivos Utilizados Para Implementar La Etapa De Taladrado	101
Figura 4-12 Operaciones Para La Implementación De La Etapa De Taladrado	105
Figura 5-1 Esquema De Distribución Neumático Y Eléctrico	111
Figura 5-2 Esquema De Distribución Neumático Y Eléctrico	114
Figura 5-3 Esquema De Distribución Neumático Y Eléctrico	117
Figura 5-4 Esquema De Distribución Neumático Y Eléctrico	120
Figura 5-5 Diagrama De Estado.....	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Equivalencias De Unidades De Presión.....	9
Tabla 1-2 Accionamientos Manuales.....	18
Tabla 1-3 Tipos De Accionamientos Mecánicos	19
Tabla 1-4 Accionamiento eléctrico	19
Tabla 2-1 Características Del Cilindro Alimentador De Piezas.....	30
Tabla 2-2 Selección Del Cilindro B (Manipulador Electroneumático).....	33
Tabla 2-3 Características De La Ventosa.....	36
Tabla 2-4 Selección Del Generador De Vacío	37
Tabla 2-5 Especificaciones De La Electroválvula De Control De Flujo De Vacío	39
Tabla 2-6 Características Técnicas Del Taladro Eléctrico Escogido	42

Tabla 2-7 Características Del Cilindro De Desplazamiento Y Sujeción De Pieza	44
Tabla 2-8 Características De Cilindro Del Mecanismo De Taladrado.....	47
Tabla 2-9 Características De Electroválvulas Seleccionadas.....	49
Tabla 2-10 Selección Del Regulador De Caudal (Cilindros de Taladrado).....	50
Tabla 2-11 Selección Del Regulador De Caudal (Manipulador)	51
Tabla 2-12 Selección Del Racor Recto	52
Tabla 2-13 Selección Conector Tipo T	53
Tabla 2-14 Selección Del Silenciador.....	53
Tabla 2-15 Tubo De Poliuretano.....	54
Tabla 2-16 Características De La UTM Seleccionada	56
Tabla 2-17 Caídas De Presión En Los Elementos Neumáticos.....	57
Tabla 3-1 Elementos Del Panel De Control	64
Tabla 3-2 Parámetros técnicos PLC SR-22-MRDC.....	66
Tabla 3-3 Potencia Nominal Consumida Por Los Elementos Del Módulo.....	70
Tabla 3-4 Características De La Fuente De Alimentación SR-24-AL	71
Tabla 3-5 Identificación De Las Entradas Y Salidas	78
Tabla 4-1 Elementos Necesarios Para El Sistema De Control.....	85
Tabla 4-2 Procedimientos De Construcción Para El Sistema De Control.....	86
Tabla 4-3 Dispositivos Del Alimentador De Cubos.....	89
Tabla 4-4 Procedimientos De Construcción Para El Alimentador De Piezas.....	89
Tabla 4-5 Materiales Utilizados Para Implementar El Manipulador.....	93
Tabla 4-6 Proceso De Construcción Para Manipulador	94
Tabla 4-7 Materiales utilizados etapa de traslado y sujeción.....	98
Tabla 4-8 Pasos De Construcción Para El Sistema De Traslado Y Sujeción.....	99
Tabla 4-9 Materiales Para Implementación, Etapa De Taladrado.....	102
Tabla 4-10 Operaciones Realizadas Sistema De Taladrado.....	103
Tabla 4-11 Prueba De Funcionamiento De Actuadores.....	106
Tabla 4-12 Prueba De Funcionamiento De Sensores	107
Tabla 4-13 Ajuste De Velocidad De Los Cilindros	108

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-1 Fuerza Efectiva En Un Cilindro De Doble Efecto	14
Ecuación 1-2 Fuerza Total En La Broca	26
Ecuación 1-3 Par Torsor En La Broca.....	26
Ecuación 1-4 Potencia Requerida En Taladrado.....	26
Ecuación 2-1 Fuerza Ejercida Por El Cilindro	30
Ecuación 2-2 Consumo de aire en el cilindro de doble efecto	32
Ecuación 2-3 Fuerza ejercida por la broca seleccionada.....	41

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 ESQUEMA DE CONEXIÓN NEUMÁTICA EN SU TOTALIDAD.....	129
ANEXO 2 ESQUEMA DE CONEXIÓN	130
ANEXO 3 PROGRAMACIÓN DEL PLC	131
ANEXO 4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS CILINDROS CHANTO DE LA SERIE MSR.....	132
ANEXO 5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CILINDRO COMPACTO CAMOZZI DE LA SERIE QPR.....	133
ANEXO 6 PLANO DE CONEXIÓN ELÉCTRICA DE TODO EL MÓDULO	134
ANEXO 7 MANUAL DE MANTENIMIENTO.....	135
ANEXO 8 PLANOS	136

GLOSARIO DE TÉRMINOS

PLC: PROGRAMABLE LOGIC CONTROLLER (Control Lógico Programable).

FBD: FUNCTION BLOCK DIAGRAM (Diagrama de bloques funcionales). Lenguaje de programación para PLC.

HMI: HUMAN MACHINE INTEFACE (Interface hombre-máquina).

USB: UNIVERSAL SERIAL BUS (Bus serial universal)

SR: Super Relay. Gama del PLC de marca taiwanesa ARRAY.

Super CAD: Entorno de desarrollo de programación de la familia de PLC de Array Electronic.

IEC: Comisión Electrotécnica Internacional.

IEEE: Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos.

FluidSIM: Simulador de circuitos neumáticos y electroneumáticos

DRUSB: Cable de transmisión de datos de la PC al PLC de la familia SR.

REED switch: Interruptor eléctrico activado por un campo magnético

FRL: Filtro regulador y Lubricador (Componentes de una UTM)

UTM: Unidad Técnica de mantenimiento de aire comprimido.

RESUMEN

Se ha implementado un módulo didáctico de manipulación y taladrado controlado mediante PLC con la finalidad de proporcionar una herramienta de aprendizaje práctico a los estudiantes que cursan la carrera de ingeniería en Mecatrónica. El equipo didáctico construido consta de tres sistemas fundamentales: Sistema de Control, constituido por un Controlador Lógico Programable como elemento principal de este sistema, así como también por un Panel de mando, el cual contiene los elementos de accionamiento y visualización necesarios que comúnmente se utilizan en procesos que demanden cierto grado de automatización. Sistema de manipulación, el cual contiene un alimentador neumático de piezas cúbicas de madera así como también un manipulador electro neumático capaz de extraer transportar y depositar los cubos en el Sistema de taladrado: que está a su vez compuesto por una etapa de transporte y sujeción de pieza accionado por un cilindro neumático de doble efecto, y la etapa de taladrado en sí que lo conforman un pistón neumático y un taladro de dimensiones reducidas como herramienta de movimiento de corte. El módulo implementado contiene todos los elementos necesarios para la simulación del proceso industrial de manipulación y taladrado de piezas de madera, agrupados en tres sistemas distintos, de tal manera que el estudiante pueda ir abordándolos etapa por etapa, hasta alcanzar las destrezas necesarias para controlar el módulo en su totalidad.

ABSTRACT

Didactic handling module was implemented and controlled by PLC drilling in order to provide a practical learning tool for students who are studying engineering in mechatronics. The teaching team built with three key systems: Control System, consisting of a Programmable Logic Controller as the main element of this system, as well as for a control panel, which contains the elements necessary drive and display commonly used processes that demand a degree of automation. Handling system, which contains a pneumatic feeder cubic pieces of wood as well as a manipulator electro pneumatic able to extract transport and deposit the cubes in the drilling system, that is in turn comprised of a transportation step and clamping part driven by a double acting pneumatic cylinder, and the drilling step itself that comprise a pneumatic piston and a bore as small size cutting tool movement. The implemented module contains all the elements necessary for the simulation of industrial process handling and drilling wood pieces, grouped into three different systems, so that the student can go addressing them step by step to achieve the skills necessary to control the entire module.

PRESENTACIÓN

Con este trabajo se brinda una herramienta versátil para la realización de prácticas de neumática, electroneumática y automatización industrial, afianzando los conocimientos teóricos con la experimentación práctica.

En el **primer capítulo** se detalla todos los conceptos, principios y fundamentos necesarios para la realización de todo el proyecto, partiendo desde una descripción general de los aspectos mas relevantes, hasta llegar a los elementos constitutivos que se requieren para conformar todo el sistema.

En el **segundo capítulo** se presenta el dimensionamiento así como la selección de todos los componentes neumáticos y electro neumáticos necesarios para la implementación del módulo, los mismos que cumplen los requerimientos para realizar todo el sistema de manipulación y taladrado.

En el **tercer capítulo** se describe el diseño electrónico de todo el módulo así como la estructura y desarrollo de la automatización del mismo, especificando cada uno de los dispositivos electrónicos así como la justificación de su elección.

En **cuarto capítulo** se refiere a los procedimientos utilizados para la implementación en si del módulo, así como las herramientas y recursos que fueron necesarios para construir todo el sistema modular didáctico.

En el **quinto capítulo** se muestra un manual de prácticas, pensado como una guía para que el alumno pueda realizar experimentos prácticos de neumática electroneumática y PLC.

CAPÍTULO 1

PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS

Este capítulo detalla todos los conceptos, principios y fundamentos necesarios para la realización de todo el proyecto, partiendo desde una descripción general de los aspectos más relevantes, hasta llegar a los elementos constitutivos que se requieren para conformar todo el sistema.

1.1 ANTECEDENTES

Para la formación académica de una persona es necesario el manejo de técnicas que proporcionen el conocimiento y el análisis; factor que ha tenido muy en cuenta la carrera de ingeniería en Mecatrónica durante todos los años de existencia; al mejorar cada día la calidad de educación. Hoy la carrera cuenta con muchas herramientas que facilitan el aprendizaje de los alumnos y la enseñanza de los docentes, sin embargo, existen áreas en las cuales se hace indispensable el manejo de equipos didácticos que simulen los procesos de Automatismos existentes en la industria, de manera integrada como es el caso de las asignaturas de Automatización Industrial, Instrumentación y Neumática en donde muchas veces las presentaciones y simulaciones no son suficientes.

En este momento no se cuenta con un módulo didáctico de manipulación y taladrado que facilite el Desarrollo de las Prácticas de manera integrada en cuanto se refiere a las asignaturas antes mencionadas por lo que en algunos casos no se ha llegado a un claro entendimiento de varios de los conceptos aplicados en estas asignaturas y poder relacionarlos con procesos industriales existentes

Por estos motivos, es necesario disponer de elementos constituidos en un módulo de manipulación y taladrado en el cual estén agrupados un conjunto de Dispositivos Didácticos y distintas alternativas para conseguir así remediar inquietudes y realizar las Pruebas de Laboratorio oportunas.

1.2 INTRODUCCIÓN A LA MANIPULACIÓN DE OBJETOS

“La manipulación representa una fase esencial en la mayoría de los procesos industriales. En la industria de la manufacturación, las funciones de manipulación son necesarias en cada una de las operaciones de alimentación, carga y descarga de las máquinas que operan en el proceso, en la paletización y elaboración de almacenamiento, etc. Sin embargo, se ha demostrado que la manipulación es necesaria también en la automatización de procesos tan diferentes al industrial como por ejemplo el sector agrícola o médico/farmacéutico.

Las operaciones realizadas en manipulación se descomponen básicamente en los siguientes movimientos: la sujeción de los objetos, la traslación y la rotación de los mismos. Combinando estos movimientos, es posible realizar de modo más o menos complejo, secuencias repetitivas, y desarrollar con ellas sistemas automáticos en líneas de ensamblaje, verificación de piezas, transferencia de palets, etc.” (Robótica Aplicada 2010.p.1)

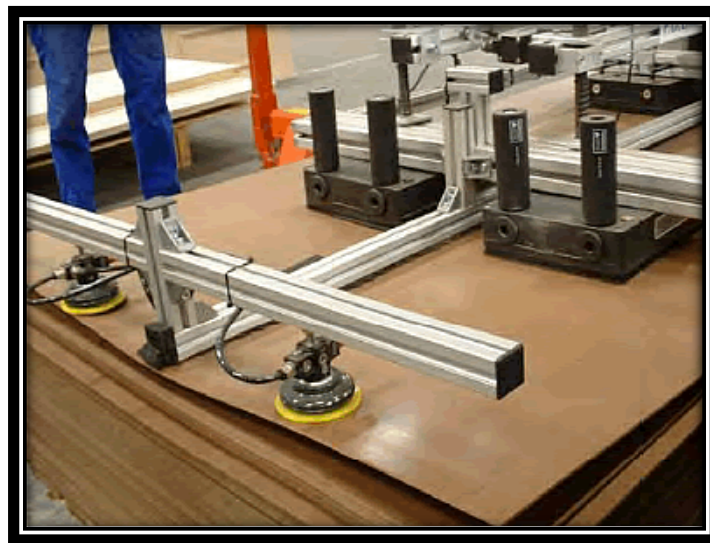
Por otra parte, es notorio que la manipulación representa una fase esencial e imprescindible del proceso. Pero también hay que tener muy en cuenta que estas operaciones no tienen que añadir un coste excesivo en el producto final. Por ese motivo y para minimizar este coste en los diseños actuales, se consideran parámetros como:

- Gran velocidad en las operaciones.
- Dispositivos de gran precisión.
- Bajos tiempos de respuesta.
- Duración elevada de los mecanismos
- Eliminación de mecanizados costosos.
- Diseños compactos ligeros y estéticos.
- Flexibilidad para el cambio de operaciones.
- El coste contenido de los sistemas.

1.2.1 DIFERENTES TÉCNICAS DE MANIPULACIÓN

“Las exigencias, evidentemente varían en cada uno de los casos. Aunque en la mayoría de ellos se trata siempre de problemas en los cuales se requiere desplazar un objeto desde un punto inicial a otro final, ambos prefijados con anterioridad, también hay otros totalmente distintos donde existen trayectorias de desplazamiento más o menos complejas e imponiendo una determinada orientación en el espacio.” (Robótica Aplicada 2010.p.2)

Figura 1-1 Garra De Vacío Para La Manipulación De Tableros De Madera



Fuente: <http://autoneumatica.com/2010/07/manipulacion>

Por consiguiente y en función de esta multiplicidad de exigencias, cualquier automatismo para manipular es realizable con los siguientes grupos de dispositivos:

- Manipuladores.
- Robots.
- Equipos especiales.

Considerando de forma particular cada uno de estos dispositivos, se considera como manipuladores aquellos sistemas capaces de trasladar un objeto desde un punto inicial a otro final, ambos prefijados, sin ningún control de la trayectoria recorrida. Por el contrario, los robots pueden efectuar

movimientos continuos no solo garantizando el desplazamiento del objeto, sino también el control de la trayectoria seguida. Por otra parte los equipos especiales son generalmente diseñados para realizar funciones específicas de manipulación. Por ejemplo: sistemas de embalaje para botellas, sistemas para ordenar mercancías de distintos géneros en las cajas correspondientes, traslados de productos de una línea a otra y de un recorrido a otro. Este grupo de equipos especiales representan el ejemplo de una automatización con menos flexibilidad para el cambio de operación y también menos genérica que la ejercida por los manipuladores y robots, puesto que estos no están diseñados específicamente en función de una línea de producción. Por este motivo a la hora de elegir un sistema de manipulación es preciso tener en cuenta las exigencias siguientes.

- Flexibilidad en el cambio de operación.
- Variabilidad de los posicionamientos.
- Exigencias para la trayectoria del movimiento.
- El coste del sistema

El último factor puede ser determinante para una solución menos flexible pero más acorde con una automatización de bajo coste.

1.2.2 TIPOLOGÍA DE ACCIONAMIENTO

Después de la distinción anterior, hemos de clasificar la forma con la que dichos sistemas consiguen desplazarse, es decir su accionamiento. Estos pueden ser clasificados según:

- Accionamiento electromecánico.
- Accionamiento oleodinámico.
- Accionamiento neumático.

Los sistemas electromecánicos están esencialmente constituidos por un motor eléctrico aplicado a una cadena cinemática, de forma que el movimiento

rotativo del motor es transformado en un movimiento lineal del actuador por mediación de cremalleras, husillos, correas dentadas etc.

Estos tipos de accionamiento se encuentran en aplicaciones de manipulación donde se requiere una elevada precisión en posiciones intermedias, un control de la aceleración, deceleración y velocidad, o bien, donde el coste no sea un factor crítico.

Por el contrario, las aplicaciones con accionamientos neumáticos se caracterizan por un alto ritmo de trabajo, precisión y repetibilidad en las posiciones extremas de carrera pero nunca en posiciones intermedias de larga duración y un coste contenido, en comparación con los sistemas anteriores.

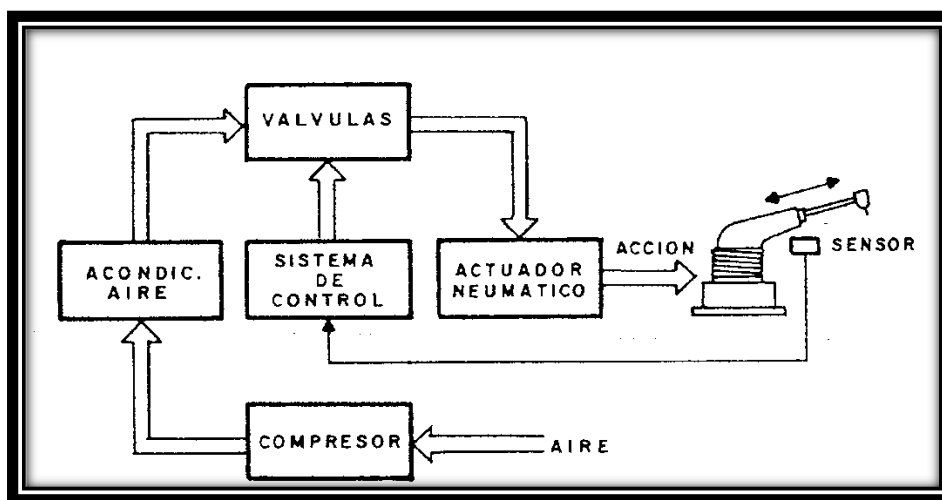
Con presiones variables desde 0,5 a 10 bar, los cilindros neumáticos desarrollan fuerzas que pueden ir desde 2kgf. hasta 2500 kgf. con recorridos desde 5mm. hasta 3 m aproximadamente. Estos cilindros sustituyen con gran precisión todas las operaciones ejecutadas habitualmente por un operario: empujar, tirar, punzonar, plegar, fijar, cortar etc. y por este motivo están muy extendidos actualmente en todo tipo de proceso industrial. Finalmente, tenemos los accionamientos oleodinámicos que se utilizan generalmente para mover con cierta precisión, cargas elevadas desde 5000 kgf. hasta 300.000 kgf. aproximadamente. Siendo accionados estos actuadores por un fluido prácticamente incompresible, es posible conseguir con ellos movimientos uniformes controlados con precisión (servosistemas). Por este motivo, se utilizan para el posicionado de mesas de trabajo, avance preciso de herramientas de corte, accionamiento de prensas de doblado, estampado y embutición, y en todas las aplicaciones que requieran grandes esfuerzos y un control preciso de la fuerza, la velocidad, y la precisión en el posicionamiento.

De todo lo expuesto anteriormente, resulta evidente la importancia de los sistemas neumáticos en el campo de la manipulación y por ese motivo se describe a continuación algunos tipos de manipuladores comunes y sus desplazamientos accionados por este tipo de tecnología.

1.2.3 MANIPULADORES NEUMÁTICOS

Los manipuladores neumáticos representan una solución ideal en la organización y rentabilidad de las líneas de producción en las cuales se requiera un alto ritmo de trabajo, una duración elevada de los componentes y desplazamientos en los ejes de principio a final de carrera sin necesidad de controlar posición intermedia o trayectoria.

Figura 1-2 Diagrama De Bloques De Un Manipulador Neumático



Fuente: <http://automatizacion2008..com/2008/03/sistema-automatizado-brazo-manipulador.html>

Su estructura principal se deriva de la combinación de unidades neumáticas estándar, para la rotación, traslación y sujeción del objeto. La arquitectura cinemática es análoga a la de algunos tipos de robots, pero con una tipología que por lo general está simplificada y es menos amplia. Existen algunas configuraciones básicas.

La configuración de un manipulador cilíndrico, en la cual pueden clasificarse aquellos dispositivos capaces de girar alrededor de una columna (ángulo) que sirve de apoyo a un brazo deslizable a lo largo de la misma, que lleva una guía de deslizamiento con la pinza para la sujeción de la pieza. Esta guía de deslizamiento puede a su vez desplazarse a lo largo del brazo al que esta vinculada y girar en torno a él.

Asimismo existe la representación de un manipulador cartesiano. En este caso, los movimientos de traslación se producen a lo largo de los tres ejes mientras que las rotaciones parciales de la pinza se originan solo alrededor de un eje en específico. Ambos sistemas pueden construirse con actuadores lineales, rotativos y pinzas, de ejecución estándar que están diseñados para su sujeción a la estructura del manipulador del que van a formar parte con el mínimo trabajo de mecanizado y ensamble originando en consecuencia un ahorro entre un 25-35% del coste, en comparación con otros actuadores. Estos nuevos componentes neumáticos con un concepto más dinámico, compacto estético y preciso.

1.2.3.1 Actuadores

Actualmente los actuadores neumáticos más utilizados en los diseños que se realizan en manipulación, son los cilindros de tipo compacto y guiado, lo que permite formar un conjunto rígido que ofrece inmejorables condiciones dinámicas y estáticas para el diseño de los ejes.

1.2.3.2 Elementos De Sujeción Por Vacío

En este tipo de sujeción los elementos finales de los manipuladores constituyen las denominadas ventosas y como fuente de energía el aire comprimido por vacío, producido generalmente por eyectores.

Actualmente los diseños de eyectores más compactos, su rendimiento, la limpieza que ofrece este medio y la economía de los mismos han colaborado a incrementar el uso de estos sistemas. Por otra parte están también los desarrollos novedosos referentes a las ventosas en cuanto a formas y materiales. La utilización de vacío como medio de sujeción frente a otros sistemas radica principalmente en los siguientes puntos:

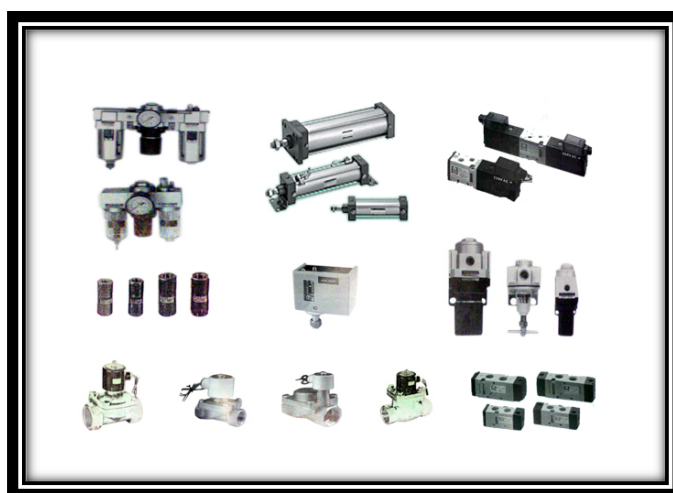
- Simplicidad de los componentes básicos
- Fácil posicionamiento de la ventosa contra el objeto
- Altas frecuencias de trabajo
- Fácil adaptación a superficies diversas sin necesidad de mecanizados adicionales

Una aplicación típica de sujeción por vacío es en el ensamblaje de lunas y puertas en la industria del automóvil.

1.3 NEUMÁTICA Y ELECTRONEUMÁTICA

“La neumática se define como la tecnología que aprovecha el aire comprimido para realizar transferencia de energía para el hacer funcionamientos de mecanismos. El aire se considera elástico, entonces al imprimirle una determinada fuerza se comprime, conservando esta compresión y devolviendo la energía almacenada cuando el aire se expande.” (Buenache 2010.p.17).

Figura 1-3 Componentes Utilizados En Tecnología Neumática



Fuente: <http://ptpandulima.com/home/?categorys=pneumatic>

1.3.1 CAMPOS DE APLICACIÓN

La neumática se caracteriza por ser parte primordial en procesos industriales que demanden cierto grado de automatización. Actualmente constituye un componente necesario en la sistematización de la producción la mayoría de los sectores industriales tales como: automovilístico, agroalimenticio, aeroespacial, farmacéutico, producción de energía entre otros.

1.3.2 UNIDADES DE PRESIÓN

La presión constituye una magnitud física que mide la influencia de una fuerza por unidad de área, y sirve para establecer cómo actúa una fuerza resultante sobre una superficie especificada, sustentándose con la siguiente igualdad.

$$P = \frac{Fuerza}{Area}$$

$$P = \frac{Newton}{metro^2} = Pascal$$

De acuerdo a las unidades utilizadas en los diferentes sistemas métricos se establecen las equivalencias:

Tabla 1-1 Equivalencias De Unidades De Presión

1[bar]	14.5 [PSI]
1[bar]	100[kpa]
1[bar]	0.987 Atmosferas
1[bar]	10197 [kg/m ²]

Fuente: Autor

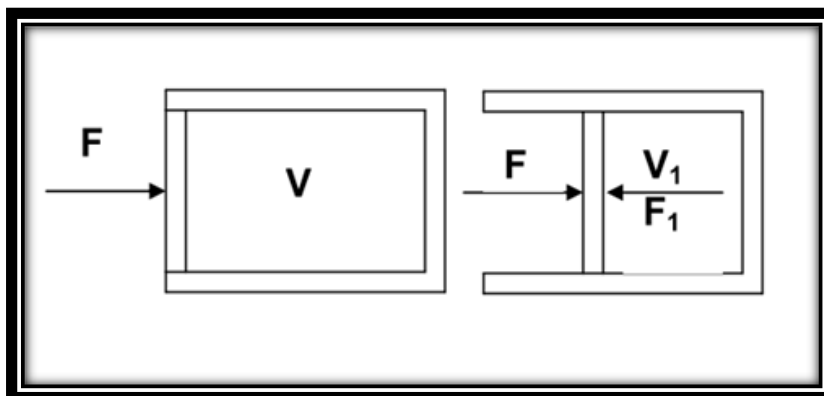
1.3.2.1 Presión De Vacío

Constituye las presiones por debajo de la atmosférica, que habitualmente se establecen, aplicando principios idénticos con que se miden las presiones por encima de la atmosférica, esto quiere decir que se establece el valor a determinarse por la diferencia de este y la presión atmosférica.

1.3.2.2 Compresibilidad Del Aire

Se considera un volumen definido V de un recipiente en el cual hay aire en las mismas condiciones de presión que el exterior.

Figura 1-4 Variación De Volumen Del Aire



Fuente: Baquedano J. Apuntes de Neumática Básica Página 4 (Traducido por el Autor)

Si se aplica una fuerza F a una pared móvil esta se sitúa en otra posición reduciendo el volumen. Sobre la pared móvil se crea otra fuerza F_1 contraria pero de igual valor que F . Si la fuerza F deja de aplicarse la pared móvil retorna a su posición inicial. Esto sucede únicamente debido a la propiedad de compresión del aire que responde a la interacción de las leyes:

1.3.2.3 Ventajas Del Aire En La Neumática

- Abundante y fácil de captar
- Constituye una fuente de energía limpia.
- No constituye un riesgo en cuanto se refiere a explosiones.
- Altas velocidades de trabajo
- No son necesarias líneas de retomo
- Fácil montaje y mantenimiento

1.3.2.4 Desventajas

- Humedad: el aire puede tener una elevada temperatura, lo que hace que al enfriarse se produzca condensación, en consecuencia se traduce en presencia de agua en las tuberías.
- Ruido: la operación normal de trabajo ocasiona mucho ruido lo que obliga al uso de silenciadores en los escapes de las válvulas. Esto no elimina todo el ruido, pero lo disminuye.
- Limitación de fuerza: no se logran fuerzas muy elevadas

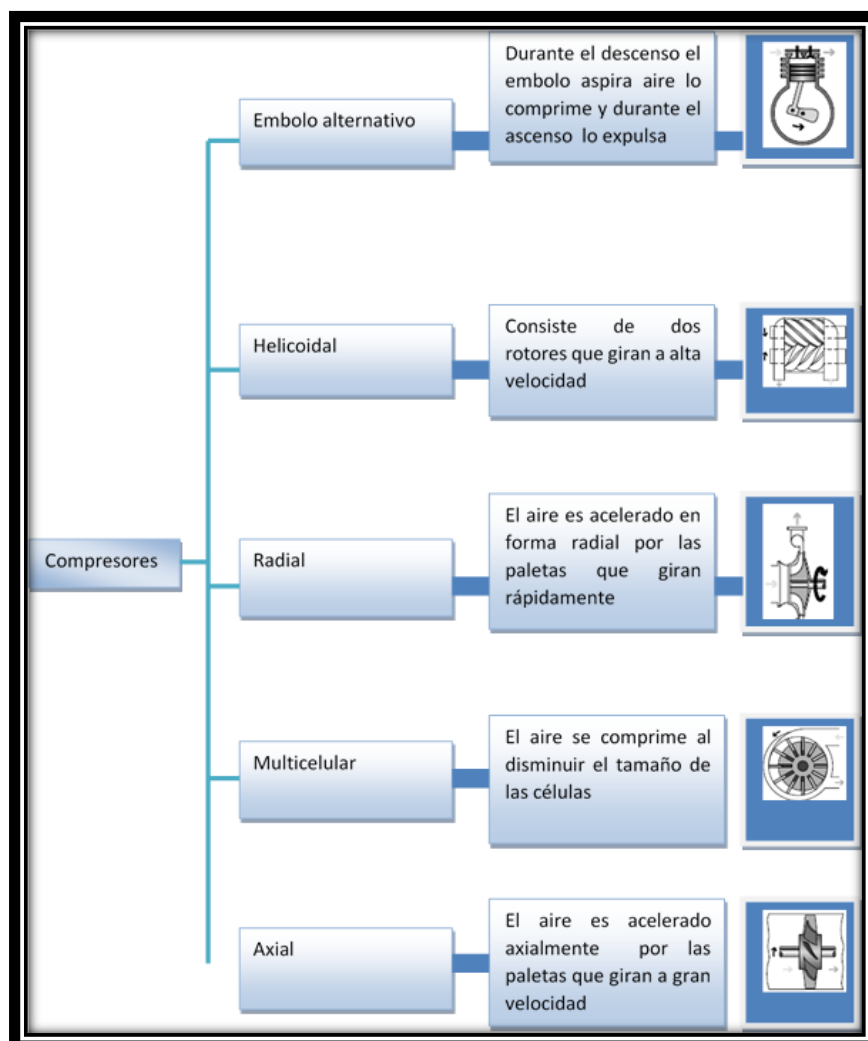
1.3.3 PRODUCCIÓN, ALMACENAMIENTO, TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO

1.3.3.1 Compresor

Está diseñado para elevar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles. Se realiza mediante un intercambio de energía entre el aparato y el fluido en el cual el trabajo realizado por el compresor es transportado al aire que circula por él convirtiéndose en energía de flujo, elevando su presión y energía cinética lo que ocasiona un impulso a fluir.

Se tiene algunos tipos de compresores que se determinan por su constitución interna y la manera en que proceden a comprimir el aire en el acumulador.

Figura 1-5 Clasificación De Los Compresores



Fuente: Autor

1.3.3.2 Acumulador

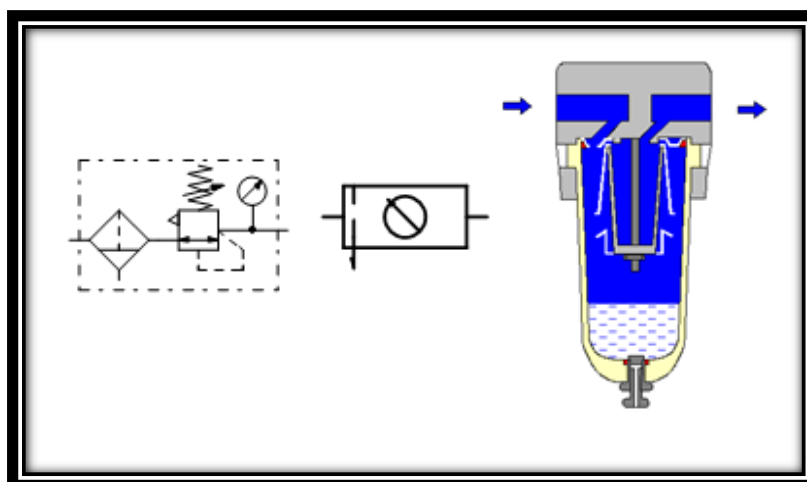
Consiste principalmente por un depósito, el cual toma el aire que sale del compresor y lo almacena para mantener un flujo constante hacia los elementos de trabajo, y para evitar un funcionamiento prolongado del compresor.

1.3.3.3 Unidad De Mantenimiento

La unidad de mantenimiento FRL debe cumplir las operaciones de Filtro, regulación de presión y lubricación del aire antes de que este ingrese a los diferentes elementos neumáticos, garantizando su funcionamiento óptimo y alargando su vida útil.

En cuanto se refiere a su representación la unidad técnica de mantenimiento puede ser simbolizada de un amañera completa o simplificada.

Figura 1-5 Representación Y Constitución Interna UTM



Fuente: Simulador FluidSIM

1.3.3.3.1 Filtro

Extrae del aire comprimido las impurezas y el agua condensada. Es muy importante conseguir grado elevado de pureza en el aire comprimido, para garantizar el funcionamiento de los elementos y aumentar su vida útil.

El filtro tiene por misión:

- Contener las partículas sólidas.
- Excluir el agua que se condensa por motivo de variación de temperatura.

1.3.3.3.2 Regulador

El regulador se encarga de conservar la presión de trabajo lo más constante posible, independiente de las variaciones que se presenten en la presión de red y el cambio en el consumo de aire. La presión de red siempre debe ser mayor que la presión de trabajo.

1.3.3.3.3 Lubricador

Es el encargado de lubricar los dispositivos neumáticos en medida eficaz. El lubricante reduce el rozamiento, protege los elementos de la corrosión y previene un desgaste anticipado de los elementos móviles.

1.3.4 TUBERIAS

Encargadas de distribuir el aire comprimido hacia los distintos elementos de trabajo de un sistema neumático y se las debe instalar con inclinación de 1 grado con relación a la superficie con la finalidad de facilitar el deslizamiento del vapor de agua, lográndose con esto anticipar una acumulación en un determinado lugar.

Los materiales más utilizados en la fabricación de estos dispositivos son el acero o latón para instalaciones fijas y el poliuretano para instalaciones portátiles

1.3.5 ACTUADORES NEUMÁTICOS

Consisten en dispositivos que convierten la energía del aire comprimido en movimientos rectilíneos de vaivén mediante el uso de cilindros neumáticos o a su vez en movimiento giratorio si fuese el caso de la utilización de un motor neumático.

1.3.5.1 Funcionamiento De Un Cilindro Neumático

El funcionamiento de un cilindro de simple efecto consiste en ingresar el fluido (aire) por una sola vía posible y por la acción de la presión ejercida el émbolo es empujado hacia adelante ocasionando que el vástago se transporte hacia su otra posición; al ser suspendido el aire al ingreso de cámara el vástago retorna a su posición inicial por acción de un muelle.

Para el caso del cilindro de doble efecto el aire puede ingresar por dos vías distintas, la una ocasiona que el vástago avance a la posición 2 y la otra que el vástago retroceda.

1.3.5.2 Fuerza Teórica Del Cilindro

$$F_{teórica} = P * A$$

Donde:

$F_{teórica}$ = Fuerza teórica del embolo [N]

P = Presión de funcionamiento [Pa]

A = superficie útil del émbolo [m^2]

Debido al desplazamiento del émbolo del cilindro sobre la camisa del mismo se producen fuerzas de fricción que son equivalentes aproximadamente al 10 % de la fuerza teórica.

Entonces:

$$F_{efectiva} = P * A - [F_{rozamiento}]$$

Ecuación 1-1 Fuerza Efectiva En Un Cilindro De Doble Efecto

Donde:

$F_{efectiva}$ = Fuerza efectiva del émbolo [N]

$F_{rozamiento}$ = Pérdida producida por rozamiento [N]

1.3.5.3 Tipos De Cilindros

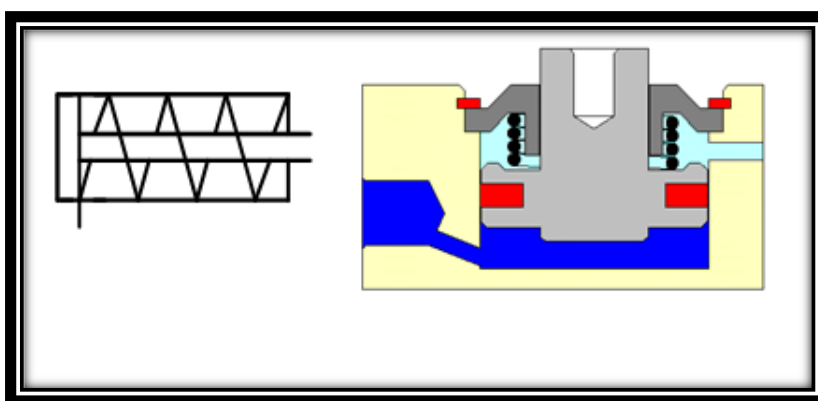
En relación al trabajo que se necesite que los cilindros realicen existen varios tipos.

1.3.5.3.1 Cilindro De Simple Efecto

Este tipo de cilindro realiza el trabajo en un solo sentido ya que contienen un solo ingreso de aire comprimido que ocasiona el movimiento del vástago una vez exista fluido en dicho ingreso, al ser el flujo interrumpido el vástago retorna a su estado inicial a una velocidad muy alta debido a que el retroceso es ocasionado

por un resorte que actúa directamente sobre el vástago. Su longitud es reducida y sus principales aplicaciones son de apriete, sujeción y expulsión de piezas.

Figura 1-6 Representación Cilindro De Simple Efecto



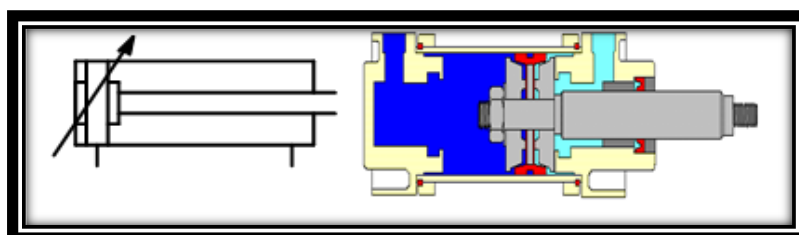
Fuente: Simulador FluidSIM

1.3.5.3.2 Cilindro De Doble Efecto

El trabajo puede ser realizado en dos sentidos, debido a que poseen doble ingreso de aire, lo que ocasiona que se pueda tener un control en ambos sentidos, tanto a la entrada como a la salida del vástago del cilindro.

Su función primordial es realizar trabajo tanto al avance como al retroceso del vástago.

Figura 1-7 Cilindro De Doble Efecto Símbolo Y Vista Interna



Fuente: Simulador FluidSIM.

1.3.6 MANDOS DE REGULACIÓN

Existen varios tipos de válvulas que son imprescindibles para el direccionamiento del flujo a donde fuese necesario.

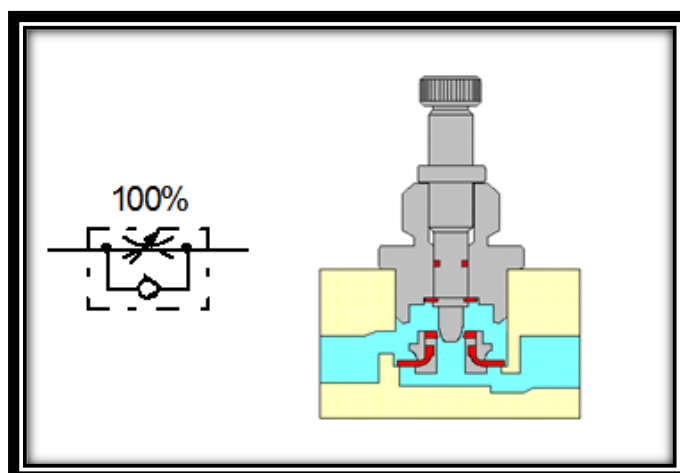
1.3.6.1 Válvula De Estrangulamiento Y Antiretorno

Resulta de la combinación de una válvula de estrangulamiento y una anti retorno.

Sucede que el estrangulamiento se produce solamente en un sentido del flujo de aire, mientras que en el otro se da paso libre del flujo sin ningún tipo de impedimento. El estrangulamiento es controlado mediante la variación manual de un tornillo, el cual regula el mayor o menor paso de caudal.

La propiedad de anti retorno se produce por la acción de una válvula tipo check que se abre en sentido del flujo y se cierra en sentido contrario, cuando se produce el cierre, actúa la estrangulación, teniéndose un control del flujo dependiendo de la necesidad y el requerimiento.

Figura 1-8 Esquematación Válvula De Estrangulamiento



Fuente: Simulador FluidSIM

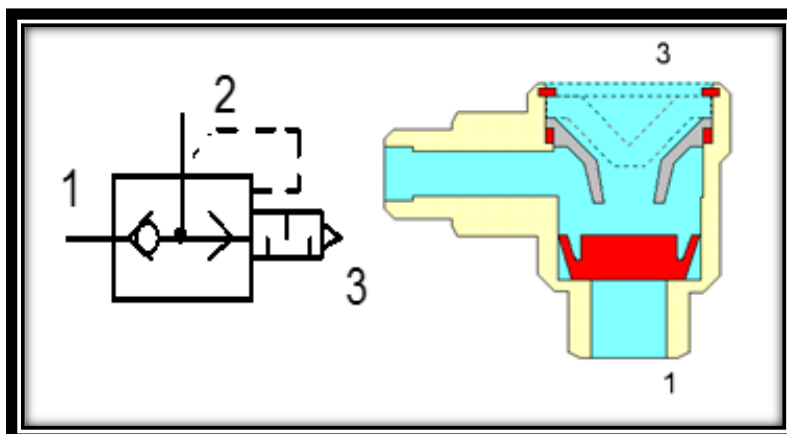
1.3.6.2 Válvula De Purga Y Escape Rápido

El objetivo de la utilización de esta válvula es permitir la evacuación instantánea del aire que se encuentra en alguna de las cámaras de los cilindros, con esto se logra efectuar movimientos rápidos del vástago del cilindro, ya sean al avance o retroceso del mismo.

Este tipo de válvula debe ser instalada lo más cerca posible del cilindro para que su función sea cumplida de una mejor manera.

El objetivo de esta válvula es logrado debido a que esta posee un diámetro más grande que el de la salida que tienen los cilindros.

Figura 1-9 Válvula Escape Rápido



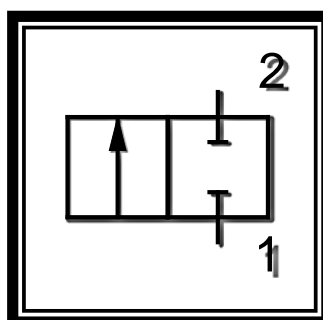
Fuente: Simulador FluidSIM

1.3.7 ELEMENTOS DE DISTRIBUCIÓN

1.3.7.1 Válvula De 2 Vías 2 Posiciones

Válvula que se caracteriza por poseer dos vías y dos posiciones de trabajo y de acuerdo a su tipo normalmente cerrada o abierta, al momento de la conmutación y cambio de posición evita o permite el paso del aire desde la vía de ingreso hacia la de salida.

Figura 1-10 Símbolo Válvula 2/2



Fuente: Simulador FluidSIM.

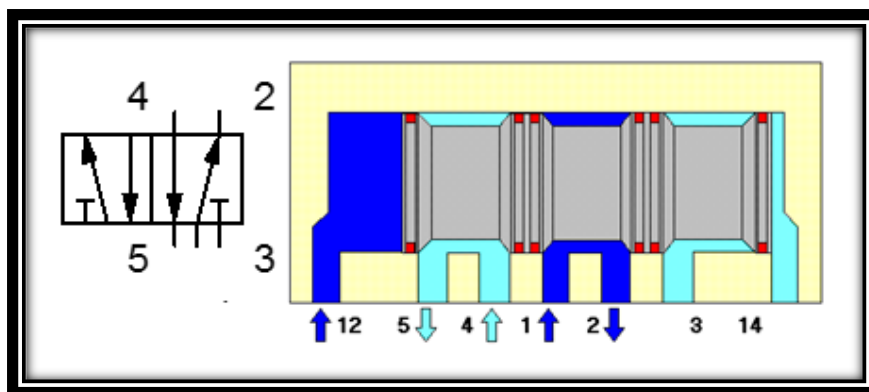
La válvula normalmente cerrada no permite la circulación de aire hasta que se produzca la conmutación, una vez sucedido esto el aire es conducido desde la posición el conducto 1 hacia el conducto 2.

1.3.7.2 Válvula De 5 Vías 2 Posiciones

Se utiliza para controlar actuadores lineales y motores, así como para el control de líneas de presión en conexiones en cascada. El pilotaje que se utiliza es cono-

cido como mando indirecto, debido a que el accionamiento mecánico conmuta una micro válvula 3/2 que establece el accionamiento de la válvula propiamente dicha.

Figura 1-11 Esquematzación Válvula 5/2



Fuente: Simulador FluidSIM.

1.3.8 ACCIONAMIENTOS DE LAS VÁLVULAS

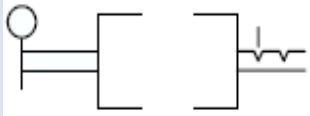
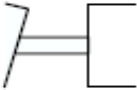
Entre los tipos de mandos más importantes se tiene: accionamiento manual, mecánico, por aire comprimido, electromagnético y combinado. La simbología de accionamiento se dibuja sobre los símbolos de las válvulas. Su finalidad consiste básicamente en accionar, re posicionar, o centrar los elementos de trabajo en un circuito neumático.

1.3.8.1 Accionamiento Manual

La siguiente tabla detalla los tipos de accionamiento manual existentes.

Tabla 1-2 Accionamientos Manuales


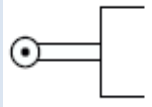
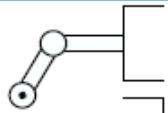
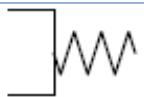

En general	
Botón pulsador	
Palanca	

Palanca enclavable	
Pedal	

Fuente: Autor

1.3.8.2 Accionamiento Mecánico

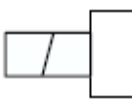
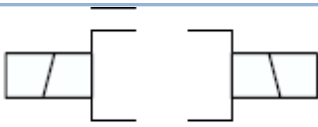
Tabla 1-3 Tipos De Accionamientos Mecánicos

Por taqué	
Por rodillo	
Por rodillo, funcionando en un solo sentido	
Por resorte	
Centrado elásticamente	

Fuente: Autor

1.3.8.3 Accionamiento Electromagnético

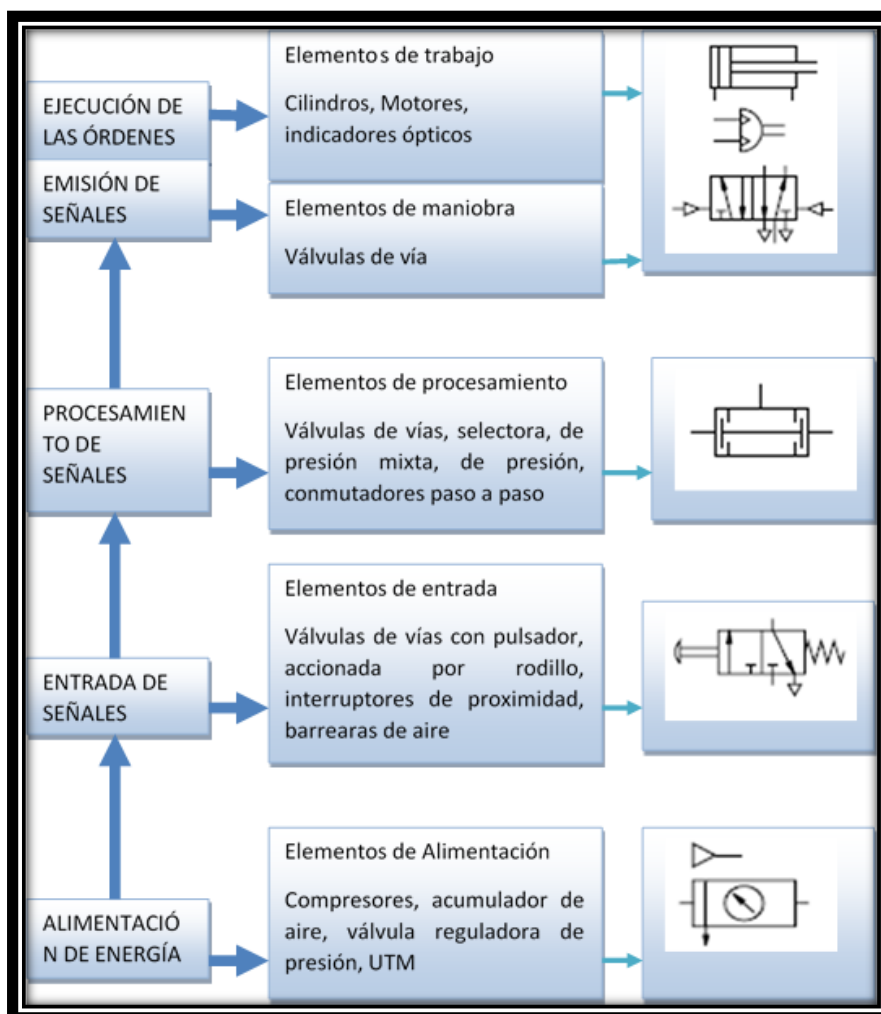
Tabla 1-4 Accionamiento eléctrico

Por medio de electro- imán	
Por medio de 2 electro- imanes	

1.3.9 ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS NEUMÁTICOS

Para la realización exitosa de los circuitos neumáticos se debe tomar en cuenta varios aspectos tales como el flujo de las señales que deben ser representadas de abajo hacia arriba, la cadena de mando según su presentación SPA sensor-procesador-actuador o EVA entrada-procesamiento-salida y por último la alimentación de energía que es constituida básicamente por un tubo flexible o tubería.

Figura 1-13 Estructura De Un Sistema Neumático



Fuente: Autor

1.3.10 DENOMINACIÓN DE LOS COMPONENTES

Los dispositivos neumáticos tales como cilindros, válvulas, actuadores deben ser representados en una posición normal tomando en cuenta las siguientes especificaciones:

1.3.10.1 Número del dispositivo.

- Comenzando con 1
- Su utilización se realiza cuando el circuito de conmutación completo contiene más de un equipo.

1.3.10.2 Número del circuito de conmutación

- 0: Componentes de alimentación de energía, accesorios.
- 1,2,....: Circuito de conmutación de fluidos: Asignación de números por cada cilindro.

1.3.10.3 Marca de los componentes.

- Elementos de trabajo A
- Compresores P
- Captadores de señal V
- Válvulas S
- Otros componentes Z

1.3.10.4 Número de los componentes.

- Comenzando con 1
- Numeración consecutiva para elementos iguales.

La numeración de componentes se realiza de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba. Elementos de entrada accionados se deben señalar por medio de una leva sombreada.

1.3.11 REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE MOVIMIENTOS SECUENCIALES

Consiste en diagramas que permiten la representación detallada de los movimientos secuenciales que realiza cada uno de los elementos de trabajo dentro de un sistema neumático. Están estrechamente relacionados a cada una de las fases de trabajo y al tiempo que toma en ejecutarse cada una de estas.

Un esquema se considera secuencial cuando todos los movimientos de los actuadores se efectúan en un orden determinado.

Para proceder a realizar la representación de una secuencia, se establece que:

- Los aparatos de potencia se designan con las letras A, B, C etc.
- La salida del vástago de actuadores se representa por “+” y el retorno por “-“
- Las etapas de los actuadores se refieren por orden sucesivo.

1.3.11.1 Gráfico De Etapa De Transición

El método GRAFCET sirve para resolver automatismos de forma secuencial y se fundamenta en ejecutar los pasos siguientes:

- Especificación de la secuencia.
- Un cuadrado equivale a cada etapa
- Entre etapas, una línea establece la transición.
- La etapa “0” corresponde a condiciones iniciales.
- Debe concordar cada etapa con el orden de la secuencia.
- Entre cada etapa se describe las condiciones de transición para que se cumpla la etapa siguiente.
- En los GRAFCET lineales se activa una etapa en cada instante de tiempo.

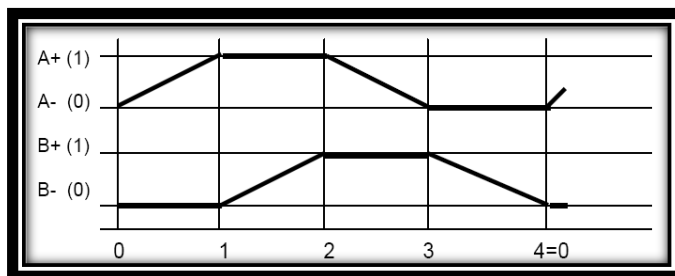
1.3.11.2 Diagrama Desplazamiento Fase

Otra manera de representar las etapas secuenciales o fases es gráficamente.

Así: Secuencia A+/B+/A-/B-/

En un diagrama en el eje de las “y” las fases de los cilindros y en el eje de las x el número total de fases: 0, 1, 2, 3, 4=0

Figura 1-12 Representación Diagrama Desplazamiento-Fase



Fuente: Baquedano J. Apuntes de Neumática Básica Página 4 (Traducido por el Autor).

1.3.12 ELECTRONEUMÁTICA

“En neumática pura los trabajos tanto de potencia como de mando se realizan mediante la utilización del aire comprimido. En Electro neumática los trabajos de potencia siguen siendo neumáticos (cilindros y motores neumáticos), pero el mando cambia a ser realizado por equipos eléctricos.

Para esto existen elementos que sirven de adaptación entre la neumática y la electricidad:

- *Electroválvulas*: Son dispositivos encargados de convertir una señal eléctrica en neumática.
- *Presostatos*: Su función principal es convertir una señal neumática en una señal eléctrica.” (Baquedano 2010.p.2).

1.3.12.1 ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRONEUMÁTICOS

La energía eléctrica es implantada, procesada y expedida por dispositivos muy determinados.

1.3.12.1.1 Interruptor electromecánico

Al pulsar el botón estos dispositivos quedan mecánicamente enclavados. Al volver a accionarlo retornan a su posición inicial mecánicamente desenclavados

1.3.12.1.2 Finales de carrera electromecánicos

Los finales de carrera detectan determinadas posiciones de piezas o elementos de trabajo (cilindros, motores). Su elección depende de muchos factores como el esfuerzo, seguridad de contacto, exactitud del punto de conmutación. Normalmente estos pulsadores tienen un contacto conmutado, aunque existen otras posibles combinaciones.

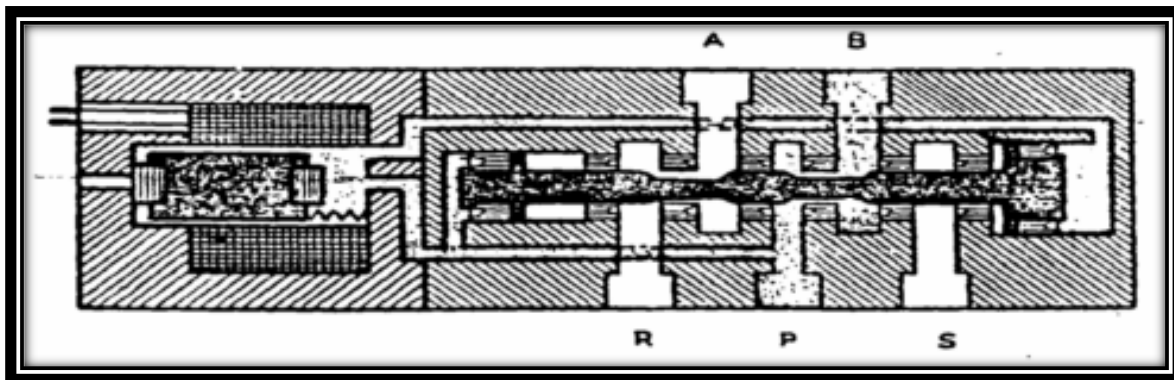
1.3.12.2 Electroválvulas

Al aplicar en la práctica mandos con aire comprimido y corriente eléctrica, es preciso el empleo de sistemas convertidores.

Las válvulas electromagnéticas tienen la funcionalidad de convertir señales eléctricas en el mando en señales neumáticas en la potencia. Constan de una válvula neumática y de una parte eléctrica de mando que consiste de una cabeza de electroimán encargada de realizar el cambio de posición en la válvula.

Al igual que las válvulas neumáticas puras, existen modelos monoestables en el cual el retorno se realiza por muelle y biestables en las cuales tanto el accionamiento como el retorno se realizan mediante la intervención de señales eléctricas

Figura 1-13 Composición Interna De Una Electroválvula 5/2



Fuente: Simulador FluidSIM.

1.3.12.3 Circuitos Electroneumáticos

Para la resolución de automatismos existen diferentes métodos los cuales aportan una manera eficiente de determinar los pasos a seguir en cuanto se refiere a solucionar un problema de automatización. Uno de los métodos más utilizados es el método Grafcet que ya se describió anteriormente.

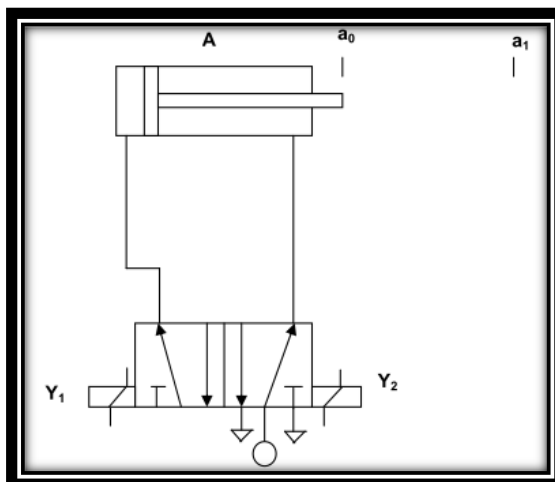
1.3.12.3.1 Determinación De La Secuencia Que Soluciona Un Problema

A los pulsadores que son los encargados de iniciar la secuencia se los denomina con la letra S_0 , S_1 , S_2 , etc. A los elementos actuadores se los representa con letras mayúsculas así se utiliza A, B, C, y sucesivamente hasta completar el número de actuadores existentes.

A los finales de carrera se los denomina con la misma letra que su actuador pero minúscula así si el actuador se simboliza con la A los finales de carrera tendrán el símbolo a_0 y a_1 respectivamente.

Las electroválvulas se las representa con la letra mayúscula Y con subíndice, atendiendo al número de estas existentes.

Figura 1-14 Denominación de los componentes de una secuencia



Fuente: Baquedano J. Apuntes de Neumática Básica Página 4 (Traducido por el Autor)

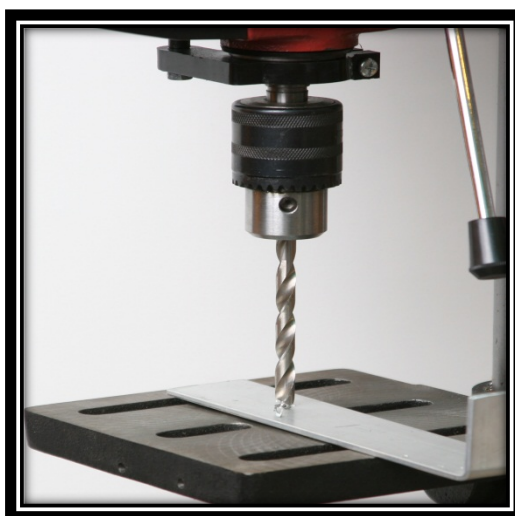
1.3.12.3.2 Diagrama Eléctrico

El diagrama eléctrico de un sistema electroneumático contiene todo lo referente a los accionamientos eléctricos, bobinas de solenoides, bobinas auxiliares o memorias y finales de carrera.

1.4 INTRODUCCIÓN AL TALADRADO

Se denomina taladrado al trabajo de realización de agujeros cilíndricos, con formación de viruta, por medio de una herramienta de corte denominada broca.

Figura 1-15 Taladrado De Una Chapa Metálica



Fuente: <http://ecom.training.dupont.com>

1.4.1 VELOCIDAD DE CORTE

Se considera como el recorrido de un filo cortante de la broca por unidad de tiempo.

1.4.2 AVANCE POR GIRO

Se establece como la longitud que la broca penetra en el material con cada vuelta que se realice.

1.4.3 COMO SE SUJETAN LAS PIEZAS

Todas las piezas para taladrar deben sujetarse fijamente a la mesa del taladro, con la finalidad de garantizar la realización del trabajo.

1.4.4 CALCULO DE POTENCIAS

Para determinar la potencia necesaria que se requiere para realizar el proceso de taladrado es necesario primero establecer el valor de la fuerza total en la dirección del movimiento de corte así:

$$F_t = K_s * a * f$$

Ecuación 1-2 Fuerza Total En La Broca

Donde el factor K_s que se denomina presión específica de corte se obtiene de acuerdo al material a taladrar y se encuentra en tablas.

Una vez obtenida la fuerza de corte se puede calcular el par de corte necesario aplicando la siguiente expresión;

$$M_t = a * f * K_s * \frac{D - a}{2}$$

Ecuación 1-3 Par Torsor En La Broca

Con el valor obtenido anteriormente se procede a calcular la potencia requerida para el proceso de taladrado utilizando la formula siguiente:

$$P(w) = M_t(N.m) * w\left(\frac{\text{rad}}{s}\right)$$

Ecuación 1-4 Potencia Requerida En Taladrado

1.5 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

Un PLC es un dispositivo electrónico diseñado para ser programado y su función principal consiste en controlar procesos que demanden activaciones secuenciales de sensores y actuadores.

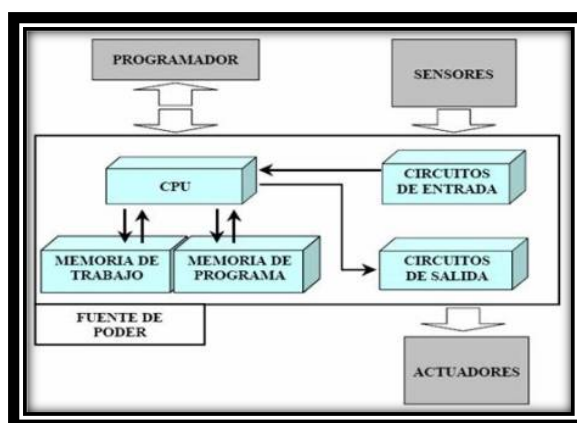
Se utiliza en equipos que demandan cierto grado de automatización, en los cuales están presentes dispositivos que deben ser accionados y desconectados a una secuencia predeterminada para realizar algún tipo de proceso industrial.

Mediante la utilización de estos elementos se logra un ahorro significativo en cuanto se refiere al tiempo de implementación de proyectos, y además se puede realizar modificaciones posteriores sin que esto concorra en un gasto adicional.

1.5.1 ESTRUCTURA DEL PLC

Sus partes principales consisten de la Unidad Central de Proceso, la memoria de trabajo, la memoria de programa y los circuitos de Entradas y Salidas. Mediante el funcionamiento de la unidad central se controla y se descifra las instrucciones del programa. En base a la programación que se encuentra en la memoria y a las señales que se generan en las entradas, se producen las señales de las salidas.

Figura 1-16 Estructura De Un PLC



Fuente: http://www.el.bqto.unexpo.edu.ve/lab_plc/paginas/estructura.html

Los elementos electrónicos conectados a las entradas en la mayoría de los casos se tratan de interruptores, termostatos, sensores de nivel, sensores de proximidad, vacuostatos, sensores REED, sensores de distancia entre otros.

CAPÍTULO 2

DIMENSIONAMIENTO NEUMÁTICO

En este capítulo se presenta el dimensionamiento así como la selección de todos los componentes neumáticos y electro neumáticos necesarios para la implementación del módulo, los mismos que cumplen los requerimientos para realizar todo el sistema de manipulación y taladrado.

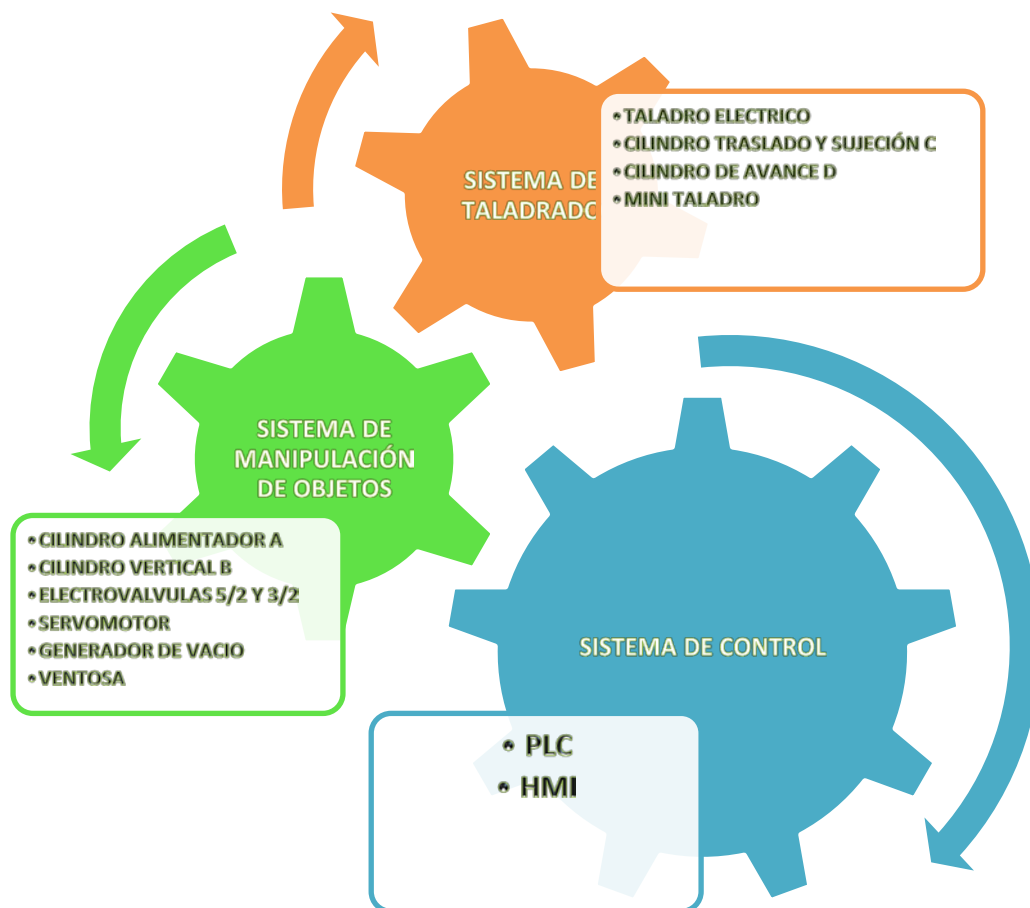
2.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL MÓDULO

El proyecto se lo dividió en tres subsistemas fundamentales, los cuales utilizan los siguientes elementos.

- Sistema de manipulación
 - Alimentador de piezas
 - Cilindro alimentador A
 - Electroválvula 5/2
 - Reguladores de caudal unidireccional
 - Manipulador electro neumático
 - Servomotor
 - Cilindro de desplazamiento vertical B
 - Electroválvula 5 vías y 2 posiciones
 - Reguladores de caudal unidireccional
 - Generador de vacío
 - Ventosa
 - Electroválvula 3 vías y 2 posiciones
- Sistema de taladrado
 - Traslado y sujeción
 - Cilindro de traslado y sujeción
 - Electroválvula
 - Regulador de caudal
 - Taladrado
 - Taladro eléctrico
 - Cilindro de avance de taladro
 - Electroválvula
 - Regulador de caudal
- Sistema de control
 - PLC

➤ HMI

Figura 2-1 Diagrama De Bloques Del Sistema De Manipulación Y Taladrado



Fuente: Autor

2.2 DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE MANIPULACIÓN

Este sistema es el encargado de alimentar las piezas cúbicas de madera hacia una posición en donde posteriormente el manipulador pueda extraerla a través de su elemento final tipo ventosa y transportarla hacia la etapa de taladrado, específicamente hacia el porta pieza que contiene sujeto el cilindro de sujeción de esta etapa.

2.2.1 SELECCIÓN DEL CILINDRO A DE ALIMENTACIÓN DE PIEZAS

Este cilindro es el encargado de empujar los cubos de madera hacia la posición donde el brazo manipulador a través de su elemento final tipo ventosa, sea capaz de extraerlos para transportarlos hacia la etapa de taladrado.

Los cubos de madera a utilizarse tienen un peso aproximado de 100 gramos lo cual nos indica que para empujar dichos cubos es necesario aplicar una fuerza de aproximadamente 2 N. Además las dimensiones de las piezas son 50x50mm, lo que implica que la carrera del cilindro a dimensionar y seleccionar debe ser superior a 50 mm.

Se dispone de un cilindro de 16 mm de diámetro y 60 mm de carrera que se considera muy común en el mercado.

Establecida una presión de trabajo de 5 bares y en base a la formula general de la ecuación (2-1) se procede a calcular la fuerza ejercida por este cilindro.

$$F = 10 * P * \pi \left(\frac{(1.6)^2}{4} \right) * n$$

Ecuación 2-1 Fuerza Ejercida Por El Cilindro

Debido a las condiciones en las cuales el cilindro va a trabajar se establece el factor de fricción en 0.8, entonces:

$$F = 10 * P * \pi \left(\frac{(1.6)^2}{4} \right) * 0.8$$

$$F = 80 N$$

Suficiente como para empujar el peso de los cubos y superar las fuerzas de fricción que estén presentes.

Basándose en todos los aspectos antes descritos se procede a elegir un cilindro de doble efecto que posee las características siguientes:

Tabla 2-1 Características Del Cilindro Alimentador De Piezas

TIPO	MSR-16X60
Fluido	Aire comprimido
Función	Cilindro de doble efecto
Marca	Chanto
Conexión [rosca]	M5

Presión de funcionamiento máximo	1-10 [bar]
Temperatura de funcionamiento	-2 hasta 80 grados centígrados
Material	Camisa: acero inoxidable Culatas: Aluminio inyectado
Anillo magnético	Estándar
Diámetro del embolo o camisa	16 mm
Diámetro del vástago	8 mm
Carrera	60 mm
Montaje	Compacto Rígido

Fuente: Autor

Figura 2-2 Cilindro Alimentador De Piezas



Fuente: Autor

2.2.1.1 Consumo De Aire En El Cilindro De Alimentación De Piezas.

Con los aspectos descritos y con los datos obtenidos se puede calcular el consumo de aire de este cilindro en base a la ecuación (2-2)

Se tiene:

Q Caudal requerido por el cilindro

L_1 Carrera del pistón = 60 mm

D_i Diámetro de la camisa = 16 mm

$p_1=p_2$ Presión relativa de trabajo = 5 bares

D_v Diámetro del vástago = 8 mm

n Número de ciclos por minuto = 50

$$Q = \frac{L_1 * \pi}{4} [D_i^2 * p_1 + (D_i^2 - D_v^2) * p_2] * n$$

Ecuación 2-2 Consumo de aire en el cilindro de doble efecto

$$Q = \frac{60 * 3.1416}{4} [16^2 * 0.5 + (16^2 - 8^2) * 0.5] * 50$$

$$Q = 47,12 * (224) * 50$$

$$Q = 527744 \frac{mm^3}{min}$$

$$Q = 527,7 \frac{cm^3}{min}$$

$$Q = 0.53 \frac{l}{min}$$

2.2.2 SELECCIÓN DEL CILINDRO B DE DESPLAZAMIENTO VERTICAL DEL MANIPULADOR ELECTRONEUMÁTICO

Este cilindro neumático debe levantar un peso combinado que resulta de la suma de los pesos del generador de vacío con sus partes de montaje, la ventosa con sus accesorios de acoplamiento, y la pieza a la cual se le aplicara el taladrado, se procede a dimensionar de la forma siguiente:

Se dispone de un cilindro de 16 mm de diámetro que se considera muy común en el mercado.

Establecida una presión de trabajo de 5 bares y en base a la formula general de la ecuación (2-1) se procede a calcular la fuerza ejercida.

$$F = 10 * P * \pi \left(\frac{(1.6)^2}{4} \right) * n$$

Debido a las condiciones en las cuales el cilindro va a trabajar se establece el factor de fricción en 0.8 por razones de pandeo forzado, entonces:

$$F = 10 * P * \pi \left(\frac{(1.6)^2}{4} \right) * 0.8$$

$$F = 80 \text{ N}$$

Suficiente como para levantar el peso combinado existente en el brazo del manipulador.

Además es necesario recalcar que el cilindro requerido para esta etapa debe poseer la propiedad de evitar que su vástago gire en su propio eje debido a que si esto ocurriese el posicionamiento de la pieza en la mesa se vería muy afectada e interrumpiría la secuencia normal de operación de las otras etapas, para lo cual este cilindro debe ser del tipo guiado y compacto.

Basándose en todos los aspectos antes descritos se procede a elegir un cilindro de doble efecto que posee las características siguientes:

Tabla 2-2 Selección Del Cilindro B (Manipulador Electroneumático)

TIPO	QPR2A016A050
Fluido	Aire comprimido
Función	Cilindro con guía lineal
Guías	4
Marca	CAMOZZI
Conexión [rosca]	M5
Presión de funcionamiento máximo	1-10 [bar]
Temperatura de funcionamiento	-2 hasta 80 grados centígrados
Material	Culatas: acero inoxidable Camisa: Aluminio inyectado
Anillo magnético	Estándar
Diámetro del embolo o camisa	16 mm
Diámetro del vástago	8 mm
Carrera	50 mm
Montaje	Compacto Rígido

Fuente: Catálogo CAMOZZI

Figura 2-3 Cilindro Neumático Compacto Y Guiado



Fuente: Autor

2.2.2.1 Consumo De Aire En El Cilindro De Desplazamiento Vertical Del Manipulador.

Con los aspectos descritos y con los datos obtenidos se puede calcular el consumo de aire de este cilindro en base a la ecuación (2-2)

Se tiene:

Q Caudal requerido por el cilindro

L_1 Carrera del pistón = 50 mm

D_i Diámetro de la camisa = 16 mm

$p_1=p_2$ Presión relativa de trabajo = 5 bares

D_V Diámetro del vástago = 8 mm

n Número de ciclos por minuto = 50

$$Q = \frac{L_1 * \pi}{4} [D_i^2 * p_1 + (D_i^2 - D_V^2) * p_2] * n$$

$$Q = \frac{50 * 3.1416}{4} [16^2 * 0.5 + (16^2 - 8^2) * 0.5] * 50$$

$$Q = 39.27 * (147) * 50$$

$$Q = 288634,5 \frac{mm^3}{min}$$

$$Q = 288,63 \frac{cm^3}{min}$$

$$Q = 0,29 \frac{l}{min}$$

2.2.3 ACCESORIOS PARA GENERACIÓN DE VACÍO

El sistema de sujeción de piezas por generación de vacío que forma parte del manipulador electro neumático consta de los siguientes elementos:

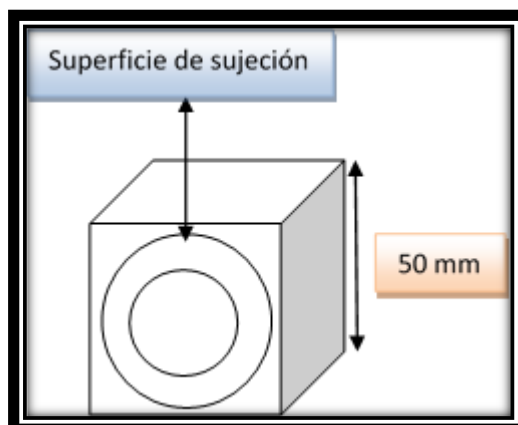
- Ventosa y accesorio roscado para montaje
- Generador de vacío
- Vacuostato
- Electroválvula de control de flujo de aire.

2.2.3.1 Ventosa

El aspecto más importante para la elección de la ventosa adecuada es el diámetro necesario que esta debe tener para garantizar una óptima sujeción de la pieza a transportar.

Debido a las dimensiones establecidas de las piezas de madera a ser manipuladas, la ventosa debe cubrir un diámetro idóneo para sujetarlas tanto antes de taladrar como después de haber realizado el orificio

El diámetro de la ventosa debe ser menor al diámetro de la circunferencia que se inscribe en la pieza de 50 mm de lado para evitar fugas de vacío por pequeñas variaciones de posición del manipulador e impedir que esta se suelte en una posición no indicada por el proceso.

Figura 2-4 Superficie De Sujeción De La Ventosa

Fuente: Autor

Una ventosa de 40 mm de diámetro es la mejor opción para cubrir el área necesaria para sujetar levantar y transportar las piezas, sin que estas se suelten en el trayecto o que se dificulte el depósito o la extracción de las mismas en la mesa de taladrado.

Otro aspecto importante que se debe tomar muy en cuenta es que la ventosa debe ser tipo fuelle para así compensar pequeñas variaciones de las dimensiones entre pieza y pieza, debido a que el material es madera y por lo general las dimensiones tienden a fluctuar debido a los cortes realizados.

Una vez descritos todos los aspectos necesarios se establece las especificaciones necesarias de la ventosa a utilizarse.

Tabla 2-3 Características De La Ventosa

Diámetro	40 mm
Tipo	NBR Fuelle
Accesorio	Roscado M5
Sujeción	Perno rosca M5
Conexión	6 mm

Fuente: Autor

Figura 2-5 Ventosa 40 mm De Diámetro

Fuente: Autor

2.2.3.2 Generador De Vacío

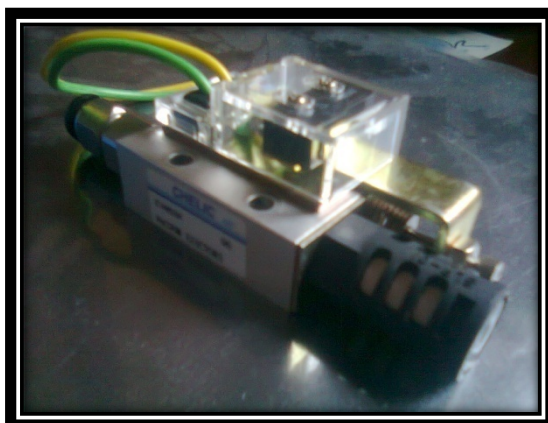
Este dispositivo debe ser capaz de generar una fuerza de depresión necesaria para el funcionamiento óptimo del sistema de sujeción del manipulador electro neumático. La pieza a manipularse tiene un peso aproximado de 100 gramos lo que ocasiona que se necesita una fuerza de succión mayor a 2 N para levantarla y sujetarla. Si el diámetro de la ventosa es de 40 mm, pero debido a que es tipo fuelle, el diámetro de contacto se reduce a 21 mm, entonces un dispositivo que genere una presión negativa de al menos 0.2 bares es óptimo para ejercer una fuerza suficiente como para sujetar la pieza y garantizar que esta permanezca adherida a la ventosa hasta depositarla en la mesa de taladrado y retirarla una vez se haya cumplido este propósito.

La mejor opción para cumplir los requerimientos de generación de depresión necesaria para esta etapa es la siguiente:

Tabla 2-4 Selección Del Generador De Vacío

GENERADOR DE VACÍO	
Tipo	EV-05-SK
Fluido	Aire
Presión	-0.6 [bar]
Marca	Chelic
Conector	1/8

Figura 2-6 Generador De Vacío Efecto Venturi Seleccionado



Fuente: Autor

2.2.3.2.1 Consumo De Aire En El Generador De Vacío

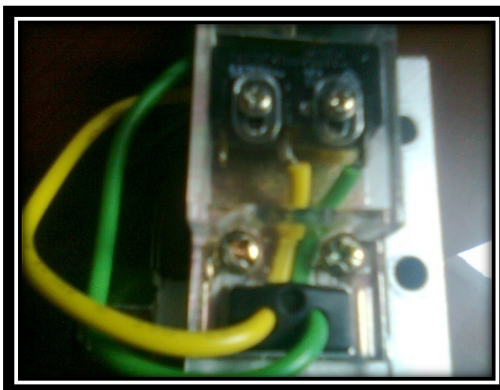
Para establecer el consumo del generador de vacío es necesario referirse a las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante, lo cual nos indica que el valor del caudal que es consumido por este dispositivo es igual a:

$$Q = 40 \frac{l}{min}$$

2.2.3.2.2 Vacuostato

Este elemento consta de un micro interruptor que se activa y deja pasar una señal eléctrica de acuerdo a una cierta presión de vacío establecida, muy importante para conocer que la pieza ha sido sujeta y pueda ser transportada según el proceso lo requiera

El generador de vacío escogido anteriormente contiene montado en su estructura un vacuostato regulable manualmente a través de un tornillo ubicado en la parte superior, lo que obvia una selección separada de este dispositivo.

Figura 2-7 Vacuostato Montado En El Generador De Vacío

Fuente: Autor

2.2.3.3 Electroválvula De Control De Flujo De Vacío

Es importante generar una presión negativa solamente cuando sea necesario y en el instante que el proceso lo requiera, es así que se debe ubicar una electroválvula 3 vías 2 posiciones a la entrada del generador de vacío capaz que permita o evite el paso de flujo de aire, lográndose con esto evitar el consumo innecesario de aire cuando el sistema no requiera el funcionamiento de la etapa de succión.

Una electroválvula Chelic 3/2 es la mejor opción para cumplir este propósito.

Tabla 2-5 Especificaciones De La Electroválvula De Control De Flujo De Vacío

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Modelo	SV-315
Marca	Chelic
Bobina	22 mm
	24 VDC 2.5 VA
Rango de voltaje	21VDC-26VDC
Presión de operación	1-8 [bar]

Fuente: Catálogo Chelic

Figura 2-8 Electroválvula 3/2 De Control De Flujo De Vacío



Fuente: Autor

2.3 DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TALADRADO

Una vez que el manipulador deposita los cubos en el porta pieza inicia el sistema de taladrado en el cual la pieza es transportada por la mesa para su posterior sujeción, una vez que el cilindro se retraiga completamente. Posteriormente el cilindro de avance actúa trasladando el taladro hacia la pieza debidamente sujeta para realizar el orificio a través del movimiento de la herramienta de corte que en este caso se trata de la broca.

2.3.1 SELECCIÓN DEL TALADRO ELÉCTRICO

El taladro es el encargado de realizar el orificio en los cubos de madera por medio de la fuerza de avance que le imprima el cilindro neumático dedicado a esta tarea.

Debido a que el presente trabajo se enfoca a fines didácticos se establece que un orificio de 1/8 de pulgada será suficiente como para dimensionar la etapa de taladrado así como para establecer los parámetros necesarios para seleccionar los dispositivos que intervienen en este sistema.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente y conociendo que el material a ser taladrado es madera, se procede a dimensionar el taladro de la siguiente manera.

D Diámetro de la broca 3,2 mm

Presión específica de corte $K_s = 36 \text{ N/mm}^2$

RPM recomendadas para taladrar madera 500

Va Velocidad de avance 0,6 m/min

a Profundidad de pasada D/2

$$Vc = \pi * D * \frac{n}{1000}$$

$$Vc = 3.14 * 3.2 * \frac{500}{1000}$$

$$Vc = 5,24 \frac{m}{min}$$

$$f = \frac{Vf}{n}$$

$$f = \frac{0.6}{500}$$

$$f = 1.2 \frac{mm}{rev}$$

$$a = \frac{D}{2} = \frac{3.2}{2} = 1.6mm$$

$$Ft = Ks * a * f$$

$$Ft = 36 * 1.6 * 1.2$$

$$Ft = 69.12 N$$

Ecuación 2-3 Fuerza ejercida por la broca seleccionada

PAR TORSOR NECESARIO

$$Mt = a * f * Ks * \frac{D - a}{2}$$

$$Mt = 1.6 * 1.2 * 36 * \frac{3.2 - 1.6}{2}$$

$$Mt = 55,3 N.cm$$

$$Mt = 0.55 N.m$$

$$P(w) = Mt(N.m) * w\left(\frac{rad}{s}\right)$$

$$P(w) = 0.55 N.m * 52.33 \frac{rad}{s}$$

$$P(w) = 28.78 w$$

De acuerdo con los datos obtenidos se establece que un mini taladro de 130 W disponible en el mercado cumple con los requerimientos del sistema de taladrado del módulo que se presenta y posee las características que se detallan en la Tabla (2-6)

Tabla 2-6 Características Técnicas Del Taladro Eléctrico Escogido

TIPO	MSR-16X60
Tensión	110 voltios
Frecuencia	60 Hz
Marca	SILK
Velocidad	400-32000 rpm
Corriente	1,18 A
Temperatura de funcionamiento	-2 hasta 80 grados centígrados

Fuente: Autor

Figura 2-9 Taladro Seleccionado



Fuente: Autor

2.3.2 SELECCIÓN DEL CILINDRO C DE DESPLAZAMIENTO Y SUJECCIÓN DE PIEZA

Para una adecuada selección del cilindro neumático es primordial tener en cuenta la fuerza que se requiere que este dispositivo genere, dependiendo de las condiciones en las que va a trabajar y la finalidad mecánica que a este se destine.

En cuanto se refiere al desplazamiento de la pieza la fuerza requerida es muy baja ya que solo es arrastrada a través de la mesa, sin embargo el mismo cilindro tiene la finalidad de sujetar dicha pieza para su posterior taladrado, entonces el aspecto a tomarse en cuenta para la elección del cilindro es la fuerza de sujeción necesaria para evitar que el taladro cambie de posición la pieza o a su vez la extraiga de la mesa.

Para una adecuada sujeción es necesario aplicar una fuerza de aproximadamente 90 N la cual es ejercida por la herramienta de corte del taladro eléctrico adicionándole un 20% como factor de seguridad y que se encuentra calculada en la ecuación (2-3) , con este valor se procede a calcular un diámetro de émbolo, aplicando la fórmula de la ecuación (2-1)

$$F = P * A$$

$$F = 10 * P * \pi \left(\frac{d^2}{4} \right) * n$$

Dónde: F Fuerza a la salida del vástago en N

P Presión del cilindro en Bares

d diámetro del embolo en cm

n factor que representa la suma de todas las fricciones existentes en el cilindro

$$\left(\frac{d^2}{4} \right) = \frac{F}{10 * P * \pi * n}$$

$$d^2 = \frac{4F}{10 * P * \pi * n}$$

$$d = \sqrt{\frac{4F}{10 * P * \pi * n}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * 90}{10 * 5 * 3.14 * 0.9}}$$

$$d = 1.59 \text{ cm} = 15.9 \text{ mm}$$

Diámetro mínimo

Se dispone de un cilindro de 25 mm de diámetro tomando en cuenta que existe a la venta.

Se establece una Presión de trabajo de 5 bares como suficiente.

$$F = 10 * P * \pi \left(\frac{(2.5)^2}{4} \right) * n$$

$F = 220.89 \text{ N}$ Superior a la fuerza requerida

Por esta razón se utiliza un cilindro neumático de doble efecto con soporte de anillo magnético para conocer su posición y presenta las siguientes características.

Tabla 2-7 Características Del Cilindro De Desplazamiento Y Sujeción De Pieza

TIPO	MSR25x200
Fluido	Aire comprimido
Función	Cilindro de doble efecto
Presión de funcionamiento máximo	1 Mpa
Temperatura de funcionamiento	0 hasta 70 grados centígrados
Material	Culatas: Aluminio inyectado Camisa: Acero inoxidable
Anillo magnético	Estándar
Diámetro del embolo o camisa	25 mm
Diámetro del vástago	10 mm
Carrera	200 mm

Fuente: Autor

Figura 2-10 Cilindro De Transporte Y Sujeción De Pieza



Fuente: Autor

2.3.2.1 Cálculo Del Consumo De Aire En El Cilindro

Con los datos establecidos en la tabla (2-7) se procede a calcular el caudal requerido por el cilindro aplicando la fórmula de la ecuación (2-2)

Se tiene:

Q Caudal requerido por el cilindro

L_1 Carrera del pistón = 200 mm

D_i Diámetro de la camisa = 25 mm

$p_1=p_2$ Presión relativa de trabajo = 5 bares

D_v Diámetro del vástago = 10 mm

n Número de ciclos por minuto = 25

$$Q = \frac{L_1 * \pi}{4} [D_i^2 * p_1 + (D_i^2 - D_v^2) * p_2] * n$$

$$Q = \frac{200 * 3.1416}{4} [25^2 * 0,5 + (25^2 - 10^2) * 0,5] * 25$$

$$Q = 157.08 * (575) * 25$$

$$Q = 2258025 \frac{mm^3}{min}$$

$$Q = 2258 \frac{cm^3}{min}$$

$$Q = 2.25 \frac{l}{min}$$

2.3.3 SELECCIÓN DEL CILINDRO NEUMÁTICO D PARA DESPLAZAMIENTO DEL MECANISMO DE TALADRADO

Este cilindro tiene la finalidad de desplazar verticalmente el mecanismo de taladrado el cual está compuesto por la base universal para taladro y el taladro en sí, para lo cual es necesario que genere una fuerza de 150 N como mínimo, que es la fuerza que normalmente se ejerce a un taladro para que realice los orificios en las piezas.

Con este valor se procede a calcular el diámetro necesario que debe tener el cilindro para generar la fuerza antes descrita.

$$d = \sqrt{\frac{4F}{10 * P * \pi * n}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * 200}{10 * 5 * 3.14 * 0.9}}$$

$$d = 2.37 \text{ cm} = 23.7 \text{ mm}$$

Se asume un diámetro de camisa de 25 mm tomando en cuenta que existe en el mercado.

Se toma una presión de trabajo de 5 bares como suficiente.

$$F = 10 * P * \pi \left(\frac{(2.5)^2}{4} \right) * n$$

$$F = 220.89 \text{ N}$$

Superior a la fuerza requerida.

En base al cálculo anterior se elige un cilindro neumático de doble efecto que posee las características siguientes.

Tabla 2-8 Características De Cilindro Del Mecanismo De Taladrado

TIPO	MSR25x50
Fluido	Aire comprimido
Función	Cilindro de doble efecto
Presión de funcionamiento máximo	1-10 bares
Temperatura de funcionamiento	-2 hasta 80 grados centígrados
Material	Culatas: Aluminio inyectado y lacado Camisa: Aluminio inyectado
Anillo magnético	Estándar
Diámetro del embolo o camisa	25 mm
Diámetro del vástago	10 mm
Carrera	50 mm
Peso	
Montaje	Rígido

Fuente: Catálogo Chelic

Figura 2-11 Cilindro De Activación Del Mecanismo De Taladrado



Fuente: Autor

2.3.3.1 Cálculo Del Consumo De Aire En El Cilindro De Taladrado

Con los datos establecidos se calcula el caudal requerido aplicando la ecuación (2-2).

Se tiene:

Q Caudal requerido por el cilindro

L_1 Carrera del pistón = 50 mm

D_i Diámetro de la camisa = 25 mm

$p_1=p_2$ Presión relativa de trabajo = 5 bares

D_v Diámetro del vástago = 10 mm

n Número de ciclos por minuto = 25

$$Q = \frac{L_1 * \pi}{4} [D_i^2 * p_1 + (D_i^2 - D_v^2) * p_2] * n$$

$$Q = \frac{50 * 3.1416}{4} [25^2 * 0.5 + (25^2 - 10^2) * 0.5] * 25$$

$$Q = 39.27 * (575) * 25$$

$$Q = 564506.25 \frac{mm^3}{min}$$

$$Q = 564.5 \frac{cm^3}{min}$$

$$Q = 0.56 \frac{l}{min}$$

2.4 SELECCIÓN DE ELECTROVÁLVULAS

La función principal de las válvulas es permitir, orientar o detener el flujo de aire para distribuirlo hacia los actuadores neumáticos y su importancia radica en que constituyen los órganos de mando de todo el sistema neumático.

Las válvulas direccionales se designan de acuerdo al número de vías y de posiciones, y de acuerdo con la función que se necesite que cumplan.

Debido a que los tres cilindros que estas válvulas comandaran son de doble efecto es necesario que sean 5/2 posiciones y poseen las especificaciones siguientes:

Tabla 2-9 Características De Electroválvulas Seleccionadas

Modelo	Chelic SV-5101
Tipo	Válvula 5/2 distribuidor monoestable (Bobina-Muelle)
Montaje	Mediante 2 tornillos en el modelo sin base
Conexión	G1/8
Temperatura	5-60 grados centígrados
Fluido	Aire comprimido filtrado
Presión de trabajo	Max 135 PSI
Solenoides	Amisco 24VDC 2.4 W

Fuente: Catálogo Chelic

Figura 2-12 Electroválvula 5/2 Para Accionamiento De Todos Los Cilindros



Fuente: Autor

2.5 REGULADOR DE CAUDAL UNIDIRECCIONAL

El control de velocidad del desplazamiento de los cilindros tanto de avance como de retroceso se logra mediante el flujo de aire o caudal que escapa del mismo. Estos componentes son los encargados de regular el caudal en una sola dirección del flujo.

Para obtener regulaciones más precisas es necesario instalar estos reguladores lo más cerca posible del cilindro por tal motivo existen a la venta reguladores de caudal que se conectan directamente en el actuador.

Se requiere tener un control total sobre la velocidad de avance y retroceso de los cilindros que intervienen en el módulo, para lo cual se usara 2 reguladores por cada cilindro.

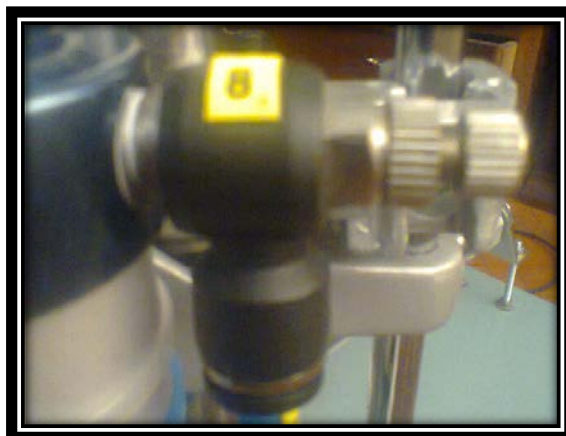
Tabla 2-10 Selección Del Regulador De Caudal (Cilindros de Taladrado)

Modelo	QJC06-01 Banjo
Tipo	Regulador de caudal
Montaje	Directo a cilindro
Conexión	G1/8
Fluido	Aire comprimido filtrado
Presión de trabajo	Max 10 [bar]
Materiales	Cuerpo y tornillo de registro de latón, guarniciones de NBR

Temperatura	-5 a 60 grados centígrados
--------------------	----------------------------

Fuente: Autor

Figura 2-13 Regulador De Caudal Unidireccional



Fuente: Autor

Debido a las características del cilindro que interviene en el manipulador se utiliza un regulador de caudal diferente al que se utiliza en los otros cilindros y se describe en la tabla (2-11)

Tabla 2-11 Selección Del Regulador De Caudal (Manipulador)

Modelo	SCO 602-M5
Tipo	Regulador de caudal
Montaje	Directo a cilindro
Conexión	M5
Fluido	Aire comprimido filtrado
Presión de trabajo	Max 10 [bar]
Materiales	Cuerpo y tornillo de registro de latón, guarniciones de NBR
Temperatura	-5 a 60 grados centígrados

Fuente: Catálogo CAMOZZI

Figura 2-14 Regulador De Caudal Del Cilindro Del Manipulador



Fuente: Autor

2.6 ELEMENTOS ADICIONALES

Muy necesarios para la distribución del fluido (aire) a través de los elementos que componen el módulo ya sean cilindros, válvulas, elementos de vacío, etc.

2.6.1 CONECTOR RÁPIDO RECTO

Tabla 2-12 Selección Del Racor Recto

Modelo : PC06-02	Conector rápido para tubo de 6mm Conector roscado 1/8
Modelo: PC06-01	Conector rápido para tubo de 4mm Conector roscado 1/8
Material	Acero inoxidable – NBR

Fuente: Autor

Figura 2-15 Racor Recto 1/8 a 6mm



Fuente: Autor

2.6.2 CONECTOR RÁPIDO T

Tabla 2-13 Selección Conector Tipo T

Modelo: QPE-06	Conector rápido para tubo de 6mm
Modelo: QPE-04	Conector rápido para tubo de 6mm
Material	NBR

Fuente: Autor

Figura 2-16 Conector T 6mm



Fuente: Autor

2.6.3 SILENCIADOR

Reduce en un gran porcentaje el ruido generado por el escape de aire proveniente de la cámara del cilindro cuando este cambia su posición a través de la conmutación de la electroválvula.

Tabla 2-14 Selección Del Silenciador

Modelo	BSLM-01
Conector	1/8
Material	Bronce sinterizado
Filtro	5 micras

Fuente: Autor

Figura 2-17 Silenciador De Bronce Sinterizado

Fuente: Autor

2.6.4 TUBERÍA

La conducción del aire comprimido hacia los actuadores para realizar todos los procesos requeridos necesita de elementos que faciliten esta distribución y para garantizarlo se procede a seleccionar manguera de poliuretano con las siguientes especificaciones.

Tabla 2-15 Tubo De Poliuretano

Manguera	Poliuretano
Presión máxima	10 [bar]
Fluido	Aire comprimido
Temperatura	10-70 grados centígrados
Diámetro de tubería	6 mm, cilindros de 25 mm de diámetro
	4 mm, cilindros de 16 mm de diámetro
Color	Azul Mantova

Fuente: Catálogo Chelic

Figura 2-18 Tubería Azul Mantova



Fuente: Autor

2.7 SELECCIÓN DE LA UNIDAD TÉCNICA DE MANTENIMIENTO

Esta unidad es indispensable para el correcto funcionamiento del módulo y para alargar la vida útil de todos los elementos que intervienen en el mismo.

Debe garantizar un suministro de aire libre de humedad e impurezas, lubricado y regulado a la presión que el sistema lo requiera.

2.7.1 FILTRO DE AIRE

Las impurezas que puedan existir en el aire comprimido deben ser eliminadas de una manera muy rigurosa y esta etapa debe garantizarlo

La facilidad de limpieza del cartucho del filtro es muy importante ya que se lo debe realizar en periodos regulares

2.7.2 COLECTOR DE CONDENSADO

El riesgo existente de que el agua pase a la instalación neumática debe ser reducido a 0 por lo cual, el depósito para la condensación debe tener la facilidad de vaciarlo de una manera rápida y muy sencilla

2.7.3 VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN

Es primordial que la presión de trabajo se mantenga constante independientemente de las oscilaciones existentes de la presión en la alimentación de fluido (aire) y el consumo de aire del sistema, además las prácticas que se realizaran

tendrán una variación una de otra en cuanto se refiere a la presión de alimentación.

2.7.4 MANÓMETRO

Todo sistema neumático debe poseer un dispositivo mediante el cual se pueda identificar de una manera visual la presión de trabajo a la cual están funcionando todos los elementos que intervienen el mismo y si es posible conocer la presión de trabajo tanto en PSI como en mega pascales facilita el entendimiento de las equivalencias entre sistemas métricos utilizados para establecer presiones.

Tabla 2-16 Características De La UTM Seleccionada

Modelo	AC 2010-01
Tipo	UTM
Montaje	Tornillos o escuadra de fijación
Conexión	G1/8
Temperatura	Max 60 grados centígrados
Fluido	Aire comprimido
Presión de trabajo	0.05-0.85 MPa
Filtración	25 micras
Tipo de válvula	Relief.

Fuente: Catálogo CAMOZZI

Figura 2-19 UTM - FRL Con Manómetro



Fuente: Autor

2.8 PÉRDIDAS EN LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA

Para determinar la presión total que debe ingresar al módulo didáctico para garantizar un buen funcionamiento se requiere determinar las pérdidas de presión de los elementos del sistema, los cuales se establecen comúnmente.

Tabla 2-17 Caídas De Presión En Los Elementos Neumáticos

Elemento	Caída de presión [bar]	Cantidad	Total [bar]
Electroválvulas	0.08	4	0.32
Reguladores de caudal	0.03	6	0.18
Generador de vacío	0.32	1	0.32
UTM	0.45	1	0.45
Manguera	0.01/m	5m	0.05
Total			1.32 [bar]

2.9 PRESIÓN NECESARIA PARA EL MÓDULO DIDÁCTICO

La presión de alimentación necesaria para un funcionamiento normal del módulo que se describe se obtiene de la adición de la presión normal de trabajo añadida a la presión de pérdidas ocasionadas por el funcionamiento en sí de los componentes neumáticos que intervienen del mismo. Así si la presión de perdidas reduce la presión de alimentación esta debe suministrar un flujo de aire a una presión constante que garantice la realización de la función que está destinada a cada componente.

$$P_E = P_S + \Delta P$$

Donde:

P_E Presión mínima a la entrada de la UTM

P_S Presión del sistema = 5 [bar]

ΔP Perdidas del sistema = 1.32 [bar]

$$P_E = 5[\text{bar}] + 1.32$$

$$P_E = 6.32 [\text{bar}]$$

2.10 CAUDAL REQUERIDO POR EL MÓDULO DIDÁCTICO

El caudal necesario que debe mantener la fuente de alimentación de aire comprimido se obtiene a través de la sumatoria de los caudales independientes necesarios para el funcionamiento de cada elemento que interviene del módulo didáctico, estos son el consumo de aire de todos los cilindros y también del generador de vacío.

$$Q_T = \sum Q$$

$$Q_T = 0,53 \frac{l}{min} + 0,29 \frac{l}{min} + 2,25 \frac{l}{min} + 0,65 \frac{l}{min} + 40 \frac{l}{min}$$

$$Q_T = 43.72 \frac{l}{min}$$

CAPÍTULO 3

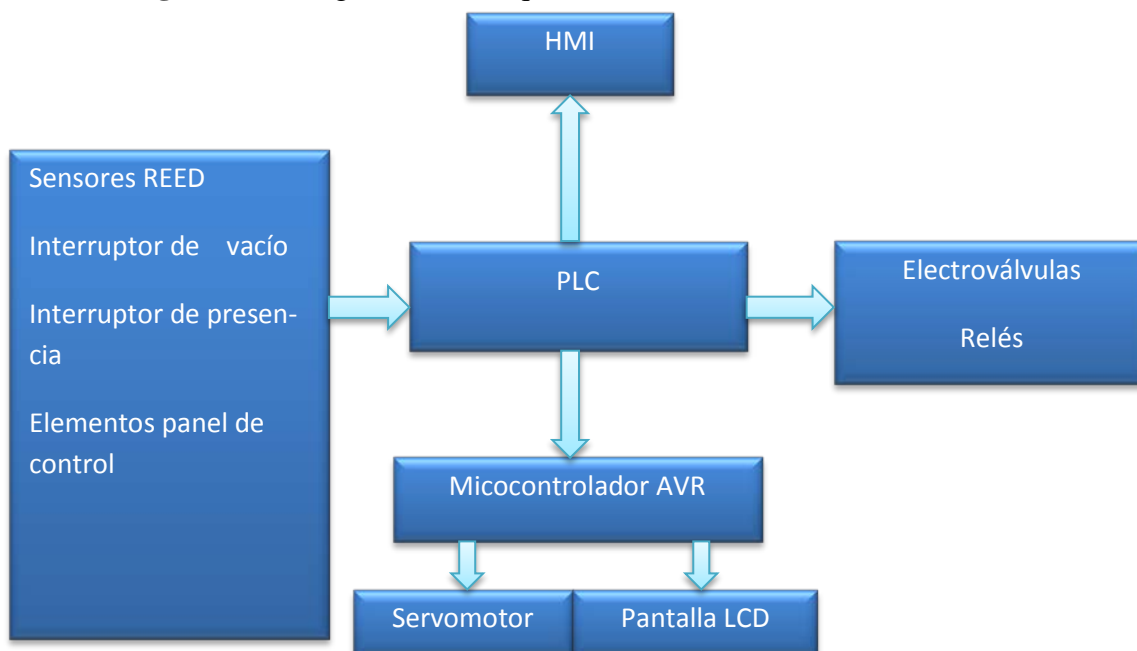
DISEÑO ELECTRÓNICO Y DE AUTOMATIZACIÓN

El presente capítulo detalla el diseño electrónico de todo el módulo así como la estructura y desarrollo de la automatización del mismo, especificando cada uno de los dispositivos electrónicos así como la justificación de su elección.

3.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL.

El sistema de control del módulo didáctico está constituido por todos los sensores y actuadores electrónicos que pertenecen a cada uno de los subsistemas tanto el de manipulación como el de taladrado, haciendo posible la estructuración de los mismos para una posterior automatización de todo el módulo como un solo sistema integrado.

Figura 3-1 Diagrama De Bloques Del Sistema Electrónico De Control



Fuente: Autor

3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS UTILIZADOS EN EL SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL

3.2.1 SENSORES REED EN EL MÓDULO

En cuanto se refiere a los sensores tipo REED son utilizados con la finalidad de detectar la posición en que se encuentran los cilindros neumáticos, los cuales poseen un anillo magnético sobre su vástago, el cual al posicionarse en el sensor REED, lo activa por efecto del campo magnético generado y deja pasar una señal eléctrica, esta es reconocida por el PLC y este a su vez ejecuta una acción para que los cilindros avancen o retornen a su posición inicial de acuerdo con los requerimientos del proceso. Los sensores tipo REED utilizados como finales de carrera en los cilindros se pueden apreciar en su forma física de acuerdo con la Figura (3-2).

Figura 3-2 Sensores Tipo Reed



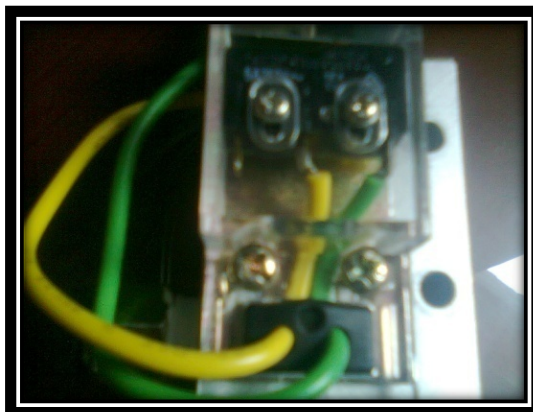
Fuente: Autor

3.2.2 INTERRUPTOR DE VACÍO

Este dispositivo consta de un micro interruptor que se activa y deja pasar una señal eléctrica de acuerdo a una cierta presión de vacío establecida, muy importante para conocer que la pieza ha sido sujeta o suelta según el proceso lo requiera.

Este interruptor se encuentra montado sobre la estructura del generador de vacío y puede ser regulado manualmente a través de un tornillo ubicado en la parte superior. Se representa en la Figura (3-3)

Figura 3-3 Interruptor De Vacío



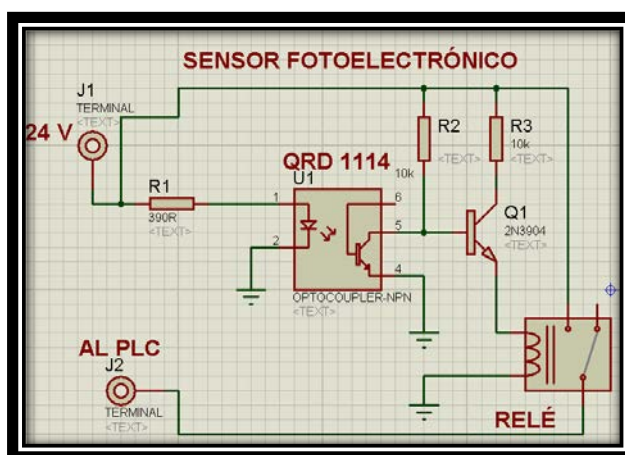
Fuente: Autor

3.2.3 INTERRUPTOR FOTOELECTRÓNICO DE PRESENCIA

Este elemento es el encargado de determinar si existe o no pieza en la mesa de taladrado al momento que esta deba iniciar, señal primordial para que el cilindro de avance de taladro pueda actuar.

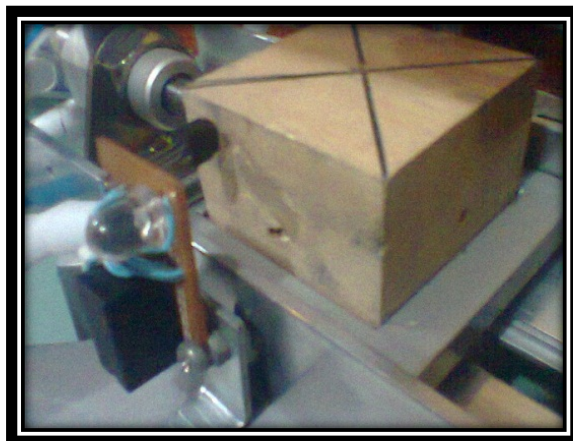
Está compuesto por varios elementos electrónicos, los cuales se pueden observar en el siguiente diagrama esquemático de la Figura (3-4), y su apariencia física en la figura (3-5).

Figura 3-4 Sensor Fotoelectrónico



Fuente: Autor

Figura 3-5 Sensor Foto electrónico de presencia Implementado



Fuente: Autor

3.2.4 DISEÑO DEL PANEL DE CONTROL Y DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS

El panel de control contiene los dispositivos de conexión, mando, maniobra, alarma y señalización con sus cubiertas y soportes correspondientes, capaz de cumplir una función especificada dentro del sistema electrónico.

Actualmente existen una gran variedad de paneles tanto en el ámbito académico como en el industrial. En el ámbito académico se requiere un panel con el mayor número posible de dispositivos capaz que el estudiante tenga a disposición un panel lo más completo posible que facilite la identificación de los elementos que lo intervienen y que están presentes en la mayoría de procesos industriales existentes actualmente.

Uno de los aspectos más importantes que se debe tomar en cuenta es la asociación de cada uno de los dispositivos con un color específico y una finalidad fijada con anterioridad. Así el pulsador de marcha o accionamiento se representa mediante el color verde. El pulsador de paro convencional se representa mediante el color rojo. La parada de emergencia se representa con un dispositivo llamado *paro de emergencia* y consta de una zeta de color rojo dentro de un círculo, y es de tamaño notoriamente mayor al resto de pulsadores. El selector de posiciones se representa mediante el color negro.

En cuanto a las luces piloto se especifica el color amarillo como precaución y consiste en la advertencia de una alarma, la cual puede conducir a una situación peligrosa. El color verde indica que el proceso fue puesto en marcha y que su funcionamiento se desarrolla normalmente de acuerdo a lo especificado. El color rojo indica un fallo que debe ser intervenido inmediatamente para su respectiva corrección.

En cuanto se refiere a la posición de los elementos dentro del panel de control y refiriéndose a la distinción de funcionalidades distribuidas horizontal y verticalmente, a nivel horizontal, los dispositivos de información visual se sitúan en la parte superior del panel y los dispositivos controladores se sitúan en la parte inferior.

Figura 3-6 Distribución Horizontal De Los Elementos Del Panel De Control



Fuente: Autor

A nivel vertical de izquierda a derecha se representa primeramente los dispositivos concernientes al servicio de energía, luego los dispositivos asociados a la marcha y paro convencionales y finalmente a la derecha se disponen los dispositivos asociados a la seguridad. Se prefiere no situar el paro de emergencia en medio del resto de dispositivos y se ha situado abajo a la derecha para facilitar la accesibilidad sin ambigüedades.

3.2.4.1 Contenido De Elementos En El Panel De Mando

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores y debido a los requerimientos didácticos se diseñó el tablero de control compacto para facilitar el aprendizaje, y está conformado por los elementos que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 3-1 Elementos Del Panel De Control

ELEMENTO	COLOR	Función
Pulsador START NA	Verde	Pone en funcionamiento el módulo
Pulsador STOP NC	Rojo	Paro del módulo
Selector 3 posiciones	Negro con línea blanca para indicar el estado	Seleccionar el modo de operación del módulo Man/Aut/Neutral
Pulsador emergencia NC	Rojo	Desactivar la secuencia normal ante una eventual emergencia
Luz piloto	Verde	Indicación visual de estado-START
Luz piloto	Amarillo	Indicación visual de precaución-alarma
Luz piloto	Rojo	Indicación visual estado-STOP o emergencia.

Fuente: Autor

Figura 3-7 Panel de Control Implementado



Fuente: Autor

3.2.5 SELECCIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

La principal característica que se toma en cuenta para la selección del PLC en este caso es el número de entradas y salidas digitales que este contenga y que sean suficientes como para la recepción de las señales de todos los sensores, así como para la activación de todos los actuadores. Otra particularidad que es muy importante al momento de elegir el controlador es el número de bloques funcionales que este puede manejar para garantizar una posterior programación que abarque todos aspectos que esta demande para un funcionamiento óptimo de todo el sistema.

Así, tomando en cuenta que el módulo en su totalidad contiene 8 sensores tipo Reed, un sensor de sujeción por vacío, un sensor fotoeléctrico y 4 dispositivos de mando del panel de control, lo cual representa que son 14 señales digitales de entrada al PLC y a su vez establecido que el número de electroválvulas que se deben accionar son 5, más el accionamiento del relé que comanda el taladro y adicionando las dos señales que son necesarias para comunicar el PLC con el microcontrolador para posicionamiento del brazo manipulador, resulta que son necesarias 8 salidas digitales para garantizar el accionamiento de todos los dispositivos que comanda el controlador.

3.2.5.1 PLC Array Electronic SR.

El PLC de gama baja ARRAY SR de la serie SR22-MRDC el cual contiene 14 entradas digitales, 8 de las cuales pueden ser utilizadas también como entradas analógicas y ocho salidas digitales tipo relé, es el encargado de controlar el módulo didáctico en su conjunto así como de monitorizar los dispositivos que intervienen del mismo mediante la utilización de la HMI que va montada sobre este.

Se procede a seleccionar este PLC debido a que cumple con los requerimientos del módulo didáctico, tomando en cuenta el número de componentes que este controlará y también por su bajo costo de adquisición en el mercado.

3.2.5.2 Características

- Display HMI para visualizar y modificar los diferentes parámetros de funcionamiento, así como también para mostrar mensajes de alarma definidos por el usuario

- Capacidad de ampliación, es posible conectar módulos de expansión de entradas salidas
- Software gratuito de programación basado en el lenguaje FBD y facilidad de conectar hasta 128 bloques funcionales en un mismo programa de control.
- Módulo de voz opcional.
- Reloj de tiempo real incorporado.
- Código de acceso de 4 dígitos de acceso a funcionamiento.
- Relés de salida independientes a 10 Amperios.
- Módulo opcional de conexión por vía telefónica.
- Mando a distancia opcional.

3.2.5.3 Parámetros Técnicos Del PLC

La siguiente tabla detalla los parámetros y características más importantes que el PLC escogido para controlar todo el módulo didáctico posee.

Tabla 3-2 Parámetros técnicos PLC SR-22-MRDC

Parámetro	Descripción
Voltaje	12-24 VDC
Puntos de entrada	14(A0-A7, B0-B5)
Entradas digitales	12(A0-A7, B0-B3)
Entradas analógicas	8(A0-A7)
Rango de voltaje de entrada	0-24VDC (entradas digitales)
	0-10VDC(entradas analógicas)
Señal de entrada 0	0-5VDC
Señal de entrada 1	10-24VDC
Retardo 1 a 0	50 ms
Retardo 0 a 1	50 ms
Puntos de salida	8(QA0-QA7)
Tipo de salida	Relé
Voltaje	0-240VAC
	0-24VDC

Corriente	Carga resistiva 10 A
	Carga inductiva 2A
Tiempo de respuesta 1 a 0	8 ms
Tiempo de respuesta 0 a1	10 ms
Frecuencia de conmutación	10 Hz
Carga resistiva	2 Hz
Carga inductiva	0.5 Hz

Fuente: Catálogo Array electronic

Figura 3-8 PLC 22MRDC de Array Electronic.



Fuente: Autor

3.2.5.4 Software De Programación SUPER CAD

Consiste en un entorno de desarrollo gráfico para crear, configurar y mantener aplicaciones para autómatas programables Array Electronic, permitiendo crear programas para luego transferirlos como aplicaciones para su posterior ejecución por medio del autómata.

El lenguaje utilizado por este entorno es el denominado FBD (Function Block Diagram) o Diagrama de bloques funcionales, el cual emplea compuertas lógicas y bloques con distintas funciones tales como: relés con retardos a la activación y desactivación, marcas de estado, memorias de transición, contadores, timers, entre otras.

Súper CAD es un programa basado en Windows de 32 bits para un computador personal que se ejecute bajo los sistemas Microsoft Windows XP Service Pack 3, Microsoft Windows Vista y Windows 7 Profesional.

Super Cad permite descargar y cargar programas mediante la utilización de un canal USB de la PC y permite la operación del programa de seguimiento en tiempo real.

Se utiliza este software para la realización de toda la programación referente a poner en funcionamiento todos los sistemas que tienen parte en la realización de este proyecto, así como el monitoreo de los parámetros concernientes a la buena ejecución del proceso que se procede a simular.

3.2.5.5 Cable de transmisión de datos SR

El cable de transmisión de datos SR-DUSB es el encargado de descargar el programa realizado en el software de programación SUPER CAD hacia el autómata y de permitir la interacción entre este y el PC.

El dispositivo SR-DUSB conecta al controlador SR a un canal USB de la PC

Su función es convertir y adaptar los niveles de voltaje entre el estándar USB del PC y el estándar RS-485 del autómata.

Figura 3-9 Cable de Comunicación SR-DUSB



Fuente: Autor

3.2.5.6 HMI interfaz hombre máquina sr.

El operador SR panel de interfaz (HMI), prevé una pantalla alfanumérica LCD para visualizar y modificar la hora, estados E / S, contadores, temporizadores, valores analógicos, entre otros. Hasta 64 pantallas definidas por el usuario son compatibles. Ocho entradas de llave (4 teclas de función, 4 teclas de dirección), para que los operadores puedan recorrer los menús y para entrar y modificar los valores de los parámetros con las siguientes características:

- Pantalla 4 filas x 10 caracteres alfanuméricos LCD
- 8 entradas de teclado (dirección de desplazamiento, +, -, ESC, OK)
- Hasta 64 pantallas de visualización definidas por el usuario
- Mostrar los valores de los temporizadores / contadores
- Modificar los valores de funcionamiento
- Opciones de montaje remoto (EHC)

La unidad se puede conectar directamente al controlador SR PLC o montado de forma remota mediante el SR-EHC kit de montaje remoto.

Para el caso específico del módulo y de acuerdo a los requerimientos didácticos la pantalla que se describe será montada directamente sobre el PLC para facilitar la visualización directa y manipulación de los parámetros según sea el requerimiento del proceso que se esté ejecutando.

Figura 3-10 SR-HMI Interfaz Hombre Máquina Del PLC



Fuente: Autor

3.2.6 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

La fuente de alimentación es la encargada de suministrar la potencia necesaria a un nivel de voltaje especificado para que todos los elementos eléctricos y electrónicos que intervienen del módulo didáctico funcionen de una manera correcta y cumplan con la función para la cual fueron diseñados y seleccionados. Entonces para seleccionar una fuente adecuada de alimentación se debe conocer primero la potencia requerida en función al número de dispositivos y a la potencia individual que estos disipen.

Tabla 3-3 Potencia Nominal Consumida Por Los Elementos Del Módulo

POTENCIA INDIVIDUAL DISIPADA			
Elemento	Cantidad	Potencia	Total
Solenoides de electroválvula 5/2	4	2.4 W	9.6 W
Solenoides electroválvula 3/2	1	4.8 W	4.8 W
PLC	1	24 W	24 W
Relés	4	5	20
		Total	58.4 W

Fuente: Autor

De acuerdo con el total obtenido en la tabla (3-3), se requiere una fuente de suministro de energía de al menos 58.4 W

Además del suministro suficiente de energía una fuente de alimentación tiene que poseer ciertas características para proteger los elementos electrónicos de posibles cortocircuitos y reaccionar de una manera adecuada ante una posible sobrecarga.

3.2.7 FUENTE DE SUMINISTRO DE ENERGIA SR

Para alimentar al módulo de la corriente continua que este necesita para un correcto funcionamiento se utiliza una fuente de suministro de energía de la serie

SR-24-AL, la cual posee una salida a 24 voltios de corriente continua y puede soportar una carga combinada de hasta 3 amperios, suficiente para suministrar la energía necesaria para alimentar a todos los dispositivos electrónicos que el módulo contiene y cuyo requerimiento se detalla en la tabla (3-3). También posee la característica de protección contra cortocircuito la cual suspende el suministro en caso de provocarse la unión de sus dos polos y a su vez también cuenta con una protección contra sobrecarga por si se da el caso que la carga sea demasiado excesiva con relación a la carga que esta fuente puede soportar.

Tabla 3-4 Características De La Fuente De Alimentación SR-24-AL

Características	
Voltaje de salida	24 voltios
Corriente de salida	3 A
Dimensiones	126mm×106mm×65mm
Instalación	Standard 35mm DIN (EN50022-35)
Rango de voltaje de entrada	100-240VAC/140-340VDC
Frecuencia de entrada	47-63Hz
Sensibilidad de voltaje de salida	$\leq \pm 0.5\%$
Temperatura	-25°C ~ +70°C
Protección sobrecarga	Si
Protección corto circuito	Si
Eficiencia	>75%
Función UPS	Si
Led indicador	Si

Fuente: Catálogo Array Electronic.

Figura 3-11 Fuente de Alimentación SR-24AL



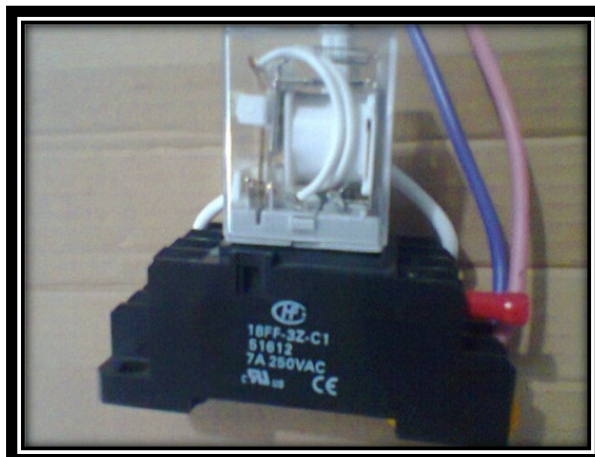
Fuente: Autor

3.2.8 RELÉ DE ACTIVACIÓN PARA LA HERRAMIENTA DEL SISTEMA DE TALADRADO

Debido a que la herramienta del sistema de taladrado funciona a través de un suministro de energía de 110 voltios de AC y el módulo funciona en su gran mayoría con una tensión de alimentación de 24VDC se requiere instalar un relé, el cual posee una bobina de activación que funcione a 24 VDC y en sus contactos se puede manejar la corriente alterna necesaria para activar o desactivar el taladro cuando el proceso que se ejecute así lo requiera.

La selección del relevador a utilizarse se basa en el aspecto que, el taladro disipa una potencia de 130 Watts lo cual nos indica que por los contactos del relé va a circular una corriente de 1.18 Amperios, entonces el relé debe ser capaz de soportar esta circulación de corriente y además por cuestiones de seguridad se establece que, un relé de 7 amperios es suficiente para manejar la conexión y desconexión del taladro.

Figura 3-12 Relé 24VDC—240VAC—7A

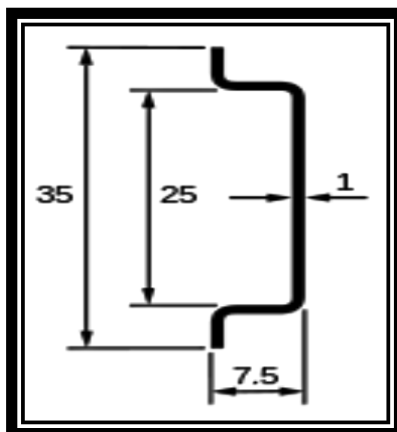


Fuente: Autor

3.2.9 RIEL NORMALIZADA DIN

Un carril DIN es una barra de metal normalizada de 35 mm de ancho con una sección transversal en forma de sombrero. Es muy usado para el montaje de elementos eléctricos de protección y mando, tanto en aplicaciones industriales como en viviendas.

Figura 3-13 Dimensiones De La Riel Normalizada De 35 mm



Fuente: Autor

Este tipo de riel es utilizado en el módulo para realizar el montaje conjunto de los dispositivos PLC 22-MRDC, Fuente de alimentación AL-24, relé de activación del taladro eléctrico, fusibles de protección de elementos y la respectiva protección térmica de todo el módulo, ya que estos están fabricados específicamente para ser montados en el riel DIN de 35 mm.

3.2.10 TERMINALES DE CONEXIÓN

En el módulo se utiliza varios tipos de terminales de conexión tanto en las entradas y salidas del PLC como en los dispositivos que intervienen del mismo, y el principal motivo de realizar esta operación es de evitar que se conecte y desconecte cables desnudos en los terminales del PLC, lo que ocasionaría en su posterioridad posibles cortocircuitos, atascamientos de fragmentos de cables o aislamientos en los dispositivos de sujeción.

Figura 3-14 Terminales de Conexión en el Módulo



Fuente: Autor

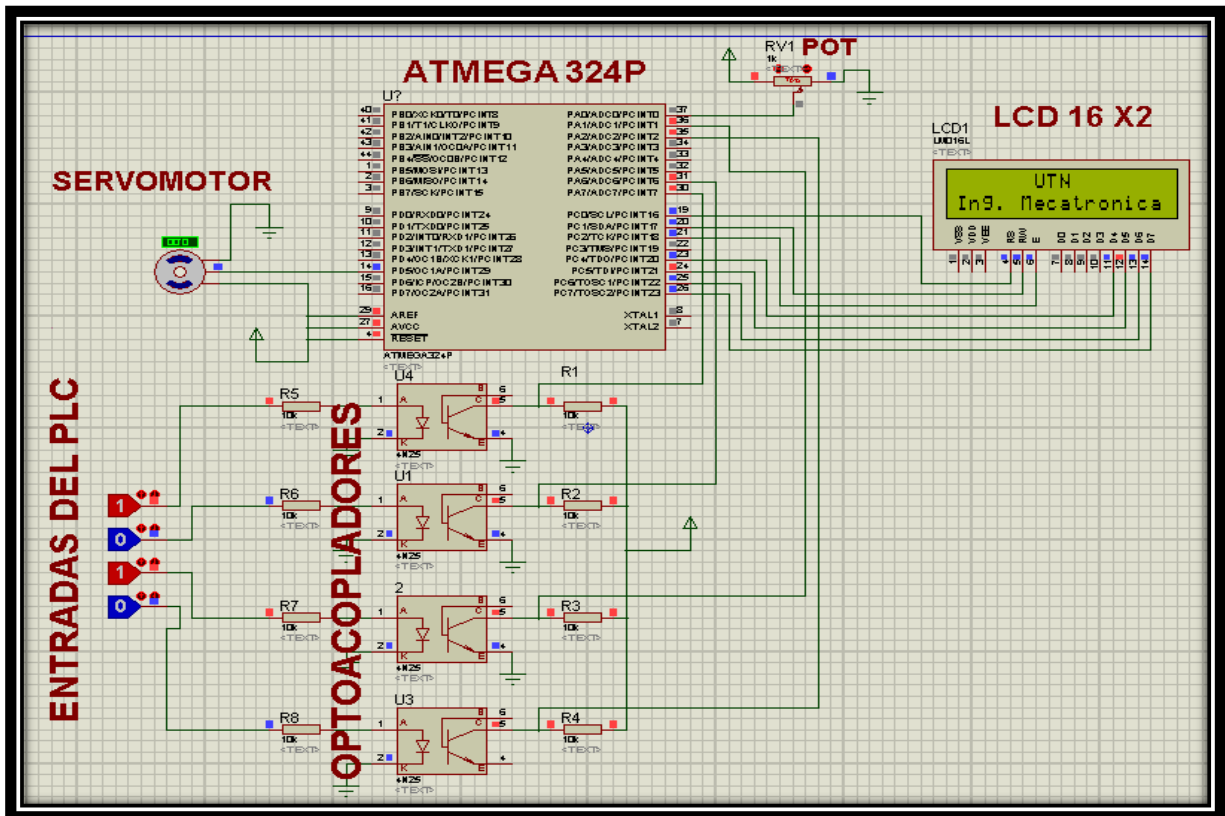
3.2.11 MICROCONTROLADOR AVR

Este dispositivo es el encargado de controlar la posición del servomotor, que a su vez posiciona el brazo manipulador en la etapa que el sistema lo requiera. Así mismo establece en la pantalla LCD mensajes como, modo de funcionamiento de todo el módulo (Manual o Automático) como también la posición en grados en la que se encuentra el manipulador.

Para el posicionamiento del servomotor el microcontrolador genera una señal PWM, la cual es modificada a través de las entradas de control provenientes del PLC en forma de bits.

El diagrama esquemático de la siguiente figura muestra la conexión del microcontrolador con los demás dispositivos electrónicos, así como la conexión con el controlador principal PLC.

Figura 3-15 Circuito De Control Del Servomotor

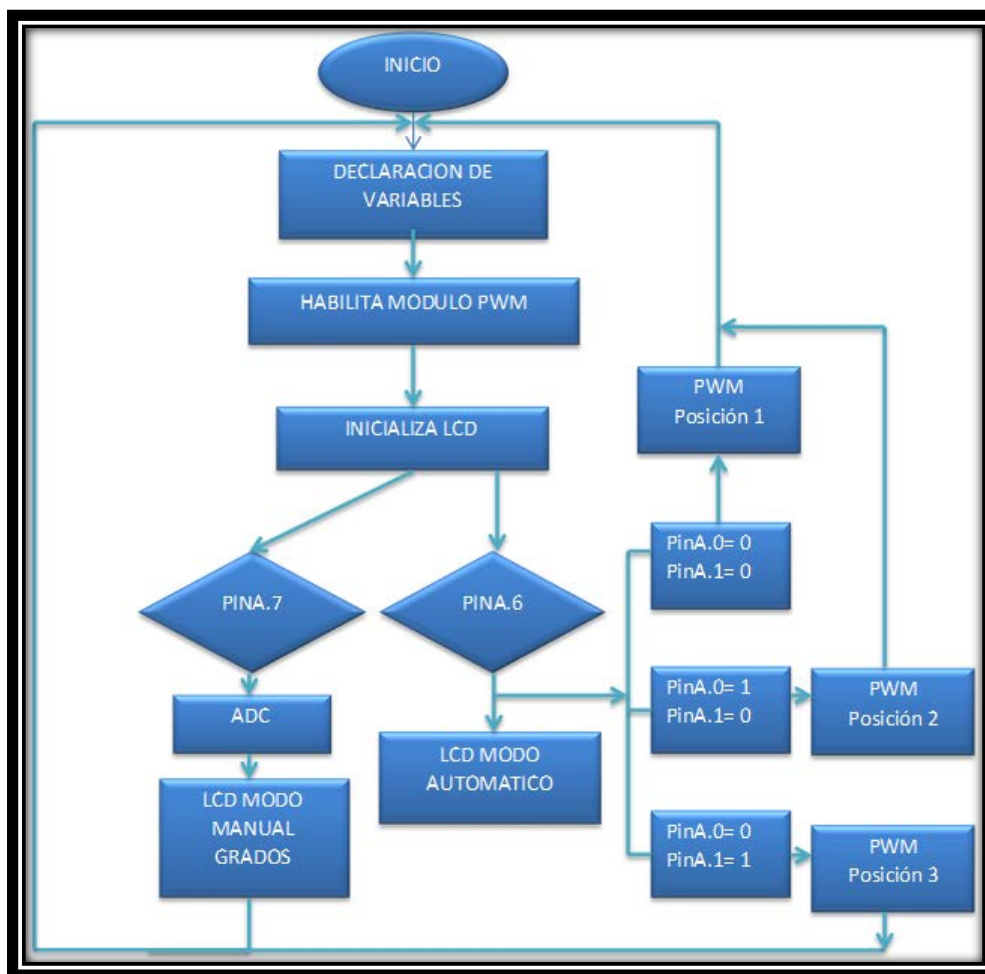


Fuente: Autor

3.2.11.1 Programación Del Microcontrolador

En el sistema de control del servomotor y de visualización en la pantalla LCD, se utiliza el microcontrolador ATMEGA 324 como indica la figura (3-15). El compilador utilizado para realizar el programa de este sistema es Code Vision, el cual utiliza el lenguaje C que corresponde a un entorno de programación de alto nivel facilitando la realización del programa. En la figura (3-16) se muestra el diagrama de flujo utilizado para la estructuración de la programación del AVR.

Figura 3-16 Diagrama De Flujo De Programación Del Microcontrolador

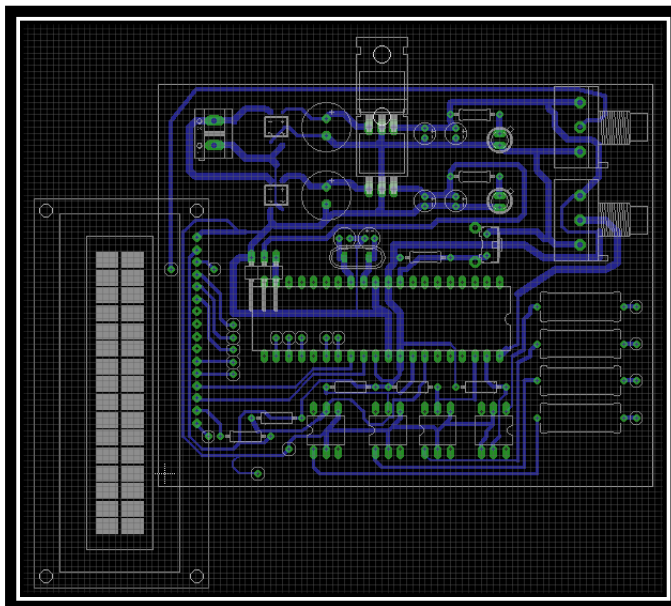


Fuente: Autor

3.2.11.2 Diseño Del Circuito Impreso

El diseño del circuito impreso fue realizado mediante la utilización del paquete computacional EAGLE, el cual permite realizar el ruteado respectivo de las pistas con sus elementos electrónicos para la placa PCB.

Figura 3-17 Circuito Impreso Del Controlador del ATMEGA 324

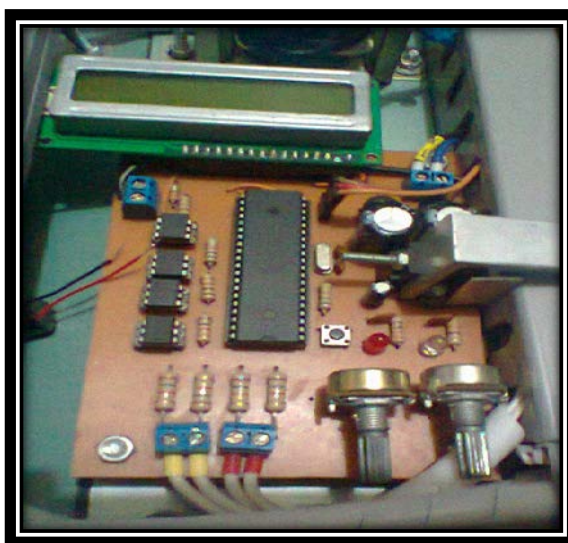


Fuente: Autor

3.2.11.3 Ubicación Y Soldadura De Elementos

Una vez realizada la placa de circuito de pistas impreso se procede con la ubicación de los elementos para su posterior soldadura. Una vez culminadas estas operaciones la placa completa en su forma física se puede apreciar en la figura (3-18).

Figura 3-18 Placa De Control Del AVR Terminada



Fuente: Autor

3.3 AUTOMATIZACIÓN DEL MÓDULO

Previo al desarrollo de la programación del equipo para el efecto se desarrolla toda la documentación necesaria, consistente en etapas de funcionamiento y transiciones que posean las operaciones individuales del módulo.

3.3.1 SEÑALES DE ENTRADA SALIDA

Tanto las entradas como las salidas deben ser correctamente identificadas y numeradas para poder realizar la conexión respectiva al PLC, así como para poder asignar las direcciones correctas de cada una de las entradas y salidas, al desarrollar el programa en el software que se vaya a utilizar para el efecto.

La identificación de las entradas y salidas que se asignan al PLC, de los diferentes dispositivos utilizados en la realización del módulo se detallan en la tabla (3-5)

Tabla 3-5 Identificación De Las Entradas Y Salidas

E/S		TAG	DESCRIPCIÓN
Entrada	IB5	START	Pulsador NA
Entrada	IB4	STOP EMGY	Pulsador NC
Entrada	IB3	SW0	Selector modo manual
Entrada	IB2	SW1	Selector modo automático
Entrada	IB1	SRA0	Sensor Reed. A0
Entrada	IB0	SRA1	Sensor Reed. A1
Entrada	IA7	SRB0	Sensor Reed. B0
Entrada	IA6	SRB1	Sensor Reed. B1
Entrada	IA5	SV1	Vacuostato
Entrada	IA4	SRC0	Sensor Reed. C0
Entrada	IA3	SRC1	Sensor Reed. C1
Entrada	IA2	IO1	Micro interruptor de presencia
Entrada	IA1	SRD0	Sensor Reed. D0
Entrada	IA0	SRD1	Sensor Reed. D1
Salida	QA0	ECD	Electroválvula cilindro D

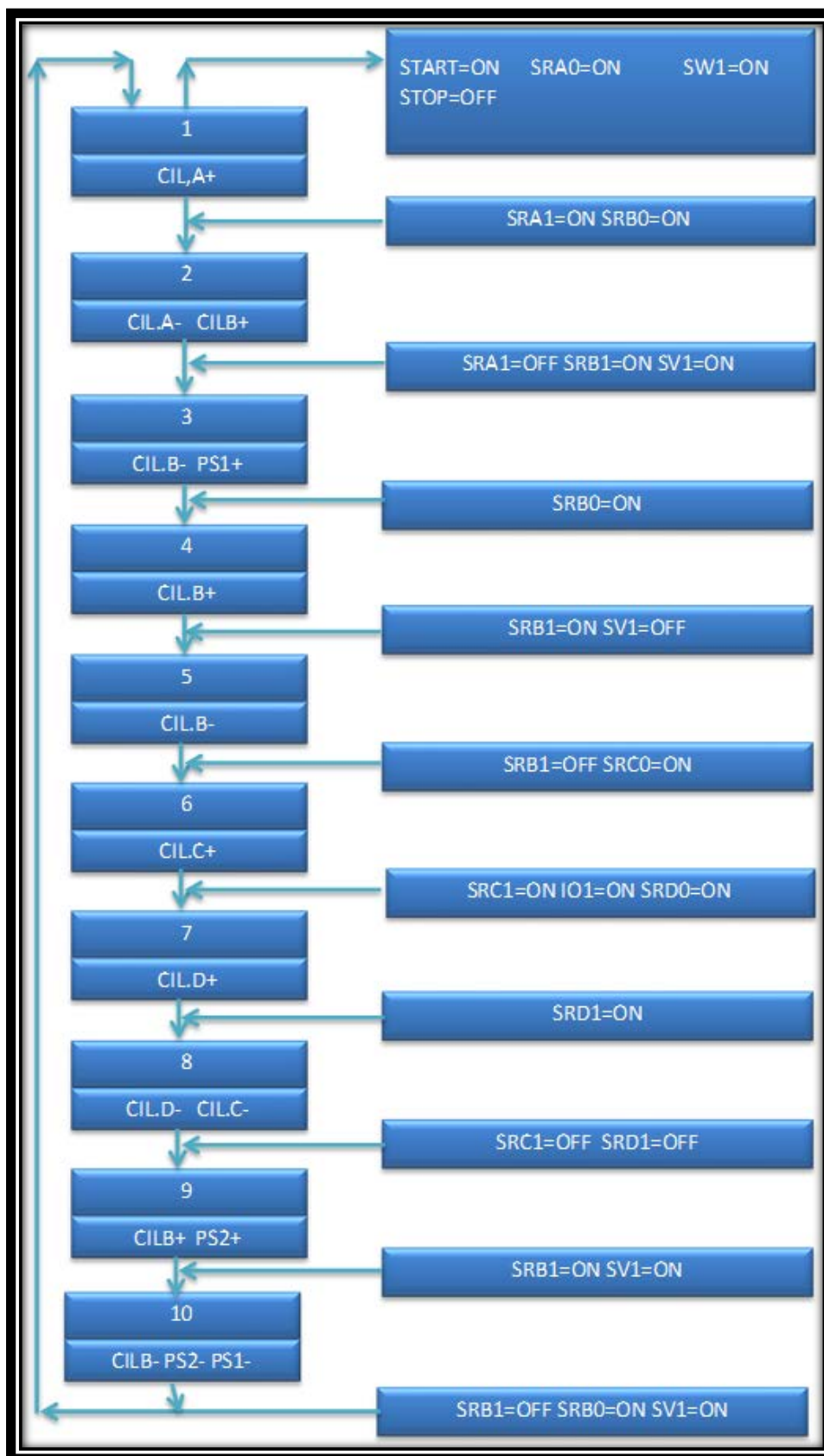
Salida	QA1	ECC	Electroválvula cilindro C
Salida	QA2	ECB	Electroválvula cilindro B
Salida	QA3	ECA	Electroválvula cilindro A
Salida	QA4	EV	Electroválvula Ventosa
Salida	QA5	RT	Relé del Taladro
Salida	QA6	PS1	Posición del servomotor 1
Salida	QA7	PS2	Posición del servomotor 2

Fuente: Autor

3.3.2 DIAGRAMA GRAFCET

Una vez identificadas y codificadas todas las entradas y salidas se procede a aplicar el método de programación Grafcet para establecer la secuencia de funcionamiento de todo el módulo.

Figura 3-19 Diagrama Graficet De Todo El Sistema

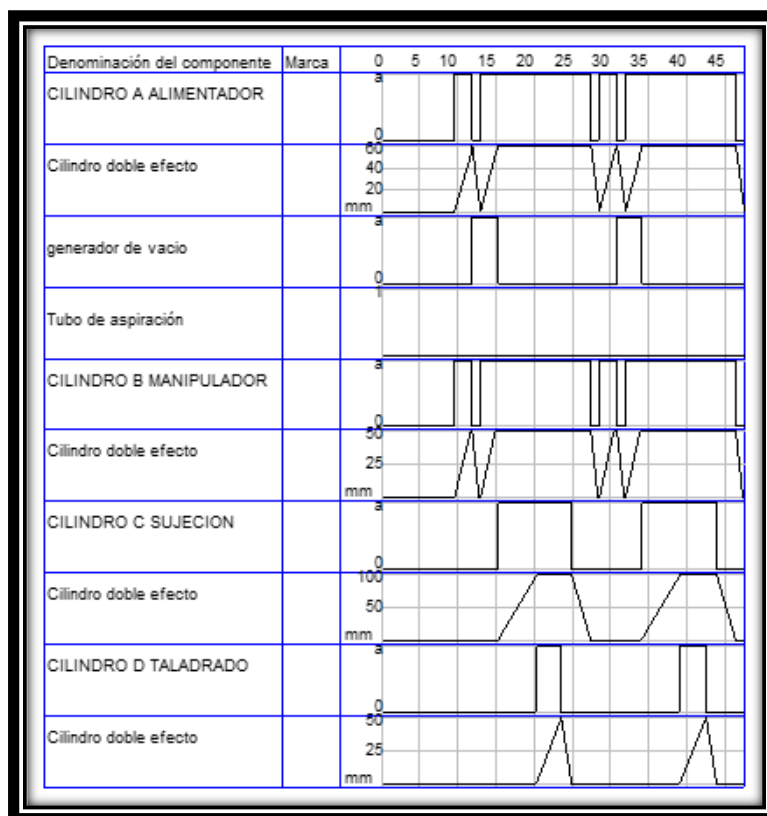


Fuente: Autor

3.3.3 DIAGRAMA DE ESTADO

El diagrama de estado necesario para la realización de la secuencia automática de funcionamiento del módulo se la realizó utilizando el simulador neumático FluidSIM, y se puede apreciar en la figura (3-20)

Figura 3-20 Diagrama De Estado De Todo El Sistema.



Fuente: Autor

3.3.4 ESQUEMA ELECTRONEUMÁTICO

Para la realización del esquema electro neumático se procedió a utilizar el simulador FluidSIM, con la finalidad de optimizar el trabajo y verificar el funcionamiento a través de la respectiva simulación.

3.3.4.1 Diagrama Neumático

El diagrama correspondiente a todo el circuito neumático que el módulo didáctico que se presenta posee se puede apreciar en el ANEXO 1.

3.3.4.2 Esquema Eléctrico

El esquema eléctrico que gobierna el funcionamiento secuencial de todos los elementos que anteriormente ya se describieron esta detallado en el ANEXO 2.

3.3.5 PROGRAMACIÓN DEL PLC

En base a la identificación de las entradas y salidas y con referencia al diagrama graficet de la figura (3-19), se procede a realizar la programación del PLC utilizando el entorno de desarrollo gráfico SUPER CAD para crear, configurar y mantener la aplicación para el autómata programable SR22MRDC de Array Electronic, permitiendo realizar el programa principal para luego transferirlo y ejecutarlo, lográndose con esto la automatización de todo el módulo didáctico.

La agrupación de bloques funcionales para la realización de la programación del PLC puede apreciarse en el ANEXO 3.

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN MÓDULO DIDÁCTICO

El presente capítulo se refiere a los procedimientos utilizados para la implementación en si del módulo, así como las herramientas y recursos que fueron necesarios para construir todo el módulo didáctico de manipulación y taladrado.

4.1 DIAGRAMA DE BLOQUES.

El módulo didáctico de manipulación y taladrado consta de tres sistemas principales entre los cuales se agrupa todos los dispositivos y elementos que facilitan la simulación de transporte, ubicación, taladrado y expulsión de piezas cúbicas de madera.

- Sistema de Control
- Sistema de Manipulación
- Sistema de taladrado

Figura 4-1 Bloques Principales Del Módulo Didáctico



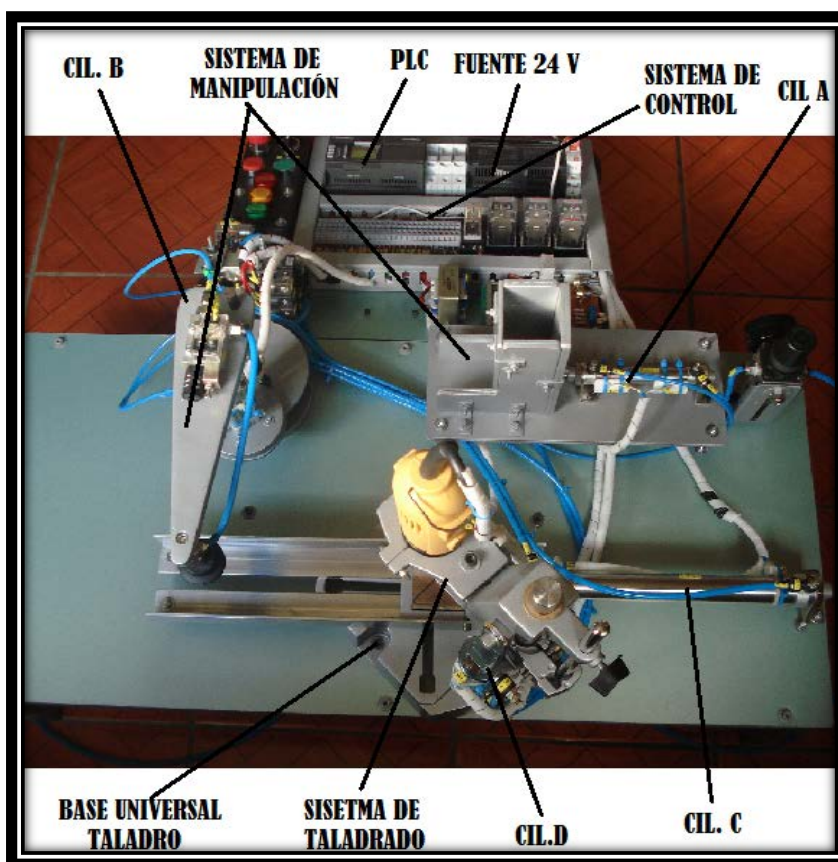
Fuente: Autor

4.2 FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento inicia a partir del accionamiento del sistema de control por medio de la activación del pulsador verde START, el cual arranca la secuencia automática, activándose la alimentación de piezas, la cual empuja el cubo hacia la

posición en donde el manipulador electroneumático pueda realizar su operación, el cual al posicionarse sobre la pieza en bruto mediante la actuación del servomotor y el cilindro compacto y, al accionar la generación de vacío, es capaz de sujetar la pieza por medio de la ventosa, llevarla hacia la mesa de taladrado, ubicarla en la cavidad de traslado y mediante el actuador neumático es movilizadada hacia la posición donde se encuentra el taladro eléctrico, en el cual por medio de topes mecánicos es sujeta por la misma acción del cilindro que la traslada. Una vez ubicada la pieza el mecanismo de taladrado se acciona mediante el actuador neumático montado en el mismo y el taladro se traslada verticalmente para realizar un pequeño orificio en la pieza de madera, culminada esta acción el taladro retorna a su posición inicial y la pieza es devuelta hacia donde el manipulador la depositó para sujetarla nuevamente por medio de vacío y trasladarla hacia el cajón de piezas ya mecanizadas.

Figura 4-2 Sistemas Del Módulo Implementado

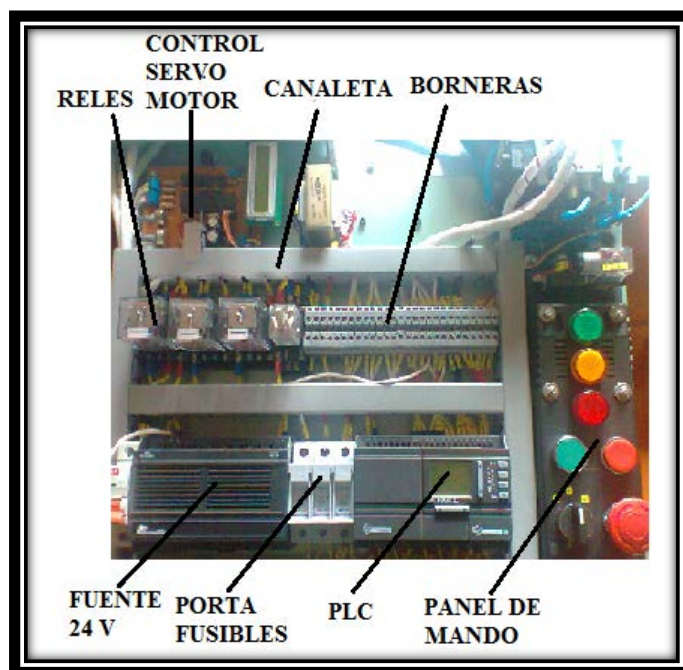


Fuente: Autor

4.3 CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE CONTROL

Está constituido por un tablero de dimensiones 39x49cm en el cual están agrupados, anclados y conectados todos los dispositivos electrónicos necesarios para el funcionamiento del módulo, los cuales fueron descritos en el capítulo anterior.

Figura 4-3 Implementación Sistema De Control



Fuente: Autor

4.3.1 ELEMENTOS QUE COMPONEN EL SISTEMA DE CONTROL

Los elementos necesarios para la implementación del sistema de control se detallan en la Tabla (4-1)

Tabla 4-1 Elementos Necesarios Para El Sistema De Control

Elemento	Material	Denominación	Cantidad	Descripción
Disyuntor	Plástico	LS BKN-b	1	Protección térmica del módulo
Fuente 24V	Plástico	SP 24 AL	1	Alimentación 24 V
Porta fusibles	Plástico	RT 18-32	3	Protección elementos
PLC		SR-22MRDC	1	Control del sistema
Bornera			1	Conexión de cables

Relé		MK2P-I	4	Adaptar niveles de voltaje
Luz piloto			1	
Pulsador		XB2-B	3	START STOP
Placa de control	Baquelita		1	Control del servomotor
Perno hexagonal	Acero	M8x35	4	Sujeción a estructura

Fuente: Autor

4.3.2 PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Los procedimientos necesarios para la construcción de este sistema se establecen en la tabla (4-2)

Tabla 4-2 Procedimientos De Construcción Para El Sistema De Control

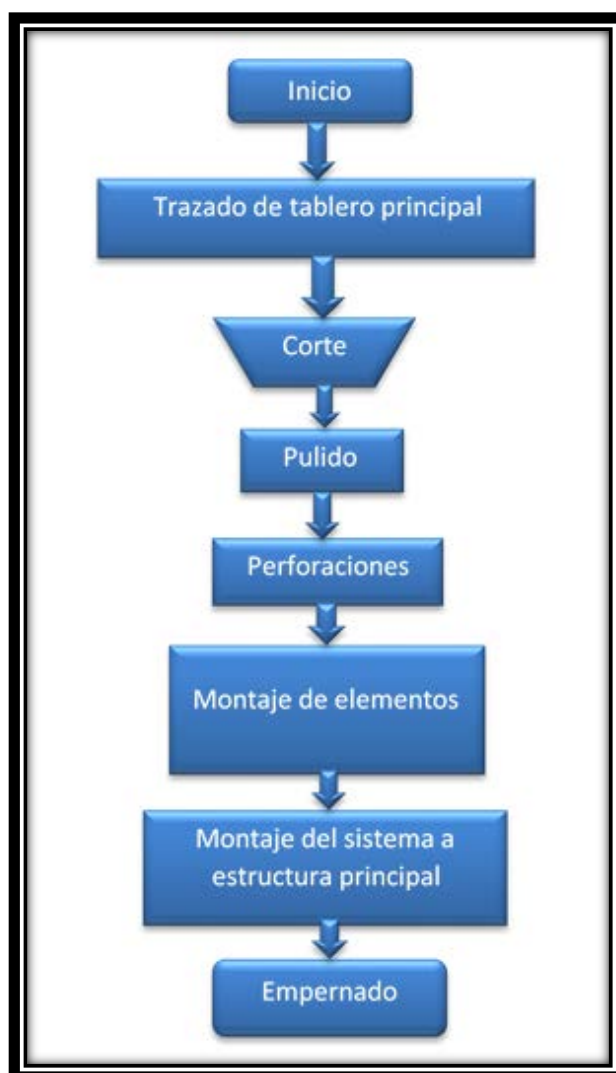
Procedimiento	Herramientas utilizadas	Tiempo[min]
Tablero principal		
1. Trazado según dimensiones	Flexómetro , escuadra y rayador	15
2. Corte placa principal	Amoladora circular	30
3. Perforaciones	Taladro de pedestal	12
4. Pulido	Amoladora	10
5. Pintura	Compresor y soplete	15
Montaje de los elementos		
1. Corte Riel DIN	Amoladora	15
2. Corte canaleta	Sierra manual	20
3. Montaje fuente PLC y porta fusibles	Procedimiento manual	10
4. Montaje relés y borneras	Procedimiento manual	12
5. Montaje placa de	Llave inglesa 5/16 "	20

control servomotor		
6. Montaje de todo el sistema a estructura.	Llave inglesa 5/16 " y hexagonal # 6	15

Fuente: Autor

4.3.3 DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES REALIZADAS

Figura 4-4 Diagrama De Flujo De Operaciones



Fuente: Autor

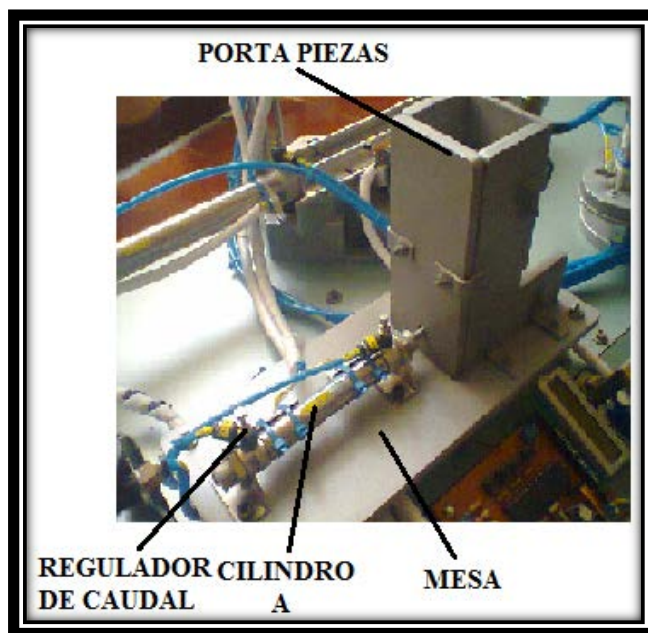
4.4 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE MANIPULACIÓN

Este sistema consta de dos etapas, el alimentador de piezas y el manipulador electrónico.

4.4.1 ALIMENTADOR DE PIEZAS

Esta etapa consiste de un alimentador de piezas constituido por un cilindro de 60 mm de carrera montado sobre una mesa, a través de la utilización de pies de sujeción, y acoplado a un porta piezas, capaz de empujar los cubos de madera mediante el accionamiento del cilindro.

Figura 4-5 Implementación Alimentador De Piezas



Fuente: Autor

4.4.1.1 Cilindro A De Alimentación

Se trata de un cilindro neumático de doble efecto de 16mm de diámetro y 60mm de carrera, el cual es el encargado de realizar el empuje de los cubos de madera desde el porta piezas hacia la parte delantera de la mesa y ubicarlas al alcance del brazo manipulador. Está montado sobre la mesa mediante dos pie de sujeción anclados con dos pernos M4x25 cada uno.

4.4.1.1.1 Sensor Magnético Reed (A.0)

Envía una señal eléctrica cada vez que el cilindro de alimentación este en su posición normal que es con su vástago retraído, lo que indica que la pieza ya está ubicada o lista para ser empujada. Se encuentra sujeto sobre el cilindro A con dos amarras plásticas que impiden que este se mueva de su posición calibrada.

4.4.1.1.2 Sensor Magnético Reed (A.1)

Detecta que el vástago del cilindro avanza y por ende empuja la pieza hacia la posición donde pueda ser alcanzada por el manipulador. Se encuentra sujeto de igual manera que el sensor anterior.

4.4.2 ELEMENTOS NECESARIOS PARA EL ALIMENTADOR.

Tabla 4-3 Dispositivos Del Alimentador De Cubos

Elemento	Material	Denominación	Cantidad	Descripción
Cilindro de doble efecto carrera 60mm	Acero inoxidable y aluminio	MSR 16X60	1	Alimenta los cubos hacia el manipulador
Mesa	Alucubond		1	
Pie de sujeción	Acero inoxidable	PSCIL 16MM	2	Sujeción del cilindro a la mesa
Perno de sujeción de cilindro	Acero	M4x25	4	Anclaje de pies de sujeción
Perno de sujeción de mesa	Acero	M4x65	4	Anclaje de la mesa a estructura principal.

Fuente: Autor

4.4.2.1 Construcción Del Alimentador

Esta etapa se construyó de acuerdo los procedimientos establecidos en la tabla (4-4).

Tabla 4-4 Procedimientos De Construcción Para El Alimentador De Piezas

Procedimiento	Herramientas utilizadas	Tiempo[min]
Mesa		
6. Trazado según dimensiones	Calibrador, escuadra y rayador	15
7. Corte placas para	Amoladora circular	30

formar mesa		
8. Perforaciones	Taladro de pedestal	12
9. Pulido	Amoladora	10
10. Pintura	Compresor y soplete	15
Montaje de los elementos		
7. Montaje del cilindro	Llave inglesa 5/16" y hexagonal # 4	15
8. Montaje de la mesa a la estructura principal	Llave inglesa 5/16 "	20
9. Montaje de los reguladores de caudal	Llave inglesa # 8	10

Fuente: Autor

4.4.2.2 Diagrama De Flujo De Operaciones Realizadas Para el Alimentador.

Figura 4-6 Operaciones Realizadas En La Implementación Del Alimentador

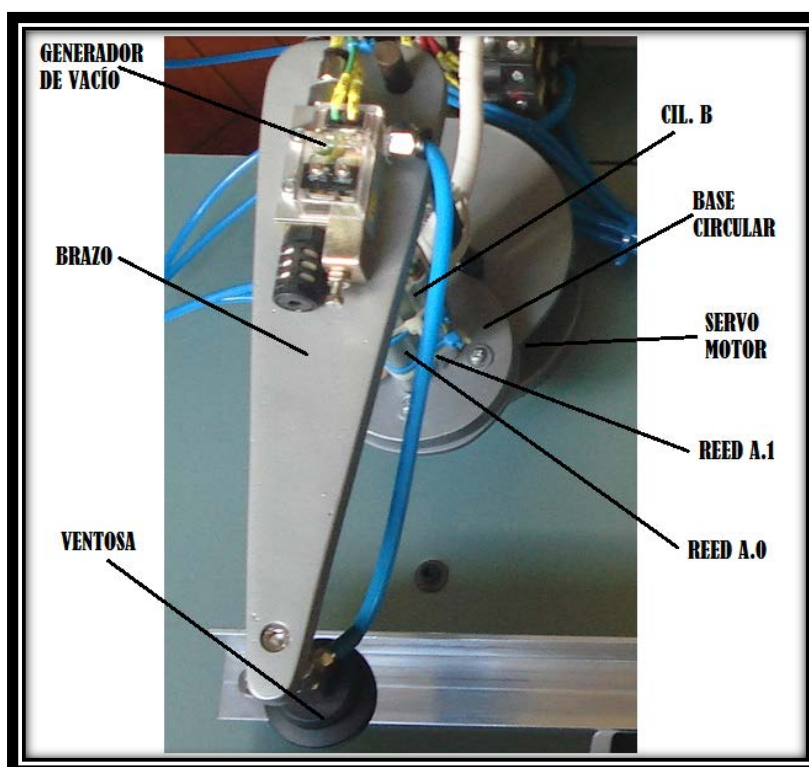


Fuente: Autor

4.4.3 IMPLEMENTACIÓN MANIPULADOR ELECTRONEUMÁTICO

Consiste de un sistema de manipulación de objetos implementado con 2 grados de libertad capaz de movilizarse alrededor y paralelo al eje Y, y contiene un cilindro compacto de 50 mm de carrera, una mesa giratoria dotada de un servomotor para posicionamiento de la misma, un generador de vacío, y una ventosa adherida a una barra horizontal, la cual también está sujeta al cilindro antes mencionado.

Figura 4-7 Implementación Del Manipulador



Fuente: Autor

4.4.3.1 Cilindro B Del Manipulador

Cilindro compacto y guiado QPR2A016A050 encargado de movilizar verticalmente la barra que contiene la ventosa hacia la posición donde la pieza se encuentre para poder sujetarla por medio del accionamiento del generador de vacío. Se encuentra montado sobre la base giratoria mediante y a través de las roscas M5 realizadas en su propia camisa y utilizando 2 pernos m5 x 15. Su vástago se encuentra fijado a 4 ejes guía de 4mm de diámetro lo cual le da la característica de compacto y guiado, esto es muy necesario ya que evita que la barra que va sujeta

sobre el vástago de este cilindro pueda girar libremente cambiando la posición de la ventosa innecesariamente.

4.4.3.1.1 Sensor Magnético Reed (B.0)

Envía una señal eléctrica cada vez que el cilindro del manipulador este en su posición normal que es con su vástago fuera, lo que indica que el elemento final (ventosa) ya contiene la pieza de trabajo sujeta y se procede a transportarla.

4.4.3.1.2 Sensor Magnético Reed (B.1)

Detecta que el vástago del cilindro se retrae e ingresa, lo que significa que la pieza debe ser soltada o sujeta nuevamente según la etapa que esté en funcionamiento en ese instante.

4.4.3.1.3 Servomotor

Controla la posición angular del manipulador facilitando que este extraiga la pieza en bruto, la deposite en la mesa de ubicación y sujeción y nuevamente la extraiga de la misma una vez se haya taladrado, para llevarla hacia la caja de piezas ya mecanizadas y soltarla ahí. Para su selección se toma en cuenta la sumatoria de dos torques el generado por la pieza a mecanizar y el generado por el propio peso del manipulador así: la longitud del brazo existente desde el eje del motor a donde se sujeta la pieza por medio de la ventosa es de 22cm y debido a que el cubo de madera pesa 50 gramos se obtiene un torque de 1.1 Kg.cm, generado únicamente por la pieza de trabajo; de la misma manera el torque restante se obtiene de acuerdo al peso combinado del cilindro compacto y el generador de vacío cuyo valor aproximado es de 1.5 kg, ubicados a una distancia desde el eje del motor de 6 cm, implica que generan un torque 12.12 kg.cm incluidos los 1.1 kg.cm de la pieza, más un aumento por factor de seguridad del 20%.

Se encuentra montado con cuatro pernos M3X45 sobre un disco de 11, 5 cm de diámetro y 1,2 cm de espesor fabricado de una combinación de fibra de vidrio con resina de poliéster.

4.4.3.1.4 Generador De Vacío Y Ventosa

Una vez posicionado el manipulador sobre la pieza, el generador de vacío puede activarse y a través de la ventosa sujetarla para transportarla y depositarla en la posición que el módulo lo requiera.

Los dos elementos se procedieron a montarlos y sujetarlos a una barra de 20 cm de longitud y 1,2 cm de espesor fabricada de una combinación de fibra de vidrio con resina de poliéster, la cual a su vez va sujeta al vástago del cilindro compacto mediante la utilización de un perno M5X20.

4.4.3.1.5 Fibra De Vidrio Con Resina De Poliéster

La base del manipulador, así como la barra horizontal del mismo y también la base donde se montan las electroválvulas son fabricadas de un material que consiste en combinar resina de poliéster con fibra de vidrio. Se procede a utilizar esta técnica debido a la relación resistencia peso, ya que las piezas terminadas presentan una gran resistencia con un peso muy reducido y el costo es considerablemente bajo en relación a materiales que se puede encontrar en el mercado.

Para fabricar las piezas con las formas que son requeridas es necesario primero realizar un molde con la forma de la pieza que se necesita, para luego en este depositar la resina de poliéster previamente preparada e ir mezclando con las láminas de fibra de vidrio. Una vez que la mezcla se seca se desprende del molde y se procede a lijar hasta obtener una forma homogénea y lisa.

4.4.3.2 Materiales Necesarios Para El Manipulador.

Tabla 4-5 Materiales Utilizados Para Implementar El Manipulador

Elemento	Material	Denominación	Cantidad	Descripción
Cilindro neumático	Aluminio y acero	QPR2A016A050	1	Desplaza el brazo verticalmente
Generador de vacío	Aluminio y plástico	EV05SK	1	Genera depresión
Resina	Poliéster		1 litro	Fabricación de brazo y base
Fibra	Vidrio		3x3 metros	Fabricación de brazo y base
Ventosa	NBR	NBR30x40	1	Sujeción de pieza de madera
Porta ventosa	Acero inoxidable	12xM6	1	Montaje de ventosa

Perno hexagonal	Acero inoxidable	M6x25	1	Sujeción de ventosa al brazo
Perno cabeza de tornillo	Acero	M4x15	1	Sujeción del cilindro al brazo
Moldes para piezas	Madera		3	Fabricación de brazo y base
Tornillo para brazo	Acero	M5x20	1	Sujeta el brazo al cilindro
Teflón	Teflón		1	Evita fugas de aire
Servomotor	Plástico aislante	HS-815 MB	1	Movimiento circular del manipulador
Sensor REED	Plástico aislante		2	Posición de vástago

Fuente: Autor

4.4.4 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN PARA MANIPULADOR ELECTRO-NEUMÁTICO

La implementación del manipulador se basa en las especificaciones, y de acuerdo a los procedimientos de la tabla (4-6).

Tabla 4-6 Proceso De Construcción Para Manipulador

Procedimiento	Herramientas utilizadas	Tiempo[min]
Bases circulares		
11. Trazado según dimensiones	Calibrador, escuadra y rayador	15
12. Molde de madera	Cierra circular	30
13. Preparación de resina	Recipiente plástico	10
14. Perforaciones	Taladro de pedestal	12
15. Pulido	Amoladora	10
16. Pintura	Compresor y soplete	15

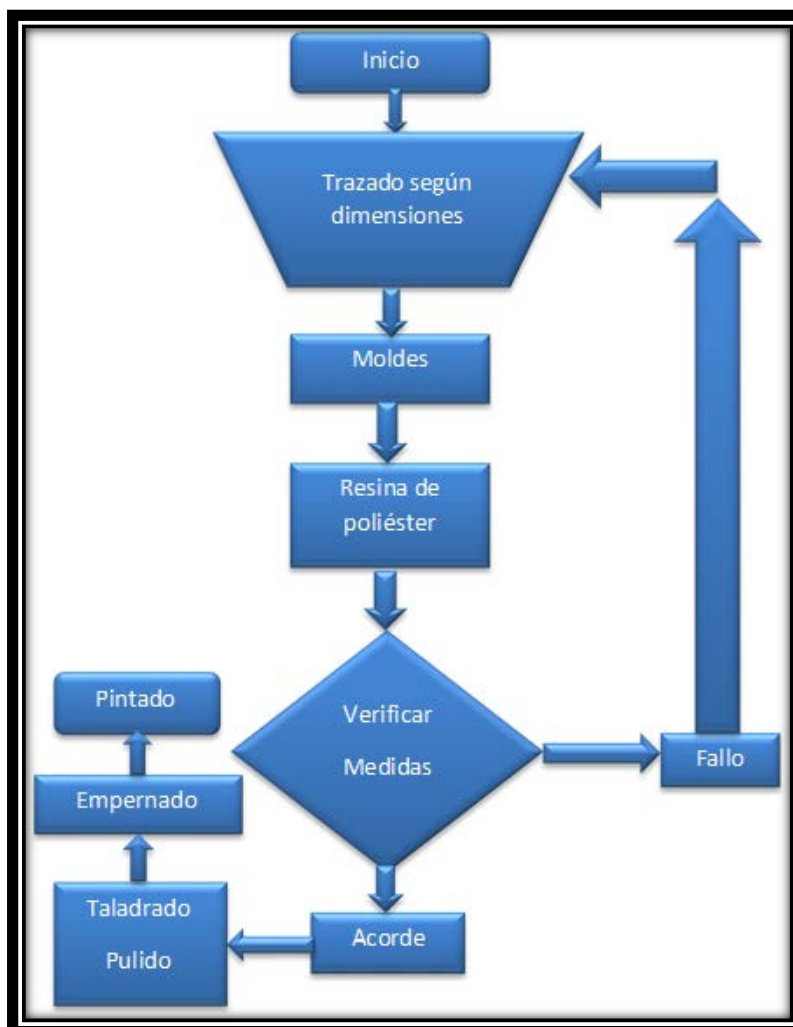
Brazo		
10. Trazado según dimensiones	Calibrador, escuadra y rayador	15
11. Molde de madera	Sierra circular	20
12. Preparación resina	Recipiente circular	10
13. Perforaciones	Taladro pedestal	12
14. Pulido	Amoladora disco de desbaste	20
15. Pintura	Compresor y soplete	15
Cilindro neumático		
1. Machuelado	Juego de machuelos	30
2. Empernado	Llave hexagonal	20

Fuente: Autor

4.4.5 DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES REALIZADAS

El diagrama de la figura (4-8) describe los pasos y operaciones ejecutadas para la construcción del manipulador electro neumático.

Figura 4-8 Operaciones Para Construcción Del Manipulador



Fuente: Autor

4.5 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TALADRADO

Este sistema consta de dos etapas principales el de traslado y sujeción y el de taladrado en sí.

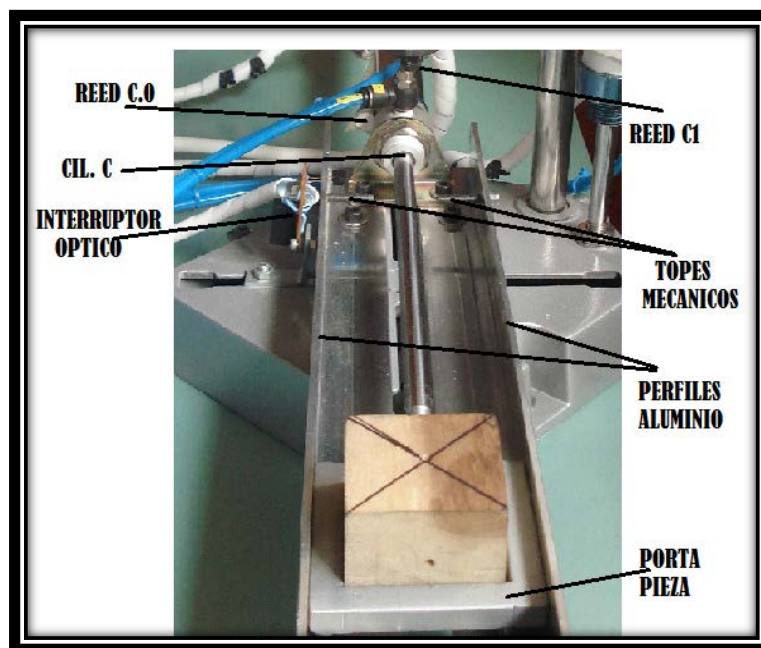
4.5.1 ETAPA DE TRASLADO, UBICACIÓN Y SUJECIÓN

Esta etapa consiste de una bandeja para pieza dotada de un cilindro neumático, un micro interruptor óptico de presencia de pieza, y topes mecánicos para sujeción de la misma.

Se la implemento mediante la utilización de dos ángulos de aluminio de 32 mm de lado, ubicados de tal manera que formen la bandeja por donde se desplaza la ca-

vidad que contiene la pieza, evitando que esta gire en algún sentido y también anulando la fricción ya que no se realiza ningún esfuerzo mecánico.

Figura 4-9 Dispositivos Que Conforman La Etapa De Traslado Y Sujeción



Fuente: Autor

4.5.1.1 Cilindro Neumático C De Traslado Y Sujeción

El cilindro está sujeto tanto a los ángulos de aluminio como a la base del mecanismo de taladrado, lo que genera una gran rigidez de sujeción para garantizar que se soporte las fuerzas generadas al momento de realizar el taladrado.

La sujeción de la pieza se realiza mediante la instalación de dos pernos hexagonales M4x25 ubicados en los mismos ángulos de aluminio, los cuales se adaptan a la forma de la pieza de trabajo y a las dimensiones de esta una vez esté sujeta. La fuerza de retroceso del cilindro es la encargada de oprimir la pieza contra los toques mecánicos para así sujetarla hasta que se proceda a realizar el taladrado.

4.5.1.1.1 Sensor Magnético Reed (C.0)

Se encuentra adherido al cilindro de traslado y sujeción mediante dos amarras plásticas y es el encargado de generar una señal capaz de advertir que el vástago se encuentra dentro o ya ingreso, resultado de esta señal se conoce que la pieza se encuentra sujeta y en la posición indicada para proceder a realizarle el orificio.

4.5.1.1.2 Sensor Magnético Reed (C.1)

Encargado de censar la posición de vástago salido y de advertir que la pieza esta lista para extraerse de la bandeja mediante el manipulador.

4.5.1.2 Microinterruptor Óptico

Es parte de la bandeja y su función es detectar que la pieza ha llegado y ha sido sujeta, y conjuntamente con el sensor magnético (B.0) envían la señal necesaria para que la etapa de taladrado entre en funcionamiento. Se encuentra montado por medio de un ángulo de sujeción de 20x20 cm y con un perno M5x10

4.5.1.3 Materiales Necesarios Para La Etapa De Traslado Y Sujeción

La tabla (4-7) detalla todos los dispositivos utilizados en la implementación de la etapa de traslado y sujeción.

Tabla 4-7 Materiales utilizados etapa de traslado y sujeción

Elemento	Material	Denominación	Cantidad	Descripción
Cilindro neumático	Aluminio lacado	MSR25x200	1	Desplaza y sujeta la pieza
Perfil Angulado	Aluminio		2	20 mm de lado y longitud 50 mm
Porta pieza	Acero		1	Rectangular 50x50mm.
Perno hexagonal	Acero	M4x25	2	Topes mecánicos
Pie de sujeción para cilindro	Acero inoxidable		1	Sujeción del cilindro
Perno hexagonal	Acero	M4x15	2	Anclaje de pie de sujeción
Microinterruptor óptico	Combinado		1	Detecta presencia de pieza

Fuente: Autor

4.5.2 PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN

Para la implementación de esta etapa se procedió a utilizar los procedimientos establecidos en la tabla (4-8)

Tabla 4-8 Pasos De Construcción Para El Sistema De Traslado Y Sujeción

Procedimiento	Herramientas utilizadas	Tiempo[min]
Perfiles de aluminio		
1. Trazado según dimensiones	Calibrador, escuadra y rayador	10
2. Cortes	Amoladora disco de corte	10
3. Centrado de perforaciones	Punto de golpe	5
4. Perforaciones	Taladro de pedestal	10
5. Machuelado	Juego de machuelos	30
6. Limado y pulido	Amoladora disco de desbaste	15
Porta pieza		
1. Trazado	Calibrador, escuadra y rayador	10
2. Corte	Amoladora disco de corte	10
3. Unión de piezas	Soldadura y alicate de presión	30
4. Limado y pulido	Amoladora disco de desbaste	25

Fuente: Autor

4.5.3 DIAGRAMA DE CONSTRUCCIÓN DE LA ETAPA DE TRASLADO Y SUJECIÓN.

Figura 4-10 Procedimiento De Construcción Etapa De Traslado Y Sujeción



Fuente: Autor

4.5.4 CONSTRUCCIÓN ETAPA DE TALADRADO

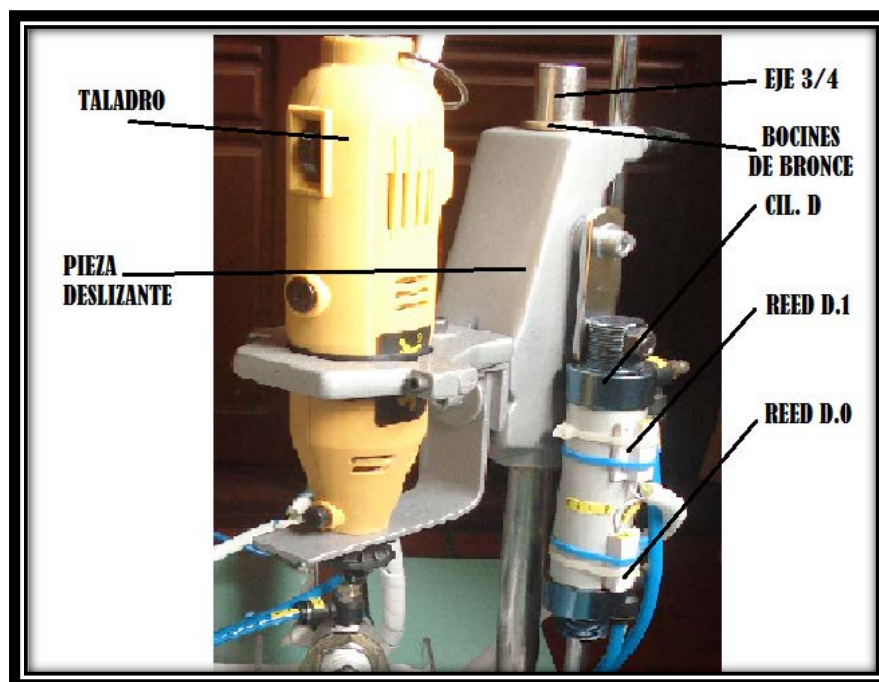
Esta etapa consiste en la combinación de un taladro eléctrico de dimensiones reducidas, un cilindro neumático de doble efecto y un mecanismo de avance y retroceso vertical en el cual se montan los dos elementos anteriores. El objetivo de esta etapa consiste en la realización de orificios en las piezas de madera para las cuales se construye este sistema modular.

Debido a que el módulo de aprendizaje didáctico que se presenta tiene como finalidad el estudio específico de las tecnologías neumática electroneumática automatización industrial y electrónica, no se profundiza en cuanto se refiere al diseño en si del mecanismo que va a realizar el movimiento vertical del taladro, sino más bien se enfoca en elegir un mecanismo ya existente en el mercado, en

el cual se puedan montar tanto el taladro eléctrico así como el actuador neumático.

Entonces para el montaje del mini taladró y del cilindro antes mencionado, los cuales forman el mecanismo completo de realización de orificios en las piezas, se utiliza una base universal para taladro, la cual está fabricada para trabajar con taladros de hasta 500 W, suficiente como para soportar los esfuerzos generados por un mini taladro de tan solo 130 W.

Figura 4-11 Dispositivos Utilizados Para Implementar La Etapa De Taladrado



Fuente: Autor

Cabe indicar también que para mejorar el rendimiento del mecanismo adquirido se procedió a la instalación de un nuevo eje de acero inoxidable de $\frac{3}{4}$ de pulgada con la finalidad de aportarle al sistema mayor rigidez, también se instaló bocines de bronce para reducir la fricción y proteger al eje de posibles abolladuras.

4.5.4.1 Cilindro D De Desplazamiento Del Taladro

Cilindro neumático MSR 16X50 encargado de desplazar el taladro eléctrico hacia la pieza ya sujeta para realizarle un orificio y retornar a su posición original una vez concluida esta acción.

Se encuentra montado sobre la base del mecanismo de taladrado a través de la rosca de su propio vástago y también sujeto al elemento deslizante, el cual con-

tiene el taladro eléctrico que es desplazado verticalmente a través del eje de acero inoxidable.

4.5.4.1.1 *Sensor Magnético Reed (D.0)*

Detecta que el vástago del cilindro C este fuera o haya salido, lo que indica que el taladro se encuentra retraído y es muy importante ya que mediante la señal eléctrica que este envía se garantiza que la pieza sea trasladada y sujeta antes que el taladro baje y así evitar que se produzcan roses mecánicos por acción equivocada de los vástagos que afectarían seriamente el funcionamiento normal de los elementos. Se encuentra montado sobre la camisa del cilindro mediante 2 amarras de plástico que evitan que este tienda a moverse.

4.5.4.1.2 *Sensor Magnético Reed (D.1)*

Se encuentra ubicado en el cilindro C y es el encargado de detectar que el vástago del cilindro que desplaza el taladro este ya dentro o ya haya ingresado lo cual indica que ya se realizó el orificio en la pieza y envía la señal para que el taladro retorne a su posición original. Mientras este sensor este activado el vástago del cilindro de sujeción y traslado de pieza no podrá bajo ningún concepto cambiar su posición ya que si esto ocurriese, se ocasionaría que la broca se rompiera. Se encuentra montado y sujeto de igual forma que el sensor (C.0)

4.5.4.2 **Elementos Necesarios Para La Etapa De Taladrado**

Para implementar la etapa de taladrado es necesaria la utilización de varios elementos, los cuales están descritos en la tabla (4-9).

Tabla 4-9 Materiales Para Implementación, Etapa De Taladrado

Elemento	Material	Denominación	Cantidad	Descripción
Minitaladro 130 W	Polímero aislante		1	Porta herramienta de corte
Broca 1/8	Acero		1	Herramienta de corte
Base universal	Aluminio		1	Soporte y montaje de ele-

				mentos
Eje solido 3/4	Acero Inoxidable		1	Eje guía para porta taladro
Bocines 3/4	Bronce		2	Reducir fricción
Eje 3/8	Acero Inoxidable		1	Estabilización de taladro
Perno hexagonal	Acero inoxidable	M8x15	1	Sujeción del eje guía
Perno hexagonal	Acero inoxidable	M6x35	1	Sujeción del eje estabilizador
Perno hexagonal	Acero inoxidable	M8x25	1	Sujeción porta taladro
Tuerca	Acero inoxidable	16M8	1	Sujeción de eje estabilizador
Perno hexagonal ajuste de taladro	Acero	M3x25	2	Sujeción de taladro
Pernos de anclaje	Acero	M8x15	2	Anclaje de base universal
Cilindro neumático	Aluminio	MSR25x50	1	Desplaza taladro
Tuerca para vástago	Acero inoxidable		2	Sujeción del cilindro a la base universal

Fuente: Autor

4.5.4.3 Operaciones Realizadas En La Construcción Del Sistema De Taladrado

Tabla 4-10 Operaciones Realizadas Sistema De Taladrado

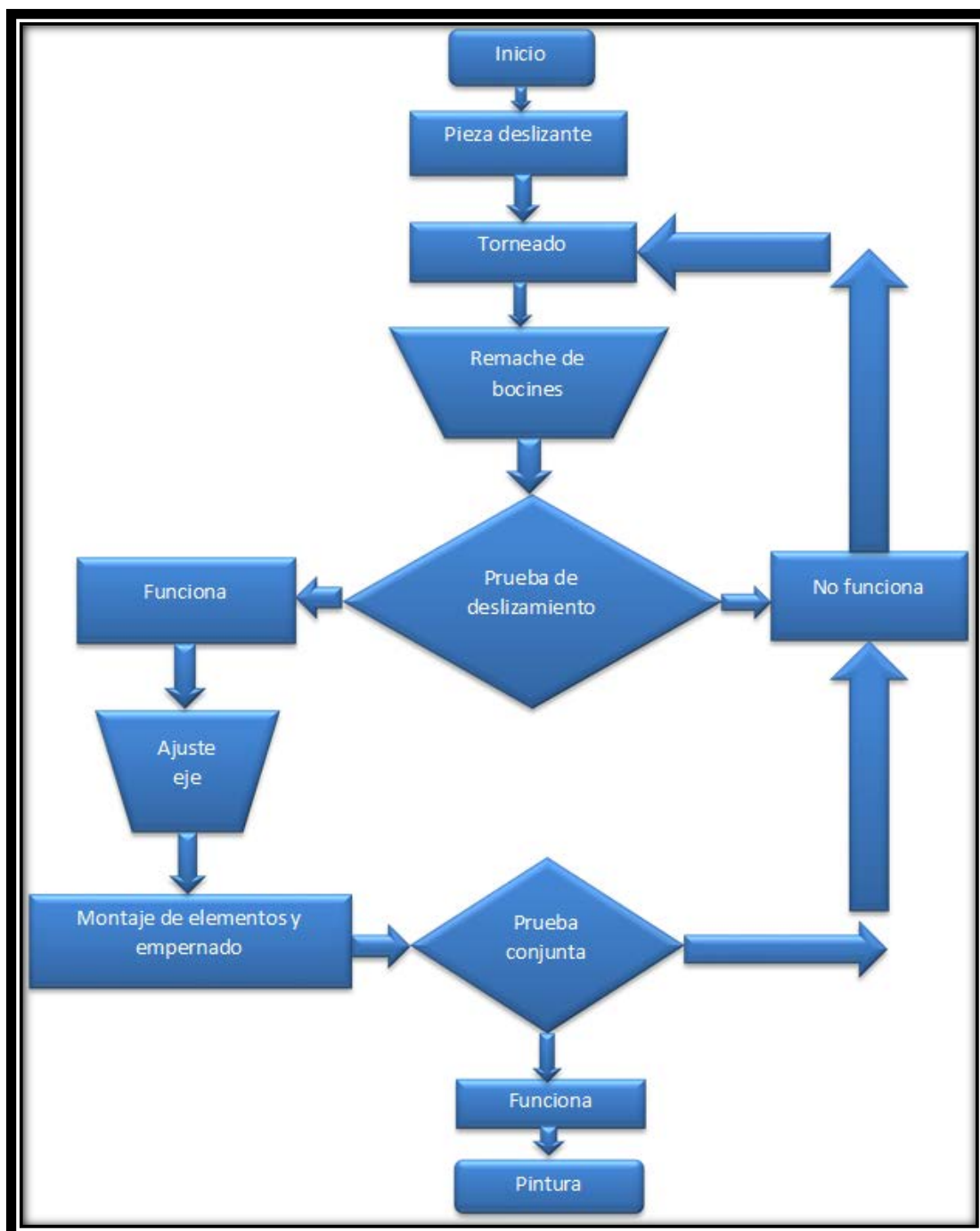
Procedimiento	Herramientas utilizadas	Tiempo [min]
Pieza deslizante		
1. Perforaciones	Torno	45
2. Remache de bocines	Santiago	15
3. Redondeo eje	Torno	3

Porta taladro		
1. Trazado	Calibrador, escuadra y rayador	10
2. Moldes madera	Cierra circular	40
3. Preparación resina	Recipiente plástico	10
4. Extracción de piezas de moldes	Martillo	15
5. Perforaciones	Taladro pedestal	15
6. Pulido	Amoladora disco desbaste	45
7. Pintura	Compresor y soplete	15

Fuente: Autor

4.5.4.4 Diagrama De Operaciones En El Sistema De Taladrado

Figura 4-12 Operaciones Para La Implementación De La Etapa De Taladrado



Fuente: Autor

4.6 PRUEBAS Y AJUSTES

Una vez implementados todos los sistemas que conforman el modulo didáctico de manipulación y taladrado se procede a la realización de distintas pruebas que garanticen el óptimo funcionamiento de todos los dispositivos.

4.6.1 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE ACTUADORES

Para la realización de esta prueba se procede a activar desde el PLC cada una de las salidas que activan las electroválvulas, las cuales comandan el funcionamiento de los actuadores. Los resultados obtenidos se detallan en la tabla (4-11)

Tabla 4-11 Prueba De Funcionamiento De Actuadores

Salida	Actuador	Resultado	
		Avance	Retroceso
QA3	Cilindro A	Normal	Normal
QA2	Cilindro B	Normal	Normal
QA1	Cilindro C	Normal	Normal
QA0	Cilindro D	Normal	Normal
QA4	Vacío	Normal	Normal

Fuente: Autor

4.6.2 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE SENSORES

Esta prueba fue realizada mediante la utilización de un multímetro digital para comprobar la continuidad en todos los sensores, lo que significa que de acuerdo al cumplimiento de una condición según sea el caso de montaje de cada uno de estos si existe continuidad, significa que el sensor enviara sin problemas la señal eléctrica correspondiente hacia el PLC. En el caso de los sensores magnéticos REED se procedió a activar los cilindros y a verificar si los dispositivos finales de carrera se accionan en cada extremo de cada cilindro. Para el caso del micro interruptor óptico bastó con ubicar la pieza de madera a una distancia prudencial a la que pueda ser detectada. Para el caso del vacuostato se realizó la sujeción del cubo de madera a través de la ventosa, y se procedió a verificar la continuidad entre sus cables.

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta prueba se realiza una mejor descripción en la tabla (4-12)

Tabla 4-12 Prueba De Funcionamiento De Sensores

Sensor	Condición	Continuidad	Ajuste	Continuidad
REED A.0	Cil. A retraído	SI	Ninguno	SI
REED A.1	Cil. A avanzado	SI	Ninguno	SI
REED B.0	Cil.B retraído	SI	Ninguno	SI
REED B.1	Cil. B avanzado	SI	Ninguno	SI
REED C.0	Cil. C retraído	NO	Mover sensor hasta obtener continuidad	SI
REED C.1	Cil. C avanzado	SI	Ninguno	SI
REED D.0	Cil.D retraído	NO	Mover sensor hasta obtener continuidad	SI
REED D.1	Cil. D avanzado	SI	Ninguno	SI
SW óptico	Pieza ubicada	SI	Ninguno	SI
Vacuostato	Pieza sujeta Con ventosa	SI	Ninguno	SI

Fuente: Autor

4.6.3 AJUSTE DE LOS REGULADORES DE CAUDAL

De acuerdo a los requerimientos de cada sistema se requiere que cada uno de los cilindros avance y retroceda a una velocidad diferente, lo cual se logra con la calibración de los reguladores de caudal. Así el cilindro de alimentación de piezas A requiere un avance moderado para ubicar el cubo de madera en una posición adecuada, y para el retroceso se demanda una velocidad alta con el fin de que la siguiente pieza caiga sin atascarse. Para el caso del cilindro del brazo manipulador B se necesita una velocidad moderada tanto en el avance como en el retroceso, para evitar sacudidas bruscas que cambien la posición del mismo innecesariamente. El cilindro de traslado y sujeción C demanda una velocidad media para avance y también para el respectivo retroceso. Para el caso del cilindro de taladrado D es necesaria una velocidad muy reducida en cuanto se refiere al avance,

ya que para la realización del oricio en la pieza de madera se necesita que el taladro se mueva muy despacio para evitar que la broca se rompa y para garantizar la homogeneidad de taladrado.

Cabe destacar que para proceder con la calibración se debe actuar de la siguiente manera: El tornillo de regulación debe girarse hasta la posición de paso 100 % y luego hasta la posición de cerrado ósea 0% de paso de aire, contando las vueltas que dicho tornillo realiza, para así ubicar en la posición deseada de acuerdo con los requerimientos de cada sistema.

La tabla (4-13) describe los requerimientos de velocidad de cada uno de los sistemas en cuanto se refiere a velocidades requeridas de los cilindros y porcentajes de regulación necesarios en cada uno de estos.

Tabla 4-13 Ajuste De Velocidad De Los Cilindros

Cilindro	Velocidad %		Regulador de caudal	Vueltas de tornillo
	Avance	Retroceso	Código	# vueltas
A	30 %	100 %	Z1	6
			Z2	2
B	40 %	40 %	Z3	2,4
			Z4	2,4
C	50 %	50 %	Z5	3
			Z6	3
D	10 %	45 %	Z7	0,6
			Z8	2,7

Fuente: Autor

CAPÍTULO 5

DESARROLLO DE GUÍA DE PRÁCTICAS

Este capítulo presenta un manual de prácticas, pensado como una guía para que el alumno pueda realizar experimentos prácticos de neumática electroneumática y PLC, abordando cada una de las etapas que el módulo que se presenta posee, hasta llegar a realizar prácticas que demanden la utilización del sistema en su totalidad.

5.1 ESQUEMATIZACIÓN DE PRÁCTICAS

Para la realización del esquema de las prácticas se toma en cuenta la misma denominación de los componentes que el módulo tiene, los cuales fueron descritos en capítulo 3. Debido a que el módulo ya se encuentra cableado y todos sus componentes están debidamente conectados hacia el PLC, para establecer los requerimientos de cada una de las prácticas se debe referirse a la tabla (3-5), la cual describe cada una de las entradas y salidas del PLC y su función en cuanto se refiere a que elemento es comandado con cada una de estas. Por ejemplo si la práctica demanda la utilización del cilindro de alimentación de piezas A, bastará con utilizar la salida del PLC QA3 para activar o desactivar la electroválvula que comanda a dicho cilindro, y así para todos los elementos que intervienen en el módulo.

5.1.1 PRACTICA No. 1

CARRERA	PLAN DE ESTUDIO	CLAVE ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Ing. Mecatrónica			

PRÁCTICA No.	LABORATORIO DE:	Mecatrónica	DURACION (HORAS)
1	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Accionamiento mediante PLC del cilindro A con regulación de velocidad del alimentador de piezas	2

5.1.1.1 Objetivo

El alumno aprenderá a utilizar el cilindro neumático de doble efecto como aplicación específica de alimentador de piezas, a través de un accionamiento directo por medio de la electroválvula 5/2 cuyo solenoide es activado o desactivado desde el PLC.

5.1.1.2 Equipo Requerido

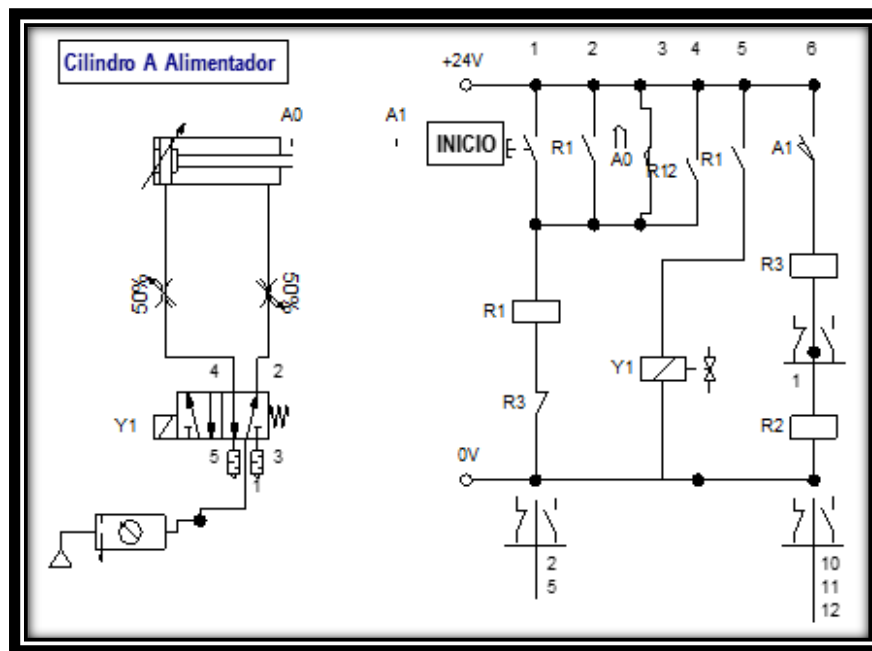
- 1 Unidad de mantenimiento FR
- 1 cilindro de doble efecto (cilindro A de alimentación)
- 1 electroválvula 5/2 vías
- Reguladores de caudal.
- Pulsador de INICIO
- PLC

5.1.1.3 Procedimiento

La figura 5-1 representa el esquema de distribución para el accionamiento del cilindro de doble efecto de alimentación de piezas. La salida del cilindro debe producirse al accionar el pulsador de INICIO y retroceder al momento que el sensor REED A1 se active.

Para el accionamiento del cilindro se debe energizar el solenoide de la electroválvula 5/2 que está conectada a la salida digital QA3 del PLC y para el retroceso se debe utilizar el REED A1 que se encuentra conectado a la entrada IB0. (Ver tabla 5-1)

Figura 5-1 Esquema De Distribución Neumático Y Eléctrico



Fuente: Autor

5.1.1.4 Cuestionario

1. ¿Qué función cumple la unidad de mantenimiento?
2. ¿Qué ocurre al accionar el solenoide de la electroválvula 5/2?
3. ¿Puede retroceder el pistón al estar energizado el solenoide?
4. ¿Qué ocurre si el pulsador de INICIO se mantiene activado una vez que el cilindro llega accionar el sensor REED A1?
5. ¿Qué función cumplen los reguladores de caudal?

5.1.1.5 Funcionamiento Y Conclusiones

Redactar una breve descripción del funcionamiento del circuito propuesto.

.....

.....

.....

.....

5.1.1.6 Actividades Propuestas.

- Realizar la simulación del circuito neumático mediante la utilización del software FluidSIM, y verificar el correcto funcionamiento del mismo.
- Implementar el circuito de control utilizando el simulador SUPER CAD y transferirlo al PLC mediante el cable DRUSB, y comprobar el funcionamiento.

PRECAUCIÓN:

Revise las conexiones neumáticas antes de alimentar el circuito con aire, recuerde que la presión es de 5 bares. Evite realizar actividades que no correspondan.

Elaborado por :	Revisado por:
Docente:	Coordinador:

5.1.2 PRÁCTICA No. 2

CARRERA	PLAN DE ESTUDIO	CLAVE ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Ing. Mecatrónica			

PRÁCTICA No.	LABORATORIO DE:	Mecatrónica	DURACIÓN (HORAS)
2	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Accionamiento del Manipulador electro neumático para extracción y depósito de cubos de madera.	4

5.1.2.1 Objetivo

Instaurar el funcionamiento del manipulador electroneumático, mediante el accionamiento del cilindro de desplazamiento vertical, el generador de vacío y la ventosa como elemento final de sujeción de pieza, todo lo anterior controlado mediante la utilización del PLC.

5.1.2.2 Equipo Requerido

- 1 Unidad de mantenimiento FR
- 1 cilindro de doble efecto (cilindro B de desplazamiento vertical)
- 1 electroválvula 5/2 vías
- 1 electroválvula 3/2 vías
- 1 generador de vacío
- 1 ventosa
- Pulsador de INICIO
- PLC

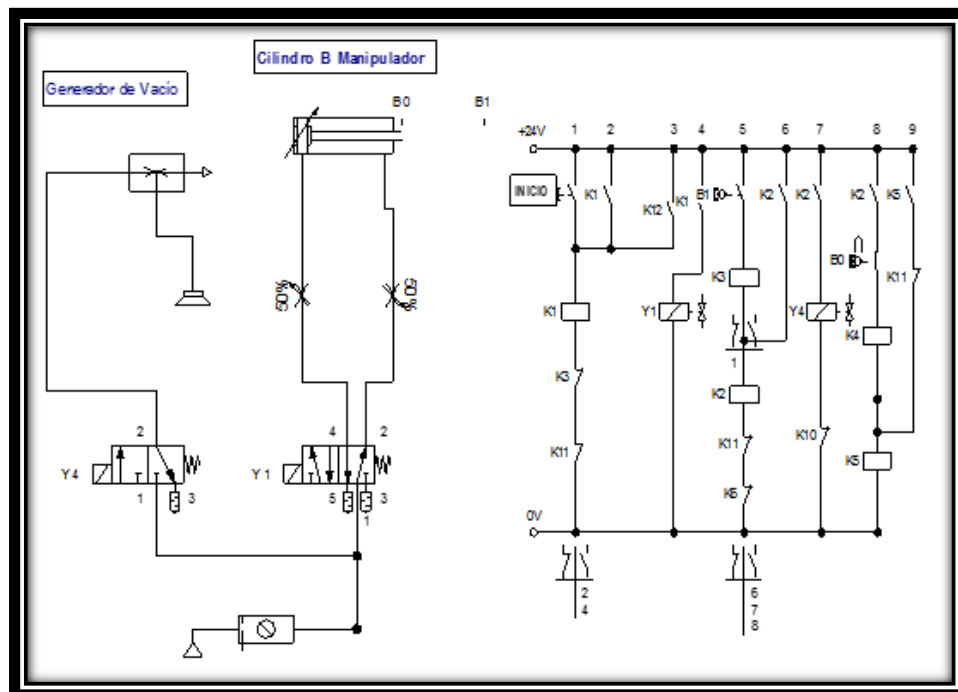
5.1.2.3 Procedimiento

La figura 5-2 representa el esquema de distribución para el accionamiento del manipulador electro neumático. La salida del cilindro de desplazamiento vertical debe producirse al accionar el pulsador de INICIO, para luego activar la ventosa a

través del generador de vacío, sujetar la pieza y retornar a la posición inicial mediante el retroceso del cilindro.

Para el accionamiento del cilindro se debe energizar el solenoide de la electroválvula 5/2 que está conectada a la salida digital QA2 del PLC y para el retroceso se debe utilizar el sensor REED B1 que se encuentra conectado a la entrada IA6. También para conmutar la electroválvula 3/2 que acciona el generador de vacío y produce depresión en la ventosa se debe utilizar la salida QA4 y para conocer que la pieza está sujeta se utilizara la entrada IA5. (Ver tabla 5-1).

Figura 5-2 Esquema De Distribución Neumático Y Eléctrico



Fuente: Autor

5.1.2.4 Cuestionario

1. ¿Qué función cumple el generador de vacío y la ventosa?
2. ¿Qué ocurre al accionar el solenoide de la electroválvula 5/2?
3. ¿Puede la válvula 3/2 activarse sin que se haya activado la 5/2?

4. ¿Qué ocurre si el sensor B1 no se activa?

5. ¿Qué función cumplen los silenciadores?

5.1.2.5 Funcionamiento Y Conclusiones

Redactar una breve descripción del funcionamiento del circuito propuesto.

.....

.....

.....

.....

5.1.2.6 Actividades Propuestas.

- Realizar la simulación del circuito neumático mediante la utilización del software FluidSIM, y verificar el correcto funcionamiento del mismo.
- Implementar el circuito de control utilizando el simulador SUPER CAD y transferirlo al PLC mediante el cable DRUSB, y comprobar el funcionamiento.

PRECAUCIÓN:
 Revise las conexiones neumáticas antes de alimentar el circuito con aire, recuerde que la presión es de 5 bares. Evite realizar actividades que no correspondan.

Elaborado por :	Revisado por:
Docente:	Coordinador:

5.1.3 PRÁCTICA No. 3

CARRERA	PLAN DE ESTUDIO	CLAVE ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Ing. Mecatrónica			

PRÁCTICA No.	LABORATORIO DE:	Mecatrónica	DURACIÓN (HORAS)
2	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Accionamiento de los cilindros C y D de traslado, sujeción y desplazamiento del taladro.	4

5.1.3.1 Objetivo

Establecer el funcionamiento secuencial de los cilindros de traslado y sujeción B y de taladrado C, mediante la utilización de sus respectivas electroválvulas y finales de carrera descritos en la tabla (5-1) y a través de la utilización del PLC.

5.1.3.2 Equipo Requerido

- 1 Unidad de mantenimiento FR
- 1 cilindro de doble efecto (cilindro C de traslado y sujeción)
- 1 cilindro de doble efecto (cilindro D de desplazamiento del taladro)
- 2 electroválvulas 5/2 vías
- 1 Pulsador de INICIO
- 1 PLC

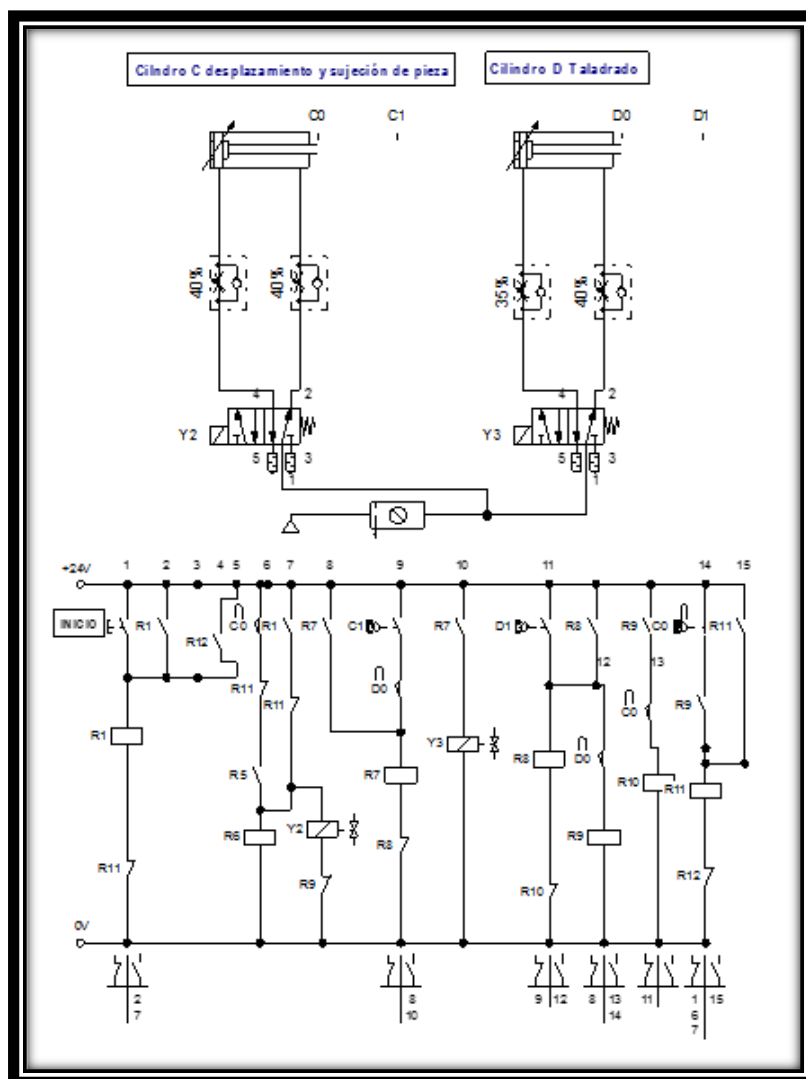
5.1.3.3 Procedimiento

La figura 5-3 representa el esquema de distribución para el accionamiento de los cilindros C y D de traslado, sujeción y taladrado. La salida del cilindro C debe producirse al accionar el pulsador de INICIO, una vez el cilindro C llegue a su máximo alcance el sensor de final de carrera C1 activara el cilindro D, el cual avanzara hasta llegar y activar el final de carrera D1 que producirá el retraimiento de este pistón. Por ultimo al retraerse completamente el cilindro D activara el final de

carrera D0, el cual a su vez desactivara el cilindro C, completándose de esta manera la secuencia requerida.

Para el accionamiento de los cilindros C y D se debe energizar el solenoide de las electroválvulas 5/2 que está conectadas a la salida digital QA1 y QA0 respectivamente y para el caso de los sensores C0,C1,D0 y D1 están conectados a las entradas del PLC A4,A5,A6 y A7 respectivamente.

Figura 5-3 Esquema De Distribución Neumático Y Eléctrico



Fuente: Autor

5.1.3.4 Cuestionario

1. ¿Qué función cumplen los finales de carrera tipo sensor REED?
2. ¿Qué ocurre al accionar el solenoide de la electroválvulas 5/2?
3. ¿Puede la válvula del cilindro D activarse sin que se active el cilindro C?
4. ¿Qué ocurre si el sensor C1 no se activa?
5. ¿Qué función cumplen los sensores C1 y D0?

5.1.3.5 Funcionamiento Y Conclusiones

Redactar una breve descripción del funcionamiento del circuito propuesto.

.....

.....

.....

.....

5.1.3.6 Actividades Propuestas.

- Realizar la simulación del circuito neumático mediante la utilización del software FluidSIM, y verificar el correcto funcionamiento del mismo.
- Implementar el circuito de control utilizando el simulador SUPER CAD y transferirlo al PLC mediante el cable DRUSB, y comprobar el funcionamiento.

PRECAUCIÓN:

Revise las conexiones neumáticas antes de alimentar el circuito con aire, recuerde que la presión es de 5 bares. Evite realizar actividades que no correspondan.

Elaborado por :	Revisado por:
Docente:	Coordinador:

5.1.4 PRÁCTICA No. 4

CARRERA	PLAN DE ESTUDIO	CLAVE ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Ing. Mecatrónica			

PRÁCTICA No.	LABORATORIO DE:	Mecatrónica	DURACIÓN (HORAS)
2	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Accionamiento Secuencial del módulo didáctico de manipulación y taladrado controlado mediante PLC	4

5.1.4.1 Objetivo

Constituir el funcionamiento secuencial del Módulo didáctico de manipulación y taladrado controlado por PLC, mediante la utilización de sus respectivas electroválvulas y finales de carrera descritos en la tabla (5-1) y a través de la utilización del PLC.

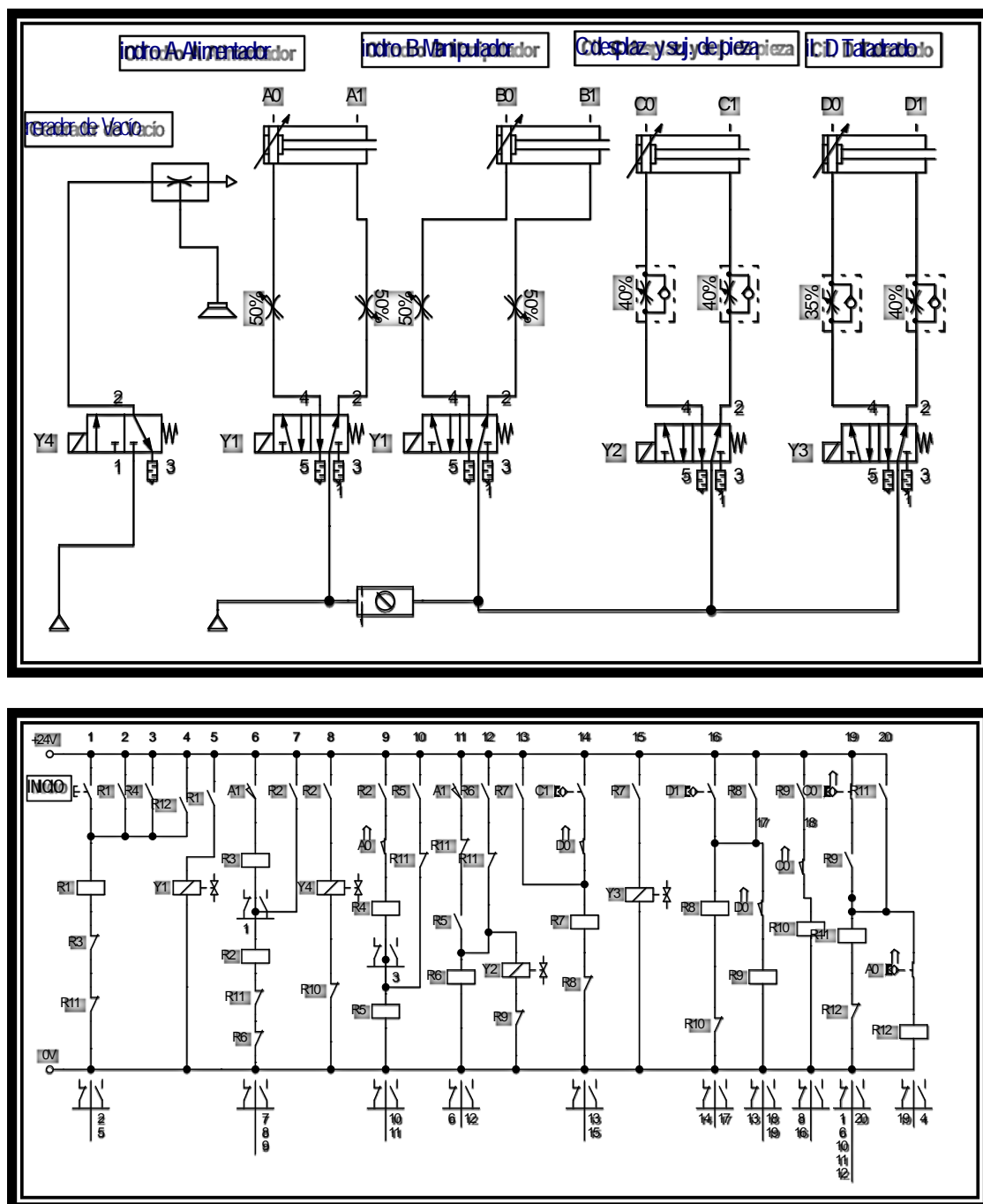
5.1.4.2 Equipo Requerido

- 1 Unidad de mantenimiento FR
- 1 cilindro de doble efecto (cilindro C de traslado y sujeción)
- 1 cilindro de doble efecto (cilindro D de desplazamiento del taladro)
- 2 electroválvulas 5/2 vías
- 1 Pulsador de INICIO
- 1 PLC

5.1.4.3 Procedimiento

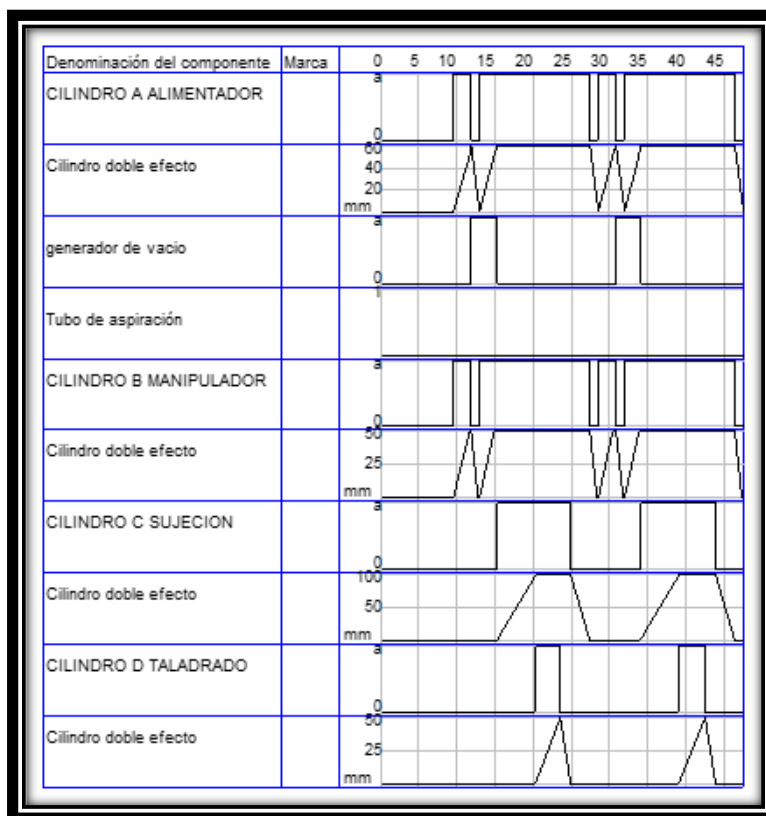
La figura 5-4 representa el esquema de distribución para el accionamiento de los cilindros A, B, C y D de Alimentación de piezas, manipulación, traslado, sujeción y taladrado respectivamente, así como la generación de vacío. La secuencia requerida para establecer el funcionamiento en conjunto se puede apreciar en el diagrama de estado de la figura (5.5)

Figura 5-4 Esquema De Distribución Neumático Y Eléctrico



Fuente: Autor

Figura 5-5 Diagrama De Estado



Fuente: Autor

5.1.4.4 Cuestionario

1. ¿Qué función cumple un diagrama de estado?
2. ¿En la secuencia propuesta que ocurre si un sensor falla?
3. ¿Pueden los cilindros B, C, D activarse sin que se active el cilindro A?
4. ¿Qué ocurre al momento que el cilindro D retorna a su posición inicial?

5.1.4.5 Funcionamiento Y Conclusiones

Redactar una breve descripción del funcionamiento del circuito propuesto.

.....

.....

.....

.....

5.1.4.6 Actividades Propuestas.

- Realizar la simulación del circuito neumático mediante la utilización del software FluidSIM, y verificar el correcto funcionamiento del mismo.
- Implementar el circuito de control utilizando el simulador SUPER CAD y transferirlo al PLC mediante el cable DRUSB, y comprobar el funcionamiento.

PRECAUCIÓN:

Revise las conexiones neumáticas antes de alimentar el circuito con aire, recuerde que la presión es de 5 bares. Evite realizar actividades que no correspondan.

Elaborado por :	Revisado por:
Docente:	Coordinador:

CONCLUSIONES

- La formación en automatización y control industrial contiene una fuerte componente práctica en el estudio de varias tecnologías (Neumática, Electrónica, Instrumentación y autómatas programables) de manera integrada, para así permitir al estudiante desarrollar una visión global de la tecnología de automatización de procesos industriales.
- En la implementación del módulo didáctico de manipulación y taladrado, se detalla el funcionamiento de un proceso industrial a escala, en este caso es el de alimentar, transportar, sujetar y taladrar piezas cúbicas de madera de dimensiones reducidas.
- Una vez establecidos los principios y fundamentos teóricos se instauran las pautas necesarias para garantizar un óptimo dimensionamiento de los elementos constitutivos del módulo, así, aplicando todos estos principios se concluye que el funcionamiento de esta herramienta didáctica cumple con los requerimientos necesarios demandados por este proceso de manipulación y taladrado.
- Como resultado del dimensionamiento de los elementos mecánicos, y neumáticos del módulo que se describe, se puede concluir que las fuerzas que actúan en estos elementos son relativamente bajas debido a que solamente está enfocado a un uso didáctico. Sin embargo, cumplen muy satisfactoriamente con los requerimientos para simular de forma práctica la manipulación y taladrado de piezas de madera.
- Como consecuencia de la construcción del manipulador electroneumático se concluye que la sujeción y traslado de piezas por generación de vacío a través de una ventosa constituye una herramienta muy importante en la manipulación de objetos ya que simplifica este proceso en un gran porcentaje en cuanto se refiere a componentes utilizados.
- Mediante la implementación del sistema de taladrado, con el uso del cilindro neumático y el taladro como elementos principales se establece que a través de la utilización de la tecnología neumática se puede operar automáticamente herramientas de corte por arranque de viruta.

- Una vez implementado el sistema electrónico de control a través de la utilización del PLC se instituye que el proceso secuencial de alimentar, transportar, sujetar y taladrar piezas cúbicas de madera, el cual contiene varios sensores y actuadores se controla mediante la utilización de un solo autó-mata, simplificándose con esto el uso de varios elementos electrónicos. La implementación de una HMI en el módulo ayuda a los estudiantes a visualizar parámetros importantes de funcionamiento del mismo, lográndose con esto una mejor intervención en caso de ocurrir algún tipo de fallo inesperado.

RECOMENDACIONES

- Para una adecuada utilización del módulo que se presenta se recomienda regirse al manual de prácticas descrito en el capítulo 5.
- Para realizar la conexión de los elementos neumáticos, es muy importante el uso de Teflón para impedir así posibles fugas del aire comprimido y como consecuencia caídas de presión.
- Es necesaria la desconexión de todas las fuentes de energía, neumática y eléctrica, para proceder a realizar operaciones de ajuste, montaje o desmontaje de elementos constitutivos.
- Para una adecuada detección de presencia de pieza se debe limpiar periódicamente el sensor foto electrónico, para liberar a este dispositivo de impurezas que puedan interferir en su funcionamiento normal.
- Una vez iniciado el proceso, para detener la secuencia normal del mismo se realiza solamente a través de los dispositivos del panel de control destinados para el caso.
- Evitar la obstrucción del brazo manipulador una vez entre en funcionamiento, para garantizar la repetitividad del mismo.
- La etapa de taladrado es la más crítica del sistema, mantenerse a una distancia prudencial una vez entre en funcionamiento.
- Retirar periódicamente la viruta producida por el taladro para evitar su excesiva acumulación, utilizando el mismo aire comprimido.

- Cerciorarse que la presión de trabajo sea la adecuada antes de iniciar la operación del módulo.
- Si se requiere el ajuste de velocidad de los cilindros, regirse a los datos de ajuste de la tabla (4-13) para una adecuada calibración.
- Impedir rigurosamente actividades que no correspondan a la realización de las prácticas para evitar posibles accidentes.

BIBLIOGRAFÍA

Los recursos bibliográficos en los cuales este proyecto basa la investigación, desarrollo y elaboración se detallan a continuación:

Libros:

[1] Bolton, W. (2006). *Sistemas de control electrónico en la ingeniería*. México: Alfaomega.

[2] Creus, A. (1997). *Instrumentación Industrial*. España: Alfaomega.

[3] Depper, W. (2009). *Dispositivos Neumáticos*. España: Marcombo.

[4] Hard, D. (1997). *Electrónica de Potencia*. España: Pearson.

[5] Hibbeler, R. (2001). *Mecánica de Materiales*. España: Prentice Hall.

[6] Ogata, K. (1998). *Ingeniería de Control Moderna*. México: Pesaron.

[7] Hesse E. (2000). *99 ejemplos prácticos de aplicaciones neumáticas*. FESTO.

[8] Croser P. y Ebel F. (10/ 2002) *Pneumatic Basic Level by FESTO*: Denckendorf.

[9] Prede G., y Scholz D. (01/ 2002). *Electropneumatics Basic Level by FESTO*: Denkendorf.

Internet:

[10] Robótica Aplicada. Neumática. (2010). Universidad Politécnica de Catalunya. Recuperado de.

<http://www.ocw.upc.edu/download.php?file=15012628>

[11] Máquinas Rotatorias. (s. f.). *En Tecnositio.net*. Recuperado de.

<http://www.tecnositio.org/máquinas>

[12] Material Eléctrico para Automatización. (2012). *En cle-electrical.net*. Recuperado de

http://www.cle-electrical.co.uk/product_details.asp?prod_id=100

[13] Procesos de fabricación. (2011). *En Novedades Recientes de infoplcn.net*. Recuperado de

<http://www.infoplcn.net/documentacion/71-mecanica/1408-procesos-de-fabricacion-conformado-por-moldeo>

[14] Sistemas Scada. (2012). *En automatización.importronic.net*. Recuperado de.

http://www.automatizacion.importronic.net/Software_SCADA.

[15] Catálogo en línea Array Electronic S. A. Recuperado de

<http://www.Array.sh>

[16] Catálogo en línea Chelic Pneumatic Equipments Recuperado de

<http://www.Chelic.com>

[17] Ejemplos Prácticos de Neumática. (2011). *En euskalnet.net*. Recuperado de.

<http://www.euskalnet.net/j.m.f.b./neumática>.

Tesis:

[18] Buenache J. (2010). TECNOLOGÍA NEUMÁTICA: TEORÍA, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE COMPONENTES Y CIRCUITOS PARA LA DOCENCIA INTERACTIVA VÍA WEB. Tesis, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Carlos III de Madrid.

[19] Baquedano J. (2010). INICIACIÓN A LOS AUTOMATISMOS NEUMÁTICOS. Ingeniería Mecánica, I.E.S Francisco Tomas y Valiente. Fuenmayor La Rioja.

[20] Baquedano J. (2010). INICIACIÓN A LOS AUTOMATISMOS ELECTRONEUMÁTICOS. Ingeniería Mecánica, I.E.S Francisco Tomas y Valiente. Fuenmayor La Rioja.

ANEXOS

**ANEXO 1 ESQUEMA DE CONEXIÓN NEUMÁTICA EN SU TO-
TALIDAD**

**ANEXO 2 ESQUEMA DE CONEXIÓN
ELECTRONEUMÁTICA**

ANEXO 3 PROGRAMACIÓN DEL PLC

ANEXO 4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS CILINDROS CHANTO DE LA SERIE MSR

**ANEXO 5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CILINDRO
COMPACTO CAMOZZI DE LA SERIE QPR.**

**ANEXO 6 PLANO DE CONEXIÓN ELÉCTRICA DE TODO
EL MÓDULO**

ANEXO 7 MANUAL DE MANTENIMIENTO

ANEXO 8 PLANOS