



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MESA INDEXADORA DE
VARIOS PROCESOS CON PLC PARA EL LABORATORIO
DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS
INDUSTRIALES DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA
ESPOCH”**

**FIERRO FIERRO LUIS LEONARDO
HERNÁNDEZ CHICO DIEGO ARMANDO**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

RIOBAMBA – ECUADOR

2015

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-03-19

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

LUIS LEONARDO FIERRO FIERRO

Titulada:

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MESA INDEXADORA DE VARIOS PROCESOS CON PLC PARA EL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”

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

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Marco Santillán
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Lenyn Aguirre
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Ángel Silva
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-03-19

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

DIEGO ARMANDO HERNÁNDEZ CHICO

Titulada:

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MESA INDEXADORA DE VARIOS PROCESOS CON PLC PARA EL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES DE LA FACULTAD DE MECANICA DE LA ESPOCH”

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

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Marco Santillán
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Lenyn Aguirre
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Ángel Silva
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: LUIS LEONARDO FIERRO FIERRO

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA MESA INDEXADORA DE VARIOS PROCESOS CON PLC PARA EL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES DE LA FACULTAD DE MECANICA DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2015-06-24

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán. (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Lenyn Aguirre (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Ángel Silva (ASESOR)			

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

RECOMENDACIONES: _____

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

Ing. Marco Santillán
Presidente del Tribunal

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: DIEGO ARMANDO HERNÁNDEZ CHICO

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA MESA INDEXADORA DE VARIOS PROCESOS CON PLC PARA EL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES DE LA FACULTAD DE MECANICA DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2015-06-24

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán. (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Lenyn Aguirre (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Ángel Silva (ASESOR)			

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

RECOMENDACIONES: _____

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

Ing. Marco Santillán
Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

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

Luis Leonardo Fierro Fierro

Diego Armando Hernández Chico

DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis dedico a Dios por darme las fuerzas y sabiduría para poder sobrellevarlo día a día, a mi madre Katherine, a mis abuelos Zoila y Humberto, a mi hermana Kenny, quienes siempre estuvieron brindándome su apoyo incondicional, su amor y su optimismo para seguir adelante.

Diego Hernández Chico

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Leonardo Fierro Fierro

Agradezco a Dios por mantenerme aún con vida, por darme la fuerza y sabiduría para poder lograr culminar mis estudios.

Agradezco a mi madre por su gran sacrificada labor, por su apoyo incondicional en todo el transcurso de mi vida estudiantil. Agradezco a mis abuelitos Zoila y Humberto que con su paciencia y excelentes consejos hicieron de mí una persona de buenos principios. Agradezco a mi hermana Kenny que siempre estuvo a mi lado dándome fuerzas para seguir adelante. Agradezco a mi tía Jackeline que fue como una madre y estuvo siempre apoyándome en las cosas que deseaba emprender. Agradezco a toda mi familia que de una u otra manera me apoyaron, me alegraron la vida en los momentos difíciles y sobre todo nunca me dejaron solo.

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión.

Agradezco a la Sra. Blanca Barahona y toda su familia quienes me acogieron en su hogar durante toda mi vida universitaria de una manera sincera y leal, los cuales siempre aportaron con sus consejos en momentos muy difíciles.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Diego Hernández Chico

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación técnico – económica.....	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Análisis del módulo.....	5
2.1.1 Sensores	5
2.1.1.1 <i>Tipo de sensores</i>	6
2.1.2 Actuadores	7
2.1.2.1 <i>Actuadores neumáticos</i>	7
2.1.3 Actuadores eléctricos	12
2.1.3.1 <i>Banda transportadora</i>	13
2.1.3.2 <i>Palpador digital</i>	14
2.1.3.3 <i>Mini Taladro</i>	14
2.1.4 <i>Accesorios eléctricos, neumáticos y otros</i>	15
2.1.4.1 <i>Borneras</i>	15
2.1.4.2 <i>Pulsadores</i>	15
2.1.4.3 <i>Cable</i>	16
2.1.4.4 <i>Racores</i>	16
2.1.4.5 <i>Manguera</i>	16
2.1.4.6 <i>Silenciadores</i>	16
2.1.4.7 <i>Acrílico</i>	17
2.2 Características y aplicaciones del software TIA PORTAL V13.....	17
2.2.1 <i>Introducción al STEP 7 Basic</i>	17
2.2.2 <i>Aplicaciones del STEP 7</i>	18
2.2.3 <i>STEP 7 facilita el trabajo</i>	19
2.2.4 <i>Lenguaje de programación</i>	20
2.2.4.1 <i>Lenguaje de programación KOP</i>	20
2.2.4.2 <i>Lenguaje de programación diagrama de funciones (FUP)</i>	22
2.3 Características de funcionamiento del PLC SIMATIC S7-1200.....	22
2.3.1 <i>Introducción al PLC</i>	22
2.3.2 <i>Estructura básica de un PLC</i>	23
2.3.2.1 <i>Sus partes principales de un PLC son</i>	23
2.3.3 <i>PLC Siemens S7-1200</i>	23
2.3.3.1 <i>Modelos de CPUs del S7-1200</i>	24
2.3.3.2 <i>Módulos de señales y signal boards</i>	25
2.3.3.3 <i>Signal boards</i>	25
2.3.3.4 <i>Módulos de señales</i>	26
2.3.3.5 <i>Módulos de comunicación</i>	26
2.3.4 <i>Software del PLC (STEP 7 Basic)</i>	27
2.4 Análisis y características de la pantalla HMI	27
2.4.1 <i>Introducción a los paneles HMI</i>	27
2.4.1.1 <i>Tipos de comunicación de las pantallas HMI</i>	27
2.4.2 <i>Tipos de paneles HMI Basic</i>	27
2.4.3 <i>Partes de la pantalla táctil KTP 600 PN</i>	28
2.4.4 <i>Características de la pantalla táctil KTP 600 PN</i>	29

3.	DISEÑO Y MONTAJE DE LOS EQUIPOS PARA EL MÓDULO	30
3.1	Caja para equipos	30
3.1.1	<i>Diseño de la caja para equipos</i>	30
3.1.2	<i>Diseño</i>	31
3.1.3	<i>Montaje de la caja para equipos</i>	34
3.2	Diseño y selección de mesa indexadora y componentes.....	34
3.2.1	<i>Diseño de probetas</i>	34
3.2.2	<i>Diseño y selección de mesa indexadora</i>	36
3.2.3	<i>Diseño de guías para probetas</i>	38
3.2.4	<i>Montaje de guías para probetas</i>	38
3.3	Diseño y selección de taladro	39
3.3.1	<i>Velocidad de giro</i>	39
3.3.2	<i>Velocidad de corte</i>	40
3.3.3	<i>Velocidad de avance</i>	40
3.3.4	<i>Potencia de corte</i>	41
3.3.5	<i>Tiempo de mecanizado</i>	42
3.4	Selección del palpador	43
3.5	Diseño y selección de banda transportadora	44
3.5.1	<i>Masa de bultos y banda</i>	44
3.5.2	<i>Fuerza tangencial</i>	47
3.5.3	<i>Fuerza de tracción</i>	48
3.5.4	<i>Motor y reductor de velocidad</i>	49
3.6	Diseño y selección de sistema de pinzas.....	51
3.6.1	<i>Diseño de pinzas</i>	52
3.6.2	<i>Sistema de apertura y cierre de pinzas</i>	53
3.6.3	<i>Sistema de giro de pinzas</i>	56
3.6.4	<i>Sistema de levantamiento de pinzas</i>	57
3.7	Diseño y selección de cilindros y neumática	60
3.7.1	<i>Cilindro estación de taladrado</i>	60
3.7.2	<i>Cilindro estación de medida</i>	63
3.7.3	<i>Cilindro estación de expulsado</i>	65
3.7.4	<i>Cilindro para el sistema de levantamiento de pinzas</i>	68
3.7.5	<i>Cilindro para el sistema de apertura y cierre de pinzas</i>	70
3.7.6	<i>Selección de válvulas</i>	72
3.8	Diseño y montaje de la estructura y base del módulo	75
3.8.1	<i>Diseño de la base del módulo</i>	75
3.8.1.1	Dimensionamiento de la base del módulo.....	76
3.8.1.2	Selección de perfil para la base del módulo:.....	76
3.8.2	<i>Montaje de la base del módulo</i>	79
3.8.3	<i>Diseño de la estructura del módulo</i>	79
3.8.4	<i>Montaje de la estructura del módulo</i>	82
3.9	Soportes para los cilindros, sensores y accesorios.....	83
3.9.1	<i>Dimensionamiento y montaje del soporte del taladro</i>	83
3.9.2	<i>Dimensionamiento y montaje del soporte del palpador</i>	84
3.9.3	<i>Dimensionamiento y montaje del soporte del cilindro de expulsión</i>	85
3.9.4	<i>Dimensionamiento de rampa de probetas</i>	86
3.10	Tarjetas de comunicación.....	86
3.11	Montaje final	87
4.	COMUNICACIÓN ENTRE PLC Y LA PANTALLA TÁCTIL	90
4.1	Comunicación vía ETHERNET	90
4.1.1	<i>ETHERNET</i>	90
4.1.2	<i>Conexiones para el puerto ETHERNET</i>	91
4.1.3	<i>Programación mediante el software TIA PORTAL</i>	92

4.1.3.1	<i>Selección del PLC.</i>	92
4.1.3.2	<i>Selección de la HMI.</i>	93
4.1.4	<i>Configuración de la dirección IP.</i>	94
4.1.5	<i>Asignación de variables del PLC.</i>	95
4.1.6	<i>Elaboración de la interfaz HMI.</i>	96
4.2	Pruebas y calibración de la comunicación ETHERNET	97
4.2.1	<i>Programación automática.</i>	97
4.2.2	<i>Programación manual.</i>	104
5.	ANÁLISIS DE COSTOS ENTRE EQUIPOS DE LAS MISMAS CARACTERÍSTICAS	107
5.1	Costos de los equipos adquiridos	107
5.2	Costos de otros equipos similares	108
5.3	Análisis de costos	110
5.3.1	<i>Materia prima directa.</i>	110
5.3.2	<i>Mano de obra directa.</i>	112
5.3.3	<i>Costos indirectos de fabricación</i>	113
5.4	Resultado del análisis de los costos	114
6.	MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS	115
6.1	Manual de funcionamiento de los equipos	115
6.2	Elaboración de métodos de seguridad para los equipos	116
6.2.1	<i>Métodos de seguridad para el módulo de control</i>	117
6.2.2	<i>Métodos de seguridad para equipos neumáticos.</i>	117
6.2.3	<i>Métodos de seguridad para equipos eléctrico.</i>	117
6.3	Manual de mantenimiento de los equipos	117
6.3.1	<i>Estado técnico de todos los equipos.</i>	118
6.3.2	<i>Actividades de mantenimiento del módulo.</i>	118
6.3.3	<i>Calendario de realización de mantenimiento de equipos.</i>	118
6.4	Elaboración de guía práctica de laboratorio entre el PLC SIMATIC S7-1200 y pantalla táctil y fichas técnicas	119
6.4.1	<i>Guías de laboratorio.</i>	119
6.4.2	<i>Fichas técnicas.</i>	119
6.4.3	<i>Codificación de equipos del módulo de indexado.</i>	120
7.	Conclusiones y recomendaciones	121
7.1	Conclusiones	121
7.2	Recomendaciones	122

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1 Modelos de CPUs del S7-1200.....	24
2 Módulos de señales y signal board.....	25
3 Posibilidades de transferencia entre operador y PC	27
4 Comparación de materiales para probetas	35
5 Comparación de diversos materiales para pinzas	52
6 Torques para selección de actuador giratorio.....	56
7 Fuerzas del cilindro de levantamiento de pinzas	68
8 Cargas de la estructura del módulo	81
9 Entradas del PLC	95
10 Salidas del PLC.....	96
11 Costos de productos SIEMENS.....	107
12 Continuación	108
13 Análisis de costos de equipos con otros de las mismas características.....	109
14 Costos del sistema estructural.....	110
15 Continuación	111
16 Costos del sistema neumático.....	111
17 Costos del sistema eléctrico.....	112
18 Costos totales de cada sistema.....	112
19 Costos de mano de obra directa.....	113
20 Costos indirectos de fabricación.....	113
21 Análisis de costos indirectos totales	113
22 Costo total de la elaboración del módulo de indexación y sus procesos.....	113

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1	Sensor magnético 6
2	Sensor óptico 6
3	Sensor inductivo 7
4	Clasificación genérica de actuadores 8
5	Cilindro simple efecto tipo "dentro" 9
6	Cilindro de doble efecto 9
7	Actuador giratorio 10
8	Mesa indexadora 11
9	Válvula neumática 11
10	Banda transportadora 13
11	Palpador digital 14
12	Mini taladro PROSKIT 15
13	Bornera 15
14	Pulsadores 15
15	Racores 16
16	Manguera 16
17	Silenciadores neumáticos 17
18	Descripción de la conexión entre TIA Portal, Hardware y proceso 18
19	Vista principal de STEP7 19
20	Vista de las áreas de STEP 7 20
21	Programación KOP 21
22	Conexiones de flujo invertido 21
23	Ramas que causan cortocircuito 22
24	PLC S7 1200 24
25	Signal board del S7 1200 25
26	Módulo de señal del S7-1200 26
27	Módulo de comunicación del S7-1200 26
28	Tipos de KTP 28
29	Componentes del KTP600 Basic PN 28
30	Disposición del PLC 30
31	Requerimientos de montaje de pantalla HMI 31
32	Esquema del ángulo óptimo de visión de una pantalla 31
33	Disposición de los equipos dentro de la caja protectora 32
34	Afectación de lámina de la caja de equipos 33
35	Etapas de montaje de la caja de equipos 34
36	Otras propiedades del MDF 35
37	Dimensionamiento de probeta 35
38	Datos de la probeta 36
39	Selección de la mesa indexadora 37
40	Área de trabajo para cada estación con 40 cm de diámetro de mesa 37
41	Guía para probetas 38
42	Guía para probetas montaje 38
43	Recomendación de rpm para taladrar según diámetro de la broca 39
44	Avance por revolución para taladrar en diferentes materiales 40
45	Fuerza específica de corte para varios materiales 41
46	Taladro manual seleccionado 42
47	Palpador PANTEC 43
48	Palpador MITUTOYO 44
49	Masa por metro cuadrado de bandas 45

50	Dimensionamiento banda	46
51	Determinación de ancho de banda	46
52	Coeficientes de fricción para U0/P2 MT-HC	47
53	Masa de rodillos	48
54	Coeficiente C1 para banda transportadora	48
55	Selección de motor para la banda	50
56	Reductor de velocidad Mellor	51
57	Relaciones de transmisión de T3 Dc Mellor	51
58	Dimensionamiento de pinzas.....	52
59	Dimensionamiento de soporte para pinzas.....	53
60	Ensamblaje de pinzas	53
61	Diagrama de cuerpo libre sujeción probeta	54
62	Factor de fricción estática madera-acrílico	54
63	Dimensionamiento sistema de cierre de pinzas.....	55
64	Dimensionamiento de los carros guías	55
65	Ensamble sistema de apertura pinzas	55
66	Actuador giratorio	56
67	Soporte de sistema de giro de pinzas.....	57
68	Base de las pinzas dimensionamiento.....	58
69	Inercia de la base de las pinzas.....	58
70	Ensamble de sistema de levantamiento de pinzas	59
71	Ensamblaje del sistema de pinzas completo	59
72	Cilindro de taladro THKPC	62
73	Longitud de pandeo según apoyos.....	63
74	Cilindro para la estación de medida.....	64
75	Esquema de fuerzas sobre la probeta en la expulsión.....	65
76	Carrera cilindro de expulsión	66
77	Cilindro de expulsión	67
78	Cilindro para el levantamiento de pinzas	69
79	Cilindro para apertura de pinzas.....	71
80	Densidad de aire a 5 bar	73
81	Geometría de manguera neumática	74
82	Tipos de válvulas FESTO.....	75
83	Distribución de equipos en la base del módulo.....	76
84	Propiedades geométricas perfil de aluminio ranurado	77
85	Propiedades geométricas perfil de acero tubo cuadrado	77
86	Montaje de la base del módulo.....	79
87	Dimensionamiento de la estructura	80
88	Propiedades geométricas perfil de acero tubo cuadrado	80
89	Cargas en la estructura del módulo	81
90	Deformaciones de la estructura del módulo.....	82
91	Esfuerzos producidos en la estructura del módulo	82
92	Montaje de la estructura del módulo.....	82
93	Dimensionamiento del soporte para taladro	83
94	Montaje de soporte para taladro	83
95	Dimensionamiento del soporte del palpador.....	84
96	Montaje del soporte para palpador	84
97	Dimensionamiento del soporte del cilindro expulsión.....	85
98	Montaje del soporte del cilindro de expulsión	85
99	Dimensionamiento de rampa para probetas	86
100	Diagramas de tarjetas de comunicación	86
101	Tarjetas de comunicación.....	87
102	Montaje mecánico final.....	87
103	Esquema neumático.....	88

104	Esquema eléctrico	89
105	Conexión directa y conexión de red.....	91
106	Interfaz ETHERNET integrada del S7-1200	92
107	Configurar un dispositivo	93
108	Selección del CPU.....	93
109	Selección de la HMI.....	94
110	Conexión entre PLC y HMI	94
111	Configuración de la dirección IP	95
112	Interfaz de inicio	96
113	Selección automático o manual.....	97
114	Interfaz de modo manual.....	97
115	Interfaz de modo automático	97
116	Elementos GRAFCET de programación	98
117	Activación del paro de emergencia.....	99
118	Marcas de entradas.....	99
119	Inicio y detención de la banda transportadora	100
120	Levantamiento y bajada de pinzas	100
121	Apertura y cierre de las pinzas	101
122	Giro de pinzas y activación de procesos.....	101
123	Encendido del taladro y bajada de los procesos.....	102
124	Desenclavamiento de bajada y giro de pinzas.....	102
125	Giro de la mesa indexadora.....	102
126	Expulsión de la probeta y regreso a la posición inicial del módulo.....	103
127	Repetición del ciclo.....	103
128	Desenclavamiento de todos los procesos.....	104
129	Programación manual, activación de paro de emergencia y lámpara verde	104
130	Activación de la banda transportadora y el módulo de pinzas	105
131	Activación de las salidas	105
132	Encendido del taladro, banda y módulo de pinzas.....	106
133	Codificación de los equipos	120

SIMBOLOGÍA

<i>V_c</i>	Velocidad de corte
<i>n</i>	Velocidad de rotación de la herramienta
<i>D_c</i>	Diámetro de la herramienta.
<i>P_c</i>	Potencia de corte en KW
<i>A_c</i>	Diámetro de la broca en mm
<i>f</i>	Velocidad de avance mm/min
<i>FC</i>	Fuerza específica de corte N/mm^2
<i>p</i>	Avance por revolución en mm
ρ	Rendimiento de la taladradora
<i>T</i>	Tiempo de mecanizado
<i>M</i>	Masa de bultos
<i>m</i>	Masa de probeta
<i>L_t</i>	Longitud total de la banda
<i>D</i>	Diámetro de la probeta
<i>H</i>	Altura de la probeta
δ	Densidad de MDF
<i>M_b</i>	Masa de la banda
<i>L_b</i>	Longitud total
<i>A_b</i>	Ancho de la banda
<i>m_b</i>	Masa de la banda por metro cuadrado
<i>F_u</i>	Fuerza tangencial
μ_t	Coefficiente de fricción para la mesa
<i>g</i>	Gravedad
μ_R	Coefficiente de fricción para el rodillo
<i>M_R</i>	Masa del rodillo
μ_{ST}	Coefficiente de fricción para la acumulación
<i>F</i>	Fuerza de tracción máxima
<i>C₁</i>	Coefficiente del material
<i>P</i>	Potencia del motor de la banda transportadora
<i>V</i>	Velocidad de la banda transportadora
<i>P_{mec}</i>	Potencia mecánica
<i>P_{elec}</i>	Potencia eléctrica
ω	Velocidad angular requerida para el motor
<i>f_r</i>	Fuerza de fricción
<i>w</i>	Peso de la probeta
<i>N</i>	Fuerza aplicada por el cilindro neumático
μ	Coefficiente de fricción estática
<i>F_a</i>	Fuerza de avance
<i>K_c</i>	Resistencia específica de corte
α	Mitad del ángulo suplementario de la punta de la broca
β	Ángulo de hélice
<i>A</i>	Área del cilindro
<i>F</i>	Fuerza
<i>P_r</i>	Presión
<i>K</i>	Carga de pandeo
<i>I</i>	Inercia
<i>E</i>	Módulo de elasticidad aprox. $2,1 \times 10^5 N/mm^2$
<i>L_p</i>	Longitud libre de pandeo

LISTA DE ABREVIACIONES

PLC	Control Lógico Programable
HMI	Interfaz Hombre Máquina
KOP	Esquema de Contactos
FUP	Diagrama de Funciones
PC	Computadora Personal
TIA	Automatización Totalmente Integrada
CPU	Unidad Central de Proceso
E/S	Entradas y Salidas
RAM	Memoria de Acceso Aleatorio o Memoria de Lectura Escritura
ROM	Memoria de Solo Lectura
SB	Signal board
CSM	Modulo Compacto de Interruptores
IP	Protocolo de Internet
DC	Corriente Directa
DP	Conexión de datos mediante PROFIBUS
NP	Conexión de datos mediante PROFINET
LED	Diodo Emisor de Luz
ASTM	American Society for Testing and Materials
PMMA	Polímero de metil metacrilato
GRAF CET	Gráficos de control de etapas y transición

LISTA DE ANEXOS

- A** Datos técnicos cilindro de doble efecto DSNU 10-50-P-A FESTO
- B** Datos técnicos cilindro compacto ADN-32-25-A-P-A FESTO
- C** Datos técnicos mesa indexadora FESTO
- D** Datos técnicos del reloj comparador digital PANTEC
- E** Datos técnicos mini taladro
- F** Datos técnicos sensor inductivo IM 12
- G** Datos técnicos sensor magnético de 200 mA FESTO
- H** Datos técnicos sensor magnético de 500 mA FESTO
- I** Datos técnicos sensor magnético AIRTAC
- J** Codificación de los equipos del módulo de indexación y sus procesos
- K** Fichas técnicas de los equipos y módulo de indexación
- L** Estado técnico de los equipos del módulo de indexación y sus procesos
- M** Calendario de mantenimiento de los equipos y tareas
- N** Seguridad en los equipos
- O** Diagrama de GRAFCET
- P** Guía de operación del módulo
- Q** Guía de prácticas de laboratorio

RESUMEN

La metodología de enseñanza teórica-práctica en el caso de sistemas neumáticos, procesos industriales y automatización se debe llevar a cabo con instrumentos y equipos disponibles adecuados para su mayor entendimiento. Es por eso que se elaboró un módulo de indexación con procesos de taladrado, medición y expulsión de la probeta utilizada, el cual es controlado por un PLC y una pantalla táctil los cuales facilitan realizar todo el proceso de manera precisa.

El módulo realiza el proceso completo iniciando con el ingreso de la probeta y finalizando con su expulsión. Gracias a un equipo de pinzas el cual puede realizar trabajo de cierre y apertura, levantamiento y bajada, y giro de 180° la probeta es fácilmente transportada. El proceso inicia en la banda transportadora la cual traslada a la probeta hasta que un sensor óptico la detecta, es ahí en donde el equipo de pinzas realiza su trabajo es decir bajan las pinzas, se cierran, se levantan y realizan un giro de 180° hasta la posición en donde se realiza el proceso de taladrado, el taladro está acoplado a un cilindro de doble efecto el cual facilita el trabajo de descenso. Ya taladrada la probeta las pinzas se abren y vuelven a levantarse, la probeta cae en una mesa giratoria la cual tiene 6 posiciones exactas cada 60 °, la probeta pasa al siguiente proceso que es de medición el cual se facilita gracias a un palpador digital que desciende gracias a un cilindro de doble efecto. Todo el proceso finaliza cuando la mesa gira hasta la posición de expulsión de la probeta, en donde se tiene un cilindro de doble efecto que realiza la expulsión.

El funcionamiento del equipo de pinzas funciona gracias a un sensor magnético y dos sensores inductivos los cuales dan apertura o cierre de las electroválvulas 5/2 para facilitar el paso de aire comprimido. De igual manera la mesa giratoria funciona con ayuda de una electroválvula 5/2 que facilita el paso de aire comprimido.

Todo el proceso se lo puede realizar de forma manual y automática, y se podrá observar en tiempo real en la pantalla táctil.

El módulo será para uso práctico de los estudiantes ya que de esta manera se pueden capacitar mejor.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Debido a que la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en la Facultad de Mecánica, en el área de formación complementaria, en el laboratorio de la cátedra de Control y Automatización de Procesos Industriales existen módulos y equipos que son indispensables en la industria actual, que brinda un importante desarrollo para la formación intelectual y práctica para los estudiantes de la Facultad de Mecánica.

Por los avances tecnológicos en el campo de aplicación del Ingeniero mecánico, se requiere un conocimiento basto y bien fundamentado de todos los procesos industriales modernos con instrumentos y equipos que permiten una alta eficiencia tanto en el funcionamiento como el de calidad en un proceso industrial reflejando un alto nivel de productividad en pequeñas y grandes industrias.

El objetivo de los diversos laboratorios que posee la Escuela de Ingeniería Mecánica es una complementación al conocimiento adquirido en las cátedras, con una práctica aplicativa de dichos conocimientos obteniendo así una familiarización con el campo laboral actual y además de establecerla interfaz hombre-máquina (HMI) muy necesaria en la actualidad, tomando en cuenta que las prácticas que se realizan deben ser eficientes, confiable, productivas y seguras para los estudiantes.

1.2 Justificación técnico – económica

El laboratorio de Control y Automatización de Procesos Industriales que pertenece a la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, posee pocos módulos que permiten realizar prácticas en diferentes tipos de procesos que existen en la industria. Por lo tanto el requerimiento de realizar prácticas de implementación y simulación de procesos con equipos y software de última tecnología como es la utilización de SIMATIC S7-1200 y otros componentes, lo que nos obliga a realizar un completo estudio de simulación, recolección de datos en un proceso para poder alcanzar un nivel funcional óptimo en

el desenvolvimiento y la adquisición de destrezas y habilidades en todos los estudiantes.

Con la implementación de módulos para el laboratorio de Control y Automatización de Procesos Industriales de la Escuela de Ingeniería Mecánica, nos permitirían brindar a los estudiantes un mejor acondicionamiento de conocimiento en el perfil de formación profesional como Ingeniero Mecánico.

Hallando como estudiantes la necesidad de implementar nuevos y modernos módulos de prácticas, ya que la Escuela de Ingeniería Mecánica no cuenta con los suficientes recursos que permitan la renovación de los laboratorios existentes en nuestro caso de equipos de marca SIEMENS para estar acorde a un alto nivel de competitividad en el conocimiento con las demás Universidades y con el desarrollo tecnológico actual, para que éstos ayuden al desarrollo investigativo de los estudiantes con un aporte a la Facultad de Mecánica y por lo tanto a la ESPOCH.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Implementar una mesa indexadora de varios procesos con PLC para el laboratorio de control y automatización de procesos industriales de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH.

1.3.2 *Objetivos específicos*

Aplicar conocimientos de diseño de elementos de máquinas y automatización de procesos, corroborando mediante la utilización de software.

Obtener una interfaz hombre-máquina (HMI) en un panel de operador para el fácil acceso a la estación de almacenamiento.

Crear una estación de taladrado, metrología, y prensado mediante una mesa indexadora para los procesos automáticos industriales.

Establecer una comunicación entre PLC y pantalla táctil mediante ETHERNET.

Elaborar una tarjeta de interfaz entre los equipos de control y el módulo con el fin de disminuir el cableado.

Diseñar y construir una botonera para el control y mando del equipo.

Elaborar un manual completo de utilización adecuado de la estación.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

La elaboración de este proyecto es con el fin de contribuir a los laboratorios de neumática y automatización, debido a que estos módulos son muy didácticos el estudiante podrá familiarizarse de mejor manera con equipos y tecnología actual, palpándolos y realizando sus prácticas respectivas ya que de esta manera se puede pasar de lo teórico a lo práctico.

Es por eso que para la construcción de este módulo se debe ir realizado, examinado, verificado y calculado las mejores opciones para obtener un banco de práctica totalmente en excelentes condiciones.

Lo que se pretende implementar es un banco de práctica que contemple un equipo de pinzas el cual facilite el traslado de la probeta, de igual manera una mesa indexadora que divise diferentes posiciones de una manera exacta para facilitar los procesos a ejecutar, dichos procesos serán de taladrado, medición y expulsado de la probeta. Para dicha implementación será necesario equipos neumáticos, eléctricos, electrónicos y mecánicos.

El proceso consiste básicamente en hacer que una probeta pase por una banda transportadora en la cual al ser detectada por un sensor óptico las pinzas se encargarán de asegurar la probeta y trasladarla hasta la mesa indexadora en donde el primer proceso es el de taladrado, finalizado el taladrado la pinzas finalizan su trabajo dejando a la probeta en la mesa para que continúe al siguiente proceso que es de medición el cual se realizara gracias a un palpador digital y finalmente la pieza termina el proceso con su expulsión dada por un cilindro de doble efecto.

Para la elaboración del módulo se investigará, recopilará y se consultará toda la información requerida en cuanto a los equipos a utilizar tanto neumáticos, eléctricos y electrónicos. Todo el módulo es implementado con equipos que se encuentran en buenas condiciones para que su eficiencia sea al máximo, los instrumentos han sido seleccionados de acuerdo a las características técnicas requeridas para su buena utilización.

2.1 Análisis del módulo

En la actualidad existen grandes automatizaciones de procesos para optimizar tiempos, recursos, materia prima, etc. Con lo cual se gana mayor producción y se aumenta los ingresos. Esto se debe a que existen en el mercado nuevos y alternativos métodos de automatización de procesos; entre los cuales tenemos la utilización de la mesa indexadora que facilita los procesos de mecanizado de piezas debido a sus estaciones que ésta posee. En nuestro proyecto utilizaremos un proceso de mecanizado, uno de medición y el de expulsión los cuales están ubicados en diferentes estaciones de trabajo, para un mayor entendimiento definiremos que es cada una de las cosas nombradas.

Proceso de mecanizado. El proceso de mecanizado comprende un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante remoción de material, ya sea por arranque de viruta o por abrasión. (MARÍN, 2011)

Estaciones de trabajo. Las estaciones de trabajo son lugares específicos en donde se realiza la respectiva actividad que está disponible en ese momento.

Proceso de medición. El proceso de medición consiste en que un palpador digital tome la medida de profundidad del taladrado en la probeta y así verificar si ésta es la correcta.

Proceso de expulsión. Consiste en expulsar la probeta una vez que ya haya finalizado los anteriores procesos.

2.1.1 Sensores. Los sensores son dispositivos que reaccionan rápidamente ante una señal que éstos reciban, son aparatos diseñados para sentir señales ya sea de presencia, calor, presión, flujo, etc. Es por eso que en la actualidad son muy cotizados, para ser utilizados en la automatización de procesos ya que son capaces de medir señales físicas y las transforman a eléctricas lo cual es una gran ventaja para cualquier empresa; por lo que se obtiene un monitoreo más rápido de los datos.

Los sensores posibilitan la señal entre el mundo físico y los sistemas de medición y/o de control, tanto eléctricos como electrónicos, utilizándose extensivamente en todo tipo de procesos industriales y no industriales para propósitos de monitoreo, medición, control y procesamiento. (cmapspublic2, 2012)

2.1.1.1 Tipo de sensores. En la actualidad existe una gran cantidad de tipos de sensores que se utilizan en muchas aplicaciones, pero debido a que nuestro proyecto no contempla todos los tipos y clases de sensores, daremos una explicación de los sensores más utilizados en los cuales se incluyen los que usaremos para nuestro proyecto.

Magnéticos. Los sensores magnéticos (Fig. 1) son aquellos que detectan campos magnéticos los cuales son producidos por imanes o por corrientes eléctricas. Éste tipo de sensor es muy económico pero posee una vida muy corta de utilización.

Figura 1. Sensor magnético



Fuente: <http://www.alltronicsperu.com/catalog/index.php?cPath=126&osCsid=422c46cc24b55a4161af37c00dc19259>

Ópticos. Los sensores ópticos (Fig. 2) son aquellos que pueden detectar presencia de interferencia física, de colores, esto lo hace a través de su lente óptica. Éste tipo de sensores utilizan mucho la interacción entre la luz y la materia, es recomendable para una mejora de transmisión de luz utilizar fibra óptica.

Figura 2. Sensor óptico



Fuente. <http://libro-sensores.blogspot.com/2012/07/sensor-optico.html>

Inductivos. Los sensores inductivos (Fig.3) son una clase especial de sensores que sirven para detectar materiales metálicos ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia

o ausencia de objetos metálicos en un determinado contexto: detección de paso, de atasco, de codificación y de conteo. (6)

Figura 3. Sensor inductivo



Fuente. <http://www.automatizando.com.co/sensoresdeproximidad.htm>

2.1.2 *Actuadores.* Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática, o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado.

Existen varios tipos de actuadores como son:

- Electrónicos
- Hidráulicos
- Neumáticos
- Eléctricos

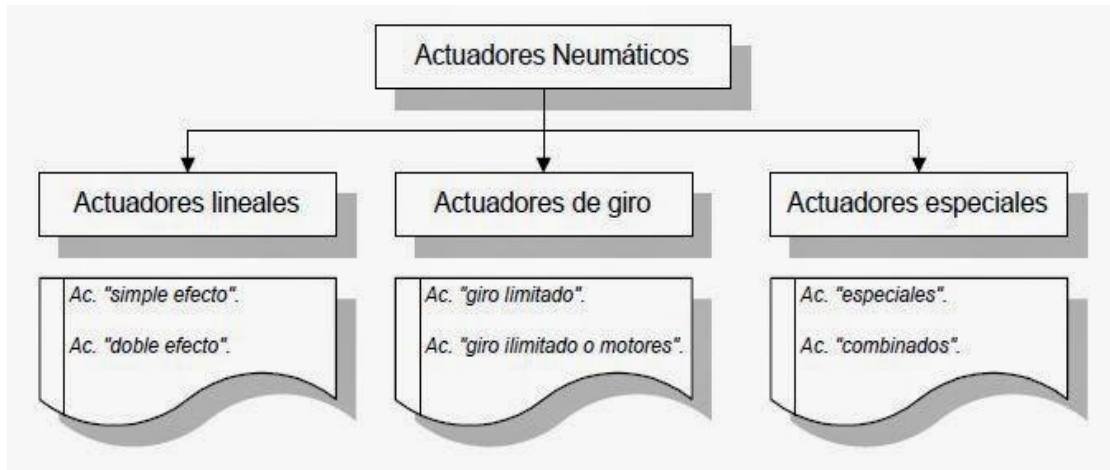
Los actuadores hidráulicos, neumáticos y eléctricos son usados para manejar aparatos mecatrónicas. Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que se necesita es potencia, y los neumáticos son simples posicionamientos. Sin embargo, los hidráulicos requieren mucho equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico. Por otro lado, las aplicaciones de los modelos neumáticos también son limitados desde el punto de vista de precisión y mantenimiento. (MEJIA, 2012)

2.1.2.1 *Actuadores neumáticos.* Son elementos de trabajo cuya función es convertir la energía de presión en energía mecánica.

Clasificación de los actuadores Neumáticos. El trabajo realizado por un actuador neumático puede ser lineal o rotativo. El movimiento lineal se obtiene por cilindros de

émbolo (éstos también proporcionan movimiento rotativo con variedad de ángulos por medio de actuadores del tipo piñón-cremallera). También encontramos actuadores neumáticos de rotación continua (motores neumáticos), movimientos combinados e incluso alguna transformación mecánica de movimiento que lo hace parecer de un tipo especial. (SEAS, 2013)

Figura 4. Clasificación genérica de actuadores



Fuente:<http://2.bp.blogspot.com/bNb1O63tY1w/U9XGfQcAp8I/AAAAAAAAAGE/3ndBNsxF3W0/s1600/Actuadores.JPG>

- Actuadores lineales

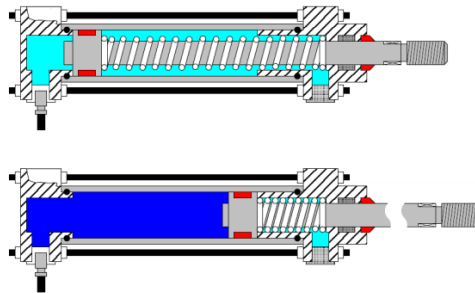
Los cilindros neumáticos independientemente de su forma constructiva, representan los actuadores más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos. Existen dos tipos fundamentales de los cuales derivan construcciones especiales. (SEAS, 2013)

Cilindros de simple efecto. El cilindro de simple efecto sólo puede realizar trabajo en un único sentido, es decir, el desplazamiento del émbolo por la presión del aire comprimido tiene lugar en un solo sentido, pues el retorno a su posición inicial se realiza por medio de un muelle recuperador que lleva el cilindro incorporado o bien mediante la acción de fuerzas exteriores.

Mediante el resorte recuperador incorporado, queda limitada la carrera de los cilindros de simple efecto; por regla general la longitud de la carrera no supera los 100 mm. Por razones prácticas, son de diámetro pequeño y la única ventaja de estos cilindros es su

reducido consumo de aire, por lo que suelen aplicarse como elementos auxiliares en las automatizaciones. (GUILLÉN, 2013)

Figura 5. Cilindro simple efecto tipo "dentro"

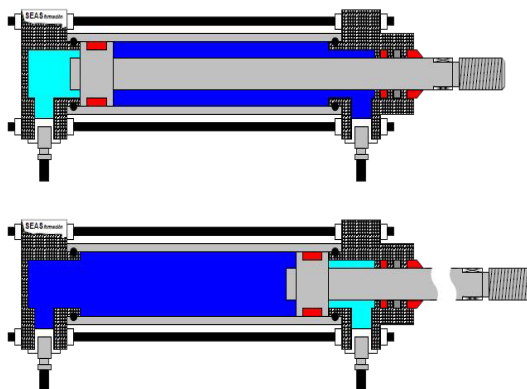


Fuente: <http://infmtk2013aeduviort8211.blogspot.com/2014/07/cilindros-neumaticos.html>

Cilindro de doble efecto. Al decir doble efecto se quiere significar que tanto el movimiento de salida como el de entrada son debidos al aire comprimido, es decir, el aire comprimido ejerce su acción en las dos cámaras del cilindro, de esta forma puede realizar trabajo en los dos sentidos del movimiento.

El campo de aplicación de los cilindros de doble efecto es mucho más extenso que el de los cilindros de simple efecto; incluso si no es necesario ejercer una fuerza en los dos sentidos, el cilindro de doble efecto es preferible al cilindro de simple efecto con muelle de retorno incorporado.

Figura 6. Cilindro de doble efecto



Fuente: http://3.bp.blogspot.com/cwLECPNXgpY/U9gN7w4_RII/AAAAAAAAAKA/_fU8eMAZZvQ/s1600/cilindros+doble+efect.png

Los cilindros de doble efecto presentan las siguientes ventajas sobre los cilindros de simple efecto:

- Posibilidad de realizar trabajo en los dos sentidos.
- No se pierde fuerza para comprimir el muelle.
- No se aprovecha toda la longitud del cuerpo del cilindro con carrera útil.

Por el contrario, tienen el inconveniente de que consumen doble cantidad de aire comprimido que un cilindro de simple efecto. (GUILLÉN, 2013)

- Actuadores de giro

Los actuadores rotativos son los encargados de transformar la energía neumática en energía mecánica de rotación. Dependiendo de si el móvil de giro tiene un ángulo limitado o no, se forman los dos grandes grupos a analizar:

Actuadores de giro limitado, que son aquellos que proporcionan movimiento de giro pero no llegan a producir una revolución (exceptuando alguna mecánica particular como por ejemplo piñón – cremallera). Existen disposiciones de simple y doble efecto para ángulos de giro de 90°, 180°..., hasta un valor máximo de unos 300° (aproximadamente).

Figura 7. Actuador giratorio



Fuente: http://www.interempresas.net/Componentes_Mecanicos/FeriaVirtual/Producto-Actuadores-giratorios-de-embolos-Festo-Pneumatic-DRRD-120440.html

Mesa Indexadora, es aquella que proporciona movimiento de giro hacia un solo lado cada ciertos grados, los grados de giro van a depender de las posiciones que contemple la mesa. Existen disposiciones de 4, 6, 8, 12 y 24 posiciones dependiendo de la aplicación que se le vaya a dar.

La mesa indexadora es una unidad completa, lista para su utilización, equipada con un cilindro neumático y su distribuidor de mando. Su sistema paso a paso permite su utilización como mesa de aportación o divisor para operaciones de mecanización, montaje, ensamblado o de mantenimiento. (TECNAUTOMAT,S.A, 2004)

Aplicaciones de la mesa indexadora: Una mesa de indexación puede ser utilizada en varios procesos, tales como en la fabricación de piezas mecánicas, estampadoras en serie, envasado de productos en recipientes, procesos de ensamblaje de piezas, etc.

Figura 8. Mesa indexadora



Fuente: (FESTO, 2014)

- Válvulas neumáticas

Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal del fluido enviado por el compresor o almacenado en un depósito. (2015)

Figura 9. Válvula neumática



Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-free/namur-solenoid-valve-103822812.html>

Válvulas mecánicas. Son aquellas que activan su accionamiento mediante la fuerza mecánica.

Válvulas eléctricas o electroválvulas. Son aquella que poseen una solenoide la cual facilita la activación de ésta válvula mediante una señal, ésta señal se la puede controlar mediante un PLC o un controlador.

2.1.3 *Actuadores eléctricos*

- Definición

Los actuadores son los dispositivos encargados de efectuar acciones físicas ordenadas por algún sistema de control. Esta acción física puede ser un movimiento lineal o un movimiento circular según sea el caso. Se le da el nombre de actuadores eléctricos cuando se usa la energía eléctrica para que se ejecuten sus movimientos. (SUÁREZ, 2014)

- Motores de corriente continua

Son aquellos que transforman la energía eléctrica en mecánica, ocasionando un movimiento giratorio debido a la presencia de un campo magnético.

Características

- Desde potencias fraccionarias hasta el millar de KW
- En tareas de regulación de velocidad o par
- Regula desde cero rpm a velocidad nominal con muy buena precisión
- Regulación de par
- Con par a cero rpm

Aplicaciones

Aplicaciones de regulación de velocidad en general

- Máquinas de envase y embalaje
- Banda transportadora

Aplicaciones que requieren precisión

- Posicionamiento

Regulación de par y par a cero rpm

- Enrolladoras
- Elevación

Regulación de motores de potencias grandes

- Laminadoras
- Extrusoras

(BAREA, 2012)

2.1.3.1 *Banda transportadora.* Debido a que en nuestro proyecto se utilizará una banda transportadora daremos algunos ítems sobre ésta.

Figura 10. Banda transportadora



Fuente: Autores

- *Definición de banda transportadora.* Básicamente es un sistema transporte lineal continuo, el cual funciona gracias a un motor el cual le da el movimiento y dos tambores en los extremos de la banda, por lo general para transportar cargas livianas en la banda se reduce la velocidad es por eso que se utiliza una caja reductora de velocidades, la cual posee un tambor que tiempla la banda y gracias a la fricción ésta gira continuamente.
- *Aplicaciones de la banda transportadora.* Las bandas transportadoras se utilizan para el transporte de:
 - Materiales como carbón, minerales y cereales
 - Transporte de personas en recintos cerrados
 - Cargar y descargar buques cargueros o camiones
 - Transportar material por terreno inclinado

- *Ventajas de la banda transportadora.* Las ventajas que tiene la cinta transportadora son:
 - Permiten el transporte de materiales a gran distancia
 - Se adaptan al terreno
 - Tienen una gran capacidad de transporte
 - Permiten transportar un gran variedad de materiales
 - Es posible la carga y la descarga en cualquier punto del trazado
 - Se puede desplazar
 - No altera el producto transportado
 - Aumenta la cantidad de producción
 - Ausencia de articulaciones de rápido desgaste (WIKIPEDIA, 2015)

2.1.3.2 *Palpador digital.* Es dispositivo de medición que gracias a su punta puede medir perforaciones muy pequeñas, es muy aplicado en la industria ya que para ver las mediciones posee un formato digital y analógico. Es muy útil ya que al momento de querer descargar los datos se lo puede realizar mediante el puerto USB.

Figura 11. Palpador digital



Fuente: Autores

2.1.3.3 *Mini Taladro.* Es un instrumento cuya función es taladrar, taladrar es una operación de mecanizado que tiene como propósito hacer agujeros cilíndricos en una pieza cualquiera utilizando como herramienta una broca. Para un buen mecanizado hay que tener en cuenta el material a mecanizar, diámetro del agujero, material de la pieza, material de la broca, etc. Dicho taladro se seleccionará de acuerdo a las características técnicas necesarias, las cuales en el siguiente capítulo se ira detallando de manera más minuciosa.

Figura 12. Mini taladro PROSKIT



Fuente: <http://www.proskit.com/power-tools/drills/super-drill-set-w-adaptor-120v-ac-60hz>

2.1.4 Accesorios eléctricos, neumáticos y otros

2.1.4.1 *Borneras.* Son accesorias que facilitan la conexión entre actuadores eléctricos y dispositivos de control.

Figura 13. Bornera



Fuente: <http://soland.com.ve/products/products.htm>

2.1.4.2 *Pulsadores.* Son dispositivos que se los utiliza como interruptores permiten el paso de corriente y sirven para ciertas funciones tales como ON/OFF, paro de emergencia, etc.

Figura 14. Pulsadores



Fuente:

http://www.sassinelectric.com/producto_detalle.php?id=143&PHPSESSID=ed72a4a4429a8ec36853c9ff6c8b8708

2.1.4.3 *Cable*. Son el medio por el cual circula corriente para activar los actuadores eléctricos desde la fuente de poder.

2.1.4.4 *Racores*. Los racores instantáneos permiten realizar, con gran rapidez, circuitos para el transporte de aire comprimido, gas o líquidos dentro de una amplia gama de presiones, temperaturas y tipos de fluido. El circuito se desmonta y se modifica de forma inmediata y sin necesidad de herramientas. (*Direct Industry, 2014*)

Figura 15. Racores



Fuente: <http://news.directindustry.es/press/pneuflex-pneumatic-co-ltd/racores-rapidos-aire-racores-neumaticos-68892-418897.html>

2.1.4.5 *Manguera*. Son accesorios utilizados para el transporte de aire comprimido hacia los actuadores neumáticos, de una manera rápida, flexible y sin ningún tipo de fugas.

Figura 16. Manguera



Fuente: <http://www.ebay.es/itm/50-m-Manguera-Presion-Poliuretano-Manguera-Neumatica-PUR-Azul-6-4-/261427478045>

2.1.4.6 *Silenciadores*. Los silenciadores neumáticos cuya función principal es la reducir el ruido ocasionado por el aire comprimido en los distintos equipos neumáticos. Sea la frecuencia que sea estos silenciadores obstruyen el ruido.

Figura 17. Silenciadores neumáticos



Fuente: Autores

2.1.4.7 Acrílico. El Acrílico es el polímero de metal metacrilato, PMMA.

Es un Termoplástico rígido excepcionalmente transparente. En su estado natural es incoloro pero se puede pigmentar para obtener una infinidad de colores. También se puede dejar sin pigmento para producir una lámina completamente transparente. Se produce material en un rango de parámetros de transmisión y difusión de luz, óptimo para diferentes usos.

Es inerte a muchas sustancias corrosivas. Su resistencia a la intemperie hace que sea el material idóneo para una variedad de aplicaciones al aire libre.

La lámina de acrílico puede ser trabajada para darle una gran variedad de formas valiéndose de distintos procesos industriales, artesanales y artísticos. (Ultra Plas S.A. de C.V. y el Acrílico, 2012)

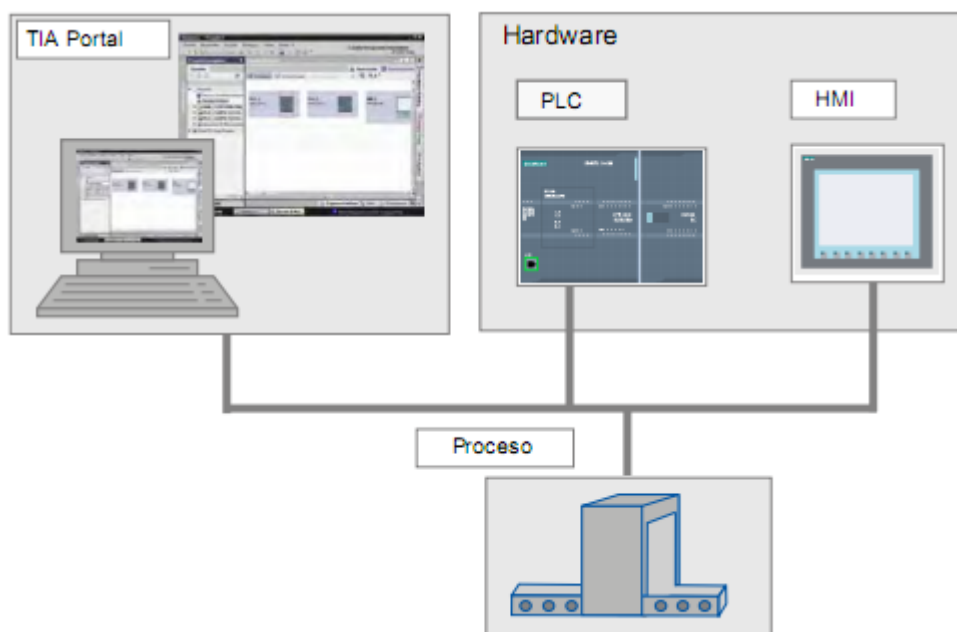
2.2 Características y aplicaciones del software TIA PORTAL V13

2.2.1 Introducción al STEP 7 Basic. El Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) integra diferentes productos SIMATIC en una aplicación de software que le permitirá aumentar la productividad y la eficiencia del proceso. Dentro del TIA Portal, los productos TIA interactúan entre sí, ofreciéndole soporte en todas las áreas implicadas en la creación de una solución de automatización. (SIEMENS, 2012)

Una solución de automatización típica abarca lo siguiente:

- Un controlador que controla el proceso con la ayuda del programa.
- Un panel de operador con el que se maneja y visualiza el proceso

Figura 18. Descripción de la conexión entre TIA Portal, Hardware y proceso



Fuente: Manual de SIEMENS, SIMATIC TIA Portal STEP 7 BASIC

El software STEP 7 Basic ofrece un entorno amigable que permite desarrollar, editar y observar la lógica del programa necesaria para controlar la aplicación, incluyendo herramientas para gestionar y configurar todos los dispositivos del proyecto, tales como PLCs y dispositivos HMI. STEP 7 Basic ofrece dos lenguajes de programación (KOP y FUP) que permiten desarrollar el programa de control de la aplicación de forma fácil y eficiente. Asimismo, incluye las herramientas para crear y configurar los dispositivos HMI en el proyecto. (SIEMENS, 2012)

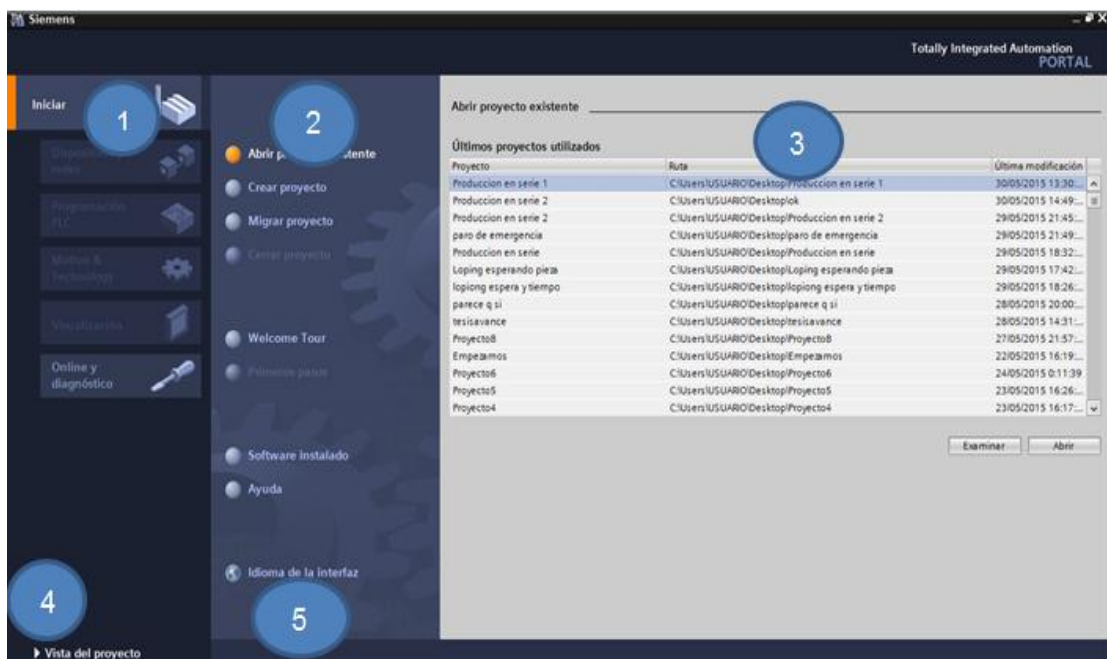
2.2.2 Aplicaciones del STEP 7

- Programación PLC: Configuración y programación de los controladores SIMATIC S7-1200, S7-300, S7-400, WinAC para el controlador basado en PC y el nuevo S7-1500.
- Configuración de dispositivos y red para todos los componentes de automatización
- Diagnóstico y en línea para todo el proyecto.
- Movimiento y tecnología para las funciones de movimiento integradas.
- Visualización SIMATIC WinCC Basic para los SIMATIC Basic Panels es una parte incluida en el volumen de suministro (SIEMENS, 2013)

2.2.3 STEP 7 facilita el trabajo. Para aumentar la productividad, el Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) ofrece dos vistas diferentes de las herramientas disponibles, a saber: distintos portales orientados a tareas organizados según las funciones de las herramientas (vista del portal) o una vista orientada a los elementos del proyecto (vista del proyecto). El usuario puede seleccionar la vista que considere más apropiada para trabajar eficientemente. Con un solo clic es posible cambiar entre la vista del portal y la vista del proyecto.

La vista del portal ofrece una vista funcional de las tareas del proyecto y organiza las funciones de las herramientas según las tareas que deban realizarse, p. ej. configurar los componentes de hardware y las redes. Es posible determinar fácilmente el procedimiento y la tarea que debe seleccionarse. (SIEMENS, 2012)

Figura 19. Vista principal de STEP7

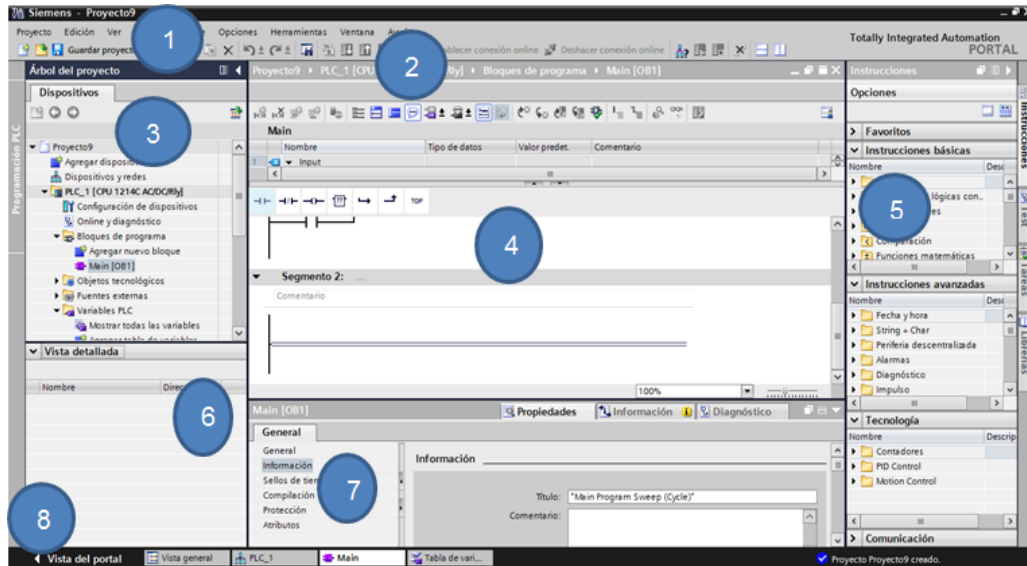


Fuente: Autores

- 1) Portales para las distintas tareas
 - 2) Acciones del portal seleccionado
 - 3) Ventana de selección de la acción seleccionada
 - 4) Cambiar a la vista del proyecto
 - 5) Indicación del proyecto abierto actualmente
- (SIEMENS, 2012)

La vista del proyecto proporciona acceso a todos los componentes del proyecto. Puesto que todos estos componentes se encuentran en un solo lugar, es posible acceder fácilmente a todas las áreas del proyecto. El proyecto contiene todos los elementos que se han creado o finalizado. (SIEMENS, 2012)

Figura 20. Vista de las áreas de STEP 7



Fuente: Autores

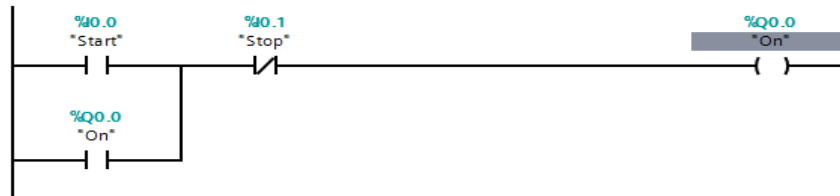
- ① Barra de menús
 - ② Barra de herramientas
 - ③ Árbol del proyecto
 - ④ Área de trabajo
 - ⑤ Task Cards
 - ⑥ Vista detallada
 - ⑦ Ventana de inspección
 - ⑧ Cambiar a la vista del portal
- (SIEMENS, 2012)

2.2.4 *Lenguaje de programación.* Es posible elegir entre el lenguaje de programación KOP (Esquema de contactos) o FUP (Diagrama de funciones).

2.2.4.1 *Lenguaje de programación KOP.* KOP es un lenguaje de programación gráfico. Su representación es similar a los esquemas de circuitos.

Los elementos de un esquema de circuitos, tales como los contactos normalmente cerrados y normalmente abiertos, así como las bobinas, se combinan para formar segmentos. (SIEMENS, 2012)

Figura 21. Programación KOP

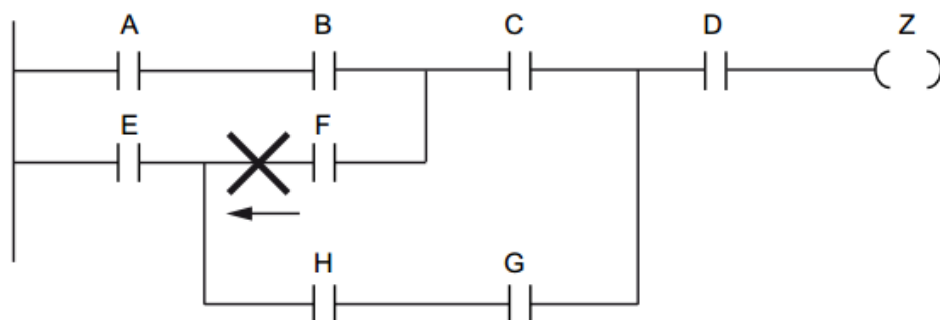


Fuente: Autores

Para crear la lógica de operaciones complejas, es posible insertar ramas para los circuitos paralelos. Las ramas paralelas se abren hacia abajo o se conectan directamente a la barra de alimentación. Las ramas se terminan hacia arriba. KOP ofrece instrucciones con cuadros para numerosas funciones, p. ej. Matemáticas, temporizadores, contadores y transferencia. Tenga en cuenta las reglas siguientes al crear segmentos KOP:

- Todo segmento KOP debe terminar con una bobina o cuadro. No termine un segmento con una instrucción de comparación ni de detección de flancos (ascendentes o descendentes).
- No se permite programar ramas que puedan ocasionar un flujo invertido de la corriente. (SIEMENS, 2012)

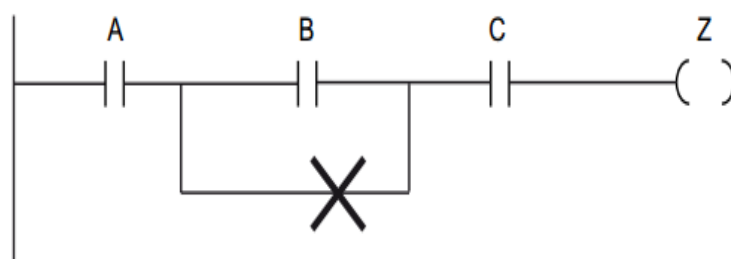
Figura 22. Conexiones de flujo invertido



Fuente: Manual SIEMENS S71200

- No se permite programar ramas que causen cortocircuitos.

Figura 23. Ramas que causan cortocircuito



Fuente: Manual SIEMENS S71200

2.2.4.2 *Lenguaje de programación diagrama de funciones (FUP).* Al igual que KOP, FUP es un lenguaje de programación gráfico. La representación de la lógica se basa en los símbolos lógicos gráficos del álgebra booleana. Las funciones matemáticas y otras operaciones complejas pueden representarse directamente en combinación con los cuadros lógicos. Para crear la lógica de operaciones complejas, inserte ramas paralelas entre los cuadros. (SIEMENS, 2012)

2.3 Características de funcionamiento del PLC SIMATIC S7-1200

2.3.1 *Introducción al PLC.* Los PLC controladores lógicos programables son equipos electrónicos que se han llegado a popularizar para facilitar los procesos en el sector industrial.

A fines de 1960 la industria busca nuevas formas de soluciones más eficientes recurriendo a nuevas tecnologías electrónicas reemplazando complejos sistemas de lógica combinacional.

Los varios tipos de PLC sirven para automatizar los procesos, mediante un programa en su memoria y un microprocesador realizan la función de procesar información de unas señales de entrada para entregar señales de salida ejecutando el proceso que fue programado, se debe saber que existen muchos tipos de PLC, por ello diferentes cualidades de cada uno para mejora su labor en diferentes ámbitos.

Las ventajas de los PLC son que se ahorra tiempo en la elaboración de proyectos, haciendo factible realizar cambios significativos sin necesidad de modificar físicamente el proceso, son de bajo costo de mantenimiento, son de tamaño relativamente pequeño, brindan la capacidad de controlar varias máquinas con un mismo dispositivo

reduciendo así la mano de obra y mejorando la calidad de producción en tiempos y en producto, pero también tiene desventajas debido a ser equipos más complejos que los de lógica combinatorial requiere de técnicos con capacitados para su manejo, programación, y mantenimiento. (SIEMENS, 2012)

2.3.2 *Estructura básica de un PLC*

2.3.2.1 *Sus partes principales de un PLC son:*

- Unidad Central de Proceso
- Memoria
- Sistema de entradas y salidas

Existen dos tipos de señales que pueden ingresar y salir de los PLC que son digitales y analógicas, las E/S digitales tienen dos estados ON y OFF, presencia o ausencia de tensión eléctrica, donde los niveles de voltaje más comunes son: VDC, 24 VDC, 48 VDC y 220 VAC.

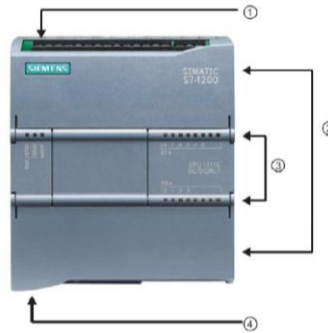
Las E/S analógicas son las que varían de acuerdo a una magnitud física es decir en función de la magnitud física se tiene un equivalente en forma de corriente o voltaje, y mediante conversores análogo-digitales se pueden traducir en una expresión binaria. Por último las E/S especiales se usan donde las anteriores E/S son poco efectivas donde se requiere muchas instrucciones o protocolos especiales de comunicación como puede ser en salidas de trenes de pulso para motores especiales como los paso a paso. (SIEMENS, 2012)

2.3.3 *PLC Siemens S7-1200.* El PLC S7-1200 tiene la capacidad de controlar gran variedad de dispositivos para las diferentes demandas de la industria de la automatización de procesos mediante la gran variedad de aplicaciones y diseño reducido que lo hacen efectivo y eficaz para dicha labor.

El programa dentro de la CPU contiene todo tipo de lógica de programación amigable con el usuario como son lógica booleana, instrucciones de conteo, temporizadores, funciones matemáticas, y otros tipos de comunicación con dispositivos inteligentes. (SIEMENS, 2012)

La CPU tiene un puerto PROFINET para la comunicación en una red de este tipo.. Los módulos de comunicación están disponibles para la comunicación en redes RS485 o RS232. (SIEMENS, 2012)

Figura 24. PLC S7 1200



Fuente: Manual de sistema SIEMENS SIMATIC S7 Controlador Programable S7

- ① Conector de corriente
- ② Conectores extraíbles para el cableado de usuario (detrás de las tapas)
- ② Ranura para Memory Card (debajo de la tapa superior)
- ③ LEDs de estado para las E/S integradas
- ④ Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU). (SIEMENS, 2012)

2.3.3.1 Modelos de CPUs del S7-1200. Los diferentes modelos de CPUs ofrecen una amplia gama de funciones que permiten a los técnicos proporcionar soluciones más efectivas y de mejor manera orientadas a la aplicación requerida.

Tabla 1. Modelos de CPUs del S7-1200

Función	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
Dimensiones físicas (mm)	90 x 100 x 75		110 x 100 x 75
Memoria de usuario	<ul style="list-style-type: none"> • Memoria de trabajo • Memoria de carga • Memoria remanente 		<ul style="list-style-type: none"> • 50 KB • 2 MB • 2 KB
E/S integradas locales	<ul style="list-style-type: none"> • Digitales • Analógicas 	<ul style="list-style-type: none"> • 6 entradas/4 salidas • 2 entradas 	<ul style="list-style-type: none"> • 8 entradas/6 salidas • 2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes para entradas (I) y 1024 bytes para salidas (Q)		
Área de marcas (M)	4096 bytes		8192 bytes
Ampliación con módulos de señales	Ninguna	2	8
Signal Board	1		
Módulos de comunicación	3 (ampliación en el lado izquierdo)		
Contadores rápidos	3	4	6
• Fase simple	• 3 a 100 kHz	• 3 a 100 kHz	• 3 a 100 kHz
• Fase en cuadratura	• 3 a 80 kHz	• 1 a 30 kHz • 3 a 80 kHz • 1 a 20 kHz	• 3 a 30 kHz • 3 a 80 kHz • 3 a 20 kHz
Salidas de impulsos	2		
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)		
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real	Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40 °C		
PROFINET	1 puerto de comunicación Ethernet		
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución booleana	0,1 µs/instrucción		

Fuente: Manual de sistema SIEMENS SIMATIC S7 Controlador Programable S7

2.3.3.2 Módulos de señales y signal boards. Los diferentes modelos de módulos de señales y signal boards permiten mejorar las cualidades de la CPU en cuanto a cantidad de señales de entrada y salida, también es posible soportar otros protocolos de comunicación instalando módulos de comunicación adicionales. (SIEMENS, 2012)

Tabla 2. Módulos de señales y signal board

Módulo		Sólo entradas	Sólo salidas	Entradas y salidas
Módulo de señales (SM)	Digital	8 entradas DC	8 salidas DC 8 salidas de relé	8 entradas DC/8 salidas DC 8 entradas DC/8 salidas de relé
		16 entradas DC	16 salidas DC 16 salidas de relé	16 entradas DC/16 salidas DC 16 entradas DC/16 salidas de relé
	Analógico	4 entradas analógicas 8 entradas analógicas	2 salidas analógicas 4 salidas analógicas	4 entradas analógicas/2 salidas analógicas
Signal Board (SB)	Digital	-	-	2 entradas DC/2 salidas DC
	Analógico	-	1 salida analógica	-
Módulo de comunicación (CM)				
<ul style="list-style-type: none"> • RS485 • RS232 				

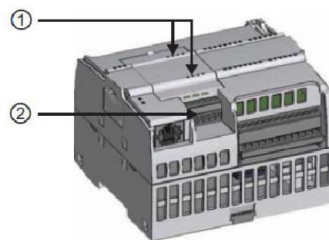
Fuente: Manual de sistema SIEMENS SIMATIC S7 Controlador Programable S7-1200

2.3.3.3 Signal boards. Una Signal Board (SB) permite agregar E/S a la CPU. Es posible agregar una SB con E/S digitales o analógicas. Una SB se conecta en el frente de la CPU.

- SB con 4 E/S digitales (2 entradas DC y 2 salidas DC)
- SB con 1 entrada analógica

(SIEMENS, 2012)

Figura 25. Signal board del S7 1200



Fuente: Manual de sistema SIEMENS SIMATIC S7 Controlador Programable S7

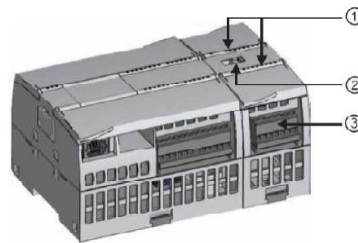
① LEDs de estado en la SB

- ② Conector extraíble para el cableado de usuario

2.3.3.4 Módulos de señales. Los módulos de señales se pueden utilizar para agregar funciones a la CPU.

Los módulos de señales se conectan a la derecha de la CPU.

Figura 26. Módulo de señal del S7-1200



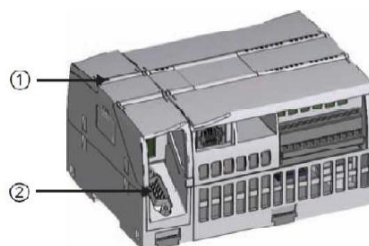
Fuente: Manual de sistema SIEMENS SIMATIC S7 Controlador Programable S7

- ① LEDs de estado para las E/S del módulo de señales
 - ② Conector de bus
 - ③ Conector extraíble para el cableado de usuario
- (SIEMENS, 2012)

2.3.3.5 Módulos de comunicación. La gama S7-1200 provee módulos de comunicación (CMs) que ofrecen funciones adicionales para el sistema. Hay dos módulos de comunicación, a saber: RS232 y RS485.

- La CPU soporta como máximo 3 módulos de comunicación
 - Todo CM se conecta en lado izquierdo de la CPU (o en lado izquierdo de otro CM)
- (SIEMENS, 2012)

Figura 27. Módulo de comunicación del S7-1200



Fuente: Manual de sistema SIEMENS SIMATIC S7 Controlador Programable S7

- ① LEDs de estado del módulo de comunicación
- ② Conector de comunicación

2.3.4 Software del PLC (STEP 7 Basic). El software STEP 7 Basic ofrece una interfaz amigable para poder desarrollar, editar y observar la lógica de un programa. Incluye herramientas para gestionar y configurar todos los dispositivos del proyecto, tales como PLCs y dispositivos HMI. STEP 7 Basic tiene dos lenguajes de programación (KOP y FUP) que permiten programar de manera más de forma fácil y eficiente. (SIEMENS, 2013)

2.4 Análisis y características de la pantalla HMI

2.4.1 Introducción a los paneles HMI. Dado que visualizar el proceso se está volviendo un componente estándar en la mayoría de los procesos automatizados los Basic Panels SIMATIC HMI ofrecen dispositivos con pantalla táctil para tareas básicas de control y supervisión. Todos los paneles tienen el tipo de protección IP65 y certificación CE, UL, cULus y NEMA 4x.

Dado a su perfecta interacción con STEP 7, se llega a tener una mejor comunicación entre operador maquina con una gran facilidad.

2.4.1.1 Tipos de comunicación de las pantallas HMI. Las pantallas se diferencian entre DP o comunicación de datos mediante MPI/PROFIBUS DP y las NP o comunicación de datos mediante PROFINET.



Tabla 3. Posibilidades de transferencia entre operador y PC

Tipo	Canal de datos	Basic Panels DP	Basic Panels PN
Crear una copia de seguridad/restaurar	Serie ¹⁾	Sí	-
	MPI/PROFIBUS DP	Sí	-
Actualizar el sistema operativo, Transferir el proyecto	PROFINET	-	Sí
	Serie ¹⁾	Sí	-
Actualizar el sistema operativo restableciendo la configuración de fábrica	MPI/PROFIBUS DP	-	-
	PROFINET	-	Sí
	Serie ¹⁾	Sí	-

Fuente: Manual SIEMENS HMI Basic

2.4.2 Tipos de paneles HMI Basic. Existen varios tipos de pantallas adecuados en tamaño y propiedades para todo tipo de finalidad en procesos de automatización que se encuentran resumidas en el siguiente cuadro:

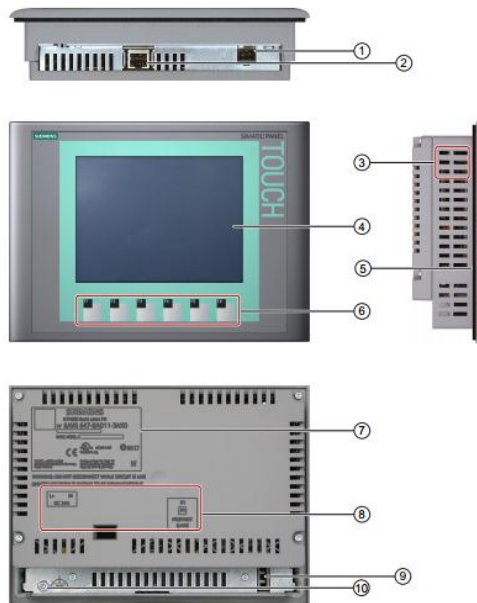
Figura 28. Tipos de KTP

	<p>KTP 400 Basic PN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mono (STN, escala de grises) • Pantalla táctil de 4 pulgadas con 4 teclas táctiles • Vertical u horizontal • Tamaño: 3.8" • Resolución: 320 x 240 	<ul style="list-style-type: none"> • 128 variables • 50 pantallas de proceso • 200 alarmas • 25 curvas • 32 KB memoria de recetas • 5 recetas, 20 registros, 20 entradas
	<p>KTP 600 Basic PN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Color (TFT, 256 colores) o monocromo (STN, escala de grises) • Pantalla táctil de 6 pulgadas con 6 teclas táctiles • Vertical u horizontal • Tamaño: 5.7" • Resolución: 320 x 240 	<ul style="list-style-type: none"> • 128 variables • 50 pantallas de proceso • 200 alarmas • 25 curvas • 32 KB memoria de recetas • 5 recetas, 20 registros, 20 entradas
	<p>KTP1000 Basic PN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Color (TFT, 256 colores) • Pantalla táctil de 10 pulgadas con 8 teclas táctiles • Tamaño: 10.4" • Resolución: 640 x 480 	<ul style="list-style-type: none"> • 256 variables • 50 pantallas de proceso • 200 alarmas • 25 curvas • 32 KB memoria de recetas • 5 recetas, 20 registros, 20 entradas
	<p>TP1500 Basic PN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Color (TFT, 256 colores) • Pantalla táctil de 15 pulgadas • Tamaño: 15.1" • Resolución: 1024 x 768 	<ul style="list-style-type: none"> • 256 variables • 50 pantallas de proceso • 200 alarmas • 25 curvas • 32 KB memoria de recetas (memoria flash integrada) • 5 recetas, 20 registros, 20 entradas

Fuente: Manual SIEMENS, SIMATIC S7 Controlador programable S7-1200 Manual de sistema

2.4.3 Partes de la pantalla táctil KTP 600 PN

Figura 29. Componentes del KTP600 Basic PN



Fuente: Manual SIEMENS, SIMATIC HMI Paneles de operador Basic Panels Instrucciones de servicio

- ① Conexión para la fuente de alimentación
 - ② Interfaz PROFINET
 - ③ Escotaduras para una mordaza de fijación
 - ④ Pantalla/pantalla táctil
 - ⑤ Junta de montaje
 - ⑥ Teclas de función
 - ⑦ Placa de características
 - ⑧ Nombre del puerto
 - ⑨ Guía para una tira rotulable
 - ⑩ Conexión de tierra funciona
- (SIEMENS, 2012)

2.4.4 *Características de la pantalla táctil KTP 600 PN*

- Seguridad a largo plazo
- Todas las pantallas funcionan de manera idéntica
- Alta resolución
- Fácil montaje
- Transferencia de proyectos
- Configuración
- Modos de operación

CAPÍTULO III

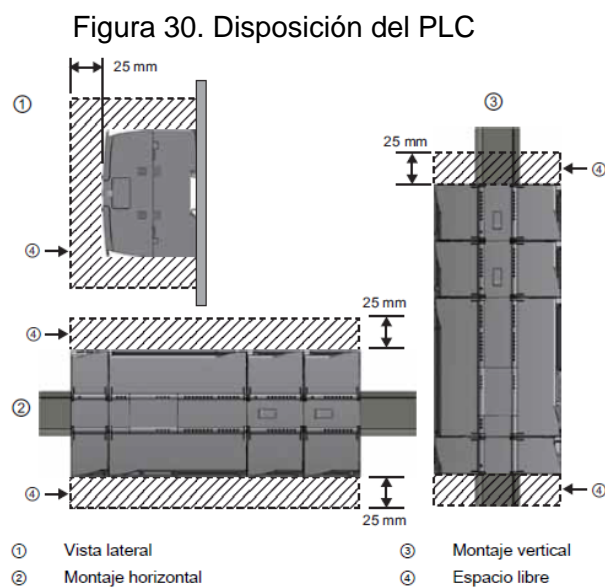
3. DISEÑO Y MONTAJE DE LOS EQUIPOS PARA EL MÓDULO

3.1 Caja para equipos

Debido a la cantidad de equipos como PLC, logo, tarjetas de comunicación, CSM 1277 y pantalla HMI que deben ser instaladas en conjunto para su mejor funcionamiento resulta importante diseñar un contenedor de dichos equipos que sea compacto, ligero y accesible.

3.1.1 *Diseño de la caja para equipos.* Para diseñar la caja de debe tomar los siguientes requerimientos:

- La pantalla debe ser visible y manipulable
- Cumplir requerimientos de los equipos
- Ser compacto y ligero para poder trasladarse
- Almacenar todos los equipos

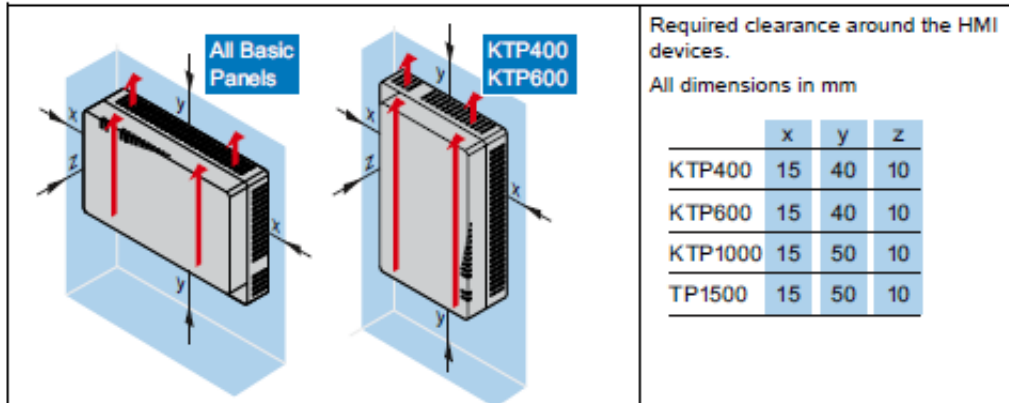


Fuente: Manual del sistema Siemens, SIMATIC S7 Controlador programable S7-1200

Figura 31. Requerimientos de montaje de pantalla HMI

Checking clearances

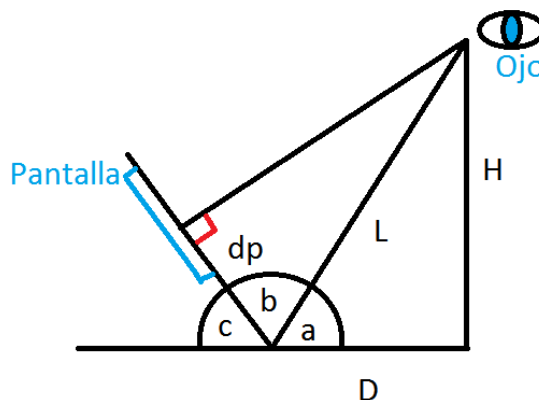
The following clearances are required around the HMI device to ensure sufficient self-ventilation:



Fuente: SIEMENS SIMATIC HMI device/KTP 600 Basic operating instructions

3.1.2 *Diseño.* Para la fácil visualización de la pantalla es necesario establecer que la caja estará sobre una mesa de trabajo alrededor de un 1,1 m de altura, y una altura promedio de las personas de 1,7 m y debido a que la distancia entre la cabeza y los ojos es promedio 10 cm a 15 cm la altura H será alrededor de 55 cm, mientras que la distancia entre la persona y un objeto de lectura como una pantalla es alrededor de 30 cm, D será igual a 30 cm, dp es la distancia al centro de la pantalla que en nuestro caso será alrededor de 10 cm por lo que:

Figura 32. Esquema del ángulo óptimo de visión de una pantalla



Fuente: Autores

$$L = \sqrt{H^2 + D^2} \quad (1)$$

$$L = \sqrt{55^2 + 30^2}$$

$$L = 62.65 \text{ cm}$$

$$a = \text{tg}^{-1}\left(\frac{H}{D}\right) \quad (2)$$

$$a = \text{tg}^{-1}\left(\frac{55}{30}\right) = 61.39^\circ$$

$$b = \cos^{-1}\left(\frac{ap}{L}\right) \quad (3)$$

$$b = \cos^{-1}\left(\frac{10}{61.39}\right) = 80.81^\circ$$

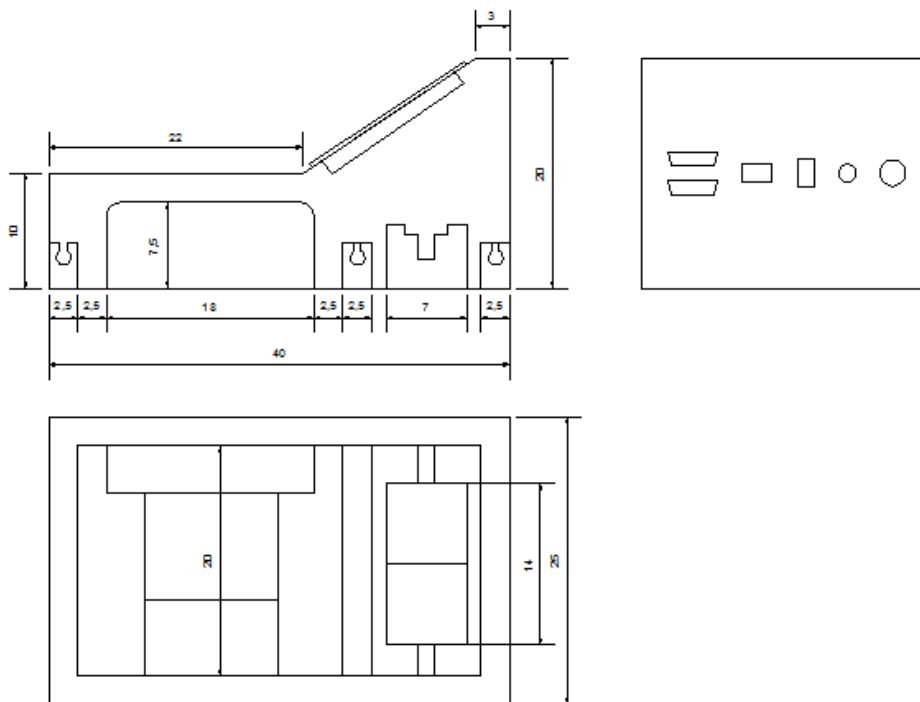
$$c = 180 - a - b \quad (4)$$

$$c = 180 - 61.39 - 80.81 = 37.8^\circ$$

Por lo que el ángulo para una mejor visión de la pantalla es de $37,8^\circ$ pero debido a recomendaciones del fabricante se diseña la caja con un ángulo de 35° para la pantalla.

Como se puede observar a continuación (Fig.33) se encuentra la disposición de cada uno de los equipos de control como son PLC, pantalla táctil, fuente de poder, tarjetas de comunicación, CSM, canaletas, etc., que irán ubicados dentro de la caja protectora, con el fin de tener más seguridad en cuanto a estos equipos ya que son los que le dan vida al módulo de indexación y sus procesos.

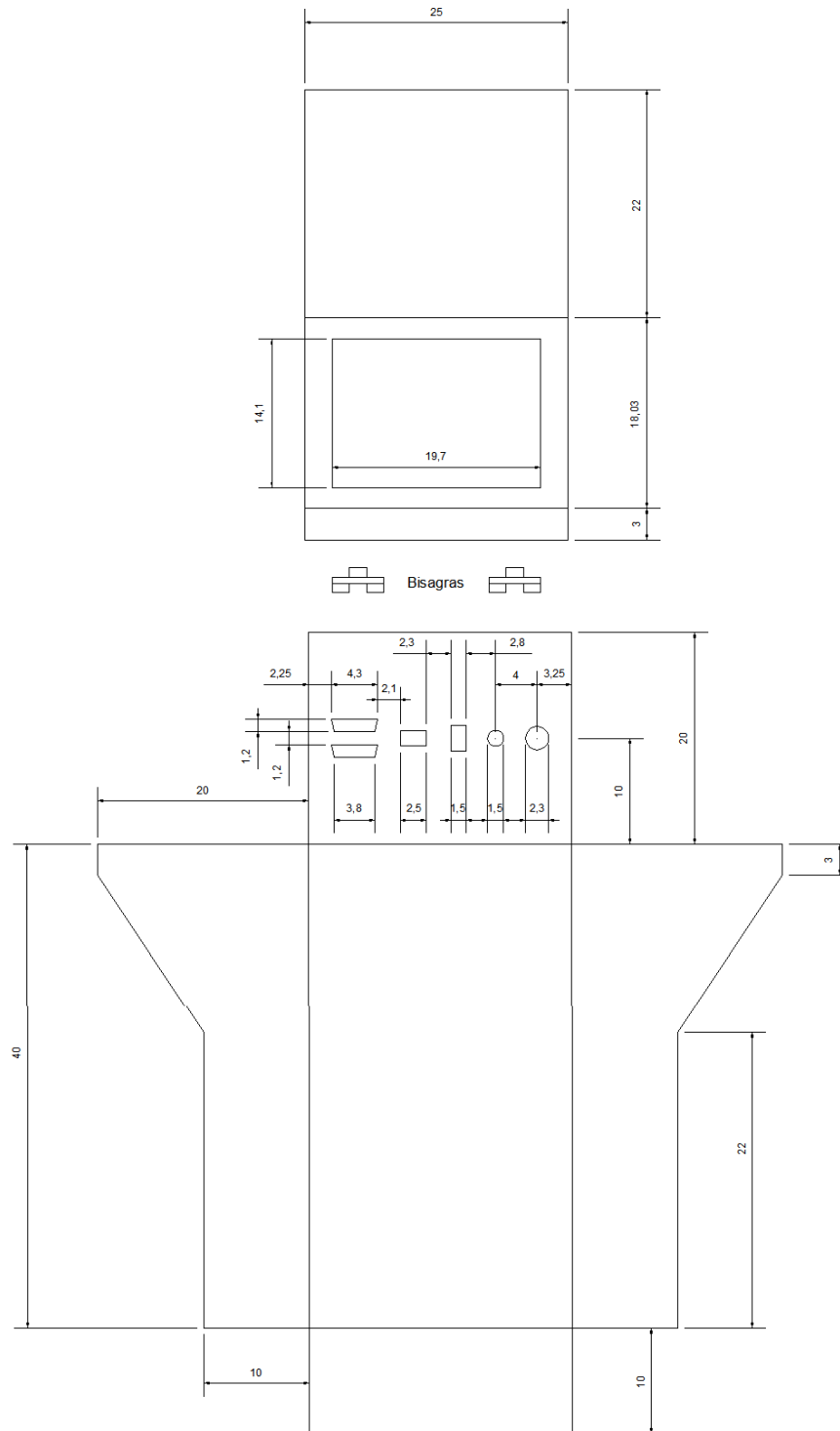
Figura 33. Disposición de los equipos dentro de la caja protectora



Fuente: Autores

De igual manera se puede observar en la Fig. 34 la afectación que sufre la lámina de tol para llevar a cabo la elaboración y el conformado de la caja protectora de los equipos.

Figura 34. Afectación de lámina de la caja de equipos



Fuente: Autores

3.1.3 Montaje de la caja para equipos

Figura 35. Etapas de montaje de la caja de equipos



Fuente: Autores

- 1) Caja ensamblada
- 2) Caja con los equipos
- 3) Cableado de los equipos
- 4) Forma final

3.2 Diseño y selección de mesa indexadora y componentes.

La mesa indexadora es el componente central del módulo de ahí su importancia y es necesario seleccionarla de manera adecuada, y diseñar sus componentes como son la guía para probetas para una mejor fijación de las mismas en la mesa en cada estación de trabajo así como las probetas.

3.2.1 *Diseño de probetas.* Las probetas deben ser lo suficientemente ligeras, manipulables y de un material que no tenga una alta resistencia al corte para facilitar el trabajo de la estación de taladrado por lo que se compara entre varios tipos de materiales:

Tabla 4. Comparación de materiales para probetas

Material	Costo	Fuerza esp. de corte	Posible ruptura de la pieza	Apariencia
MDF	Bajo	0,4 N/mm ²	Media	Alta
Nailon	Medio	0,6 N/mm ²	Baja	Alta
Aluminio	Alto	0,9 N/mm ²	Baja	Alta

Fuente: <https://es.scribd.com/doc/28351423/1/FUERZA-ESPECIFICA-DE-CORTE-VALOR-KC>

Por lo que las probetas serán de MDF o aglomerado de madera por ser más accesibles, y de mayor facilidad de maquinado.

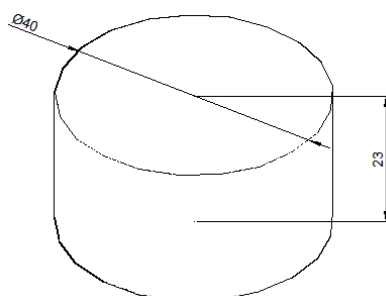
Figura 36. Otras propiedades del MDF

SUSTRATO	UNIDAD	ESPESOR/mm		
		12	15	18
Densidad	kg/m ³	620	620	620
Tolerancia		± 25	± 25	± 25
Resistencia a la tracción	N/mm ²	0.8	0.7	0.7
Tolerancia		± 0.15	± 0.15	± 0.15
Resistencia a la flexión	N/mm ²	28.0	28.0	28.0
Tolerancia		± 5	± 5	± 5
Hinchamiento Espesor 24hr (máximo)	% Max	15	12	10

Fuente: <http://www.placacentro.com/mex/productos/masisadiseno/mdf-smart/>

Las probetas las diseñamos con las siguientes medidas para la fácil manipulación de las mismas:

Figura 37. Dimensionamiento de probeta



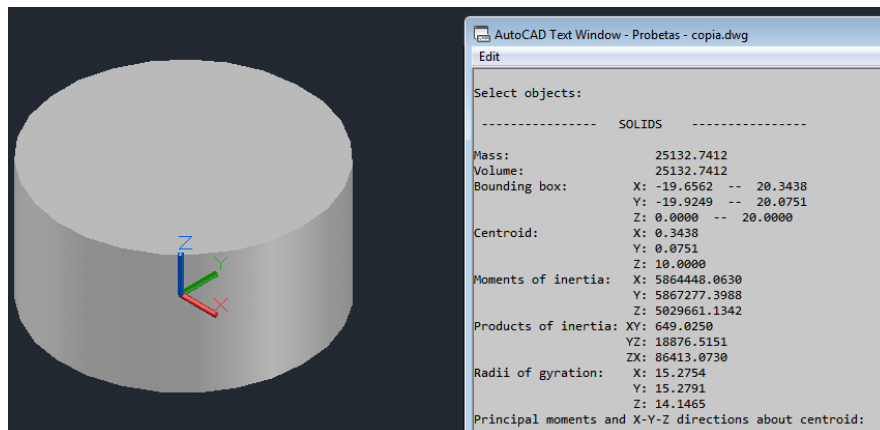
Fuente: Autores

3.2.2 *Diseño y selección de mesa indexadora.* Para la selección de la mesa indexadora se requiere tomar en cuenta tres parámetros que son:

- Numero de ciclos por minuto, que son el número de veces que gira la mesa indexadora en un minuto.
- El momento de inercia de las piezas a fabricar o a procesar.
- El diámetro de la mesa para poder ubicar las estaciones sin problemas de espacio para trabajar entre estaciones.

Mediante el software AutoCad podemos dibujar las probetas como sólidos y mediante el comando massprop podemos obtener información sobre masa, volumen, centros de masa, momentos de inercia, radios de giro, etc.

Figura 38. Datos de la probeta



Fuente: Autores

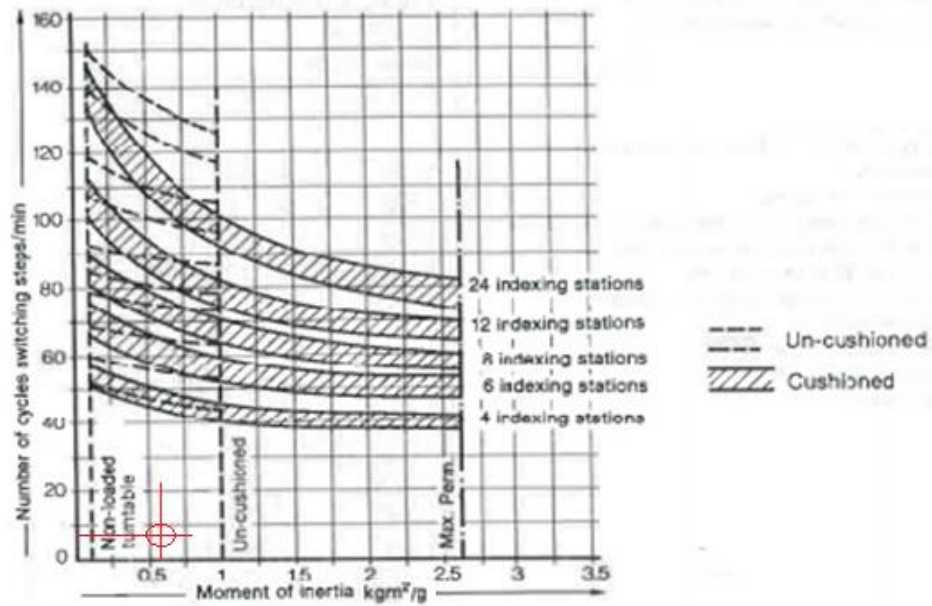
Donde obtenemos que el momento de inercia de las probetas respecto al eje z es de 5,029661 Kg m² y para la selección de la mesa se requiere dividir este valor para la gravedad lo cual arroja un valor de: 0,513 Kg m/s². Y mediante el diseño y selección de taladradora obtenemos los ciclos de operación en un minuto que son los calculados a continuación:

$$N \text{ ciclos} = \frac{60 \text{seg}}{T(\text{tiempo de maquinado seg})} \quad (5)$$

$$N \text{ ciclos} = \frac{60}{7,73}$$

$N \text{ ciclos} = 7,76 \text{ probetas en un minuto}$

Figura 39. Selección de la mesa indexadora

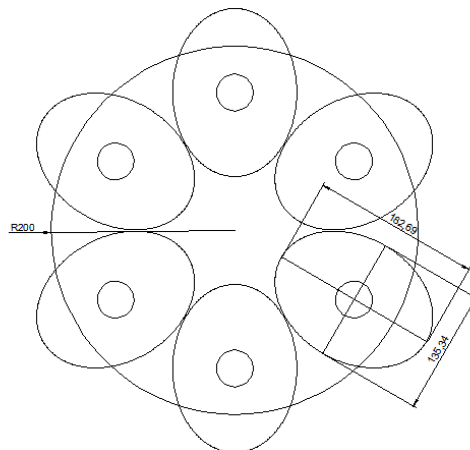


Fuente: FESTO, Pneumatic Rotary Indexing Tables

Por lo que se requiere de una mesa indexadora de 4 estaciones con movimiento no amortiguado, pero por oportunidad y existencia en el mercado se usa una mesa indexadora de 6 estaciones con movimiento amortiguado que supera las condiciones requeridas.

Y el tercer parámetro es el diámetro aproximado para un buen espacio de trabajo en cada estación sin posibilidad de colisiones.

Figura 40. Área de trabajo para cada estación con 40 cm de diámetro de mesa

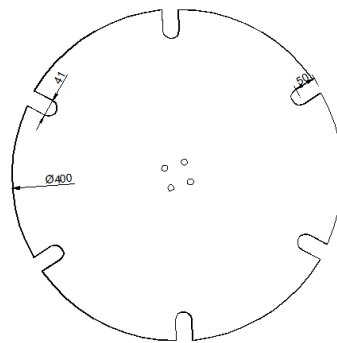


Fuente: Autores

3.2.3 *Diseño de guías para probetas.* La guía para las probetas es un componente que se instala en la mesa indexadora para facilitar la expulsión y los trabajos en las diferentes estaciones ya que adopta perfectamente la forma de las probetas y las mantiene en una posición fija respecto al centro de la mesa indexadora gira la misma.

Para lo cual se tiene como dato el número de estaciones de la mesa indexadora que son 6, el diámetro de las probetas 40 mm, el diámetro de la mesa de 400 mm y a la distancia que se quiere que trabajen las estaciones, el material para la construcción de la guía para probetas es acrílico para que tenga una mejor apariencia, y de un espesor de 3 mm suficiente para guiar y sostener a las probetas.

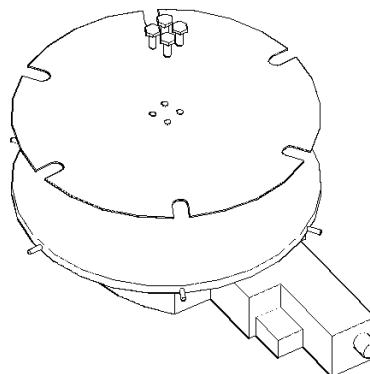
Figura 41. Guía para probetas



Fuente: Autores

3.2.4 *Montaje de guías para probetas.* La guía para probetas será fijada a la mesa indexadora mediante 4 pernos de 1/2" por 1".

Figura 42. Guía para probetas montaje



Fuente: Autores

3.3 Diseño y selección de taladro

Para la selección de un taladro es necesario saber el material a taladrar, para así poder calcular velocidades de corte, velocidad de avance, velocidad de giro de la broca y potencia del taladro.

3.3.1 *Velocidad de giro.* Se refiere a la velocidad de la taladradora generalmente expresada en rpm revoluciones por minuto, la velocidad de giro afecta de manera proporcional a la velocidad de corte y con respecto al diámetro afecta de manera inversamente proporcional.

Figura 43. Recomendación de rpm para taladrar según diámetro de la broca

Diámetro		Recomendación de rpm.						
IN	MM	Aluminio	Plástico	Fibra de vidrio	Cerámica-Azulejo	Aglomerado	Hierro Fundido	Pisos
—	—	1900	3500	270	700	3500	600	600
3/4	19.1	1700	3430	250	500	3430	410	550
7/8	22.2	1500	2940	210	430	2940	180	470
1	25.4	1300	2570	190	370	2570	150	410
1 1/8	28.6	1100	2290	170	330	2290	140	370
1 3/8	43.9	900	1870	140	270	1870	110	300
1 1/2	38.1	900	1710	120	250	1710	100	270
1 3/4	44.5	700	1470	110	210	1470	90	240
2	50.8	600	1290	90	190	1290	80	210
2 1/4	57.2	600	1140	80	170	1140	70	180
2 1/2	63.5	500	1030	70	150	1030	60	160
3	76.5	400	860	60	120	860	50	140
3 1/4	82.6	400	790	60	110	790	50	130
3 5/8	92.1	400	710	50	100	710	40	110
3 3/4	95.3	300	690	50	100	690	40	110
4 1/8	104.8	300	620	50	90	620	40	100
4 3/4	120.7	300	540	40	80	540	30	90
5	127.0	200	480	40	80	500	30	90
5 1/2	139.7	200	420	40	70	460	30	80

Fuente: <http://es.slideshare.net/genarova/10-capitulo-iiidoc>

Como el módulo de indexación va a ser dirigido a un laboratorio seleccionamos un diámetro de broca de 3 mm lo que equivale a 3500 RPM. Esto seleccionamos debido a que el módulo es con fines didácticos.

3.3.2 *Velocidad de corte.* Es la velocidad lineal de periferia de la herramienta de corte, depende de la velocidad de giro de la herramienta y del diámetro de la broca, pero existen tablas con velocidades recomendadas para cada tipo de material.

$$V_c \left(\frac{m}{min} \right) = \frac{n(\text{min}^{-1}) * \pi * D_c(\text{mm})}{1000 \left(\frac{mm}{m} \right)} \quad (6)$$

Dónde:

V_c = Velocidad de corte

n = Velocidad de rotación de la herramienta

D_c = Diámetro de la herramienta.

$$V_c \left(\frac{m}{min} \right) = \frac{3500 \text{ RPM} * \pi * 3 \text{ mm}}{1000 \left(\frac{mm}{m} \right)}$$

$$V_c = 32,98 \text{ m/min}$$

3.3.3 *Velocidad de avance.* El avance es la velocidad entre la pieza y la herramienta, depende principalmente del diámetro de la broca, la profundidad, el material de la pieza y la calidad de la broca que determinan el factor avance por revolución (frev) de donde la velocidad de avance se expresa como:

$$f \left(\frac{mm}{min} \right) = n(\text{rpm}) * f_{rev} \left(\frac{mm}{rev} \right) \quad (7)$$

Figura 44. Avance por revolución para taladrar en diferentes materiales

<u>Material</u>	<u>Avance/revolución (mm)</u>
Madera macisa, corte transversal	0,10 - 0,35
Madera seca, corte longitudinal	0,30 - 0,50
Madera verde, corte longitudinal	0,40 - 1,50
Plástico	0,05 - 0,15
Aluminio	0,03 - 0,10
Cobre	0,03 - 0,10
Latón	0,03 - 0,10
Tablero de virutas	0,08 - 0,25
Contrachapado	0,08 - 0,25
Tableros MDF / HDF	0,08 - 0,25
Lámina enchapada	0,08 - 0,25
Lámina laminada	0,08 - 0,25

Fuente: <http://www.placacentro.com/mex/productos/masisadiseno/mdf-smart/>

$$f \left(\frac{mm}{min} \right) = 3500 \text{ rpm} * 0,25 \left(\frac{mm}{rev} \right)$$

$$f = 875 \left(\frac{mm}{min} \right)$$

3.3.4 Potencia de corte. Es la potencia necesaria para realizar el mecanizado que depende de varios parámetros como la velocidad de avance, el material, el diámetro de la broca, etc.

$$P_c = A_c * p * f * \frac{FC}{60 * 10^6 * \rho} \quad (8)$$

Dónde:

P_c = Potencia de corte en kW

A_c = Diámetro de la broca en mm

f = Velocidad de avance mm/min

FC = Fuerza específica de corte N/mm^2

p = Profundidad de pasada mm

ρ = Rendimiento de la taladradora

Figura 45. Fuerza específica de corte para varios materiales

			Taladrado	Fresado		Roscado
			k	k_{C1}	z	k_C
Aplicación por grupo de material			Factor de material	N/mm^2	Factor de corrección	N/mm^2
1. Acero	1.1	Acero blando	1,3	1400	0,18	2000
	1.2	Acero de construcción/cementación	1,4	1450	0,22	2100
	1.3	Acero al carbono	1,9	1500	0,20	2200
	1.4	Acero aleado	1,9	1550	0,20	2400
	1.5	Acero aleado/temple y revenido	2,7	1600	0,20	2500
	1.6	Acero aleado/temple y revenido	3,4	1700	0,20	2600
	1.7	Acero aleado cementado	3,7	1900	0,20	2900
	1.8	Acero aleado cementado	4,0	2300	0,20	2900
2. Acero inoxidable	2.1	Acero inoxidable fácil mecanizado	1,9	1300	0,36	2300
	2.2	Austenítico	1,9	1500	0,32	2600
	2.3	Ferrítico, Ferr. + Aust., Marten	2,7	1600	0,24	3000
3. Hierro Fundido	3.1	Con grafito laminar	1,0	900	0,26	1600
	3.2	Con grafito laminar	1,5	1100	0,26	1600
	3.3	Con graf. laminar, fundic. maleable	2,0	1150	0,24	1700
	3.4	Con graf. laminar, fundic. maleable	1,5	1450	0,24	2000
4. Titanio	4.1	Titanio no aleado	1,4	900	0,20	2000
	4.2	Titanio aleado	2,0	1200	0,22	2000
	4.3	Titanio aleado	2,7	1450	0,22	2300
5. Nickel	5.1	Níquel no aleado	1,3	1100	0,12	1300
	5.2	Níquel aleado	2,0	1450	0,22	2000
	5.3	Níquel aleado	2,7	1700	0,22	2000
6. Cobre	6.1	Cobre	0,6	450	0,20	800
	6.2	β -Latón, bronce	0,7	500	0,30	1000
	6.3	α -Latón	0,7	600	0,32	1000
	6.4	Metal AMPCO	1,5	1600	0,36	1000
7. Aluminio Magnesio	7.1	Al, Mg, no aleado	0,6	250	0,22	700
	7.2	Al aleado con Si < 0,5%	0,6	450	0,18	700
	7.3	Al aleado con Si > 0,5% < 10%	0,7	450	0,18	800
	7.4	Al aleado, Si > 10% Reforzado por filamentos Al-aleados, Mg-aleados	0,7	500	0,15	1000
8. Materiales Sintéticos	8.1	Termoplásticos	0,6	1400	0,15	400
	8.2	Plásticos endurecidos por calor	0,6	1400	0,20	600
	8.3	Materiales plásticos reforzados	1,0	1600	0,30	800
9. Materiales duros	9.1	Cermetales (metales-cerámicas)	4,0	2600	0,38	>2800
10. MDF	10.1	Agglomerados	0,4	1200	0,15	200

Fuente: <https://es.scribd.com/doc/28351423/1/FUERZA-ESPECIFICA-DE-CORTE-VALOR-KC>

$$P_c = 3 \text{ mm} * 0,25 \text{ mm} * 875 \text{ mm/min} * \frac{0,4 \text{ N/mm}^2}{60 * 10^6 * 0,9}$$

$$P_c = 0,000004861 \text{ KW} = 0,00486 \text{ W}$$

Figura 46. Taladro manual seleccionado

MINI TALADRO RPSOKIT 1PK-500A-2



Datos técnicos:

- Mandril de expansión fácil de extraer
- Adaptador de alimentación DC 12 V/0.8A
- Velocidad de rotación (marcha en vacío) 8000 rotaciones/min
- Velocidad de rotación 3500 rotaciones/min
- Tipo de enchufe: F
- Dimensiones del maletín: 215 × 145 × 70 (mm)

Contenido:

Brocas: 0.5, 1.0, 1.5, 2.5, 3.0 mm
Mandriles de expansión: 0.5, 1.0, 1.5, 2.5, 3.0 mm
Puntas abrasivas: 5 uds.

Fuente: <http://Mercadolibre.com.ec>

Se selecciona el mini taladro RPSOKIT 1PK-500A-2 debido a que las revoluciones por minuto son las adecuadas para mecanizar MDF, es de fácil manipulación y fácil instalación para el módulo, soporta 12V y tiene una potencia más que suficiente para poder taladrar las probetas hechas de aglomerado.

3.3.5 *Tiempo de mecanizado.* Es el tiempo necesario para realizar el trabajo bajo los parámetros antes calculados, y nos servirá para saber cuántas piezas por minuto en una producción en serie y en masa podemos realizar, y para seleccionar la mesa indexadora.

Cabe destacar que la distancia de acercamiento debe ser apropiada para que las pinzas no colisionen con la broca ni con la probeta en el momento de giro de la mesa indexadora, que el tiempo es de subida y bajada del taladro por eso se multiplica por dos y un factor de seguridad para que la viruta sea expulsada correctamente.

$$T(\text{min}) = f_s \frac{2(\text{Distancia de acercamiento}(\text{mm}) + \text{Profundidad}(\text{mm}))}{f \left(\frac{\text{mm}}{\text{min}} \right)} \quad (9)$$

$$T = 2 * 1,2 * \frac{40mm + 7mm}{875 \left(\frac{mm}{min}\right)}$$

$$T = 0,1289 \text{ min} = 7,73 \text{ seg}$$

Por lo que en la programación del módulo se ocupa un tiempo de 8 segundos para el descenso y ascenso del cilindro que mueve al mini taladro.

3.4 Selección del palpador

Para la estación de medida se requiere la selección de un palpador o comparador digital el cual al igual que el reloj comparador mecánico es capaz de medir una deformación en un muelle, solo que al ser digital transforma la variación física del muelle mediante una resistencia variable a una señal de voltaje para ser visualizada mediante una pantalla como medida en caracteres conocidos como números, otra ventaja de los relojes comparadores digitales es que pueden tener una comunicación hacia un computador para toma de datos mediante un puerto que envía trama de datos y el computador es el encargado de descifrar la trama volviendo a transformar la señal en símbolos o letras o números entendibles para el humano, los requerimientos para la selección de este instrumento son, una apreciación de 0,01 mm, un rango mínimo de 12 mm, pantalla legible, fácil montaje, fácil manipulación. Para lo cual se compara entre varios palpadores en el mercado:

Figura 47. Palpador PANTEC



RELÓGIO COMPARADOR DIGITAL – MOD. CENTESIMAL

Informações
 Marca: PANTEC METROLOGIA DIMENSIONAL
 Modelo: Centesimal

Descrição do Produto

- Resolução 0,01mm
- Caixa metálica resistente a impactos
- Display com dígitos grandes, que facilitam a leitura
- Três teclas: Liga/desliga, zero e conversão mm/polegada
- Diâmetro do canhão 8mm
- Bateria SR44 – 1,5V
- Inclui estojo plástico
- Rango 0-12,7 mm

Fuente: <http://www.pantecbrasil.com.br/produtos/relogios-comparadores/relogio-comparador-digital-caixa-metalica>

Figura 48. Palpador MITUTOYO

Mitutoyo



434062

Reloj comparador digital - Rango (0...12,5) mm - Resolución 0,01 mm - Diámetro ø61 mm - Indicación de punto cero en cualquier posición - Suministrado en caja de plástico

Fuente: <http://www.femto.es/reloj-comparador-digital-centesimal-indicacion-de-punto-cero-en-cualquier-posicion-9668serie-4340609658-p-1-50-3773>

Por disponibilidad en el mercado y por tener un mayor rango y mejor precio se escoge el palpador PANTEC con una resolución de 0.01 mm y de 12,7 mm de rango.

3.5 Diseño y selección de banda transportadora

Para diseñar la banda transportadora de las probetas en su etapa inicial, se requiere tomar en cuenta la longitud de la misma así como el tipo de probetas, su geometría, y la velocidad requerida para su fin.

3.5.1 Masa de bultos y banda. La masa de bultos se refiere a todas las cargas que serán transportadas sin tomar en cuenta la banda transportadora, al enviar por la banda transportadora de una en una las probetas la fórmula es:

$$M = (m * Lt) \quad (10)$$

Dónde:

M = Masa de bultos

m = Masa de probeta

Lt = Longitud total de la banda

$$m = \delta * D^2 * \pi * \frac{H}{4} \quad (11)$$

Dónde:

m = Masa de probeta

D = Diámetro de la probeta

H = Altura de la probeta

δ = Densidad de MDF

$$m = \frac{620kg}{m^3} * (0,04m)^2 * \pi * \frac{0,023m}{4}$$

$$m = 0,018 kg$$

Si la distancia de traslado es de 13,5 cm desde el inicio requerido de la banda hasta la sujeción de la probeta mediante un sistema de pinzas, para que la siguiente probeta no sufra colisiones, y para que mantenga estética se tomara la misma medida de la banda al otro extremo siendo L_t 27 cm.

$$M = (m * L_t)$$

$$M = 0,018 kg * 0,27m$$

$$M = 0,0048 kg m$$

Para el cálculo de la masa de la banda se requiere los parámetros geométricos de la misma como son ancho, longitud total y la masa de la banda por metro cuadrado.

$$M_b = (L_b * A_b * m_b) \quad (12)$$

Dónde:

M_b =Masa de la banda

L_b = Longitud total

A_b = Ancho de la banda

m_b = Masa de la banda por metro cuadrado

Figura 49. Masa por metro cuadrado de bandas

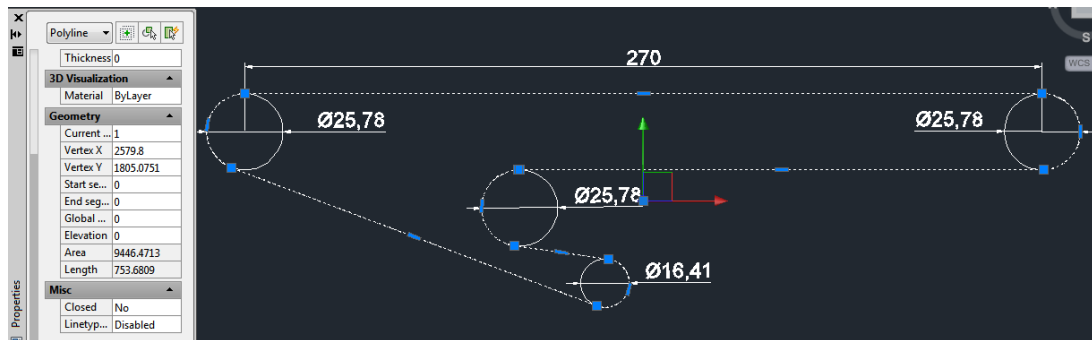
Programa de suministro estándar	Datos técnicos, propiedades y recomendaciones, aplicaciones	N° de artículo	Espesor total aprox. [mm]	Peso aprox. [kg/m ²]	Fuerza de tracción con un 1% de alargamiento después de la estiración (F_{100}) [N/mm de ancho]*	d_{min} aprox. [mm]**	Temperatura de servicio admisible [°C]
E 3/2 U0/U/C FEIN	blanco	999638	1,4	1,4	2	r 3-8	-10/+100
E 3/2 U0/U/C GROB-NA	transp.	906407	2	1,7	2	r3	-30/+100
E 3/2 U0/U/2 HACCP-FF FDA	azul	906664	1,45	1,6	5	r 3-8	-30/+100
E 3/2 U0/U/2 HACCP	blanco	900103	1,45	1,6	5	r 3-8	-30/+100
E 4/1 P2/P2 MT/MT-HC	negro	906396	0,75	0,8	4	60/80	-30/+100
E 4/1 U0/V5H.MI	verde	900171	1,1	1,25	4	30	-10/+70
E 4/2 U0/P2 MT-HC	negro	906212	0,9	1	4	60	-30/+100

Fuente: SIEGLING 2011

De donde se determina que la masa de la banda por metro cuadrado es de 1 kg para el tipo U0/P2 MT-HC.

Para calcular la longitud total de la banda se usa el software AutoCad, dibujando el cilindro motriz, un tensor de banda y dos rodillos entre los cuales se desplazara la banda transportando las probetas.

Figura 50. Dimensionamiento banda

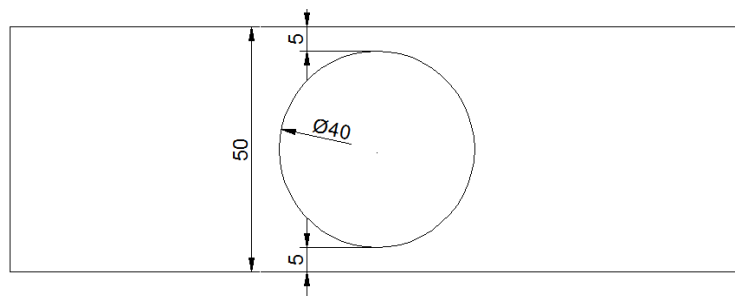


Fuente: Autores

La longitud total de la banda es de 75,36 cm.

Para determinar el ancho de la banda se toma la medida de la probeta y aumentaremos un 25 % más de la diagonal de mayor longitud de la base de la probeta que en este caso al ser un cilindro se toma el diámetro (4 cm).

Figura 51. Determinación de ancho de banda



Fuente: Autores

$$Ab = D * 1,25 \quad (13)$$

$$Ab = 4 * 1,25 \text{ cm}$$

$$Ab = 5 \text{ cm} = 0,05\text{m}$$

Por lo que:

$$Mb = (0,75368m * 0,05m * 1kg/m^2)$$

$$Mb = 0,0377kg$$

3.5.2 Fuerza tangencial. La fuerza tangencial es la fuerza necesaria para vencer la fricción entre la banda, rodillos y la superficie que sostiene la banda para poder transportar la masa que se desea desplazar.

$$Fu = \mu_t * g \left(M + \left(\frac{M_b}{2} \right) \right) + \mu_R * g \left(M_R + \left(\frac{M_b}{2} \right) \right) + \mu_{ST} * g * m \quad (14)$$

Dónde:

Fu = fuerza tangencial

μ_t = Coeficiente de fricción para la mesa

g = gravedad

μ_R = Coeficiente de fricción para el rodillo

M_R = Masa del rodillo

μ_{ST} = Coeficiente de fricción para la acumulación

m = es masa de probeta

M = es masa de bultos

Para lo cual se utiliza los factores de fricción estática para el tipo de banda seleccionado U0/P2 MT-HC.

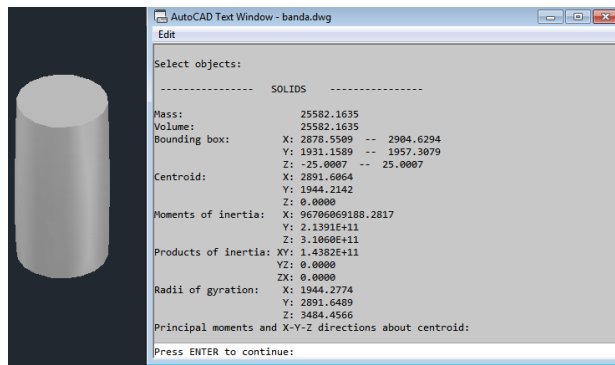
Figura 52. Coeficientes de fricción para U0/P2 MT-HC

	0, A0, E0, T, U0, P	NOVO	U1, V1, VH	UH, V2H, U2H, E0, A0, V5H, V10H
μ_T (mesa)	0,33	0,33	0,5	0,5
μ_R (rodillo)	0,033	0,033	0,033	0,033
μ_{ST} (acumulación)	0,33	0,33	0,5	0,5

Fuente: SIEGLING 2011

MR es el valor de la masa de los rodillos, cuyo dato se obtiene mediante el comando massprop en el software AutoCad. Donde su valor es de 0,025582 kg

Figura 53. Masa de rodillos



Fuente: Autores

$$F_u = 0,33 * 9,8 \left(0,018 + \left(\frac{0,0377}{2} \right) \right) + 0,033 * 9,8 \left(0,0256 + \left(\frac{0,0377}{2} \right) \right) + 0,33 * 9,8 * 0,018$$

$$F_u = 0,192 N$$

3.5.3 Fuerza de tracción. La fuerza de tracción es el parámetro que permite dimensionar la potencia del motor ya que es la fuerza que será aplicada por el tambor motriz para mover la banda y las probetas.

$$F = F_u * C_1 \tag{15}$$

Figura 54. Coeficiente C1 para banda transportadora

Recubrimiento de la cara inferior Siegling Transilon	V3, V5, U2, A5, E3			V1, U1, UH, U2H V2H, V5H			0, U0, NOVO, E0, A0, T, P		
	180°	210°	240°	180°	210°	240°	180°	210°	240°
Tambor de acero liso									
Seco	1,5	1,4	1,3	1,8	1,6	1,5	2,1	1,9	1,7
Mojado	3,7	3,2	2,9	5,0	4,0	3,0	No recomendable		
Tambor con forro de fricción									
Seco	1,4	1,3	1,2	1,6	1,5	1,4	1,5	1,4	1,3
Mojado	1,8	1,6	1,5	3,7	3,2	2,9	2,1	1,9	1,7

Fuente: SIEGLING 2011

Dónde:

F = Fuerza de tracción máxima

C₁ = Coeficiente del material

$$F = 0,192 N * 2,1$$

$$F = 0,403 N$$

Fuerza que se utilice para el cálculo de la potencia del motor.

3.5.4 *Motor y reductor de velocidad.* Para el cálculo de la potencia del motor y selección del motor para la banda y reductor de velocidad es necesario imponerse la velocidad a la que se desea que la banda transporte las probetas, la cual debe ser adecuada para fines educativos, por lo que una velocidad apropiada es de 25cm/s o de 0,25m/s.

$$P = F * V \quad (16)$$

Dónde:

P = Potencia del motor de la banda transportadora

V = Velocidad de la banda transportadora

F = Fuerza de tracción máxima

$$P = 0,403N * 0,25m/s$$

$$P = 0,1 W$$

Para la potencia mecánica es necesario aumentar la potencia requerida por un factor de rendimiento del reductor de velocidad de 0,9.

$$P_{mec} = \frac{P}{0,9} \quad (17)$$

$$P_{mec} = \frac{0,1}{0,9}$$

$$P_{mec} = 0,11W$$

Para la potencia eléctrica del motor es necesario aumentar la potencia mecánica por un factor de rendimiento del motor de 0,9.

$$P_{elec} = \frac{P}{0,9}$$

$$P_{elec} = \frac{0,11}{0,9}$$

$$P_{elec} = 0,123 W$$

Por lo que se selecciona un motor de imán permanente de 12 V y 0,01 A que me brinda una potencia eléctrica de 0,12 W.

Figura 55. Selección de motor para la banda

DC motors								
MODEL		VOLTAGE		NO LOAD		STALL		DIMENSION
		NOMINAL	SPEED	CURRENT	TORQUE	CURRENT		
		V	r/min	A	mN·m	g·cm	A	
<input type="checkbox"/> RS-645VA	24135	22.6	3700	0.060	203	2069	3.48	φ38.5×50.0
<input type="checkbox"/> FK-130RH	15210	4.8	8300	0.075	4.17	43	1.03	φ20.4×15.4×25.1
<input type="checkbox"/> RK-370CA	10800	24	5100	0.015	16.7	170	0.45	φ24.4×30.8
	15370	12	5500	0.032	18.4	188	1.07	φ24.4×30.8
<input type="checkbox"/> 081050	081050	24	3900	0.010	10.8	110	0.22	φ24.4×30.8
<input type="checkbox"/> RS-365PH	16120	18	10200	0.11	40.3	411	2.69	φ29.2×32.6
<input type="checkbox"/> RS-385PH	16140	24	8700	0.070	56.4	575	2.35	φ29.2×37.8
	17120	23.5	8600	0.076	73.8	752	3.05	φ30.0×37.8
<input type="checkbox"/> RS-445PA	14233	42	6500	0.060	81.8	834	1.47	φ32.1×47.0
	15200	42	7600	0.067	93.7	955	1.98	φ32.1×47.0
MODEL		VOLTAGE		NO LOAD		STALL		DIMENSION
		NOMINAL	SPEED	CURRENT	TORQUE	CURRENT		
		V	r/min	A	mN·m	g·cm	A	
<input type="checkbox"/> RS-445PD	18140	42	9300	0.070	134	1366	3.35	φ33.5×47.0
<input type="checkbox"/> RS-455PA	15205	42	5500	0.055	111	1131	1.72	φ33.5×52.0
<input type="checkbox"/> RS-555PC	3550	12	4800	0.17	221	2253	9.90	φ38.5×57.0
	25110	20	3600	0.070	186	1896	3.82	φ38.5×57.0

Fuente: http://www.mabuchi-motor.co.jp/cgi-bin/search/e_use.cgi

De donde obtenemos que el motor RK-370CA modelo 15370 de Mabuchi tiene los parámetros requeridos para mover la banda y las probetas y nos entrega una velocidad de 5500 RPM.

Y mediante la relación de velocidad de RPM por el radio del rodillo motor a la velocidad requerida de 25 cm/s se selecciona el reductor de velocidad adecuado.

Para calcular el torque y rpm requeridas se utiliza:

$$\text{Torque} = F * \text{radio} \quad (18)$$

$$\text{Torque} = 0,403N * 0,0125m$$

$$\text{Torque} = 0,005Nm$$

$$\omega = \frac{V}{\text{radio}} \quad (19)$$

$$\omega = \frac{0,25m}{0,0125m}$$

$$\omega = 20 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 190\text{rpm}$$

$$\text{Relacion de velocidades} = \frac{5500}{190} = 28,9 \approx 30$$

Figura 56. Reductor de velocidad Mellor

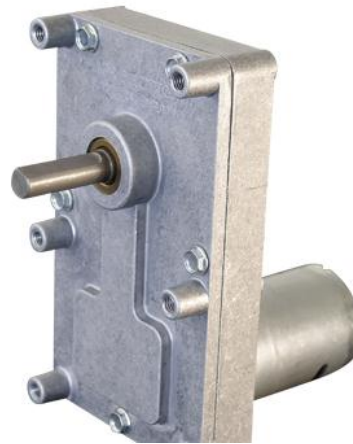
T3 Series DC Gear Motor Units

The heavyweight of our range, the FBT3 DC gear motor is a low speed, high torque unit designed with pellet fired appliances and fresh brew vending systems in mind, although it is equally suited for many other applications. High quality engineering ensures a quiet and long running life. Available with SC9 AC, Synchronous AC, DC and Brushless DC versions to suit a wide range of applications. Output shaft length and diameter to suit individual customer requirements.

FBD - Motorreductor DC serie T3

Disponible con el motor 5 o 7 de la serie FRS en DC

Par de salida: Hasta 35Nm en función de la velocidad y tamaño de motor



Fuente: http://www.melloelectrics.co.uk/t3_dc_geared_motors_es.html

Figura 57. Relaciones de transmisión de T3 Dc Mellor

FB T3 SERIES	
Cat no.	1
FBS/FBL75 T3	19
FBS/FBL100 T3	26
FBS/FBL125 T3	32
FBS/FBL150 T3	38
FBS/FBL200 T3	51

Fuente: http://www.melloelectrics.co.uk/tablas/t3_dc_geared_motors_es.html

Por lo que se escoge la caja de reducción FBS/FBL125 T3 de una relación de transmisión igual a 32 es que es la más cercana a la de 28,9 obteniendo así una velocidad final en la banda de:

$$V = \frac{\omega_{motor}}{I} * d \tag{20}$$

$$V = \frac{5500rpm}{32} * \frac{1min}{60seg} * \frac{2\pi rad}{1 rev} * 0,0125m$$

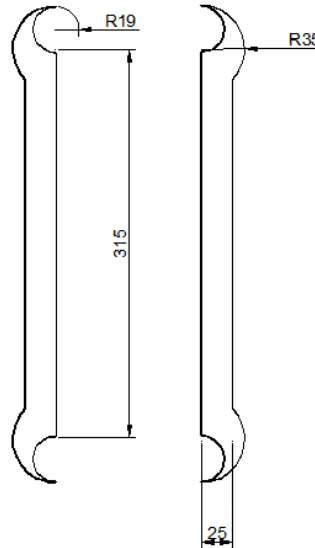
$$V = 0,225m/s$$

3.6 Diseño y selección de sistema de pinzas

El sistema de pinzas está dividido en 4 partes las cuales se refieren a los grados de libertad del movimiento que son 3 y al agarre que es la fuerza de sujeción de la probeta.

3.6.1 *Diseño de pinzas.* El diseño de las pinzas se realiza teniendo en cuenta la geometría de la probeta, al igual que el factor de fricción adecuado para que en los diferentes movimientos la probeta no tienda a resbalarse y caer, y la estética de la misma.

Figura 58. Dimensionamiento de pinzas



Fuente: Autores

El material de las pinzas se selecciona mediante la siguiente comparación:

Tabla 5 Comparación de diversos materiales para pinzas

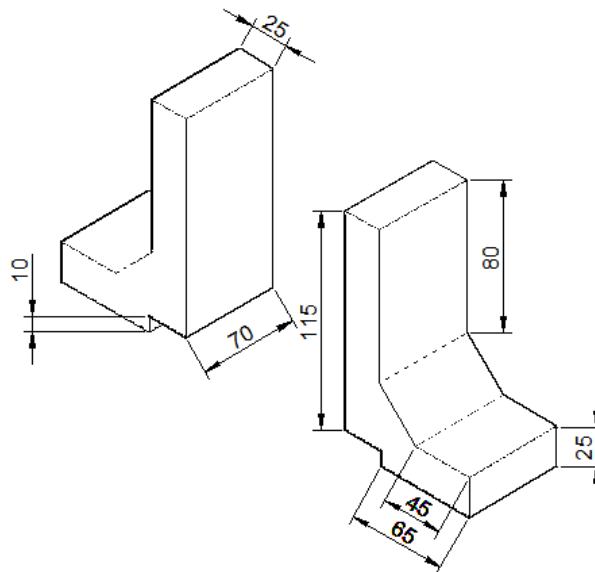
Material	Coefficiente de Fricción	Costo	Estética
Madera	0,7	Bajo	Bajo
Acrílico	0,55	Medio	Alto
Aluminio	0,38	Alto	Alto

Fuente: Autores

Por lo que las pinzas se realizan de acrílico del mayor espesor en el mercado local siendo de 5 mm para una mayor área de agarre.

Para el soporte de las pinzas se toma en cuenta que el sistema de apertura y cierre al girar no pueda sufrir colisiones por lo que las pinzas se separan del sistema una altura h apropiada y que sea de una densidad baja para no provocar un aumento excesivo de peso por lo que se las hace de MDF por la facilidad de maquinado.

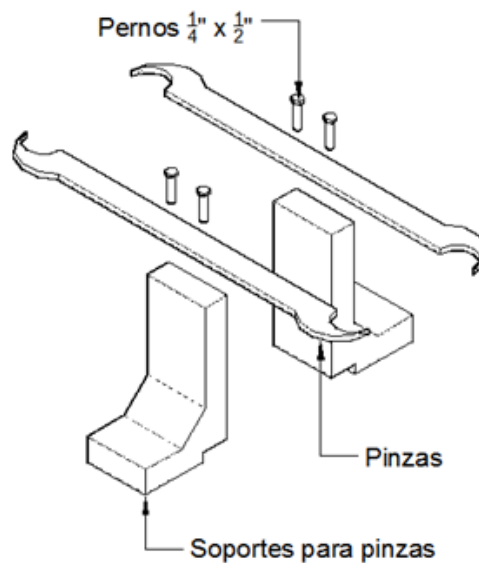
Figura 59. Dimensionamiento de soporte para pinzas



Fuente: Autores

Para el ensamblaje de pinzas se requiere:

Figura 60. Ensamblaje de pinzas

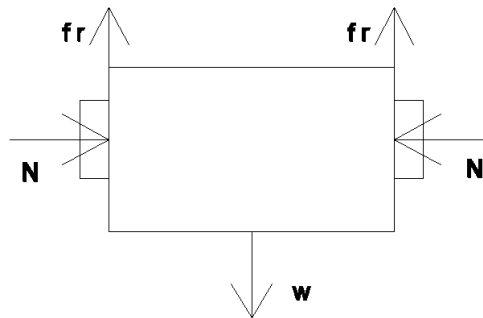


Fuente: Autores

3.6.2 *Sistema de apertura y cierre de pinzas.* El sistema de apertura y cierre de pinzas es el encargado de crear la fuerza de agarre necesaria en la punta de las pinzas para sujetar la probeta sin que se resbale en los demás movimientos, será diseñado con dos cilindros semejantes a los costados unidos paralelamente sus alimentaciones neumáticas, y son comandados por una sola electroválvula.

La fuerza necesaria para la sujeción viene dada por:

Figura 61. Diagrama de cuerpo libre sujeción probeta



Fuente: Autores

$$fr = N * \mu > \frac{w}{2} = g * \frac{m}{2} \quad (21)$$

Dónde:

fr = Fuerza de fricción

w = Peso de la probeta

N = Fuerza aplicada por el cilindro neumático

μ = Coeficiente de fricción estática

Figura 62. Factor de fricción estática madera-acrílico

Madera-Acrílico.

x (cm)	y (cm)	$\mu_s = \frac{y}{x}$
24,5	12,5	0,51
23,2	11,6	0,50
20,1	10,4	0,52
20,9	10,6	0,51
18,9	9,8	0,52

Fuente: <http://es.slideshare.net/christianmarin3914/laboratorio-rozamiento>

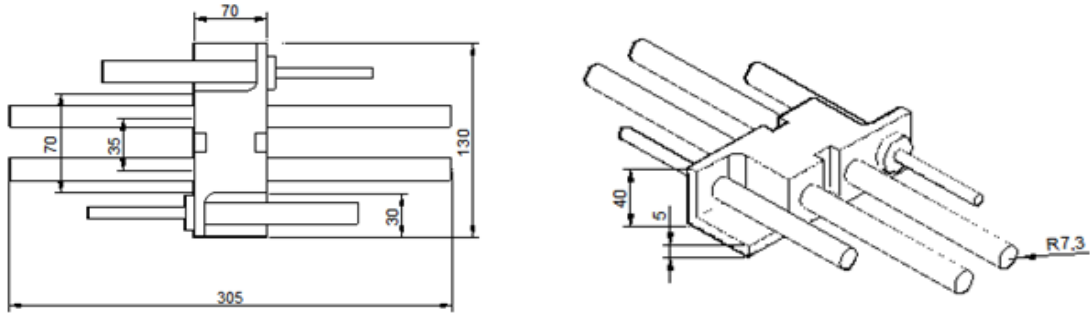
$$N > g * \frac{m}{2\mu}$$

$$N > 9,8 \frac{m}{s^2} * \frac{0,018kg}{2 * 0,51}$$

$$N > 0,173N$$

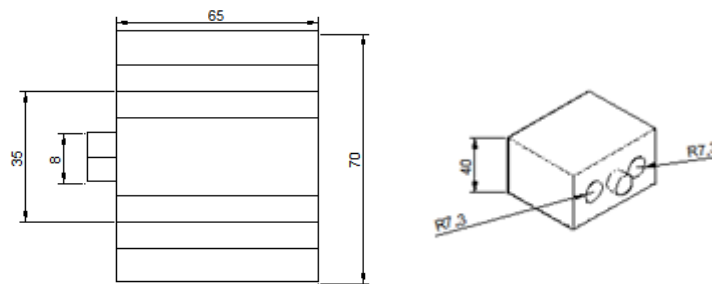
Esta fuerza va a ser sometida por 2 cilindros que moverán dos carros guías, la apertura debe ser mayor al doble del diámetro de la probeta para que no sufran colisiones, la Fuerza N se usa para seleccionar los cilindros adecuados en el punto 3.7.5

Figura 63. Dimensionamiento sistema de cierre de pinzas



Fuente: Autores

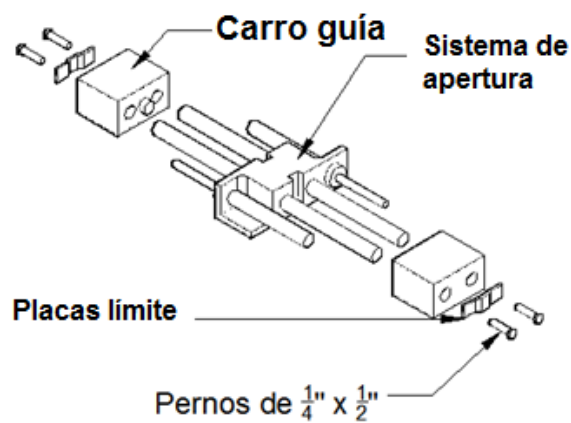
Figura 64. Dimensionamiento de los carros guías



Fuente: Autores

Para el ensamblaje del sistema de giro se requiere de:

Figura 65. Ensamble sistema de apertura pinzas



Fuente: Autores

3.6.3 Sistema de giro de pinzas. Para el sistema de giro de pinzas se utiliza un actuador neumático de giro de 180° el cual brinda un posicionamiento perfecto en cada giro.

Para la selección del cilindro giratorio se requiere conocer la sumatoria de todos los torques a los cuales va a estar sometido siendo estos, los torques de la probeta, las pinzas y el sistema de apertura y cierre de pinzas.

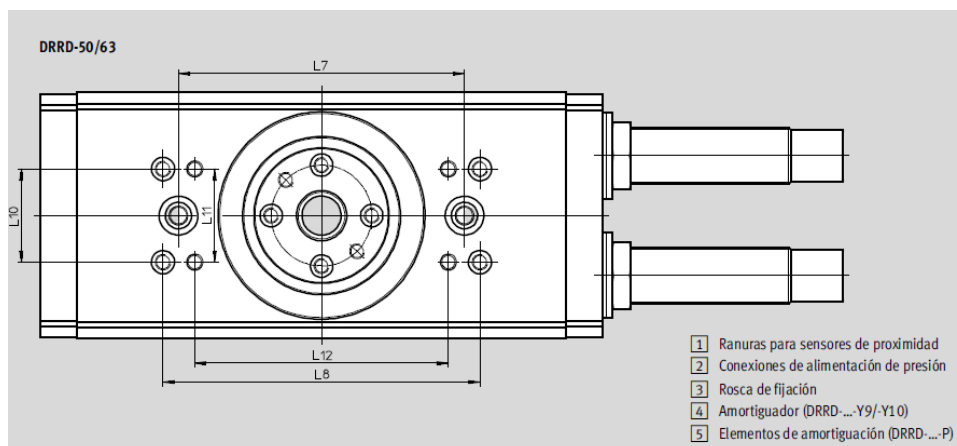
Tabla 6. Torques para selección de actuador giratorio

Parte	Masa Kg	Peso N	Distancia m	Torque Nm
Probeta	0,018	0,1764	0,178	0,0313992
Pinzas	0,23	2,254	0,95	2,1413
Soporte pinzas	0,54	5,292	0,12	0,63504
Sistema de Apertura	1,5	14,7	0,12	1,764
Cilindros Apertura	Aprox 1	9,8	0,085	0,833
Total				5,4047392

Fuente: Autores

Con el valor de 5,4 Nm se selecciona el actuador giratorio en catálogos.

Figura 66. Actuador giratorio



Fuente: Catálogo FESTO 2015

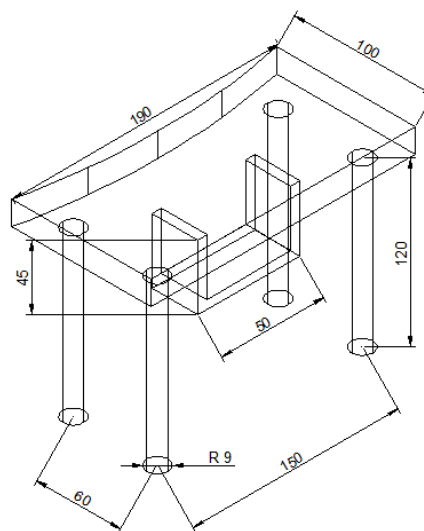
Por lo que se selecciona el actuador giratorio marca FESTO modelo DRRD-50/63 que consta con un torque de 120 N m de capacidad debido a que los modelos de mejor torque no existían en mercado.

3.6.4 *Sistema de levantamiento de pinzas.* Para el levantamiento de pinzas se requiere un sistema basado en un cilindro capaz de soportar el peso del actuador giratorio junto al sistema de apertura y cierre, más las pinzas en sí, que no gire y que no pueda sufrir descompensación de peso hacia cualquiera de sus costados por lo que se requiere de guías para su estabilidad.

El sistema se divide en tres partes, el actuador capaz de levantar todo el peso combinado, el soporte del sistema de giro, apertura y pinzas, y la base donde se asienta el cilindro.

Para el soporte del sistema de giro se requiere las medidas del actuador de giro neumático, para diseñar una base que sea lo suficientemente amplia para contener la base del actuador, y en las esquinas se coloca guías para evitar el giro y para evitar cualquier descompensación de peso que pueda pandear al cilindro neumático, estas guías deben ser lo suficientemente largas para recorrer toda la carrera del cilindro que es la que nosotros deseamos para poder liberar las probetas y girara las pinzas sin que colisionen.

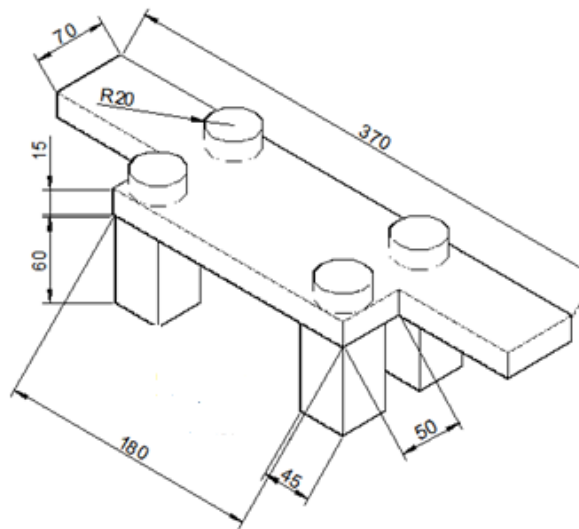
Figura 67. Soporte de sistema de giro de pinzas



Fuente: Autores

Para la base del cilindro se debe tener en cuenta que debe tener estabilidad por los movimientos que se producirán en la parte superior de la misma, y deben tener un sistema de lubricación de las guías, como también un soporte para cilindro que levanta el sistema.

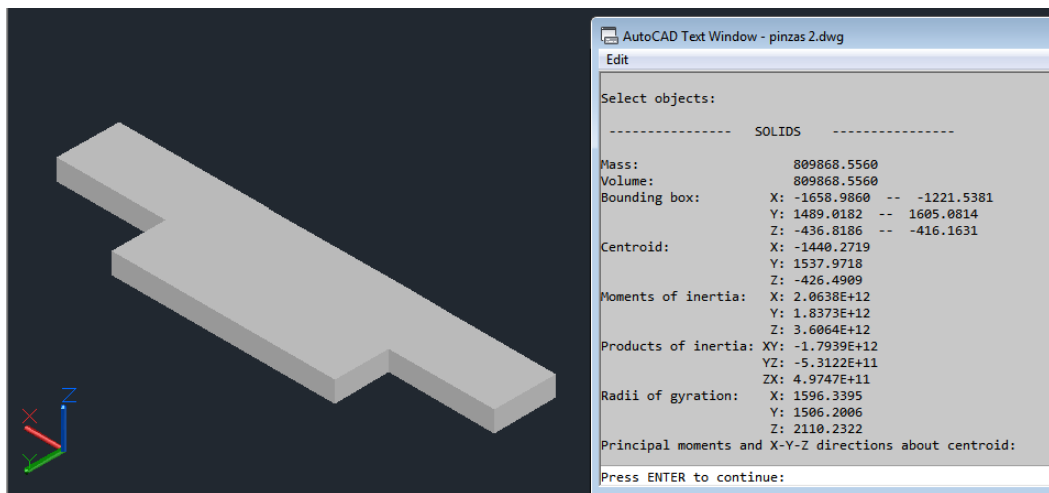
Figura 68. Base de las pinzas dimensionamiento



Fuente: Autores

Las características geométricas de inercia para evitar que la base gire cuando se produzcan los movimientos las determinamos mediante el software AutoCad con el comando massprop.

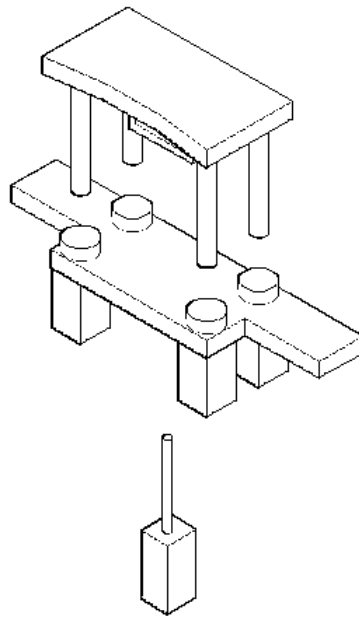
Figura 69. Inercia de la base de las pinzas



Fuente: Autores

El ensamblaje del sistema de levantamiento de pinzas viene dado en la Fig. 70, el consta en sí de un cilindro compacto y unas guías las cuales impiden que éste sistema se desplace hacia los lados.

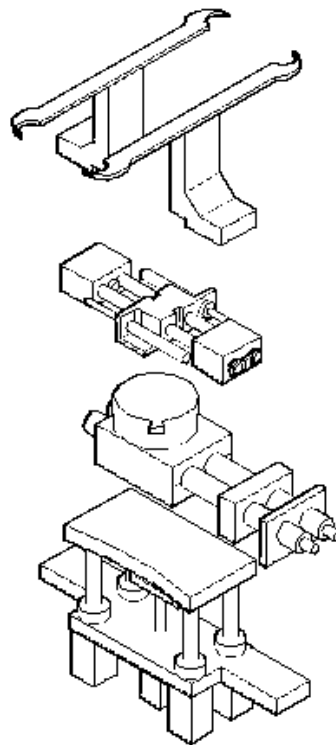
Figura 70. Ensamble de sistema de levantamiento de pinzas



Fuente: Autores

El ensamblaje de todo el sistema de pinzas se describe a continuación.

Figura 71. Ensamblaje del sistema de pinzas completo



Fuente: Autores

3.7 Diseño y selección de cilindros y neumática

Dentro del módulo son 5 tipos de cilindros a utilizar uno para la estación de taladrado, uno para la estación de medido, uno para la estación de expulsado, uno para el sistema de levantamiento de pinzas y dos para el sistema de apertura y cierre de pinzas.

3.7.1 *Cilindro estación de taladrado.* Para la selección del cilindro se debe tomar en cuenta la fuerza ejercida por el taladro en el momento de taladrar.

$$Fa = Kc * p * \left(\frac{Dc}{\cos\alpha} \right) * \text{sen}\beta \quad (22)$$

Dónde:

Fa = fuerza de avance

Kc = resistencia específica de corte

Dc = diámetro de la broca

p = avance por revolución en mm

α = mitad del ángulo suplementario de la punta de la broca

β = ángulo de hélice

Se toma los ángulos estándar de las brocas para madera que son:

$$\alpha = 90 - 59 = 31^\circ$$

$$\beta = 60^\circ$$

$$Fa = \frac{0,4N}{mm^2} * 0,25 mm * \frac{3mm}{\cos(31)} * \text{sen}(60)$$

$$Fa = 0,303N$$

Como dato se tiene que los cilindros neumáticos están diseñados para trabajar a una presión de 5 bar por lo que podemos determinar el área del cilindro.

$$A = F / Pr \quad (23)$$

$$A = \frac{0,303N}{500000Pa}$$

$$A = 6,06 \times 10^{-7} m^2 = 0,606 mm^2$$

Dónde:

A = Área del cilindro

F = Fuerza

Pr = Presión

Con esta área y mediante una aproximación del vástago y cilindro de 1/3 del diámetro se puede determinar el diámetro necesario para el taladro.

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad (24)$$

$$A = \frac{\pi}{4} \left(D^2 - \frac{D^2}{9} \right)$$

$$A = \frac{2\pi}{9} (D^2)$$

$$D^2 = \frac{9A}{2\pi}$$

$$D = \sqrt{9 * \frac{0,606mm^2}{2\pi}}$$

$$D = 0,93 \text{ mm}$$

El resultado es de un diámetro de un milímetro pero por cuestiones estéticas de esbeltez y por disponibilidad en el mercado se adquiere un cilindro de mayor diámetro.

Y para la carrera del cilindro se requiere que sea la sumatoria de la distancia de aproximamiento (suficiente para no colisionar con el sistema de pinzas) más 8 mm de perforación.

$$C = 40mm + 8mm = 48mm$$

Con una carrera mínima de 48 mm y diámetro mayor a 10 mm para cumplir una relación de esbeltez de 1 a 5 aproximadamente procedemos a seleccionar un cilindro del mercado.

El modelo MA16x50 tiene los parámetros de diámetro 16 mm y de carrera 50 mm.

Figura 72. Cilindro de taladro THKPC



Model No: MA 16x50
 Place of Origin: Zhejiang,China (Mainland)
 Brand Name: THKPC or OEM
 Special Groups: Pneumatic Cylinders

Specification					
Bore	16	20	25	32	40
Motion Pattern	Double Action				
Working Medium	Air				
Fixed Type	Basic Type, FA Type , LB Type, SDB Type				
Operating Voltage Range	1-9Kgf/cm ²				
Ensured Pressure Resistance	13.5Kgf/cm ²				
Operating Temperature Range	0-70°C				
Operating Speed Range	50-800mm/s				
Buffer Stroke	Buffer Spacer				
Joint Pipe Bore	M5×0.8	G1/8			

Fuente: www.THKPC.com/products/mini-cilinders

Para determinar que el cilindro seleccionado puede soportar las fuerzas a las cuales es sometido se calcula la fuerza a la cual pandea.

$$K = \pi^2 * E * \frac{I}{Lp^2} \quad (25)$$

Dónde:

K = Carga de pandeo

I = Inercia

E =Módulo de elasticidad aprox. $2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$

Lp = Longitud libre de pandeo

La inercia de un cilindro viene dada por:

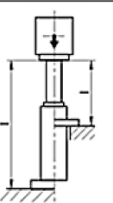
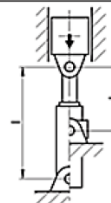
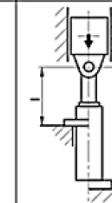

$$I = \pi * \frac{D^4}{64} \quad (26)$$

$$I = \pi * \frac{16^4}{64}$$

$$I = 3217 \text{ mm}^4$$

Figura 73. Longitud de pandeo según apoyos

CALCULO DE LA LONGITUD DE PANDEO L_p

		SOLICITACIONES SEGUN EULER STRESS IN ACCORDANCE WITH EULER							
		CASO 1	CASE 1	CASO 2	CASE 2	CASO 3	CASE 3	CASO 4	CASE 4
SITUACION MONTAJE DEL CILINDRO CYLINDER SUPPORT LOCATION									
	EjemPlo EXAMPLE	Un extremo libre, un extremo fijo. One free end, one fixed end.	Dos extremos articulados. Two articulated ends.	Un extremo articulado, un extremo fijo. One articulated end, one fixed end.	Dos extremos fijos. Two fixed ends.				
	Montaje Mtlg. style	MF1, MF2, MF3, MF4, MS2	MP3, MP5, MT4	MF1, MF2, MF3, MF4, MS2	MF1, MF2, MF3, MF4, MS2				
	SOLUCION SOLUTION	$L_p = 2 \cdot l$	$L_p = l$	$L_p = 0.7 \cdot l$	$L_p = 0.5 \cdot l$				

l : longitud extendida del vástago. Rod extended length

Fuente: http://progecad.partcommunity.com/FileService/File/stern/cyl_iso_6020_1_sk/sk.pdf

$$L_p = 2 * l \quad (27)$$

$$L_p = 2 * 50 = 100mm$$

$$K = \pi^2 * 2,1 \times 10^5 N/mm^2 * \frac{3217mm^4}{(100 mm)^2}$$

$$K = 666,760 kN$$

Por lo que soporta las solicitaciones para la estación de taladrado.

3.7.2 *Cilindro estación de medida.* Para el cilindro de la estación de medida, la única fuerza que tiene que soportar el cilindro es el peso del palpador que es de 0,23kg, mediante la presión de trabajo de 5 bar obtenemos el área para seleccionar el cilindro.

$$A = F/P$$

$$A = \frac{0,23kg * 9,8m/s^2}{500000Pa}$$

$$A = 4,51 \times 10^{-6}m^2 = 4,51 mm^2$$

Con esta área se calcula el diámetro necesario para el cilindro.

$$D^2 = \frac{9A}{2\pi}$$

$$D = \sqrt{9 * \frac{4,51mm^2}{2\pi}}$$

$$D = 2,54 mm$$

Y para la carrera del cilindro se requiere que sea la sumatoria de la distancia de aproximamiento del palpador más 13 mm de rango del instrumento.

$$C = 10mm + 13mm = 23mm$$

Con una carrera mínima de 23 mm y diámetro mayor a 5 mm para cumplir una relación de esbeltez de 1 a 5 aproximadamente procedemos a seleccionar un cilindro del mercado.

Figura 74. Cilindro para la estación de medida



Model No: CJ2B10*40/CJ2B12*25
 Place of Origin: Zhejiang,China (Mainland)
 Brand Name: THKPC or OEM
 Special Groups: Pneumatic Cylinders

Specification			
Bore	6	10	16
Action mode	Double Action		
Working Medium	Air		
Pressure rang	0.1~0.7MPa		
Proof pressure	1.05 MPa		
Temperature rang	0~60°C		
Port size	M5*0.8		
Cushion	Rubber cushion		
Lubrication	No need		

Fuente: www.THKPC.com/products/mini-cilinders

Donde se selecciona el modelo CJ2B 12*25 de la marca THKPC con un diámetro de cilindro de 12 mm y una carrera de 25 mm.

Para determinar que el cilindro seleccionado puede soportar las fuerzas a las cuales es sometido se calcula la fuerza a la cual pandea.

$$K = \pi^2 * E * \frac{I}{Lp^2}$$

La inercia de un cilindro viene dada por:

$$I = \pi * \frac{D^4}{64}$$

$$I = \pi * \frac{12^4}{64}$$

$$I = 1018 \text{ mm}^4$$

$$Lp = 2 * l$$

$$Lp = 2 * 25 = 50 \text{ mm}$$

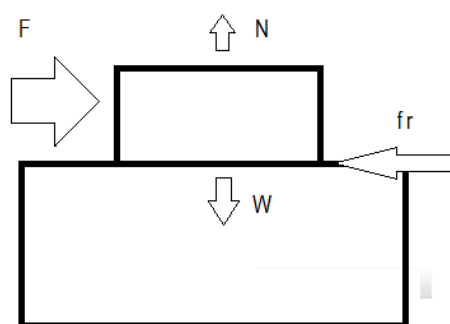
$$K = \pi^2 * 2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2 * \frac{1018 \text{ mm}^4}{(50 \text{ mm})^2}$$

$$K = 843,970 \text{ kN}$$

Por lo que soporta el peso del palpador.

3.7.3 *Cilindro estación de expulsado.* Para el cilindro de la estación de expulsado, la fuerza que tiene que vencer el cilindro es la fuerza de fricción estática entre la probeta y la mesa indexadora.

Figura 75. Esquema de fuerzas sobre la probeta en la expulsión



Fuente: Autores

$$F > fr = N * \mu = w * \mu = mb * g * \mu \quad (28)$$

Dónde:

F = Fuerza del cilindro

fr = Fuerza de fricción

N = Normal

w = Peso de la probeta

mb = Masa de la probeta (0,018kg)

g =Gravedad

μ = Factor de fricción estático entre acero y MDF (madera) (0,4)

$$F > 0,018kg * 9,8m/s^2 * 0,4$$

$$F > 0,071N$$

Con la presión de trabajo de 5 bar obtenemos el área para seleccionar el cilindro

$$A = F/P$$

$$A = \frac{0,071N}{500000Pa}$$

$$A = 1,41 \times 10^{-7}m^2 = 0,141 mm^2$$

Con esta área se calcula el diámetro necesario para el cilindro.

$$D^2 = \frac{9A}{2\pi}$$

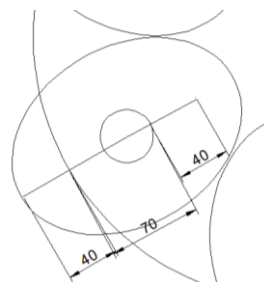
$$D = \sqrt{9 * \frac{0,141mm^2}{2\pi}}$$

$$D = 0,49 mm$$

Y para la carrera del cilindro se requiere que sea la distancia entre la estación de trabajo hasta la salida de la mesa indexadora más dos diámetros de la probeta.

$$C = 2 * Dp + L$$

Figura 76. Carrera cilindro de expulsión



Fuente: Autores

$$C = 2 * 40mm + 70mm$$

$$C = 150 mm$$

Con una carrera mínima de 150 mm y diámetro mayor a 30 mm para cumplir una relación de esbeltez de 1 a 5 aproximadamente procedemos a seleccionar un cilindro del mercado.

Figura 77. Cilindro de expulsión

<input type="checkbox"/>	★	559276	DSNU-20-125-PPS-A	de doble efecto	20 mm	188,5 N	125 mm	PPS: amortiguación de fin de recorrido neumática autorregulable
<input type="checkbox"/>	★	19240	DSNU-20-125-PPV-A	de doble efecto	20 mm	188,5 N	125 mm	PPV: amortiguación neumática regulable a ambos lados
<input type="checkbox"/>	★	1908288	DSNU-20-150-P-A	de doble efecto	20 mm	188,5 N	150 mm	P: amortiguación por tope elástico/placa a ambos lados
<input checked="" type="checkbox"/>	★	1908304	DSNU-20-150-PPS-A	de doble efecto	20 mm	188,5 N	150 mm	PPS: amortiguación de fin de recorrido neumática autorregulable
<input type="checkbox"/>	★	1908296	DSNU-20-150-PPV-A	de doble efecto	20 mm	188,5 N	150 mm	PPV: amortiguación neumática regulable a ambos lados
<input type="checkbox"/>	★	19214	DSNU-20-160-P-A	de doble efecto	20 mm	188,5 N	160 mm	P: amortiguación por tope elástico/placa a ambos lados

Fuente: https://www.festo.com/cat/es-mx_mx/products_DSNU

Donde se selecciona el modelo DSNU-20-150-PPS-A de la marca FESTO con un diámetro de cilindro de 20 mm y una carrera de 150 mm. Para determinar que el cilindro seleccionado puede soportar las fuerzas a las cuales es sometido se calcula la fuerza a la cual pandea.

$$K = \pi^2 * E * \frac{I}{Lp^2}$$

La inercia de un cilindro viene dada por:

$$I = \pi * \frac{D^4}{64}$$

$$I = \pi * \frac{20^4}{64}$$

$$I = 7850 \text{ mm}^4$$

$$Lp = 2 * l$$

$$Lp = 2 * = \text{ mm}$$

$$K = \pi^2 * 2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2 * \frac{7850 \text{ mm}^4}{(150 \text{ mm})^2}$$

$$K = 723,113 \text{ kN}$$

Por lo que puede vencer la fuerza de fricción para mover la probeta.

3.7.4 *Cilindro para el sistema de levantamiento de pinzas.* Para el cilindro del sistema de levantamiento de pinzas, la fuerza que tiene que soportar el cilindro es el peso de la probeta, pinzas, soporte para pinzas, sistema de apertura, el actuador giratorio y el soporte del actuador giratorio, cuyos pesos se muestran a continuación y mediante la presión de trabajo de 5 bar obtenemos el área para seleccionar el cilindro.

Tabla 7. Fuerzas del cilindro de levantamiento de pinzas

Parte	Masa Kg	Peso N
Probeta	0,018	0,1764
Pinzas	0,23	2,254
Soporte pinzas	0,54	5,292
Sistema de Apertura	1,5	14,7
Cilindros Apertura	1	9,8
Actuador giratorio	12,7	124,46
Soporte para sistema de giro	5,4	52,92
Total		209,604

Fuente: Autores

$$A = F/P$$

$$A = \frac{209,604N}{500000Pa}$$

$$A = 4,19 \times 10^{-4} m^2 = 419 \text{ mm}^2$$

Con esta área se calcula el diámetro necesario para el cilindro.

$$D^2 = \frac{9A}{2\pi}$$

$$D = \sqrt{9 * \frac{419mm^2}{2\pi}}$$

$$D = 24,5 \text{ mm}$$

Y para la carrera del cilindro se requiere que sea la altura de la probeta.

$$C = 23mm$$

Con una carrera mínima de 23 mm y diámetro mayor a 25 mm para cumplir procedemos a seleccionar un cilindro del mercado.

Figura 78. Cilindro para el levantamiento de pinzas

**Cilindro compacto
ADN-32-25-A-P-A**
Número de artículo: 536272
★ Gama básica
según ISO 21287, para la detección de posiciones, con rosca exterior en el vástago.



FESTO

Hoja de datos

Característica	Propiedades
Carrera	25 mm
Diámetro del émbolo	32 mm
Rosca del vástago	M10x1,25

Fuente: FESTO 2011

Donde se selecciona el modelo cilindro compacto ADN-32-25-A-P-A de la marca FESTO con un diámetro de cilindro de 32 mm y una carrera de 25 mm.

Para determinar que el cilindro seleccionado puede soportar las fuerzas a las cuales es sometido se calcula la fuerza a la cual pandea.

$$K = \pi^2 * E * \frac{I}{Lp^2}$$

La inercia de un cilindro viene dada por:

$$I = \pi * \frac{D^4}{64}$$

$$I = \pi * \frac{32^4}{64}$$

$$I = 51471,85 \text{ mm}^4$$

$$Lp = 2 * l$$

$$Lp = 2 * 25 = 50 \text{ mm}$$

$$K = \pi^2 * 2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2 * \frac{51471,85 \text{ mm}^4}{(50 \text{ mm})^2}$$

$$K = 4\,267,257 \text{ kN}$$

Por lo que soporta el peso del sistema de pinzas.

3.7.5 *Cilindro para el sistema de apertura y cierre de pinzas.* Para la apertura y cierre de pinzas se determinó la fuerza requerida en el apartado 3.6.2

$$F > 0,173 \text{ N}$$

Mediante la presión de trabajo de 5 bar obtenemos el área para seleccionar el cilindro.

$$A = F/P$$

$$A = \frac{0,173 \text{ N}}{500000 \text{ Pa}}$$

$$A = 3,46 \times 10^{-7} \text{ m}^2 = 0,346 \text{ mm}^2$$

Con esta área se calcula el diámetro necesario para el cilindro.

$$D^2 = \frac{9A}{2\pi}$$

$$D = \sqrt{9 * \frac{0,346 \text{ mm}^2}{2\pi}}$$

$$D = 0,704 \text{ mm}$$

Y para la carrera del cilindro se requiere que entre ambos cilindros se abra una longitud de mínimo 2 veces el diámetro de la probeta y como máximo de 3 veces el diámetro de las probetas.

$$2 * \frac{Dp}{2} < C < 3 * \frac{Dp}{2}$$

$$40 \text{ mm} < C < 3 * \frac{40\text{mm}}{2} = 60 \text{ mm}$$

Con una carrera de entre 40 mm a 60 mm y diámetro mayor a 8 mm para cumplir una relación de esbeltez de 1 a 5 aproximadamente procedemos a seleccionar un cilindro del mercado.

Figura 79. Cilindro para apertura de pinzas

Cilindros normalizados
DSNU-10-50-P-A
 Número de artículo: 19186

según DIN ISO 6432 para detección sin contacto. Diferentes posibilidades de fijación, con y sin elementos de sujeción adicionales. Con anillos amortiguadores elásticos en los fines de carrera.

FESTO



Hoja de datos

Característica	Propiedades
Carrera	50 mm
Diámetro del émbolo	10 mm

Fuente: FESTO 2015

Donde se selecciona el cilindro normalizado modelo DSNU-10-50-P-A de la marca FESTO con un diámetro de cilindro de 10 mm y una carrera de 50 mm.

Para determinar que el cilindro seleccionado puede soportar las fuerzas a las cuales es sometido se calcula la fuerza a la cual pandea.

$$K = \pi^2 * E * \frac{I}{Lp^2}$$

La inercia de un cilindro viene dada por:

$$I = \pi * \frac{D^4}{64}$$

$$I = \pi * \frac{10^4}{64}$$

$$I = 490,87 \text{ mm}^4$$

$$Lp = 2 * l$$

$$Lp = 2 * 50 = 100 \text{ mm}$$

$$K = \pi^2 * 2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2 * \frac{490,87 \text{ mm}^4}{(100 \text{ mm})^2}$$

$$K = 101,739 \text{ kN}$$

Por lo que soporta la fuerza de sujeción requerida sin pandearse.

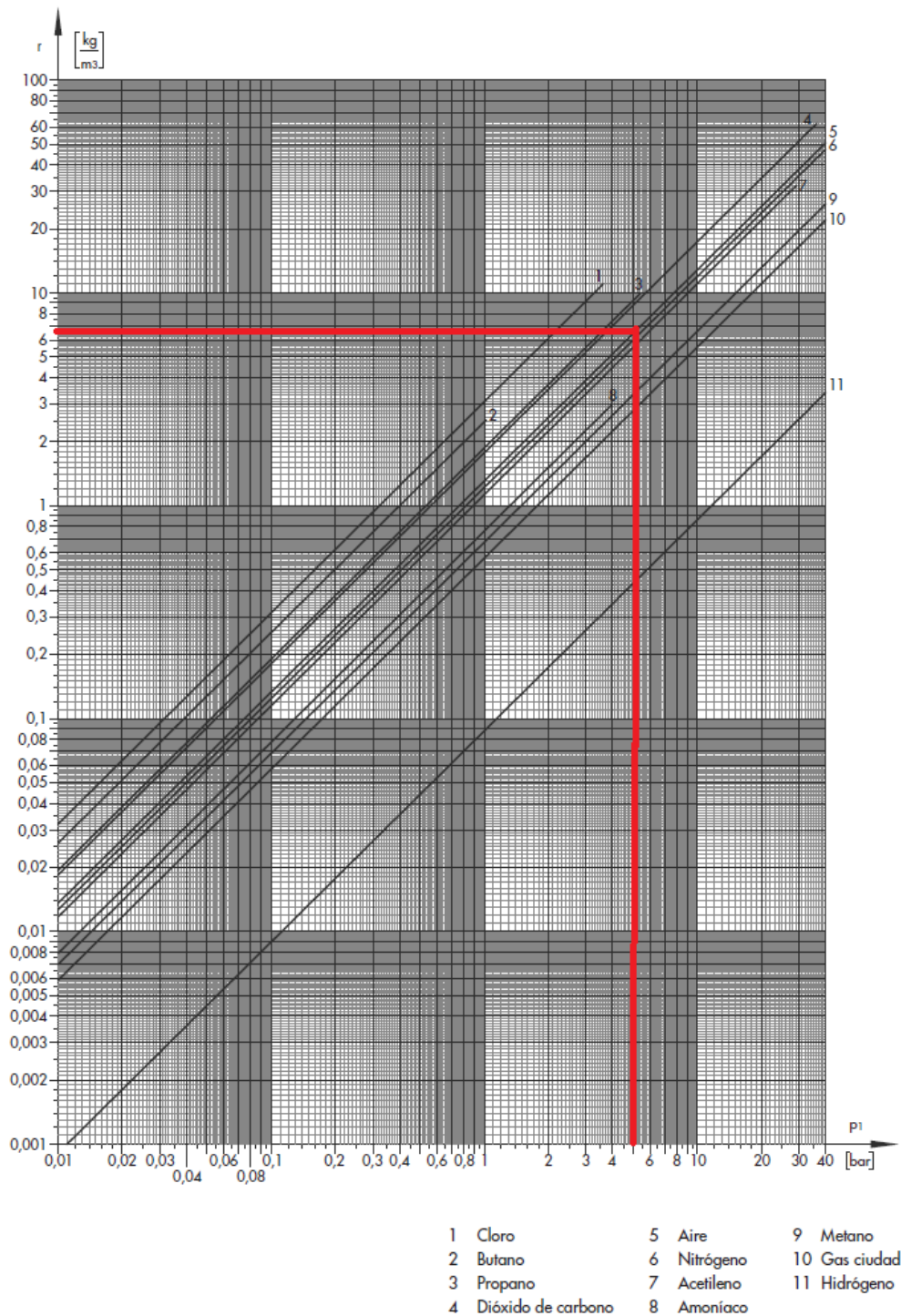
3.7.6 Selección de válvulas. Para la selección de válvulas de debe tomar en cuenta los siguientes parámetros, posiciones y formas de operación, tipos de pilotaje, voltaje de entrada del pilotaje eléctrico, caudal, tipos de seguridad.

Para el cálculo del flujo másico existen tablas y gráficas en función del tipo de gas a utilizar y la presión del compresor.

Para la determinación del caudal utilizamos la densidad del aire comprimido y la velocidad del aire recomendada para instalaciones neumáticas es de 8m/s según: "Carnicer, E. Aire Comprimido Teoría y Cálculo de las Instalaciones. Ed. Gustavo Gili S.A., Barcelona, 1977. pág.220" (CARNICER, 1977)

En la Fig. 80 se detalla la manera de encontrar la densidad del aire a 5bar, la cual nos servirá para el funcionamiento de nuestro módulo de indexación ya que contamos con equipos neumáticos.

Figura 80. Densidad de aire a 5 bar



Fuente: Guía para el cálculo de válvulas SAMSON

Y el diámetro interno de las mangueras neumáticas es estándar y para los cilindros vienen establecidas entradas para manguera número 6. Por lo que a continuación se detalla la geometría de la manguera neumática.

Figura 81. Geometría de manguera neumática



Temperatura ambiente mín./máx. -30 °C / +60 °C
 Presión de funcionamiento máx. a 20 °C 10 bar
 Material Poliéter-poliuretano

00127734

Observaciones técnicas	
■	Parte externa calibrada
■	adecuado para el empleo en cadenas de arrastre
■	alimentos permitidos (documentado con la declaración del fabricante).
■	resistente al ataque de microbios.
■	muy buenas propiedades hidráulicas

Díámetro fuera	Espesor de pared	Radio de flexión mín. a 20 °C	Peso por metro	Color	Longitud	N° de material
[mm]	[mm]	[mm]	[kg]		[m]	
4	0,75	12	0,009	Translúcido negro	25	R412009963
				Azul translúcido	25	R412004796
				Transparente	25	R412004797
				Gris plata	100	R412007413
6	1,05	15	0,02	Translúcido negro	25	1820712043
				Azul translúcido	25	1820712044
				Transparente	25	1820712042
				Gris plata	25	R412007414
				Rojo translúcido	25	R412009901
				Gris plata	100	R412007415
Azul translúcido	100	R412009907				

Fuente: http://www.aventics.com/pneumatics-catalog/Pdf.cfm?Language=ES&file=es/pdf/PDF_g60071_es.pdf

$$Caudal = V * A = V * D_{int}^2 * \frac{\pi}{4} \quad (29)$$

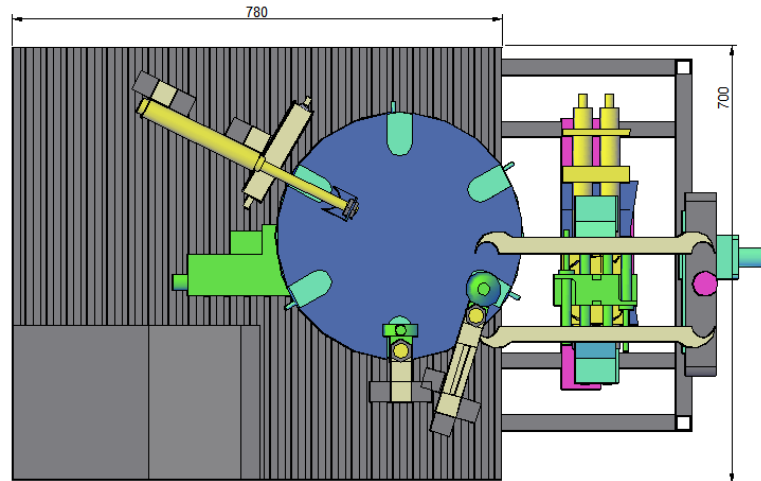
$$Caudal = \frac{8m}{s} * (0,006 - 2 * 0,00105m)^2 * \frac{\pi}{4}$$

$$Caudal = 9,556 * 10^{-5} \frac{m^3}{s} = 5,74 L/min$$

Una vez encontrado el caudal requerido nos hace falta la selección de la válvula neumática, es por eso que en la Fig. 82 se indica que tipo de válvulas se escogió y los requerimientos necesarios para que el módulo de indexación y sus procesos funcionen de manera correcta, ya que las válvulas son las encargadas de direccionar el aire comprimido a los distintos equipos neumáticos.

3.8.1.1 *Dimensionamiento de la base del módulo.* Sabiendo que la mesa indexadora tendrá unas dimensiones aproximadas de 40 x 55 cm se requerirá cubrir un área suficientemente grande y una distribución adecuada para instalar todos los soportes, caja de equipos, válvulas y mesa indexadora.

Figura 83. Distribución de equipos en la base del módulo



Fuente: Autores

Mediante un esquema determinamos la mejor manera de distribuir todos los soportes, caja de equipos, tarjetas de comunicación, válvulas y mesa indexadora, de esta manera los englobamos en un rectángulo de 78 x 70 cm.

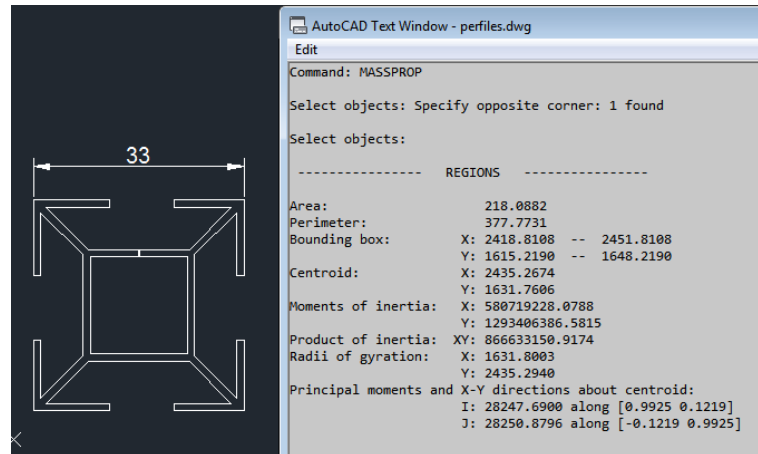
3.8.1.2 *Selección de perfil para la base del módulo.* Para la selección del perfil, los criterios a tomar son:

- Propiedades geométricas (Soporte el peso de la mesa indexadora y caja de equipos)
- Número de perfiles necesarios para cubrir el área
- Material (Para disminuir el peso de la base)
- Método de unión de perfiles
- Estética

Por lo que se realiza la comparación entre el perfil ranurado de aluminio y perfil de acero estructural tubo cuadrado 25x1.5

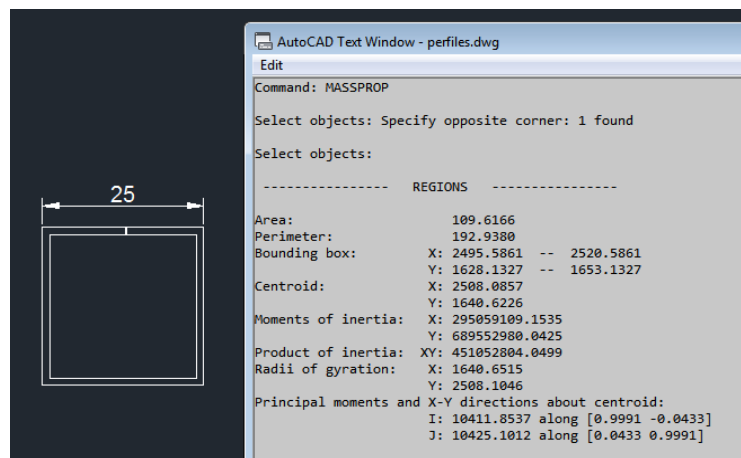
Propiedades geométricas

Figura 84. Propiedades geométricas perfil de aluminio ranurado



Fuente: Autores

Figura 85. Propiedades geométricas perfil de acero tubo cuadrado



Fuente: Autores

Por lo que el perfil de aluminio ranurado tiene mejores cualidades geométricas como mayor área, mayor inercia etc.

Número de perfiles necesarios para cubrir el área

Donde los perfiles miden 70 cm de largo, y A es el ancho del perfil el cual es 25 mm para el tubo cuadrado y de 33 mm para el perfil de aluminio por lo que:

$$N = \frac{780}{A} \quad (30)$$

$$N_{\text{aluminio}} = \frac{780}{33} = 23.6 \rightarrow 24 \text{ perfiles de } 70 \text{ cm}$$

Si los perfiles tienen un tamaño de 6,4 m de los cuales se puede cortar 9 pedazos de 70 cm se requeriría de 3 perfiles de aluminio.

$$N_{\text{acero}} = \frac{780}{25} = 31.2 \rightarrow 32 \text{ perfiles de } 70 \text{ cm}$$

Si los perfiles tienen un tamaño de 6,4 m de los cuales se puede cortar 9 pedazos de 70 cm se requeriría de 4 perfiles de acero.

Material

Debido a la diferencia de material y número de perfiles empleados el peso de la base del módulo varía según el tipo de perfil:

$$\text{Peso} = A * L * \rho * \text{Número de perfiles} * g \quad (31)$$

Dónde:

A = Área del perfil

L = Longitud

ρ = Densidad

g = Gravedad

$$\text{Aluminio densidad} = \frac{2.7g}{cm^3}$$

$$\text{Peso} = 2.19 \text{ cm}^2 * 70 \text{ cm} * \frac{2.7g}{cm^3} * \frac{1kg}{1000g} * 24 * 9.8 \frac{m}{s^2} = 97.35 \text{ N}$$

$$\text{Acero densidad} = \frac{7.8g}{cm^3}$$

$$\text{Peso} = 1.09 \text{ cm}^2 * 70 \text{ cm} * \frac{7.8g}{cm^3} * \frac{1kg}{1000g} * 32 * 9.8 \frac{m}{s^2} = 186.6 \text{ N}$$

Método de unión de perfiles

La unión de los perfiles de acero sería mediante soldadura y sin posibilidad de desmontaje de los mismos, mientras que los perfiles de aluminio constan con ranuras por las cuales es posible ingresar acoples de nailon y tiene la posibilidad de desmontarse.

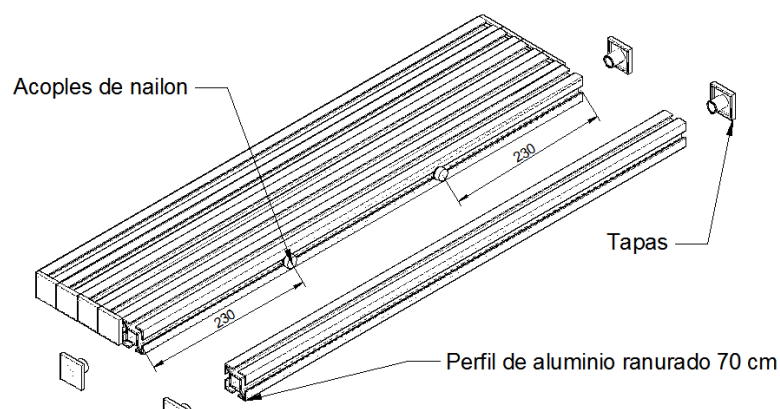
Estética

Debido a que el método de unión de los perfiles de acero es la soldadura se deberá tratar la superficie con lija y después del pulimento se procedería a pintar, mientras que con los perfiles de aluminio al no unirse por soldadura u otro método que dañe estéticamente el perfil, no se requiere un tratamiento especial ya que el perfil es atractivo para un laboratorio.

Por todo lo anterior mencionado se selecciona el perfil de aluminio ranurado para la fabricación de la base del módulo.

3.8.2 *Montaje de la base del módulo.* Para el montaje de la base del módulo se provee en los anexos de un plano de despiece para mejor comprensión.

Figura 86. Montaje de la base del módulo

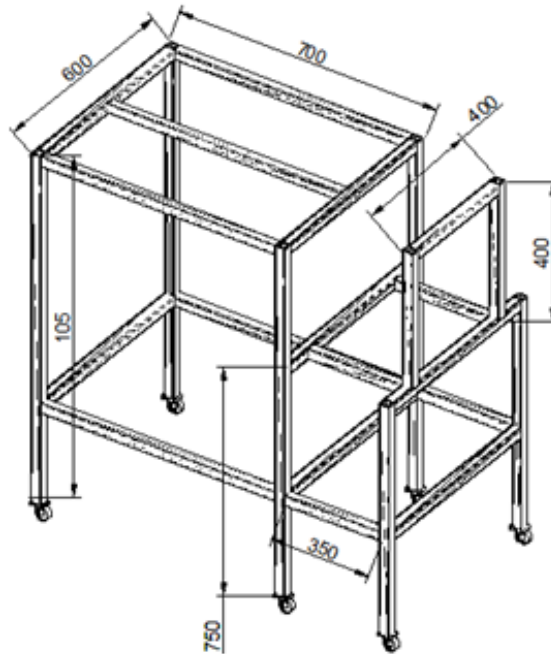


Fuente: Autores

3.8.3 *Diseño de la estructura del módulo.* Para el diseño de la estructura se debe considerar que tiene que sostener todo el peso de todos los equipos, debe ser de fácil transportación, estético y no obstruir el acceso a los equipos o al módulo. Para lo cual hay que tener en cuenta la altura a la cual debe estar la base del módulo y de las

pinzas para que concuerde las medidas en el proceso, y no existan choques entre las piezas giratorias o en la carrera de los cilindros.

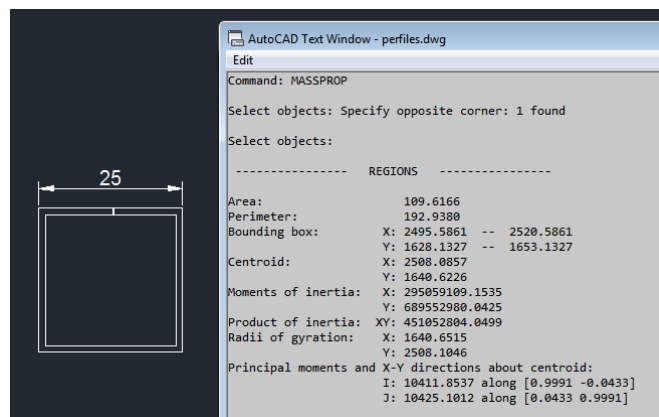
Figura 87. Dimensionamiento de la estructura



Fuente: Autores

El tipo de perfil a utilizar por facilidad de adquisición y debido a que las uniones son de tipo relativamente pequeñas en comparación de las longitudes de los perfiles se selecciona un perfil de acero estructural tipo tubo cuadrado 25x1,5 de las siguientes características:

Figura 88. Propiedades geométricas perfil de acero tubo cuadrado



Fuente: Autores

Para el diseño se debe contar con los pesos de los equipos que son:

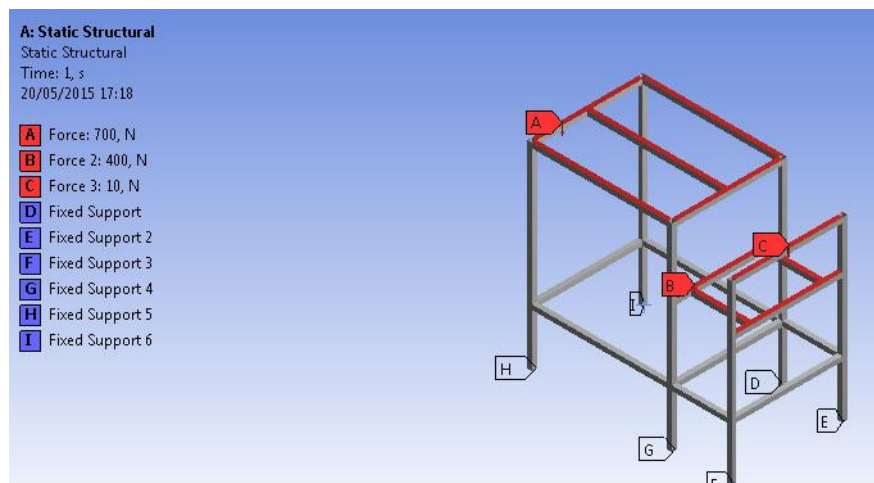
Tabla 8. Cargas de la estructura del módulo

Equipo	Masa kg	Peso N
Mesa indexadora	42,15	413,07
Caja de equipos	10	98
Base del Módulo	10	98
Soportes y accesorios	9,3	91
Fuerza 1 total		700
Sistema de pinzas	31,3	306,74
Fuerza 2 total		400
Banda transportadora	1	9,8
Fuerza 3 total		10

Fuente: Autores

Por lo que colocamos las fuerzas en la estructura debidamente donde se aplican:

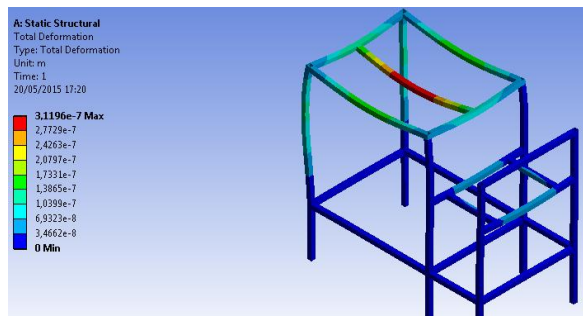
Figura 89, Cargas en la estructura del módulo



Fuente: Autores

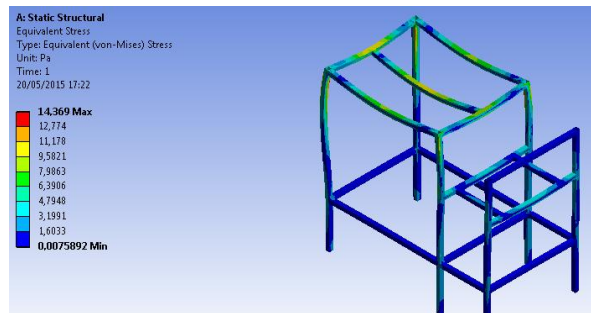
Mediante el software ANSYS podemos determinar las deformaciones y esfuerzos producidos debido a las fuerzas en la estructura siendo la deformación máxima de $3,119 \times 10^{-7}$ m lo que significa 0,0003119 mm lo cual es casi insignificante, y el esfuerzo máximo producido es de 14,37 Pa y la resistencia del acero estructural es aproximadamente 350 MPa por lo que sostener todos los equipos en su posición no supone ningún peligro para la estructura.

Figura 90. Deformaciones de la estructura del módulo



Fuente: Autores

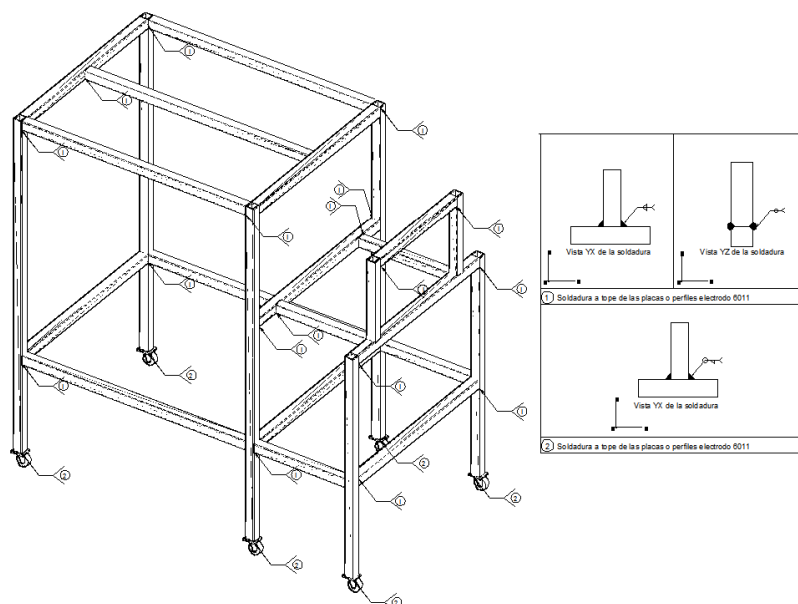
Figura 91. Esfuerzos producidos en la estructura del módulo



Fuente: Autores

3.8.4 Montaje de la estructura del módulo. La estructura del módulo será soldada al ser un perfil de acero estructural ASTM A36 se soldara con electrodos 6011 y luego mediante una amoladora se procede a limar las asperezas para preparar la estructura para su posterior pintura con color negro mate.

Figura 92. Montaje de la estructura del módulo



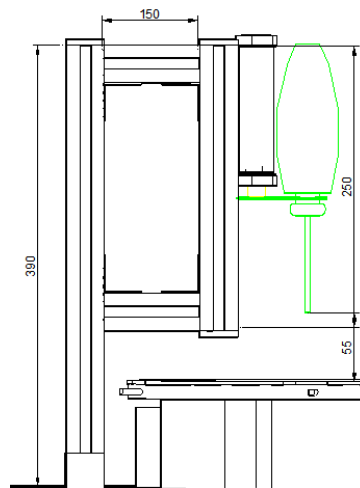
Fuente: Autores

3.9 Soportes para los cilindros, sensores y accesorios

Son 3 los cilindros que entran en contacto con los procesos a realizarse en la mesa indexadora por lo que se requiere diseñar 3 soportes uno para cada estación de trabajo, también se requiere una rampa que transporte las probetas rechazadas en el control de calidad, soporte para la alimentación de presión a las válvulas y un soporte para el sensor óptico que se encuentra en la banda transportadora.

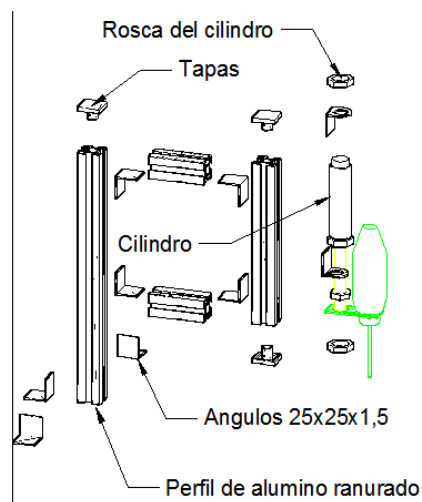
3.9.1 *Dimensionamiento y montaje del soporte del taladro.* Para el diseño del soporte del taladro se debe tomar en cuenta las dimensiones del taladro y la posición respecto a la mesa indexadora.

Figura 93. Dimensionamiento del soporte para taladro



Fuente: Autores

Figura 94. Montaje de soporte para taladro

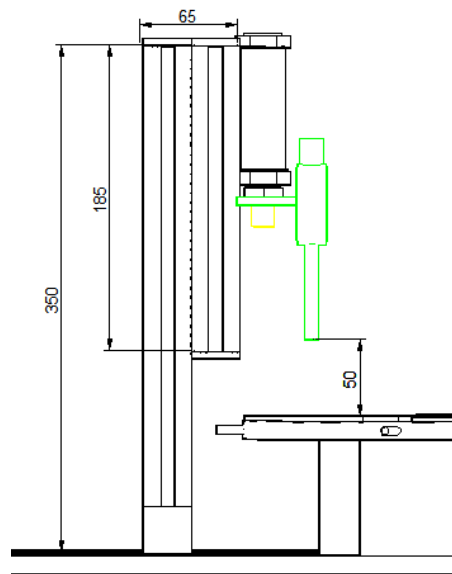


Fuente: Autores

Para el montaje del soporte se utilizan pernos de $\frac{1}{4}$ " x $1 \frac{1}{2}$ " en los ángulos de 25x25x1,5.

3.9.2 *Dimensionamiento y montaje del soporte del palpador.* Para el diseño soporte del palpador se debe tomar en cuenta las dimensiones del palpador, de la probeta y la posición respecto a la mesa indexadora.

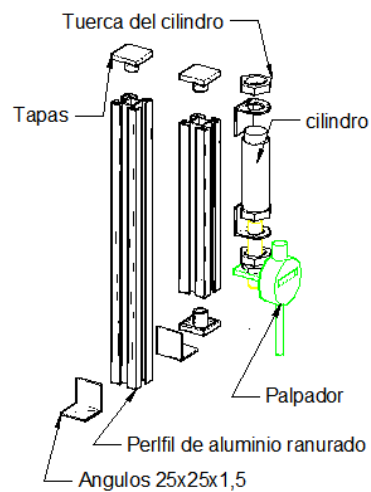
Figura 95. Dimensionamiento del soporte del palpador



Fuente: Autores

Para el montaje del soporte se utilizan pernos de $\frac{1}{4}$ " x $1 \frac{1}{2}$ " en los ángulos de 25x25x1,5.

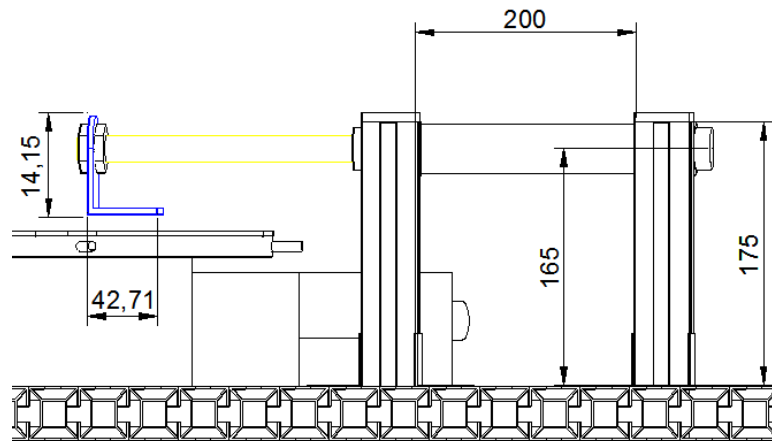
Figura 96. Montaje del soporte para palpador



Fuente: Autores

3.9.3 *Dimensionamiento y montaje del soporte del cilindro de expulsión.* Para el dimensionamiento del soporte se requiere tomar en cuenta las dimensiones y posicionamiento respecto a la mesa indexadora, como a la probeta.

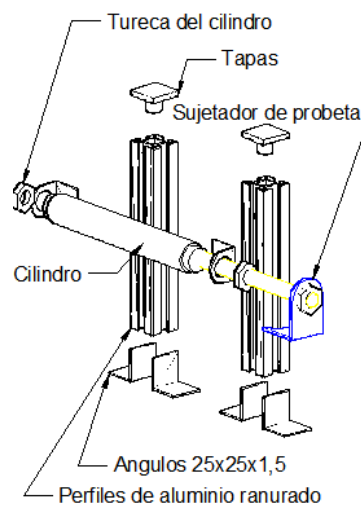
Figura 97. Dimensionamiento del soporte del cilindro expulsión



Fuente: Autores

Para el montaje del soporte se utilizan pernos de $\frac{1}{4}$ " x $1 \frac{1}{2}$ " en los ángulos de 25x25x1,5.

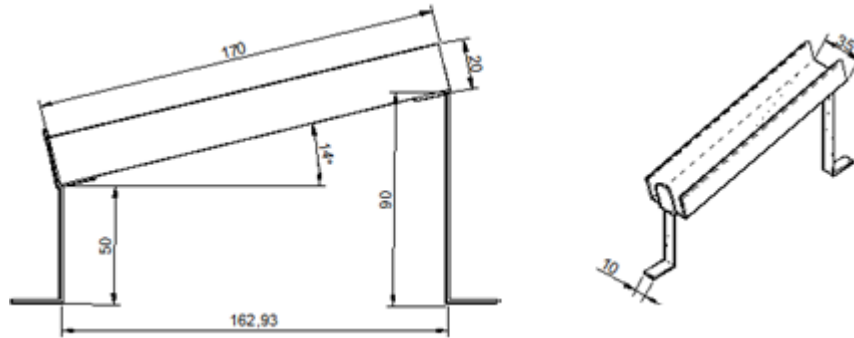
Figura 98. Montaje del soporte del cilindro de expulsión



Fuente: Autores

3.9.4 *Dimensionamiento de rampa de probetas.* Se requiere tomar en cuenta el diámetro de 40 mm y altura de 23 mm de la probeta para que esta no pueda caerse de la rampa.

Figura 99. Dimensionamiento de rampa para probetas



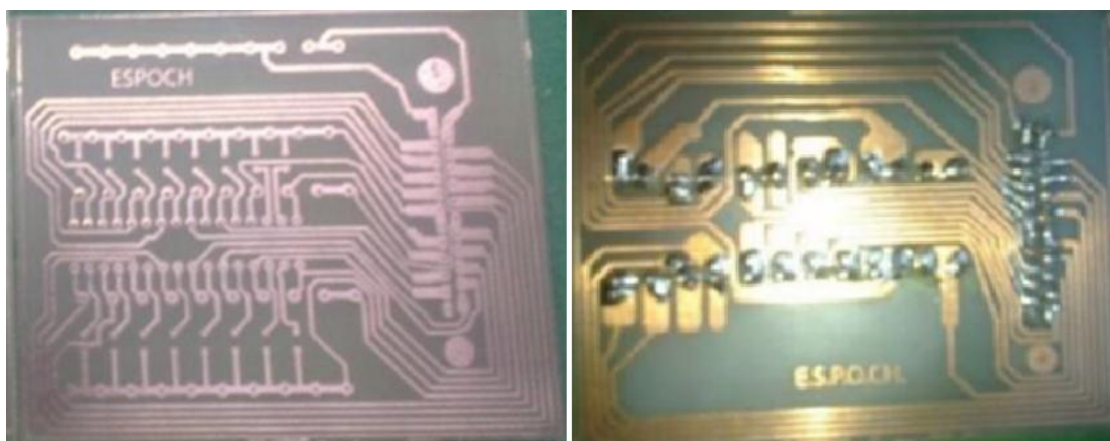
Fuente: Autores

3.10 Tarjetas de comunicación

Las tarjetas de comunicación son elementos electrónicos que permiten la comunicación y alimentación entre la caja de equipos (PLC y Logo) al módulo, para de esta manera tener la capacidad de, mover la caja de equipos a un lugar si se necesitase el espacio en el mismo módulo, y para no dañar las borneras de los equipos en cada práctica.

El sistema de tarjetas de comunicación consta de 2 tarjetas una que envía alimentación y recibe señales y la otra que envía señales y recibe alimentación mediante cables DB-25.

Figura 100. Diagramas de tarjetas de comunicación



Fuente: Autores

En la ilustración en la parte izquierda se representa el diagrama para la tarjeta emisora de señal y receptora de alimentación y en la parte derecha la emisora de alimentación y receptora de señal.

Figura 101. Tarjetas de comunicación



Fuente: Autores

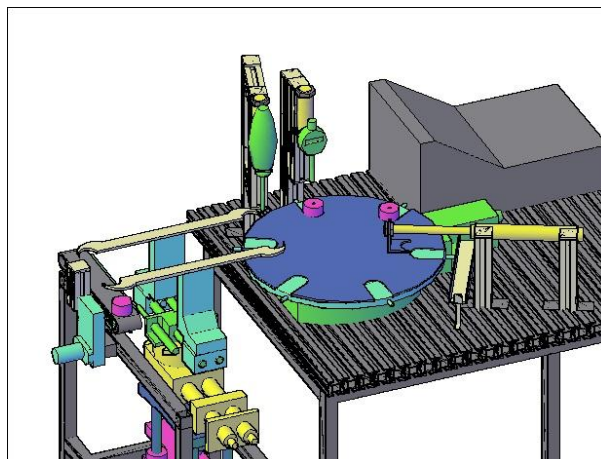
En la ilustración en la parte izquierda se representa el diagrama para la tarjeta emisora de señal y receptora de alimentación y en la parte derecha la emisora de alimentación y receptora de señal.

3.11 Montaje final

El montaje final se divide en 3 partes que son la parte mecánica, la parte neumática y la parte eléctrica los cuales se indican a continuación.

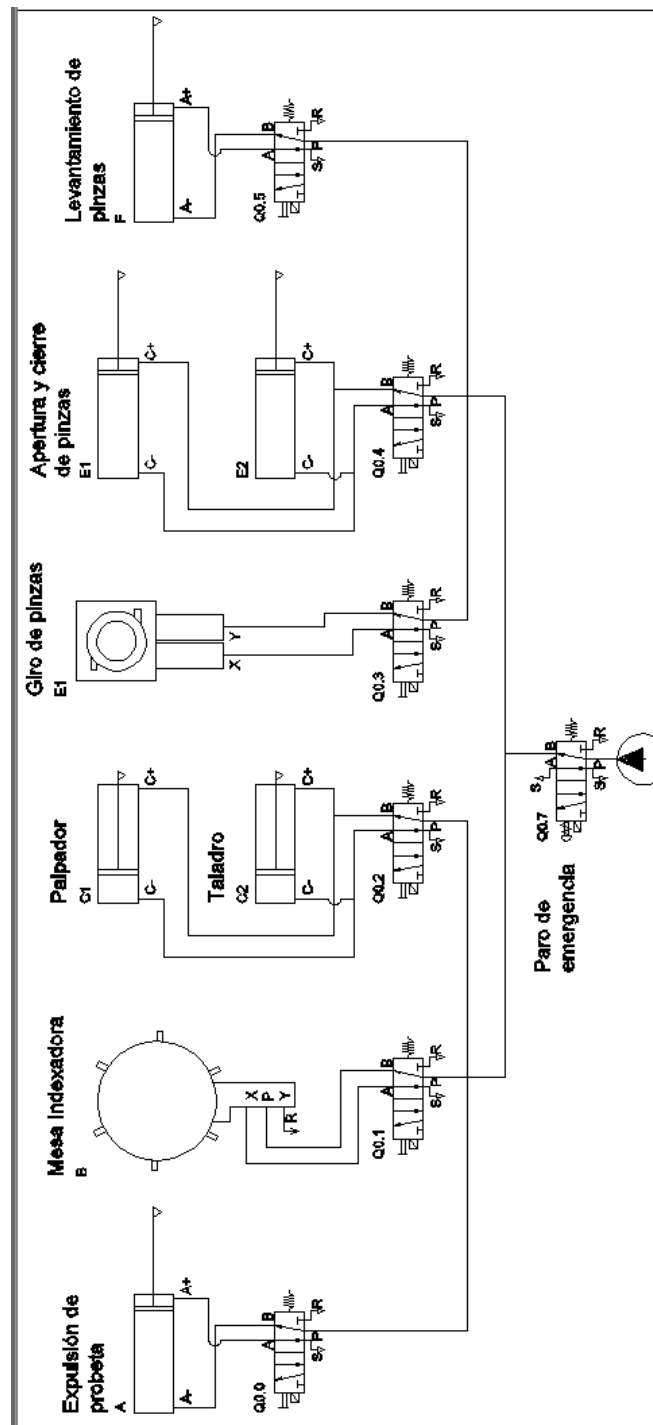
Esquema mecánico

Figura 102. Montaje mecánico final



Fuente: Autores

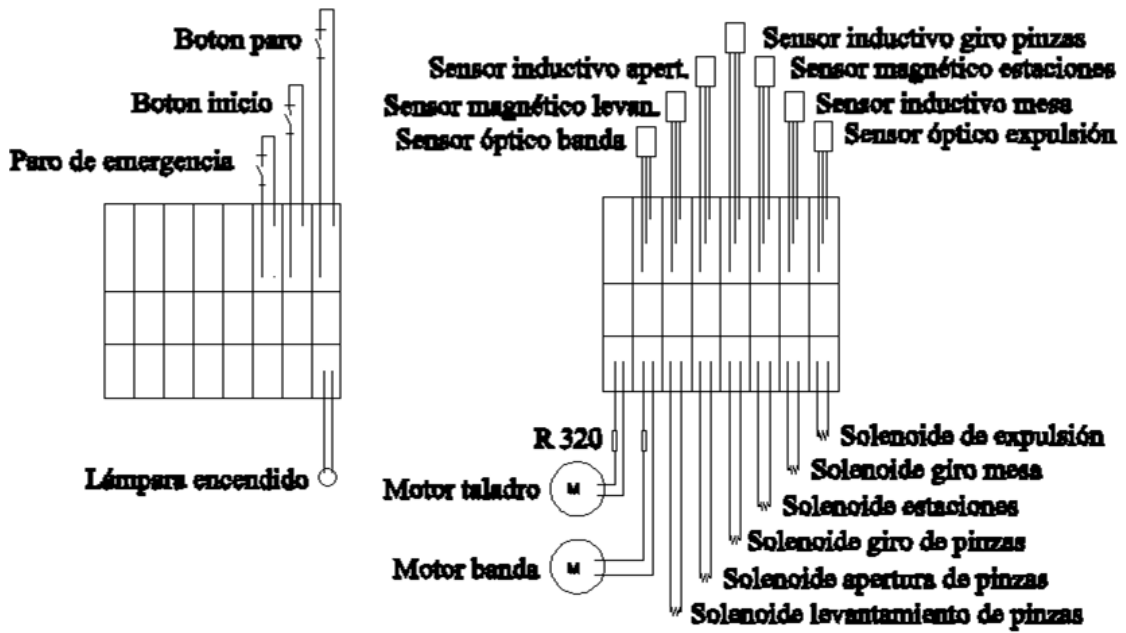
Figura 103. Esquema neumático



Fuente: Autores

Esquema eléctrico

Figura 104. Esquema eléctrico



Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

4. COMUNICACIÓN ENTRE PLC Y LA PANTALLA TÁCTIL

Para facilitar la comunicación entre el PLC y la pantalla HMI se tiene el programa SIMATIC STEP 7, gracias al cual se puede crear un sin número de procesos. Esto se encuentra basado en la norma IEC 61131-3, cuya aplicación es para los PLC, la cual trata los lenguajes de programación, estándares gráficos y textuales.

Existe varios tipos de datos estándar para poder desarrollar un programa y cometer menos errores, los cuales son: Booleanos (BOOL), Enteros (Integer), Reales (Real), Time, Byte, etc.

4.1 Comunicación vía ETHERNET

Ethernet (también conocido como estándar IEEE 802.3) es un estándar de transmisión de datos para redes de área local que se basa en el siguiente principio:

Todos los equipos en una red Ethernet están conectados a la misma línea de comunicación compuesta por cables cilíndricos.

En tanto que Profinet es el estándar abierto de Ethernet industrial para la automatización y se basa en la Ethernet industrial. (Lolo, 2010)

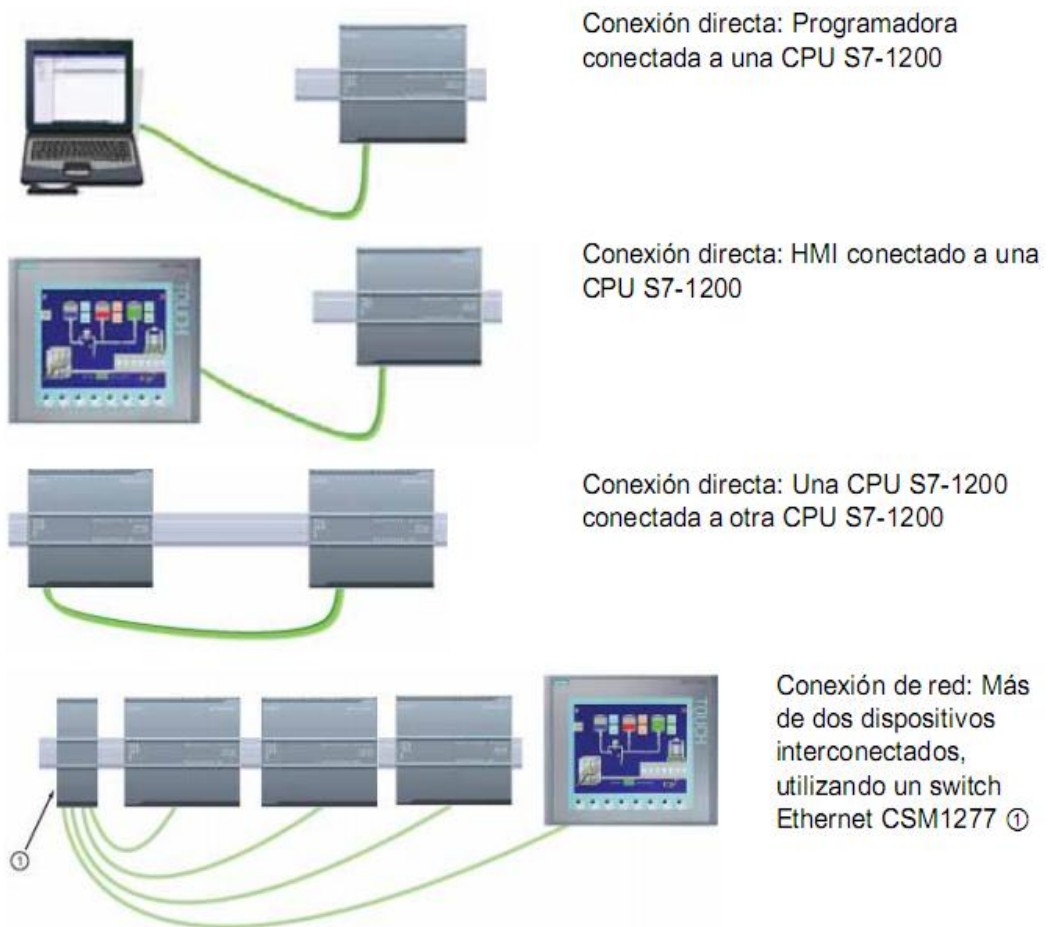
4.1.1 *ETHERNET*. La CPU S7-1200 incorpora un puerto que soporta las normas Ethernet y de comunicación basada en TCP/IP. La CPU S7-1200 soporta los siguientes protocolos de aplicación:

- Transport Control Protocol (TCP)
- ISO on TCP (RFC 1006)

La CPU S7-1200 puede comunicarse con otras CPUs S7-1200, programadoras STEP 7 Basic, dispositivos HMI y dispositivos no Siemens que utilicen protocolos de comunicación TCP estándar. Hay dos formas de comunicación vía ETHERNET:

- **Conexión directa:** La comunicación directa se utiliza para conectar una programadora, dispositivo HMI u otra CPU a una sola CPU.
- **Conexión de red:** La comunicación de red se utiliza si deben conectarse más de dos dispositivos (p. ej. CPUs, HMIs, programadoras y dispositivos no Siemens). (SIEMENS, 2012)

Figura 105. Conexión directa y conexión de red



Fuente: SIMATIC Controlador programables S7-1200 Manual del sistema, SIEMENS

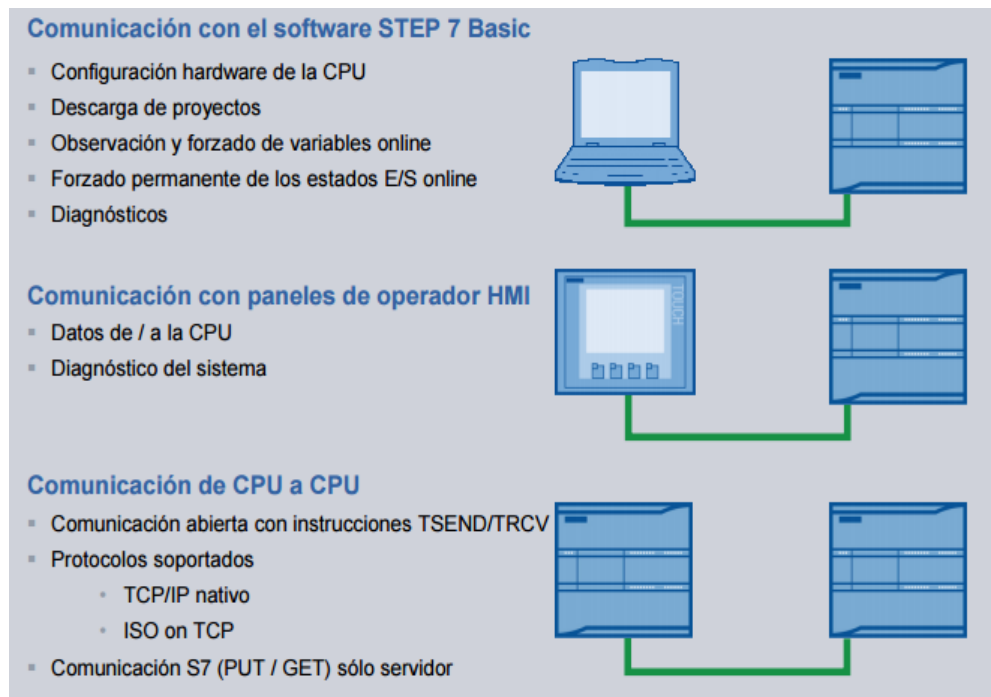
4.1.2 *Conexiones para el puerto ETHERNET.* El puerto ETHERNET de la CPU soporta las siguientes conexiones simultáneas.

- 3 conexiones para la comunicación entre dispositivos HMI y la CPU.
- 1 conexión para la comunicación entre la programadora (PG) y la CPU.
- 8 conexiones para la comunicación del programa del S7-1200 utilizando instrucciones T-block.

- 3 conexiones para la comunicación entre una CPU S7-1200 pasiva y una CPU S7 activa. La CPU S7 activa utiliza las instrucciones GET y PUT (S7-300 y S7-400) o instrucciones ETHx_XFER (S7-200). Una conexión S7-1200 activa sólo es posible con las instrucciones T-block.

(SIEMENS AG, 2009)

Figura 106. Interfaz ETHERNET integrada del S7-1200



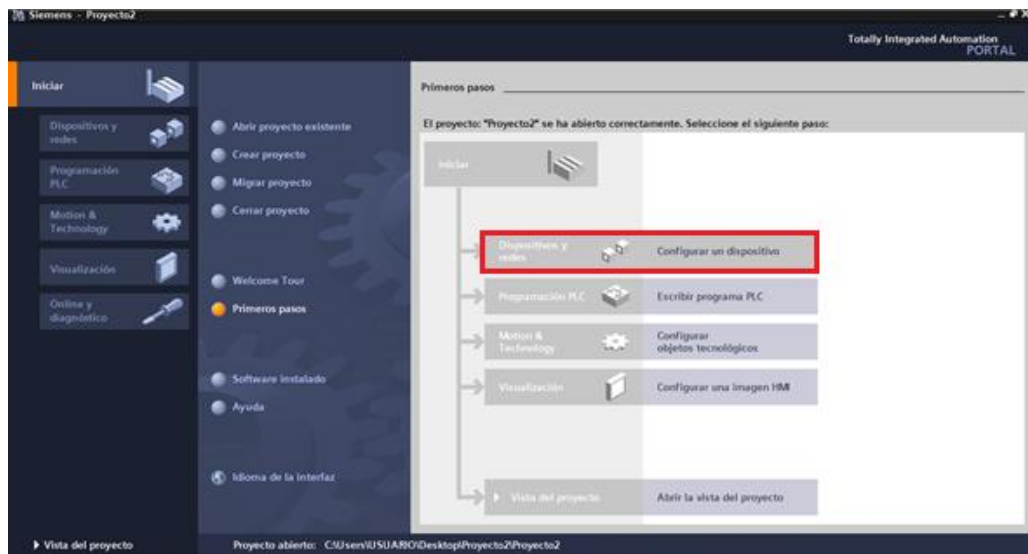
Fuente: S7-1200 Guía de transición, SIEMENS AG.

4.1.3 Programación mediante el software TIA PORTAL. Para que el PLC y la pantalla HMI funcionen correctamente se debe realizar su conexión adecuada, para lo cual es necesario indicar de qué manera se insertan los dispositivos y su conexión respectiva.

4.1.3.1 Selección del PLC. En el programa TIA Portal existe un sin número de controladores ya sea de tipo 1211C AC/DC/ Rly, 1212C AC/DC/ Rly, 1214C AC/DC/ Rly, etc., de donde se elegirá el que nosotros hayamos adquirido verificando su código en la parte posterior del PLC, en nuestro caso tenemos el 1214C AC/DC/Rly.

Para empezar se crea un proyecto en el TIA Portal, y se comienza configurando los dispositivos como se muestra en la siguiente figura.

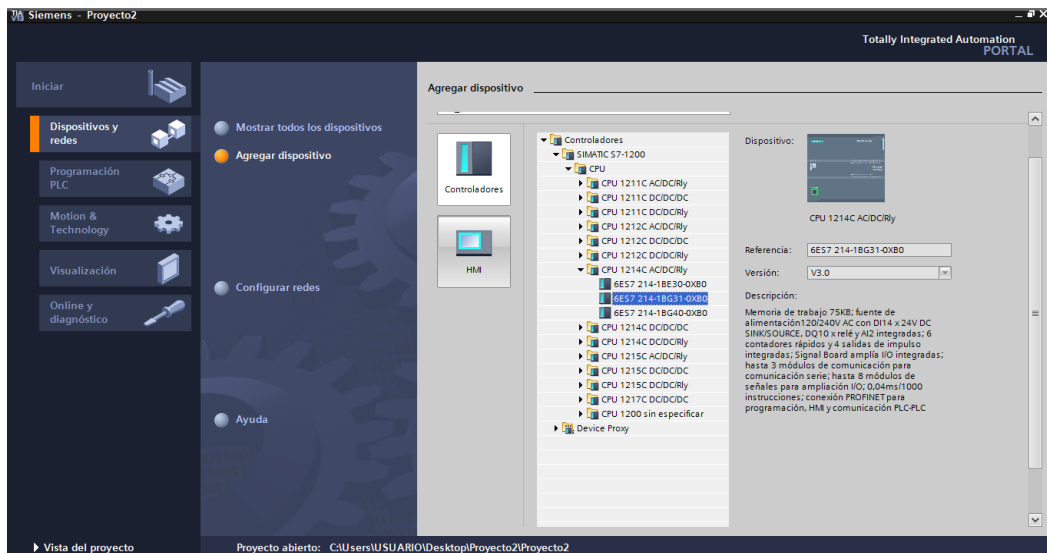
Figura 107. Configurar un dispositivo



Fuente: Autores

A continuación nos muestra una pantalla en donde seleccionamos agregar dispositivos, luego se aparecen los dispositivos como son controladores y HMI, para nuestro caso en primer lugar escogemos el controlador.

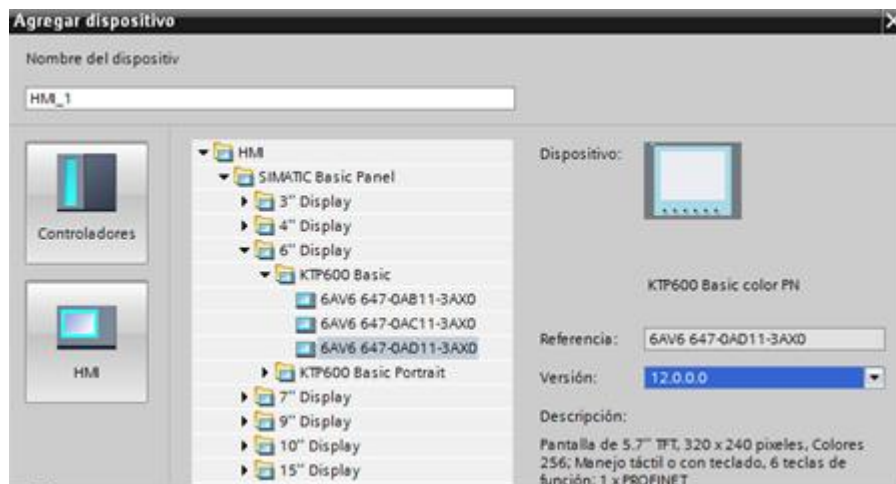
Figura 108. Selección del CPU



Fuente: Autores

4.1.3.2 Selección de la HMI. En el programa TIA PORTAL existen varios tipos de pantallas y de diferente tamaño, para nuestro caso agregamos la pantalla con la serie 6AV6 647-OAD11-3AX0, la cual la encontramos en la parte posterior de la pantalla, también se puede enviar a determinar qué tipo de HMI es el que está conectado.

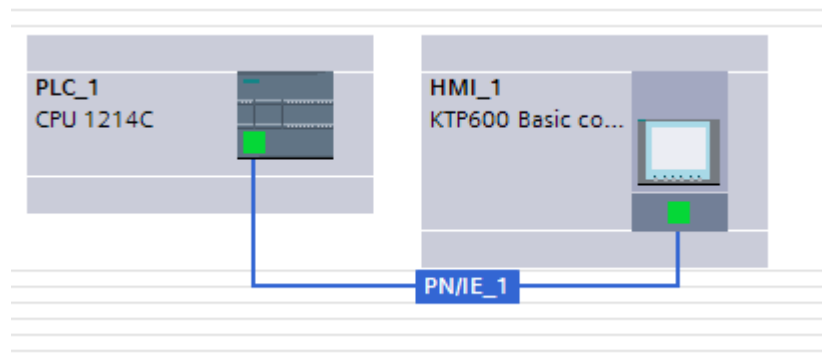
Figura 109. Selección de la HMI



Fuente: Autores

Una vez ingresados los dos dispositivos tanto el PLC como la HMI, nos dirigimos a conexiones y redes en donde se realiza la comunicación vía Ethernet entre estos dispositivos, en el caso que existieran más dispositivos se realiza la conexión de la misma manera.

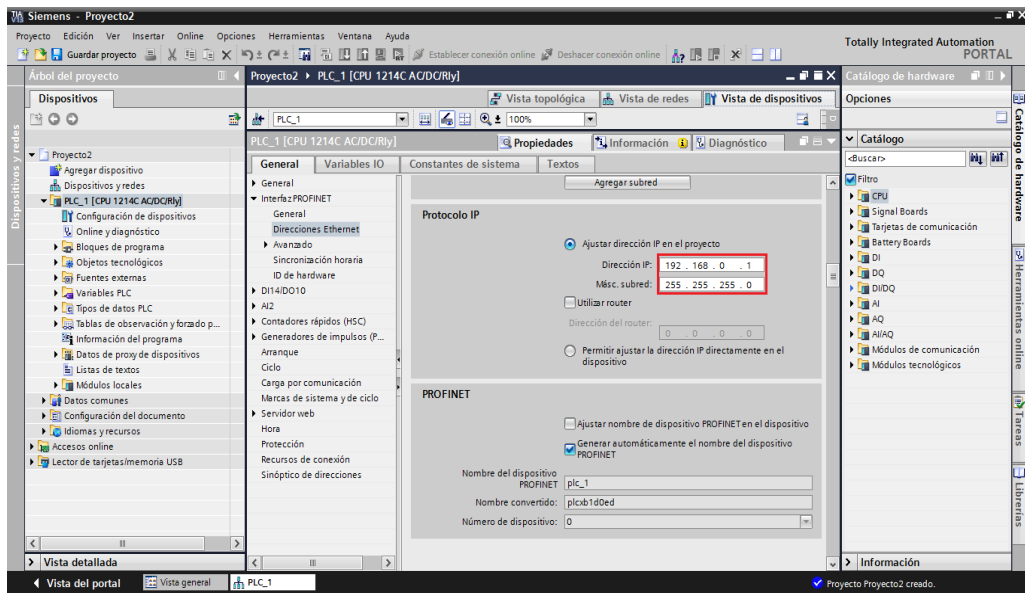
Figura 110. Conexión entre PLC y HMI



Fuente: Autores

4.1.4 Configuración de la dirección IP. La configuración de la dirección IP nos sirve para poder realizar de manera correcta una comunicación entre la PC y el PLC, ya que si ésta nos esta correcta simplemente no se puede realizar con éxito la conexión. A continuación se muestra la dirección IP y la subred configuradas.

Figura 111. Configuración de la dirección IP



Fuente: Autores

4.1.5 Asignación de variables del PLC. Una vez lista la dirección IP y seleccionado el PLC se procede a realizar la programación, para lo cual en un principio se designa las variables tanto de entrada como de salida.

Asignación de variables de entrada. Todas las entradas son de tipo booleanas, las cuales nos indican si esta con señal o sin señal, aquí encontramos todos los tipos de sensores utilizados e incluidos los paros de emergencia y el paro normal.

Tabla 9. Entradas del PLC

Nombre	Tipo de datos	Dirección
Óptico detección de probetas	Bool	I0.0
Inductivo detección del giro de la mesa	Bool	I0.1
Magnético del taladro	Bool	I0.2
Inductivo detección del giro de las pinzas	Bool	I0.3
Inductivo detección de abrir y cerrar las pinzas	Bool	I0.4
Magnético detección de subida y bajada de las pinzas	Bool	I0.5
Óptico detección de la probeta en la banda transportadora	Bool	I0.6
Paro	Bool	I1.0
Inicio	Bool	I1.1
Paro de emergencia	Bool	I1.2

Fuente: Autores

Asignación de variables de salida. De igual manera todas estas salidas son de tipo booleanas, en donde encontramos los cilindros de doble efecto, las electroválvulas, la mesa indexadora, etc.

Tabla 10. Salidas del PLC

Nombre	Tipo de datos	Dirección
Expulsa probeta	Bool	Q0.0
Mesa giratoria	Bool	Q0.1
Bajan y suben taladro y palpador	Bool	Q0.2
Giro de pinzas	Bool	Q0.3
Apertura y cierre de pinzas	Bool	Q0.4
Levantamiento y bajada de pinzas	Bool	Q0.5
Banda transportadora	Bool	Q0.6
Encendido de taladro	Bool	Q0.7
Lámpara verde	Bool	Q1.0
Expulsión de aire	Bool	Q1.1

Fuente: Autores

4.1.6 *Elaboración de la interfaz HMI.* Para poder tener una interfaz amigable con el usuario se añadió imágenes del módulo completo. La Fig.112 nos muestra la imagen raíz en la cual está incluido el título de la tesis, los autores y los botones de inicio.

Figura 112. Interfaz de inicio



Fuente: Autores

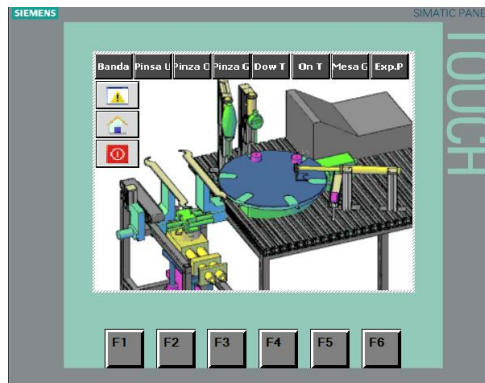
A continuación se indica los niveles que posee la HMI tanto en módulo automático como manual.

Figura 113. Selección automático o manual



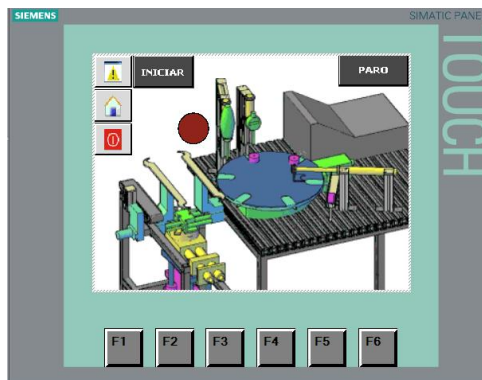
Fuente: Autores

Figura 114. Interfaz de modo manual



Fuente: Autores

Figura 115. Interfaz de modo automático



Fuente: Autores

4.2 Pruebas y calibración de la comunicación ETHERNET

4.2.1 *Programación automática.* Consiste en el desarrollo del proceso que realiza el módulo de forma directa, es decir sin intervenir en ella.

Diagrama de Grafcet. Básicamente, el GRAFCET, es un modelo de representación gráfica, de los sucesivos comportamientos de un sistema lógico, predefinido por sus entradas y salidas.







También, es un grafo, o diagrama funcional normalizado, que permite hacer un modelo del proceso a automatizar, contemplando entradas, acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones. Inicialmente fue propuesto para documentar la etapa secuencial de los sistemas de control de procesos a eventos discretos.

No fue concebido como un lenguaje de programación de autómatas, sino un tipo de Grafo para elaborar el modelo pensando en la ejecución directa del automatismo o programa de autómatas. Varios fabricantes en sus autómatas de gama alta hacen este paso directo, lo que lo ha convertido en un potente lenguaje gráfico de programación para autómatas, adaptado a la resolución de sistemas secuenciales.

En la actualidad no tiene una amplia difusión como lenguaje, puesto que la mayoría de los autómatas no pueden programarse directamente en este lenguaje, a diferencia del Lenguaje Ladder. Pero se ha universalizado como herramienta de modelado que permite el paso directo a programación, también con Ladder. (WIKIPEDIA, 2015)

A continuación se muestra los elementos más importantes para la realización del diagrama Grafcet.

Figura 116. Elementos GRAFCET de programación

Simbolo	Nombre	Descripción
	Etapa inicial	Indica el comienzo del esquema GRAFCET y se activa al poner en RUN el autómatas. Por lo general suele haber una sola etapa de este tipo.
	Etapa	Su activación lleva consigo una acción o una espera.
	Unión	Las uniones se utilizan para unir entre sí varias etapas.
	Transición	Condición para desactivarse la etapa en curso y activarse la siguiente etapa, Se indica con un trazo perpendicular a una unión.
	Direccionamiento	Indica la activación de una y/u otra etapa en función de la condición que se cumpla/n. Es importante ver que la diferencia entre la "o" y la "y" en el Grafcet es lo que pasa cuando se cierran
	Proceso simultáneo	Muestra la activación o desactivación de varias etapas a la vez.
	Acciones asociadas	Acciones que se realizan al activarse la etapa a la que pertenecen.

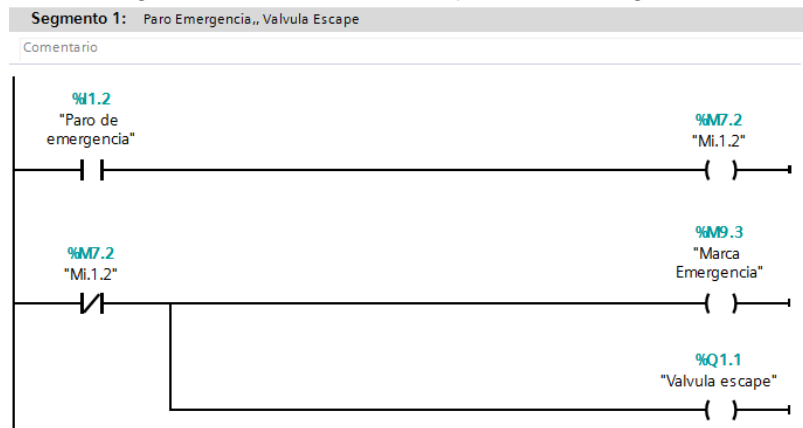
Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/GRAFCET>

El diagrama GRAFCET de la programación automática lo podemos ver de mejor manera detallado en el ANEXO O.

Para la realización de la programación automática, todas las variables son de tipo BOOL, a continuación se muestra paso a paso toda la programación.

La activación del paro de emergencia se da cuando se da la señal a la I1.2 la cual activa una marca que a su vez activa la válvula de escape Q1.1 por la cual se elimina todo el aire comprimido.

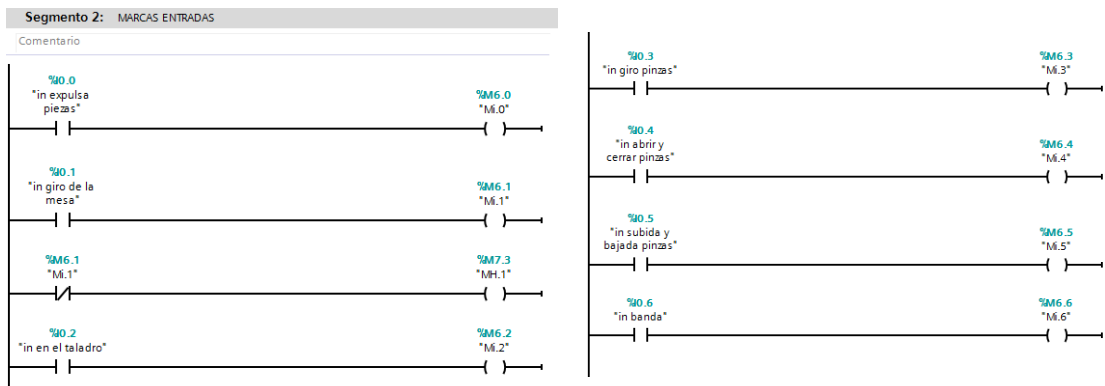
Figura 117. Activación del paro de emergencia



Fuente: Autores

Cada entrada desde I0.0 hasta I0.6 activa su propia memoria desde M6.0 hasta M6.6 las cuales más adelante se las ira utilizando conforme sea necesario en la programación.

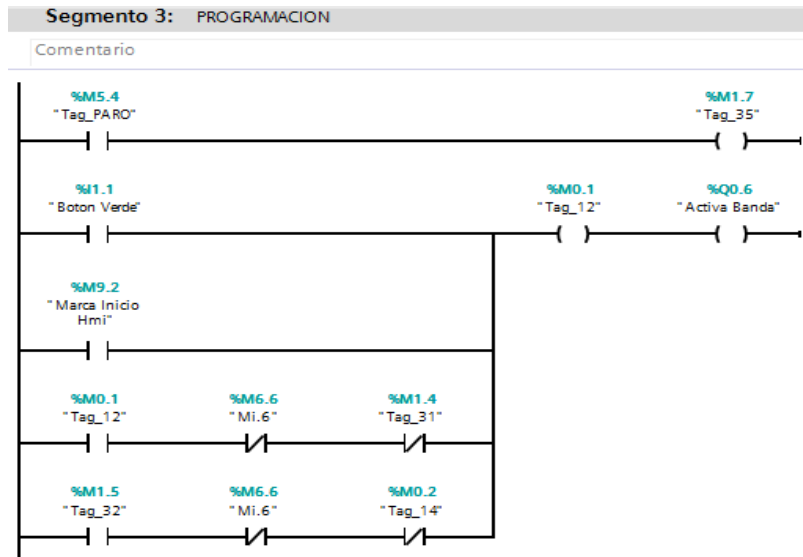
Figura 118. Marcas de entradas



Fuente: Autores

La activación de la banda se produce cuando se aprieta el botón de inicio I1.1 haciendo que se enclave la memoria M0.1, o cuando se termina el ciclo programado con la memoria M1.5 y la banda se detiene cuando encuentra el sensor óptico I0.6 (M6.6) una nueva probeta.

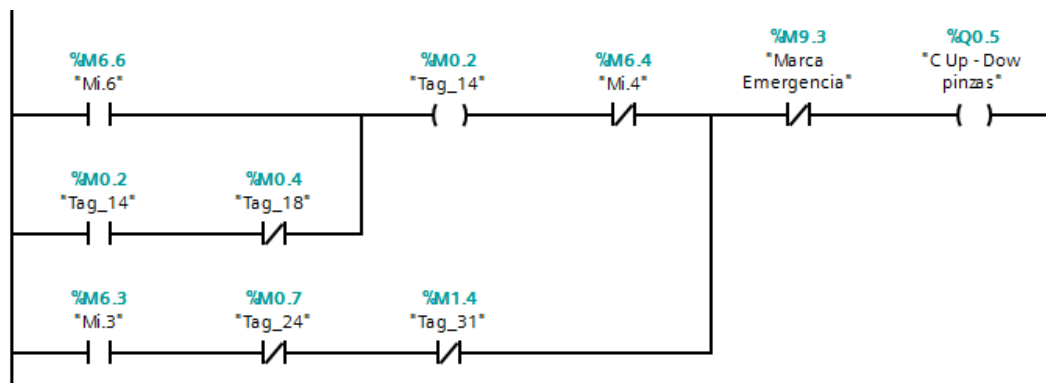
Figura 119. Inicio y detención de la banda transportadora



Fuente: Autores

La bajada de pinzas ocurre en dos posiciones la primera es cuando el sensor óptico I0.6 (M6.6) detecta la probeta al inicio del ciclo y la segunda cuando la pinza tiene que dejar la probeta en la mesa después de girar es decir cuando el sensor I0.3 (M6.3) marque señal, y para subir subirá cuando las pinzas estén cerradas su posición después de tomar la probeta es decir I0.4 (M6.4) este activado y después de que el taladro este en su posición inicial es decir M0.7.

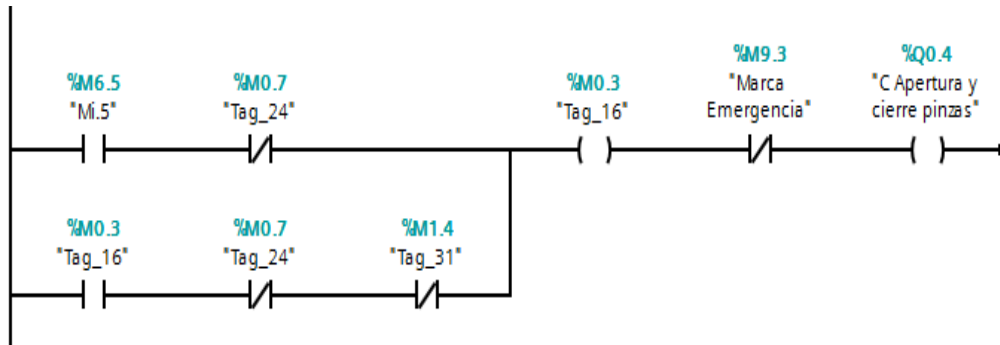
Figura 120. Levantamiento y bajada de pinzas



Fuente: Autores

El cierre de pinzas se da después de que las pinzas bajen es decir el sensor magnético I0.5 (M6.5) marque señal y se deben abrir solo cuando el taladro este en su posición inicial es decir M0.7.

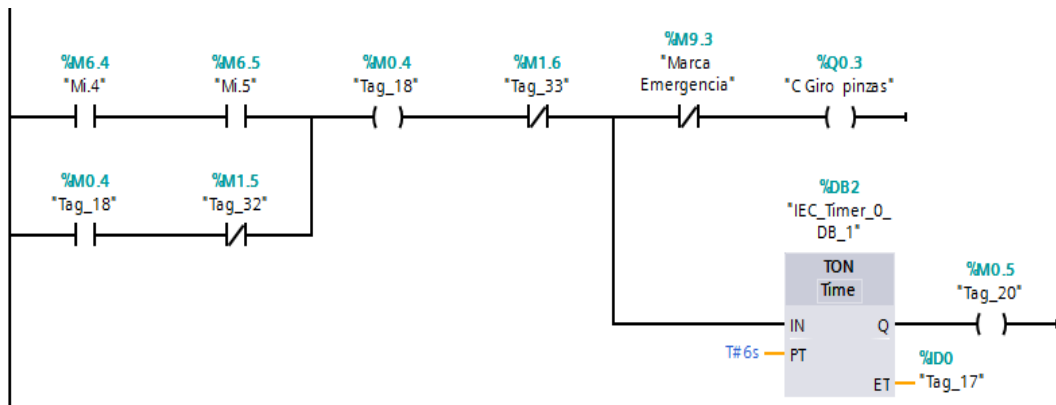
Figura 121. Apertura y cierre de las pinzas



Fuente: Autores

Las pinzas deben girar cuando las mismas hayan tomado la probeta y se encuentren en la parte superior y cerrada, por lo que deben estar activos ambos sensores I0.4 (M6.4) y I0.5 (M6.5) y volverán a girar una vez acabado el ciclo es decir se active M1.5, después de que giren se encenderá la memoria M0.5 que es una variable que iniciara los procesos en la mesa indexadora.

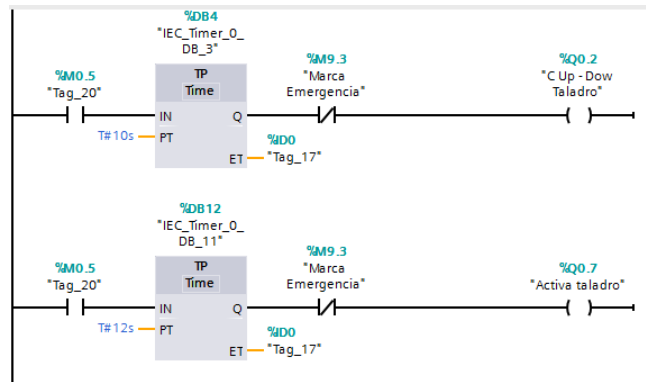
Figura 122. Giro de pinzas y activación de procesos



Fuente: Autores

Mediante la memoria M0.5 creamos pulsos de encendido para la válvula Q0.2 encargada de bajar los vástagos de los cilindros para los procesos y Q0.7 encargada de encender el taladro.

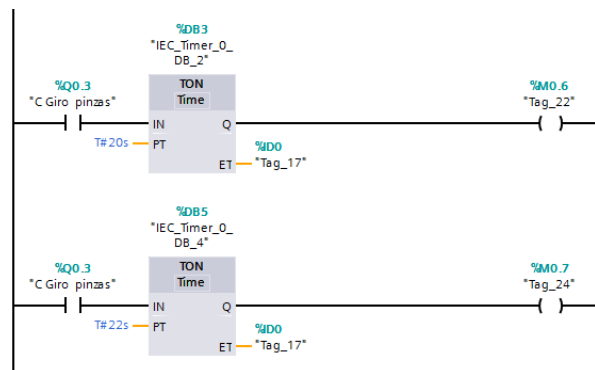
Figura 123. Encendido del taladro y bajada de los procesos



Fuente: Autores

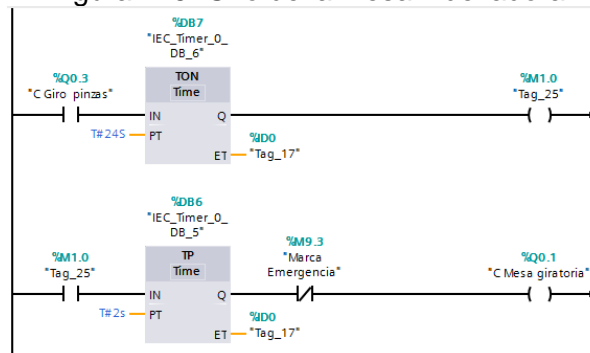
Como la señal de la válvula de giro permanece estable desde que gira hasta el final del proceso se toma como referencia para los siguientes procesos los de los desenclavamientos de la bajada y cierre de pinzas M0.6 y M0.7, y también es encargada de encender una memoria M1.0 para que funcione la mesa indexadora asegurando su posición después de 2 segundos.

Figura 124. Desenclavamiento de bajada y giro de pinzas



Fuente: Autores

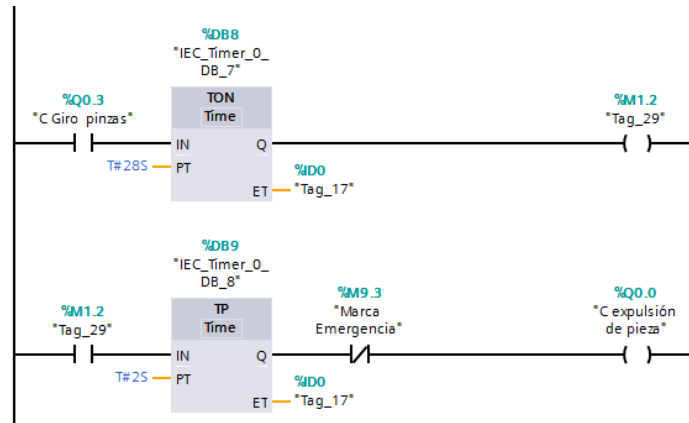
Figura 125. Giro de la mesa indexadora



Fuente: Autores

El encendido del cilindro de expulsión se lo realiza mediante la memoria M1.2 que es activa con un pulso de dos segundos dicha acción para que vuelva a su posición inicial.

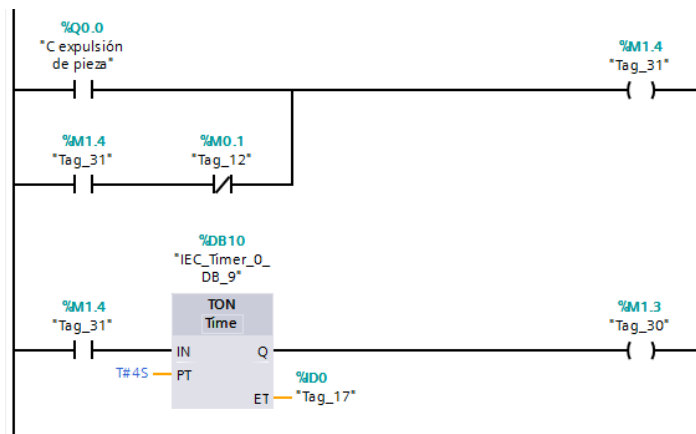
Figura 126. Expulsión de la probeta y regreso a la posición inicial del modulo



Fuente: Autores

Después de que el cilindro de expulsión fuese activado Q0.0 enciende una memoria que se enclava M1.4 para ser referencia del siguiente proceso de repetición del ciclo.

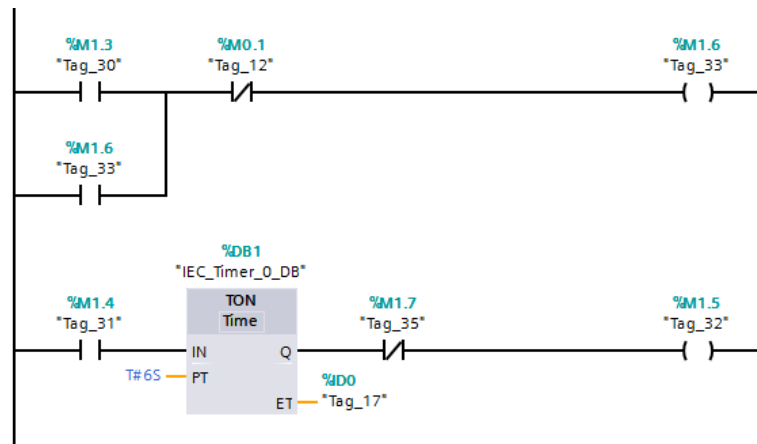
Figura 127. Repetición del ciclo



Fuente: Autores

La memoria M1.4 enciende la repetición del ciclo es decir M1.5 después de 6 segundos para esperar que todos los cilindros vuelvan a su posición inicial, mientras que M1.4 y M1.6 se encargan de desenclavar todos los procesos anteriores.

Figura 128. Desenclavamiento de todos los procesos

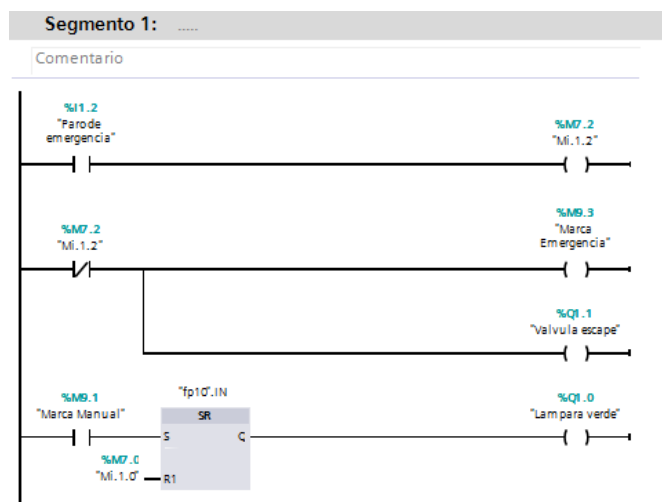


Fuente: Autores

4.2.2 Programación manual. Es en donde el usuario tiene el control del módulo y va activando cada tarea de acuerdo al funcionamiento de todo el equipo.

A continuación se muestra en el segmento 1 la activación de las marcas para el paro de emergencia y la lámpara verde. La marca manual activa un flip flop (set/reset) para activar la lámpara verde. El paro de emergencia activa una marca 7.2 la cual activa la valvula de escape Q1.1.

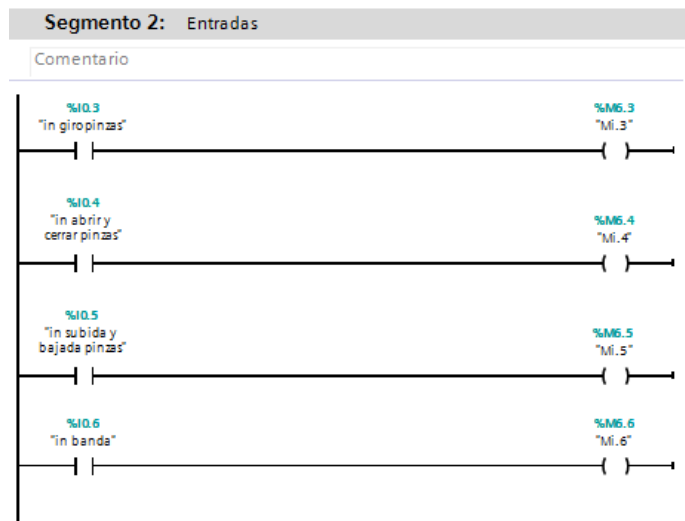
Figura 129. Programación manual, activación de paro de emergencia y lámpara verde



Fuente: Autores

En el segmento 2 se muestra la activación del giro, abertura y cierre, subida y bajada de pinzas y encendido de la banda transportadora, gracias al uso de las entradas.

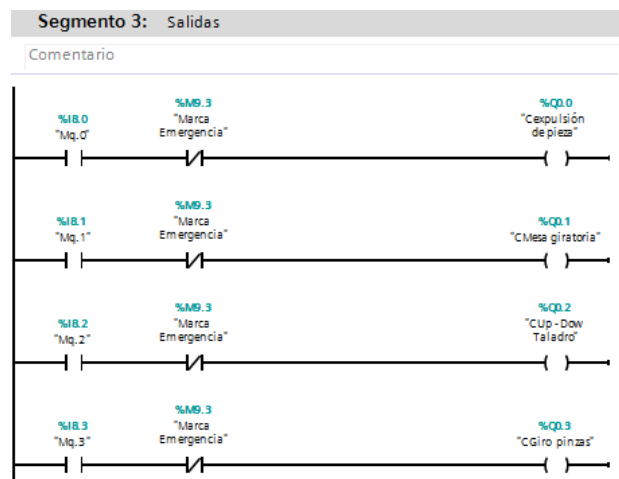
Figura 130. Activación de la banda transportadora y el módulo de pinzas



Fuente: Autores

En el segmento 3 se aprecia la activación de marcas Mq.0 hasta Mq.7 las cuales abren las marcas de emergencia y activan las salidas, en este caso expulsa las piezas con Q0.0, mesa giratoria con Q0.1, subida y bajada del taladro con Q0.2, giro de pinzas con Q0.3.

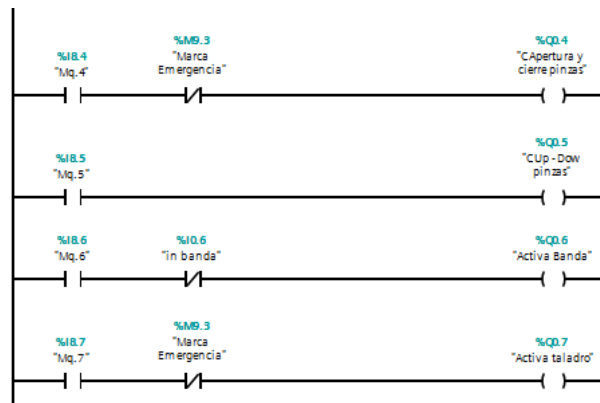
Figura 131. Activación de las salidas



Fuente: Autores

Continuando con el segmento 3 tenemos la apertura y cierre de pinzas con Q0.4, subida y bajada de pinzas con Q0.5, activación de banda con Q0.6 y encendido y apagado del taladro con Q0.7

Figura 132. Encendido del taladro, banda y módulo de pinzas



Fuente: Autores

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS DE COSTOS ENTRE EQUIPOS DE LAS MISMAS CARACTERÍSTICAS

Este análisis se lo realiza con el fin de obtener la mejor opción para poder elaborar la construcción del módulo, en el análisis lo que buscamos es ver la factibilidad de obtener el equipo de acuerdo al precio y a las características técnicas que necesitamos para realizar la construcción.

5.1 Costos de los equipos adquiridos

Para la obtención de los equipos se realizó un exhaustivo análisis en el cual se concluyó que los equipos a adquirir son de la marca SIEMENS, marca que es reconocida a nivel mundial debido a su garantía, seguridad, confiabilidad, características técnicas y la facilidad de adquirirlos.

A continuación se detallara los equipos de marca SIEMENS adquiridos en un KIT, lo cual salió más conveniente para nosotros como estudiantes. Los precios se encuentran detallados en dólares americanos.

Tabla 11. Costos de productos SIEMENS

Nombre	Tipo	Características	Precio (USD)
PLC SIMATIC S7-1200	6ES7 214-1BG31-0XB0	CPU 1214C AC/DC/Relé Intensidad de Entrada: 80 mA a120 V AC/40 mA a 230 V AC Módulos de señales admisibles: 8 Signal Board Admisible: 1 Módulo de comunicación admisible: 3 Dispositivos HMI: 3 Máximo Memoria de trabajo: 75 KB Entradas digitales: 14 Entradas analógicas:2 Salidas digitales:10 Voltaje disponible: 20,4 a 28,8 V Intensidad disponible: 400 mA(24 V DC)	355,68

Fuente: Autores

Tabla 12. Continuación

CSM 1277	6GK7 277-1AA10-0AA0	<p>Conexión de terminales: 4 conectores hembra RJ45</p> <p>Tensión de alimentación: 24 V DC= 0.10A</p> <p>Rango: 19,2 hasta 28,8 V</p> <p>Potencia perdida con DC 24 V: 1,6 W</p> <p>Consumo de corriente con tensión nominal: 70 mA</p> <p>Temperatura en funcionamiento: 0°C hasta +60°C</p>	195,40
LOGO!POWER	6EP1332-1SH43	<p>Tensión nominal de entrada: 100 a 240 V</p> <p>Rango de tensión/mín.: 85 a 264 V</p> <p>Tensión de entrada / con DC: 110 a 300 V</p> <p>Frecuencia nominal de línea: 50 / 60 Hz</p> <p>Intensidad de entrada: 1,22 A con 120V/ 0,66 A con 230V</p> <p>Tensión nominal de salida: 24 V</p> <p>Intensidad nominal de salida: 2,5 A</p> <p>Rango de ajuste/mín. 22 a 26,4 V</p>	83,33
SIMATIC KTP600 BASIC COLOR PN	6AV6 647-0AD11-3AX0	<p>Colores representables: 256</p> <p>Peso sin embalaje: 1070 g</p> <p>Teclas de función: 6</p> <p>Memoria de aplicación: 512 kBytes</p> <p>Tensión nominal: 24 V</p> <p>Rango admisible: de 19,2 V a 28,8 V</p> <p>Tensión de alimentación típica: 350mA</p>	637,20
SIMATIC STEP7 Basic V13	6ES7822-0AA03-0YA5	<p>TIA PORTAL STEP7 BASIC V13 para configuración, programación y diagnóstico de los controladores S7-1200. Incluye WINCC Basic para la configuración de los SIMATIC HMI BASIC Panels.</p>	145,30

Fuente: Autores

La adquisición de equipos se la realizó en la empresa INASEL Cía. Ltda., ubicada en la ciudad de Quito, la cual nos brindó su colaboración para adquirir los equipos de manera rápida y como era un Kit completo nos favoreció en los gastos, ya que el costo de cada equipo disminuyó.

5.2 Costos de otros equipos similares

Para realizar una correcta selección de equipos hay que tener en cuenta todos los gastos que se van a realizar desde el inicio hasta el final del proyecto de tesis titulada

“ IMPLEMENTACIÓN DE UNA MESA INDEXADORA DE VARIOS PROCESOS CON PLC PARA EL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH ”. En la selección correcta de los equipos hay que realizar un análisis minucioso en los que se refiere a costos, disponibilidad en el mercado, calidad, garantía, características técnicas, fácil adquisición, etc.

A continuación se detalla la comparación de equipos similares.

Tabla 13. Análisis de costos de equipos con otros de las mismas características

Equipo	Marca 1	Costo (USD)	Marca 2	Costo (USD)	Marca 3	Costo (USD)
PLC S7-1200	Fatek	890,75	Delta	315	SIEMENS	355,68
Pantalla táctil	Touch Panels, Vipa	1300	HMI 800-Panel 800, ABB	1203	SIEMENS	637,20
CSM 1277	SIEMENS	195,40	SIEMENS	195,40	SIMENS	195,40
Fuente de poder	SIEMENS	83,33	SIEMENS	83,33	SIEMENS	83,33
Electroválvulas	AIRBAC	100,86	ASCO	39,80	FESTO de 2da	20
Mesa indexadora	FESTO	200	FESTO	200	FESTO	200
Módulo de pinzas y giro	FELSOMAT	200	FELSOMAT	200	FELSOMAT	200
Palpado digital	KALKUM	170	MITUTOYO	145	PANTEC	140
Mini Taladro	HOBBY DRILL	40	PT-5201A	40	ProsKit	52
Microcilindro 16X50	FESTO	105,40	AIRBEST	78,90	THKPC	34,02
Microcilindro 16X25	FESTO	95,48	AIRBEST	65,29	THKPC	20,68
Cilindro de doble efecto 8X150	AIRBEST	110,43	THKPC	85,80	FESTO de 2da	20
Sensor magnético	PULSO-TRONIC	40	EICKMANN	40	FESTO	35
Sensor óptico	EICKMANN	35	di-soric	32	OMROM	30

Fuente: Autores

Cabe mencionar que para la adquisición del PLC y HMI hay que tener en cuenta ciertos parámetros como son:

- Saber qué es lo que se va a automatizar.

- Número de entradas y salidas tanto analógicas como digitales que se va a requerir para realizar la automatización.
- Capacidad de ampliación.
- Memoria de trabajo.
- Módulo de señales y comunicación admisibles.

Una vez que se realizó el análisis de costos se optó por la opción 3, debido a que todos los equipos se los puede obtener en el mercado y están en stock.

5.3 Análisis de costos

En este tema hablaremos acerca de los costos de producción del módulo de indexación y sus procesos. Dichos costos se clasifican en:

- Materia prima directa
- Mano de obra directa
- Costos indirectos

5.3.1 *Materia prima directa.* Son los gastos primordiales para la elaboración del módulo de indexación y sus procesos, sin ellos no se podrá realizar dicha elaboración, estos gastos se los dividirá en tres partes: sistema neumático, sistema eléctrico, sistema estructural.

- Sistema estructural: La estructura que sostiene a todo el módulo de indexación y sus procesos está constituida por perfil de acero cuadrado y su base es de perfil modular de 1 ¼ de aluminio.

Tabla 14. Costos del sistema estructural

Descripción	Cantidad	Valor Unitario(USD)	Valor total (USD)
Perfil Modular de 1 ¼ 6,40 mts	4	31,50	126
Tubo cuadrado estructural 1x2 (25*25)	3	10,69	32,08
Ruedas pequeñas sin gancho	4	3,25	13
Ruedas pequeñas con gancho	2	4,14	8,28
Bases de madera para las pinzas	2	5	10
Canaleta 25x40	3	5,76	11,52
Canaleta 25x25	1	3,50	3,50
Terminal puntera 18-16	200	0,04	8

Fuente: Autores

Tabla 15. Continuación

Guía para las piezas en acrílico	1	15	15
Pinzas en acrílico	2	5	10
Nylon 38-40mm 1 1/2	0.90	15,70	15,70
Unión de nylon para perfil estructural	50	0,25	12,5
Amarras plásticas	40	0,04	1,60
Pernos	80	0,4	32
Tuercas	60	0,05	3
Caja de protección	1	50	50
Riel DIN	1	3,50	3,50
Tapas para perfil	60	0,15	9
Valor total			364,68

Fuente: Autores

- Sistema Neumático: Este consta de un sistema de alimentación (compresor) compresor, el sistema de distribución (conjunto de electroválvulas) y elementos de acción (cilindros neumáticos y módulo de pinzas).

Tabla 16. Costos del sistema neumático

Descripción	Cantidad	Valor Unitario(USD)	Valor total (USD)
Mesa indexadora	1	200	200
Electroválvulas 5/2	6	20	120
Módulo de pinzas y giro	1	200	200
Cilindro de doble efecto 16x25	1	20,68	20,68
Cilindro de doble efecto 16x50	1	34,02	34,02
Cilindro de doble efecto 8x150	1	20	20
Silenciador de bronce	4	0,90	3,60
Acoples recto 6mmx1/8	40	0,93	37,20
Unión T 6mm	5	2,46	12,32
Unión cruz 6mm	6	2,68	16,08
Manguera de poliuretano 6mm	20 m	0,78	15,68
Manguera de poliuretano 4mm	1m	0,52	0,52
Valor total			680,10

Fuente: Autores

- Sistema eléctrico: El módulo de indexación y sus procesos consta principalmente por la pantalla táctil HMI, PLC, CSM, LOGO, sensores, etc., gracias a estos equipos se puede manipular todo el proceso.

Tabla 17. Costos del sistema eléctrico

Descripción	Cantidad	Valor Unitario(USD)	Valor total (USD)
PLC S7-1200 1214C	1	355,68	355,48
CSM1277	1	195,45	195,45
LOGO! POWER	1	83,33	83,33
HMI KTP600 Basic	1	637,20	637,20
TIA PORTAL STEP7 V13	1	145,30	145,30
Tarjetas de comunicación	2	90	180
Banda transportadora	1	120	120
Mini taladro	1	52	52
Palpador digital	1	140	140
Sensor inductivo	1	35	35
Sensor magnético	4	35	140
Sensor óptico	3	30	90
Caja de control	1	3,50	3,50
Pulsado CSM 22mm verde	1	1,50	1,50
Pulsado CSM 22mm rojo	1	1,50	1,50
Pulsador 22 MM hongo c/RET rojo	1	2,50	2,50
LED verde	1	1,20	1,20
Cable de poder	1	1,25	1,25
Cable DB25	3	1,50	4,50
Interruptor normalmente abierto	1	0,50	0,50
Fusible	1	0,15	0,15
Porta fusible	1	0,80	0,80
Cable flexible #18	12	0,20	2,41
Cable flexible #16	9	0,28	2,52
Cable AWG 2x16	10	0,94	9,40
Cable de red	2	1,77	3,55
Valor total			2209,04

Fuente: Autores

A continuación podemos ver los costos directos de materia prima en forma total de cada uno de los sistemas utilizados para el módulo de indexación y sus procesos.

Tabla 18. Costos totales de cada sistema

Sistema	Costo total(USD)
Neumático	680,10
Eléctrico	2209,04
Estructural	364,68
Total	3253,82

Fuente: Autores

5.3.2 *Mano de obra directa.* Indica los gastos de las personas que estuvieron involucradas en la elaboración del módulo de indexación y sus procesos.

Tabla 19. Costos de mano de obra directa

Descripción del personal	Costo (USD)
Soldador	30
Tornero	50
Total	80

Fuente: Autores

5.3.3 *Costos indirectos de fabricación.* Son los costos que no se los incluye en los costos directos y de la mano de obra directa, estos costos constan en los que es luz, agua, mano de obra indirecta, materiales indirectos, mantenimiento, etc.

Tabla 20. Costos indirectos de fabricación

Descripción	Cantidad	Valor Unitario(USD)	Valor total (USD)
Broca	3	0,80	2,40
Lija	2	0,25	0,50
Franela	1	1	1
Thinner	1	1	1
Cinta doble faz	6	1	6
Masilla epoxica	2	1,90	3,80
Spray	8	2,30	18,4
Taype	1	0,50	0,50
Valor total			33,6

Fuente: Autores

En la siguiente tabla podemos ver los costos indirectos totales.

Tabla 21. Análisis de costos indirectos totales

Descripción	Valor total(USD)
Costos indirectos de fabricación	33,6
Imprevistos	100
Total	133,6

Fuente: Autores

A continuación mostramos los costos totales de producción para la elaboración del módulo de indexación y sus procesos.

Tabla 22. Costo total de la elaboración del módulo de indexación y sus procesos

Descripción	Valor total (USD)
Materia prima directa	3253,82
Mano de obra directa	80
Costos indirectos	133,6
Total	3467,42

Fuente: Autores

5.4 Resultado del análisis de los costos

Para la elaboración de él módulo de indexación y sus procesos el costo fue de 3467,42 USD (tres mil cuatrocientos sesenta y siete dólares americanos con cuarenta y dos centavos de dólar), la cual fue financiada en un ciento por ciento por los estudiantes involucrados en la elaboración del proyecto de tesis titulado “IMPLEMENTACIÓN DE UNA MESA INDEXADORA DE VARIOS PROCESOS CON PLC PARA EL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”.

En lo referente a los equipos de control que en su totalidad son de marca SIEMENS, éstos se los adquirido debido a las características que necesitamos, a su fácil adquisición y debido a su alto reconocimiento internacional de ésta prestigiosa marca.

Los demás equipos son de diferentes marcas, las cuales se eligió de acuerdo a los precios y características necesaria; algunos equipos son de segunda mano debido a su alto costo para poder adquirirlos, dichos equipos funcionan a la perfección.

CAPÍTULO VI

6. MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS

Sin duda este capítulo es de suma importancia ya que abarca los manuales de operación, mantenimiento y seguridad de los equipos utilizados en éste módulo de indexación. Todos los manuales son una herramienta fundamental dentro de un módulo de prácticas, ya que de ésta manera al disponer de tales manuales se podrá preservar durante más tiempo la vida útil de los equipos.

El manual de operación está a disposición del usuario, en dónde éste podrá encontrar los diferentes pasos a seguir para un correcto funcionamiento de todo el módulo y no tener inconvenientes posteriores en el momento de trabajar en el laboratorio.

Por otra parte el manual de mantenimiento tiene como objetivo dar a conocer al usuario el tipo de mantenimiento que deben tener los diferentes equipos y materiales de trabajo que están realizando todo el proceso del módulo de indexación. Se encuentran adjuntas fichas de revisión de los estados de todos los componentes del módulo.

En lo referente a seguridad de los equipos, éstos van a estar expuestos a la manipulación de los usuarios, es por eso que se indicará en el respectivo manual la forma y el uso correcto de manejar los componentes de todo el módulo de indexación.

6.1 Manual de funcionamiento de los equipos

Este tipo de manuales es muy conocido por todos, ya que cuando una persona adquiere dispositivos, accesorios, componentes neumáticos o eléctricos sea cualquiera la utilidad que se les vaya a dar, éstos vienen con su respectivo manual de funcionamiento dado por el propio fabricante, para que así no se pueda causar daños a los equipos y tener un trabajo mucho más óptimo. Es por eso que se adjunta en el ANEXO P la guía de operación de todo el módulo de la mesa indexadora con sus respectivos procesos

Una vez realizado las guías de operación manual y automática del módulo de indexación con sus diferentes procesos, nos queda por adjuntar el manual de seguridad de los equipos utilizados para éste proceso en el ANEXO N.

6.2 Elaboración de métodos de seguridad para los equipos

En casi todos los laboratorios existen riesgos de accidentes tanto para los alumnos, docentes y usuarios generales. Es por eso que la seguridad que deben brindar los equipos es de suma importancia, ya sea antes de empezar la práctica o una vez iniciada la misma.

Este manual está dirigido tanto para los alumnos, docentes y todas las personas que estén ligadas al área de laboratorio en donde se realizan las diferentes prácticas. La persona que se encuentre a cargo del laboratorio está en la obligación de capacitar a los estudiantes de manera que puedan manipular los equipos sin ningún inconveniente y con todas las normas que se debe de aplicar.

Para trabajar de manera eficiente y segura dentro del laboratorio se sigue la guía de seguridad para así trabajar de manera eficiente y segura, indicando cuales son las responsabilidades y reglas básicas a seguir para disminuir el riesgo de accidentes.

Como es de conocimiento al realizar actividades con equipos neumáticos o eléctricos, éstos pueden causar accidentes al usuario, es por eso que existen advertencias y precauciones, así se tendrá mayor cuidado con el equipo y éste funcionare de mejor manera.

Al tener diferentes tipos de equipos (neumático, eléctrico, de control) en todo el modulo, éstos no se manejan de igual manera, es por eso que se ha clasificado en tres grupos de métodos de seguridad los cuales son:

- Método de seguridad para el módulo de control
- Método de seguridad para equipos neumáticos
- Método de seguridad para equipos eléctricos

La seguridad tanto para el alumno como para los dispositivos es muy importante, es por eso que se ha indicado de manera minuciosa todos los detalles de la manera de operación, funcionamiento y mantenimiento, para que así el encargado de laboratorio

y los estudiantes puedan entender de manera rápida y precisa, con el fin de evitar accidentes posteriores.

6.2.1 *Métodos de seguridad para el módulo de control.* El módulo de control se encuentra en el interior de una caja de tol, dicho módulo es de suma importancia para el desempeño de todo el proceso a realizarse, es por eso que se debe tener mucha precaución en el momento de manipular. Éste consta de los siguientes equipos:

PLC

LOGO

CSM

Tarjetas de comunicación (verdes)

Pantalla HMI

6.2.2 *Métodos de seguridad para equipos neumáticos.* Todos los equipos neumáticos utilizados en éste proceso se encuentran a la intemperie, es por esos que se debe de seguir las guías de seguridad para evitar que el usuario o el equipo sufran accidentes innecesarios.

Todas las especificaciones de cómo mantener una seguridad de los equipos neumáticos se encuentran detalladas de mejor manera en el ANEXO N, para así evitar daños y mantener una seguridad en los equipos con lo que se alarga la vida los mismos.

6.2.3 *Métodos de seguridad para equipos eléctricos.* Los equipo electricos son muy importantes ya que gracias a ellos se puede dar inicio al módulo, éstos se deben manejar con toda la precaución del caso ya que pueden ocasionar descargas eléctricas al usuario dando como resultado daños secundarios. Es por eso que se debe de seguir toda la guía de seguridad de cada uno de los equipos para así evitar daños durante la secuencia de todo el proceso. Todos los elementos eléctricos se adjuntan en el ANEXO N de manera detallada para una mejor utilización de los mismos.

6.3 Manual de mantenimiento de los equipos

El mantenimiento es uno de los aspectos más importantes que existe todo equipo, instrumento, dispositivos, maquinaria, etc. Dependiendo del tipo de mantenimiento que

se les da a los equipos va a depender su funcionamiento y vida útil, ya que realizando el mantenimiento correcto la eficiencia del módulo aumenta y se alarga la vida de todos los equipos, lo que genera mayor beneficio al laboratorio de automatización.

El personal que se encuentre a cargo del laboratorio de automatización es el responsable de llevar el correcto mantenimiento de los equipos, antes, durante y después de cualquier práctica realizada. Para que el personal del laboratorio sepa qué tipo de mantenimiento realizar se le entregara los manuales de mantenimiento preventivo de todos los equipos, para que de esta manera sepa que debe de hacer si algo anda mal.

Como responsables de la elaboración del módulo, estamos en toda la obligación de entregarles todos los documentos que le faciliten el trabajo al responsable del laboratorio, es por eso que se ha realizado los siguientes documentos:

- Estado técnico de todos los equipos
- Actividades de mantenimiento del módulo
- Calendario de realización de mantenimiento de equipos

6.3.1 *Estado técnico de todos los equipos.* Para poder realizar la práctica es necesario conocer las condiciones en las que están los equipos del módulo, dichas especificaciones de todos los equipos se encuentran detalladas de mejor manera en una tabla adjunta en el ANEXO L, cabe recalcar que no todos los equipos utilizados en el módulo son nuevos, debido a su alto valor económico, pero si se encuentran en buenas condiciones.

6.3.2 *Actividades de mantenimiento del módulo.* Es de gran importancia saber qué es lo que se debe realizar a cada equipo, es por eso que en este apartado se va a llevar a cabo el mantenimiento de tipo preventivo, es decir se realizará revisiones y limpiezas de todos los equipos con el fin de tener un gran desempeño del módulo y que no tenga inconvenientes en el momento de funcionamiento. Las actividades que se debe realizar a cada equipo se encuentran detalladas de mejor manera en el ANEXO M.

6.3.3 *Calendario de realización de mantenimiento de equipos.* Es aquí en donde se especifica cada que tiempo se debe realizar el mantenimiento, ya sea por semana, mensual, trimestral o semestral. Eso va a depender de la utilización y de los manuales

otorgados por el fabricante, cabe recalcar que antes de realizar una práctica se debe revisar que no exista ningún tipo de falla, fuga, cortocircuitos, etc., para que el módulo tenga un buen desempeño. El tiempo en cual se debe realizar el mantenimiento se lo especifica en la tabla adjunta al ANEXO M.

6.4 Elaboración de guía práctica de laboratorio entre el PLC SIMATIC S7-1200 y pantalla táctil y fichas técnicas

La ciencia es una actividad práctica además de teórica, y gran parte de la ciencia se aprende dentro de los laboratorios ya sea manipulando materiales o equipos. Es de gran ayuda para el estudiante poder manejar equipos en el interior del laboratorio, ya que así pone en práctica su conocimiento adquirido y toma experiencia de lo aprendido, y no lo deja solo en papel. De este modo favorecemos al estudiante a que se familiarice de mejor manera con los equipos y aprenda nuevas técnicas para reforzar su conocimiento. La realización de prácticas de laboratorio pone a que el alumno sea capaz de encontrar soluciones más rápidas a un problema, a que su pensamiento sea más espontáneo, a aumentar la motivación y gusto de lo que realiza.

6.4.1 *Guías de laboratorio.* El propósito de las guía de laboratorio es que el docente planifique y organice su participación en la enseñanza educativa. Las guías son un material de mucha importancia para el aprendizaje y la enseñanza de los estudiantes. Los estudiantes al realizar este tipo de prácticas se van a sentir más motivados y su autoestima va a subir.

No hay que olvidar que cuando se realicen las prácticas es indispensable tomar todas las medidas de seguridad del caso. Las guías de laboratorio se encuentran adjuntas en el ANEXO Q.

6.4.2 *Fichas técnicas.* Las fichas técnicas van de la mano con el mantenimiento y el funcionamiento que se le debe hacer al módulo, ya que estas disponen de datos técnicos del equipo, características, rangos, forma de montaje, etc. El profesor debe proveer de dichas fichas a los estudiantes para que éstos se familiaricen con todo lo referente a los equipos (montaje, ubicación, características, etc.) y así en el momento de la práctica no tengan dudas ni inconvenientes.

Las fichas técnicas disponen de la siguiente información:

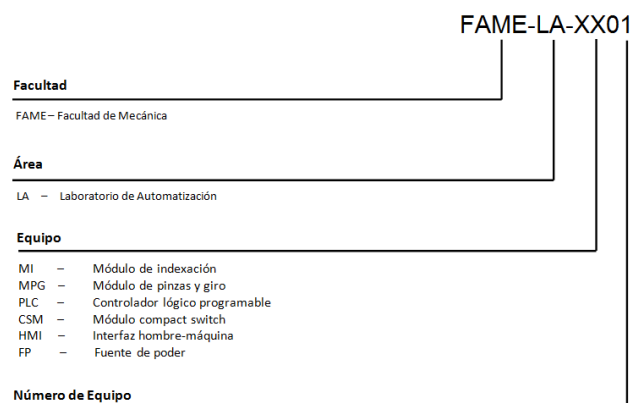
- Nombre del equipo

- Código del equipo
- Ubicación del equipo
- Datos técnicos del equipo (marca, modelo, serie)
- Características del equipo (amperaje, voltaje, presión, etc.)
- Partes principales del equipo (no en todos los equipos)
- Imagen del equipo
- Numero de ficha
- Denominación de las partes principales (no en todos los equipos)

Para mayor familiarización de las fichas técnicas de todos los equipos, éstas se las adjunta en el ANEXO K.

6.4.3 Codificación de equipos del módulo de indexado. La codificación de todos los equipos es muy esencial para el mantenimiento de los mismos, de este manera se podrá llevar a cabo un control ordenado de todos los equipos, instrumentos, accesorios, etc., para codificar los equipos utilizados nos regiremos específicamente a lo normado para el laboratorio de la Facultad de Mecánica, de igual manera se realizarán los manuales de operación, mantenimiento y fichas técnicas. La codificación que se utilizara es la siguiente FAME NA-XX00, a continuación se detalla cada una de sus siglas con su respectivo significado:

Figura 133. Codificación de los equipos



Fuente: Autores

Todos los equipos del módulo de indexación tienen su codificación respectiva, para facilitar su inventariado dentro del laboratorio y realizarlo de una manera ordenada, facilitando así el cuidado de todos los equipos, se adjunta en el ANEXO J detallado de mejor manera la codificación de todos los equipos utilizados.

CAPITULO VII

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

Se logró la implementación una mesa indexadora con los procesos de taladrado, medido y expulsado utilizando PLC y HMI.

Se diseñó los elementos mecánicos adecuados para cada equipo y para el modulo completo con el fin de evitar deformaciones y daños en los equipos debido a cargas aplicadas, se pudo corroborar las deformaciones en el programa ANSYS.

Se realizó la interfaz entre el PLC y la HMI, en un panel de operador para el fácil acceso a la estación de almacenamiento.

Se implementó estaciones de taladrado, medición y expulsado, los cuales van en el orden mencionado y gracias a una mesa giratoria la probeta llega a las estaciones de manera precisa.

Se realizo una comunicación entre PLC y pantalla táctil mediante ETHERNET, lo cual facilita realizar los procesos sea automático o manual a través de la pantalla táctil.

Se elaboró una tarjeta de interfaz entre las entradas y salidas de los equipos neumáticos y eléctricos con las entradas y salidas del PLC con el fin de disminuir el cableado y facilitar su conexión.

Se construyó una botonera para el control y mando manual y automático de todo el proceso.

Se elaboró fichas técnicas del módulo de indexación y sus procesos, de manera completa e individual con el fin que el estudiante se familiarice y manipule correctamente los equipos.

7.2 Recomendaciones

Utilizar los equipos e instrumentos del módulo de indexación y sus procesos en prácticas de laboratorio con fines de investigación.

Diseñar y simular los equipos mecánicos en diversos softwares en donde puedan comprobar las deformaciones y el funcionamiento.

Implementar estaciones de trabajo en la mesa indexadora ya que se dispone de más posiciones para trabajar.

Instruir al estudiante en cuanto a seguridad de los equipos con el fin de evitar daños posteriores.

Realizar un control de mantenimiento de acorde a lo especificado en los manuales de todos los equipos sea neumático, eléctrico y electrónico.

BIBLIOGRAFÍA

ABARCA, Patricio. 2008. El ABC de la automatización Industrial. [En línea] 5 de Mayo de 2008. [Citado el: 04 de enero de 2015.] <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/sistemas-de-control-automatico.pdf>.

Actuadores Eléctricos. 2013.[En línea] 5 de Agosto de 2013. [Citado el: 9 de Marzo de 2015.] <http://www.info-ab.uclm.es/labeledc/Solar/electronica/elementos/Electricos.htm>.

AGUILAR, Domingo PEÑA. 2012. Dispositivos electrónicos de potencia:Reles. [En línea] 10 de Enero de 2012. [Citado el: 22 de Diciembre de 2014.] http://www.ugr.es/~amroldan/enlaces/dispo_potencia/reles.htm.

AIRBEST. 2012. Airbest Catálogos. [En línea] 1 de Enero de 2012. [Citado el: 3 de Febrero de 2015.] <http://es.aliexpress.com/item/AIRBEST-Vacuum-generators-durable-pneumatic-components-ACV-10-HS/1874614232.html>.

AIRWORK. 2013. Catálogo AIRWORK. [En línea] 27 de Febrero de 2013. [Citado el: 3 de Febrero de 2015.] <http://www.airwork.it/media/pdf/catalog/catalogo-generale.pdf>.

AUTÓMATA. 2010. Automata.org. [En línea] 21 de 06 de 2010. [Citado el: 20 de 02 de 2015.] <http://www.automatas.org/foro/viewtopic.php?f=1&t=12349>.

BAREA, José Luis. 2012. Isad Tema7 2 Sensores y Actuadores. [En línea] 6 de Diciembre de 2012. [Citado el: 9 de Marzo de 2015.] <http://es.scribd.com/doc/115782564/Isad-Tema7-2-Sensores-y-Actuadores>.

CABALLANO. 2012. Ingeniería Organización Industrial , Automatización de Procesos Industriales. *Ingeniería Organización Industrial , Automatización de Procesos Industriales.* [En línea] 12 de Enero de 2012. [Citado el: 22 de Diciembre de 2014.] <http://www.caballano.com/automa.htm>.

CARNICER, E. 1977. *Aire Comprimido Teoría y Cálculo de las Instalaciones.* Barcelona : Gustavo Gili S.A., 1977.

cmappublic2. 2012. Índice-Sensores. [En línea] 2 de Agosto de 2012. [Citado el: 13 de Diciembre de 2014.] <http://cmappublic2.ihmc.us/rid=1H2B63T5G-1SLKJ1L-J52/Sensores%20fundamentos,%20tipos%20y%20caracter%C3%ADsticas.pdf>.

Direct Industry. 2014. Racores. [En línea] 21 de Julio de 2014. [Citado el: 9 de Marzo de 2015.] <http://news.directindustry.es/press/pneuflex-pneumatic-co-ltd/racores-rapidos-aire-racores-neumaticos-68892-421201.html>.

ESCALERA Manuel Jesus, RODRIGUEZ Antonio. 2010. Actuadores Neumáticos. [En línea] 19 de Enero de 2010. <http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntos.htm/Trabajos%20IIM%202009-10/Manuel%20Jesus%20Escalera-Antonio%20Rodriguez-Actuadores%20Neumaticos.pdf>.

Escuela Superior de Ingenieros Bilbao. 2013. Actuadores de los Sistemas Neumáticos. [En línea] 26 de Mayo de 2013. [Citado el: 3 de Febrero de 2015.] http://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/361_ca.pdf.

FESTO. 2012. Filtros y silenciadores LFU. *Filtros y silenciadores LFU*. [En línea] 12 de Diciembre de 2012. [Citado el: 20 de Diciembre de 2014.] https://www.festo.com/cat/pt_pt/data/doc_es/PDF/ES/LFU_ES.PDF.

Pneumatic Rotary Indexing Tables.2014 [En línea] 21 de Agosto de 2014. [Citado el: 12 de Mayo de 2015.] <http://www.styrochreglerakuten.se/ST-270-A.pdf>.

GUILLÉN, Alejandro. 2013. Neumática. [En línea] 22 de Septiembre de 2013. [Citado el: 2 de Febrero de 2015.] http://www.guillesime.galeon.com/index_archivos/Page780.htm.

MEJIA, Pablo. 2012. Introducción a los tipos de actuadores. [En línea] 24 de Marzo de 2012. [Citado el: 29 de Enero de 2015.] <http://mundointegrado-sps-hn.blogspot.com/2012/03/introduccion-los-tipos-de-actuadores.html>.

MORÁN, Ivan. 2011. *Sistemas neumáticos y Oleoneumáticos*. Riobamba : Epoch, 2011.

ORTEGA, Edwin. 2013. Clasificación de Sensores. [En línea] 16 de Abril de 2013. [Citado el: 11 de Diciembre de 2014.] <http://es.slideshare.net/Edw1a/clasificacion-de-sensores>.

PEREZ, Pablo. 2013. Electronica básica. [En línea] 25 de Agosto de 2013. [Citado el: 9 de Marzo de 2015.] <http://basiectro.blogspot.com/p/los-relesel-rele-o-relevador-del.html>.

SEAS. 2013. Actuadores Neumáticos. [En línea] 18 de Octubre de 2013. [Citado el: 2 de Febrero de 2015.] http://fosva.seas.es/docs/t3_neumatica.pdf.

SIEGLING. 2011. Cálculo de la banda Transportadora. [En línea] 8 de Agosto de 2011. [Citado el: 3 de Febrero de 2015.] http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-21_09-06-57105684.pdf.

SIEMENS AG. 2009. Guía de transición del S7 200 al S7 1200. [En línea] 23 de Noviembre de 2009. [Citado el: 1 de Junio de 2015.] <http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200%20-%20Transicion%20S7200%20a%20S71200.pdf>.

SIEMENS. 2014. Paneles HMI SIMATIC. [En línea] 23 de Marzo de 2014. [Citado el: 5 de Enero de 2015.] https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure_panels_es.pdf.

SIMATIC HMI Paneles de operador. 2012 [En línea] 23 de Abril de 2012. [Citado el: 31 de Mayo de 2015.] https://cache.industry.siemens.com/dl/files/678/31032678/att_25341/v1/hmi_basic_panels_operating_instructions_es-ES-es-ES.pdf.

SIMATIC Manual de sistema.2012 [En línea] 12 de Noviembre de 2012. [Citado el: 16 de Marzo de 2015.] <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Document%20s/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>.

SIMATIC STEP 7.2013 [En línea] 13 de Julio de 2013. [Citado el: 16 de Marzo de 2015.] <http://www.industry.siemens.com/topics/global/es/tia-portal/controller-sw-tia-portal/pages/default.aspx>.

TIA Portal STEP 7 Basic V10.5. 2012[En línea] 14 de Diciembre de 2012. [Citado el: 31 de Mayo de 2015.] https://cache.industry.siemens.com/dl/files/542/40263542/att_829830/v1/GS_STEP7Bas105esES.pdf.

SIEMENS, AG. 2012. SIMATIC STEP 7 en el Totally Integrated Automation Portal. [En línea] 10 de Agosto de 2012. [Citado el: 6 de Enero de 2015.] http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/en/brochure_simatic-step7_tia-portal_en.pdf.

STERN. 2007. Cilindros hidraulicos. [En línea] 12 de Abril de 2007. [Citado el: 5 de Febrero de 2015.] http://progecad.partcommunity.com/FileService/File/stern/cyl_iso_6020_1_sk/sk.pdf.

SUÁREZ, Jazmín. 2014. Actuadores electricos y mecánicos. [En línea] 1 de Julio de 2014. [Citado el: 9 de Marzo de 2015.] <https://es.scribd.com/doc/6291040/Resumen-de-Actuadores-Electricos-y-Mecanicos>.

TECNAUTOMAT,S.A. 2004. Mesas Rotativas. [En línea] 12 de Junio de 2004. [Citado el: 13 de Diciembre de 2014.] http://www.tecnautomat.com/adj_productos/154.pdf.

Ultra Plas S.A. de C.V. y el Acrilico. 2012. Acrilico y policarbonato.com. [En línea] 25 de Marzo de 2012. [Citado el: 5 de Junio de 2015.] <http://www.acrilico-y-policarbonato.com/acrilico.html>.

UNED. 2005. Sensores. [En línea] 6 de Abril de 2005. [Citado el: 3 de Enero de 2015.] <http://www.unet.edu.ve/~ielectro/sensores.pdf>.

VELASQUEZ, Luis. 2007. Relés electromagnéticos. *Relés electromagnéticos*. [En línea] 3 de Marzo de 2007. [Citado el: 22 de Diciembre de 2014.] http://www.velasquez.com.co/aplicaciones/AN_Reles_electromagneticos.pdf.

VILCHES, Enrique. 2011. Contadores y actuadores. [En línea] 27 de Noviembre de 2011. [Citado el: 21 de Diciembre de 2014.] <http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/xxtindustrial/libros%20de%20electricidad/Controles%20Electromecanicos/CONTACTORES%20Y%20ACTUADORES.pdf>.

WIKIPEDIA. 2015. Cinta transportadora. [En línea] 29 de Mayo de 2015. [Citado el: 5 de Junio de 2015.] http://es.wikipedia.org/wiki/Cinta_transportadora.

WIKIPEDIA. 2015. GRAFCET. [En línea] 22 de Junio de 2015. [Citado el: 22 de Junio de 2015.] <https://es.wikipedia.org/wiki/GRAFCET>.

ZABALA, RODRIGUEZ Cristina Isabel. 2014. Válvulas Electroneumáticas y Ejemplos de Funcionamiento. *Válvulas Electroneumáticas y Ejemplos de Funcionamiento*. [En línea] 8 de Agosto de 2014. [Citado el: 21 de Diciembre de 2014.] http://kosmos.upb.edu.co/web/uploads/articulos/%28A%29_Recurso_de_AutoAprendizaje_Tecnologia_Fluidica_Valvulas_Electroneumaticas_y_Ejemplos_de_Funcionamiento_1595.pdf.