



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE FIJACIÓN
Y PRENSADO CON UN PLC PARA EL LABORATORIO
DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS
INDUSTRIALES DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE
LA ESPOCH”**

**BUÑAY GUAMÁN JORGE SABASTIÁN
GUAMÁN ÑAUPA RUSBEL PATRICIO**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

**RIOBAMBA – ECUADOR
2015**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-01-31

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

BUÑAY GUAMÁN JORGE SEBASTIÁN

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE FIJACIÓN Y PRENSADO
CON UN 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 Gallegos
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

2014-01-31

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

GUAMÁN ÑAUPA RUSBEL PATRICIO

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE FIJACIÓN Y PRENSADO
CON UN 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 Gallegos
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 EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: BUÑAY GUAMÁN JORGE SEBASTIAN

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE FIJACIÓN Y PENSADO CON UN PLC PARA EL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2015-05-28

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Dr. Julio Pérez 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.

Dr. Julio Pérez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: GUAMÁN ÑAUPA RUSBEL PATRICIO

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE FIJACIÓN Y PENSADO CON UN PLC PARA EL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2015-05-28

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Dr. Julio Pérez 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.

Dr. Julio Pérez
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 teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Jorge Sebastián Buñay Guamán

Rusbel Patricio Guamán Ñaupá

DEDICATORIA

A toda mi familia por haberme apoyado durante todo este camino, en especial a mi Madre que fue y será la persona más importante en toda mi vida.

Jorge Sebastián Buñay

A mis padres que me han brindado la oportunidad de vivir, y me han entregado pacientemente su sabiduría y consejos, a mis hermanitos que me apoyan día a día con sus alegrías.

Rusbel Patricio Guamán

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida y permitirme llegar hasta esta etapa de mi vida, a la Escuela de Ingeniería Mecánica de la ESPOCH por formarnos como profesionales, a mis familiares y amigos por el apoyo brindado, y en especial a mi Madre por haberme brindado durante toda su vida su sacrificio, dedicación y trabajo.

Jorge Sebastián Buñay

Doy gracias a Dios por haber rodeado mi vida de familiares y amigos que me han brindado su apoyo y sabiduría durante toda mi vida, a la Escuela de Ingeniería Mecánica de la ESPOCH por el apoyo brindado durante y después de nuestra vida estudiantil

Rusbel Patricio Guamán

CONTENIDO

Pág.

1.	INTRODUCCIÓN	
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>	3
2.	MARCO TEÓRICO	
2.1	Generalidades de módulos didácticos	4
2.2	Automatización industrial	5
2.3	Tipos de automatización industrial	6
2.3.1	<i>Control automático de procesos.</i>	6
2.3.2	<i>El procesamiento electrónico de datos.</i>	6
2.3.3	<i>La automatización fija.</i>	6
2.3.4	<i>El control numérico computarizado.</i>	6
2.3.5	<i>La automatización flexible.</i>	6
2.4	Tecnologías aplicadas en la automatización	6
2.4.1	<i>Tecnología cableada.</i>	7
2.4.2	<i>Tecnología programada.</i>	7
2.5	Niveles de la automatización	8
2.5.1	<i>Nivel de campo.</i>	9
2.5.2	<i>Nivel de control.</i>	9
2.5.3	<i>Nivel de supervisión.</i>	9
2.5.4	<i>Nivel de gestión.</i>	9
2.6	Sistema Scada	10
2.6.1	<i>Generalidades.</i>	10
2.6.2	<i>Ventajas del sistema. SCADA de tipo sensor-panel de operador.</i>	10
2.6.3	<i>Desventajas del sistema. SCADA de tipo sensor-panel de operador</i>	11
2.6.4	<i>Ventajas de un sistema SCADA basado en PLC'S.</i>	11
2.6.5	<i>Desventajas de un sistema SCADA basado en PLC'S.</i>	12
2.7	Niveles de jerarquía de un sistema Scada	12
2.8	Controladores lógicos programables (PLC)	12
2.8.1	<i>Definición de PLC.</i>	12
2.8.2	<i>Estructura básica de un PLC.</i>	12
2.9	Clasificación de los PLC'S	13
2.10	Clasificación de los PLC'S por su construcción	13
2.10.1	<i>Integral o compacta.</i>	13
2.10.2	<i>Modular.</i>	13
2.10.2.1	<i>Estructura americana.</i>	13
2.10.2.2	<i>Estructura europea.</i>	13
2.11	Clasificación por su capacidad	13
2.11.1	<i>Nivel 1.</i>	13
2.11.2	<i>Nivel 2.</i>	13
2.12	Clasificación de los PLC'S por la cantidad de E/S	14
2.13	Concepto de sistema	14

2.14	Definición de sistema de control.....	14
2.15	Elementos básicos de un sistema de control	15
2.15.1	<i>Proceso.</i>	15
2.15.2	<i>Variable controlada.</i>	15
2.15.3	<i>Variable manipulada.</i>	15
2.15.4	<i>Valor de referencia</i>	15
2.15.5	<i>Variable de perturbación.</i>	15
2.16	Instrumentos de un sistema de control	15
2.16.1	<i>Medidor.</i>	16
2.16.2	<i>Controlador.</i>	16
2.16.3	<i>Actuador.</i>	16
2.17	Diagramas de bloques de un sistema de control	16
2.17.1	<i>Flechas.</i>	16
2.17.2	<i>Bloques.</i>	16
2.17.3	<i>Comparadores.</i>	16
2.18	Clasificación de los sistemas de control según su comportamiento	16
2.18.1	<i>Sistemas de control de lazo abierto.</i>	16
2.18.2	<i>Sistemas de control de lazo cerrado.</i>	17
2.19	Modelos matemáticos de ecuaciones diferenciales.....	17
2.20	La función de transferencia.....	18
2.21	Transformadas de Laplace	18
2.22	Retraso.....	20
2.23	Error en estado estacionario	20

3. DISEÑO Y MONTAJE DE LOS EQUIPOS PARA EL MÓDULO

3.1	Requerimientos generales del módulo.	22
3.1.1	<i>Descripción de los elementos del proceso.</i>	22
3.1.2	<i>Descripción del proceso.</i>	22
3.2	Definición de las partes del módulo.....	23
3.3	Herramientas de diseño asistido.....	23
3.4	Programa Solidworks	24
3.5	Diseño de la base para la estructura	25
3.5.1	<i>Perfil de aluminio a utilizar.</i>	25
3.5.2	<i>Dimensionamiento de la base en Solidworks.</i>	26
3.6	Diseño del sistema de transporte.....	27
3.6.1	<i>Transportadores.</i>	27
3.6.2	<i>Banda transportadora.</i>	27
3.6.3	<i>Transportador de tablillas.</i>	28
3.6.4	<i>Transportador de rodillos.</i>	29
3.6.5	<i>Transportador helicoidal.</i>	30
3.7	Dimensionamiento del sistema de sistema de transporte.....	30
3.7.1	<i>Selección de la banda.</i>	30
3.7.2	<i>Selección del motoreductor de velocidad.</i>	31
3.8	Dimensionamiento de la banda transportadora en Solidworks	33
3.9	Dimensionamiento del sistema de posicionamiento	33
3.9.1	<i>Sistema con tubo guía para la tapa.</i>	33
3.9.2	<i>Sistema ubicación con resbaladera.</i>	34
3.10	Sistema de fijación	34
3.11	Dimensionamiento del sistema de prensado	35
3.11.1	<i>Selección del músculo neumático.</i>	35

3.11.2	<i>Dimensionamiento del sistema de prensado en el programa Solidworks</i>	36
3.12	Montaje de la estructura del módulo	37
3.12.1	<i>Montaje de la base.</i>	37
3.12.2	<i>Montaje de la banda transportadora.</i>	37
3.12.3	<i>Montaje del sistema de ubicación.</i>	38
3.12.4	<i>Montaje del sistema de fijación.</i>	38
3.12.5	<i>Montaje del sistema de prensado.</i>	39
3.12.6	<i>Sistema neumático y sus elementos.</i>	40
3.12.7	<i>Componentes de un sistema neumático.</i>	41
3.12.7.1	<i>Compresor.</i>	41
3.12.7.2	<i>Filtro de aire.</i>	41
3.12.7.3	<i>Regulador de presión.</i>	42
3.12.7.4	<i>Válvulas de cierre, válvulas de trabajo y válvulas de mando.</i>	42
3.12.7.5	<i>Actuadores (Cilindros).</i>	42
3.13	Descripción del sistema neumático de la estación de fijación y prensado	43
3.14	Selección de los elementos neumáticos y electroneumáticos	43
3.14.1	<i>Electroválvulas.</i>	44
3.14.2	<i>Válvula proporcional.</i>	45
3.14.3	<i>Cilindro de doble efecto.</i>	45
3.14.4	<i>Cilindro de simple efecto.</i>	46
3.14.5	<i>Cilindro compacto de doble efecto.</i>	46
3.14.6	<i>Unidad de mantenimiento.</i>	47
3.14.7	<i>Racores.</i>	47
3.14.8	<i>Controladores de flujo.</i>	47
3.15	Sensores y transductores	48
3.15.1	<i>Conceptos de transductor y sensor.</i>	48
3.15.2	<i>Clasificación de los sensores.</i>	49
3.16	Selección de sensores.	49
3.16.1	<i>Criterios para la selección de sensores.</i>	49
3.16.2	<i>Selección del sensor de presión.</i>	50
3.16.3	<i>Sensores de posición inductivos.</i>	50
3.16.4	<i>Sensor de posición fotoeléctrico.</i>	50
3.17	Elementos para el montaje de los componentes eléctricos, electrónicos	51
3.17.1	<i>Rail DIN.</i>	51
3.17.2	<i>Canaletas.</i>	51
3.17.3	<i>Cables.</i>	52
3.18	Elaboración del tablero para el montaje del HMI y el PLC	52
3.19	Montaje de los elementos del tablero de control	52
3.19.1	<i>Montaje del PLC S7-1200</i>	53
3.19.2	<i>Ubicación del Panel KTP 600 BASIC PANEL.</i>	54
3.19.3	<i>Ubicación del switch 1277.</i>	57
3.19.4	<i>Ubicación de la fuente LOGO POWER.</i>	57
3.20	Elaboración de la tarjeta de interfaz entre el tablero y el módulo	59
3.21	Programación del PLC para el control de la estación.	59
3.21.1	<i>PLC siemens S7-1200.</i>	59
3.21.2	<i>Programa de usuario en S7-1200.</i>	60
3.21.3	<i>Bloque de organización (OB) en S7-1200.</i>	60
3.21.4	<i>Bloque de función (FB) en S7-1200.</i>	60
3.21.5	<i>Una función (FC).</i>	60
3.21.6	<i>Estructura lineal de un programa de usuario.</i>	61

3.21.7	<i>Estructura modular de un programa de usuario.</i>	61
3.22	GRAFCET para programación del PLC	61
3.22.1	<i>Niveles del GRAFCET.</i>	62
3.22.1.1	<i>GRAFCET de nivel 1.</i>	62
3.22.1.2	<i>GRAFCET de nivel 2.</i>	62
3.22.2	<i>Etapas, transiciones y arcos</i>	62
3.22.2.1	<i>Etapas.</i>	62
3.22.2.2	<i>Etapas iniciales.</i>	63
3.22.2.3	<i>Etapas normales.</i>	63
3.22.3	<i>Transiciones.</i>	63
3.22.4	<i>Estructuras básicas.</i>	64
3.22.4.4	<i>Bucles.</i>	65
3.22.4.5	<i>Macro-etapas.</i>	65
3.23	GRAFCET para realizar la secuencia de la estación de fijación y prensado	65
3.24	Programación en TIA PORTAL	66
3.24.1	<i>Definición de entradas y salidas del PLC.</i>	66
3.24.2	<i>Descripción de la secuencia.</i>	67
3.25	Controladores de lazo cerrado	70
3.25.1	<i>Control ON/OFF.</i>	70
3.25.2	<i>Control proporcional.</i>	71
3.25.3	<i>Control integral.</i>	71
3.25.4	<i>Control proporcional integral.</i>	72
3.25.5	<i>Control derivativo.</i>	73
3.25.6	<i>Control proporcional derivativo.</i>	73
3.25.7	<i>Tiempo derivativo.</i>	74
3.25.8	<i>Control PID.</i>	74
3.26	Implementación del sistema de control	76
3.27	Configuración del controlador PID en el PLC S7-1200	77
3.28	Calibración del módulo	81
3.28.1	<i>Calibración de los sistemas de ubicación y fijación.</i>	81
3.28.2	<i>Calibración del sistema de prensado.</i>	81
4.	COMUNICACIÓN ENTRE EL PLC Y LA PANTALLA TÁCTIL	
4.1	Interfaz hombre máquina HMI	82
4.2	Pantallas Simatic HMI	83
4.3	Comunicación vía ETHERNET	83
5.	ANÁLISIS DE COSTOS ENTRE EQUIPOS DE LAS MISMAS CARACTERÍSTICAS	
5.1	Costos de los equipos adquiridos	87
5.1.1	<i>Costos starter kit.</i>	87
5.1.2	<i>Costos de equipos individuales.</i>	87
5.1.3	<i>Costos de los equipos neumáticos y electro neumáticos adquiridos.</i>	88
5.1.4	<i>Costos de sensores.</i>	88
5.2	Costos de otros equipos similares	88
5.2.1	<i>Costos del PLC y del HMI.</i>	88
5.2.2	<i>Costos de los componentes neumáticos y electroneumáticos.</i>	89
5.2.3	<i>Costos de los sensores.</i>	90
5.3	Análisis de costos	90
5.3.1	<i>Costos directos.</i>	90

5.3.2	<i>Costos de máquina-herramientas</i>	91
5.3.3	<i>Costos de mano obra.</i>	91
5.3.4	<i>Costos de transporte</i>	92
5.3.5	<i>Costos indirectos</i>	92
5.4	Resultados del análisis de los costos	92
6.	MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS	
6.1	Manual de funcionamiento de los equipos.....	93
6.2	Manual de operación y funcionamiento de los equipos.	93
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1	Conclusiones	95
7.2	Recomendaciones.....	95

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Selección de electroválvula 5/2.....44
2	Selección electroválvula 3/2 44
3	Selección del cilindro de doble efecto 46
4	Selección de cilindro de simple efecto 46
5	Selección de cilindro compacto 47
6	Selección del regulador de caudal 48
7	Clasificación de los sensores 49
8	Definición de entradas 66
9	Definición de salidas..... 67
10	Medidas de desplazamiento vs presión..... 81
11	Costos del starter kit 87
12	Costos de equipos individuales 87
13	Precios de equipos neumáticos y electroneumáticos 88
14	Costos de sensores 88
15	Comparación de costos de otros PLC's y HMI's..... 88
16	Comparación de costos de equipos neumáticos y electroneumáticos..... 89
17	Costos de comparación de sensores 90
18	Costos de materiales para la construcción de la estructura para el módulo..... 90
19	Costos de materiales para el cableado de la estructura 90
20	Resumen de costos directos Error! Bookmark not defined.
21	Costos de máquinas herramientas 91
22	Costo de mano de obra..... 91
23	Costo de transporte 92
24	Costos indirectos..... 92
25	Resumen de análisis de costos 92

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1	Estación de prensado con músculo 5
2	Estación de robot con módulo MPS 5
3	Lógica cableada 7
4	Bloques necesarios para el funcionamiento de un PLC..... 8
5	Pirámide de la automatización 9
6	Sistema Scada 10
7	PC a PLC o DCS con un bus de campo y un sensor..... 11
8	Estructura del PLC..... 12
9	Sistema..... 14
10	Sistema de control..... 15
11	Elementos de un sistema de control..... 15
12	Sistema de control de lazo abierto 17
13	Sistema de control de lazo cerrado 17
14	Ecuación diferencial lineal..... 17
15	Función de transferencia de un sistema 18
16	Aplicación de la transformada de Laplace..... 19
17	Sistema con retroalimentación unitaria..... 21
18	Base..... 22
19	Tapa 22
20	Partes del módulo..... 23
21	Interfaz del programa Solidworks..... 24
22	Perfil modular 25
23	Interfaz del módulo Pieza 26
24	Coquizado del perfil modular 26
25	Extrucción del perfil modular en Solidworks 26
26	Ensamblaje de la base 27
27	Banda transportadora 27
28	Transportador de tablilla 29
29	Transportador de rodillos 29
30	Transportador helicoidal 30
31	Configuración de la banda transportadora 31
32	Características banda termoestable 31
33	Motoreductor de velocidad 32
34	Selección del motoreductor de velocidad 32
35	Elementos de la banda transportadora 33
36	Sistema de ubicación con tubo guía..... 34
37	Sistema de ubicación con resbaladera 34
38	Sistema de ubicación 35
39	Códigos para el pedido del músculo neumático 35
40	Músculo neumático seleccionado 36
41	Margen de funcionamiento del músculo neumático. 36
42	Mecanismo para el sistema de prensado..... 37
43	Montaje de la base 37
44	Montaje de la banda transportadora..... 38
45	Montaje del sistema de ubicación 38

46	Montaje del sistema de fijación.....	39
47	Montaje del sistema de prensado.....	39
48	Componentes de un sistema neumático.....	40
49	Compresor.....	41
50	Filtro y regulador de aire.....	42
51	Válvulas neumáticas.....	42
52	Cilindro neumático.....	43
53	Diagrama del sistema neumático del módulo.....	43
54	Electroválvula 5/2.....	44
55	Electroválvula 3/2.....	44
56	Válvula proporcional de presión.....	45
57	Características de la válvula proporcional.....	45
58	Cilindro neumático de doble efecto.....	45
59	Cilindro neumático de simple efecto.....	46
60	Cilindro compacto.....	47
61	Filtro regulador de aire.....	47
62	Sensor de presión.....	50
63	Sensor de posición magnético a 3 hilos.....	50
64	Sensor de posición fotoeléctrico.....	51
65	Rail DIN.....	51
66	Canaletas.....	51
67	Cables.....	52
68	Tablero de control.....	52
69	Ubicación de PLC sobre rail DIN.....	53
70	Ubicación de PLC sobre rail DIN.....	53
71	Extracción del PLC.....	53
72	Diagrama de conexión PLC S7-1200.....	54
73	Mordazas para sujeción del HMI.....	54
74	Ubicación del HMI.....	55
75	Aseguramiento del HMI.....	55
76	Posiciones de mordazas.....	56
77	Partes principales del HMI.....	56
78	Conexión a 24V del HMI.....	56
79	Ubicación del CSM 1277.....	57
80	Conexión del CSM 1277.....	57
81	Ubicación del la fuente LOGO.....	58
82	Diagrama de conexión fuente LOGO.....	58
83	Montaje final de los equipos.....	58
84	PCB. Para las tarjetas de interfaz.....	59
85	Programa de usuario en S7-1200.....	61
86	Llamadas en S7-1200.....	61
87	Niveles de GRAFCET.....	62
88	Etapa inicial.....	63
89	Estructuras lógicas.....	64
90	GRAFCET para la secuencia.....	66
91	Inicio del programa.....	67
92	Programación del encendido de banda.....	67
93	Programación del cilindro de ubicación.....	68
94	Programación del cilindro de fijación.....	68
95	Programación del apagado de la banda.....	69

96	Programación del inicio del PID.....	69
97	Programación del encendido del PID	69
98	Programación de la repetición de la secuencia	70
99	Controlador de dos posiciones.....	71
100	Control proporcional.....	71
101	Control integral	72
102	Control proporcional integral	72
103	Acción proporcional y proporcional integral.....	73
104	Control proporcional derivativo.....	73
105	Tiempo derivativo.....	74
106	Control PID.....	75
107	Ejemplo de control PID	75
108	Respuesta error vs tiempo.....	75
109	Respuesta para un control PID.....	76
110	Instrumentos para el control PID del módulo.....	77
111	Ingreso del PID compact.....	78
112	Tipo de regulación del controlador PID	78
113	Parámetros de entrada y salida del controlador PID.....	78
114	Ingreso de un OB de interrupción cíclica	79
115	Configuración de DB para el controlador PID	79
116	Configuración de la salida analógica del controlador PID	79
117	Puesta en servicio del controlador PID.....	80
118	Optimización del controlador PID	80
119	PID optimizado y con los parámetros cargados.....	80
120	Medición de la deformación vs presión del sistema de prensado.....	81
121	Dispositivos agregados en el proyecto HMI y PLC	83
122	Elementos para la interacción entre el usuario y el proceso	84
123	Conexión entre el PLC y el HMI.....	84
124	Pantalla de visualización para la gráfica del controlador PID	85
125	Interfaz de entrada	86
126	Parámetros del control PID en el HMI	86

LISTA DE ABREVIACIONES

PLC	Controlador lógico programable
HMI	Interfaz hombre-máquina
SCADA	Supervisión, control y adquisición de datos
IP	Protocolo de internet
PID	Proporcional Integral y derivativo
PI	Proporcional Integral
P	Proporcional
PD	Proporcional derivativo
E/S	Entradas y salidas
PC	Computadora personal
TCP	Protocolo de control de transmisión
FB	Bloque de función
FC	Función
OB	Bloque de organización
DB	Base de datos
Output Per	Salida analógica
Input Per	Entrada analógica
Scaled Input	Entrada analógica escalada al controlador PID
SCL	Lenguaje de control estructurado “Structured control Language”

LISTA DE ANEXOS

- A** Manual de funcionamiento de los equipos de la estación.
- B** Plan de mantenimiento de la estación de fijación y prensado.
- C** Catálogo del sensor de presión.
- C** Catálogo del sensor de la válvula proporcional.
- D** Catálogo del músculo neumático.

LISTA DE PLANOS

- A** Planos mecánicos.
- B** Plano de conexión entre el PLC y las tarjetas de interfaz.

RESUMEN

Debido a la necesidad de módulos didácticos en la facultad de mecánica de la ESPOCH se ha realizado el dimensionamiento de un módulo de fijación y prensado en un software CAD, para la obtención de las listas de materiales y simulación de movimientos básicos. El diseño incorpora una secuencia para el posicionamiento de dos probetas, su transporte, y posterior prensado. Para el proceso de prensado se tiene un sensor de presión analógico, un actuador proporcional de presión y el músculo neumático como sistema a ser controlado.

Los parámetros de control como el SETPOINT se comunican vía red Ethernet, desde el HMI, una vez que el SETPOINT como la presión de retroalimentación son iguales se llega al punto de equilibrio. Tanto el SETPOINT como la presión de retroalimentación se muestran en tiempo real en el HMI. Para facilitar las tareas de mantenimiento se puede activar de manera manual cada uno de los actuadores del módulo de entrenamiento, así como el sistema de prensado se puede activar desde el HMI con cualquier presión dentro de un rango definido de presión (0- 6 bar).

Los sistemas de seguridad implementados se los estableció mediante programación, en el caso de presentarse un valor de presión fuera de los límites establecidos, el regulador PID procede a desactivarse automáticamente.

Se realizó un manual de mantenimiento preventivo y correctivo con unas frecuencias según el uso de los módulos didácticos, finalmente el análisis de costos nos permite conocer el valor económico de la estación de fijación y prensado.

ABSTRACT

The dimensioning of a fixation and pressing module has been carried out in CAD software due to the need of didactic modules in the faculty of mechanics of the ESPOCH, for obtaining the lists of materials and simulation of basic movements. The design incorporates a sequence for the positioning of two burettes, its transport, and later pressed. For the pressing process it was used an analog pressure sensor, a proportional pressure actuator and the pneumatic muscle like system to be controlled.

Control parameters as the SETPOINT communicate via Ethernet network from the HMI; once the SETPOINT and the pressure of feedback are equal the break-even point is reached. Both the SETPOINT and the pressure of feedback appear in real-time in the HMI. To facilitate the maintenance tasks each of the actuators of the training module can be activated manually, as well as the system of pressing can be activated from the HMI with any pressure inside a definite status of pressure (0-6 bar).

The security services implemented were established by means of programming, in the case of a pressure value out of the established limits, the PID regulator comes to turn off automatically.

A manual of preventive and corrective maintenance was made with frequencies according to the use of didactic modules, finally cost analysis allowed to know the economic value of fixing and pressing station.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En la producción industrial se requiere personal capacitado para responder a los requerimientos de líneas de producción mediante los conocimientos de automatización industrial, la demanda de estos conocimientos hace necesario la utilización de módulos de aprendizaje que permitan al estudiante tener acceso dichos conocimientos.

El laboratorio de Control y Automatización de Procesos Industriales de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, no cuenta con una estación de fijación y prensado que utilice actuadores de última tecnología para controlar variables físicas como la fuerza, la cual está presente en muchos procesos de producción.

En el proceso de aprendizaje de la cátedra de automatización se requiere además de personal capacitado los módulos necesarios para realizar las prácticas de los conocimientos teóricos adquiridos, el constante desarrollo de las tecnologías en este campo hacen necesario la implementación de módulos con elementos modernos a fin de ir a la par con el avance de la tecnología.

1.2 Justificación técnico-económica

Los procesos de ensamblaje de partes mediante prensado en la industria se usa a gran escala en la producción de elementos de innumerables aplicaciones, para lo cual se requiere que los estudiantes de Ingeniería Mecánica tengan una buena formación teórica y práctica en estos procesos industriales.

Debido a la necesidad del estudio de procesos industriales con actuadores neumáticos de última tecnología, con los cuales se pueden solucionar diversas aplicaciones que impliquen el uso de fuerzas, a diferencia de un cilindro neumático, el músculo neumático permite obtener un control de la fuerza según la presión nominal de trabajo y con esto también permite un control del desplazamiento.

El estudio de las técnicas de control de un músculo neumático es muy importante para el desarrollo de aplicaciones en las cuales se puede simular con una elevada precisión el movimiento de un músculo humano, como por ejemplo trabajos en los que se arriesga una persona se puede reemplazar por un brazo robótico que funcione a partir de músculos neumático, pero debido a que un brazo humano posee un gran número de músculos funcionando al mismo tiempo , para simular el movimiento de un brazo artificial también se requieren el mismo número de actuadores artificiales con su respectivo sensor y actuador.

El proyecto de tesis ha sido diseñado para poner en funcionamiento un músculo neumático con un controlador de lazo cerrado para poder gobernar sobre el desplazamiento y la fuerza del actuador, los cuales son directamente proporcionales a la presión de trabajo. En la práctica de actuadores se podrán diferenciar el funcionamiento de los actuadores convencionales junto a los actuadores de última generación.

Por lo expuesto anteriormente para el desarrollo de un sistema más sofisticado se requiere una mayor inversión económica, pero con la implementación de esta estación de fijación y prensado se tendrá una noción completa del funcionamiento de estos equipos, además que se puede entrenar estudiantes para que puedan resolver problemas de la industria en los cuales se tienen escasos minutos para la puesta en marcha de la planta industrial.

Definitivamente el proyecto ayudará a incrementar el conocimiento de los estudiantes con elementos tecnológicos de última generación, se pondrá a disposición del estudiante una estación que tiene los mismos elementos que una planta industrial para facilitar el aprendizaje de los estudiantes, además brindara la posibilidad a los estudiantes a poder manipular un músculo neumático el cual debido a su tecnología puede ser aplicado en diferentes ámbitos de la ciencia e ingeniería

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Implementar una estación de fijación y prensados con un PLC para el laboratorio de Control y Automatización de Procesos Industriales de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Contribuir a la formación de futuros ingenieros, mediante el desarrollo de un módulo didáctico con la más alta tecnología.

Dimensionar mediante un software CAD la estación de fijación y prensado. .

Construir la estación de fijación y prensado, un módulo de control y realizar el montaje de los elementos eléctricos y neumáticos.

Llevar a cabo la programación del PLC y el HMI.

Efectuar la calibración y pruebas del módulo.

Realizar un manual de operación y mantenimiento.

Analizar el costo de la implementación de la estación de fijación y prensado.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades de módulos didácticos

Los módulos didácticos tienen como finalidad entrenar a estudiantes en materia de técnicas de automatización, para la correcta formación de profesionales los equipos didácticos se pueden usar para la adquisición de conocimientos tecnológicos básicos, temas de importancia sobre la técnica de control y regulación, las funciones básicas de los sistemas automatizados y estudio de aplicaciones que permiten resolver problemas de la vida práctica.

Los módulos didácticos abordan las siguientes áreas:

- Neumática.
- Electroneumática.
- Controladores lógicos programables.
- Automatización por ordenadores.
- Robótica.
- Mecatrónica.

Los módulos didácticos poseen componentes de hardware y software, adaptados para el proceso de enseñanza- aprendizaje, el software permite elaborar un algoritmo y cargarlo en el controlador lógico programable mediante un ordenador. Mediante estos módulos se logra un adiestramiento en las áreas en las que fundamenta la automatización industrial, la empresa Festo ofrece un sinnúmero de productos útiles para el entrenamiento en el área de la automatización.

Se puede comprar una estación de fijación y prensado a las fábricas de bancos de entrenamiento pero el costo es demasiado elevado, además de que los componentes de hardware son fabricados de forma encapsulada para evitar el desarrollo de copias por otros fabricantes. Los módulos didácticos desarrollados por diferentes marcas permiten simular un proceso industrial principalmente se entrenar al estudiante en programación.

Figura 1. Estación de prensado con músculo



Fuente: <http://www.festo-didactic.com/es-es/productos/mps-sistema-de-produccion-modular/estaciones>

Figura 2. Estación de robot con módulo MPS



Fuente: <http://www.festo-didactic.com/es-es/productos/mps-sistema-de-produccion-modular/estaciones>

2.2 Automatización industrial

Se trata del uso de sistemas o elementos tecnológicos ya sean computarizados o electromecánicos con el fin de controlar procesos o maquinarias, para lo cual utiliza conocimientos principalmente de la instrumentación industrial, que incluye los sensores, los transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real, la automatización debido a su eficacia en el manejo de todo tipo de sistemas industriales ha sido una asignatura en constante desarrollo y hoy por hoy es el foco sobre el cual se enfocan las empresas para mejorar sus sistemas de producción.

2.3 Tipos de automatización industrial

- Control automático de procesos.
- Procesamiento electrónico de datos.
- La automatización fija.
- El control numérico computarizado.
- La automatización flexible.

2.3.1 *Control automático de procesos.* Se refiere usualmente al manejo de procesos caracterizados de diversos tipos de cambios (generalmente químicos y físicos); un ejemplo de esto lo podría ser el proceso de refinación de petróleo.

2.3.2 *El procesamiento electrónico de datos.* Se relaciona con los sistemas de información, centros de cómputo, etc. Sin embargo en la actualidad también se considera dentro de esto la obtención, análisis y registros de datos a través de interfaces y computadores.

2.3.3 *La automatización fija.* Es aquella asociada al empleo de sistemas lógicos tales como: los sistemas relevadores y compuertas lógicas; sin embargo estos como en el caso de los (PLC'S) o Controladores Lógicos Programables.

2.3.4 *El control numérico computarizado.* Se refiere a los elementos aplicados a máquinas que realizan procesos de manufactura a fin de producir elementos previos a un modelado CAD.

2.3.5 *La automatización flexible.* El grado de flexibilidad en cuanto a la automatización se refiere a la aplicada a los robots industriales que en forma más genérica se les denomina como "Celdas de manufactura".

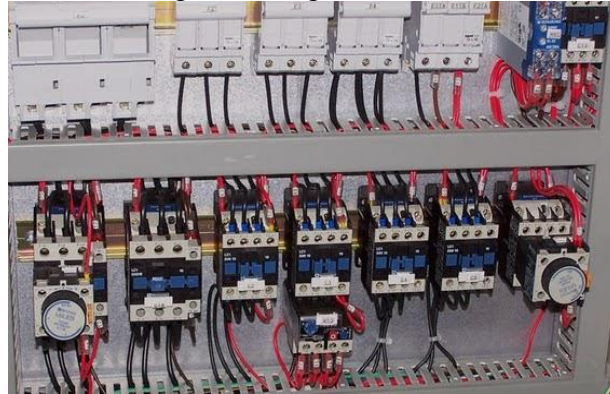
2.4 Tecnologías aplicadas en la automatización

Pueden ser de dos tipos:

- Tecnología cableada
- Tecnología programada

2.4.1 Tecnología cableada. Es una técnica que permite crear de pequeños a complejos autómatas, cuyo funcionamiento dependerá de la forma en que se realiza la conexión de los componentes, dentro de la cual se puede encontrar cableados que incluyen funciones de comando y control, señalización, de protección y de potencia.

Figura 3. Lógica cableada



Fuente: <http://coleto-automatismosyautomatas.blogspot.com/>

La tecnología cableada presenta muchos inconvenientes los cuales se deben tomar en cuenta:

- Ocupa mucho espacio
- Es poco flexible ante modificaciones o ampliaciones
- Es difícil de mantener
- No es útil en aplicaciones en controles complejos
- Caros, debido al costo de sus componentes y a la gran cantidad de horas necesarias para el cableado.

2.4.2 Tecnología programada. Dentro de esta tecnología se encuentran los autómatas programables los cuales tienen como ventajas las principales desventajas de la tecnología cableada.

El control se realiza mediante la confección de un programa que reside en la memoria de una unidad de control.

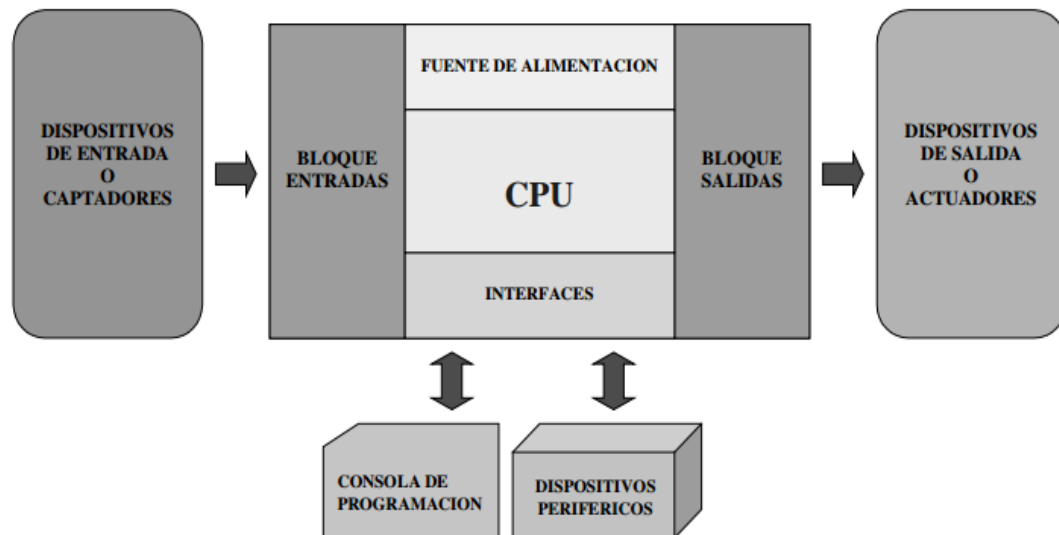
Los elementos que se utilizan principalmente son:

- Las computadoras.
- Los PLC'S.

Las computadoras, debido a su flexibilidad permiten la modificar las acciones de proceso. Debido a su fragilidad son incapaces de trabajar en ambientes hostiles de trabajo.

Los controladores lógicos programables son capaces de trabajar en ambientes industriales, valiéndose de algún tipo de ordenador y sus elementos.

Figura 4. Bloques necesarios para el funcionamiento de un PLC



Fuente: <http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/ApuntePLC.pdf>

2.5 Niveles de la automatización

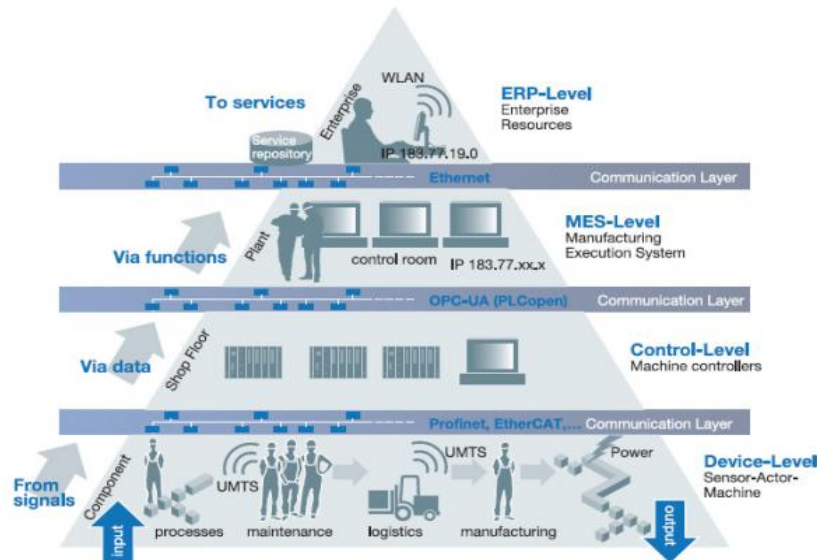
Un sistema de automatización consiste en cuatro niveles y comprende la estructura entera de una industria o empresa, los niveles de la pirámide de automatización se vincula entre sí por medio de distintos lenguajes de comunicación conocidos como "Protocolos de comunicación" los cuales dependen de la cantidad de datos a enviar y la velocidad con la que se envían los datos.

En un sistema SCADA complejo esencialmente existen 5 niveles jerárquicos: primer nivel de instrumentación y dispositivos de control, unidad de telemetría remota,

sistemas de comunicación, estaciones maestras y el sistema computarizado de procesamiento de datos.

Teniendo como protocolos más utilizados en la industria los siguientes: Profibus, DP, Devicenet, Modbus, Can Open, AS-i, Ethernet/IP, Modbus TCP/IP.

Figura 5. Pirámide de la automatización



Fuente: <http://www.infopl.net/actualidad-industrial/item/101845-plcopen-opc-comunicacion-transparente-opc-ua>

2.5.1 Nivel de campo. Es el nivel más bajo de la jerarquía y están compuestos por Sensores y Actuadores.

2.5.2 Nivel de control. En este nivel están los distintos dispositivos de control y monitoreo, tales como PLC, HMI, variadores de frecuencia, servo drive, etc. Este sistema se encarga de monitorear y controlar todos los dispositivos de campo.

2.5.3 Nivel de supervisión. Es el encargado de controlar la interacción entre los distintos dispositivos ubicados en el nivel de control. De esta forma, se pueden controlar y monitorear diferentes procesos al mismo tiempo. Incluye PLC'S maestros y sistemas SCADA.

2.5.4 Nivel de gestión. Este es el nivel más alto y es el que se encarga de controlar toda la planta, Se puede vincular la planta con sistemas de control y monitores externos contiene PC'S industriales.

2.6 Sistema Scada

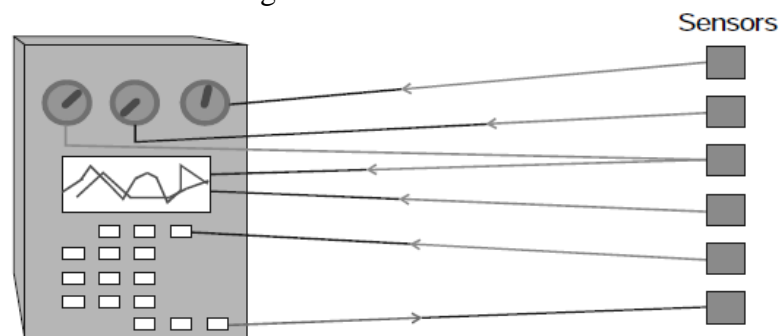
2.6.1 Generalidades. Los sistemas de control, supervisión, y adquisición de datos (SCADA), han existido desde siempre trabajando junto a los sistemas de control, los primeros sistemas SCADA utilizaban la adquisición de datos por medio de paneles en sistemas de transporte, sistemas en los cuales el operador opera como controlador y supervisor de procesos en un panel con sensores y actuadores.

Los sensores automáticos y actuadores manuales, aparecieron en primera instancia para realizar el control, supervisión y adquisición de datos sobre plantas industriales, fábricas y plantas de generación de energía.

Los primeros sistemas SCADA que aparecieron son los de tipo sensor-panel, en los cuales existen sensores conectados directamente al panel de operador, el panel de operador tenía solo una función: mostrar el valor físico que mide el sensor. La siguiente figura muestra un sistema SCADA de sensores conectados directamente a un panel de operador. (BAYLEY, 2003)

En la figura se aprecia que el único controlador que puede modificar el estado de los actuadores es una persona, por lo cual se requiere un operario calificado de manera permanente en la planta industrial.

Figura 6. Sistema Scada



Fuente: https://www.download/repository/Practical_SCADA_for_Industry.pdf

2.6.2 Ventajas del sistema SCADA de tipo sensor-panel de operador:

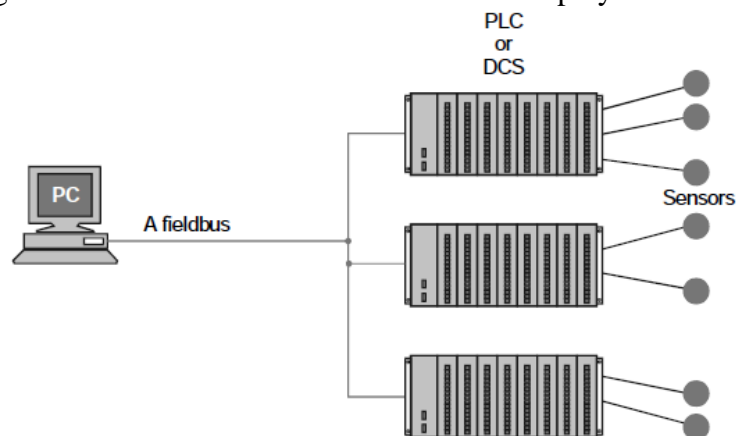
- Es simple, no se requiere de unidad central de procesamiento, memorias RAM, ROM, o la necesidad de programación de software.

- Los sensores están directamente conectados a los medidores, botoneras, y luces en el panel.
- Es de fácil y barata instalación para procesos simples con dispositivos como botoneras e indicadores.

2.6.3 Desventajas del sistema SCADA de tipo sensor-panel de operador son:

- La cantidad de cables se vuelven incontrolables después de la instalación de cientos de sensores.
- La cantidad y tipos de datos son mínimos y rudimentarios.
- La instalación de sensores adicionales se vuelve progresivamente difícil cuando se requiere una expansión del sistema.
- La reconfiguración del sistema se vuelve extremadamente complicada.
- Debe existir un supervisor del sistema las 24 horas del día.

Figura 7. PC a PLC o DCS con un bus de campo y un sensor



Fuente: https://www.download/repository/Practical_SCADA_for_Industry.pdf

2.6.4 Ventajas de un sistema SCADA basado en PLC'S.

- La computadora puede registrar y almacenar grandes cantidades de información.
- La información se puede proyectar de la forma en la que el usuario lo requiera.

- Se pueden instalar miles de sensores en el sistema.

2.6.5 Desventajas de un sistema SCADA basado en PLC'S.

- Los sistemas son más complicados que otros sistemas SCADA, y se requieren habilidades de programación y análisis de sistemas.
- El operador no tiene acceso a las operaciones lógicas que ejecuta el PLC.

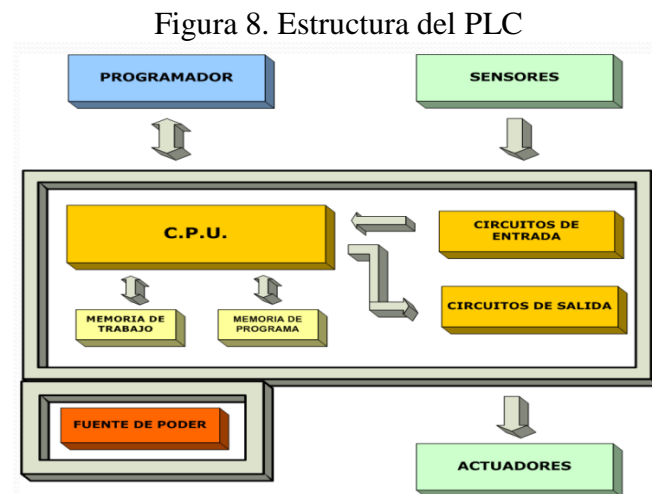
2.7 Niveles de jerarquía de un sistema Scada

Los niveles de jerarquía de los sistemas Scada se clasifican de acuerdo a la organización y a la integración de los elementos del sistema Scada.

2.8 Controladores lógicos programables (PLC)

2.8.1 Definición de PLC. Es un aparato electrónico operado digitalmente que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones las cuales implementan funciones específicas tales como lógicas, secuenciales, temporización, conteo y aritméticas, para controlar a través de módulos de entrada/salida digitales y analógicos, varios tipos de máquinas o procesos. (AUTOMATICA , 2014)

2.8.2 Estructura básica de un PLC. A través de un dispositivo de programación se deberá ingresar el programa al almacenamiento del CPU o Procesador de Memoria.



Fuente: <http://automatica.mex.tl/P.L.C...pdf>

La unidad central de procesos será la encargada de ejecutar el programa, ya que ésta se encarga de recibir información que viene desde el exterior mediante las interfaces de entrada y de acuerdo al programa almacenado en su memoria ejecutará las acciones de las salidas las cuales se encargan activar o desactivar los actuadores que se encuentra conectadas a las mismas.

2.9 Clasificación de los PLC'S

Se podría considerar distintos aspectos para su clasificación teniendo así la siguiente:

- Por su construcción.
- Por su capacidad.
- Por el número de entradas y salidas.

2.10 Clasificación de los PLC'S por su construcción

2.10.1 *Integral o compacta.* En un solo bloque están todos los elementos.

2.10.2 *Modular.* Pueden existir de dos tipos:

2.10.2.1 *Estructura americana.* Separa las entradas y salidas (E/S) del resto del controlador.

2.10.2.2 *Estructura europea.* Cada módulo cumple una función (fuente de alimentación, CPU, E/S, etc.).

2.11 Clasificación por su capacidad

2.11.1 *Nivel 1.* Control de variables discretas y pocas analógicas, operaciones aritméticas y capacidad de comunicación elementales.

2.11.2 *Nivel 2.* Control de variables discretas y analógicas. Matemáticas de punto flotante. E/S inteligentes.

Conexión de red. Gran capacidad de manejo de datos analógicos y discretos.

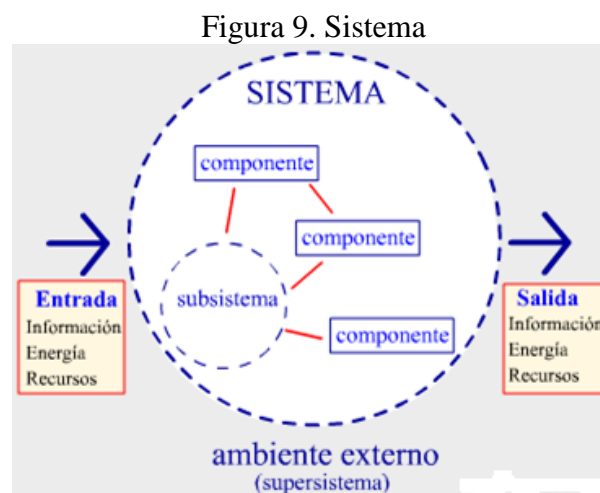
2.12 Clasificación de los PLC'S por la cantidad de E/S

- Micro PLC (hasta 64 E/S)
- PLC pequeño (65 a 255 E/S)
- PLC mediano (256 a 1023 E/S)
- PLC grande (más de 1024 E/S)

2.13 Concepto de sistema

El término sistema se emplea para describir un conjunto de componentes que interactúan bajo reglas de organización, alrededor de los cuales se dibuja una frontera imaginaria de modo que solo es de interés la interacción entre las entradas y salidas, sin tener la necesidad de estudiar las interacciones entre sus componentes, poseen características propias que los definen, que pueden ser constantes (parámetros del sistema) y cambiantes en el tiempo (variables del sistema) las cuales permite determinar su comportamiento. (ALEGSA.2015)

Todos los elementos de la naturaleza se encuentran formando sistemas los cuales son se utilizan bajo las leyes de cada área de la ciencia a fin de estudiarlos.

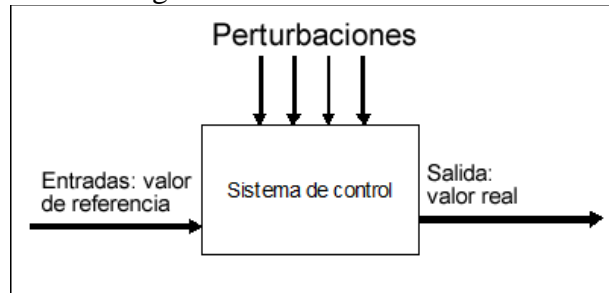


Fuente: <http://www.alegsa.com.ar/Dic/sistema.php>

2.14 Definición de sistema de control

Un sistema es de control si la salida se controla de modo que pueda adoptar un valor o cambio en particular de alguna manera definida. (LEAL, 2014)

Figura 10. Sistema de control



Fuente: http://www.infoagro.com/riegos/control_riego_y_fertilizacion.htm

2.15 Elementos básicos de un sistema de control

2.15.1 *Proceso.* Es el objeto o elemento a regular, es donde se darán los cambios.

2.15.2 *Variable controlada.* Es la variable a mantener dentro de ciertas condiciones definidas.

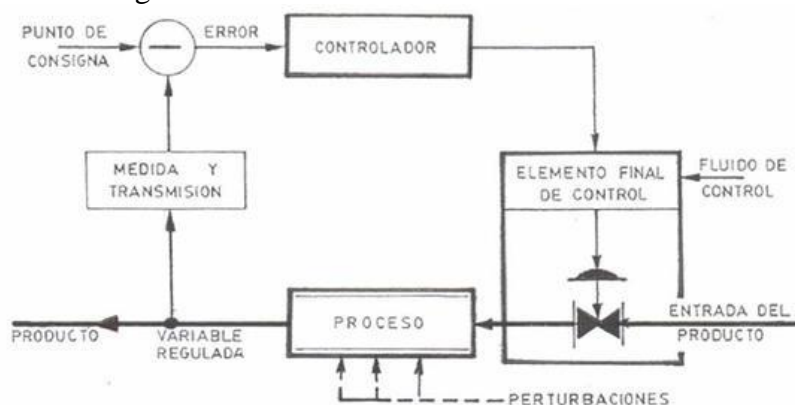
2.15.3 *Variable manipulada.* Es la variable que se modifica intencionalmente para influir sobre la variable controlada.

2.15.4 *Valor de referencia (Punto de consigna).* Valor de referencia al cual se quiere llevar la variable controlada.

2.15.5 *Variable de perturbación.* Variable que produce desviación entre la variable controlada y el valor deseado.

2.16 Instrumentos de un sistema de control

Figura 11. Elementos de un sistema de control



Fuente: <http://www.mailxmail.com/cursos-mantenimiento-industrial-3-3>

2.16.1 Medidor. Elemento a través del cual se adquiere el valor de la variable de interés por diferentes mecanismos.

2.16.2 Controlador. Es un dispositivo que se encarga de evaluar las condiciones para emitir las acciones de control a tomar debido a dichas condiciones.

2.16.3 Actuador. Es el dispositivo que lleva a cabo la acción de control sobre la planta o proceso.

2.17 Diagramas de bloques de un sistema de control

Son representaciones gráficas utilizadas para expresar a través de bloques las conexiones funcionales de los elementos del sistema de control y son los siguientes:

2.17.1 Flechas. Representan las señales que describen las variables controladas y no controladas.

2.17.2 Bloques. Representan los elementos de control (Medidores, controladores, Procesos, etc.)

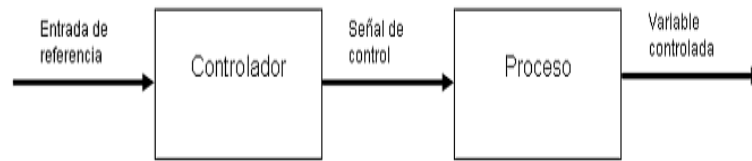
2.17.3 Comparadores. También conocidos como puntos de suma o diferencia, compara las señales del sistema, dando como resultado la adición o diferencia de señales.

2.18 Clasificación de los sistemas de control según su comportamiento

2.18.1 Sistemas de control de lazo abierto. Con un sistema de lazo abierto la entrada se elige con base en la experiencia que se tiene con dichos sistemas para producir el valor requerido de salida, en este sistema la salida no influye sobre la acción de control.

Se puede decir también que es un sistema sin realimentación, la salida no tiene efecto sobre el sistema, la mayoría de los sistemas de control de lazo abierto serán automatismos a los cuales no se los podrá llamar robots, porque al no tener en cuenta la salida, su capacidad de toma de decisiones “inteligentes” será muy limitada debido a esto, no son aplicables a la mayoría de sistemas de control. (EBEL.F.2008)

Figura 12. Sistema de control de lazo abierto

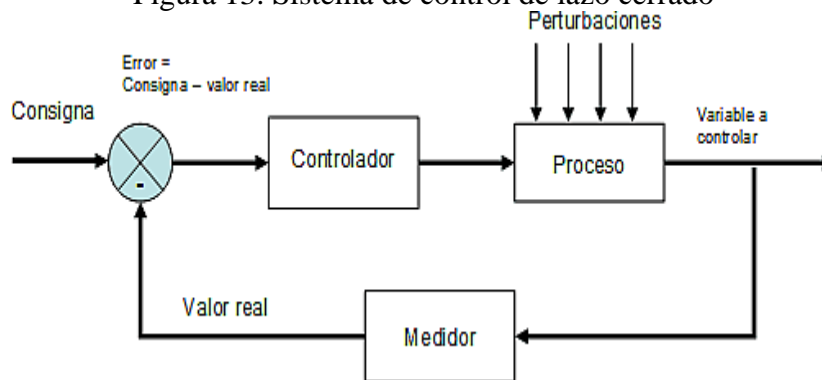


Fuente: http://www.infoagro.com/riegos/control_riego_y_fertilizacion.htm

2.18.2 *Sistemas de control de lazo cerrado.* Con un sistema de control de lazo cerrado se tiene una señal de retroalimentación hacia la entrada desde la salida, este valor de salida influye sobre las decisiones que se tomará sobre la entrada a fin de mantener la salida constante.

El sistema de control de lazo cerrado es el más utilizado en todos los procesos industriales ya que permite un buen control de las variables necesarias de un sistema.

Figura 13. Sistema de control de lazo cerrado



Fuente: http://www.infoagro.com/riegos/control_riego_y_fertilizacion.htm

2.19 Modelos matemáticos de ecuaciones diferenciales

La aplicación de las leyes que rigen los procesos generan modelos matemáticos basados en Ecuaciones Diferenciales (E.D).

Modelos de un sistema lineal.

Figura 14. Ecuación diferencial lineal



Fuente: Autores

Dónde las variables representan:

$u(t) \rightarrow$ Variable de estímulo o entrada.

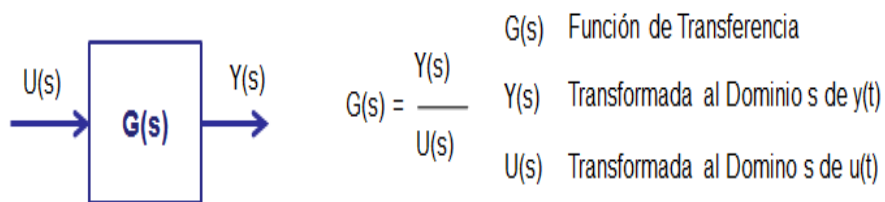
$y(t) \rightarrow$ Variable de respuesta o salida

$t \rightarrow$ Variable independiente, tiempo

2.20 La función de transferencia

Es la relación que existe entre la variable de salida y la variable de entrada transformadas de un Sistema lineal, donde los valores iniciales son igual a cero, permite describir por medio de relaciones matemáticas el comportamiento del sistema.

Figura 15. Función de transferencia de un sistema



Fuente: Autores

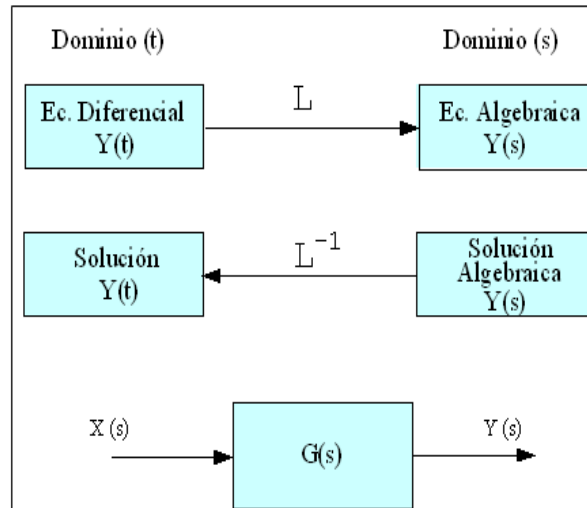
A fin de simplificar los modelos matemáticos, para la transformación se utilizan las transformadas de Laplace, convirtiendo de esta forma las ecuaciones diferenciales en ecuaciones algebraicas.

2.21 Transformadas de Laplace

Sea $f(t)$ una función continua en el tiempo $t \geq 0$, la transformada de Laplace se define por: $L\{f(t)\} = F(s)$ donde L es el operador de Laplace y s es la variable de Laplace, siendo $f(t)$ la función en el dominio del tiempo (t) y $F(s)$ la función en el dominio de Laplace (s).

La transformada de Laplace consiste en un cambio de dominio y el cual se emplea como herramientas en la resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias, transformando las mismas en ecuaciones algebraicas las cuales son más fáciles de resolver.

Figura 16. Aplicación de la transformada de Laplace



Fuente: Autores

$U(s)$ es el estímulo de valor conocido e $Y(s)$ es la respuesta del sistema en el dominio s , por lo que aplicando la anti transformada L^{-1} se puede obtener la respuesta real del sistema en el tiempo.

$L^{-1} \{Y(s)\} = L^{-1} \{ U(s) G(s) \} = y(t)$ Respuesta real del sistema en el dominio real del tiempo.

Según las leyes físicas que se apliquen los procesos pueden ser:

Sistemas eléctricos: resistencias, inductancias, capacitancias, ley de Ohm, ley de Kirchhoff.

Sistemas de Nivel: Tanques válvulas, ley de balance de masas.

Sistemas Mecánicos: Masas, resortes, amortiguadores, leyes de Newton.

Otros sistemas: Térmicos, químicos, velocidad, reactores, entre otros.

Para encontrar $G(s)$, se aplican en:

- Funciones típicas de estímulo (funciones escalón).
- Transformadas de Laplace de funciones básicas.
- Propiedades de las transformadas de Laplace.

2.22 Retraso

Se produce en todos los sistemas de control y esto es, el cambio en una condición que se está controlando no se produce de manera inmediata una respuesta en el sistema de control. Esto se debe a que se requiere cierto tiempo para que el sistema de control produzca las respuestas necesarias para llevar a cabo las acciones de control con las cuales se esté trabajando.

2.23 Error en estado estacionario

Se produce en el controlador una señal de error cuando se modifica el valor de la variable controlada o también cuando cambia el valor establecido en la señal de entrada.

Este término se refiere a la diferencia entre el valor establecido de la señal de entrada y la salida una vez que todos los transitorios han desaparecidos.

Si se tiene un sistema de control de lazo cerrado donde:

$R(s)$: Es la referencia de entrada

$X(s)$: Es la salida

$X(s)$: Señal de retroalimentación

$E(s)$: Es el error que se define por la siguiente ecuación que considera que $G(s)$ es la función de transferencia en sentido directo, en el sistema de retroalimentación unitaria se tiene que:

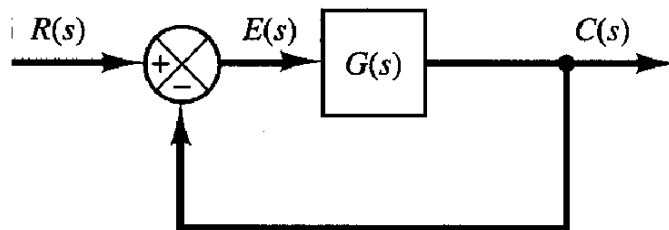
$$\frac{X(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1+G(s)H(s)} = \frac{G(s)}{1+G(s)} \quad (1)$$

$$E(s) = R(s) - X(s) = \frac{1}{1+G(s)} R(s) \quad (2)$$

Que determina que, el error depende de $G(s)$:

Los errores en un sistema de control se puede atribuir a muchos factores, los cambios que se presnetan en la entrada de referencia provocan errores inevitables durante los periodos transitorios y esto tambien produce errores en estado estacionario. Los errores en estado uniforme son el resultado de desgastes o imperfecciones en los componentes del sistemas, tales como la friccion estatica, juegos, emvejecimientos y deterioro, Pero no se analiza estos errores sino los errores debidos a la incapacidad del sistema de seguir determinados tipos de entrada. (OGATA, 2000)

Figura 17. Sistema con retroalimentación unitaria



Fuente: OGATA, 2000 p. 60

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y MONTAJE DE LOS EQUIPOS PARA EL MÓDULO

El presente capítulo muestra el desarrollo del dimensionamiento de la estructura del módulo así como también la selección de los elementos neumáticos y electrónicos los mismos que estarán montados sobre el módulo, el dimensionamiento de la estructura se lo realiza por medio del software CAD Solidworks el cual permitió obtener un modelo virtual a partir del cual se construye el módulo.

3.1 Requerimientos generales del módulo.

El módulo es similar a una estación de prensado de la marca Festo la misma que se muestra en la figura (1), este módulo tiene como característica principal la utilización de un músculo, además debe poseer un sistema de control el mismo que por medio de un HMI debe permitir el manejo de todo el proceso.

3.1.1 Descripción de los elementos del proceso. El proceso se enfoca posicionar, transportar y prensar dos probetas la primera llamada base la cual se muestra en la figura (18) y la segunda la cual se muestra en la figura (19), las dos probetas son de aluminio y poseen las geometrías mostradas.

Probeta 1
Figura 18. Base



Fuente: Autores

Probeta 2
Figura 19. Tapa



Fuente: Autores

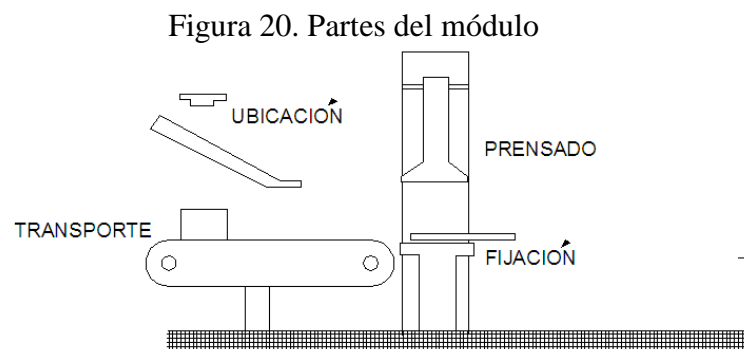
3.1.2 Descripción del proceso. Inicialmente las probetas se encuentran ubicadas en dos posiciones diferentes, el proceso comienza por ubicar la tapa sobre la base, una vez posicionadas serán transportadas para posteriormente ser prensadas y expulsadas de la estación.

El proceso es repetitivo y se realiza automáticamente, puede ser intervenido por el usuario por medio de un sistema de control el cual alojara un HMI que dará acceso a operar el equipo así como también tendrá un mando manual para su comando.

3.2 Definición de las partes del módulo

Analizando los requerimientos se ha optado por elaborar un proceso el cual cuenta de las siguientes partes

- Transporte.
- Ubicación.
- Fijación.
- Prensado.



Fuente: Autores

3.3 Herramientas de diseño asistido

Son un conjunto de herramientas que permiten el diseño asistido por ordenador, que están fundamentalmente orientadas, pero no exclusivamente al diseño (CAD), la fabricación (CAM) y el análisis asistido por computadora (CAE) en los ámbitos científico e industrial.

Los programas generalmente utilizados para un diseño (CAD) son principalmente AutoCAD, Solidworks, Spaceclaim, Siemens PLM, entre otros, los cuales permiten a través de sus herramientas el modelado 2D y 3D, simulación numérica entre otras, según las necesidades del usuario y la utilización a la cual se destine el software.

Las mejoras a alcanzar son muchas entre las cuales se pueden encontrar

- Mejora la presentación gráfica del objeto diseñado.
- Mejora el proceso de diseño.

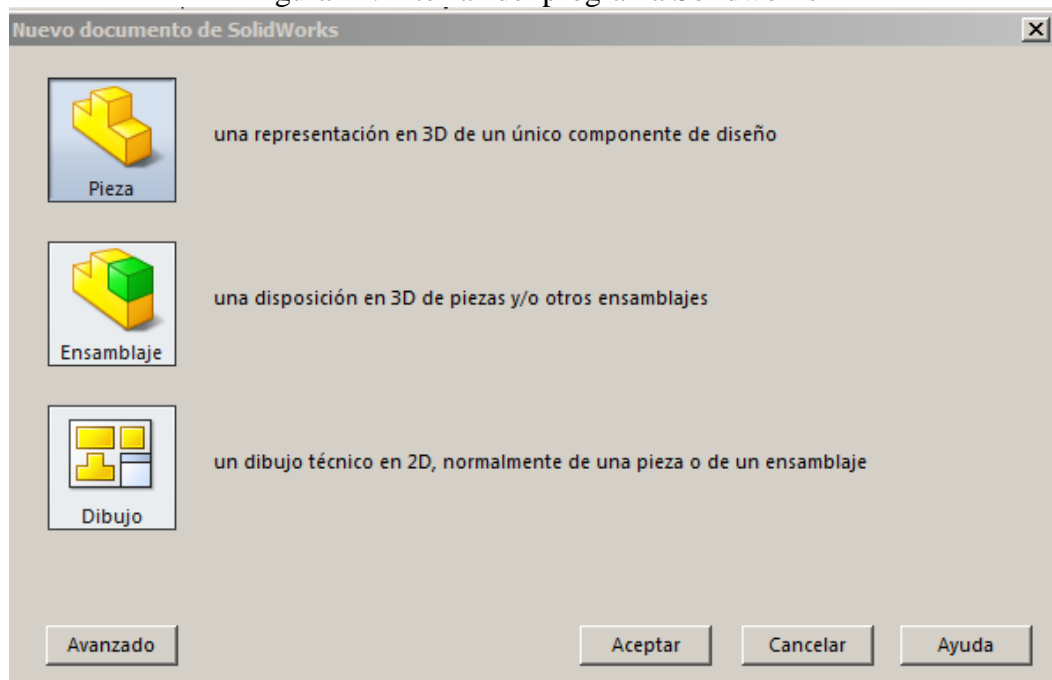
3.4 Programa Solidworks

Este es un software de modelación CAD desarrollada en la actualidad por Solidworks Corp.

Como descripción del programa Solidworks2014, se puede decir en un contexto general el programa permite realizar modelación 3D, simulaciones físicas, generación de documentos, entre otras.

Interface del programa. El programa permite trabajar dentro de las opciones:

Figura 21. Interfaz del programa Solidworks



Fuente: Autores

Part (Pieza): La cual permite trabajar generando elementos individuales para realizar posteriormente un ensamblaje el cual se realiza por medio de otras piezas de las cuales también se puede obtener un plano por medio de otra interfaz del mismo Solidworks, teniendo en cuenta que las interfaces están relacionadas mutuamente.

Assam (Ensamblaje): Permite reunir los elementos creados en Part (Pieza) y por medio de relaciones de posición formar sistemas complejos, adicionalmente permite realizar simulaciones físicas de los mismos.

Draw (Plano): Permite crear planos de los elementos dibujados en Part (Pieza) o Ensamblaje (Assam).

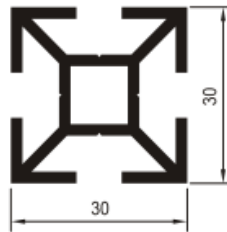
Para cada una de las interfaces cuenta con una gran cantidad de herramientas las cuales permiten trabajar de una forma rápida y modificable.

3.5 Diseño de la base para la estructura

La base se diseña a través del programa Solidworks el cual permite realizar el dimensionamiento por medio de un modelo virtual.

3.5.1 Perfil de aluminio a utilizar. Para el modelamiento de la estructura del módulo se utiliza un perfil modular cuya sección se muestra en la figura 22 debido a la fácil adquisición y a que su configuración permite el montaje de otros elementos a través de elementos conectores.

Figura 22. Perfil modular
E 3100



Fuente: <http://www.extrudal.com/cat3.pdf>

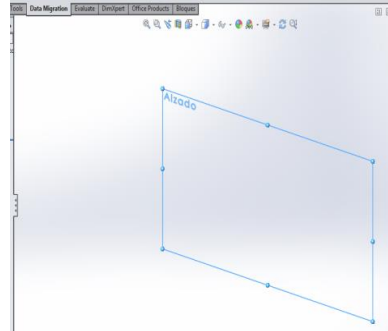
Para el modelamiento de la estructura del módulo se utiliza un perfil modular cuya sección se muestra en la figura 22 debido a la fácil adquisición y a que su configuración permite el montaje de otros elementos a través de elementos conectores.

La utilidad este perfil permite sobre el montar otros elementos, como canaletas las cuales alojaran el cableado eléctrico del módulo además de su bajo peso y buena resistencia a diferentes esfuerzos, como de tracción, flexión y compresión.

3.5.2 Dimensionamiento de la base en Solidworks. Para realizar el dimensionamiento lo realizaremos a través de los siguientes pasos.

Abrimos un nuevo elemento Part (Pieza):

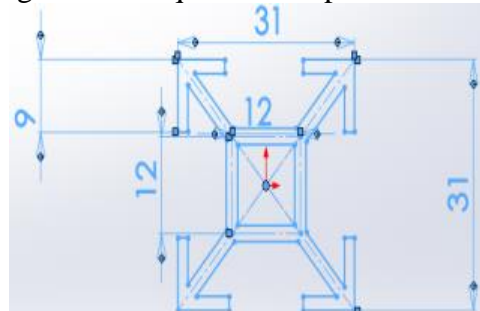
Figura 23. Interfaz del módulo Pieza



Fuente: Autores

Generamos un croquis en el plano alzado para generar la sección del perfil.

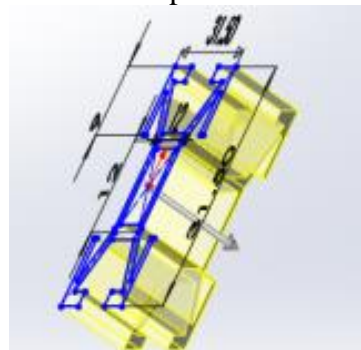
Figura 24. Coquizado del perfil modular



Fuente: Autores

Realizamos una extrucción sobre el perfil con una longitud de 350mm para la base, esto lo hacemos con la operación Boss-Extrude (Extruir saliente).

Figura 25. Extrucción del perfil modular en Solidworks

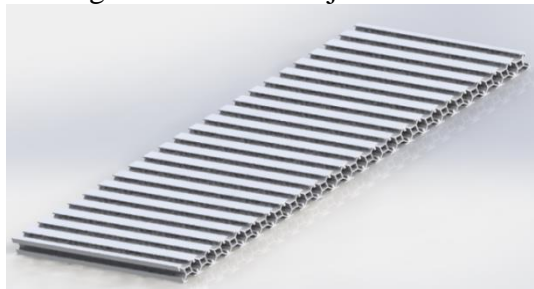


Fuente: Autores

Los requerimientos son de una longitud de 710 mm para lo cual ensamblamos 23 perfiles.

En un nuevo archivo creamos un ensamblaje y procedemos a ensamblar los elementos a fin de tener la base de la estructura.

Figura 26. Ensamblaje de la base



Fuente: Autores

3.6 Diseño del sistema de transporte

El diseño del sistema de transporte contempla la selección del tipo de sistema que se utilizará así como también el dimensionamiento y selección de elementos que componen el sistema de transporte seleccionado.

3.6.1 Transportadores. Se diseñan en horizontal, en vertical o en pendiente para transportar de forma continua en una trayectoria determinada hasta un punto final de descarga.

3.6.2 Banda transportadora. Las bandas transportadoras son los aparatos más utilizados para el transportar a grandes velocidades y grandes distancias objetos sólidos y material a granel, esto debido a su versatilidad y buena disposición al momento de retirar los elementos transportados así como también su limpieza.

Figura 27. Banda transportadora



Fuente: <http://santiago.all.biz/banda-transportadora-g23589#.VRGzdvnF-8A>

Está compuesta de una cinta de superficie que se circula en unos rodillos y poleas, por un motor de propulsión, todo esto dispuesto en un soporte, los transportadores pueden tener diferentes configuraciones ya sea que pueden ser accionados por gravedad y otras por fuerza motriz.

Sus aplicaciones son innumerables en los siguientes sectores fundamentales:

- Automoción
- Bebidas
- Industria de transformación cárnica
- Conservas de pescado
- Conservas vegetales
- Derivados lácteos
- Hortofrutícolas
- Pastelería industrial
- Pescado
- Otras industrias.

En función de su geometría se distinguen varios modelos:

- Recta (horizontal o inclinado).
- En forma de L (Horizontal- Inclinado).
- En forma de L invertida (Inclinada- Horizontal).
- En forma de Z.

Partes de una banda transportadora:

- Sistema de atesado.
- Sistema motriz.
- Soporte o bastidor.
- Cinta transportadora.

3.6.3 *Transportadora de tablillas.* Utilizados en el manejo de productos de gran tamaño y en condiciones especiales de alta temperatura.

Consta generalmente de una estructura metálica en cuyos extremos se coloca una catalina motriz y una catalina de cola que forma parte del sistema de atezado, la estructura soporta el órgano de tracción que se forma por cadenas y la parte que soporta la carga está constituida por tablillas, las mismas que se seleccionan dependiendo del material a transportar y de las dimensiones del material que se tiene objeto transportar.

Suelen emplearse en las centrales azucareros para la transportación de caña de azúcar en los tandes y para la transportación de bagazo para industrias madereras en el movimiento de tablonos o en el transporte de elementos de fundición entre otros, su configuración le permite transportar elementos de gran peso en pedazos grandes, abrasivos y calientes permite un desplazamiento automático si lleva acoplado un motor en uno de sus rodillos.

Figura 28. Transportador de tablilla



Fuente: <http://www.co.all.biz/transportador-de-tablilla-g18828#.VRG2MPnF-8A>

3.6.4 *Transportador de rodillos.* Utiliza rodillos metálicos para facilitar la manipulación y transporte de una gran diversidad de objetos empaquetados (cajas, tarimas, llantas, pallets, paquetes, etc.). Transportadores se utilizan para desplazar elementos de grandes pesos, esta banda debido a la configuración de rodillos que posee permite el fácil manejo de los materiales sobre el colocado, para el movimiento del objeto se lo debe de realizar por medio de una acción manual sobre el objeto a transportar

Figura 29. Transportador de rodillos



Fuente: <http://www.bandascortes.com/familias.php?codF=5&codP=8>

3.6.5 Transportador helicoidal. Se emplea para desplazar materiales a granel, generalmente materiales semisólidos, pueden tener diferentes construcciones dependiendo de la forma constructiva de la artesa puede ser:

Artesa Poligonal THAP.

Artesa Curva THAC.

Tubular THT.

Figura 30. Transportador helicoidal



Fuente: <http://www.bandascortes.com/familias.php?codF=5&codP=8>

3.7 Dimensionamiento del sistema de sistema de transporte

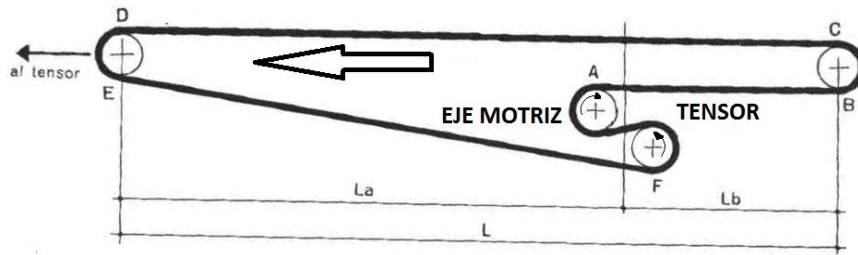
Para el dimensionamiento del sistema de transporte se selecciona un sistema que permita un desplazamiento automático del objeto a ser transportado así como también se toma en cuenta la facilidad de construcción y adquisición de los elementos a utilizar en la construcción de la misma.

3.7.1 Selección de la banda. Para la selección de la banda primero se define la configuración, la cual se establece como se muestra en la figura (27), con un templador y un eje motriz, se toma en cuenta para el dimensionamiento, que la probeta va realizar un recorrido de 35 cm aproximadamente con lo cual se define que:

La distancia entre centros de los rodillos es de 30 cm a partir de los cuales se procederá a realizar el dimensionamiento de los rodillos y el resto de elementos.

Las dimensiones de los elementos que componen la banda transportadora se muestran en los Planos, el mismo que se obtiene de la modelación 3D de la estación.

Figura 31. Configuración de la banda transportadora



Fuente: Autores

Consideraciones para la selección de la banda:

- Material a transportar.
- Configuración de la banda transportadora.
- Ambiente en el que será ubicado.
- Velocidad de desplazamiento del material.

Tomando en consideración los puntos anteriores se seleccionó el material de la banda y se estableció la longitud necesaria para la configuración definida anteriormente en la figura (31).

Figura 32. Características banda termoestable

Materia	poliuretano
Color	negro
Cara inferior	lisa o con granulado
Cara superior	lisa o con granulado
Dureza	90 ShA

Características

- Resistente a los choques.
- Resistente a la abrasión.
- Resistente a los cortes.
- Resistente al rasgón.

Aplicaciones

- Cobertura de volantes de sierra.
- Rascadores, protecciones...



Granulados estándares posibles en la cara superior.

Referencia		Espesor banda (mm)	Ancho maxi (mm)	Peso (kg / m ²)
Ancho < 100 mm	Ancho ≥ 100 mm			
PRPN3	PRBN3	3	400	3,75
PRPN4	PRBN4	4	400	5

Fuente: <http://www.lindis.com/pdf/Bandas-Transportadoras-Termosoldables-ESP.pdf>

Se selecciona una banda de material poliuretano con granulada en la cara superior y lisa en la cara interior.

3.7.2 Selección del motorreductor de velocidad. Para mover la probeta a una velocidad fácilmente manejable se utilizó una velocidad de 4 cm/s y con la configuración mostrada se determina el número de rpm del reductor de velocidad.

Para el cálculo del número de rpm se necesita tener en cuenta que se está manejando la configuración mostrada para la disposición de la figura (31) para lo cual el diámetro del rodillo colocado sobre el eje de salida $D = 12 \text{ mm}$.

La velocidad tangencial de la banda sobre el rodillo es de $V = 4 \text{ cm/s} = 40 \text{ mm/s}$.

$$\# \text{ rpm} = \frac{V}{D} \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right] = 3.33 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 31.8 \text{ rpm} \quad (3)$$

Figura 33. Motoreductor de velocidad



Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/ds-95ss555-95mm-12v-24v>

Figura 34. Selección del motoreductor de velocidad

modelo	Voltaje(vdc)	Velocidad sin carga(r/min)	La velocidad nominal(r/min)	El par nominal(kg. Cm)
Et-cgm95b-2481	24.0	81	62	4.2
Et-cgm95b-2450	24.0	50	38	7
Et-cgm95b-2445	24.0	45	34	7.5
Et-cgm95b-2435	24.0	35	26	10
Et-cgm95b-2418	24.0	18	13	18
Et-cgm95b-2411	24.0	11	8.5	28.5
Et-cgm95b-249.5	24.0	9.5	6.9	34
Et-cgm95b-2405	24.0	5	3.6	63
Et-cgm95b-244.6	24.0	4.6	3.3	68
Et-cgm95b-2403	24.0	3	2.1	95
Et-cgm95b-242.8	24.0	2.8	1.8	103

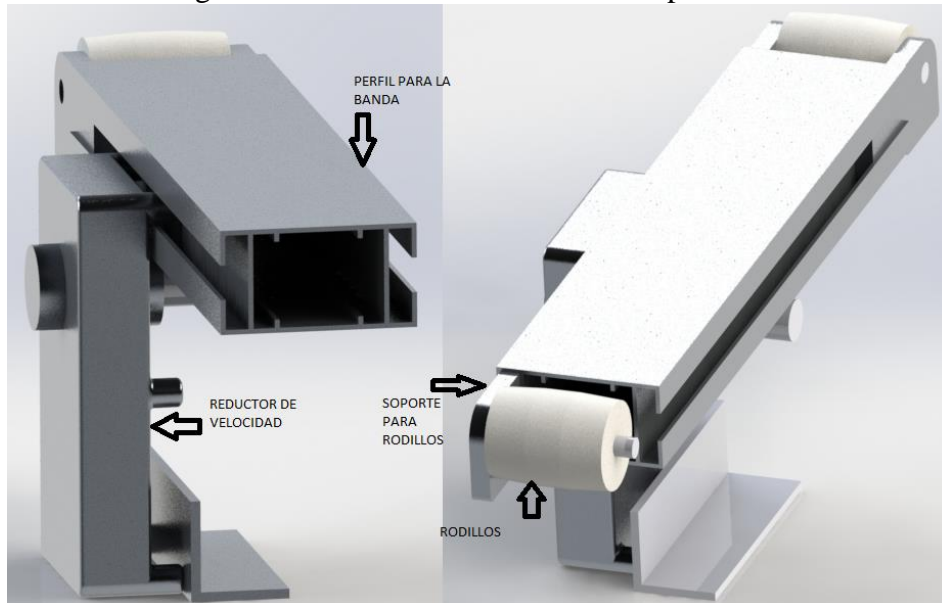
Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/ds-95ss555-95mm-12v-24v.html>

Seleccionamos un motoreductor con un número de rpm nominal de 34 rpm el cual nos dará la velocidad con la que la probeta se moverá a la velocidad de 4cm/s y además de esto es capaz de producir un torque de 7.5 kg cm el cual es suficiente para manejar la probeta la cual necesita un torque de 5.15 kg cm, el motoreductor trabaja con un voltaje de 24 V DC.

3.8 Dimensionamiento de la banda transportadora en Solidworks

El sistema consta de una cinta de goma que se acopla sobre rodillos los cuales se montan sobre un perfil que permite el soporte de la probeta y de la cinta misma, el movimiento de la cinta de la banda es producido por un motoreductor seleccionado anteriormente.

Figura 35. Elementos de la banda transportadora



Fuente: Autores

3.9 Dimensionamiento del sistema de posicionamiento

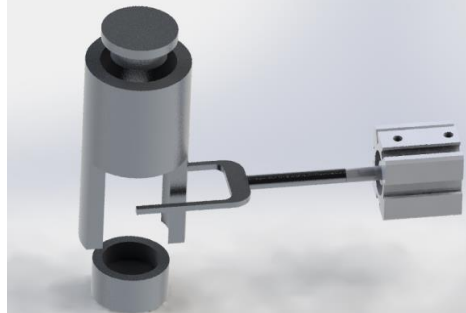
Para el sistema de posicionamiento se evaluaron las dos opciones que se muestran a continuación de la cual se selecciona uno teniendo en consideración los siguientes puntos:

- Facilidad de construcción.
- Capacidad de funcionamiento.
- Facilidad de montaje y regulación.

3.9.1 Sistema con tubo guía para la tapa. Este sistema posee una baja eficacia al momento de ubicar la tapa sobre la base por lo cual requiere una alta precisión y sincronización al momento de ser accionada de otra manera no permite ubicar de manera correcta las probetas.

Consta de un tubo guía, el cual posee una forma que lo permite acoplarse una horquilla roscada al cilindro de doble efecto, la misma que se encarga de sostener la tapa y de soltarla cuando se requiera.

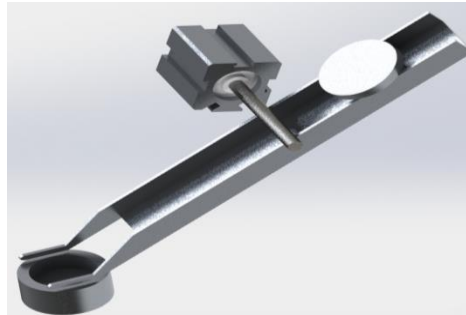
Figura 36. Sistema de ubicación con tubo guía



Fuente: Autores

3.9.2 *Sistema ubicación con resbaladera.* El sistema consta de un perfil en C el mismo que hace la función de una resbaladera la cual permite a la tapa debido a su configuración deslizarse linealmente, posee un seguro el mismo que es accionado por un cilindro de doble efecto y que permite el control de la alimentación de la tapa durante el proceso.

Figura 37. Sistema de ubicación con resbaladera

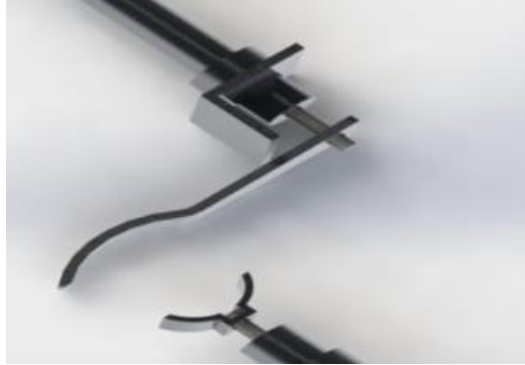


Fuente: Autores

3.10 Sistema de fijación

Para el sistema de fijación se debe tener en cuenta que luego de fijar y prensar se procederá a expulsar la probeta una vez prensada, los requerimientos nos permiten definir un sistema con dos partes móviles cada una con su respectiva función de fijar y expulsar respectivamente, cada una de estas esta accionada por un cilindro neumático y su estado dependerá de en qué parte del proceso se encuentre se está prensando o se esté expulsando.

Figura 38. Sistema de Ubicación



Fuente: Autores

3.11 Dimensionamiento del sistema de prensado

El dimensionamiento del sistema de prensado comienza por la selección del actuador neumático que en este caso es un músculo neumático, además de dimensionar por medio del software Solidworks el mecanismo de desplazamiento lineal que permite realizar el prensado.

3.11.1 Selección del músculo neumático. Para la selección del músculo neumático se debe tener en cuenta los parámetros que se muestra en la figura (39) donde se especifica el tipo de conexión, la longitud del músculo y el tipo de conexión.

Figura 39. Códigos para el pedido del músculo neumático

Músculo neumático DMSP con extremos prensados

Código para el pedido

		DMSP
Forma de accionamiento		
de simple efecto, tracción		
DMSP	Músculo neumático	
Diámetro interior [mm]		
Longitud nominal [mm]		
...N	40 ... 9 000	
Primera conexión		
RM	Conexión neumática radial	
AM	Conexión neumática axial	
Segunda conexión		
RM	Conexión neumática radial	
AM	Conexión neumática axial	
CM	Sin conexión neumática	

Fuente: https://www.festo.com/cat/es_es/data/doc_es/PDF/ES/DMSP-MAS_ES.PDF

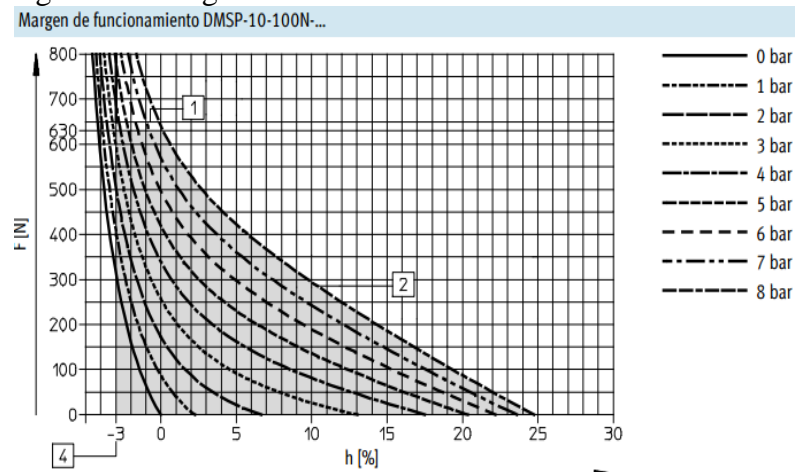
Figura 40. Músculo neumático seleccionado

DMSP-10-200N-RM-RM	
Características	
Función	DMSP
Tamaño	✓ 10
N - Longitud nominal mm	✓ 200 [40..9000]
Primera conexión	✓ RM
Segunda conexión	✓ RM
Manual de instrucciones *	Estándar

Fuente: http://www.festo.com/cat/es-mx_mx/products_DMSP

Para la correcta utilización del músculo se debe tener en cuenta los márgenes de funcionamiento del músculo neumático.

Figura 41. Margen de funcionamiento del músculo neumático.

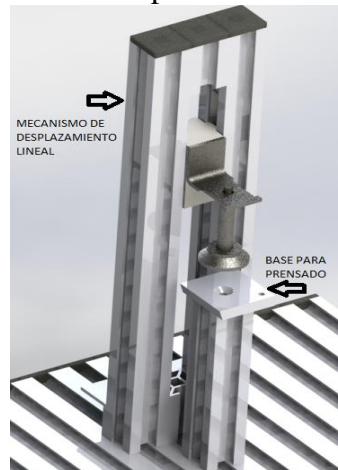


Fuente: http://www.festo.com/cat/es-mx_mx/products_DMSP

3.11.2 Dimensionamiento. del sistema de prensado en el programa Solidworks. La modelación se realiza a través del mismo perfil modular que permite realizar las funciones de una corredera que por medio de un carrete de nylon desplazar el aplicador de carga que realizará el prensado de las probetas.

El nylon tiene una elevada relación resistencia-peso, además que el nylon es un material que al momento de estar sometido a fricción forma una capa de lubricante externo el cual favorece a una elevada resistencia al desgaste, así se reduce los costos de un sistema que funcione con lubricación o rodamientos.

Figura 42. Mecanismo para el sistema de prensado



Fuente: Autores

3.12 Montaje de la estructura del módulo

3.12.1 Montaje de la base. Para el montaje de la base se acoplan los elementos del perfil modular cortados de las dimensiones indicadas en los anexos, y se proceden a unir por medio de arandelas de nylon las mismas que permiten el acople de cada uno de los perfiles los cuales se localizarán al lado de otro hasta lograr la longitud deseada y sobre el cual se ubicarán los elementos para el sistema de transporte, ubicación y prensado así como también el cableado de los diferentes elementos.

Figura 43. Montaje de la base



Fuente: Autores

3.12.2 Montaje de la banda transportadora. Para el montaje de la banda transportadora sobre el perfil se coloca el motoreductor y los soportes para los rodillos sobre los cuales se ubicará la cinta de goma la misma que será templada por una plancha deslizable que permitirá templar la banda.

La banda de es de un material termoestable como el butyl el cual se puede calentar una sola vez en la cual se sueldan los dos extremos de la banda mediante la aplicación de calor y presión, luego de este proceso de suelda de los extremos de la banda transportadora se obtiene una banda de caucho (butyl) el cual es lo suficientemente rígido para permitir templar la banda transportadora.

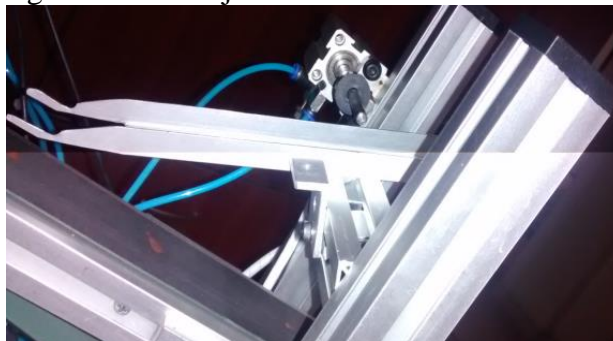
Figura 44. Montaje de la banda transportadora



Fuente: Autores

3.12.3 Montaje del sistema de ubicación. Se monta sobre dos parantes hechos de perfil modular en donde se ubica de un lado la resbaladera y del otro el seguro accionado por medio de un cilindro compacto de doble efecto el mismo que se accionara cuando el sensor fotoeléctrico detecte la posición de la probeta para que la tapa se ubique sobre la base al bajar por la resbaladera la base se encuentra sobre la banda transportadora.

Figura 45. Montaje del sistema de ubicación



Fuente: Autores

3.12.4 Montaje del sistema de fijación. El sistema de fijación consta de un dos perfiles modulares los mismos uno de los cuales se ubica en posición perpendicular al otro para alojar a un cilindro doble efecto el mismo que permitirá la fijación de la probeta el momento del prensado.

Figura 46. Montaje del sistema de fijación.



Fuente: Autores

3.12.5 Montaje del sistema de prensado. El sistema de prensado como se mencionó anteriormente consta de un mecanismo de desplazamiento lineal el mismo que está formado por dos perfiles que se distancian por dos separadores ubicados en los dos extremos de los dos parantes, este mecanismo permite el deslizamiento de un carrete de nylon sobre el cual se ubica el aplicador de carga y sobre el cual se encuentra montado también uno de los extremos del músculo neumático.

Figura 47. Montaje del sistema de prensado



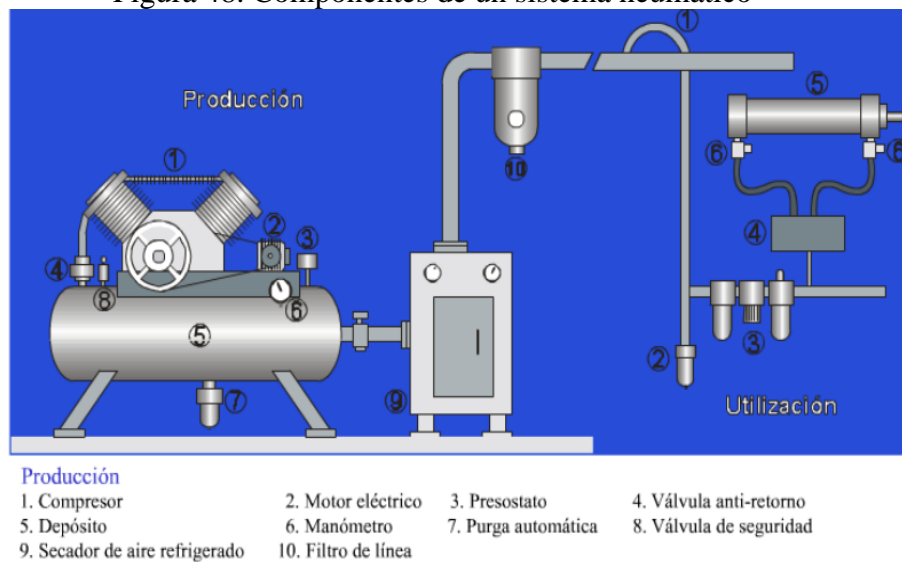
Fuente: Autores

En la figura se muestra como se acopla el músculo neumático, sostenido en la parte superior por el carrete de nylon y en la parte inferior por una agarradera la misma que permanece fija durante el proceso de prensado, el carrete de nylon se desplaza verticalmente para con ello el prensado de la probeta por medio del aplicador de carga. Sistema de accionamiento y control para la estructura.

3.12.6 Sistema neumático y sus elementos. La neumática se refiere a cualquier sistema que requiere aire comprimido para su funcionamiento. Las instalaciones industriales modernas automatizadas, incluyen subsistemas que tienen los siguientes fines:

- Producir el aire comprimido(compresor).
- Distribuir aire comprimido(tubos flexibles, acoplamientos).
- Controlar el aire comprimido(válvulas de presión).
- Ejecutar tareas con aire comprimido Actuadores (cilindros).

Figura 48. Componentes de un sistema neumático



Fuente: <https://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas%20y%20Neumaticos/Tem.pdf>

Las tareas más comunes en las que se utiliza aire comprimido, son para trabajos mecánicos y tareas en las que se requiera fuerzas elevadas, los sistemas neumáticos son muy utilizados en las tareas de automatización convirtiéndose en muy eficientes en la producción manufacturera. (EBEL.F.2008)

Ventajas de la neumática

- El aire está disponible en el ambiente
- El aire puede transportarse a largas distancias por medio de tuberías.
- La acumulación y transporte de acumuladores de aire comprimido es muy fiable.

- La temperatura no influye en el aire comprimido, por lo cual se lo puede usar en condiciones extremas de temperatura
- El aire comprimido no es tóxico y no es inflamable.
- Los elementos de implementación de un sistema de aire comprimido no tienen costos elevados.
- La velocidad de transformación de energía es rápida con el aire comprimido.

3.12.7 Componentes de un sistema neumático. Los componentes necesarios para realizar la implementación de un sistema neumático son los siguientes:

3.12.7.1 Compresor. Son los encargados de generar el aire comprimido, existen algunos tipos de compresores, los cuales se debe tomar en consideración, las fuentes de alimentación de aire comprimido más comunes son los compresores helicoidales o compresores de émbolo. Estos compresores comúnmente entregan presiones de salida por encima de 6 bar, de esta manera se tiene la seguridad de disponer de una presión de funcionamiento suficiente de mínimo 600 kPa, en los actuadores, aunque se produzca una fuga de aire en la red de tuberías.

Figura 49. Compresor



Fuente: <https://drive.google.com/file/d/0B7FsNIYZzun-MUNnMHJKR21hX3M/edit>.

3.12.7.2 Filtro de aire. Los filtros de aire comprimido evitan el paso de partículas no deseadas en los actuadores neumáticos, como polvo, condensado y otras basuras, lo cual eleva la duración de los componentes que reciben el aire desde el filtro así como también permite realizar una buena labor a cada uno de los actuadores neumáticos.

Figura 50. Filtro y regulador de aire



Fuente: <http://www.ferrovicmar.com>

3.12.7.3 Regulador de presión. Un regulador de presión permite mantener una presión dada en un proceso aunque se produzcan oscilaciones en la red de tuberías, de esta forma es posible regular la presión a la salida del regulador siempre y cuando la sobrepresión no sea mayor a 50 kPa.

3.12.7.4 Válvulas de cierre, válvulas de trabajo y válvulas de mando. Las válvulas de cierre sirven para mantener separadas las redes de aire comprimido. Mientras que las válvulas de mando bloquean el paso de aire comprimido y lo conducen hacia los actuadores en el momento preciso, la seguridad y el buen funcionamiento del sistema dependen del montaje apropiado de los componentes y las válvulas de trabajo permiten regular la velocidad a la cual funcionan los actuadores, es decir solo válvulas reguladoras de flujo de aire comprimido.

Figura 51. Válvulas neumáticas



Fuente: <http://infmk2013aeducardordz174.blogspot.com>

3.12.7.5 Actuadores (Cilindros). Los cilindros neumáticos son componentes con un elevado coeficiente de seguridad, por lo cual son de gran duración cuando su construcción minimiza el desgaste, si el montaje de los cilindros es correcto se asegura el buen funcionamiento del sistema.

Figura 52. Cilindro neumático



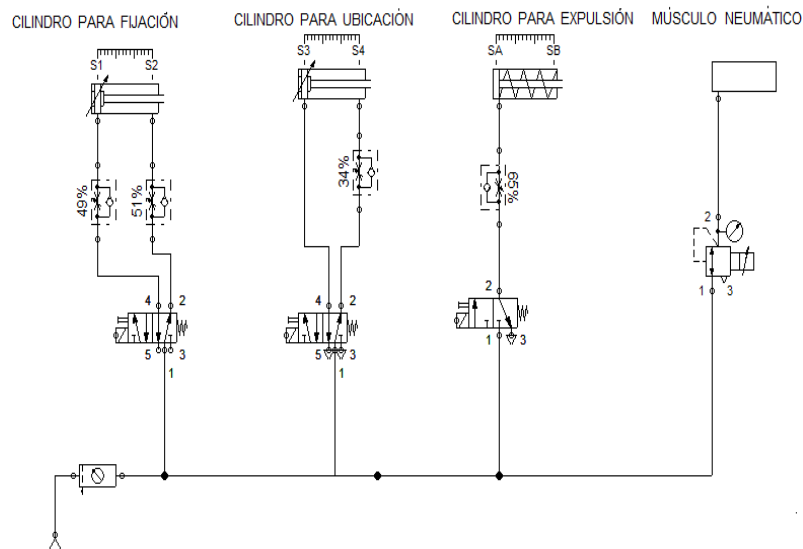
Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/festo.html>

3.13 Descripción del sistema neumático de la estación de fijación y prensado

El sistema neumático consta de 3 cilindros de los cuales dos son de doble efecto y el último es de simple efecto, el último actuador es un músculo neumático comandado por una válvula proporcional.

El control de la válvula proporcional se lo realiza por medio del PLC S7-1200 la válvula proporcional experimenta un cambio de presión dependiendo del valor de la salida seteada en el programa, por medio de un voltaje analógico regula la presión en su salida.

Figura 53. Diagrama del sistema neumático del módulo



Fuente: Autores

3.14 Selección de los elementos neumáticos y electropneumáticos

La selección de los elementos neumáticos cubre la selección de los actuadores y los elementos de control como electroválvulas y válvula proporcional.

3.14.1 Electroválvulas. Se seleccionó electroválvulas monoestables de accionamiento eléctrico, trabajan con un voltaje de 24 V DC, posee un retorno por muelle y un accionamiento manual. El accionamiento manual se usa en caso de emergencias en las cuales se requiere intervenir en los estados de los actuadores sin el requerimiento de energía eléctrica.

Figura 54. Electroválvula 5/2



Fuente: <http://industriassanfor.com/pdf/catalogo-airtac.pdf>

Tabla 1. Selección de electroválvula 5/2

A14005	5/2	1/4	Solenoido - resorte	4V210-08-DC12V	12 DC	0,89
A14010	5/2	1/4	Solenoido - resorte	4V210-08-DC24V	24 DC	0,89
A14015	5/2	1/4	Solenoido - resorte	4V210-08-AC110V	110 AC	0,89
A14020	5/2	1/4	Solenoido - resorte	4V210-08-AC220V	220 AC	0,89

Fuente: <http://industriassanfor.com/pdf/catalogo-airtac.pdf>

Las electroválvulas monoestables de accionamiento eléctrico las cuales trabajan con un voltaje de 24 V DC, posee un retorno por muelle y un accionamiento manual.

Figura 55. Electroválvula 3/2



Fuente: <http://industriassanfor.com/pdf/catalogo-airtac.pdf>

Tabla 2. Selección Electroválvula 3/2

A11120	1/4	Solenoido - resorte	3V210-08-NC-DC12V	12 DC	0,89
A11125	1/4	Solenoido - resorte	3V210-08-NC-DC24V	24 DC	0,89
A11130	1/4	Solenoido - resorte	3V210-08-NC-AC110V	110 AC	0,89
A11135	1/4	Solenoido - resorte	3V210-08-NC-AC220V	220 AC	0,89

Fuente: <http://industriassanfor.com/pdf/catalogo-airtac.pdf>

3.14.2 Válvula proporcional. La válvula reguladora de presión comandada por una señal de voltaje de 0 a 5 V regula la presión de rango de 0 a 6 bar, esta se utiliza para manejar la presión que se suministra al músculo neumático.

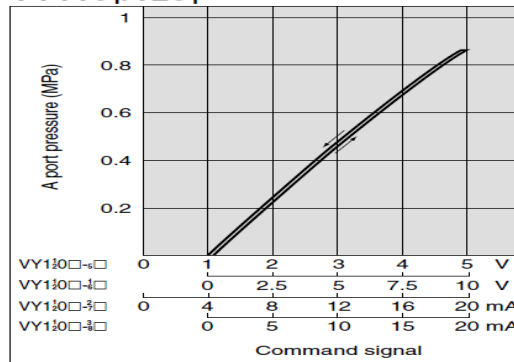
Figura 56. Válvula proporcional de presión



Fuente: <http://www.smc pneumatics.com/VY1100-01-B.html>

La respuesta a una señal de voltaje eléctrico para la válvula proporcional se muestra en la figura (57).

Figura 57. Características de la válvula proporcional
VY1100/1200



Fuente: <http://www.smc pneumatics.com/VY1100-01-B.html>

3.14.3 Cilindro de doble efecto. Cilindro resistente a la oxidación, posee un anillo magnético para detectar la posición del vástago, su función es fijar la probeta para que el mecanismo de desplazamiento lineal realice el prensado.

Figura 58. Cilindro neumático de doble efecto



Fuente: <http://industriassanfor.com/pdf/catalogo-airtac.pdf>

Tabla 3. Selección del cilindro de doble efecto

Carrera mm (Pulg)	Diámetro del Cilindro en milímetros		
	16	20	25
25 (1")	AMII6025	AMI20025	AMI25025
50 (2")	AMII6050	AMI20050	AMI25050
75 (3")	AMII6075	AMI20075	AMI25075
80 (3,15")	AMII6080	AMI20080	AMI25080
100 (4")	AMII6100	AMI20100	AMI25100
125 (5")	AMII6125	AMI20125	AMI25125
150 (6")	AMII6150	AMI20150	AMI25150
175 (7")	AMII6175	AMI20175	AMI25175
200 (8")	AMII6200	AMI20200	AMI25200

Fuente: <http://industriassanfor.com/pdf/catalogo-airtac.pdf>

3.14.4 Cilindro de simple efecto. Accionado por aire en el avance y retorno por muelle, se selecciona para cumplir la función de desalajo de la probeta luego de realizar el prensado del músculo neumático.

Figura 59. Cilindro neumático de simple efecto



Fuente: <http://industriassanfor.com/pdf/catalogo-airtac.pdf>

Tabla 4. Selección de cilindro de simple efecto

Carrera mm (Pulg)	Diámetro del Cilindro en milímetros		
	16	20	25
25 (1")	AMSA16025	AMSA20025	AMSA25025
50 (2")	AMSA16050	AMSA20050	AMSA25050
75 (3")	AMSA16075	AMSA20075	AMSA25075

Fuente: <http://industriassanfor.com/pdf/catalogo-airtac.pdf>

3.14.5 Cilindro compacto de doble efecto. Se utilizan para espacios reducidos, además de poseer un vástago con rosca hembra.

Se utiliza para mover el seguro de la resbaladera que permite que la tapa caiga sobre la base. El cilindro compacto tiene las mismas funcionalidades de un cilindro industrial, ya que tiene ranuras para sensores de detección magnéticos. Los cilindros compactos ocupan menos del cincuenta por ciento del espacio que puede ocupar un cilindro normal lo cual permite usar eficientemente el espacio disponible.

Figura 60. Cilindro compacto



Fuente: <http://industriassanfor.com/pdf/catalogo-airtac.pdf>

Tabla 5. Selección de cilindro compacto

Carrera mm	Diámetro del Cilindro en milímetros				
	12	16	20	25	32
5	ASDAS1205				
10	ASDAS1210	ASDAS1610	ASDAS2010	ASDAS2510	ASDAS3210
15	ASDAS1215	ASDAS1615	ASDAS2015	ASDAS2515	ASDAS3215
20	ASDAS1220	ASDAS1620	ASDAS2020	ASDAS2520	ASDAS3220
25	ASDAS1225	ASDAS1625	ASDAS2025	ASDAS2525	ASDAS3225
30			ASDAS2030	ASDAS2530	ASDAS3230

Fuente: <http://industriassanfor.com/pdf/catalogo-airtac.pdf>

3.14.6 Unidad de mantenimiento. Se encuentra compuesto de un filtro regulador y un lubricador.

Figura 61. Filtro regulador de aire



- Temperatura max. a 10 bar (1 MPa): 50°C
- Presión max 18 bar (1.8 MPa)
- Campo de regulación: 0 ÷ 2 - 0 ÷ 4 - 0 ÷ 8 - 0 ÷ 12
- Grado de filtración: 4 - 20 - 50 μ

Roscas	Caudal 6 bar $\Delta p=1$ [l/min]
1/4"	700
3/8" - 1/2"	2500

Fuente: <http://ecuadorianaindustrial.com/joomla/media/pdf>

3.14.7 Racores. Los racores automáticos son reutilizables y de fácil acoplamiento, fabricados a base de un tecnopolímero, se seleccionaron NPT de 1/4 y 1/8 dependiendo de las características del elemento.

3.14.8 Controladores de flujo. Permite regular el flujo de caudal el mismo que permite mantener un control sobre el accionamiento de otros elementos neumáticos principalmente cilindros. Existen distintos tipos de reguladores de flujo como reguladores en avance, en retroceso, con válvulas check integradas, etc.

Se los utiliza para regular las velocidades de los diferentes cilindros tanto de simple efecto como de doble efecto.

Tabla 6. Selección del regulador de caudal



Milimétricos

Código	Conex.	OD	Referencia	Flujo l/min.
C10200	M5	4	NSC04-M5	100
C10205	M5	6	NSC06-M5	100
C10210	1/8"	6	NSC06-G01	350
C10215	1/4"	6	NSC06-G02	600
C10220	3/8"	6	NSC06-G03	1100

Fuente: <http://industriassanfor.com/pdf/catalogo-airtac.pdf>

3.15 Sensores y transductores

Son los encargados de determinar los estados de las variables del sistema.

3.15.1 Conceptos de transductor y sensor

Transductor: Se refiere a un dispositivo que convierte una señal de una forma de energía a otra señal de diferente naturaleza.

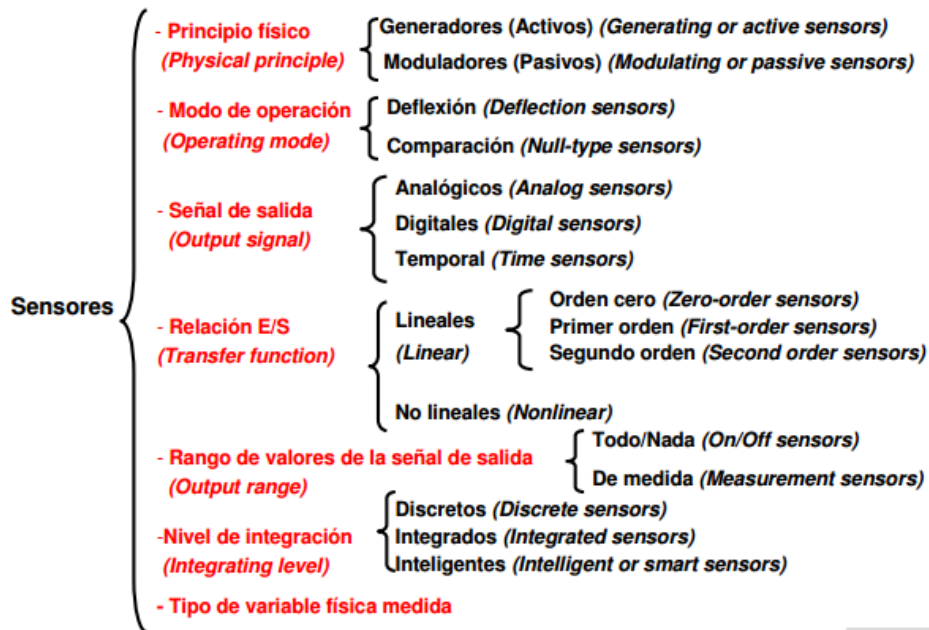
Sensor: Representa un dispositivo que genera una señal eléctrica como respuesta a un estímulo o señal física o química.

Los sensores son capaces de medir propiedades físicas como:

- Mecánicas.
- Térmicas
- Magnéticas
- Eléctricas
- Químicas
- Ópticas
- Radiactivas
- Otras.

3.15.2 Clasificación de los sensores. Los sensores pueden clasificarse de diferente forma tomando en cuenta ciertos aspectos como el principio físico de funcionamiento, método de operación, señal de salida, relación E/S, rango de valores de la señal de salida, nivel de integración, tipo de variable física medida.

Tabla 7. Clasificación de los sensores



Fuente: http://www.ele.uva.es/~lourdes/docencia/Master_IE/Sensores.pdf

3.16 Selección de sensores.

Los sensores seleccionados abarcan las variables de presión y posición.

3.16.1 Criterios para la selección de sensores. Para la selección de los sensores se toma los criterios necesarios como:

- Disponibilidad en el mercado.
- Características generales.
- Ventajas e inconvenientes específicos.

Las etapas para una correcta selección de los sensores es la siguiente:

- Definición de las especificaciones.
- Selección de la tecnología.
- Selección del producto.

3.16.2 Selección del sensor de presión. Requerimientos del sensor de presión. Este sensor va ser usado para realizar la medición de la presión que se envía al músculo neumático, la presión de trabajo es de 0 a 6 bar y se requiere una señal de 0 a 10 V la cual será leída por el PLC.

El sensor de presión seleccionado debido a La disponibilidad y el precio del sensor en el mercado llevan a optar por un sensor de presión cuya salida es una señal de corriente la misma que puede ser convertida a voltaje, mediante el uso de una resistencia de 470 ohms, con lo cual se consigue un voltaje que varía de 2 a 8 voltios, mientras que la entrada analógica del PLC tiene un rango de medición de 0 a 10 voltios, luego mediante la programación se puede convertir el rango de medición disponible.

Figura 62. Sensor de presión



Fuente: <http://sensorstrade.com/mpn/pbt-rb6x0sg1senama0z/>

3.16.3 Sensores de posición inductivos. Los sensores de posición seleccionados son sensores tipo Switch, permiten una conexión a 2 y 3 hilos respectivamente, los cuales tienen como finalidad determinar las posiciones de los cilindros neumáticos.

Figura 63. Sensor de posición magnético a 3 hilos



Fuente: Autores

3.16.4 Sensor de posición fotoeléctrico. La disponibilidad lleva a optar por sensores fotoeléctricos los cuales trabajan a 24 V de alimentación y son óptimos para diferentes materiales en este caso el aluminio.

Figura 64. Sensor de posición fotoeléctrico



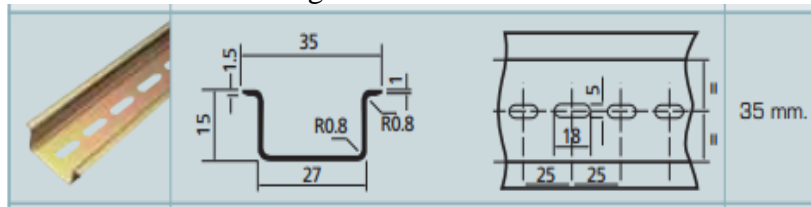
Fuente: http://files.pepperl-fuchs.com/selector_files/pdf

3.17 Elementos para el montaje de los componentes eléctricos, electrónicos

Son los elementos que se montaran sobre el módulo de control y los cuales soportaran a las tarjetas de interfaz y los elementos electrónicos para el sistema de control.

3.17.1 Rail DIN. Es una barra de metal normalizada que posee una sección transversal tipo sombrero y unas perforaciones las cuales les permiten montarse sobre un gabinete o algún soporte fijo, que es muy usado para el montaje de elementos eléctricos, los cuales se pueden utilizar en aplicaciones industriales así como también en viviendas, tiene aplicaciones infinitas para sistemas eléctricos.

Figura 65. Rail DIN



Fuente: http://www.dacroce.com.ar/imagenes/catalogo/pdf/zoloda_rielesdemontaje.pdf

3.17.2 Canaletas. Son elementos de plástico con una tapa utilizada para alojar el cableado que se encuentra en la estructura y en módulo de control.

Figura 66. Canaletas



Fuente: Autores

3.17.3 Cables. Cables de baja tensión y número 14. Los cables o conductores son los elementos de gran importancia ya que permiten transportar la energía eléctrica desde la fuente hacia los sensores, elementos de control, controladores y cualquier elemento electrónico que requiera de electricidad para funcionar. En el caso de voltajes analógicos se requieren cables protegidos contra interferencia de radio y televisión ya que el error por pequeño que sea, afecta al proceso.

Figura 67. Cables



Fuente: Autores

3.18 Elaboración del tablero para el montaje del HMI y el PLC

Para realizar la conexión entre el HMI y PLC se realizó un tablero de plancha de acero, el mismo que permite el posicionamiento del HMI que será accesible al operador.

Figura 68. Tablero de control



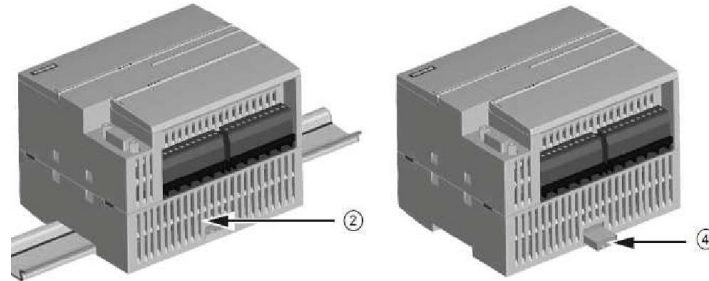
Fuente: Autores

3.19 Montaje de los elementos del tablero de control

Sobre la caja se ubica primero los rail DIN así como también las canaletas, en la disposición que se muestra, sobre los cuales se ubicarán las tarjetas de entradas y salidas, el PLC, switch, fuente de alimentación.

3.19.1 Montaje del PLC S7-1200. El PLC S7-1200 posee un diseño compacto y de fácil manejo el cual permite su ubicación sobre un perfil DIN normalizado.

Figura 69. Ubicación de PLC sobre rail DIN



Fuente: manual del sistema S7-1200

La ubicación del PLC puede seguir el siguiente proceso:

Una vez ubicado el perfil DIN normalizado se engancha la parte superior de la ranura del PLC, se extrae el clip de fijación y se presiona sobre la parte inferior del PLC.

Figura 70. Ubicación de PLC sobre rail DIN



Fuente: manual del sistema s7-1200

Para retirar el PLC el procedimiento es el contrario se empieza por desenganchar el clip de fijación y se levanta la parte inferior para terminar por separar la parte superior, como se muestra en la figura (71).

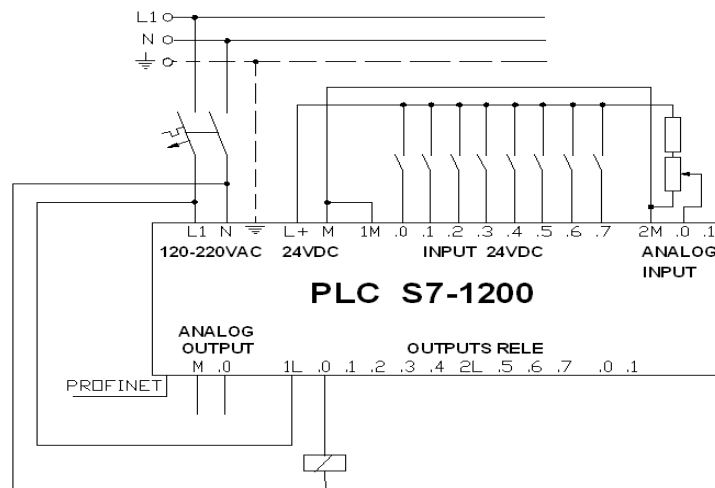
Figura 71. Extracción del PLC



Fuente: manual del sistema s7-1200

Para la conexión del PLC se debe seguir el diagrama mostrado en la figura (72), se debe tener mucho en cuenta la posición de las entradas y salidas analógicas, la conexión se debe de llevar con el mayor cuidado posible para evitar cortocircuitos, en el primer encendido del PLC el foco amarillo es el cual permanece encendido por defecto, en caso de existir un voltaje por encima del permisible el foco rojo se mantiene encendido hasta eliminar el error.

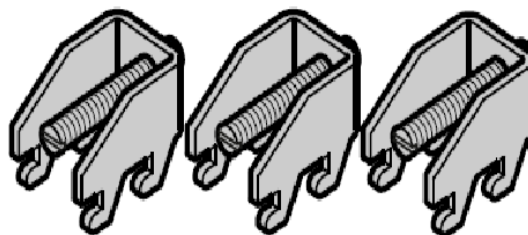
Figura 72. Diagrama de conexión PLC S7-1200



Fuente: <http://www.catedu.es/elechomon/s71200>

3.19.2 Ubicación del Panel KTP 600 BASIC PANEL. La ubicación del HMI se realiza por medio de las mordazas de sujeción mostradas en la figura (73), y siguiendo el siguiente procedimiento.

Figura 73. Mordazas para sujeción del HMI

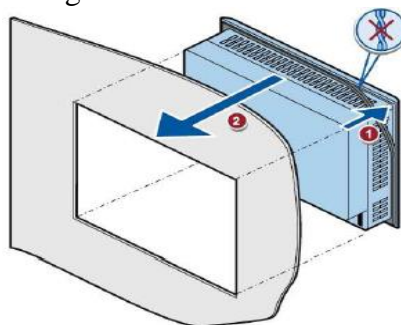


Fuente: Instrucciones de servicio paneles de operador SIMATIC HMI

Procedimiento para el montaje del HMI

Colocar por delante de recorte del tablero de control como se muestra en la figura (74), según corresponda en la orientación y posición necesaria.

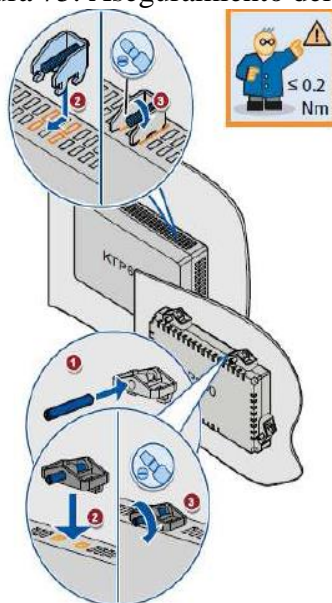
Figura 74. Ubicación del HMI



Fuente: Instrucciones de servicio paneles de operador SIMATIC HMI

Para la fijación del HMI se puede seguir el procedimiento para la colocación de las mordazas mostrado en la figura (75):

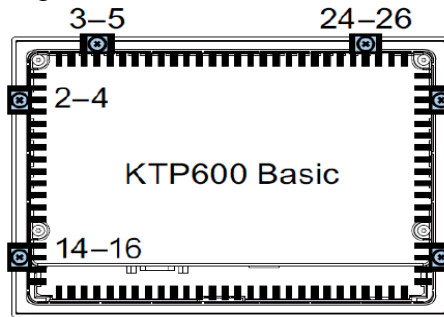
Figura 75. Aseguramiento del HMI



Fuente: Instrucciones de servicio paneles de operador SIMATIC HMI

1. Inserte el esparrago en la mordaza de fijación.
2. Coloque la primera mordaza en la primera posición en las escotaduras del lado posterior del panel de operador.
3. Fije la mordaza con un destornillador del tamaño 2.
4. El par de apriete máximo admisible es de 0.2 Nm.
5. Repita los pasos 1 a 3 para todas las mordazas necesarias para fijar el panel de operador.
6. La ubicación de las mordazas se las realiza de acuerdo a la figura.
7. Repetir el procedimiento para las otras posiciones de las mordazas.

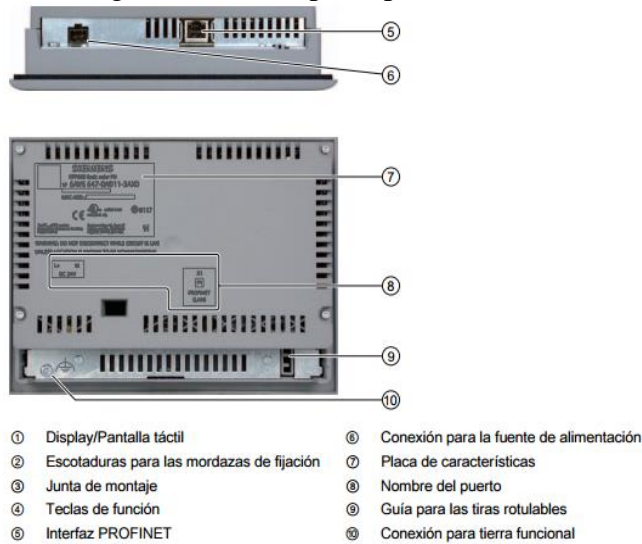
Figura 76. Posiciones de mordazas



Fuente: Instrucciones de servicio paneles de operador SIMATIC HMI

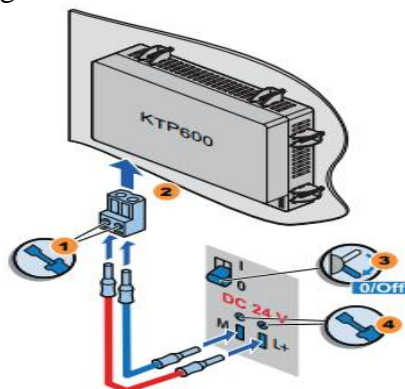
Para la conexión del HMI se seguirá las instrucciones del manual de montaje, dado que si no se siguen las instrucciones como lo indica el manual no se conseguirá la protección IP 67 el cual establece el fabricante.

Figura 77. Partes principales del HMI



Fuente: Instrucciones de servicio paneles de operador SIMATIC HMI

Figura 78. Conexión a 24V del HMI



Fuente: Instrucciones de servicio paneles de operador SIMATIC HMI

3.19.3 Ubicación del Switch 1277. Para esto se sigue el siguiente procedimiento:

Se empieza por enganchar la parte superior del Switch CSM 1277 sobre el perfil DIN, posteriormente extraer el clip de fijación con un destornillador. Teniendo extraído el clip de fijación con un destornillador presionamos la parte inferior del Switch para montarlo sobre el rail DIN.

Figura 79. Ubicación del CSM 1277



Fuente:<https://cache.industry.siemens.com/dl/files/313/36087313/at.pdf>

Por último se ubica el HMI y se realiza la conexión por medio del cable de red desde el HMI hasta el Switch, para posteriormente ser puesto en red durante la programación del módulo.

Figura 80. Conexión del CSM 1277



Número de pin	Asignación
Pin 1	L+ (24 V DC)
Pin 2	M (masa)
Pin 3	Tierra funcional

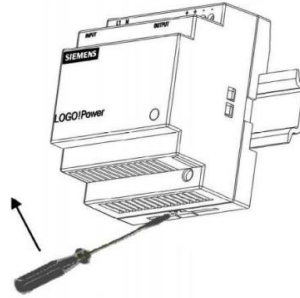
Fuente:<https://cache.industry.siemens.com/dl/files/313/36087313/at.pdf>

3.19.4 Ubicación de la fuente LOGO POWER. La ubicación de la fuente se realiza de acuerdo al siguiente procedimiento.

Primero enganchar la parte superior de la fuente sobre el perfil DIN.

Se jala el seguro de fijación con un destornillador y se procede a aplicar presión sobre la fuente.

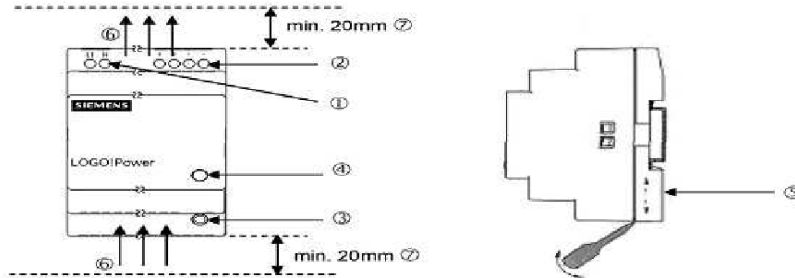
Figura 81. Ubicación del la fuente LOGO



Fuente: SIEMENS Power supply Instrucciones de operación.

La conexión de la fuente requiere la siguiente disposición.

Figura 82. Diagrama de conexión fuente LOGO



- ① Entrada de línea
- ② Salida DC
- ③ Potenciómetro
- ④ Luz indicadora (salida de tensión)
- ⑤ Deslizador del rail DIN
- ⑥ Convección natural
- ⑦ Separación de arriba / abajo

Fuente: SIEMENS Power supply Instrucciones de operación

Se muestra la conexión de todos los elementos una vez montados sobre el gabinete del módulo de control el cual se encuentra listo para programar.

Figura 83. Montaje final de los equipos

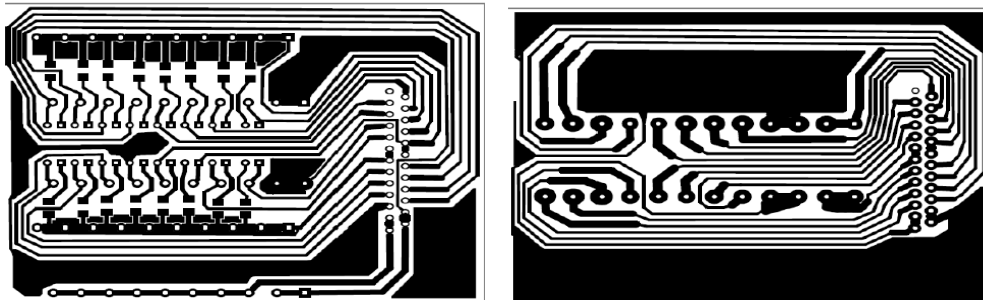


Fuente: Autores.

3.20 Elaboración de la tarjeta de interfaz entre el tablero y el módulo.

Para la elaboración de las tarjetas se utiliza el siguiente circuito impreso diseñado en el software Fritzing versión demo.

Figura 84. PCB. Para las tarjetas de interfaz



Fuente: Autores

3.21 Programación del PLC para el control de la estación

Para la programación primero se analiza las características del PLC S7-1200 1214AC/DC RLY para posteriormente realizar la programación de la secuencia.

3.21.1 PLC siemens S 7 -1200. El PLC S7-1200, es un sistema modular y compacto, gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es el determinado para controlar una gran variedad de pequeñas aplicaciones.

La CPU se compone de un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas.

Ofrece una interfaz profinet integrada, funcionalidad PROFIBUS, acceso remoto, así como funciones tecnológicas integradas de gran potencia y un diseño escalable de alta flexibilidad.

S7-1200 incorpora una interfaz GSM/GPRS para la comunicación remota a través de una conexión a internet inalámbrica, posee funciones tecnológicas, desde el contaje y la medición al control de velocidad, posición y ciclo, pasando por funciones de control de proceso sencillas.

Características del PLC S7-1200:

- Las CPU S7 1200 pueden ampliarse hasta con tres módulos de comunicación.
- Con el nuevo procesador de comunicación CP 1242-7 permite tanto la monitorización como el control de estaciones S7-1200 distribuidas desde una central vía redes de telefonía móvil e internet.
- La mayoría de CPU admite la conexión de hasta ocho módulos de señales, ampliando la posibilidad de utilizar E/S digitales o analógicas adicionales.
- Simatic S7 1200 admite 16 lazos de regulación PID, estos lazos se pueden configurar de forma manual o automática.

3.21.2 Programa de usuario en s7-1200. Dentro de un programa de usuario las instrucciones se insertan en bloques lógicos.

3.21.3 Bloque de organización (OB) en S7-1200. Reacciona a un evento específico en la CPU y puede interrumpir la ejecución del programa de usuario.

3.21.4 Bloque de función (FB) en S7-1200. Es una subrutina que se ejecuta cuando se llama desde otro bloque lógico (OB, FB o FC). El bloque que efectúa la llamada transfiere parámetros al FB e identifica un bloque de datos determinado (DB) que almacena los datos de la llamada o instancia específica de este FB

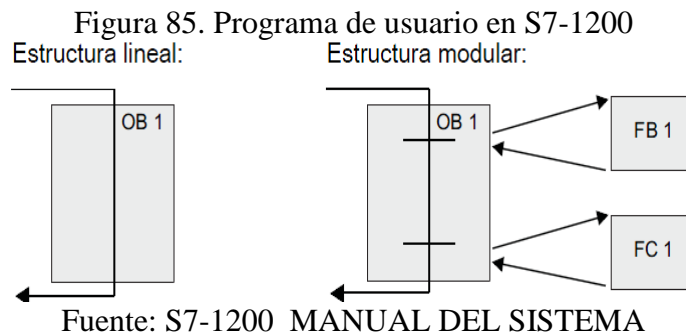
3.21.5 Una función (FC). Es una subrutina que se ejecuta cuando se llama desde otro bloque lógico (OB, FB o FC). Una FC no tiene un bloque de datos asociado.

Para crear el programar de usuario se debe seleccionar el tipo de estructura:

- Estructura lineal.
- Estructura modular.

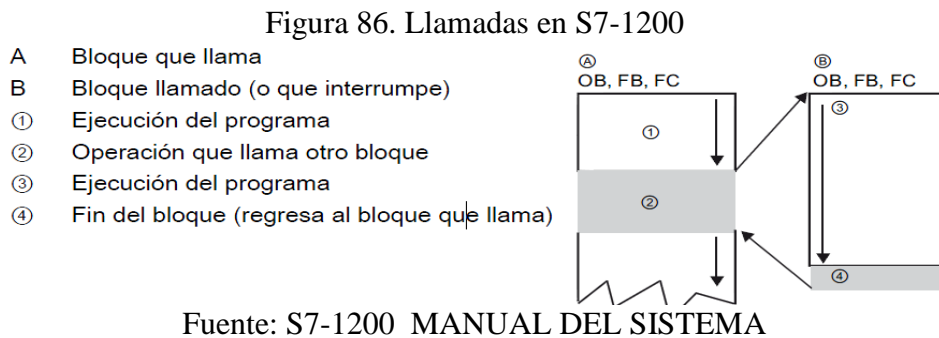
La estructura lineal de programación en el software STEP 7 sirve para la implementación de plantas simples de procesamiento.

Mientras que la estructura modular es apta para la programación de secuencias complejas con lazos de control PID y control de movimiento de ejes.



3.21.6 Estructura lineal de un programa de usuario. Esta estructura ejecuta todas las instrucciones de la tarea de automatización de forma secuencial, generalmente deposita todas las instrucciones del programa en el OB encargado de la ejecución cíclica.

3.21.7 Estructura modular de un programa de usuario. La estructura modular, llama bloques de función específicos que ejecutan determinadas tareas. Para crear una estructura modular, una tarea se divide en tareas subordinarias más pequeñas, correspondientes a las funciones tecnológicas del proceso.



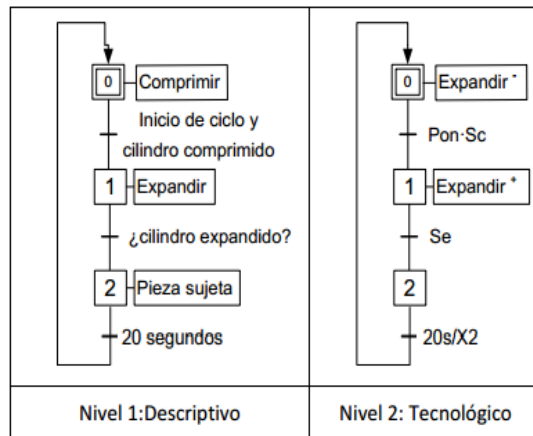
Al diseñar FBs y FCs que ejecuten tareas genéricas, se crean bloques lógicos modulares.

3.22 GRAFCET para programación del PLC

La norma IEC 60848:2002 define el GRAFCET como un lenguaje que permite modelar el comportamiento de la parte secuencial de un sistema automatizado, Actualmente es una gran herramienta para representar sistemas de fabricación automatizado, debido a su sencillez y expresividad.

3.22.1 Niveles del GRAFCET. En función del nivel de abstracción que se represente se pueden distinguir los siguientes tipos de diagramas GRAFCET, ordenados de mayor a menor nivel de detalle.

Figura 87. Niveles de GRAFCET



Fuente: <http://www.elai.upm.es/moodle/GrafcetAmpliacion.pdf>

3.22.1.1 GRAFCET de nivel 1. Descripción global poco detallada del automatismo que permite conocer en poco tiempo su funcionamiento general.

3.22.1.2 GRAFCET de nivel 2. En este tipo indicaremos todas las especificaciones de los órganos operativos. Detallaremos los elementos tecnológicos que intervienen, número de las entradas y salidas relacionadas con cada elemento, así como, todas las aclaraciones necesarias de cada etapa. (APRENDERPLC, 2011)

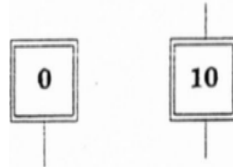
3.22.2 Etapas, transiciones y arcos

3.22.2.1 Etapa. En los sistemas combinatoriales para evitar que una combinación de los estados de entrada de lugar a más de una combinación de los estados de salida, se utilizan unos elementos adicionales de memorias (relés, básculas, biestables, registros), que dan lugar a que se le asocie a la combinación de los estados de los elementos de entrada una combinación de los estados de los elementos de salida.

En un GRAFCET todos los estados estables del sistema tienen asociado un elemento de memoria llamado ETAPA, cuando el programa cambia de etapa necesita saltar de una memoria a otra a fin de que la memoria sea la que de la señal de activación de las acciones que se ejecutarán con esa etapa.

3.22.2.2 Etapa inicial. Se representa por un doble cuadrado, son aquellas que se activan cuando se conecta el sistema, un sistema puede tener más de una etapa inicial si se trabaja como diagramas simultáneos.

Figura 88. Etapa inicial



Fuente: <http://www.elai.upm.es/moodle/GrafcetAmpliacion.pdf>

3.22.2.3 Etapas normales. Normalmente a cada etapa que realiza una acción que modifica el estado de algún elemento de salida del sistema se le asocia un rectángulo a la derecha de la etapa para representar el estado de dicha etapa.

Sin acción asociada. Se puede utilizar como etapa de espera al cumplimiento de una condición.

Con acción asociada. Pueden ser:

- Simple
- Múltiple
- Condicionada
- Memorizada

3.22.3 Transiciones. Estas son los cambios de etapa que depende de las Condiciones para la transición que son condiciones lógicas de la evolución del sistema, una transición señala el traspaso de una etapa a otra. Es una barrera que separa dos etapas y a la cual solo se puede llegar si la etapa de procedencia esta activa. Es una expresión lógica o booleana.

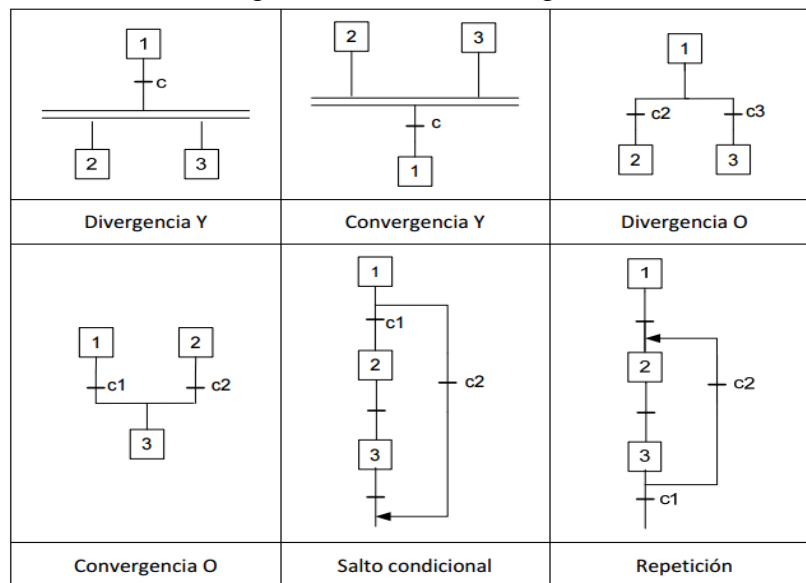
Cada variable de esta expresión corresponde a un elemento detector o una variable booleana interna del sistema, cuando la combinación de los estados de los elementos detectores o de control del sistema provocan el estado verdad o 1 de la expresión, llegan a esta barrera entre etapas es traspasada.

Se las puede obtener por:

- Transiciones booleanas
- Para activación de etapas
- Con temporizadores
- Con contadores
- Con flancos.

3.22.4 Estructuras básicas. Son las estructuras a partir de las cuales se genera estructuras más complejas una vez que se las asocia.

Figura 89. Estructuras lógicas



Fuente: <http://www.elai.upm.es/moodle/GrafcetAmpliacion.pdf>

3.22.4.1 Secuencia básica. Cuando el conjunto de etapas se activa una tras la otra, después de verificarse la transición que las separa.

3.22.4.2 Bifurcación en “o”. Selección de secuencias. Cuando durante la evolución de un automatismo, llega a un punto en el cual la evolución del mismo tiene que decidir más de un posible camino tenemos una bifurcación en O.

3.22.4.3 Bifurcación en “y”. Trabajo paralelo. Cuando durante la evolución de un automatismo llegamos a un punto en el cual la evolución del mismo ha de seguir por más de una camino, el GRAFCET se representa con la doble línea paralela.

Se debe tener presente que las condiciones de entrada a una u otra etapa ha de ser exclusivas la una con respecto a la otra.

3.22.4.4 Bucles. Se las conoce así a un conjunto de etapas que se pueden repetir varias veces las mismas que serán ejecutadas y controladas por ejemplo por un temporizador, un controlador, hasta que no se cumpla una condición

3.22.4.5 Macro-etapas. El diseño del GRAFCET se hace de manera descendente, unos bloques que se van resolviendo de manera modular.

Una Macro-etapa es la representación conjunta en una única etapa de un conjunto de etapas y transiciones, la expansión de una macro-etapa es una secuencia de etapas y transiciones que se respeta las reglas del GRAFCET, pero que tienen etapa de entrada y una etapa de salida.

Una macro-etapa puede estar compuesta de:

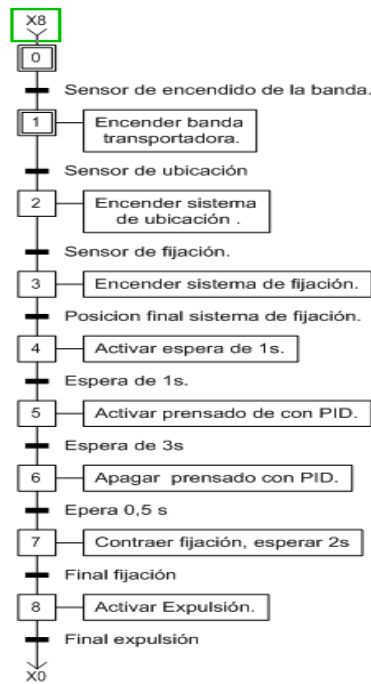
- Subrutinas
- Saltos de etapas
- Macro-etapas
- Etc.

3.22.4.6 Programas paralelos. Para resolver un automatismo se pueden utilizar diagramas paralelos que van evolucionando cada uno por separad y a su ritmo, pueden tener relación o no entre sí dependiendo de la secuencia del programa

3.23 GRAFCET para realizar la secuencia de la estación de fijación y prensado

La descripción es la siguiente, la base se ubica sobre la banda transportadora la cual se encenderá solo si se existe una probeta sobre la banda, cuando se encuentre cierta posición se activa el sistema de ubicación el cual libera la tapa la misma que se monta sobre la base posteriormente la base y la tapa avanzan hasta un soporte donde se fijarán por medio del sistema de fijación para luego ser prensado por un sistema accionado por un músculo neumático para finalmente ser expulsado.

Figura 90. GRAFCET para la secuencia



Fuente: Autores

3.24 Programación en TIA PORTAL

Para la programación de la estación de prensado primeramente es necesario tener conocimientos básicos de programación en TIA PORTAL, una vez definida la secuencia se define las variables y se comienza la programación esto por medio de la definición de las memorias de cada etapa.

3.24.1 Definición de entradas y salidas del PLC. Las entradas en este caso tenemos que definir aparte de entradas digitales, la entrada analógica la misma que es de tipo entero que lleva la dirección IW64.

Tabla 8. Definición de entradas

Entradas						
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...	
Start	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Stop	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Paro de emergencia	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Sensor de Encendido-Banda	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Sensor de activacion Ubicacion.	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Sensor posicion de prensado	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Posicion final Cil.Expulsion	Bool	%I0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Retorno Ubicacion	Bool	%I1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Paso de la tapa por la resbaladera	Bool	%I1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
PosicionFinalFijacion	Bool	%I1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
PosicionInicialFijacion	Bool	%I1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Sensor analogico de presion	Int	%IW64	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Fuente: Autores

De igual forma debemos definir la salida analógica la misma que será de tipo entero y ocupará la posición de memoria QW80, esta variable puede emitir una señal de voltaje desde 0 a 10 V.

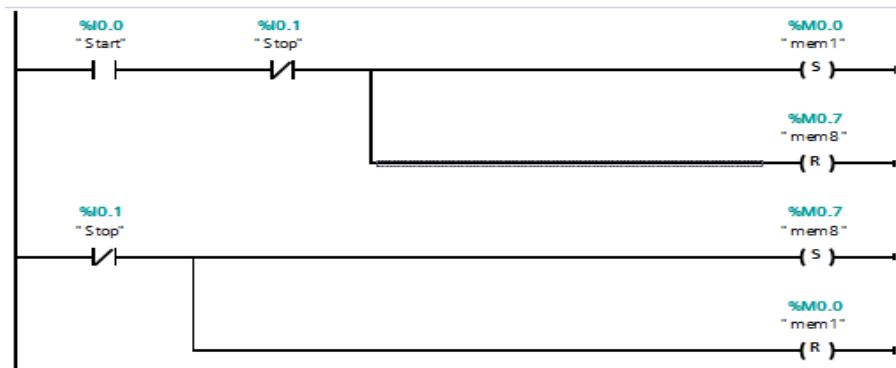
Tabla 9. Definición de salidas

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...
Led de inicio	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Led de Paro	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Banda Transportadora	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cilindro doble efecto Ubicacion	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cilindro Expulsion	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cilindro Fijacion	Bool	%Q1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Valvula Proporcional	Int	%QW80	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Fuente: Autores

3.24.2 Descripción de la secuencia. Al presionar el botón de Start se activa la memoria 1 y comienza la secuencia.

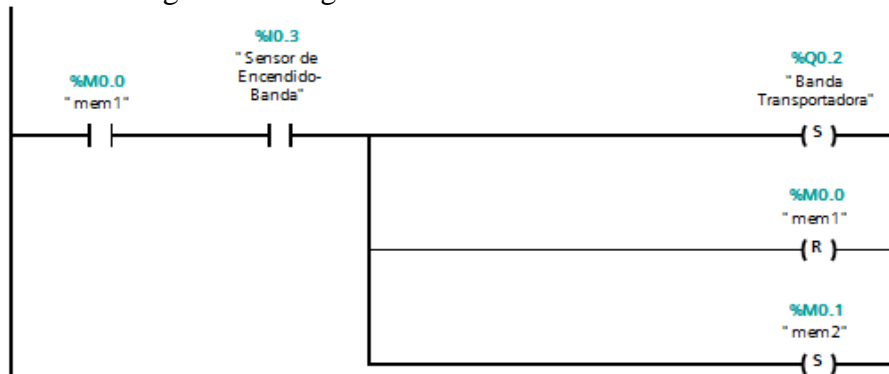
Figura 91. Inicio del programa



Fuente: Autores

Cuando la banda pasa por el sensor de encendido de la banda se prende la banda y se activa la memoria número2, para apagar la memoria 1.

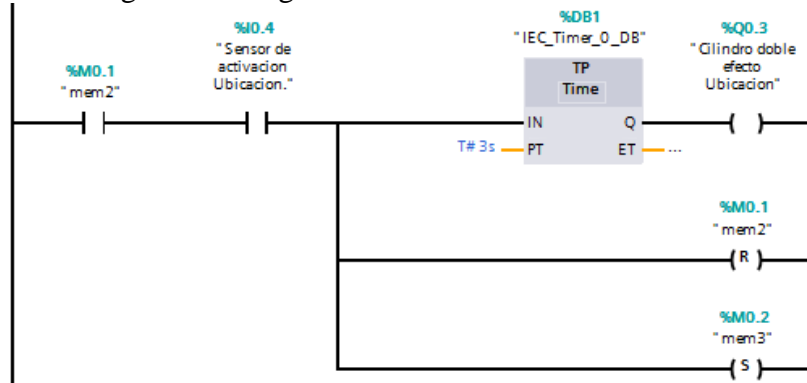
Figura 92. Programación del encendido de banda



Fuente: Autores

Cuando se activa la memoria dos y llega al sensor de ubicación se activa el cilindro de ubicación y se enciende la memoria tres para apagar la memoria dos.

Figura 93. Programación del cilindro de ubicación



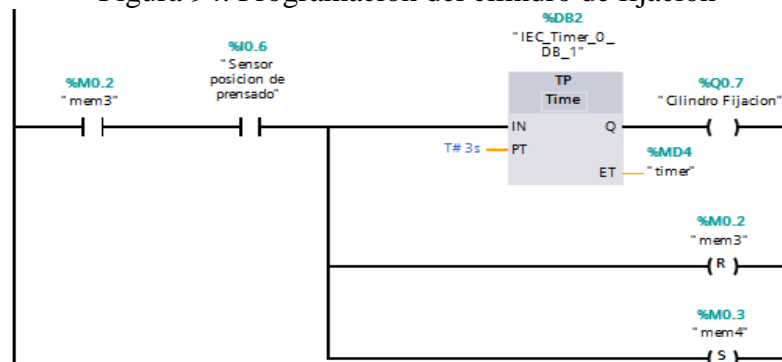
Fuente: Autores

Cuando llega a la posición de prensado el sensor detecta la probeta y activa el cilindro de fijación para con esto activa la memoria cuatro el cilindro de fijación estará activo durante 3s para aplicar el prensado.

El prensado requiere que un controlador PID programado en el PLC se active y ejecute el algoritmo de control para alcanzar en el menor tiempo el punto de consigna (Setpoint), en la presente programación el Controlador PID regula la presión en un lazo cerrado según el valor de presión seteado desde el HMI.

El HMI programada permite ingresar cualquier valor de presión entre 0 y 6 BAR para que el sistema de regulación PID, alcance el valor de presión en tiempo real, además se puede intervenir en el estado del regulador PID ya sea manual o automático. En caso de un valor de entrada manual el valor de entrada es entre 0 y 100 %.

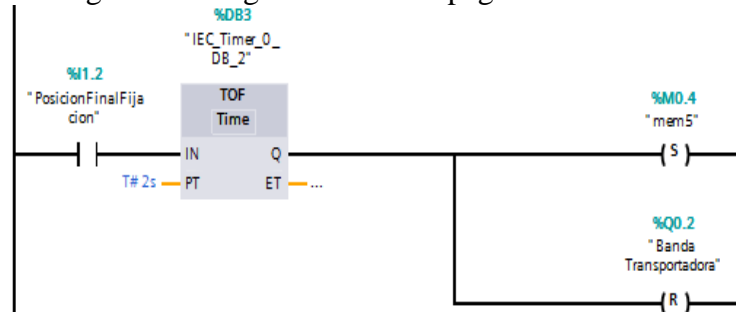
Figura 94. Programación del cilindro de fijación



Fuente: Autores

Al activar la posición final del cilindro de fijación temporizamos y apagamos la banda transportadora encendemos la memoria 5.

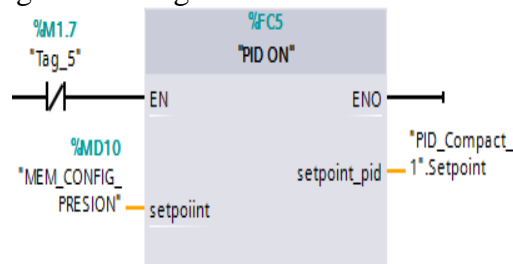
Figura 95. Programación del apagado de la banda



Fuente: Autores

Al activar la memoria 5 activamos el PID para efectuar el prensado.

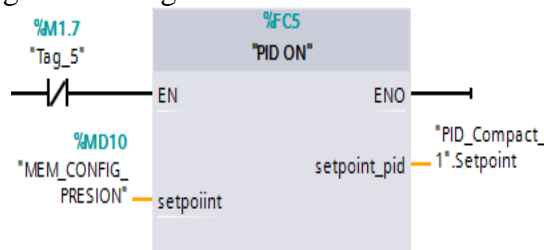
Figura 96. Programación del inicio del PID



Fuente: Autores

Cuando el cilindro de fijación regresa a su posición inicial y estando activa la memoria 5 se activa el cilindro de expulsión pero efectuamos un retardo a la conexión para poder primero apagar el PID.

Figura 97. Programación del encendido del PID

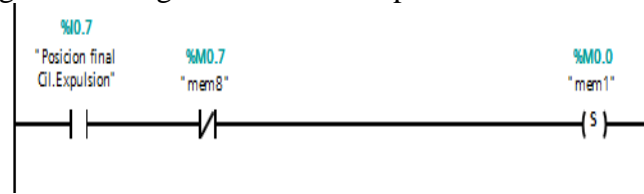


Fuente: Autores

Debe aclararse que la secuencia no se puede interrumpir excepto por el paro de emergencia, la secuencia del módulo se puede programar también en lenguaje de programación SCL (Structured Control Language), en el cual se requiere un algoritmo

de control que según los estados de los sensores permita activar los actuadores para cumplir con los requerimientos del funcionamiento.

Figura 98. Programación de la repetición de la secuencia



Fuente: Autores

3.25 Controladores de lazo cerrado

El controlador es un elemento en el sistema de control en lazo cerrado que tiene como entrada la señal de error y produce una salida que se convertirá en la señal de entrada al elemento correctivo. La relación existente entre la salida y la entrada al controlador se denomina con frecuencia ley de control o también llamadas acciones de control.

Los controladores pueden ser sistemas neumáticos o sistemas basados en amplificadores operacionales, aunque los sistemas de cómputo están remplazando de una manera vertiginosa a los sistemas antes mencionados.

3.25.1 Control ON/OFF. En este sistema de control el elemento de control final solo tiene dos posiciones fijas que, suele ser por lo general encendido y apagado.

Siendo $M(t)$ la señal de salida, este permanecerá en máximo o mínimo, dependiendo de la señal de error, $E(t)$, es positiva o negativa.

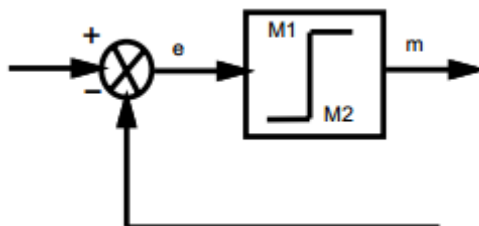
$$M(t) = M1, E(t) > 0 \quad (4)$$

$$M(t) = M2, E(t) < 0 \quad (5)$$

Donde $M1, M2$ representan las posiciones máxima, mínima.

El control ON/OFF es el control más simple que se encuentra en las plantas industriales, este tipo de control sirve para automatizar procesos simples y en los cuales no existen requerimientos elevados de seguridad y velocidad de procesamiento.

Figura 99. Controlador de dos posiciones



Fuente: <http://www.eis.uva.es/~eduzal/icontrol/accbascon.pdf>

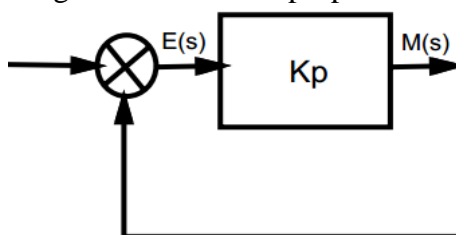
3.25.2 Control proporcional. La relación entre la salida del controlador $M(t)$ y la señal de error actuante es :

$$M(t) = K_p E(t) \quad (6)$$

En magnitudes transformadas de Laplace

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \quad (7)$$

Figura 100. Control proporcional



Fuente: <http://www.eis.uva.es/~eduzal/icontrol/accbascon.pdf>

En general, la salida del controlador se expresa como un porcentaje del intervalo total de posibles salidas dentro de la banda proporcional.

3.25.3 Control integral. En esta acción de control, la rapidez de cambio en la respuesta del controlador, $M(t)$ es proporcional al error, $E(t)$, es decir:

$$\frac{dM(t)}{dt} = K_e E(t) \quad (8)$$

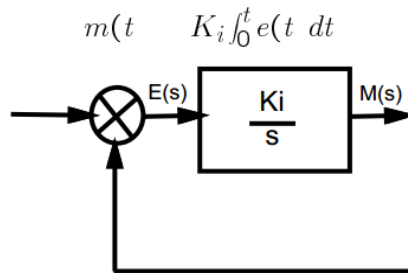
O bien se puede tener que:

$$M(t) = K_e \int_0^t e(t) dt \quad (9)$$

En donde K_e , es una constante ajustable, la función de transferencia del controlador se determina por la relación:

$$\frac{M(s)}{E(s)} = \frac{K_e}{s} \quad (10)$$

Figura 101. Control integral



Fuente: <http://www.eis.uva.es/~eduzal/icontrol/accbascon.pdf>

Como características principales del control proporcional tenemos:

- Elimina error en estado estacionario.
- Respuesta más oscilatoria.

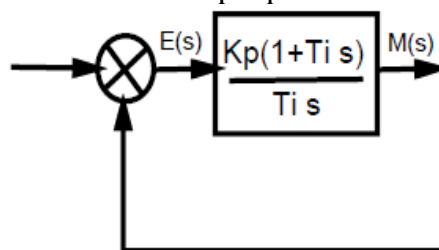
3.25.4 Control proporcional integral. El modo de control proporcional-integral, PI, se define mediante la ecuación

$$M(t) = K_e e(t) + \frac{K_c}{\tau_i} \int_0^t e(t) dt \quad (11)$$

Con una función de transferencia del controlador es:

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_c \left(1 + \frac{1}{\tau_i s} \right) \quad (12)$$

Figura 102. Control proporcional integral

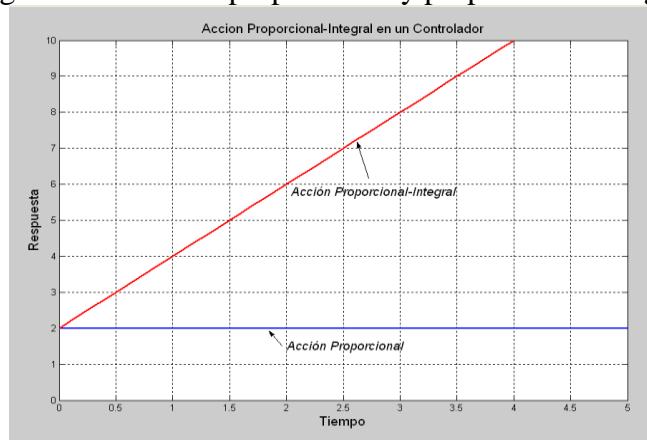


Fuente: <http://www.eis.uva.es/~eduzal/icontrol/accbascon.pdf>

Acción de control proporcional. Donde K_c la ganancia proporcional y τ_i el denominador tiempo integral, se debe notar que la ganancia proporcional y el tiempo integral son ajustables.

Para el Tiempo integral se nota que mientras que un cambio en el valor de K_c afecta las partes integral y proporcional de la acción de control. El inverso del tiempo integral se denomina velocidad de reajuste. La velocidad de reajuste es la cantidad de veces por minuto que se duplica la parte proporcional de la acción de control.

Figura 103. Acción proporcional y proporcional integral

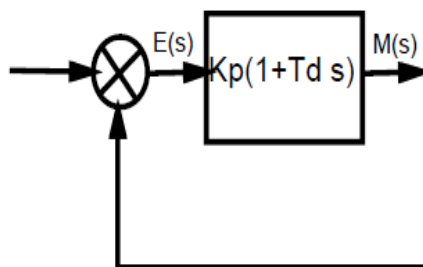


Fuente: <http://www.eis.uva.es/~eduzal/icontrol/acbascon.pdf>

3.25.5 Control derivativo. En el control derivativo, el cambio de la salida que produce el controlador con referencia al valor de referencia es proporcional a la rapidez de cambio en el tiempo de la señal de error, esta acción no se usa en forma independiente.

3.25.6 Control proporcional derivativo. La acción de control viene definida por la ecuación, siendo K_c la ganancia proporcional y τ_d una constante denominada tiempo derivativo. Ambos parámetros son ajustables.

Figura 104. Control proporcional derivativo

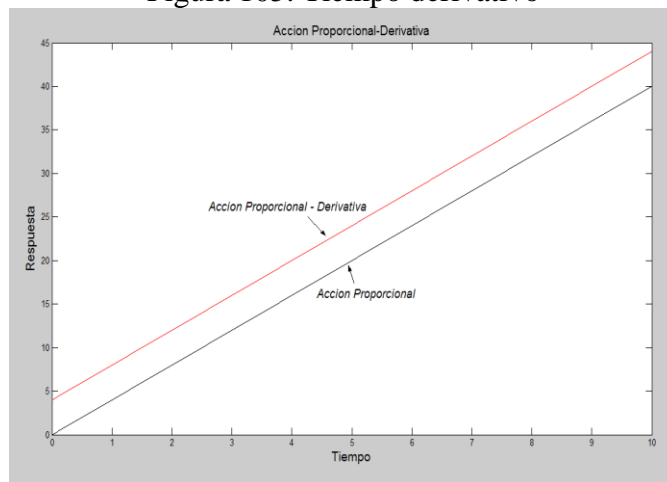


Fuente: <http://www.eis.uva.es/~eduzal/icontrol/acbascon.pdf>

3.25.7 Tiempo derivativo. El modo de control derivativo, se conoce también control de velocidad, ocurre donde la magnitud de salida del controlador es proporcional a la velocidad de cambio de la señal de error. El tiempo derivativo es el intervalo de tiempo durante el cual la acción de la velocidad avanza el efecto de la acción de control proporcional.

Si la señal de error es una función rampa unitaria, la salida de controlador se convierte en la figura (105). La acción de control derivativa tiene un carácter de previsión. Sin embargo es obvio que una acción de control derivativa no prevé una acción que nunca ha ocurrido.

Figura 105. Tiempo derivativo



Fuente: <http://www.eis.uva.es/~eduzal/icontrol/acbascon.pdf>

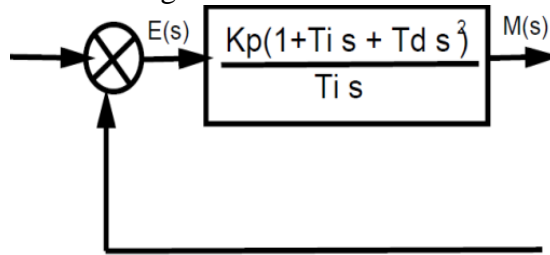
3.25.8 Control PID. Se denomina acción de control PID a la combinación de las acciones de control proporcional, integral y derivativo, esta acción tiene las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales.

La ecuación para un controlador con esta acción combinada se obtiene mediante la ecuación mostrada a continuación donde se puede observar que esta muestra la combinación de las acciones proporcional integral y derivativa:

$$M(t) = K_c e(t) + \frac{K_c}{\tau_i} \int_0^t e(t) dt + K_c \tau_d \frac{de(t)}{dt} \quad (13)$$

$$O, \frac{M(s)}{E(s)} = K_c \left(1 + \frac{1}{\tau_i s} + \tau_d s \right) \quad (14)$$

Figura 106. Control PID

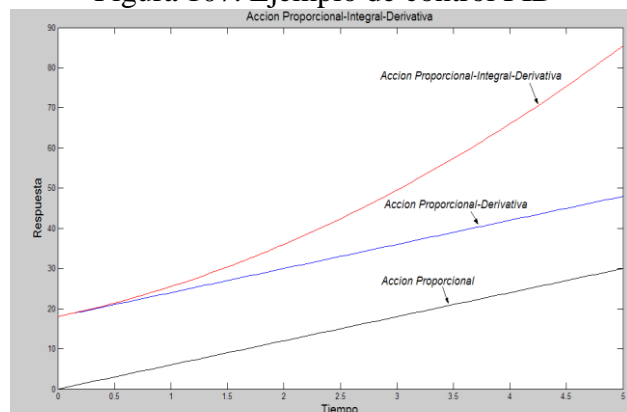


Fuente: <http://www.eis.uva.es/~eduzal/icontrol/acbascon.pdf>

En la siguiente figura se muestra la respuesta rampa unitaria que compara las acciones proporcionales, proporcionales-derivativas y proporcional-integral-derivativa, con los siguientes parámetros:

Ganancia =2, Tiempo integral=2, Tiempo derivativo=3, Pendiente de la rampa=2.

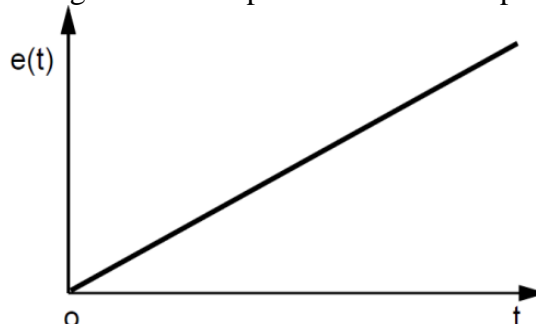
Figura 107. Ejemplo de control PID



Fuente: <http://www.eis.uva.es/~eduzal/icontrol/acbascon.pdf>

La señal de error es una función rampa unitaria, la salida del controlador PID es una combinación de amplificaciones, reajustes y anticipación, propios de las acciones proporcional, integral y derivativa.

Figura 108. Respuesta error vs tiempo



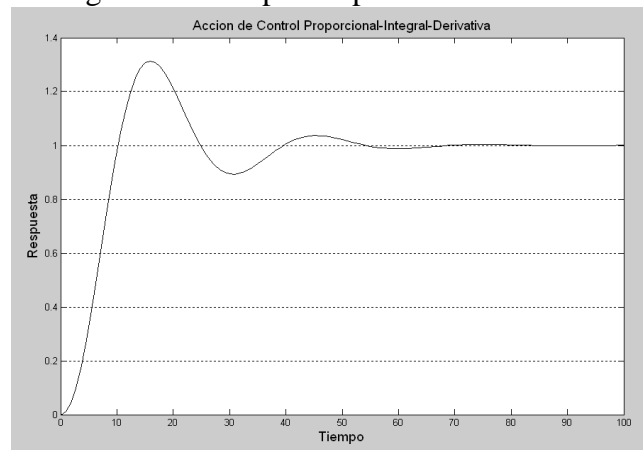
Fuente: <http://www.eis.uva.es/~eduzal/icontrol/acbascon.pdf>

Como se muestra en la figura la respuesta del control proporcional-integral-derivativo a una variación paso unitario en su variable de entrada para el proceso estudiado en los casos anteriores.

Se asigna un valor de 5.256 para la ganancia un tiempo integral de 0.424 y un tiempo derivativo de 0.0966. No hay error estable y la respuesta presenta una anticipación con respecto a una acción proporcional- integral, mostrada en una gráfica más amortiguada.

En el caso del control PID es típica la respuesta de salida en función del tiempo como se muestra en la figura 119, existen métodos para realizar la optimización de un controlador PID en el caso de un PLC S7 1200, se requiere una optimización de los parámetros PID.

Figura 109. Respuesta para un control PID



Fuente: <http://www.eis.uva.es/~eduzal/iconcontrol/accbascon.pdf>

3.26 Implementación del sistema de control

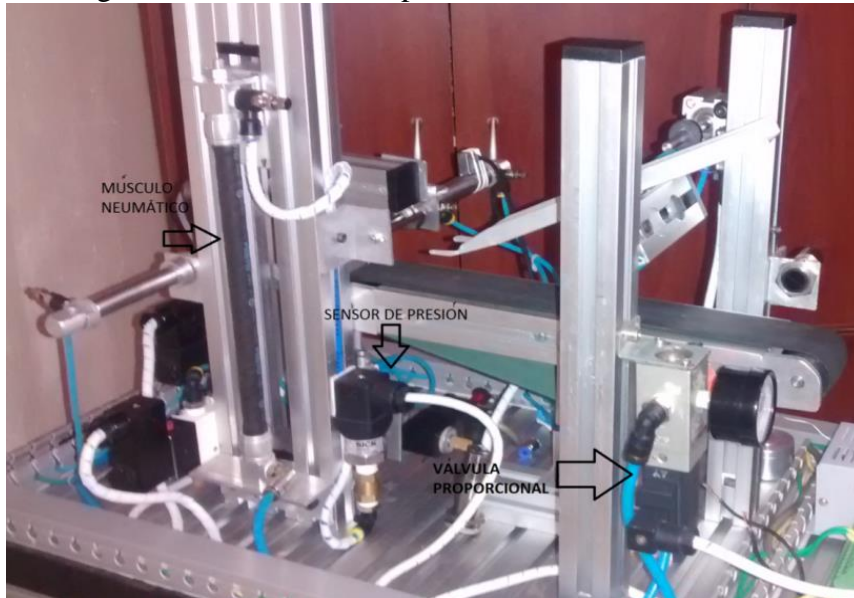
El sistema de control montado es un sistema de control de lazo cerrado el cual se calibrara con una acción de control PID, la cual viene integrada en el PLC S7 1200, el controlador permite controlar una válvula proporcional por medio de un señal analógica de voltaje.

Los elementos para el sistema de control son:

- Sensor de presión.
- Válvula proporcional.

- Músculo neumático.
- PLC S7 1200

Figura 110. Instrumentos para el control PID del módulo



Fuente: Autores

Las características de cada uno de los elementos del sistema de control se detallan de mejor manera en el manual contenido en los anexos.

Como una breve descripción se puede decir que se tiene:

Actuador: Válvula proporcional que trabaja en un rango de 0 a 6 bar y con una señal de voltaje de 0 a 5 V.

Sensor: Un sensor analógico cuya presión de trabajo es de 0 a 6 bar y una señal analógica de 4 a 20 mA.

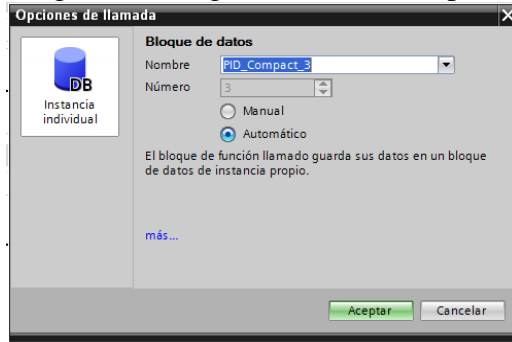
Controlador: El controlador viene integrado en el PLC S7 1200.

Proceso: En este caso el proceso viene a estar representado por el músculo neumático.

3.27 Configuración del controlador PID en el PLC S7-1200

1.- Agregamos un objeto tecnológico y seleccionamos un objeto tecnológico PID compact 1.2

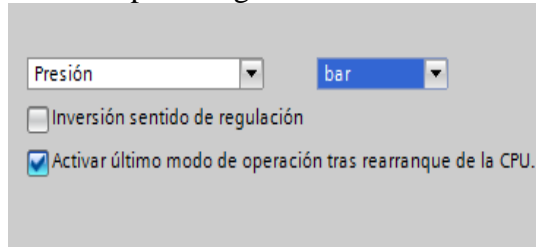
Figura 111. Ingreso del PID compact



Fuente: Autores

2.-Configuramos los parámetros del controlador PID, primero el tipo de regulación en este caso regulación de presión.

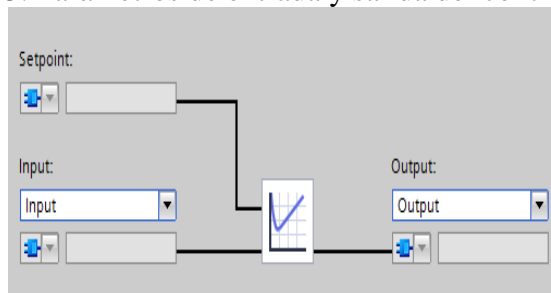
Figura 112. Tipo de regulación del controlador PID



Fuente: Autores

El tipo de variables que vamos a tener en la entrada y en la salida.

Figura 113. Parámetros de entrada y salida del controlador PID

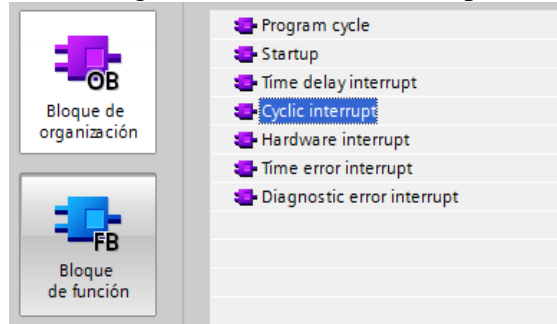


Fuente: Autores

Configuramos el escalado de la entrada analógica la cual se ingresa en el PLC como un dato de tipo entero y se destina a la posición IW64 desde donde se tomara el valor para dicha variable y que debe ser escalado al valor de presión que se tenga como límite en este caso 6 bar.

3.- Agregamos un bloque de organización del tipo interrupción cíclica.

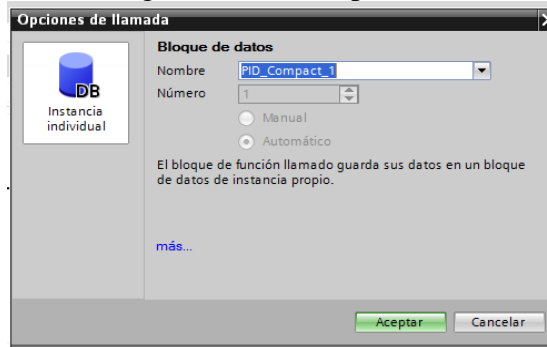
Figura 114. Ingreso de un OB de interrupción cíclica



Fuente: Autores

4.- En el bloque de interrupción cíclica agregamos un regulador PID compact seleccionando el data block con el cual trabajara el regulador.

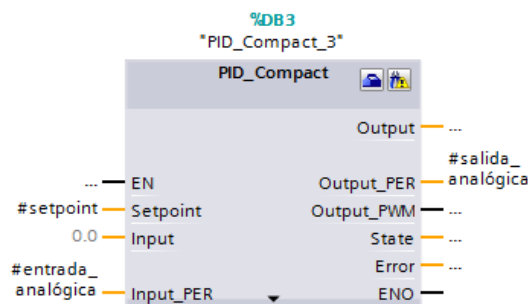
Figura 115. Configuración de DB para el controlador PID



Fuente: Autores

5.- En el regulador ubicamos las variables de entrada del sensor y de una memoria en la salida la cual utilizamos para convertir reducir el voltaje en la salida que en este caso es de 10 V debido a que la válvula proporcional trabaja con 5V.

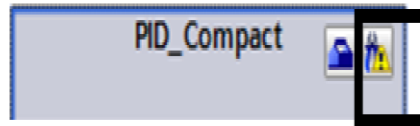
Figura 116. Configuración de la salida analógica del controlador PID



Fuente: Autores

6.- Puesta en servicio y optimización se realiza por medio de este botón el cual si no ha sido optimizado anteriormente luce con un signo de admiración.

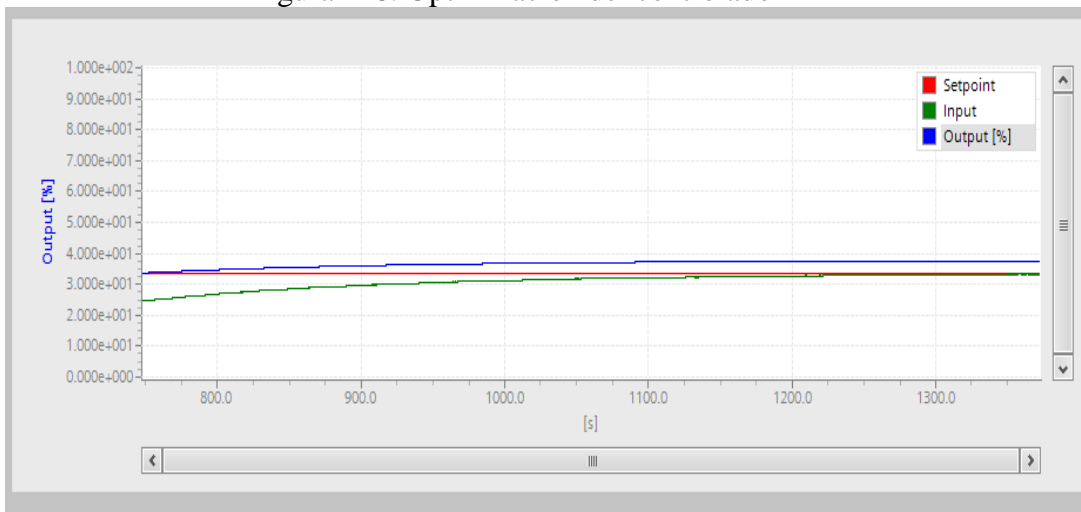
Figura 117. Puesta en servicio del controlador PID



Fuente: Autores

La puesta en servicio del controlador PID permite hallar los parámetros de regulación necesarios para el correcto funcionamiento de la planta este procedimiento permite encontrar los valores de los parámetros PID, cuando el sistema esta optimizado el signo de admiración de icono de puesta en marcha desaparece.

Figura 118. Optimización del controlador PID



Fuente: Autores

Una vez optimizado el sistema cargamos los parámetros PID a través del icono luego de esto cargamos el programa al PLC.

Figura 119. PID optimizado y con los parámetros cargados

A screenshot of a configuration window for a PID controller. At the top, there is a checkbox labeled "Activar entrada manual" which is checked. Below this, several parameters are listed with their corresponding values in input fields: "Ganancia proporcional: 5.25621", "Tiempo de integración: 4.244126E-1 s", "Tiempo derivativo: 9.66061E-2", "Coeficiente retardo derivativo: 0.1", "Ponderación de la acción P: 1.0", "Ponderación de la acción D: 0.0", and "Tiempo muestreo algoritmo PID: 9.999955E-2 s". At the bottom, there is a section titled "Regla para la optimización" with a dropdown menu labeled "Estructura del regulador:" set to "PID".

Fuente: Autores

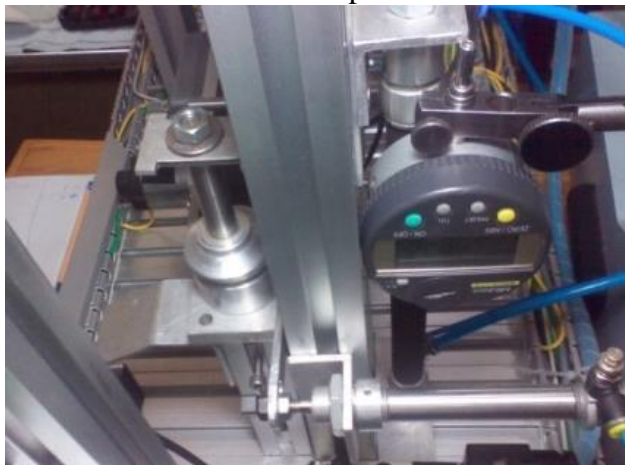
3.28 Calibración del módulo.

La calibración del sistema consiste en regular las velocidades de los cilindros y tomar medidas del desplazamiento del músculo neumático una vez que se ha terminado de montar todo el sistema.

3.28.1 *Calibración de los sistemas de ubicación y fijación.* La calibración de estos sistemas se realiza a través de las válvulas reguladoras ubicadas en los cilindros de los respectivos sistemas.

3.28.2 *Calibración del sistema de prensado.* De la ecuación obtenida se toma las presiones de para un prensado simple, la presión para un medio y de prensado completo para un prensado total

Figura 120. Medición de la deformación vs presión del sistema de prensado



Fuente: Autores

Para calibrar el sistema de prensado se toma los medición del desplazamiento vs presión en el sistema de prensado, a partir de estos valores se determina el prensado simple, el prensado medio y un prensado total.

Tabla 10. Medidas de desplazamiento vs presión

Presión [bar]	Desplazamiento sin probeta [mm]	Desplazamiento con probeta [mm]
1	1,1	1,1
2	4,5	4,5
3	10,5	10,5
4	18,5	19,0
5	26,5	19,0
6	31,5	19,0

Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

4. COMUNICACIÓN ENTRE PLC Y LA PANTALLA TÁCTIL

4.1 Interfaz hombre máquina HMI

HMI por sus siglas en inglés, es un sistema que permite la comunicación entre el operario y la planta industrial. El objetivo de la ingeniería de Interacción Hombre-Máquina, es generar un interfaz amigable con el usuario que sea fácil, eficiente, y divertido para el operario de equipos para producir óptimos resultados.

En la actualidad existen diversas aplicaciones para los paneles de operador para lo cual SIEMENS SIMATIC HMI ofrece una amplia gama de paneles de operador para un sinnúmero de aplicaciones. Una de las aplicaciones de un panel de operador es para supervisar y controlar un proceso industrial.

En cualquier tipo de panel de operador SIEMENS se puede obtener todos los beneficios de un panel de operador de la calidad SIMATIC HMI, para lo cual se puede seleccionar un panel de operador con las funcionalidades básicas, sin perder ventajas de visualización y un proceso de calidad mejorada.

Una interfaz HMI puede:

- Capturar y procesar datos de proceso de una maquina o planta industrial.
- Transmitir recetas de procesos al PLC
- Exportación e importación de datos de registros para su edición con otras herramientas.
- Facilitar la construcción de máquinas para aplicaciones sujetas a validación.
- Tener acceso global a través de Ethernet a sistemas SIMATIC HMI
- Monitoreo de datos de procesos en tiempo real.

Un interfaz HMI permitirá tener un mejor aprendizaje del sistema de control debido a que proporcionara la facilidad a los estudiantes de poder manipular el PID.

4.2 Pantallas Simatic HMI

Los paneles básicos Simatic HMI de la segunda generación, son soluciones de visualización económicas y de alta resolución. Gracias a todas las funcionalidades básicas que se incorporan en los SIMATIC HMI Basic Panels, el desempeño del proceso mejora considerablemente, y permiten muchas posibilidades para el manejo y visualización en el área de la automatización industrial.

Debido a que los paneles Simatic poseen una interfaz PROFIBUS o PROFINET permiten la perfecta interacción con el controlador compacto modular S7-1200.

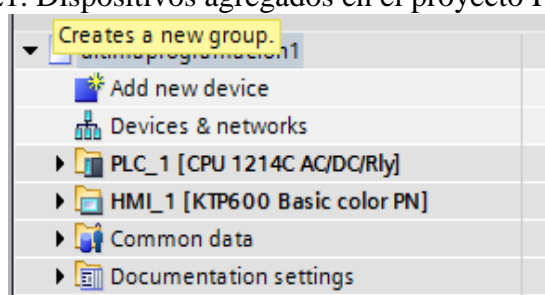
4.3 Comunicación vía ETHERNET

Para obtener una mejor visualización de un proceso controlado por un PLC se requiere la comunicación en línea de un panel de operador que le permita al usuario controlar, supervisar y adquirir datos de un proceso industrial.

Para que el PLC S7 1200 se comunique con el Panel de operador Siemens HMI KTP 600 Basic, se requiere agregar los dispositivos al proyecto en el software TIA Portal V13.-

Para este caso la comunicación se la realiza a través de una conexión punto a punto la cual se realiza por medio de un Switch el mismo que permite la comunicación entre el PLC el HMI y el computador en caso de que se requiera programar el equipo.

Figura 121. Dispositivos agregados en el proyecto HMI y PLC

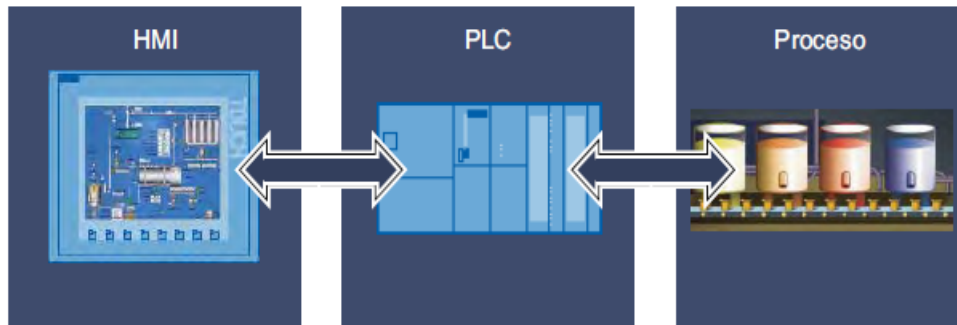


Fuente: Autores

En la vista de redes del software de programación se debe establecer la comunicación entre el PLC y el panel de operador.

Un sistema que cuenta con un HMI, permite la interacción entre el usuario y el proceso, el cual es controlado por un PLC, la ventaja del panel de operador es que se puede visualizar el proceso en tiempo real, y si se requiere se puede intervenir en dicho proceso.

Figura 122. Elementos para la interacción entre el usuario y el proceso

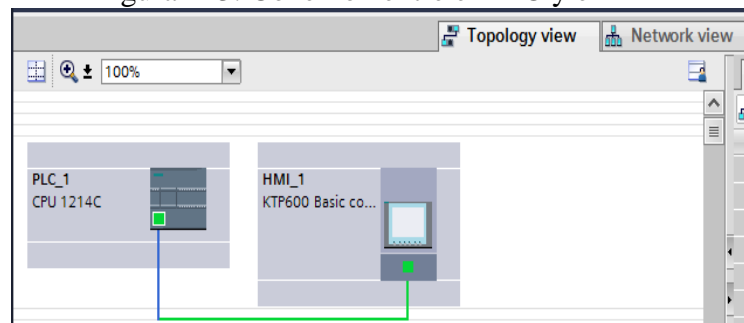


Fuente: Practica TIA Portal 1 pag 60.

Mediante la conexión de un HMI y una instalación industrial se puede; visualizar procesos, emitir avisos de alarma, y extraer de la planta reportes de datos.

Para crear el programa en el cual se indican los parámetros de funcionamiento del HMI en conexión con el PLC, se requiere programar la interfaz, añadiendo los objetos gráficos, como son textos, botones, diagramas que permitan representar las unidades de procesos.

Figura 123. Conexión entre el PLC y el HMI

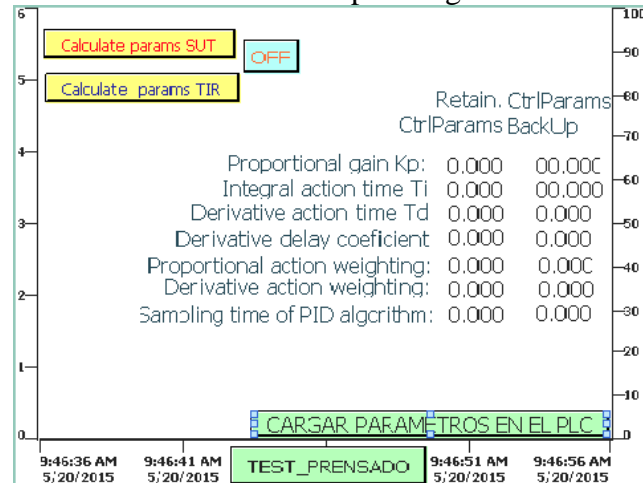


Fuente: Autores

Una vez programados el PLC y el panel de operador se requiere establecer una conexión virtual entre estos elementos para que interactúen al momento de ejecutarse el programa guardado en el PLC y por ende el proceso, para lo cual se muestra que el PLC y el HMI están conectados esto a través de una vista topológica de la red.

La principal ventaja del panel de operador en comunicación con un controlador lógico programable, es la visualización del proceso en línea, como por ejemplo se puede monitorear el comportamiento de las variables de entrada y salida del controlador PID Compacto.

Figura 124. Pantalla de visualización para la gráfica del controlador PID



Fuente: Autores

Además en caso de que exista una modificación al sistema físico controlado por el PLC, se puede realizar una nueva optimización de los parámetros del controlador PID desde el panel de operador, sin el requerimiento de modificar el programa base desde el ordenador.

El procedimiento usado para establecer la comunicación entre el PLC y el HMI es el siguiente;

- Agregar el PLC S7 1200 1214 AC/DC/RLY, al proyecto con la versión de firmware 3.0.
- Agregar el Panel KTP 600 Basic, con la versión de firmware 11.0.
- En la vista topológica se debe establecer una conexión mediante Ethernet.
- Una vez agregado el HMI se inicia con el proceso de programación del panel. Para que el usuario pueda usar la estación de manera rápida y eficiente.

En la primera pantalla del HMI se muestra los datos generales de la estación de fijación y prensado. La cual está programada para modificar los parámetros PID, para activar el proceso de prensado con distintos puntos de consigna.

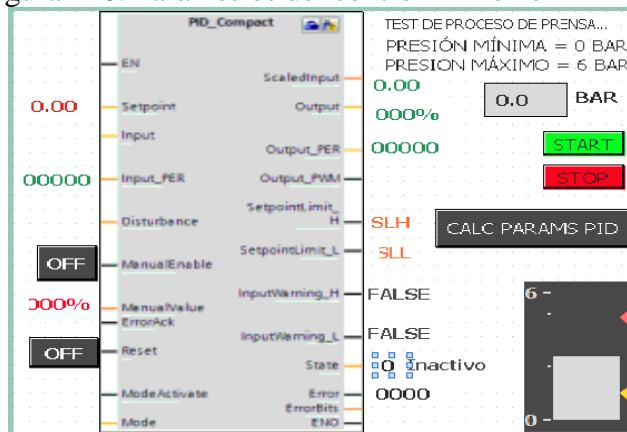
Figura 125. Interfaz de entrada



Fuente: Autores

Si se presiona el botón “IR A BLOQUE PID”, se sigue un vínculo hacia la siguiente imagen, en la cual se puede visualizar el valor de las variables de entradas y salidas analógicas.

Figura 126. Parámetros del control PID en el HMI



Fuente: Autores

En la salida del bloque

- Inactivo
- Optimización inicial
- Optimización fina
- Modo automático
- Modo manual

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS DE COSTOS ENTRE EQUIPOS DE LAS MISMAS CARACTERÍSTICAS

5.1 Costos de los equipos adquiridos

5.1.1 Costos starter kit. El starter kit es un conjunto de equipos que la empresa siemens oferta con el fin de incentivar a la iniciación en el ámbito de la programación de los PLC'S y HMI.

Tabla 11. Costos del starter kit

Precios de los equipos adquiridos	Precio + IVA (12%) (USD)
Paquete de entrenamiento S7 1200	500,97
SIMATIC S7 1200 COMPACT CPU AC/DC/RLY	
SIMATIC S7 STEP7 BASIC V13 SP2	
SIMATIC NET INDUSTRIAL ETHERNET TP XP	
SIMATIC S7 1200 SIMULATOR MODULE	
SIMATIC S7 1200 ANALOG OUTPUT SB 1232	
PAQUETE DE ENTRENAMIENTO SIMATIC BASIC PANEL	832,61
COMPACT SWITCH MODULE CSM 1277	
SIMATIC KTP600 BASIC COLOR PN 5.7"	
SIMATIC NET INDUSTRIAL ETHERNET TP XP	
FUENTE MINI LOGO POWER 24V/2.5A	83,4
Total	1416,98

Fuente: Autores

5.1.2 Costos de equipos individuales. Costo de cada uno de los equipo.

Tabla 12. Costos de equipos individuales

Precios de los equipos adquiridos	Precio sin IVA (USD)	Precio +IVA (12%) (USD)
SIMATIC S7 1200 COMPACT CPU AC/DC/RLY	695	778.4
SIMATIC S7 STEP7 BASIC V13 SP2	665	744.8
SIMATIC NET INDUSTRIAL ETHERNET TP XP	29	32.48
SIMATIC S7 1200 SIMULATOR MODULE	65	72.8
SIMATIC S7 1200 ANALOG OUTPUT SB 1232	157,2	176.064
COMPACT SWITCH MODULE CSM 1277	228	255.36
SIMATIC KTP600 BASIC COLOR PN 5.7"	915	1024.8
FUENTE MINI LOGO POWER 24V/2.5A	125,8	140.896
Total	2880	3225.6

Fuente: Autores

5.1.3 Costos de los equipos neumáticos y electro neumáticos adquiridos

Tabla 13. Precios de equipos Neumáticos y electroneumáticos

Cant.	Especificaciones	Valor Unitario con IVA (USD)	Valor total (USD)
1	Electroválvula 5/2 monoestable airtac	70,0	70,0
1	Electroválvula 3/2 monoestable airtac	60,0	60,0
1	Unidad de mantenimiento	50,0	50,0
1	Valvula proporcional SMC 0 - 6 bar	371,4	371,4
1	Cilindro compacto de doble efecto airtac (12x50 mm)	45,0	45,0
1	Cilindro simple efecto airtac (12x40 mm)	35,0	35,0
1	Cilindro doble efecto airtac (20x20 mm)	45,0	45,0
5	Racores de 1/8	1,8	9,0
3	Racores de 1/4	1,8	5,4
1	Músculo neumático DPMS 10200	225,0	225,0
4	Reguladores de flujo NPT 1/8	4,0	16,0
5	Manguera 1/4 (m)	60,0	300,0
3	Silenciadores hexagonal plano	1,8	5,4
1	Silenciador de plástico dinámico	2,5	2,5
TOTAL			1661,7

Fuente: Autores

5.1.4 Costos de sensores

Tabla 14. Costos de sensores

Cantidad	Especificaciones	Valor Unitario con IVA (USD)	Valor total (USD)
3	Sensores fotoeléctricos Pepperl Fuchs	63	189
2	Detectores de posición magnético festo	40	80
2	Detectores de posición magnético airtac	35	70
1	Sensor de presión 0-6 bar marca sick	225	225
Total			564

Fuente: Autores

5.2 Costos de otros equipos similares

5.2.1 Costos del PLC y del HMI

Tabla 15. Comparación de costos de otros PLC's y HMI's

PLC		
Marca y tipo /precio	Precio sin IVA (USD)	Precio + IVA (12%) USD
Siemens S7 1200	695	778.4
Schneider - Zelio Logic -20 ES	230	257.6
Allen bradley Micro830	450	504
Mitsubishi FX1N	900	1008
HMI		
	Precio sin IVA (USD)	Precio + IVA (12%) USD
SIMATIC BASIC KTP600 PN BASIC	915	1024.8
NQ5 SERIES COLOUR STN5.7	700	784
Toshiba ULTRABOOK	900	1008
HMI Onrom Panelview monitor	780	873.6

Fuente: Autores

Al realizar la comparación los costos de equipos similares podemos notar que la marca Siemens tiene un costo más elevado.

Pero para la selección no es únicamente el costo el que determina elegir los equipos sino otros aspectos como.

- Las condiciones de instalación.
- El proceso a automatizar.
- La facilidad del lenguaje de programación
- La compatibilidad entre equipos.
- La capacidad de ampliación
- La cantidad de entradas y salidas requeridas, capacidad de comunicación y los diversos módulos incluidos para la comunicación con otros dispositivos, la facilidad del mantenimiento de los equipos.

5.2.2 Costos de los componentes neumáticos y electroneumáticos. La siguiente tabla ofrece una comparación entre los costos de ciertos componentes neumáticos estos precios pueden variar dependiendo el proveedor y la fecha en la que se adquieran los componentes, así como también de las características de cada uno los componentes seleccionados.

Tabla 16. Comparación de costos de equipos neumáticos y electroneumáticos

Denominación	Airtac	Asco	SMC CQ2BS40-25DC
Cilindro compacto doble efecto	45	30	89,58
Denominación	Asco	AIRTAC	SMC CM2KB20-50T
Cilindro de simple efecto 20x50	30	35	70,6
Denominación	Airtac 50x12	Asco 50x12	SMC CDM2XB20TN
Cilindro de doble efecto 20x50	45	36,95	95,62
Denominación	VY 1100	Festo	
Valvula proporcional	371,4	1117,16	
Denominación	V5211-M5	MFH-5-1/8 y accesorios	SMC VFS2120-5DZ-02
Valvula 5/2 monoestable	45	181,4	100
Denominación	Airtac3/2	SMC VZ512-5DZB-01	SMC CDM2XB20TN
Valvula 3/2 monoestable	60	80	65,7
Denominación	Festo		
Músculo neumático	200,9		

Fuente: Autores

5.2.3 Costos de los sensores

Tabla 17. Costos de comparación de sensores

Marca	Pepperl Fuchs	Omron
Sensores fotoeléctricos	63	70
Marca	FESTO	AIRTAC
Detectores de posición magnético	40	35
Marca	SMC	FESTO
Válvula proporcional	380	1200
Marca	Sick	RS 461
Sensor de presión	225	340

Fuente: Autores

5.3 Análisis de costos.

5.3.1 Costos directos. Costos de equipos. Los costos directos abarcan los equipos comprados así como los materiales para la construcción y el cableado de la estructura:

Costos de materiales para la construcción de la estructura:

Tabla 18. Costos de materiales para la construcción de la estructura para el módulo

Cantidad	Especificaciones	Valor Unitario con IVA (USD)	Valor total (USD)
12	Perfil modular (m)	3,50	42,00
1	Perfil angular (m)	3,00	3,00
1	Platina aluminio e 5mm	4,00	4,00
18	Pernos 1/8	0,15	2,7,00
4	Pernos 1/4	0,20	0,80
1	Saca rosca 1/8	5,50	5,50
100	Tapas para perfil modular	0,35	35,00
Costo total de materiales para el módulo			93,00

Fuente: Autores

Costos para el cableado de la estructura y el tablero de control

Tabla 19. Costos de materiales para el cableado de la estructura

Cantidad	Especificaciones	Valor Unitario con IVA (USD)	Valor total (USD)
2	Canaletas 25x25x2000	2,00	4,00
1	Cinta doble faz	5,00	5,00
1	led indicador color verde 24V	2,00	2,00
1	led indicador color rojo 24V	2,00	2,00
1	Relay 24V-2A	5,00	5,00
8	Conectores RJ45	4,00	32,00
100	Resistencias	0,12	12,00
2	Plaquetas pertinax	0,60	1,20
2	Cloruro férrico	0,50	1,00
8	Conector DB25	2,20	17,60
5	Cable serial de 25 hilos	5,50	27,50

Continuación Tabla 19.

1	Perfil DIN normalizado	3,50	3,50
2	Manijas	2,40	4,80
2	Pulsadores 24V	2,00	4,00
1	Paro de emergencia	6,00	6,00
10	Cable flexible #12 color verde (m)	0,40	4,00
10	Cable flexible #12 color verde (m)	0,40	4,00
3	Cable flexible #12 color verde (m)	0,40	1,20
100	Terminales tipo pin	0,30	30,00
Costos total de materiales para el cableado			166,80

Fuente: Autores

Resumen de costos directos

Tabla 20. Resumen de costos directos

Denominación	Valor (USD)
Costos PLC, HMI y sus accesorios	1416,98
Costos de los elementos para el cableado	166,80
Costos de equipos neumáticos y electroneumáticos	1661,70
Sensores	564,00
Costos de materiales para la construcción de la estructura	93,00
TOTAL	3902,48

Fuente: Autores

5.3.2 Costos de máquina-herramientas

Tabla 21. Costos de máquinas herramientas

Máquinas y herramientas	Horas-Equipos [h]	Costo/Hora	Valor total
Taladro de pedestal	5	10	50
Taladro de mano	3	5	15
Torno	2	15	30
TOTAL			95

Fuente: Autores

5.3.3 *Costos de mano obra.* Los costos de la mano de obra se tiene un precio de cero debido a que el trabajo fue realizado por los autores.

Tabla 22. Costo de mano de obra

Denominación	Valor(USD)
Costos de mano de obra	0

Fuente: Autores

El precio no repercutirá de manera significativa ya que parte del costo de la mano de obra ya se toman en cuenta en otros costos como capacitación y criterios de ingeniería.

5.3.4 Costos de transporte

Tabla 23. Costo de transporte

Denominación	Valor(USD)
Movilización de materiales	25,00
Costo total de transporte	25,00

Fuente: Autores

5.3.5 Costos indirectos

Tabla 24. Costos indirectos

Denominación	Valor (USD)
Capacitación	10,00
Criterio de ingeniería	200,00
costos total de ingeniería	210,00

Fuente: Autores

5.4 Resultados del análisis de los costos

Tabla 25. Resumen de análisis de costos

Denominación	Valor (USD)
Costos directos	3902,48
Costo de mano de obra	0,00
Máquinas y herramientas	95,00
Costo por transporte	25,00
Costos indirectos	210,00
	4232,48

Fuente: Autores

CAPÍTULO VI

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

6.1 Manual de funcionamiento de los equipos

Este manual se realiza con la finalidad de que los estudiantes puedan tener un soporte de consulta acerca del funcionamiento de los equipos y ciertas partes de la fijación y prensado.

El manual se lo realiza por medio de fichas las mismas que se adjuntan en el Anexo A.

6.2 Manual de operación y funcionamiento de los equipos.

La implementación del plan de mantenimiento dentro del equipo permite un buen funcionamiento y evita daños de los equipos. Para llevar a cabo estos propósitos se deben tener en cuenta los siguientes parámetros generales:

Condiciones ambientales: Se debe analizar el ambiente en el que se encuentra el equipo, ya sea en funcionamiento o en almacenamiento. Para esto es conveniente evaluar temperatura, humedad, presencia de polvo, exposición a vibraciones mecánicas y seguridad de la instalación.

Inspección externa e interna del equipo o máquina: Realizar un reconocimiento del equipo, partes o accesorios que se encuentran a la vista, sin necesidad de quitar partes, tapas, etc. Esto a fin de tomar un mantenimiento preventivo o correctivo.

Reemplazo de partes defectuosas: Todos los elementos del equipo están sometidos a desgaste debido a esto es conveniente realizar un reemplazo de las partes defectuosas, de modo que prevengan el desgaste en otras partes o sistemas.

Revisión de seguridad eléctrica: La realización de esta prueba, dependerá del grado de protección que se espera del equipo.

Calibración: Para esto deberá tomarse en cuenta lo observado anteriormente en la inspección externa e interna del equipo, realizar mediciones de los parámetros más importantes, de modo que éste sea acorde a normas técnicas establecidas, especificaciones del fabricante o cualquier otra referencia.

Antes de ejecutar las tareas de mantenimiento se debe constatar la existencia de los materiales, las herramientas necesarias para la ejecución de cada una de las tareas.

Limpiador de contactos: Existen en varias presentaciones en especial aerosol, que permite limpiar y remover, efectivamente aceites, grasas ligeras, siliconas, polvo y otras partículas contaminantes desde equipos eléctricos y electrónicos, incluyendo conectores, tarjetas de circuitos impresos, dispositivos electromecánicos, balanzas, relés e interruptores protectores de circuitos, no manchan, tienen bajo olor, no deja residuos, no son corrosivo y muchos de ellos no son conductivos (se puede utilizar en equipos energizados), de secado rápido, compatible con la mayoría de los plásticos a excepción de acrílicos, policarbonatos y resinas ABS.

Pulimento de metales: En forma de pasta ayuda a la limpieza y mantenimiento de metales ya que su fórmula con agentes activos que actúan química y mecánicamente en las piezas a tratar ofrecen excelentes resultados de limpieza y de protección de piezas metálicas en una sola operación, con su mezcla de base acuosa con hidrogenocarbonatos y agentes de pulimento (óxido de aluminio). No es tóxico ni inflamable. Puede ser aplicado manualmente o con un sistema de limpieza y pulido. Elevada resistencia térmica. No perjudica la piel del usuario, aunque conviene lavarse después de su utilización.

Taípe: Es un tipo de cinta adhesiva que se utiliza para unir objetos de manera temporal, o en algunas ocasiones permanentemente, sirve también para aislar los cables eléctricos para evitar que se produzcan corto circuitos. Con respecto a las herramientas las más básicas son:

Brocha: Es una escobilla que recoge reteniendo entre sus fibras un determinado material para luego distribuirlo uniformemente sobre una superficie, recomendamos algunos tamaños ya que será usado para limpieza o pintura.

Cepillo de Limpieza: Se trata de un utensilio consistente en un mango y una base, sobre la cual se fijan filamentos flexibles llamados cerdas, en este caso es se utilizara un cepillos de cerdas medias.

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

El dimensionamiento por medio de un Software CAD, Permitió una determinación rápida de los materiales necesarios para la construcción de la estación así como también dar una visualización virtual de cómo va a funcionar el equipo antes de su construcción.

El módulo de control construido permitirá tener un sistema de control transportable y que podrá conectarse a cualquier otra estación por medio de las tarjetas de interfaz compatibles.

La programación por medio del software STEP 7 permitió una correcta integración entre el PLC y el HMI, además de dotar de un conjunto de herramientas tecnológicas muy versátiles a la hora de implementar estos equipos.

Las pruebas realizadas en el controlador PID han permitido determinar que la velocidad con la que se alcanza el punto de consigna depende del tiempo integral, ya que si se eleva la ganancia proporcional en forma considerable el sistema comienza a producir oscilaciones alrededor del punto de consigna.

La programación del panel del operador, ha permitido dar un correcto seguimiento y reparametrización del proceso de prensado.

7.2 Recomendaciones

Usar la debida protección tanto para los equipos electrónicos así como para las personas que operan los equipos, ya que en la estación existe riesgo eléctrico, riesgo de explosión ya que los elementos neumáticos trabajan con presión neumática y antes de realizar la conexión con la fuente de alimentación se debe revisar que ninguna manguera se encuentre suelta, en ese caso la presión neumática puede provocar accidentes.

Usar la debida protección tanto para los equipos electrónicos así como para las personas que operan los equipos, ya que en la estación existe riesgo eléctrico, riesgo de explosión ya que los elementos neumáticos trabajan con presión neumática y antes de realizar la conexión con la fuente de alimentación se debe revisar que ninguna manguera se encuentre suelta, en ese caso la presión neumática puede provocar accidentes.

Incrementar la capacidad de procesamiento de la estación de fijación y prensado con un cilindro compacto, y una electroválvula, para que se puedan dispensar más de una probeta, en la cual se pueden realizar más secuencias, o secuencias infinitas. En cuanto a entradas y salidas no se requiere realizar una expansión porque el PLC S7 1200 1214 AC/DC/RLY, aún tiene capacidad de entradas y salidas.

Ubicar el módulo y los cables Ethernet en lugares en los cuales no exista la interferencia de radio y televisión, principalmente con los y actuadores analógicos ya que estos al trabajar un voltaje bajo, reciben interferencias de las fuentes antes mencionadas.

Realizar un correcto montaje de los equipos, tal como se muestra en el manual de montaje. Para que los equipos alcancen la protección IP especificado en su respectivo en el manual de usuario.

Efectuar una prueba con personal calificado para detectar fallas de fábrica, al momento de realizar la adquisición de los equipos electrónicos se debe realizar una en caso de existir las se puede solicitar la correspondiente garantía de los equipos.

BIBLIOGRAFÍA

ALEGSA. 2015. Sistema. [En línea] [Citado el: 21 de 1 de 2015.]
<http://www.alegsa.com.ar/Dic/sistema.php>.

ALIBABA. 2015. 24V dc electric gear motor supplier. [En línea] [Citado el: 3 de 2 de 2015.] <http://spanish.alibaba.com/product-gs/ds-95ss555-95mm-12v-24v-dc-electric-gear-motor-supplier-1936283822.html>.

APRENDERPLC. 2011. Blogspot. [En línea] 2011. [Citado el: 22 de 1 de 2015.]
<http://aprendeplc.blogspot.com/2011/03/partes-de-un-plc.html>.

AUTOMATICA. 2014. Automatizacion y Robotica Educativa. [En línea] 2014.
[Citado el: 21 de 11 de 2014.]
<http://automatica.mex.tl/frameset.php?url=/imagesnew/5/0/1/4/2/Presentaci%C3%B3n%20P.L.C...pdf>.

BANDASCORTES. 2015. Familias. [En línea] [Citado el: 15 de 1 de 2015.]
<http://www.bandascortes.com/familias.php?codF=5&codP=8>.

BAYLEY, David. 2003. *Practical Scada for Industrial*. Amsterdam : ELSEVIER, 2003.
0750658053.

EBEL.F. 2008. Fundamentos de la tecnica de automatizacion. [En línea] [Citado el: 25 de 3 de 2015.] http://lehrerfortbildung-bw.de/faecher/nwt/fb/atechnik/grundlagen/es/kapitel/563062_Fundamentos_de_la_tecnica_de_automatizacion.pdf.

FESTO. 2015. Estacion de Prensa con Musculo Neumatico: Gran fuerza. [En línea] 2015. [Citado el: 25 de 4 de 2015.] <http://www.festo-didactic.com/es-es/productos/mps-sistema-de-produccion-modular/estaciones/estacion-de-prensa-con-musculo-neumatico-gran-fuerza.htm?fbid=ZXMuZXMuNTQ3LjE0LjE4LjYwNi40MzYy>.

FU-UNLP. 2015 ApuntePLC. [En línea] [Citado el: 10 de 4 de 2015.]
<http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/ApuntePLC.pdf>.

INDUSTRIASSANFOR. 2015 Catalog airtac. [En línea] [Citado el: 10 de 2 de 2015.] <http://industriassanfor.com/pdf/catalogo-airtac.pdf>.

INFOAGRO. 2015 Control Riego y Fertilizacion. [En línea] [Citado el: 15 de 3 de 2015.] http://www.infoagro.com/riegos/control_riego_y_fertilizacion.htm.

LEAL, Gerardo. 2014. Fundamentos de ingenieria de control. [En línea] [Citado el: 20 de 11 de 2014.] <http://es.slideshare.net/gerardoalbertoleal/unidad-1-fundamentos-de-ingeniera-de-control>.

LINDIS. 2009. Bandas Transportadoras Termoestables. [En línea] [Citado el: 10 de 1 de 2015.] <http://www.lindis.com/pdf/Bandas-Transportadoras-Termosoldables-ESP.pdf>.

MUSCULO. 2015Musculo nuematico DMPS/MAS. *Musculo nuematico DMPS/MAS*. [En línea] [Citado el: 25 de 1 de 2015.] https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ES/PDF/ES/DMSP-MAS_ES.PDF.

OGATA, Katsuhiko. 2000. *Ingenieria de control moderna*. s.l. : Prentice Hall Inc., 2000. 0-13-227307-1.

SANTIAGO ALL BIZ.2015. Banda Transportadora. [En línea] [Citado el: 1 de 12 de 2014.] <http://santiago.all.biz/banda-transportadora-g23589#.VT0JvyFVikp>.

SCMPNEUMATICS. 2014 VY. [En línea] [Citado el: 2 de 11 de 2014.] <http://www.smc Pneumatics.com/pdfs/VY.pdf>.