



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**“IMPLEMENTACIÓN DEL PLC SIMATIC S7-1200,  
PANTALLA TÁCTIL Y COMUNICACIÓN ETHERNET CON  
EL MÓDULO DE TRANSPORTE HORIZONTAL DEL  
LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN  
AUTOMÁTICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE  
MANTENIMIENTO DE LA ESPOCH.”**

**AMBI MIRANDA ÁNGEL RENÉ  
TANQUEÑO MORETA CARLOS EFRAÍN**

## **TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

# **INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

2014

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013-09-26

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**ÁNGEL RENÉ AMBI MIRANDA**

---

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DEL PLC SIMATIC S7-1200, PANTALLA TÁCTIL Y COMUNICACIÓN ETHERNET CON EL MÓDULO DE TRANSPORTE HORIZONTAL DEL LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO DE LA ESPOCH”**

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

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

Ing. Marco H. Santillán G.

---

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Marco H. Santillán G.  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Pablo E. Montalvo  
ASESOR DE TESIS

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013-09-26

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**CARLOS EFRAÍN TANQUEÑO MORETA**

---

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DEL PLC SIMATIC S7-1200, PANTALLA TÁCTIL Y COMUNICACIÓN ETHERNET CON EL MÓDULO DE TRANSPORTE HORIZONTAL DEL LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO DE LA ESPOCH”**

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

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

Ing. Marco H. Santillán G.

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

---

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Marco H. Santillán G.  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Pablo E. Montalvo  
ASESOR DE TESIS

---

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** ÁNGEL RENÉ AMBI MIRANDA

**TÍTULO DE LA TESIS:** “IMPLEMENTACIÓN DEL PLC SIMATIC S7-1200, PANTALLA TÁCTIL Y COMUNICACIÓN ETHERNET CON EL MÓDULO DE TRANSPORTE HORIZONTAL DEL LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO DE LA ESPOCH”

**Fecha de Examinación:** 2014-07-25

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Fernando González Puente (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Marco H. Santillán G. (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Pablo E. Montalvo (ASESOR)			

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

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

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

---

Ing. Fernando González Puente  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** CARLOS EFRAÍN TANQUEÑO MORETA

**TÍTULO DE LA TESIS:** “IMPLEMENTACIÓN DEL PLC SIMATIC S7-1200, PANTALLA TÁCTIL Y COMUNICACIÓN ETHERNET CON EL MÓDULO DE TRANSPORTE HORIZONTAL DEL LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO DE LA ESPOCH”

**Fecha de Examinación:** 2014-07-25

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Fernando González Puente (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Marco H. Santillán G. (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Pablo E. Montalvo (ASESOR)			

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

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

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

---

Ing. Fernando González Puente  
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.

---

f) Ángel René Ambi Miranda

---

f) Carlos Efraín Tanqueño Moreta

## **DEDICATORIA**

A mis padres Ángel Eliceo Ambi E. y Cruz Mélida Miranda C. con todo mi cariño y mi amor ya que son las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi gratitud.

A mis hermanos por ser mis verdaderos amigos quienes me conocen como soy, me acompañan en mis triunfos y derrotas, celebran mis alegrías, comparten mi dolor y sobre todo por conocer juntos el sentimiento de amor y amistad.

**Ángel Ambi Miranda**

Dedico este logro primero a Dios por darme la vida y por todas sus bendiciones, a mis padres Juan Carlos Tanqueño y Narcisa Moreta, quienes han sabido guiar mi vida y acompañarme en todo momento con amor, confianza, esfuerzo incansable y apoyo incondicional, a mi querido hermano Jorge Luis a quién admiro mucho y lo veo como un ejemplo a seguir; a mi pequeño sobrino Matías Andrés por toda la alegría que ha traído a mi hogar.

**Carlos Tanqueño Moreta**

## **AGRADECIMIENTO**

Será primero a Dios a quien demos las gracias por darnos su bendición, fortaleza y la salud para culminar esta etapa de nuestras vidas.

Expresamos nuestro agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Mecánica y en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento por acogernos en sus aulas, a sus autoridades y maestros quienes a través de sus conocimientos y enseñanzas han sembrado en nosotros una actitud de responsabilidad, compromiso y perseverancia para enfrentar los retos del futuro.

Un especial agradecimiento al Ing. Marco Santillán director de tesis quien compartiendo sus conocimientos ha sabido guiarnos eficientemente en la elaboración de este trabajo, de igual manera al Ing. Pablo Montalvo asesor de tesis por su oportuna y constante contribución en la elaboración de esta tesis, a nuestros compañeros y amigos por los valiosos momentos compartidos.

**Ángel Ambi Miranda**

**Carlos Tanqueño Moreta**

# CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	2
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Automatización industrial.....	4
2.1.1 <i>Principales ventajas de aplicar automatización a un proceso</i> .....	4
2.1.2 <i>Herramientas de automatización</i> .....	5
2.1.3 <i>Niveles de automatización</i> .....	5
2.1.3.1 <i>Nivel (0) de Proceso</i> .....	6
2.1.3.2 <i>Nivel (1) de estación/máquina</i> .....	6
2.1.3.3 <i>Nivel (2) de célula</i> .....	6
2.1.3.4 <i>Nivel (3) de sección/área</i> .....	6
2.1.3.5 <i>Nivel (4) de factoría</i> .....	7
2.1.4 <i>Clases de automatización</i> .....	7
2.1.4.1 <i>Automatización neumática</i> .....	7
2.1.4.2 <i>Automatización hidráulica</i> .....	8
2.1.4.3 <i>Automatización mecánica</i> .....	8
2.1.4.4 <i>Automatización electrónica</i> .....	8
2.1.5 <i>Tipos de automatización</i> .....	9
2.1.5.1 <i>La automatización fija</i> .....	9
2.1.5.2 <i>La automatización programable</i> .....	10
2.1.5.3 <i>La automatización flexible</i> .....	10
2.2 Control lógico programable (PLC).....	10
2.2.1 <i>Funcionamiento de un PLC</i> .....	10
2.2.2 <i>Funcionamiento de la CPU</i> .....	11
2.2.3 <i>Estructura de un PLC</i> .....	11
2.2.4 <i>Campos de aplicación</i> .....	12
2.3 PLC SIMATIC S7-1200.....	12
2.3.1 <i>Memoria</i> .....	13
2.3.2 <i>Diseño escalable y flexible</i> .....	13
2.3.3 <i>Comunicación</i> .....	13
2.3.4 <i>Interfaz PROFINET / Industrial Ethernet integrada</i> .....	14
2.3.5 <i>Ejecución del programa de usuario</i> .....	14
2.4 Paneles HMI Basic.....	15
2.5 Panel KTP600 PN Basic.....	15
2.5.1 <i>Manejo de paneles táctiles</i> .....	16
2.5.2 <i>Funciones generales del teclado de pantalla</i> .....	17
2.5.3 <i>Introducir datos en el panel KTP600 PN Basic</i> .....	17
2.5.3.1 <i>Teclado de pantalla alfanumérico</i> .....	17
2.6 Software de programación TIA Portal.....	18
2.7 Lenguajes de programación de los PLC's.....	19
2.7.1 <i>Tipos de lenguajes de programación de PLC's</i> .....	20
2.7.1.1 <i>Ladder</i> .....	20
2.7.1.2 <i>GRAFSET</i> .....	22
2.8 Neumática.....	26
2.8.1 <i>Aplicaciones de la Neumática</i> .....	26
2.8.2 <i>Sistemas Neumáticos</i> .....	26

2.8.3	<i>Ventajas y desventajas de la Neumática</i> .....	27
2.8.3.1	<i>Ventajas de la Neumática</i> .....	27
2.8.3.2	<i>Desventajas de la neumática</i> .....	28
2.8.4	<i>Actuadores neumáticos</i> .....	28
2.8.4.1	<i>Cilindros neumáticos</i> .....	28
2.8.4.2	<i>Motores neumáticos</i> .....	30
2.8.4.3	<i>Actuadores de giro</i> .....	32
2.8.5	<i>Válvulas direccionales</i> .....	33
2.9	<i>Sensores</i> .....	34
2.9.1	<i>Tipos de sensores</i> .....	34
2.9.1.2	<i>Sensores de proximidad</i> .....	35

### **3. IMPLEMENTACIÓN DEL PLC S7-1200 Y LA PANTALLA TÁCTIL EN EL MÓDULO DE TRANSPORTE**

3.1	<i>Descripción del módulo de transporte</i> .....	37
3.1.1	<i>Descripción del funcionamiento del módulo de transporte</i> .....	38
3.1.2	<i>Dimensiones del módulo de transporte</i> .....	40
3.1.3	<i>Partes constitutivas del módulo de transporte</i> .....	40
3.1.3.1	<i>Cilindro de doble efecto</i> .....	40
3.1.3.2	<i>Electroválvulas 5/2</i> .....	41
3.1.3.3	<i>Electroválvula 3/2</i> .....	41
3.1.3.4	<i>Generador de vacío</i> .....	41
3.1.3.5	<i>Presostato</i> .....	42
3.1.3.6	<i>Ventosa</i> .....	42
3.1.3.7	<i>Actuador rotatorio</i> .....	43
3.1.3.8	<i>Sensores ópticos</i> .....	43
3.1.3.9	<i>Sensores magnéticos</i> .....	43
3.1.3.10	<i>Tablero de control</i> .....	44
3.2	<i>Revisión del módulo de transporte</i> .....	44
3.2.1	<i>Estado inicial del módulo de transporte</i> .....	45
3.2.1.1	<i>Determinación del estado técnico</i> .....	45
3.2.2	<i>Tareas de mantenimiento realizadas al módulo de transporte</i> .....	47
3.3	<i>Implementación del módulo de automatización</i> .....	48
3.3.1	<i>Diseño del módulo de automatización</i> .....	48
3.3.2	<i>Características módulo de automatización</i> .....	48
3.3.3	<i>Dimensionamiento de la estructura del módulo de automatización</i> .....	49
3.3.4	<i>Distribución de componentes en el módulo de automatización</i> .....	50
3.3.5	<i>Construcción del módulo de automatización</i> .....	50
3.4	<i>Selección de equipos para el módulo de automatización</i> .....	50
3.4.1	<i>Elementos adicionales del módulo de automatización</i> .....	51
3.5	<i>Ubicación de equipos en el módulo de automatización</i> .....	52
3.5.1	<i>Ubicación del control lógico programable (PLC)</i> .....	52
3.5.2	<i>Ubicación del módulo compact switch</i> .....	53
3.5.3	<i>Ubicación de la fuente de poder</i> .....	53
3.5.4	<i>Ubicación de la pantalla táctil</i> .....	53
3.5.5	<i>Ubicación de elementos de control y protección</i> .....	54
3.6	<i>Montaje de equipos en el módulo de automatización</i> .....	55
3.6.1	<i>Montaje del control lógico programable (PLC)</i> .....	55
3.6.1.1	<i>Montaje del PLC S7-1200 sobre un perfil DIN</i> .....	55
3.6.1.2	<i>Desmontaje del PLC S7-1200 de un perfil DIN</i> .....	56
3.6.2	<i>Montaje del módulo compact switch</i> .....	57
3.6.2.1	<i>Montaje del módulo compact switch sobre un perfil DIN</i> .....	57
3.6.2.2	<i>Desmontaje del módulo compact switch de un perfil DIN</i> .....	58
3.6.3	<i>Montaje de la fuente de poder</i> .....	59
3.6.3.1	<i>Montaje de la fuente de poder sobre un perfil DIN</i> .....	59

3.6.3.2	<i>Desmontaje de la Fuente de poder de un perfil DIN</i> .....	59
3.6.4	<i>Montaje de la pantalla táctil</i> .....	60
3.6.4.1	<i>Determinación de la posición de montaje</i> .....	60
3.6.4.2	<i>Herramientas y accesorios necesarios</i> .....	61
3.6.4.3	<i>Fijación del panel operador</i> .....	62
3.7	<i>Conexiones entre equipos y elementos</i> .....	63
3.7.1	<i>Conexión de la fuente de poder</i> .....	63
3.7.1.1	<i>Conexión del lado de red de la fuente de poder</i> .....	64
3.7.1.2	<i>Conexión del lado de salida de la fuente de poder</i> .....	64
3.7.2	<i>Conexión del control lógico programable (PLC)</i> .....	65
3.7.2.1	<i>Consideraciones de cableado del control lógico programable (PLC)</i> .....	65
3.7.2.2	<i>Conexión de la red de alimentación al PLC</i> .....	67
3.7.2.3	<i>Conexión de entradas y salidas del control lógico programable (PLC)</i> .....	67
3.7.2.4	<i>Conexión del módulo de automatización con el módulo de transporte</i> .....	68
3.7.3	<i>Conexión del módulo compact switch</i> .....	68
3.7.3.1	<i>Conexión de alimentación del módulo compact switch</i> .....	68
3.7.3.2	<i>Conexión del compact switch al PLC y pantalla táctil</i> .....	69
3.7.4	<i>Conexión de la pantalla táctil</i> .....	70
3.7.4.1	<i>Conexión de la pantalla táctil a la fuente de alimentación</i> .....	70
3.7.4.2	<i>Conexión de la pantalla táctil al controlador PLC</i> .....	72

#### **4. PROGRAMACIÓN Y COMUNICACIÓN VÍA ETHERNET ENTRE EL PLC Y LA PANTALLA TÁCTIL**

4.1	<i>Manejo del software de programación TIA Portal V11</i> .....	73
4.1.1	<i>Crear un proyecto</i> .....	73
4.1.2	<i>Insertar una CPU</i> .....	74
4.1.2.1	<i>Configuración de la CPU</i> .....	75
4.1.2.2	<i>Detección de una CPU sin especificar</i> .....	75
4.1.3	<i>Agregar módulos a la configuración</i> .....	77
4.1.4	<i>Agregar un dispositivo HMI</i> .....	78
4.1.4.1	<i>Configuración del panel HMI</i> .....	79
4.1.4.2	<i>Interfaz de usuario de WinnCC</i> .....	82
4.1.5	<i>Comunicación vía Ethernet entre dispositivos</i> .....	83
4.1.5.1	<i>Protocolos de comunicación Ethernet</i> .....	83
4.1.5.2	<i>Conmutación Ethernet</i> .....	84
4.1.6	<i>Asignar direcciones IP a los dispositivos</i> .....	84
4.1.6.1	<i>Asignar dirección IP a una CPU online</i> .....	84
4.1.7	<i>Comprobar la red PROFINET</i> .....	86
4.2	<i>Programación del módulo de automatización</i> .....	87
4.2.1	<i>Diseño del GRAFCET</i> .....	87
4.3	<i>Determinación de variables del PLC</i> .....	88
4.4	<i>Programación en el TIA Portal V11</i> .....	89
4.4.1	<i>Asignación de variables del PLC</i> .....	89
4.4.2	<i>Programación del PLC S7-1200</i> .....	89
4.4.2.1	<i>Segmentos de programación del PLC</i> .....	90
4.5	<i>Asignación de variables de la pantalla táctil</i> .....	92
4.5.1	<i>Programación de la pantalla táctil KTP 600 PN Basic</i> .....	93
4.5.1.1	<i>Configuración del panel HMI en el programa del PLC</i> .....	93
4.5.1.2	<i>Programación del menú de inicio del panel</i> .....	94
4.5.1.3	<i>Programación de la pantalla de control automático</i> .....	95
4.5.1.4	<i>Programación de las pantallas de control manual</i> .....	96
4.6	<i>Pruebas de funcionamiento</i> .....	97

## **5. VENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DEL PLC Y LA PANTALLA TÁCTIL SIEMENS**

5.1	Beneficios del uso del PLC y la pantalla táctil SIEMENS .....	98
5.2	Comparación del PLC SIEMENS frente a otras marcas .....	98
5.2.1	<i>Ventajas y desventajas del PLC SIEMENS.</i> .....	98
5.2.1.1	<i>Ventajas del PLC SIEMENS</i> .....	99
5.2.1.2	<i>Desventajas del PLC SIEMENS</i> .....	99
5.2.2	<i>Ventajas y desventajas de otras marcas de PLC.</i> .....	99
5.2.2.1	<i>Ventajas del PLC VIPA</i> .....	99
5.2.2.2	<i>Desventajas del PLC VIPA</i> .....	100
5.2.2.3	<i>Ventajas del PLC TWIDO, SCHNEIDER ELECTRIC</i> .....	100
5.2.2.4	<i>Desventajas del PLC TWIDO, SCHNEIDER ELECTRIC</i> .....	100
5.2.2.5	<i>Ventajas del PLC MICROLOGIXZ ALLEN BRADLEY</i> .....	100
5.2.2.6	<i>Desventajas del PLC MICROLOGIXZ ALLEN BRADLEY</i> .....	101
5.2.2.7	<i>Ventajas del PLC DELTA</i> .....	101
5.2.2.8	<i>Desventaja del PLC DELTA</i> .....	101
5.2.2.9	<i>Ventajas del PLC OMRON</i> .....	101
5.2.2.10	<i>Desventajas del PLC OMRON</i> .....	101
5.2.3	<i>Análisis de ventajas y desventajas entre PLC's</i> .....	101
5.3	Comparación de costos de equipos SIEMENS frente a otras marcas.....	102
5.3.1	<i>Resultado final de la comparación entre marcas.</i> .....	103
5.4	Análisis de costos de los equipos adquiridos.....	103
5.4.1	<i>Costos de equipos individuales para la industria</i> .....	103
5.4.2	<i>Costos de los equipos en kit y con descuento estudiantil.</i> .....	103
5.5	Análisis de costos totales del proyecto .....	104
5.5.1	<i>Costos de materia prima directa en el sector industrial.</i> .....	104
5.5.2	<i>Mano de obra directa el sector industrial.</i> .....	105
5.5.3	<i>Costos indirectos de fabricación en el sector industrial.</i> .....	106
5.5.4	<i>Costos de fabricación con descuento estudiantil</i> .....	107
5.5.5	<i>Costo de mano de obra directa sector estudiantil.</i> .....	108
5.5.6	<i>Costo real de la implementación del módulo automatización</i> .....	108
5.6	Resultado del análisis de ventajas y costos.....	108

## **6. MANUAL DE MANTENIMIENTO, OPERACIÓN Y SEGURIDAD DEL MÓDULO DE TRANSPORTE Y AUTOMATIZACIÓN**

6.1	Codificación técnica de equipos .....	109
6.2	Fichas técnicas de equipos.....	110
6.3	Manuales de operación y seguridad.....	115
6.4	Manuales de mantenimiento .....	118

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

7.1	Conclusiones.....	122
7.2	Recomendaciones .....	123

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1. Introducción valores alfanuméricos en el panel HMI Basic .....	18
2. Introducción de valores numéricos en el panel HMI Basic .....	18
3. Elementos básicos en Ladder .....	21
4. Elementos GRAFCET de programación.....	23
5. Dimensiones del equipo.....	40
6. Datos técnicos del cilindro de doble efecto. ....	40
7. Datos técnicos de la electroválvula 5/2.....	41
8. Datos técnicos de la electroválvula 3/2.....	41
9. Datos técnicos del generador de vacío.....	41
10. Datos técnicos del presostato .....	42
11. Datos técnicos de la ventosa .....	42
12. Datos técnicos del actuador rotatorio.....	43
13. Estado técnico del módulo de transporte .....	46
14. Equipos del módulo de automatización .....	51
15. Elementos adicionales del módulo de automatización .....	51
16. Posiciones de montaje para paneles de operador .....	60
17. Herramientas y accesorios de montaje para paneles de operador.....	61
18. Fijación de la junta de montaje del panel operador .....	61
19. Fijación del panel de operador.....	62
20. Diagrama de conexión CPU 1212C AC/DC/relé.....	66
21. Herramientas y accesorios para la conexión del panel de operador.....	70
22. Preparación de los cables de conexión del panel de operador .....	71
23. Conexión del panel de operador a la fuente de alimentación .....	71
24. Conexión del panel de operador al controlador SIMATIC S7.....	72
25. Agregar módulos a la configuración.....	78
26. Diagramas GRAFCET .....	87
27. Variables de entrada del PLC .....	88
28. Variables de salida del PLC.....	88
29. Variables de memoria del PLC.....	88
30. Variables de memoria del panel HMI.....	92
31. Comparación de costos entre varias marcas .....	102
32. Costos de equipos individuales para la industria .....	103
33. Costos de los equipos en kit con descuento estudiantil .....	104
34. Costos de materia prima directa en el sector industrial .....	105
35. Costos indirectos de fabricación en el sector industrial.....	106
36. Precios de fabricación con descuento estudiantil.....	107
37. Codificación de equipos.....	110
38. Ficha técnica del módulo de transporte horizontal .....	111
39. Ficha técnica del PLC SIMATIC S7-1200 .....	112
40. Ficha técnica de la pantalla táctil HMI KTP 600 PN Basic.....	113
41. Ficha técnica del módulo compact switch CSM 1277 .....	114
42. Ficha técnica de la fuente de poder LOGO! Power .....	114
43. Guía de operación y seguridad para el módulo de transporte .....	116
44. Guía de operación y seguridad para el módulo de automatización.....	117
45. Tareas de mantenimiento para el módulo de transporte horizontal .....	119
46. Tareas de mantenimiento para el módulo de automatización.....	120

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Proceso de ensamblaje automático de automóviles .....	4
2. Pirámide de la automatización .....	7
3. Clases de automatización .....	9
4. Estructura de un PLC .....	11
5. PLC SIMATIC S7-1200 .....	13
6. Capacidad de expansión de la CPU .....	14
7. Componentes del panel KTP600 PN Basic .....	16
8. Funciones de las teclas del panel HMI Basic .....	17
9. Teclado de pantalla alfanumérico .....	17
10. Interfaces de usuario del TIA Portal .....	19
11. Ejemplo del programa Ladder .....	21
12. Ejemplo de secuencia lineal GRAFCET .....	24
13. Ejemplo GRAFCET con direccionamiento. ....	25
14. Ejemplo en secuencia simultánea GRAFCET. ....	25
15. Componentes de un sistema neumático .....	27
16. Partes y símbolo de un cilindro de simple efecto .....	29
17. Partes y símbolo de un cilindro de doble efecto .....	30
18. Motor neumático de aletas .....	31
19. Símbolos de un motor neumático .....	31
20. Motor neumático de pistones .....	31
21. Actuador giratorio de aleta .....	32
22. Actuador giratorio de transmisión por cremallera. ....	32
23. Válvula direccional .....	33
24. Sensores .....	34
25. Módulo de transporte horizontal .....	37
26. Succión de la pieza de trabajo .....	39
27. Desplazamiento final de la pieza de trabajo .....	39
28. Panel de control del módulo de transporte .....	44
29. Estado inicial del módulo de transporte .....	45
30. Implementación de la rampa de descarga .....	47
31. Bosquejo del módulo de automatización .....	49
32. Dimensiones del módulo de automatización .....	49
33. Módulo de automatización construido .....	50
34. Ubicación del PLC, compact switch y fuente de poder. ....	53
35. Ubicación de la pantalla táctil .....	54
36. Ubicación de elementos de control y protección .....	54
37. Montaje del PLC S7-1200 .....	55
38. Montaje del PLC S7-1200 en un perfil DIN .....	56
39. Desmontaje del PLC S7-1200 de un perfil DIN .....	57
40. Montaje del módulo compact switch sobre un perfil DIN .....	58
41. Desmontaje del módulo compact switch de un perfil DIN .....	58
42. Montaje y desmontaje de la fuente de poder .....	59
43. Posición de las mordazas de fijación para el panel KTP600 Basic .....	62
44. Diseño de la fuente de poder LOGO! Power .....	63
45. Entrada de línea de la fuente de poder .....	64
46. Salidas de la fuente de poder .....	65
47. Conexión de entradas y salidas del PLC S7-1200 .....	67
48. Conexión del módulo de automatización al módulo de transporte .....	68
49. Conexión de alimentación del módulo compact switch .....	69
50. Conexión del compact switch al PLC y pantalla táctil .....	69

51.	Icono de inicio TIA Portal .....	73
52.	Crear proyecto.....	74
53.	Agregar nuevo dispositivo .....	74
54.	Agregar dispositivo PLC .....	74
55.	Vista de dispositivos de la configuración de hardware .....	75
56.	Propiedades de la CPU .....	75
57.	Detección Online de una CPU sin especificar .....	76
58.	Detección de una CPU a través de la vista de dispositivos.....	76
59.	Cuadro de dialogo de la detección online .....	77
60.	Insertar un dispositivo HMI.....	79
61.	Configuración de las conexiones de PLC con el panel HMI .....	79
62.	Configuración de formato de imagen del panel HMI .....	80
63.	Configuración de avisos del panel HMI .....	80
64.	Configuración de imágenes del panel HMI .....	81
65.	Configuración de imágenes de sistema del panel HMI.....	81
66.	Configuración de botones del panel HMI.....	82
67.	Interfaz de usuario de WinnCC.....	82
68.	Comunicación vía Ethernet con protocolos TCP estándar.....	83
69.	Conmutación Ethernet mediante CSM 1277 .....	84
70.	Online y diagnóstico de una CPU .....	85
71.	Asignar dirección IP a una CPU .....	85
72.	Asignar dirección IP a un panel HMI .....	86
73.	Comprobar la red PROFINET .....	86
74.	Asignación de variables del PLC.....	89
75.	Creación del bloque de programación Main [OB1].....	90
76.	Inicio del proceso.....	90
77.	Programación del cilindro de doble efecto .....	91
78.	Programación del actuador giratorio.....	91
79.	Activación de la succión .....	92
80.	Desactivación de la succión.....	92
81.	Programación del control automático y paro HMI .....	93
82.	Programación del control Manual HMI.....	93
83.	Programación control manual del cilindro de doble efecto .....	94
84.	Programación control manual del actuador giratorio.....	94
85.	Programación control manual de la succión .....	94
86.	Pantalla inicial del panel .....	95
87.	Pantalla del control automático.....	95
88.	Pantalla del control manual.....	96
89.	Pantalla del control manual del cilindro .....	96
90.	Pantalla del control manual del actuador y la succión.....	96
91.	Control de proceso mediante TIA Portal .....	97
92.	Estructura del código técnico.....	109

## LISTA DE ABREVIACIONES

<b>PLC</b>	Control lógico programable
<b>CSM</b>	Módulo compacto de interruptores
<b>GRAFSET</b>	Gráfico de control de etapas y transición
<b>TIA</b>	Automatización totalmente integrada
<b>KOP</b>	Esquema de contactos
<b>HMI</b>	Interfaz hombre máquina
<b>CIM</b>	Manufactura integrada por computador
<b>CPU</b>	Unidad central de proceso
<b>PC</b>	Computador personal
<b>E/S</b>	Entradas/Salidas
<b>SM</b>	Módulo de señal
<b>SB</b>	Tarjeta de señales
<b>CM</b>	Módulo de comunicación
<b>RTU</b>	Unidad terminal remota
<b>TCP</b>	Protocolo de control de transmisión
<b>USS</b>	Interface en serie universal
<b>GSM</b>	Sistema global para las comunicaciones móviles
<b>GPRS</b>	Servicio general de paquetes vía radio
<b>AS</b>	Actuador sensor
<b>CP</b>	Procesador de comunicaciones
<b>CB</b>	Tarjeta de comunicación
<b>BB</b>	Tablero de la batería
<b>IP</b>	Protocolo de internet
<b>OB</b>	Bloque de organización
<b>FC</b>	Funciones
<b>FB</b>	Bloque de funciones
<b>DB</b>	Bloque de datos
<b>SCADA</b>	Supervisión, control y adquisición de datos

<b>FUP</b>	Diagrama de funciones
<b>SCL</b>	Lenguaje de control estructurado
<b>NEMA</b>	Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos
<b>NA</b>	Normalmente abierto
<b>NC</b>	Normalmente cerrado
<b>PVC</b>	Policloruro de vinilo
<b>DIN</b>	Instituto Alemán de Normalización
<b>AC</b>	Corriente alterna
<b>DC</b>	Corriente continua
<b>LAN</b>	Red de área local
<b>ISO</b>	Organización Internacional de Normalización
<b>UDP</b>	Protocolo de datagramas de usuario
<b>RAM</b>	Memoria de acceso aleatorio
<b>SQL</b>	Lenguaje de consulta estructurado

## **LISTA DE ANEXOS**

- A** Datos técnicos – sensores magnéticos AirTAC CS1-E
- B** Elementos de ajuste del presostato NORGREN 0886110
- C** Dimensiones de montaje de los dispositivos S7-1200
- D** Dimensiones de montaje de los paneles
- E** Requisitos del sistema para la instalación del TIA Portal 11
- F** Guía de práctica

## RESUMEN

Se ha implementado el PLC (Control Lógico Programable) S7-1200, pantalla táctil KTP600 PN Basic y comunicación Ethernet módulo de transporte horizontal del Laboratorio de Control y Manipulación Automática de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la ESPOCH, con el fin de automatizar el proceso de transporte, mejorando las condiciones del módulo en beneficio de los estudiantes que lo usarán.

Inicialmente, se realizó el análisis del funcionamiento del módulo de transporte, sus partes y estado técnico, en el que se determinó la necesidad de tareas de mantenimiento en el módulo para alcanzar el estado funcional óptimo, en una tarea se implementó una tarjeta de comunicación electrónica.

Se elaboró un módulo de automatización para instalar los equipos a implementar y se instaló una tarjeta de comunicación electrónica para la conexión con el módulo de transporte, en las tarjetas se conectan las entradas y salidas del PLC según su diagrama de conexión. Para la comunicación entre dispositivos se utilizó sus puertos PROFINET y la red industrial Ethernet del Compact Switch CSM1277.

Para la programación de los equipos se realiza el diagrama GRAFCET, que describe las etapas del proceso y las variables que se asignaron en el TIA Portal V11, en donde se programó los dispositivos en la interfaz STEP 7 con lenguaje KOP y la configuración de la pantalla se la realizó en la interfaz WinnCC del software.

Finalmente se elaboró manuales de operación, seguridad y mantenimiento para los módulos de transporte horizontal y de automatización, que servirán para conservar el buen estado de los equipos.

## **ABSTRACT**

Has been implemented the PLC (Programmable Logic Control) S7-1200, KTP600 PN basic touch screen and Ethernet communication to the horizontal transport of laboratory control module and automatic handling of the Maintenance Engineering School at ESPOCH, in order to automate the process of transport, improving the module conditions to benefit the students who will use it.

At the beginning was performed the analysis of the transport module function, its parts and technical condition, in which was determined the requirement of maintenance in the module to achieve the optimal functional state and an electronic card communication was implemented.

An automation module was developed to install the equipment and an electronic card communication was installed to connect with the transport module, on the cards are connected the inputs and outputs from the PLC according to the connection diagram. For the communication between devices was used their PROFINET ports and the Ethernet network CSM1277 compact switch.

For the programming equipment was performed the GRAFCET diagram, which describes the stages of the process and the variables that were assigned in the TIA V11 portal, where the device was programmed in the interface STEP 7 with KOP language and the display settings was done on the software interface WinnCC.

Finally was developed operating manuals, safety and maintenance for the horizontal transport modules and the automation, which will preserve the good condition of the equipments.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo busca ser una institución de educación superior líder en la provincia de Chimborazo y el país, a través de la formación de profesionales, con conocimiento científico y tecnológico que aporten al desarrollo socio económico del país. En tal razón, existe la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la Facultad de Mecánica, con el fin de contribuir en la formación académica de profesionales competitivos y emprendedores en el campo del mantenimiento industrial, vinculando a los estudiantes al sector industrial nacional mediante la capacitación en diversas áreas.

Dentro de los espacios de formación, está el Laboratorio de Control y Manipulación Automática, en donde están ubicados los módulos didácticos utilizados para el aprendizaje de los estudiantes, los mismos que permiten realizar prácticas mediante la simulación de procesos de control y automatización industrial.

La automatización de procesos constituye una disciplina de ingeniería, ofrece ventajas tanto en el aspecto económico como tecnológico para la mecanización de los procesos industriales, representando para una industria la oportunidad de ser eficiente y competitiva. Las necesidades tecnológicas del sector industrial moderno exigen el uso de nuevos dispositivos de automatización, tales como PLC's y paneles de visualización, debido a la capacidad operativa de estos dispositivos en relación a su costo.

### 1.2 Justificación

El avance tecnológico continuo en el campo de la automatización y control de procesos industriales, hace indispensable la formación de los estudiantes de Ingeniería de Mantenimiento con el uso de nuevos equipos y dispositivos de automatización, dando

lugar a la necesidad de implementar estos equipos y dispositivos en los módulos del Laboratorio de Control y Manipulación Automática.

La implementación de los dispositivos de automatización como el PLC S7-1200 y la pantalla táctil HMI en el módulo de transporte horizontal del Laboratorio, contribuirá a la calidad en la formación de los estudiantes, brindándoles la oportunidad de familiarizarse con sistemas de control automático similares a los existentes en las industrias.

En el desarrollo de este proyecto de tesis al implementar el PLC S7-1200 y la pantalla táctil HMI en el módulo de transporte, es necesario adquirir conocimiento de programación de estos dispositivos y contar el medio adecuado de programación, por lo que además de los equipos implementados se requiere la adquisición del software de programación TIA Portal, por ser un software innovador en el marco de la ingeniería, ofreciendo soluciones en las tareas de automatización.

El manejo de módulos didácticos, contruidos con equipos de alto nivel tecnológico permitirá optimizar recursos en aprendizaje de los estudiantes, mediante la aplicación de conocimientos teóricos adquiridos dentro de las aulas con la posibilidad de conocer y manipular a través de la práctica sistemas equivalentes al de uso industrial.

### **1.3 Objetivos**

**1.3.1** *Objetivo general.* Implementar el PLC SIMATIC S7-1200, pantalla táctil y comunicación Ethernet con el módulo de transporte horizontal del laboratorio de control y manipulación automática de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la ESPOCH.

**1.3.2** *Objetivos específicos:*

Realizar un reconocimiento de la estructura y partes del módulo de transporte horizontal.

Analizar el funcionamiento del módulo de transporte horizontal.

Conocer y manejar el PLC SIMATIC S7-1200 y la pantalla táctil HMI.

Realizar la configuración del PLC SIMATIC S7-1200 y la pantalla táctil HMI mediante el software de programación TIA Portal.

Establecer la comunicación del PLC SIMATIC S7-1200 y la pantalla táctil HMI mediante red de comunicación Ethernet.

Elaborar guías de operación, seguridad y mantenimiento para el módulo de transporte horizontal y equipos de automatización.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### **Automatización industrial**

Automatización es el uso de sistemas de control y de tecnología informática para reducir la necesidad de la intervención humana en un proceso. En el enfoque de la industria, automatización es el paso más allá de la mecanización en donde los procesos industriales son asistidos por máquinas o sistemas mecánicos que reemplazan las funciones que antes eran realizadas por animales. Mientras en la mecanización los operadores son asistidos con maquinaria a través de su propia fuerza y de su intervención directa, en la automatización se reduce de gran manera la necesidad mental y sensorial del operador.

Figura 1. Proceso de ensamblaje automático de automóviles



Fuente: <http://autoblog.com.ar/wp-content/uploads/2013/10/BREVES817.jpg>

*Principales ventajas de aplicar automatización a un proceso:*

- Reemplazo de operadores humanos en tareas repetitivas o de alto riesgo.

- Reemplazo de operadores humanos en tareas que están fuera del alcance de sus capacidades como levantar cargas pesadas, trabajos en ambientes extremos o tareas que necesiten manejo de una alta precisión.
- Incremento de la producción, al mantener la línea de producción automatizada las demoras del proceso son mínimas, no hay agotamiento o desconcentración en las tareas repetitivas, el tiempo de ejecución se disminuye considerablemente según el proceso.

*Herramientas de automatización.* La tecnología informática, junto con los mecanismos y procesos industriales, pueden ayudar en el diseño, implementación y monitoreo de sistemas de control. Un ejemplo de un sistema de control industrial es un controlador lógico programable (PLC). Los PLC's están especializados en sincronizar el flujo de entradas de sensores y eventos con el flujo de salidas a los actuadores y eventos.

La Interfaz hombre-máquina (HMI) o interfaces hombre computadora, se suelen utilizar para comunicarse con los PLC's y otros equipos. El personal de servicio se encarga del seguimiento y control del proceso a través de los HMI, en donde no solo puede visualizar el estado actual proceso sino también hacer modificaciones a variables críticas del proceso.(SCRIBD, 2011)

*Niveles de automatización.* Actualmente para evaluar el grado de automatización de los procesos industriales se ha establecido una estructura jerárquica de cuatro niveles. Se define como un proceso de fabricación asistido por computadoras (CIM - *Computer Integrated Manufacturing*), aquel que incluye de forma integrada a la producción de conceptos tales como gestión empresarial, planificación, programación, entre otras. En ellos debe cumplirse el axioma básico: ha de planificarse “*top-down*” (“de arriba abajo”), pero debe implantarse “*bottom-up*” (“de abajo hacia arriba”). Su estructura responde a una estructura piramidal jerarquizada, produciéndose en la cúspide las decisiones de política empresarial.

En la base se incluyen las denominadas islas de automatización (autómatas programables, máquinas de control numérico, robots, etc.) que se integran en un sistema de control jerarquizado y distribuido que permita la conversión de decisiones de política

empresarial en operaciones de control de bajo nivel. Tales componentes lógicos incluyen, entre muchos otros, aplicaciones informáticas como procesador de textos, que permite al usuario realizar todas las tareas concernientes a edición de textos; software de sistema, tal como un sistema operativo, que, básicamente, permite al resto de los programas funcionar adecuadamente, facilitando la interacción con los componentes físicos y el resto de las aplicaciones, también provee una interfaz para el usuario.

Para evaluar el grado de automatización de cualquier proceso industrial se han establecido los siguientes niveles:

**2.0.2.1 Nivel (0) de Proceso.** La instrumentación permite conocer el estado de las variables, el hombre actúa como regulador directo en el control del proceso. Incluye un conjunto de dispositivos, subprocesos, maquinaria en general, con que se realizan las operaciones elementales de producción en la empresa. También están situados los dispositivos de campo que interactúan con el proceso: sensores, efectores y otros.

**2.0.2.2 Nivel (1) de estación/máquina.** Incluye todo lo referente a los dispositivos lógicos de control. Se usan autómatas programables, tarjetas de control, ordenadores industriales, etc. Constituyen los elementos de mando y control del nivel cero. Proporciona información de actuación directa al nivel cero y de estado al nivel II.

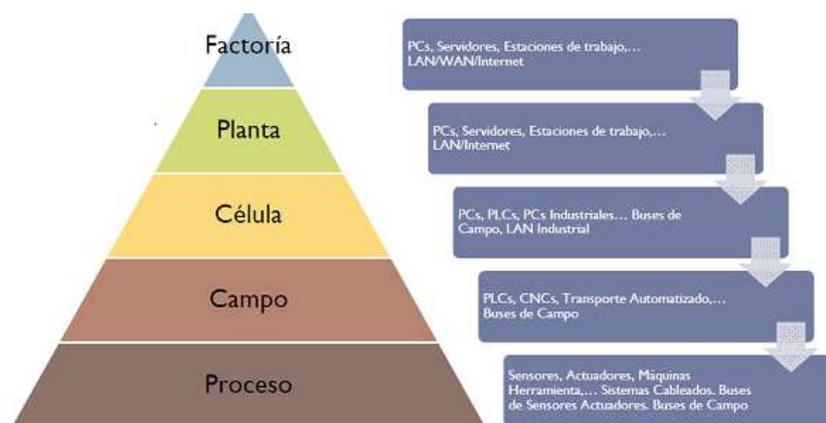
**2.0.2.3 Nivel (2) de célula.** Se introducen medios superiores de automatización de conjunto con los anteriores. Es común definir este nivel con la introducción de medios computacionales en la automatización del proceso. Se designa como el nivel de supervisión y control. Se realiza por medios humanos o informáticos las funciones siguientes: adquisición y monitoreo de datos, gestión de alarmas, mantenimiento correctivo y preventivo, seguimiento de las órdenes de producción, entre otras. Este nivel emite órdenes de ejecución al nivel I y recibe situaciones de estado de dicho nivel. Igualmente recibe los programas de producción, calidad, mantenimiento, etc. del nivel III y realimenta dicho nivel con las incidencias (estado de órdenes de trabajo, situación de máquinas, estado de la obra en curso, etc.) ocurridas en planta.

**2.0.2.4 Nivel (3) de sección/área.** Es el nivel de planificación. Se realizan importantes tareas como la programación de la producción, gestión de compras, análisis de costes,

control de inventarios y gestión de la calidad y del mantenimiento. Emite los programas hacia el nivel II y recibe de éste las incidencias de la planta. Del nivel IV recibe la información consolidada sobre pedidos, previsiones de venta, ingeniería de producto y de proceso; y envía información relativa a: cumplimiento de programas, costes de fabricación, costes de operación, cambios de ingeniería.

**2.0.2.5 Nivel (4) de factoría.** Se le denomina nivel corporativo. Realiza las funciones de gestión comercial y marketing, planificación estratégica, financiera y administrativa, gestión de recursos humanos, ingeniería del proceso, gestión de sistemas de información y otras. Este nivel emite al nivel III información sobre la situación comercial (pedidos y previsiones), información de ingeniería de producto y de proceso, etc. Para poder ajustar la planificación global este nivel recibe del nivel III la información anteriormente indicada sobre cumplimiento de programas y costes, etc. (ECURED, 2014)

Figura 2. Pirámide de la automatización



Fuente: <http://edu-hvcom.blogspot.com/p/curso-hvcom.html>

*Clases de automatización.* Hay cuatro clases de automatización industrial que se detallarán a continuación.

**2.0.3.1 Automatización neumática.** Este proceso de automatización se destaca por máquinas que utilizan el aire comprimido para trabajar, hay que tomar en cuenta las máquinas que producen el aire comprimido y aquellas que lo utilizan, aquellas que lo producen se llaman compresores. Anteriormente se usaban pistones para comprimir el aire, ahora los compresores modernos utilizan dos tornillos giratorios para comprimirlo

en un solo paso. Obviamente estas máquinas utilizan el aire como su materia prima, aunque este puede ser tratado para una mayor pureza y mejor trabajo.

Principalmente la neumática se utiliza para accionar herramientas rotativas como desarmadores y taladros neumáticos, equipos de percusión como rompedoras, así como también en equipos de pintura.

**2.0.3.2 Automatización hidráulica.** Son aquellas máquinas que usan fluidos para trabajar, usando mayormente áreas para moderar las potencias. En este proceso de hidráulica se utilizan distintos tipos de fluidos para obtener una alta relación de potencia y aceleración en pocas áreas. Estas máquinas utilizan la incompresibilidad de los líquidos para generar grandes cantidades de potencia en muy poco tiempo. Por este mismo hecho se usan máquinas hidráulicas donde se requiere mucha potencia. Usando principios hidráulicos, se aplica una determinada fuerza sobre una determinada área, para producir un efecto de mayor potencia en la plataforma que se encuentra del lado opuesto.

Estas máquinas pueden utilizar distintos tipos de aceites para trabajar, entre ellos destacan tres tipos, mezclas de aceites minerales, mezclas de agua-aceites y aceites sintéticos, además, estos tienen una doble función, aparte de generar potencia, también funcionan como lubricantes. Algunas de las máquinas que utilizan principalmente la hidráulica son las grúas, equipos de perforación, taladros y equipos de minería.

**2.0.3.3 Automatización mecánica.** Es el uso de máquinas automáticas para sustituir principalmente las acciones humanas. Este tipo de automatización se utiliza principalmente para sustituir las acciones humanas. Estas máquinas transforman la energía eléctrica en energía mecánica para desarrollar algún trabajo para el cual fueron diseñadas, este tipo de máquinas se usan generalmente para trabajos que son repetitivos como los de corte, moldeo y troquelado entre otros, y también en aquellos tipos de trabajos que ponen riesgo la vida del trabajador.

**2.0.3.4 Automatización electrónica.** La electrónica es el campo de la ingeniería y de la física aplicada al diseño y aplicación de dispositivos, por lo general circuitos electrónicos, cuyo funcionamiento depende del flujo de electrones para la generación,

transmisión, recepción, almacenamiento de información, entre otros. Esta información puede consistir en voz o música como en un receptor de radio, en una imagen en una pantalla de televisión, o en números u otros datos en un ordenador o computadora.

Los circuitos electrónicos ofrecen diferentes funciones para procesar esta información, incluyendo la amplificación de señales débiles hasta un nivel que se pueda utilizar; el generar ondas de radio; la extracción de información, como por ejemplo la recuperación de la señal de sonido de una onda de radio (demodulación); el control, como en el caso de introducir una señal de sonido a ondas de radio (modulación), y operaciones lógicas, como los procesos electrónicos que tienen lugar en las computadoras. La electrónica es una de las herramientas básicas en la automatización, ya que se pueden combinar una gran gama de estos componentes.

Figura 3. Clases de automatización



Fuente: <http://sergio527-tgs.blogspot.com/2010/05/clases-de-automatizacion.html>

*Tipos de automatización.* Existen tres tipos de automatización: fija, programable y flexible.

**2.0.4.1 La automatización fija.** Se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, y por tanto se puede justificar económicamente el alto costo del diseño de equipo especializado para procesar el producto, con un rendimiento alto y tasas de producción

elevadas. Además de esto, otro inconveniente de la automatización fija es su ciclo de vida que va de acuerdo a la vigencia del producto en el mercado. La justificación económica para la automatización fija se encuentra en productos con grandes índices de demanda y volumen.

**2.0.4.2** *La automatización programable.* Se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de producción a obtener. En este caso el equipo de producción es diseñado para adaptarse a la variaciones de configuración del producto; ésta adaptación se realiza por medio de un programa.

**2.0.4.3** *La automatización flexible.* Es más adecuada para un rango de producción medio. Estos sistemas flexibles poseen características de la automatización fija y de la automatización programada. Los sistemas flexibles suelen estar constituidos por una serie de estaciones de trabajo interconectadas entre sí por sistemas de almacenamiento y manipulación de materiales, controlados en su conjunto por una computadora.

Las características esenciales que distinguen la automatización flexible de la programable son: capacidad para cambiar partes del programa sin perder tiempo de producción y; capacidad para cambiar sobre algo establecido físicamente asimismo sin perder tiempo de producción. (BLOGSPOT, 2014)

### **Control lógico programable (PLC)**

EL 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 analógicas, varios tipos de máquinas o procesos. Una computadora digital que es usada para ejecutar las funciones de un controlador programable, se puede considerar bajo este rubro. Se excluyen los controles secuenciales mecánicos.

*Funcionamiento de un PLC.* Para explicar el funcionamiento del PLC, se pueden distinguir las siguientes partes: interfaces de entradas y salidas, CPU (unidad central de proceso), memoria y dispositivos de programación. El usuario ingresa el programa a

través del dispositivo adecuado (un cargador de programa o PC) y éste es almacenado en la memoria de la CPU.

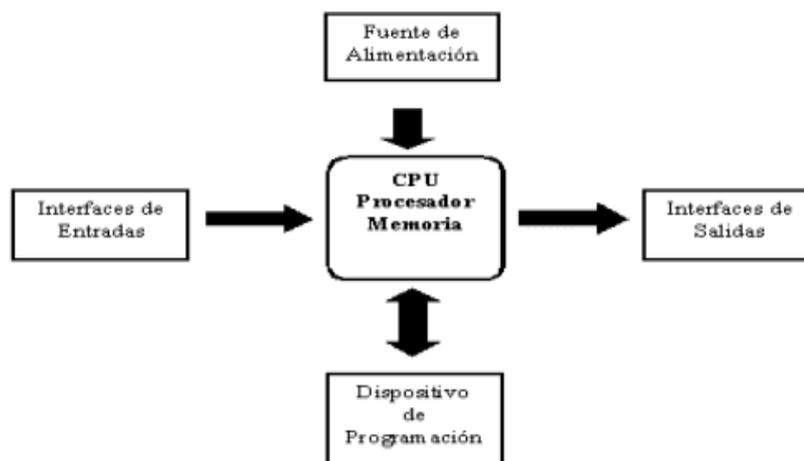
La CPU, que es el "cerebro" del PLC, procesa la información que recibe del exterior a través de la interfaz de entrada y de acuerdo con el programa, activa una salida a través de la correspondiente interfaz de salida. Evidentemente, las interfaces de entrada y salida se encargan de adaptar las señales internas a niveles del CPU. Por ejemplo, cuando la CPU ordena la activación de una salida, la interfaz adapta la señal y acciona un componente (transistor, relé, etc.)

#### *Funcionamiento de la CPU:*

- Al comenzar el ciclo, la CPU lee el estado de las entradas.
- A continuación ejecuta la aplicación empleando el último estado leído.
- Una vez completado el programa, la CPU ejecuta tareas internas de diagnóstico y comunicación.
- Al final del ciclo se actualizan las salidas.
- El tiempo de ciclo depende del tamaño del programa, del número de E/S y de la cantidad de comunicación requerida.

*Estructura de un PLC.* Su estructura se puede apreciar en la figura 4.

Figura 4. Estructura de un PLC



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/29338450/AUTOMATIZACION-INDUSTRIAL#>

*Campos de aplicación.* El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía continuamente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el aspecto de sus posibilidades reales. Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario realizar procesos de maniobra, control, señalización, etc. Por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industrial de cualquier tipo al de transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

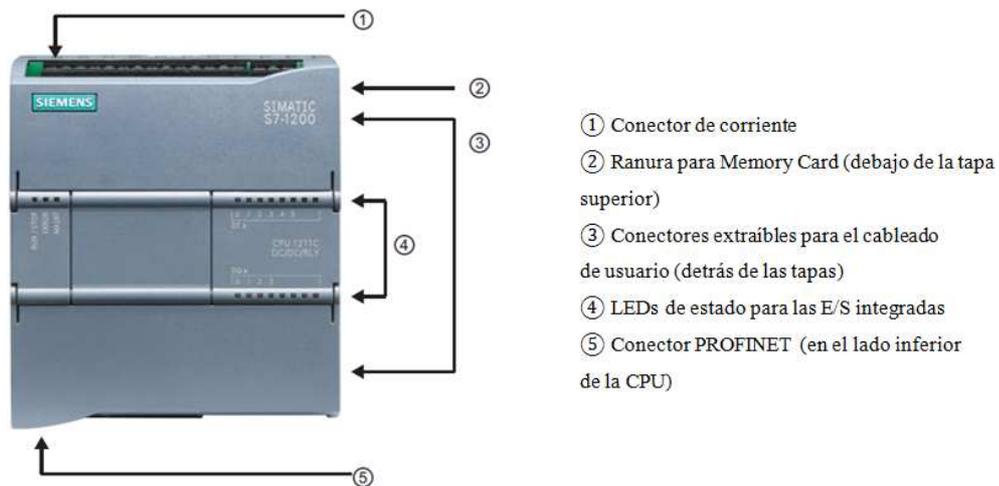
Sus reducidas dimensiones, las extremas facilidades de un montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficiencia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se reduce necesidades tales como: espacio reducido, procesos de producción periódicamente cambiantes ,maquinaria de procesos variables, instalación de procesos complejos y amplios, chequeo de programación centralizada de las partes del proceso. A continuación ejemplos de aplicaciones de un PLC.

- Maniobras de máquinas.
- Maquinaria industrial del mueble y la madera.
- Maquinaria en proceso de grava, arena y cemento.
- Maquinaria en la industria del plástico.
- Maquinaria de ensamblaje. (GOMEZ, 2010 págs. 10-13)

### **PLC SIMATIC S7-1200**

El controlador S7-1200 ofrece un diseño compacto, configuración flexible y un amplio juego de instrucciones, idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones. Incorpora un microprocesador, fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salidas, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad, entradas analógicas incorporadas, formando así un potente controlador. La CPU vigila las entradas cambiando el estado de las salidas, según la lógica programada del usuario, que puede ser lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas o comunicación con otros dispositivos mediante el puerto integrado PROFINET.

Figura 5. PLC SIMATIC S7-1200



Fuente: Manual del sistema SIMATIC S7-1200

*Memoria.* Hasta 50 KB de memoria de trabajo en el controlador, con libre configuración del tamaño de memoria de programa y de datos de usuario. Además, el controlador posee hasta 2 MB de memoria de carga integrada y 2 KB de memoria de datos remanente. Con la SIMATIC Memory Card opcional pueden transferirse fácilmente programas a varias CPU. La tarjeta también puede utilizarse para guardar diversos archivos o para actualizar el firmware del controlador.

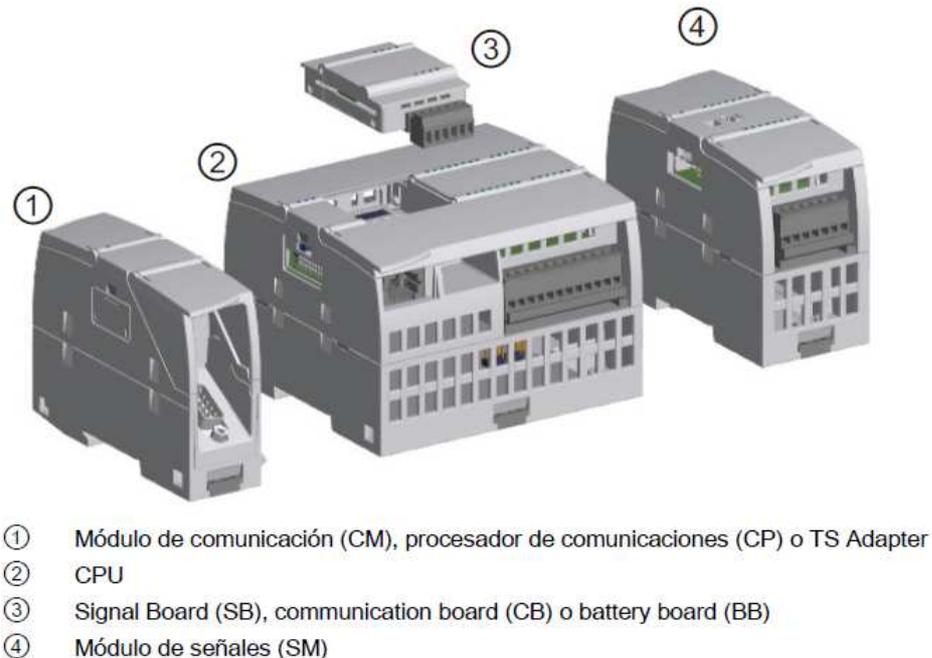
*Diseño escalable y flexible.* Hasta 8 módulos de señales (SM) pueden ser conectados al CPU. Por otra parte todos los CPU's SIMATIC S7-1200 tienen la posibilidad de incorporar Signal Boards (SB), que son micro módulos de entradas/salidas que pueden ser enchufados directamente en la parte frontal de la CPU, esto permite ocupar el mínimo espacio en el caso que se procesen pocas señales.

*Comunicación.* Hasta 3 módulos de comunicación (CM) pueden ser integrados en la configuración de cualquiera de los PLC's SIMATIC S7-1200. Los protocolos de comunicación posibles con SIMATIC S7-1200 son:

- Industrial Ethernet / PROFINET (Puerto Integrado)
- Profibus Maestro / Esclavo
- Modbus RTU
- Modbus TCP (Puerto Integrado)

- USS
- GSM / GPRS
- AS-Interface

Figura 6. Capacidad de expansión de la CPU



Fuente: Manual del sistema S7-1200

*Interfaz PROFINET / Industrial Ethernet integrada.* La funcionalidad PROFINET Controller integrada en el SIMATIC S7-1200 permite implementar redes de control en arquitecturas descentralizadas, por ejemplo con ET200, variadores de velocidad, etc. La interfaz Profinet / Industrial Ethernet es también utilizada para la programación del PLC, comunicación PLC-HMI y PLC-PLC. Soporta además comunicación con equipos terceros bajo el protocolo TCP/IP. La transmisión de datos se realiza a una tasa de 10/100Mbps.

*Ejecución del programa de usuario.* La CPU soporta diferentes tipos de bloques lógicos que permiten estructurar eficientemente la programación del usuario:

- Bloques de organización (OB's), son los que definen la estructura del programa, los OB's tienen reacciones y eventos de arranque predefinidos o también pueden ser personalizados.

- Las funciones (FC's) o bloques de función (FB's), son los que contienen el código de programa correspondientes a tareas o parámetros específicos de entradas y salidas, creando subrutinas que se ejecutan al llamar desde otro bloque lógico (OB, FB o FC), un bloque de datos (DB) asociado únicamente a un FB es el que almacena los datos de la llamada necesarios para transferir parámetros.
- Bloque de datos (DB's), almacenan datos que pueden ser utilizados por otros bloques del programa a los que estén asociados.(SIEMENS, 2012)

### **Paneles HMI Basic**

La visualización de procesos cada vez más se ha convertido en un componente estándar de la mayoría de máquinas o sistemas de automatización, por lo que se ha recurrido a elementos adicionales para la visualización, que sirven para el control y supervisión de los procesos. Para aplicaciones sencillas bastará el uso de paneles de operador con funciones básicas.

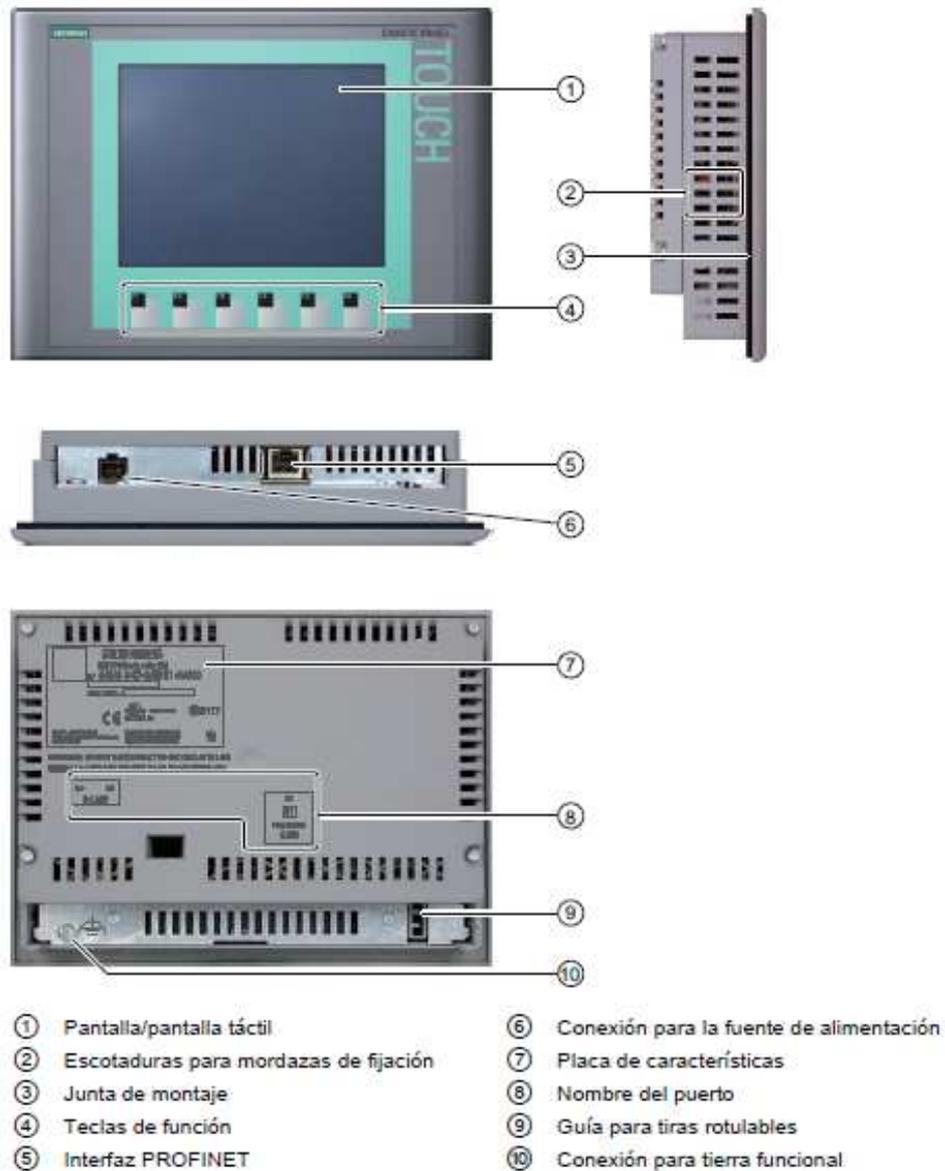
Los SIMATIC Basic Panels ofrecen una perfecta relación rendimiento/precio, es decir, una funcionalidad básica a un precio óptimo, independientemente del tipo y tamaño, los paneles HMI ofrecen numerosas funciones de software, tales como: sistemas de avisos, administración de dispositivo, funcionalidad de curvas, cambio de idioma y contraseñas, beneficiando al usuario en la visualización y la calidad del proceso.

### **Panel KTP600 PN Basic**

Es un tipo de panel con funciones básicas con pantalla táctil de seis pulgadas a color o monocromo y seis teclas táctiles, compatibles con otros dispositivos mediante comunicación vía Ethernet estándar a través del puerto PROFINET integrado. Utiliza la interfaz HMI (Interfaz hombre máquina) entre la persona; es decir el operador y el proceso que se controla ya sea máquina o sistema.

El panel ha sido diseñado para ser utilizado exclusivamente en entornos industriales para la visualización del estado de los procesos, no se lo debe utilizar en entornos residenciales, debido a que puede haber interferencias por la recepción de señales de radio o televisión.

Figura 7. Componentes del panel KTP600 PN Basic



Fuente: Instrucciones de servicio paneles de operador SIMATIC HMI

*Manejo de paneles táctiles.* La mayoría de paneles de operador HMI Basic están equipados con una pantalla táctil y teclas de funciones para el manejo y control del panel o del proyecto que se ejecute. Algunos de los proyectos requieren amplios conocimientos, por lo que los paneles deben ser manejados por personal técnico especializado.

Como medida de seguridad el manejo del panel HMI únicamente debe ser con el dedo o un lápiz táctil, puesto que el uso de objetos puntiagudos a afilados puede dañar la superficie de plástico del panel.

*Funciones generales del teclado de pantalla.* Todo panel HMI Basic cuenta con las siguientes teclas con funciones táctiles disponibles:

Figura 8. Funciones de las teclas del panel HMI Basic.

	Cursor hacia la izquierda
	Cursor hacia la derecha
	Borrar un carácter
	Cancelar la entrada
	Confirmar la entrada
	Mostrar un texto de ayuda. Esta tecla sólo aparece si se ha configurado un texto de ayuda para el objeto de control.

Fuente: Instrucciones de servicio paneles de operador SIMATIC HMI

*Introducir datos en el panel KTP600 PN Basic.* Al tocar un objeto de control que exija una entrada en la pantalla táctil del panel, automáticamente aparecerá un teclado en la pantalla que permitirá introducir los datos necesarios.

**2.4.2.1 Teclado de pantalla alfanumérico.** La asignación de datos por medio del teclado alfanumérico está disponible en un solo idioma, que no cambiará a pesar de modificar el idioma en el proyecto.(SIEMENS, 2010)

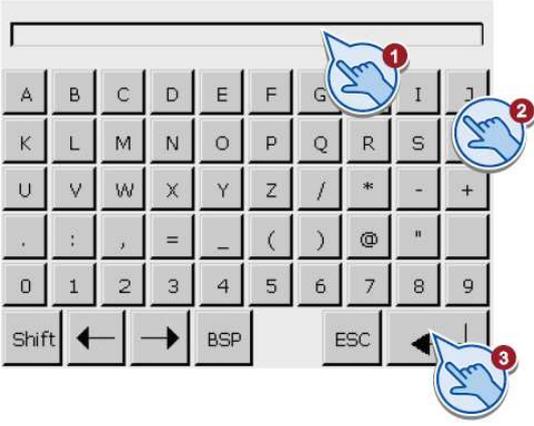
Figura 9. Teclado de pantalla alfanumérico



Fuente: Instrucciones de servicio paneles de operador SIMATIC HMI

Para introducir valores alfanuméricos se deberá considerar el siguiente proceso.

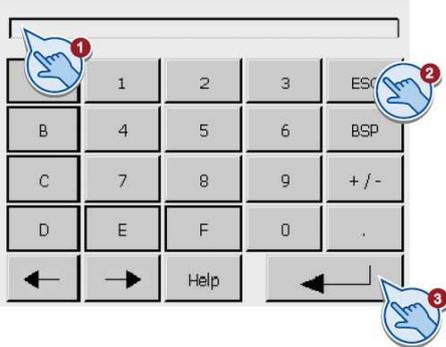
Tabla 1. Introducción valores alfanuméricos en el panel HMI Basic

	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Toque el objeto de control deseado en la imagen. Se abre el teclado de pantalla alfanumérico.</li><li>2. Introduzca el valor. Dependiendo de la configuración, al hacerlo, el panel de operador emitirá una señal acústica. Utilice la tecla &lt;Mayus&gt; para introducir minúsculas.</li><li>3. Confirme la entrada con &lt;Intro&gt; o rechácela con &lt;Esc&gt;. En ambos casos se cerrará el teclado de pantalla.</li></ol>
---	---

Fuente: Instrucciones de servicio paneles de operador SIMATIC HMI

Mientras que para introducir valores numéricos se considerará el siguiente proceso:

Tabla 2. Introducción de valores numéricos en el panel HMI Basic

	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Toque el objeto de control deseado en la imagen. Se abrirá el teclado de pantalla numérico.</li><li>2. Introduzca el valor. Dependiendo de la configuración, al hacerlo, el panel de operador emitirá una señal acústica.</li><li>3. Confirme la entrada con &lt;Intro&gt; o rechácela con &lt;Esc&gt;. En ambos casos se cerrará el teclado de pantalla.</li></ol>
---	--

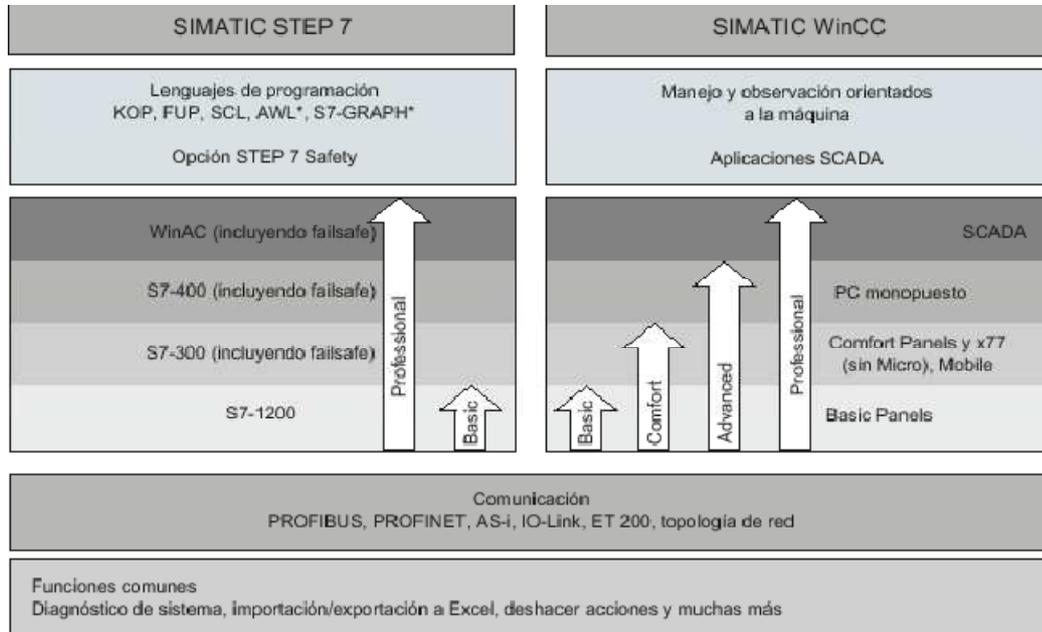
Fuente: Instrucciones de servicio paneles de operador SIMATIC HMI

## Software de programación TIA Portal

El TIA Portal (Automatización Totalmente Integrada) es un sistema de ingeniería totalmente integrado que facilita la programación a través de la interfaz de usuario SIMATIC STEP 7 y SIMATIC WinnCC, orientado a tareas determinadas, es inteligente

y ofrece editores intuitivos y fáciles de usar para una configuración eficiente de SIMATIC S7 y de los paneles de la gama SIMATIC HMI Panels.

Figura 10. Interfaces de usuario del TIA Portal



\* Sólo con Professional para S7-300/400/WinAC

Fuente: SIMATIC STEP 7 Basic V11.0 SP1

STEP 7 proporciona varios lenguajes de programación estándar que permiten desarrollar de forma cómoda y eficiente el programa de control de los dispositivos del proyecto como controladores y paneles HMI, mediante el KOP esquema de contactos en un lenguaje de programación gráfico, FUP lenguaje de programación que utiliza símbolos lógicos del álgebra booleana y SCL lenguaje de control estructurado que es un lenguaje de programación basado en texto. El programa de usuario puede emplear bloques lógicos creados con cualquiera de los lenguajes mencionados anteriormente.

La interfaz de usuario WinnCC sirve para el diseño y la ejecución de la visualización de procesos en *runtime* o tiempo de ejecución. (SIEMENS, 2011)

### Lenguajes de programación de los PLC's

Se puede definir un programa como un conjunto de instrucciones, órdenes y símbolos reconocibles por el PLC, a través de su unidad de programación, que le permiten

ejecutar una secuencia de control deseada. El Lenguaje de Programación en cambio, permite al usuario ingresar un programa de control en la memoria del PLC, usando una sintaxis establecida. Al igual como los PLC's se han desarrollado y expandido, los lenguajes de programación también se han desarrollado con ellos. Los lenguajes de hoy en día tienen nuevas y más versátiles instrucciones y con mayor poder de computación.

Por ejemplo, los PLC's pueden transferir bloques de datos de una localización de memoria a otra, mientras al mismo tiempo llevan cabo operaciones lógicas y matemáticas en otro bloque. Como resultado de estas nuevas y expandidas instrucciones, los programas de control pueden ahora manejar datos más fácilmente. Adicionalmente a las nuevas instrucciones de programación, el desarrollo de nuevos módulos de entradas y salidas también ha obligado a cambiar las instrucciones existentes. (BIGDIGITAL, 2014)

*Tipos de lenguajes de programación de PLC's.* En la actualidad cada fabricante diseña su propio software de programación, esto significa que existe una gran variedad de lenguajes comparable con la cantidad de PLC's que hay en el mercado.

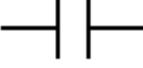
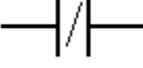
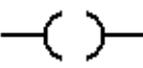
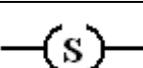
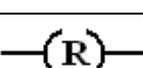
**2.6.0.1 Ladder.** También denominado lenguaje de contactos o de escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los controladores lógicos programables (PLC), debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos.

De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje. Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según normas NEMA y son empleados por todos los fabricantes.

➤ *Elementos de programación.* Para programar un PLC con Ladder, además de estar familiarizado con las reglas de los circuitos de conmutación, es necesario conocer cada uno de los elementos de que consta este lenguaje.

En la tabla 3 puede observar los símbolos de los elementos básicos junto con sus respectivas descripciones.

Tabla 3. Elementos básicos en Ladder

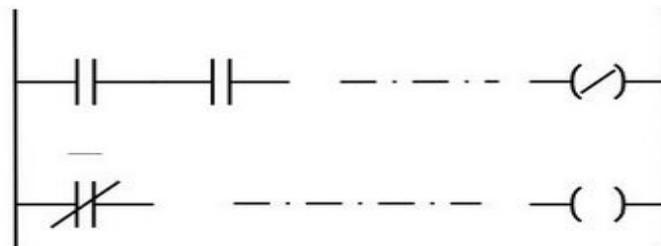
Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.
	Contacto NC	Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico, cosa que deberá de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización.
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele representar elementos de salida, aunque a veces puede hacer el papel de variable interna.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.
	Bobina SET	Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET. Sirve para memorizar bits y usada junto con la bobina RESET dan una enorme potencia en la programación.
	Bobina RESET	Permite desactivar una bobina SET previamente activada.
	Bobina JUMP	Permite saltarse instrucciones del programa e ir directamente a la etiqueta q se desee. Sirve para realizar subprogramas.

Fuente:

<http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/Diagrama%20Escalera.pdf>

- *Programación.* Una vez conocidos los elementos que Ladder proporciona para su programación, resulta importante resaltar cómo se estructura un programa y cuál es el orden de ejecución. En la figura 7 representa la estructura general de la distribución de todo programa Ladder, contactos a la izquierda y bobinas y otros elementos a la derecha.

Figura 11. Ejemplo del programa Ladder



Fuente: <http://julitovaldes86.blogspot.com/2008/10/programar-un-autometa-con-ladder.html>

En cuanto a su equivalencia eléctrica, podemos imaginar que las líneas verticales representan las líneas de alimentación de un circuito de control eléctrico. El orden de ejecución es generalmente de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, primero los contactos y luego las bobinas, de manera que al llegar a éstas ya se conoce el valor de los contactos y se activan si procede.

El orden de ejecución puede variar de un controlador a otro, pero siempre se respetará el orden de introducción del programa, de manera que se ejecuta primero lo que primero se introduce. (BIGDIGITAL, 2014)

**2.6.0.2 GRAFCET.** El gráfico de control funcional etapa de transición, es un grafo o diagrama funcional normalizado, que permite hacer un modelo del proceso a automatizar, contemplando entradas, acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones.

Inicialmente fue propuesto para documentar la etapa secuencial de los sistemas de control de procesos a eventos discretos. No fue concebido como un lenguaje de programación de autómatas, sino un tipo de grafo para elaborar el modelo, pensando en la ejecución directa del automatismo o programa de autómatas.

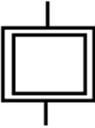
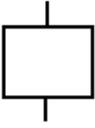
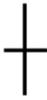
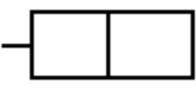
Varios fabricantes en sus autómatas de gama alta hacen este paso directo, lo que lo ha convertido en un potente lenguaje gráfico de programación para autómatas, adaptado a la resolución de sistemas secuenciales.

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

- Elementos de programación. Para programar un autómata en GRAFCET es necesario conocer cada uno de los elementos propios de que consta.

En la tabla 4 se muestran los más comunes.

Tabla 4. Elementos GRAFCET de programación.

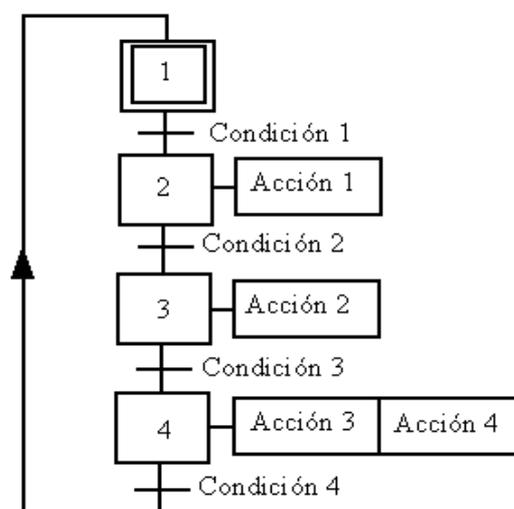
Símbolo	Nombre	Descripción
	Etapa inicial	Indica el comienzo del esquema GRAFCET y se activa al poner en RUN el autómata. Por lo general suele haber una sola etapa de este tipo.
	Etapa	Su activación lleva consigo una acción o una espera.
	Unión	Las uniones se utilizan para unir entre sí varias etapas.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

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

- *Principios básicos.* Para realizar el programa correspondiente a un ciclo de trabajo en lenguaje GRAFCET, se deberán tener en cuenta los siguientes principios básicos:
- Se descompone el proceso en etapas que serán activadas una tras otra.

- A cada etapa se le asocia una o varias acciones que sólo serán efectivas cuando la etapa esté activa.
- Una etapa se activa cuando se cumple la condición de transición y está activa la etapa anterior.
- El cumplimiento de una condición de transición implica la activación de la etapa siguiente y la desactivación de la etapa precedente.
- Nunca puede haber dos etapas o condiciones consecutivas, siempre deben ir colocadas de forma alterna.
- *Clasificación de las secuencias.* En un GRAFCET podemos encontrarnos con tres tipos de secuencias: lineales, con direccionamientos o alternativa y simultáneas.
- *Lineales.* En las secuencias lineales el ciclo lo componen una sucesión lineal de etapas como se refleja en la figura 13.

Figura 12. Ejemplo de secuencia lineal GRAFCET.

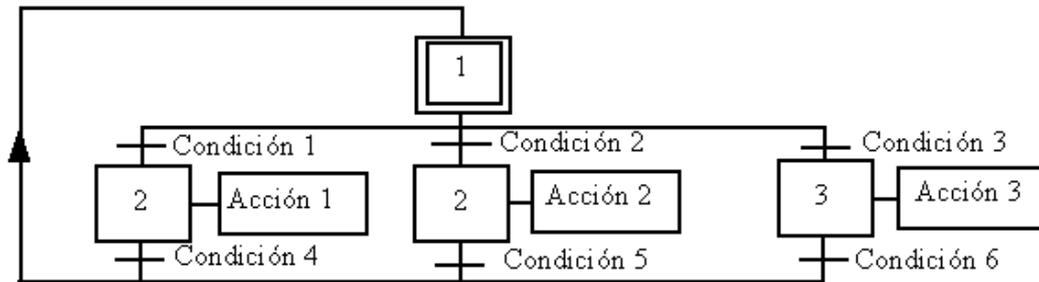


Fuente:<http://es.wikipedia.org/wiki/GRAFCET>

El programa irá activando cada una de las etapas y desactivando la anterior conforme se vayan cumpliendo cada una de las condiciones. Las acciones se realizarán en función de la etapa activa a la que están asociadas. Por ejemplo, con la etapa 1 activa tras arrancar el programa, al cumplirse la "Condición 1", se activará la etapa 2, se desactivará la 1, y se realizará la "Acción 1".

- *Con direccionamiento.* En un GRAFCET con direccionamiento el ciclo puede variar en función de las condiciones que se cumplan. En el siguiente ejemplo a partir de la etapa inicial se pueden seguir tres ciclos diferentes dependiendo de qué condiciones (1, 2 y/o 3) se cumplan, (normalmente sólo una de ellas podrá cumplirse mientras la etapa 1 esté activa, aunque pueden cumplirse varias):

Figura 13. Ejemplo GRAFCET con direccionamiento.

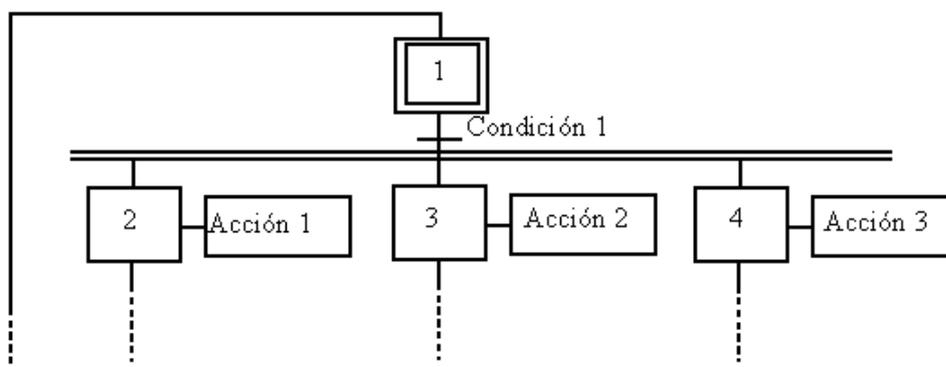


Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/GRAFCET>

La diferencia significativa del direccionamiento (árbol abierto con una línea sencilla horizontal) con respecto a la simultánea es que esta pasara a la siguiente etapa cuando haya terminado una de las tareas paralelas independientemente de las que se iniciaron.

- *Simultáneas.* En las secuencias simultáneas varios ciclos pueden estar funcionando a la vez por activación simultánea de etapas. En el siguiente ejemplo, cuando se cumple la condición 1 las etapas 2, 3 y 4 se activan simultáneamente:

Figura 14. Ejemplo en secuencia simultánea GRAFCET.



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

En los casos de tareas simultáneas (árbol abierto por doble línea horizontal) la etapa siguiente al cierre solo podrá iniciarse cuando todas las etapas paralelas hayan terminado. (WIKIPEDIA, 2014)

## **Neumática**

La Neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos.

Mediante un fluido, ya sea aire (neumática), aceite o agua (hidráulica) se puede conseguir mover un motor en movimiento giratorio o accionar un cilindro para que tenga un movimiento de salida o retroceso de un vástago (barra). (ÁREATECNOLOGÍA, 2014)

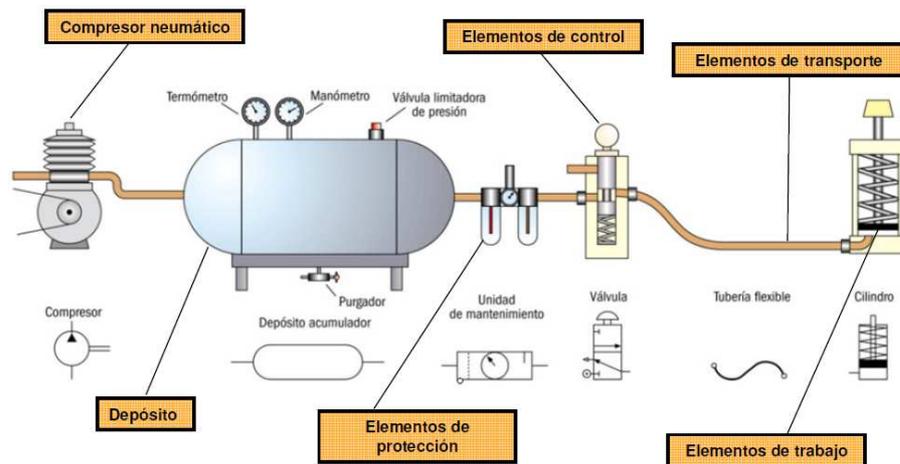
*Aplicaciones de la Neumática.* En la actualidad la mayor parte de las industrias utilizan sistemas de aire comprimido en sus procesos, debido a la facilidad de instalación y bajos costos de este tipo de sistemas. Así se puede observar hoy en día un elevado uso de instalaciones de aire comprimido en la mayor parte de procesos industriales.

Algunas de las aplicaciones más comunes incluyen el uso para apertura y cierre de puertas en el transporte público, automatización de procesos industriales, accionamiento de motores neumáticos, en herramientas de impacto, máquinas de taladrado o perforación, martillos neumáticos, prensas neumáticas, pistolas para pintar, sistemas de empaquetado, estampadoras, máquinas de etiquetado, envasadoras, sistemas de sujeción de piezas, elevadores, válvulas de control y posicionadores, robots industriales, frenos neumáticos, entre otros.(BERRÍO, y otros, 2007)

*Sistemas Neumáticos.* La neumática precisa de una estación de generación y preparación del aire comprimido formado por un compresor de aire, un depósito, un sistema de preparación de aire (filtro, lubricador y regulador de presión), una red de tuberías para llegar al utilizador y un conjunto de preparación de aire para cada dispositivo neumático individual.

Los sistemas neumáticos se complementan con los eléctricos y electrónicos, lo que les permite tener un alto grado de sofisticación y flexibilidad. Utilizan válvulas de selenoide, señales de realimentación de interruptores magnéticos, sensores e interruptores eléctricos de final de carrera. El PLC (*Programmable Logic Controller*) les permite programar la lógica de funcionamiento de un cilindro o de un conjunto de cilindros realizando una tarea específica. (CREUS, 2010)

Figura 15. Componentes de un sistema neumático



Fuente: <http://www.areatecnologia.com/NEUMATICA.htm>

*Ventajas y desventajas de la Neumática.* En los sistemas neumáticos la utilización de aire comprimido debidamente tratado representa varias ventajas y desventajas, en comparación a sistemas hidráulicos o eléctricos similares.

**2.7.2.1 Ventajas de la Neumática.** Entre las principales ventajas se puede destacar las siguientes:

- Bajos costos, debido a que el aire es un fluido abundante en la tierra y que puede ser tomado directamente de la atmósfera.
- Bajo costo de los componentes necesarios para el montaje de una instalación de aire comprimido.
- Seguridad en el uso de aire comprimido, por no poseer propiedades explosivas.
- Velocidad de trabajo, debido a que los actuadores neumáticos pueden trabajar a altas velocidades.

- Un sistema neumático no requiere líneas de retorno ya que el aire usado se puede devolver directamente al ambiente, sin riesgos de contaminación.
- Instalaciones de fácil diseño, montaje y transporte.
- Facilidad en el mantenimiento, debido a que trabajan con un fluido limpio.

**2.7.2.2 Desventajas de la neumática.** El uso de sistemas neumáticos genera las siguientes desventajas:

- El problema más común y grave en los sistemas neumáticos es la generación de humedad, el aire al comprimirse eleva su temperatura y en las vías de distribución baja la temperatura y se condensa, produciendo daños en los dispositivos de trabajo como actuadores o válvulas.
- Generación de ruido, un sistema neumático utiliza un compresor que puede generar mucho ruido, por lo que debe ser instalado en lugares apartados al área de producción, los sistemas de escape también pueden generar mucho ruido obligando al uso de silenciadores, incrementando los costos de la instalación.
- Los costos generados por el uso de compresores para la generación del aire comprimido.
- Variaciones de velocidad debido a cambios en la compresión del aire.
- Fuerza limitada, con valores que están debajo de los producidos por sistemas hidráulicos similares.(BERRÍO, y otros, 2007)

*Actuadores neumáticos.* La energía del aire comprimido utilizado en sistemas neumáticos se transforma en trabajo útil a través de dispositivos denominados actuadores, que trabajan realizando movimiento lineal o rotativo, según el movimiento que realizan se tiene los siguientes tipos de actuadores para distintas aplicaciones:

- Cilindros neumáticos, que trabajan con movimiento lineal o rectilíneo.
- Motores neumáticos, que trabajan con movimiento rotatorio.
- Actuadores de giro, que trabajan con movimiento rotatorio menor a 360 grados.

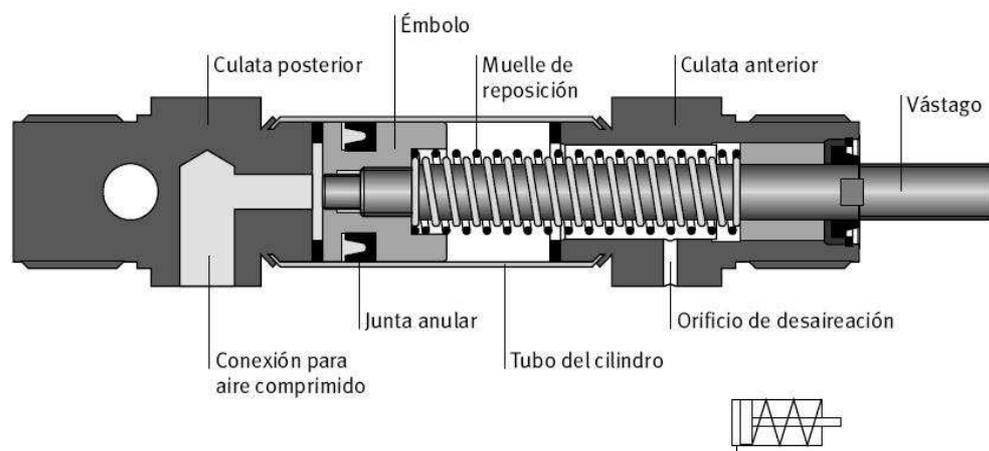
**2.7.3.1 Cilindros neumáticos.** Realizan un trabajo con movimiento rectilíneo, para realizar el trabajo el aire comprimido ingresa hasta una cámara, en donde la presión del aire aplica una fuerza sobre un émbolo unido a un vástago, empujándolo en forma

rectilínea. El retorno del vástago a la cámara del cilindro se puede realizar utilizando un resorte, la fuerza de gravedad o el aire comprimido.

De acuerdo al tipo de retorno del émbolo y vástago, se tiene dos tipos de cilindro neumático: cilindro de simple efecto y cilindro de doble efecto.

- *Cilindro de simple efecto.* En este cilindro el aire comprimido ingresa hacia la cámara por un solo extremo del cilindro, ejerciendo una fuerza que empuja fuera de la cámara al émbolo y vástago con un movimiento rectilíneo. La fuerza utilizada para el retorno de émbolo y vástago puede provenir de un resorte o muelle que se comprime cuando el vástago es empujado por el aire, o se también puede utilizarse la fuerza de gravedad o cualquier otro tipo de fuerza externa, siendo los más comunes los cilindros con muelle.

Figura 16. Partes y símbolo de un cilindro de simple efecto

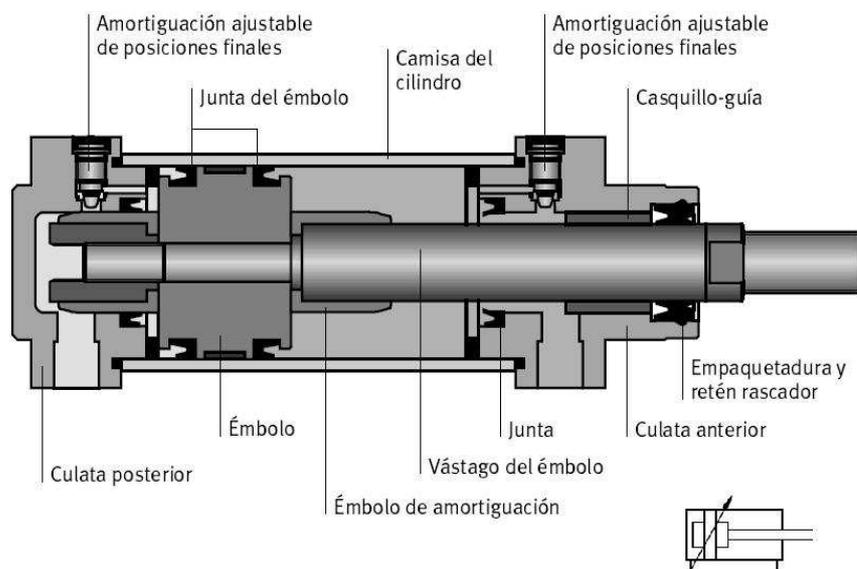


Fuente:<http://industrial-automatizada.blogspot.com/2010/09/elementos-de-fuerza-cilindros-y-motores.html>

- *Cilindro de doble efecto.* En los cilindros de doble efecto tanto el avance como el retroceso del émbolo y vástago se da por acción del aire comprimido, por lo que la fuerza de trabajo se obtiene en las dos direcciones del movimiento rectilíneo del vástago. Para que se realice el movimiento en una de las dos direcciones es necesario una diferencia de presión entre los dos lados del émbolo, esto se consigue conectando una de las cámaras a la entrada del aire a presión y la otra a la salida a la atmósfera, mediante una válvula de control asociada al cilindro.

Características como las de realizar trabajo en dos direcciones, mayor recorrido del vástago al no tener un muelle de retroceso y la no dependencia de elementos mecánicos externos para el retroceso del vástago hacen del cilindro de doble efecto el más utilizado en aplicaciones neumáticas. Se debe tener en cuenta que el consumo de aire en un cilindro de doble efecto es mayor que en uno de simple efecto, además la fuerza de retroceso del vástago es menor a la de avance, esto debido a que el área en la que actúa el aire comprimido para el retroceso es menor debido a la presencia del vástago.

Figura 17. Partes y símbolo de un cilindro de doble efecto

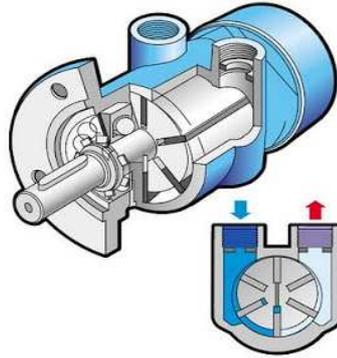


Fuente: <http://industrial-automatizada.blogspot.com/2010/09/elementos-de-fuerza-cilindros-y-motores.html>

**2.7.3.2 Motores neumáticos.** Un motor neumático transforma la energía del aire comprimido en trabajo útil con movimiento giratorio, con varias ventajas sobre los motores eléctricos entre las que destacan mayor silencio durante su funcionamiento, la velocidad y el sentido de giro el fácilmente regulable y ante una sobre carga no se quemará, simplemente detendrá su giro. Su principal desventaja es que su torque se encuentra limitado a la presión del aire comprimido.

Uno de los tipos de motor neumático es el motor de aletas, en el que se montan aletas sobre un rotor, al entrar el aire comprimido a la cámara en el que se encuentran las aletas las hará girar.

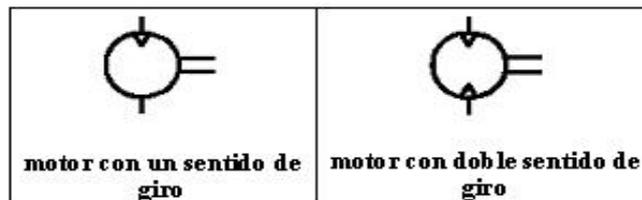
Figura 18. Motor neumático de aletas



Fuente: <http://industrial-automata.blogspot.com/2010/09/elementos-de-fuerza-cilindros-y-motores.html>

Un motor neumático puede girar en dos sentidos si la presión del aire se ejerce por un momento sobre un lado de la paleta y en otro momento sobre el otro lado.

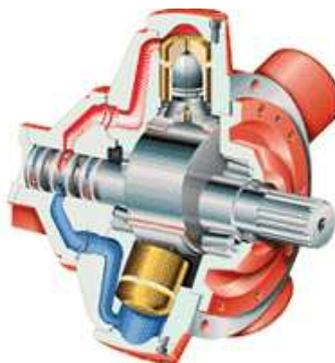
Figura 19. Símbolos de un motor neumático



Fuente: <http://www.areatecnologia.com/NEUMATICA.htm>

Otro tipo de motor neumático es el motor de pistones, de construcción similar a un compresor de embolo, su principal desventaja frente a un motor neumático de aletas es que trabaja a menores velocidades.

Figura 20. Motor neumático de pistones



Fuente: <http://www.areatecnologia.com/NEUMATICA.htm>

**2.7.3.3 Actuadores de giro.** Un actuador de giro realiza un trabajo generando una fuerza rotativa, con ángulos de giro limitados entre los 0° y 360°. La limitación del ángulo de giro depende de su construcción que puede de aleta giratoria o transmisión por cremallera, así como del tamaño de cilindro que posee.

En los actuadores giratorios de aleta la fuerza se trasmite directamente de la aleta basculante al eje de accionamiento.

Figura 21. Actuador giratorio de aleta



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/smc/actuadores-rotativos-neumaticos-paleta-82491-857319.html>

En los actuadores giratorios de transmisión por cremallera el movimiento lineal del cilindro es convertido en movimiento giratorio por medio de un engranaje de cremallera.

Figura 22. Actuador giratorio de transmisión por cremallera.



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/metal-work/actuadores-neumaticos-rotativos-pinion-cremallera-594-466018.html>

*Válvulas direccionales.* El trabajo de un actuador neumático depende de la llegada del aire comprimido en el momento y en el sentido deseado, esto se logra a través del uso de válvulas direccionales, que permiten el paso del aire en el momento requerido y lo direccionan a un lugar específico.

Figura 23. Válvula direccional



Fuente: <http://store.norgren.com/mx/es/detail/valvulas/productos-clasicos/2622001305002400/valvulas-solenoide-en-linea>

Las válvulas direccionales disponen de un grupo de agujeros denominados vías, en los cuales se acoplan las tuberías de ingreso y salida de aire comprimido, estas vías determinan la dirección que seguirá el flujo de aire, según el número de entradas y salidas de aire las válvulas direccionales pueden ser de uno, dos, tres, cuatro o cinco vías.

Las válvulas pueden adoptar la posición de abierto o cerrado y según el número de posiciones la válvula puede ser generalmente de dos o tres posiciones.

Las válvulas direccionales disponen de un grupo de agujeros denominados vías, en los cuales se acoplan las tuberías de ingreso y salida de aire comprimido, estas vías determinan la dirección que seguirá el flujo de aire, según el número de entradas y salidas de aire las válvulas direccionales pueden ser de uno, dos, tres, cuatro o cinco vías.

Las válvulas pueden adoptar la posición de abierto o cerrado y según el número de posiciones la válvula puede ser generalmente de dos o tres posiciones.(MONTALVO, 2009 págs. 73-84)

## Sensores

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una Tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra. Áreas de aplicación de los sensores: Industria automotriz, robótica, industria aeroespacial, medicina, industria de manufactura, etc. Los sensores pueden estar conectados a un computador para obtener ventajas como son el acceso a una base de datos, la toma de valores desde el sensor, etc. (WIKIPEDIA, 2014)

Figura 24. Sensores



Fuente: <http://www.cnad.edu.mx/sitio/matdidac/md/control/SENSORESPARTE1.pdf>

*Tipos de sensores.* Existen diferentes tipos de sensores, en función del tipo de variable que tengan que medir o detectar: de contacto, ópticos, de proximidad, térmicos,

de humedad, magnéticos, de infrarrojos, etc. Para nuestro estudio se analizará la clasificación de los sensores de proximidad por ser los de mayor uso en sistemas industriales.

**2.9.1.2 Sensores de proximidad.** Se tratan de sensores que por lo general dan respuestas de señales digitales, es decir suministra una señal que solamente tiene dos estados, de cierre o apertura de un contacto eléctrico. Son los más utilizados en sistemas de automatización y adoptan diferentes formas: sensor de proximidad inductivo, capacitivo, óptico y magnético.

- *Sensores de proximidad inductivos.* Este tipo de sensores se basan en el cambio de inductancia que provoca un objeto metálico en un campo magnético. Los sensores de este tipo constan básicamente de una bobina y de un imán. Cuando un objeto ferromagnético penetra o abandona el campo del imán el cambio que se produce en dicho campo induce una corriente en la bobina; el funcionamiento es sencillo; si se detecta una corriente en la bobina, algún objeto ferromagnético ha entrado en el campo del imán. Como podemos deducir rápidamente, el gran inconveniente de este tipo de sensores es la limitación a objetos ferromagnéticos, aunque en aplicaciones industriales son bastante habituales.
- *Sensores de proximidad capacitivos.* Como su nombre indica, están basados en la detección de un cambio en la capacidad del sensor provocado por una superficie próxima a éste. Constan de dos elementos principales; un elemento cuya capacidad se altera (que suele ser un condensador formado por electrodos), y el dispositivo que detecta el cambio de capacidad (un circuito electrónico conectado al condensador). Estos sensores tienen la ventaja de que detectan la proximidad de objetos de cualquier naturaleza; sin embargo, hay que destacar que la sensibilidad disminuye bastante cuando la distancia es superior a algunos milímetros. Además, es muy dependiente del tipo de material. Por ejemplo, a una distancia de 5 mm, la medida del cambio de capacidad es el doble más precisa si el elemento que se aproxima es hierro, que si es PVC. Este tipo de sensores permite detectar materiales metálicos o no, pero su sensibilidad se ve muy afectada por el tipo de material y grado de humedad ambiental del cuerpo a detectar. Las aplicaciones

típicas son en la detección de materiales no metálicos como vidrio, cerámica, plástico, madera, agua, aceite, cartón, papel, etc.

- *Sensores de proximidad ópticos.* Emplean fotocélulas como elementos de detección. A veces disponen de un cabezal que contiene un emisor de luz y la fotocélula de detección del haz reflejado sobre el objeto. Otros trabajan en modo barrera y se utilizan para cubrir mayores distancias, con fuentes luminosas independientes del detector. Ambos tipos suelen trabajar con frecuencias en la banda de infrarrojos. Su utilización principal es como detectores de posición el principio de funcionamiento está basado en la generación de un haz luminoso por parte de un fotoemisor que se proyecta sobre un fotorreceptor, o bien, sobre un dispositivo reflectante. La interrupción o reflexión del haz, por parte del objeto a detectar, provoca el cambio de estado en la salida de la fotocélula.
  
- *Sensores de proximidad magnéticos.* Los sensores magnéticos usan el efecto magneto resistivo, propiedad por la cual, un material magnético cambia su resistencia en presencia de un campo magnético externo. Esto proporciona un excelente medio para medir con precisión desplazamientos lineales y angulares (por ejemplo, en varillas metálicas, levas, cremalleras), pues pequeños movimientos mecánicos producen cambios medibles en el campo magnético. Los sensores de esta serie encuentran aplicación en instrumentación y control de procesos, como también en automatización industrial. Son sensores que se aplican fundamentalmente en la detección de posición de los cilindros neumáticos. En los cilindros existe un imán que permanece fijado en el pistón del cilindro. (VELASQUEZ, 2014)

## CAPÍTULO III

### IMPLEMENTACIÓN DEL PLC S7-1200 Y LA PANTALLA TÁCTIL EN EL MÓDULO DE TRANSPORTE

El planteamiento de este tema tesis propone la implementación de equipos de control para la automatización de un módulo de transporte existente en el Laboratorio de Control y Manipulación Automática de Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, mediante esta implementación se busca mejorar el funcionamiento automático del módulo de transporte en beneficio de los estudiantes que lo utilizarán para su aprendizaje práctico dentro del laboratorio. Para implementar los equipos de control automático es necesario la construcción de un nuevo módulo para la instalación de estos equipos, denominado módulo de automatización, en el que se realizará el montaje y conexión de los equipos y accesorios necesarios para su funcionamiento y finalmente se lo enlazará al módulo de transporte. Además se requiere una revisión al estado del módulo de transporte con el fin de asegurar sus condiciones óptimas de funcionamiento.

#### Descripción del módulo de transporte

El módulo de transporte existente consta principalmente de elementos eléctricos y neumáticos montados sobre una estructura de aluminio, con las conexiones entre dispositivos, necesarias para su funcionamiento.

Figura 25. Módulo de transporte horizontal



Fuente:Autores

El módulo ha sido diseñado y construido para simular un proceso de distribución de piezas de trabajo, en el que las mencionadas piezas son transportadas por medio de un cilindro neumático de doble efecto hasta una área denominada placa de distribución, para desde esta placa ser transportadas hasta su posición final utilizando una ventosa instalada en la pluma de extensión de un actuador giratorio.

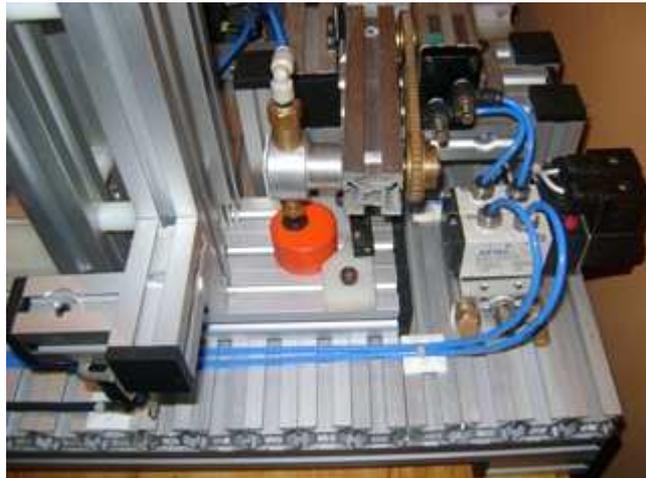
*Descripción del funcionamiento del módulo de transporte.* El módulo de transporte realiza un proceso de distribución de piezas desde una torre de almacenamiento hasta su posición final en varias etapas, cada etapa realiza una función dentro del proceso utilizando distintos elementos eléctricos y neumáticos.

A continuación se describe el funcionamiento detallado del módulo de transporte en varias etapas del proceso:

- Las piezas de trabajo se colocan en la torre de almacenamiento del módulo, desde donde descienden por efecto de la gravedad.
- La posición de la pieza de trabajo ubicada en la parte más baja de la torre de almacenamiento es detectada por un sensor óptico que da la señal para activar el cilindro neumático de doble efecto por medio de una electroválvula 5/2, este cilindro realizará el desplazamiento inicial de la pieza de trabajo hasta la denominada placa de distribución.
- La posición del vástago del cilindro neumático se detecta por un sensor magnético ubicado en la parte exterior del cilindro, mediante este sensor se desactiva el desplazamiento del cilindro y el vástago vuelve a su posición inicial quedando la pieza de trabajo ubicada en la placa de distribución.
- La posición de la pieza de trabajo en la placa de distribución es detectada por un sensor óptico por medio del cual se activa el actuador giratorio a través de una electroválvula 3/2, el actuador giratorio está conectado a la ventosa por medio de una estructura denominada pluma de extensión, el desplazamiento del actuador giratorio se da en un ángulo de 180 grados, lo que permite ubicar la ventosa sobre la pieza de trabajo.

En esta etapa del proceso, la posición de la ventosa la detectan dos sensores magnéticos.

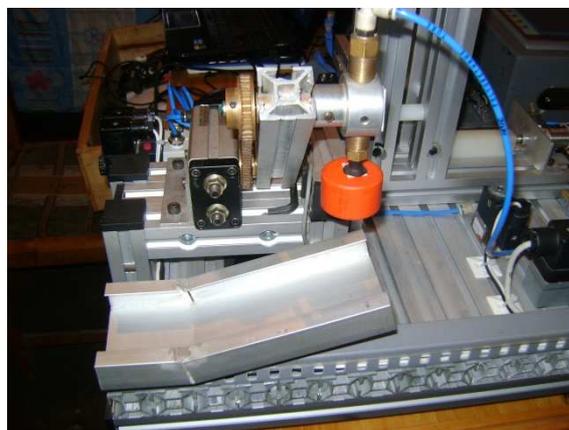
Figura 26. Succión de la pieza de trabajo



Fuente: Autores

- La posición de la ventosa sobre la pieza de trabajo la detecta un sensor magnético que da la señal de activación de un generador de vacío, logrando así la succión de la pieza de trabajo por medio de la ventosa, el proceso de succión se controla mediante un presostato regulable.
- Activada la succión en la ventosa se da el desplazamiento final de la pieza de trabajo, la activación de la succión da señal para desactivar el desplazamiento del actuador giratorio, volviendo así el actuador a su posición inicial y con la pieza de trabajo succionada por la ventosa.
- Un sensor magnético detecta la posición de la ventosa con la pieza de trabajo succionada, el sensor magnético da la señal para desactivar la succión con lo que termina el desplazamiento final de la pieza de trabajo.

Figura 27. Desplazamiento final de la pieza de trabajo



Fuente: Autores

*Dimensiones del módulo de transporte.* El módulo está dimensionado para soportar sobre su estructura todos los componentes necesarios para desarrollar el proceso de transporte, el principal material utilizado en la construcción del módulo es el aluminio, en la tabla cinco podemos observar las dimensiones generales y el peso aproximado de la mesa de montaje de los accesorios del módulo.

Tabla 5. Dimensiones del equipo

Altura	330 mm
Ancho	360 mm
Profundidad	720 mm
Peso aproximado	10 kg

Fuente: Autores

*Partes constitutivas del módulo de transporte.* A continuación se describe las características técnicas principales de los diferentes elementos constitutivos del módulo de transporte y su función en el proceso.

**3.0.2.1 Cilindro de doble efecto.** En este tipo de cilindro la fuerza ejercida por el aire comprimido anima al émbolo a realizar un movimiento de traslación en los dos sentidos, es decir, se dispone de una fuerza útil tanto en la ida como en el retorno.

En el módulo el cilindro es accionado mediante una electroválvula 5/2, para impulsar la pieza de trabajo desde su posición inicial en la parte baja de la torre de almacenamiento hasta la placa de distribución.

Tabla 6. Datos técnicos del cilindro de doble efecto.

Marca	Norgren
Tipo	RT/57220/M/100
Presión	1 – 10 bares
Temperatura Máxima	+80 °C
Longitud de carrera	100mm

Fuente: Autores

**3.0.2.2** *Electroválvulas 5/2.* Es una electroválvula simple de cinco vías y dos posiciones, conmuta al recibir la señal de un sensor óptico colocado en la parte baja de la torre de almacenamiento accionando al cilindro de doble efecto.

Tabla 7. Datos técnicos de la electroválvula 5/2

Marca	Airtac
Tipo	4V210 - 08
Presión	0.15–0.8MPa
Temperatura	5 - 50 °C

Fuente: Autores

**3.0.2.3** *Electroválvula 3/2.* Es una electroválvula simple de tres vías y dos posiciones, conmuta al recibir la señal de un sensor óptico colocado la parte posterior de la placa de distribución del módulo, accionando el actuador neumático giratorio.

Tabla 8. Datos técnicos de la electroválvula 3/2

Marca	Camozzi
Tipo	A331 – 1C2
Presión	6 bares
Temperatura	0° – +60°C

Fuente: Autores

**3.0.2.4** *Generador de vacío.* Para la succión de las piezas se utiliza el actuador giratorio con pluma de extensión junto a una pinza de aspiración o ventosa. La depresión en la ventosa se genera con una bomba de vacío de efecto Venturi controlado por un presostato.

Tabla 9. Datos técnicos del generador de vacío

Marca	Norgren
Tipo	M/58112/11
Presión	-0,90bares máximo
Temperatura	+150°C

Fuente: Autores

**3.0.2.5 Presostato.** El presostato está conectado entre el generador de vacío y la ventosa, asume las funciones de un sensor, reconociendo si el vacío se ha establecido por completo. Si no cuelga ninguna pieza de la ventosa, no puede establecerse depresión debido al flujo de aire procedente de la atmósfera, cuando una pieza cierra la ventosa se establece depresión, siendo entonces accionado el vacuostato que controla la entrada de flujo de aire al generador de vacío.

Tabla 10. Datos técnicos del presostato

Marca	Norgren
Tipo	0886110
Presión	0 –16 bares
Temperatura ambiente	-10°C a +60°C
Temperatura del fluido	-10°C a 80°C
Tensión de alimentación	24 V DC
Consumo de corriente	< 50 mA

Fuente: Autores

**3.0.2.6 Ventosa.** La pinza de vacío o ventosa sirve para sujetar piezas por succión, para alcanzar los valores de fuerza de aspiración es necesario que las piezas presenten una superficie lisa y limpia, pues de lo contrario se reducen los valores conforme a la calidad de la superficie. La fuerza de succión se obtiene producto de la superficie de la ventosa y la presión de vacío generada.

Tabla 11. Datos técnicos de la ventosa

Marca	Festo
Tipo	VAS-15-1/8
Presión	0 –16 bares
Temperatura ambiente	-20 a 80 °C
Diámetro nominal	3 mm
Diámetro útil	12mm
Diámetro total	15mm

Fuente: Autores

**3.0.2.7 Actuator rotatorio.** Un actuador neumático de giro sirve para ejercer una fuerza rotativa con un ángulo de giro normalmente limitado. Para hacer funcionar el actuador neumático en el módulo se conecta aire comprimido a uno de los lados del émbolo o veleta generando una fuerza que mediante un dispositivo mecánico piñón y cremallera se transforma en movimiento rotatorio, el torque que genera el actuador es directamente proporcional a la presión del aire comprimido.

Tabla 12. Datos técnicos del actuador rotatorio

Marca	Chanto
Tipo	RA 20X180
Torque (a 5Kgf-cm <sup>2</sup> )	10 kgf-cm
Presión de operación	0.6 a 7 kgf/cm <sup>2</sup>
Diámetro del émbolo	20 mm
Ángulo de rotación	180°
Rango de velocidad	50 a 100 mm/seg
Rango de temperatura	-10 a +70 °C

Fuente: Autores

**3.0.2.8 Sensores ópticos.** Son sensores que entregan una señal eléctrica de acuerdo a la luminosidad que estén recibiendo, mediante en la excitación que sufren los electrones libres de determinados materiales cuando son expuestos a la luz. Este tipo de sensores son utilizados para detectar el paso de algún elemento por medio de la obstrucción de un haz de luz, en el módulo el primero de estos sensores detecta la presencia de las piezas de trabajo en la parte inferior de la torre de almacenamiento, mientras que el segundo sensor, detecta la presencia de las piezas de trabajo en la placa de distribución.

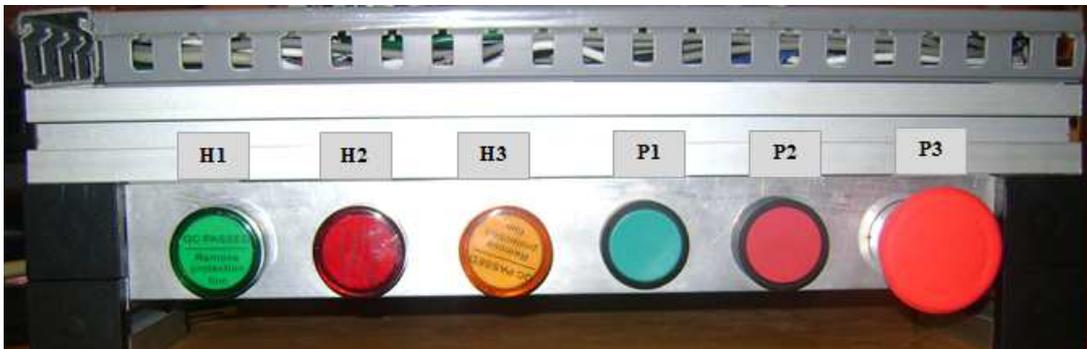
**3.0.2.9 Sensores magnéticos.** Este tipo de sensor reacciona a los campos magnéticos, el sensor tiene dos lengüetas elásticas de contacto ferromagnéticas dentro de un tubo de vidrio hermético lleno de gas inerte, al acercarse un campo magnético al tubo las lengüetas entran en contacto, cerrando el circuito eléctrico, en una reacción de una milésima de segundo. En el módulo estos sensores son utilizados como detectores de posición, un sensor magnético detecta la posición inicial del vástago del cilindro de doble efecto, mientras que otros dos sensores detectan la posición de la pluma de

extensión del actuador giratorio, lo permite obtener un movimiento giratorio del actuador de 180 grados. Sus características se detallan en el ANEXO A.

**3.0.2.10 Tablero de control.** El tablero de control mostrado en la figura 28 está ubicado en la parte lateral del módulo y tiene los siguientes elementos eléctricos de control:

- Pulsador P1 o de encendido, para poner en funcionamiento el módulo de transporte.
- Pulsador P2 o de paro, para detener el funcionamiento del módulo de transporte.
- Pulsador P3 o paro de emergencia, para detener el funcionamiento del módulo de transporte e impedir el arranque mientras esté accionado.
- Lámpara piloto H1 verde, indica que el módulo está en funcionamiento.
- Lámpara piloto H2 roja, indica que el módulo no está en funcionamiento mientras no reciba una señal de activación.
- Lámpara piloto H3 amarilla, indica que la etapa de succión esta activada.

Figura 28. Panel de control del módulo de transporte



Fuente: Autores

### Revisión del módulo de transporte

El módulo de transporte contiene en su estructura elementos necesarios para el aprendizaje y desarrollo de proyectos de control y manipulación automática, el desarrollo del tema de tesis tiene como objetivo la implementación del Control Lógico Programable, la Pantalla Táctil para la Interfaz Hombre Máquina (HMI) y la comunicación vía ETHERNET entre estos elementos, con el fin de proporcionar al

alumno el medio para desarrollar proyectos de automatización de procesos industriales en tiempo real.

Para lograr este objetivo se requiere que el módulo de transporte esté operativo y en condiciones seguras de funcionamiento, por lo que se requiere realizar tareas de revisión con el fin de determinar el estado técnico de cada elemento constituyente del módulo y determinar acciones mejorativas o correctivas según sea el caso.

*Estado inicial del módulo de transporte.* Mediante una revisión visual y comprobación del funcionamiento de cada elemento a través de pruebas eléctricas y neumáticas se evalúa el estado del módulo, determinando la necesidad de realizar tareas de mantenimiento para alcanzar el estado óptimo de funcionamiento, ya que al momento de la revisión el módulo no podía ser utilizado.

Figura 29. Estado inicial del módulo de transporte



Fuente: Autores

**3.1.0.1** *Determinación del estado técnico.* La revisión visual y pruebas de funcionamiento permiten determinar el estado técnico del equipo, que representa las condiciones de funcionamiento reales de los componentes del módulo para realizar las mejoras necesarias. El proceso para la determinación del estado técnico es el siguiente:

- Se multiplica los aspectos evaluados como buenos por 1, los regulares por 0.80, los malos por 0.60 y los evaluados como muy malos por 0.4.

- La sumatoria de estos resultados se divide para la cantidad total de aspectos evaluados.
- El resultado se multiplica por 100, obteniéndose un índice de evaluación en porcentaje.
- Se clasifica al equipo por su estado técnico como bueno si el índice obtenido está entre 90 a 100%, regular para un índice de 75 a 89%, malo para un índice de 50 a 74% y muy malo para un índice menor al 50%.(MOROCHO, 2000 pág. 18)

Tabla 13. Estado técnico del módulo de transporte

 		<b>MÓDULO DE TRANSPORTE HORIZONTAL</b>			
		EVALUACIÓN DEL ESTADO TÉCNICO			
<b>Versión: 2014</b>		ESPOCH – FACULTAD DE MECÁNICA			
ÍTEM EVALUADO	ESTADO				
	BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	
Estructura de aluminio		X			
Sistema eléctrico			X		
Panel de control (pulsadores, lámparas)			X		
Mangueras, racores.		X			
Unidad de mantenimiento		X			
Electroválvulas 5/2	X				
Electroválvula 3/2	X				
Generador de vacío	X				
Presostato	X				
Cilindro doble efecto		X			
Ventosa		X			
Actuador giratorio			X		
Sensores magnéticos			X		
Sensores ópticos		X			
<b>Total:</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	
<b>Conclusión:</b> 74. 29 %, siendo el estado técnico malo.					

Fuente: Autores

*Tareas de mantenimiento realizadas al módulo de transporte.* Una vez efectuada la revisión y determinado el estado técnico de los componentes y el módulo en general, se realizan acciones de mantenimiento para devolver la funcionalidad al módulo de transporte.

Las tareas de mantenimiento y modificaciones realizadas se detallan a continuación:

- Limpieza de la estructura del módulo.
- Reajuste y reubicación del anclaje de los componentes.
- Pruebas funcionamiento eléctricas a los sensores.
- Pruebas de funcionamiento neumáticas a los actuadores y electroválvulas.
- Calibración del presostato con los elementos de ajuste (ANEXO B).
- Calibración de las electroválvulas y sensores.
- Implementación de conductos para el sistema eléctrico.
- Implementación de una tarjeta de comunicación electrónica.
- Implementación de una rampa de descarga.

Figura 30. Implementación de la rampa de descarga.



Fuente: Autores

Una vez realizadas las revisiones y tareas de mantenimiento se logra devolver el estado de funcionamiento óptimo al módulo, mejorando también la visualización del proceso sin afectar las características del mismo, la figura 25 muestra el estado final del módulo.

## **Implementación del módulo de automatización**

El mejoramiento en el funcionamiento del módulo de transporte requiere el diseño y construcción de un nuevo módulo para el montaje de los equipos de control automático, el módulo de automatización construido permite la introducción de programas desarrollados en un software al PLC y a la Pantalla Táctil denominada panel de operador.

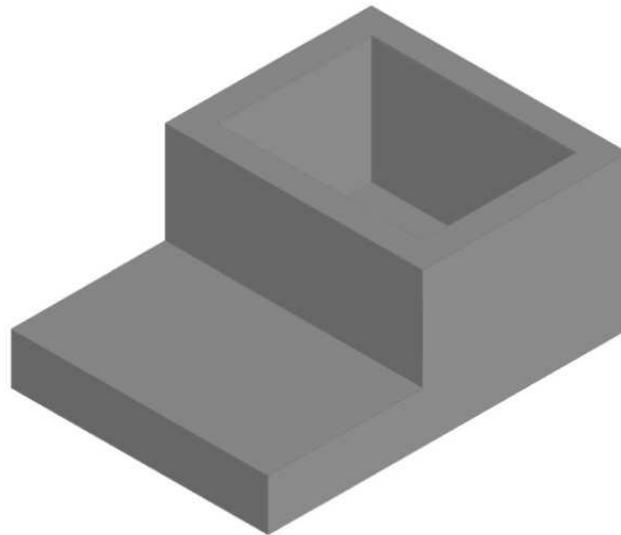
El programa introducido se desarrollado en un lenguaje de programación entendible para los equipos de control y la comprobación del funcionamiento se realiza conectando las entradas y salidas correspondientes del módulo de transporte para visualizar el control automático del proceso de distribución de piezas.

*Diseño del módulo de automatización.* El diseño es una parte muy importante en el proceso de construcción del módulo de automatización, de esto dependerá el resultado final del proceso, se consideran principalmente las dimensiones del módulo, los materiales utilizados y parámetros de diseño como la estética, ergonomía, seguridad y mantenibilidad.

El resultado final del diseño debe cumplir requerimientos didácticos que garanticen el correcto desarrollo de prácticas de laboratorio, los alumnos dispondrán de un módulo que les permita trabajar con ergonomía y seguridad, a más de la seguridad para los usuarios el diseño del módulo debe proteger el estado físico de los equipos de control y accesorios montados en su estructura.

*Características módulo de automatización.* La estructura del módulo construido debe ser capaz de sostener de forma segura al PLC, la pantalla táctil, elementos de conexión para las entradas y salidas y equipos complementarios como son la fuente de alimentación y el módulo Compact Switch, su dimensionamiento se ajustará al espacio de trabajo disponible en el que se ubicará para realizar las prácticas de laboratorio, por lo que en el diseño se designa el área específica requerida para ubicar los componente del módulo (ANEXO C y D). El módulo estará diseñado de forma que permita un fácil montaje, manipulación y mantenimiento, además el diseño permitirá transportarlo y utilizarlo en módulos neumáticos distintos.

Figura 31. Bosquejo del módulo de automatización

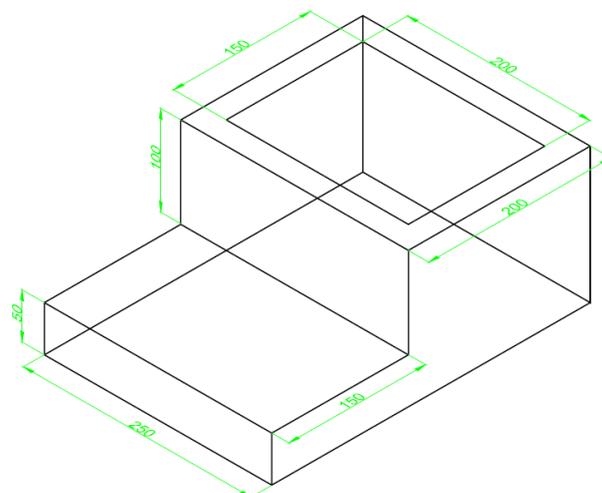


Fuente: Autores

*Dimensionamiento de la estructura del módulo de automatización.* Para el diseño de la estructura del módulo se tomó las dimensiones en base a las medidas y distribución de los elementos que serán montados en ella, las dimensiones serán suficientes para cumplir los parámetros de diseño considerados como son la estética, ergonomía, seguridad y mantenibilidad.

Las dimensiones expresadas en milímetros con las que se construirán el módulo se muestran en la siguiente figura:

Figura 32. Dimensiones del módulo de automatización



Fuente: Autores

*Distribución de componentes en el módulo de automatización.* La estructura es diseñada de forma que en la parte superior sea colocada la pantalla táctil, en la parte inferior se colocará el PLC, el módulo de comunicación y la fuente de alimentación, mientras que en la parte posterior se ubicarán elementos de control y protección, dejando la parte interior libre para la conexión entre elementos.

*Construcción del módulo de automatización.* El módulo es construido con las dimensiones y especificaciones de diseño, se construye en su totalidad utilizando acero de 1 mm de espesor el primer procedimiento de construcción será marcar las dimensiones de diseño en el acero, a continuación se corta el acero con las dimensiones marcadas, se dobla y une las partes para obtener la forma del módulo y finalmente se protege la estructura con un recubrimiento de pintura anticorrosiva.

Figura 33. Módulo de automatización construido



Fuente: Autores

### **Selección de equipos para el módulo de automatización.**

La selección de equipos es un requerimiento primordial para poder garantizar el correcto funcionamiento del módulo construido, para seleccionar los equipos se considera la garantía que ofrece la marca, innovación tecnológica, reconocimiento en el mercado y calidad de sus productos, en base a estas consideraciones los equipos

seleccionados para la adquisición son de la marca SIEMENS, a continuación se detallan estos equipos considerados principales en el módulo:

Tabla 14. Equipos del módulo de automatización

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
PLC	SIMATIC S7-1200, CPU 1212C
Pantalla táctil	KTP600 Basic color PN, Pantalla 6"
Fuente de poder	LOGO!Power, INPUT: AC 100-240V 1,22-0,66A 50/60Hz, OUTPUT: DC 24V/2,5A
Módulo Compact Switch	SIMATIC S7-1200 CSM 1277

Fuente: Autores

*Elementos adicionales del módulo de automatización.* Para el correcto funcionamiento del módulo de automatización es importante tener en cuenta dos aspectos importantes como son la seguridad y el control de los dispositivos.

Los dispositivos de control electrónicos que conforman el módulo de automatización pueden fallar en algún momento con consecuencias inesperadas, lo que implica contar con elementos de seguridad adicionales, para prevenir averías en los dispositivos por fallos eléctricos, el elemento de seguridad utilizado es un fusible. Para el encendido y apagado del módulo se utiliza un interruptor de dos posiciones, además se requiere contar con varios elementos adicionales necesarios para el montaje y conexión.

Tabla 15. Elementos adicionales del módulo de automatización

Cantidad	Elemento
1	Fusible de 2 Amperios
1	Porta fusibles
1	Interruptor de dos posiciones con luz piloto

Tabla 15. (Continuación)

1	Conector de cable de poder
1	Cable de poder de 10 A, 100 - 250 V AC
4	Conectores DB25
2	Metros de cable DB25
10	Metros de cable flexible #12 color verde
10	Metros de cable flexible #12 color blanco
5	Metros de cable flexible #12 color negro
3	Metros de cable RJ45
2	Tarjetas de comunicación electrónicas
100	Punteras de conexión
1	Cinta aislante
1	Perfil DIN normalizado (raíl)

Fuente: Autores

### **Ubicación de equipos en el módulo de automatización**

Los dispositivos deberán tener una ubicación específica que permita un funcionamiento seguro y facilidad de visualización para el control de su funcionamiento, además de la facilidad para las tareas de manipulación y mantenimiento.

*Ubicación del control lógico programable (PLC).* El PLC se considera como la parte principal del módulo de automatización, por ser el elemento que permite la automatización del proceso, se ubica en la parte inferior del módulo, entre el módulo de comunicación y la fuente de alimentación, el lugar de ubicación permite visualizar claramente el PLC para determinar su estado de funcionamiento.

*Ubicación del módulo compact switch.* El módulo compact switch permite construir a bajo coste redes industriales Ethernet útiles para la comunicación con dispositivos como el PLC, en el módulo de automatización servirá para cargar al PLC el programa desarrollado en el software desde una PC, se ubica en la parte inferior del módulo al costado izquierdo del PLC de forma que facilite la conexión entre estos equipos.

*Ubicación de la fuente de poder.* La ubicación de la fuente de poder deberá facilitar y permitir que sean seguras las tareas de conexión del dispositivo a la red de alimentación, se ubica en la parte inferior del módulo de automatización, al costado derecho del PLC.

Figura 34. Ubicación del PLC, compact switch y fuente de poder.



Fuente: Autores

*Ubicación de la pantalla táctil.* La pantalla táctil o panel de operador nos permite visualizar el proceso de distribución programado y permite también controlarlo mediante la manipulación directa de la pantalla, el panel de operador se ubica en la parte superior del módulo de automatización, en la figura 35 se observa la ubicación elegida debido a que resultará fácil para el operario concentrarse en la visualización del proceso que se controla e intervenir en él manipulando la pantalla.

La ubicación permite también facilidad para las tareas de conexión así como para las revisiones y tareas de mantenimiento.

Figura 35. Ubicación de la pantalla táctil



Fuente: Autores

*Ubicación de elementos de control y protección.* Además de los elementos considerados principales en el módulo de automatización es necesario disponer de elementos de control para activar o desactivar el módulo y elementos de protección para conservar el buen estado de los equipos, en la figura 36 se observa estos elementos ubicados en la parte posterior del módulo, se ha ubicado un interruptor on-off para permitir o bloquear la entrada de energía y un fusible de 2 Amperios para seguridad, también se tiene un conector para el cable de poder y un conector para la comunicación con el módulo de transporte.

Figura 36. Ubicación de elementos de control y protección



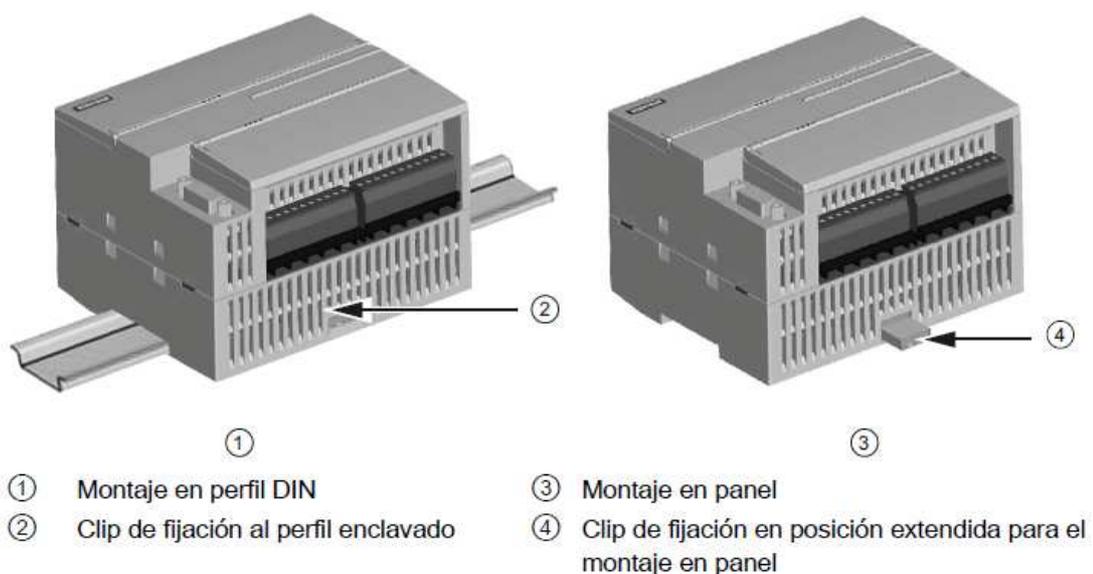
Fuente: Autores

## Montaje de equipos en el módulo de automatización

El montaje de equipos en la estructura del módulo construido se realizará posterior a la selección de los mismos, además se determinará su ubicación según los requerimientos de montaje de cada dispositivo y considerando también la facilidad de conexión y optimización de recursos.

*Montaje del control lógico programable (PLC).* El PLC S7-1200 es un equipo diseñado para un fácil montaje, el tamaño pequeño y compacto del PLC S7-1200 permite optimizar el espacio, puede montarse tanto sobre un panel como sobre un perfil DIN normalizado o raíl, con orientación horizontal o vertical.

Figura 37. Montaje del PLC S7-1200



Fuente: SIMATIC S7-1200 Manual del sistema

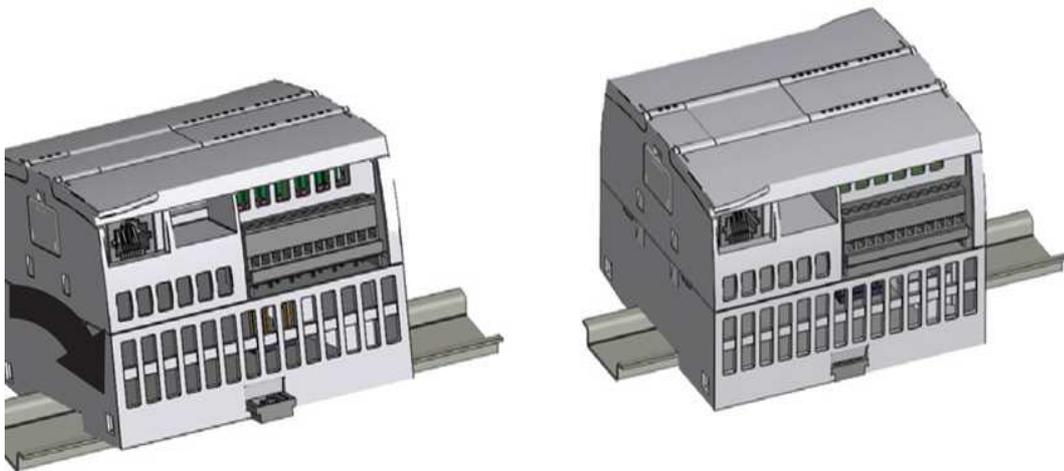
Cuándo el sistema está sometido a vibraciones fuertes o si se monta el equipo en posición vertical, el montaje en panel ofrece mayor protección al dispositivo S7-1200. En el módulo de automatización el montaje de los dispositivos S7-1200 se realiza en posición vertical y considerando que no existen vibraciones en el sistema, por lo que el montaje se realiza sobre un perfil DIN.

**3.5.0.1 Montaje del PLC S7-1200 sobre un perfil DIN.** Para el montaje del PLC en un perfil DIN es necesario conectar previamente en caso de requerirse los módulos de

comunicación necesarios a la CPU y montar el conjunto en forma de unidad. El montaje de la CPU en el módulo de automatización se realiza según el siguiente procedimiento recomendado por el manual del sistema S7-1200:

- Monte el perfil DIN. Atornille el perfil al panel de montaje dejando un espacio de 75mm entre tornillo y tornillo.
- Asegúrese de que la CPU y todo el equipamiento S7-1200 están desconectados de la tensión eléctrica.
- Enganche la CPU por el lado superior del perfil.
- Extraiga el clip de fijación en el lado inferior de la CPU de manera que asome por encima del perfil.
- Gire la CPU hacia abajo para posicionarla correctamente en el perfil.
- Oprima los clips hasta que la CPU encaje en el perfil.(SIEMENS, 2012)

Figura 38. Montaje del PLC S7-1200 en un perfil DIN



Fuente: SIMATIC S7-1200 Manual del sistema

**3.5.0.2 Desmontaje del PLC S7-1200 de un perfil DIN.** Para el desmontaje de la CPU del módulo de automatización se realiza según el siguiente procedimiento recomendado por el manual del sistema S7-1200:

- Asegúrese de que la CPU y todo el equipamiento S7-1200 están desconectados de la tensión eléctrica.
- Desconecte los conectores de E/S, el cableado y los cables restantes de la CPU.

- Desmonte la CPU y los módulos de comunicación conectados en forma de conjunto.
- Desmonte la CPU: Extraiga el clip de fijación para desenclavar la CPU del perfil DIN. Gire la CPU hacia arriba, extráigala del perfil y retírela del sistema.(SIEMENS, 2012)

Figura 39. Desmontaje del PLC S7-1200 de un perfil DIN



Fuente: SIMATIC S7-1200 Manual del sistema

*Montaje del módulo compact switch.* El compact switch CSM 1277 hace parte de la red industrial Ethernet del módulo de automatización, el compact switch CSM 1277 se ha diseñado para el montaje sobre un raíl o perfil DIN normalizado, aunque el montaje en pared también es posible.

**3.5.1.1** *Montaje del módulo compact switch sobre un perfil DIN.* El compact switch CSM 1277 cuenta con un pasacables para el bus de la pared posterior, el dispositivo se tiene que montar al principio o al final de la estación o módulo S7-1200, a continuación se detalla el procedimiento de montaje establecido en el manual del dispositivo.

- Enganche la guía de la parte superior de la carcasa del CSM en el riel de perfil de sombrero DIN de 35mm (DIN EN 60715 TH35).
- Presione el CSM 1277 por el extremo inferior sobre el riel de perfil de sombrero hasta que se enclave (Ver figura 40).
- Monte las conexiones de alimentación eléctrica.

- Enchufe el bloque de bornes en los conectores hembra previstos al efecto en el equipo, véase figura 49.(SIEMENS, 2009)

Figura 40. Montaje del módulo compact switch sobre un perfil DIN



Fuente: Compact Switch Module CSM 1277 Instrucciones de servicio

**3.5.1.2 Desmontaje del módulo compact switch de un perfil DIN.** Para desmontar el módulo compact switch CSM 1277 del raíl o perfil DIN a continuación se detalla el procedimiento establecido en el manual del dispositivo.

- Desmonte primero todos los cables conectados.
- Haciendo palanca con un destornillador se puede extraer ahora unos 5mm la pestaña de retención existente en la parte inferior del dispositivo y separar éste al mismo tiempo del riel.(SIEMENS, 2009)

Figura 41. Desmontaje del módulo compact switch de un perfil DIN



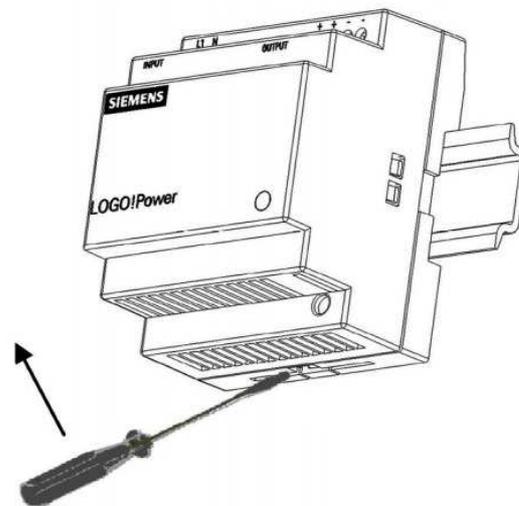
Fuente: Compact Switch Module CSM 1277 Instrucciones de servicio

*Montaje de la fuente de poder.* Estos dispositivos están diseñados de forma que se pueden encajar sobre un perfil DIN normalizado, el dispositivo se debe montar verticalmente para garantizar una adecuada refrigeración y con las terminales de entrada y salida deben en la parte superior, además se recomienda mantener un espacio libre de al menos 20 milímetros por encima y por debajo del dispositivo.

**3.5.2.1** *Montaje de la fuente de poder sobre un perfil DIN.* El montaje del dispositivo sobre el perfil DIN se lo realiza según el siguiente procedimiento:

- Primero se coloca el dispositivo con el carril guía o carril de montaje en el borde superior del perfil DIN.
- A continuación se presiona el dispositivo hacia abajo para que encaje en su lugar.
- Si el encaje es demasiado difícil se presiona el control deslizante a la vez que se presiona el dispositivo hacia abajo, como muestra la figura 42.(SIEMENS, 2011)

Figura 42. Montaje y desmontaje de la fuente de poder



Fuente: SIEMENS Power supply Instrucciones de operación

**3.5.2.2** *Desmontaje de la Fuente de poder de un perfil DIN.* El desmontaje del dispositivo del perfil DIN se lo realiza según el siguiente procedimiento:

- Primero se presiona hacia arriba el control deslizante usando un destornillador para desenganchar el dispositivo del borde inferior del perfil DIN, como se muestra en la figura 42.

- A continuación se puede quitar el dispositivo del borde superior del perfil DIN desmontándolo completamente.(SIEMENS, 2011)

*Montaje de la pantalla táctil.* El montaje del panel de operador se lo realiza según los requerimientos que tiene cada tipo de panel, no todos los paneles pueden tener la misma posición de montaje o requerir iguales accesorios o incluso herramientas de montaje, lo que implica conocer previamente los requerimientos y condiciones necesarias para el montaje del tipo de panel que se posee.

El montaje del panel de operador deberá garantizar su funcionamiento seguro así como la facilidad para las conexiones y la manipulación posterior de la pantalla durante las tareas de control.

**3.5.3.1** *Determinación de la posición de montaje.* Se elige la posición de montaje admisible para el tipo de panel operador que se posee, en la siguiente tabla se describe la posición de montaje admisible según el tipo de panel:

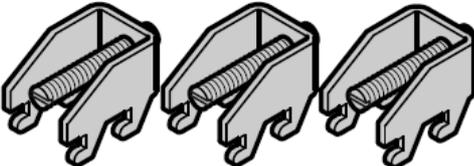
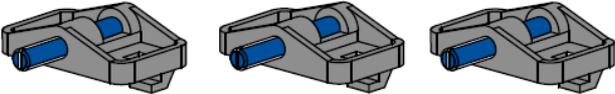
Tabla 16. Posiciones de montaje para paneles de operador

	<p>Todos los paneles de operador de la gama Basic son apropiados para el montaje horizontal.</p>
	<p>Los siguientes paneles de operador de la gama Basic son apropiados para el montaje vertical:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ KTP400 Basic</li> <li>➤ KTP600 Basic</li> </ul>

Fuente: SIMATIC HMI Instrucciones de servicio

**3.5.3.2 Herramientas y accesorios necesarios.** El montaje del panel operador sobre la estructura del módulo de automatización requiere proveerse de las herramientas y accesorios necesarios según el tipo de panel que se posee como se muestra en la siguiente tabla:

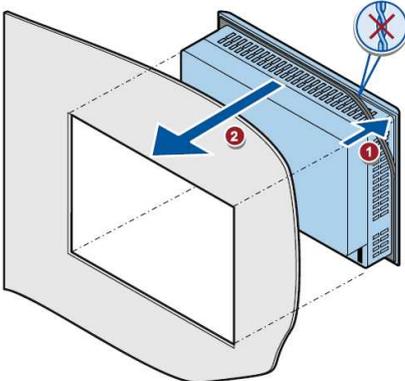
Tabla 17. Herramientas y accesorios de montaje para paneles de operador

	Destornillador plano, tamaño 2
	Mordazas de fijación <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ KTP400 Basic: 5</li> <li>➤ KTP600 Basic: 6</li> <li>➤ KTP1000 Basic: 12</li> <li>➤ TP1500 Basic: 14</li> </ul>
	Mordazas de fijación <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ KP300 Basic: 4</li> </ul>

Fuente: SIMATIC HMI Instrucciones de servicio

Además se puede colocar una junta de montaje con las siguientes consideraciones:

Tabla 18. Fijación de la junta de montaje del panel operador

	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si es necesario, coloque la junta de montaje en la ranura del lado posterior del frente del panel de operador. Asegúrese que la junta no está retorcida.</li> <li>2. Coloque el panel de operador por delante en el recorte de montaje.</li> </ol>
---	--

Fuente. SIMATIC HMI Instrucciones de servicio

**3.5.3.3 Fijación del panel operador.** El panel operador que se posee se lo puede fijar al módulo mediante el siguiente procedimiento y consideraciones:

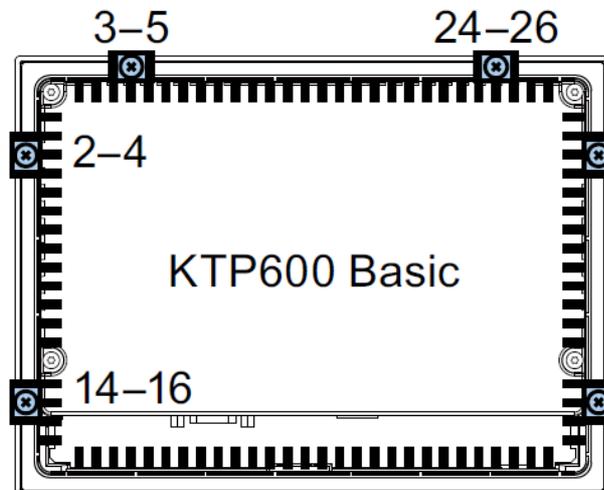
Tabla 19. Fijación del panel de operador

	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sólo KP300 Basic: Inserte el espárrago en la mordaza de fijación.</li> <li>2. Coloque la primera mordaza en la primera posición en las escotaduras del lado posterior del panel de operador.</li> <li>3. Fije la mordaza con un destornillador del tamaño 2. El par de apriete máximo admisible es de 0,2 Nm.</li> <li>4. Repita los pasos 1 a 3 para todas las mordazas necesarias para fijar el panel de operador.</li> </ol>
--	---

Fuente: SIMATIC HMI Instrucciones de servicio

Para colocar las mordazas en las escotaduras del lado posterior del panel de operador se debe tener en cuenta que la posición corresponda al tipo de panel operador que se posee, la figura 43 indica la posición de las mordazas para el panel KTP600 Basic.

Figura 43. Posición de las mordazas de fijación para el panel KTP600 Basic



Fuente: SIMATIC HMI Instrucciones de servicio

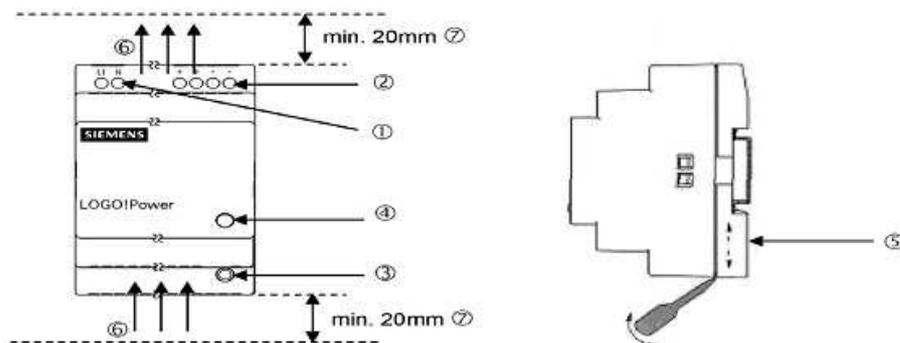
## Conexiones entre equipos y elementos

Una vez ubicados y posterior al montaje de los equipos y elementos se realizará la conexión entre ellos, para lo cual se determinará previamente las herramientas y materiales necesarios, además es necesario determinar los elementos adicionales necesarios para la conformación del módulo de automatización y para la conexión entre dispositivos.

Una medida de seguridad importante para realizar las conexiones consiste en establecer que toda conexión se la realizará con la red de alimentación desconectada, si los equipos conectados se montan o cablean estando conectada la alimentación puede producirse un choque eléctrico que cause lesiones corporales graves o daños para el personal que manipula los equipos, también se puede producir un funcionamiento inesperado de los equipos que puede averiarlos, por lo que las conexiones se harán respetando en todo momento las medidas de seguridad necesarias y asegurándose que la alimentación eléctrica está desconectada.

*Conexión de la fuente de poder.* La figura 44 muestra el diseño de la fuente en donde se puede apreciar los puntos de conexión.

Figura 44. Diseño de la fuente de poder LOGO!Power



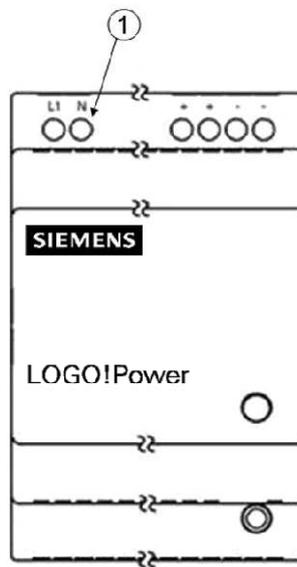
- ① Entrada de línea
- ② Salida DC
- ③ Potenciómetro
- ④ Luz indicadora (salida de tensión)
- ⑤ Deslizador del rail DIN
- ⑥ Convección natural
- ⑦ Separación de arriba / abajo

Fuente: SIEMENS Power supply Instrucciones de operación

**3.6.0.1** *Conexión del lado de red de la fuente de poder.* La fuente de poder LOGO!Power ha sido diseñada para ser conectadas a una red de suministro de corriente alterna de una fase, a una tensión nominal en el rango de 100 a 200 V CA y frecuencia de 50-60 Hertz.

La conexión de la red de suministro de energía se realiza a través de los terminales L1 y N mostrados en la figura 45 para la fase y para el neutro respectivamente.

Figura 45. Entrada de línea de la fuente de poder



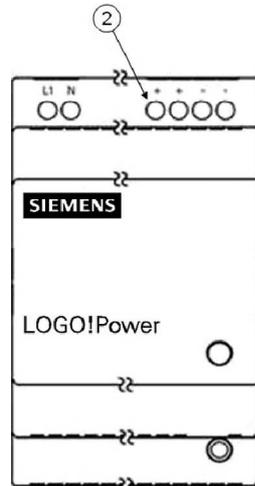
Fuente: SIEMENS Power supply Instrucciones de operación

Previamente a la conexión de la fuente de alimentación el dispositivo de protección (fusible) y la unidad de conexión y desconexión para la fuente de alimentación y demás elementos del módulo deben estar instalados en la entrada de energía al módulo. La red de alimentación utilizada para suministrar energía eléctrica a la fuente de poder y demás elementos deberá ser de 110V y 60Hz.

**3.6.0.2** *Conexión del lado de salida de la fuente de poder.* La fuente de poder LOGO!Power está diseñada con una protección extra para baja tensión sin conexión a tierra, en caso de producirse una sobrecarga o un cortocircuito un circuito electrónico limita la corriente de salida a un valor máximo, asegurando así el estado de los dispositivos conectados a la fuente.

El voltaje de salida de la fuente es de 24 V DC y las cargas se conectarán en los terminales positivos (+) y negativo (-) mostrados en la figura 46, en la salida de la fuente de alimentación.

Figura 46. Salidas de la fuente de poder



Fuente: SIEMENS Power supply Instrucciones de Operación

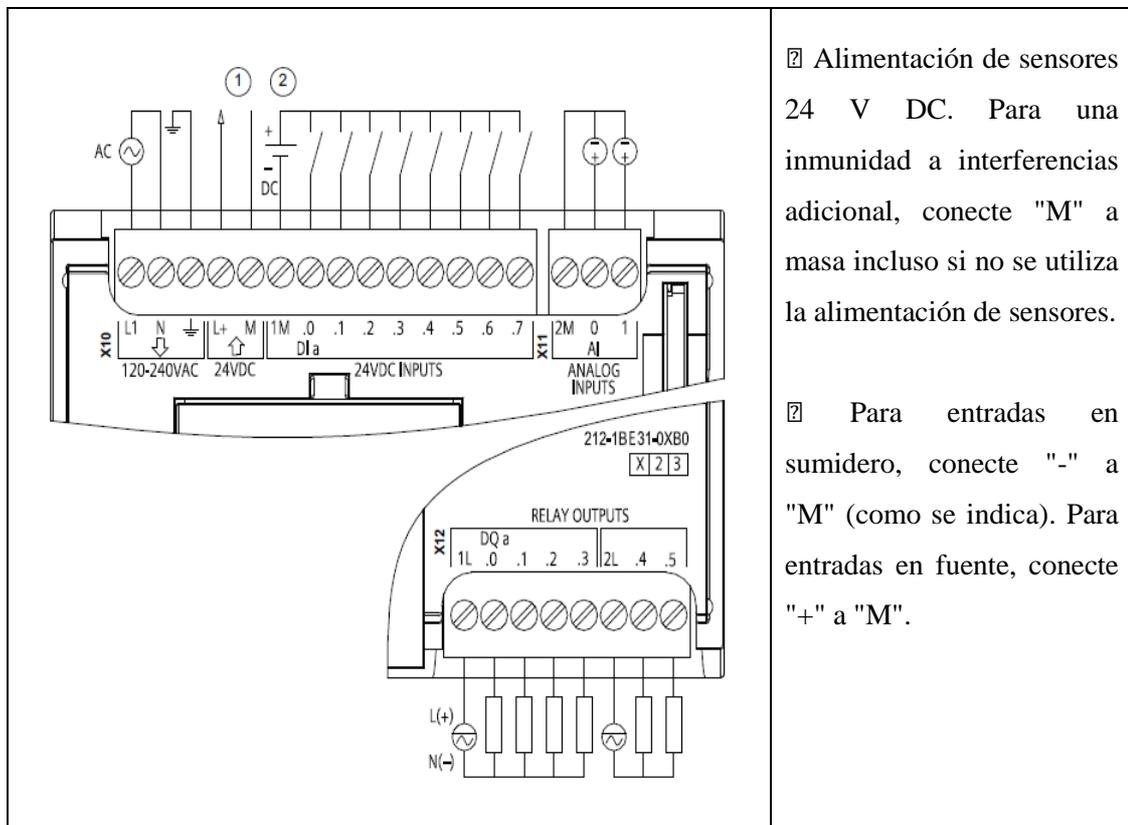
*Conexión del control lógico programable (PLC).* El cableado correcto de todos los equipos eléctricos es importante para garantizar el funcionamiento óptimo del sistema instalado y aumentar la protección en el uso del PLC S7-1200. El diagrama de cableado del S7-1200 se lo muestra en la tabla 20.

**3.6.1.1 Consideraciones de cableado del control lógico programable (PLC).** Para asegurar el funcionamiento y el buen estado del dispositivo es necesario considerar varios requisitos de conexión establecidos por el fabricante del dispositivo, requisitos útiles no solo para el correcto funcionamiento del dispositivo sino también para la seguridad de los operarios durante la conexión de los equipos.

- Antes de cablear cualquier dispositivo eléctrico es necesario verificar que la alimentación del dispositivo está desconectada, así como la alimentación eléctrica de todos los equipos conectados, debido a que si se montan o cablean estando conectada la alimentación, puede producirse un choque eléctrico o un funcionamiento inesperado de los equipos provocando lesiones corporales graves y/o daños, inclusive la muerte.

- Los dispositivos de control pueden fallar y provocar condiciones inseguras, causando reacciones inesperadas de los equipos controlados. Prevea la instalación de dispositivos de parada de emergencia, dispositivos de protección contra sobrecorrientes independientes del S7-1200. Para mayor protección es posible disponer un fusible u otro limitador de sobrecorriente en todos los circuitos de salida.
- Evite colocar líneas de señales de baja tensión y cables de comunicación en una misma canalización junto con los cables AC y DC de alta energía y conmutación rápida. El cableado deberá efectuarse por pares; identificando el cable neutro o común con el cable de señal.
- Todos los módulos S7-1200 incorporan conectores extraíbles para facilitar el cableado, para evitar conexiones flojas asegúrese que el conector está encajado correctamente en su base y que el cable está insertado de forma segura en el conector. No apriete excesivamente los tornillos para impedir que se deteriore el conector utilizado, evitando el daño del mismo.(SIEMENS, 2012)

Tabla 20. Diagrama de conexión CPU 1212C AC/DC/relé



☑ Alimentación de sensores 24 V DC. Para una inmunidad a interferencias adicional, conecte "M" a masa incluso si no se utiliza la alimentación de sensores.

☑ Para entradas en sumidero, conecte "-" a "M" (como se indica). Para entradas en fuente, conecte "+" a "M".

Fuente: Manual del sistema SIMATIC S7-1200

**3.6.1.2** *Conexión de la red de alimentación al PLC.* La alimentación eléctrica al PLC se la realiza según en diagrama de conexión de la tabla 20, conectando la fase de la red al borne L1 y el terminal neutro al borne N como muestra la figura.

La alimentación del PLC utilizado en el módulo de automatización se la realiza tomando la misma conexión de la fuente de poder conectada previamente, es decir el PLC se alimentará a una red monofásica de 110V y 60Hz.

**3.6.1.3** *Conexión de entradas y salidas del control lógico programable (PLC).* El PLC 1212C AC/DC/relé dispone de ocho entradas digitales denominadas I0.0, I0.1, I0.2, I0.3, I0.4, I0.5, I0.6, I0.7 y seis salidas digitales denominadas Q0.0, Q0.1, Q0.2, Q0.3, Q0.4, Q0.5.

Estas entradas y salidas se han conectado a los bornes de una tarjeta electrónica ubicada en el interior del módulo de comunicación, tomando en cuenta las denominaciones correspondientes para cada entrada y salida tanto en el PLC como en la tarjeta electrónica. En la figura 47 se aprecia la conexión para la cual se utilizó cable verde para las entradas y cable blanco en las salidas.

Figura 47. Conexión de entradas y salidas del PLC S7-1200



Fuente: Autores

**3.6.1.4** *Conexión del módulo de automatización con el módulo de transporte.* Para comunicar eléctricamente el módulo de automatización con el módulo de transporte se requiere la instalación de una nueva tarjeta de comunicación ubicada en la estructura en el módulo de transporte similar a la tarjeta electrónica ubicada previamente en el módulo de automatización.

La conexión entre las tarjetas electrónicas montadas en el módulo de automatización y módulo transporte, se realiza de forma compacta en espacios reducidos utilizando cables y conectores tipo DB25 soldados manualmente, esta conexión se aprecia en la figura 48.

Figura 48. Conexión del módulo de automatización al módulo de transporte



Fuente: Autores

*Conexión del módulo compact switch.* La conexión del módulo compact switch se ejecuta en etapas, primero se realiza la conexión de la alimentación del dispositivo y posteriormente se realiza la conexión para establecer la comunicación ETHERNET con el PLC.

**3.6.2.1** *Conexión de alimentación del módulo compact switch.* La alimentación de tensión se conecta a través de un bloque de bornes de 3 contactos ajustables mediante tornillos mostrados en la figura 49.

Figura 49. Conexión de alimentación del módulo compact switch.



Fuente: Compact Switch Module S7-1200 Instrucciones de servicio

La alimentación para este dispositivo es de 24 VDC, alimentada directamente de la fuente de poder, respetando la polaridad establecida en los bornes de conexión identificando el terminal positivo con L+ utilizando cable de color verde mientras q el terminal negativo se identifica con M utilizando cable de color negro.

**3.6.2.2** *Conexión del compact switch al PLC y pantalla táctil.* El CSM 1277 cuenta con cuatro conectores hembra RJ45 para la conexión de equipos terminales o de otros segmentos de red, divididos en dos grupos mostrados en la figura 51, grupo 1: P1 y P2, grupo 2: P3 y P4.

Figura 50. Conexión del compact switch al PLC y pantalla táctil

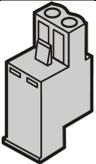
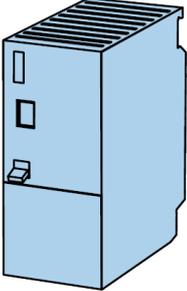


Fuente: Autores

Las conexiones de estaciones robustas y aptas para usos industriales, se las realiza con conectores apropiados para puertos PROFINET, que ofrecen un establecimiento de contactos seguros, esto se obtiene mediante el uso del conductor industrial ETHERNET IE FC RJ45 tal como se ha utilizado en la comunicación del PLC con el Compact Switch en el módulo de automatización descritos en la figura 50.

*Conexión de la pantalla táctil.* La conexión del panel de operador se la realiza respetando una secuencia establecida por el fabricante del dispositivo y se requiere contar herramientas y accesorios específicos, los mismos que se detallan en la tabla 21 y de los que se deberán disponer previo al inicio de las tareas de conexión.

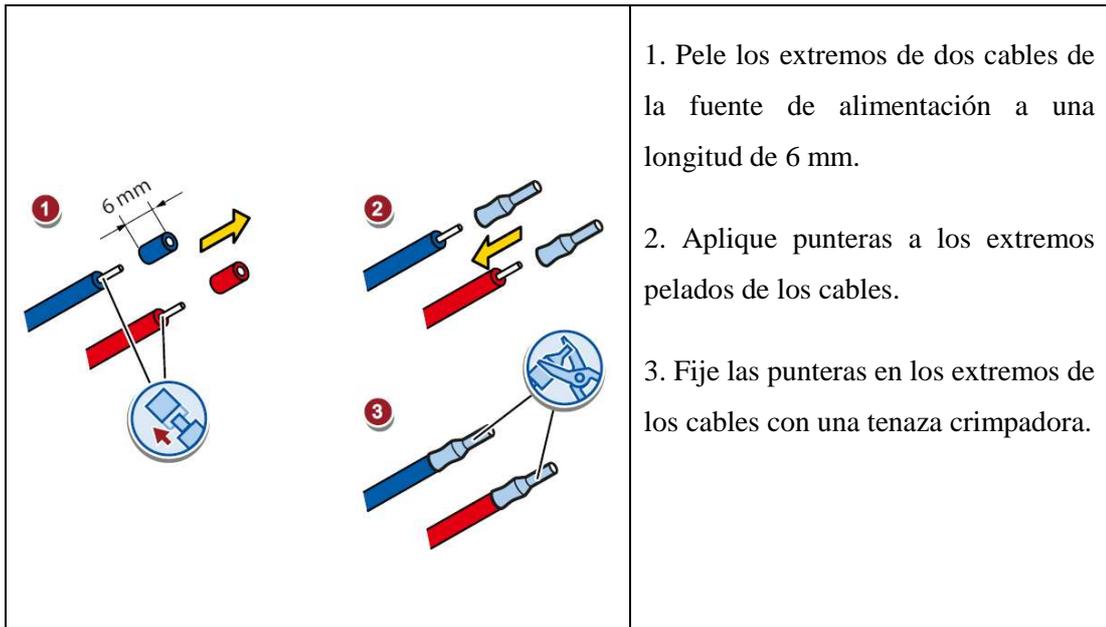
Tabla 21. Herramientas y accesorios para la conexión del panel de operador

	<p>Destornillador:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Destornillador plano, tamaño 2</li> <li>• Destornillador de estrella, tamaño 3</li> <li>• Destornillador Torx, tamaño TX20</li> </ul> <p>Tenaza de apriete</p>
	<p>Borne de conexión a red</p>
	<p>24 V DC, Fuente de alimentación de intensidad suficiente.</p>

Fuente: SIMATIC HMI Instrucciones de servicio

**3.6.3.1** *Conexión de la pantalla táctil a la fuente de alimentación.* La selección de la fuente de alimentación se la hará según corresponda a los datos técnicos del panel de operador KTP600, el uso una fuente de alimentación mal dimensionada puede dañar el panel de operador de forma irreparable. La tabla 22 detalla el procedimiento de preparación de los cables de conexión.

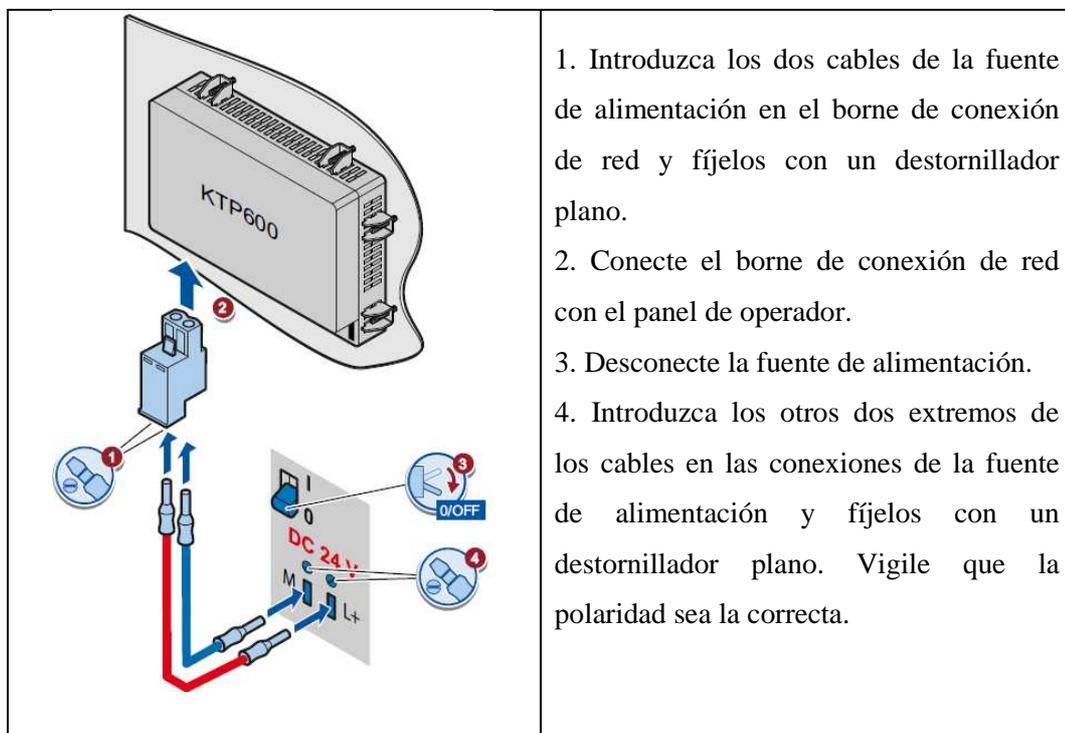
Tabla 22. Preparación de los cables de conexión del panel de operador



Fuente. SIMATIC HMI Instrucciones de servicio

Una vez preparados los cables se procede a conectar el panel de operador a la fuente de alimentación de 24 V según el procedimiento de la tabla 23.

Tabla 23. Conexión del panel de operador a la fuente de alimentación



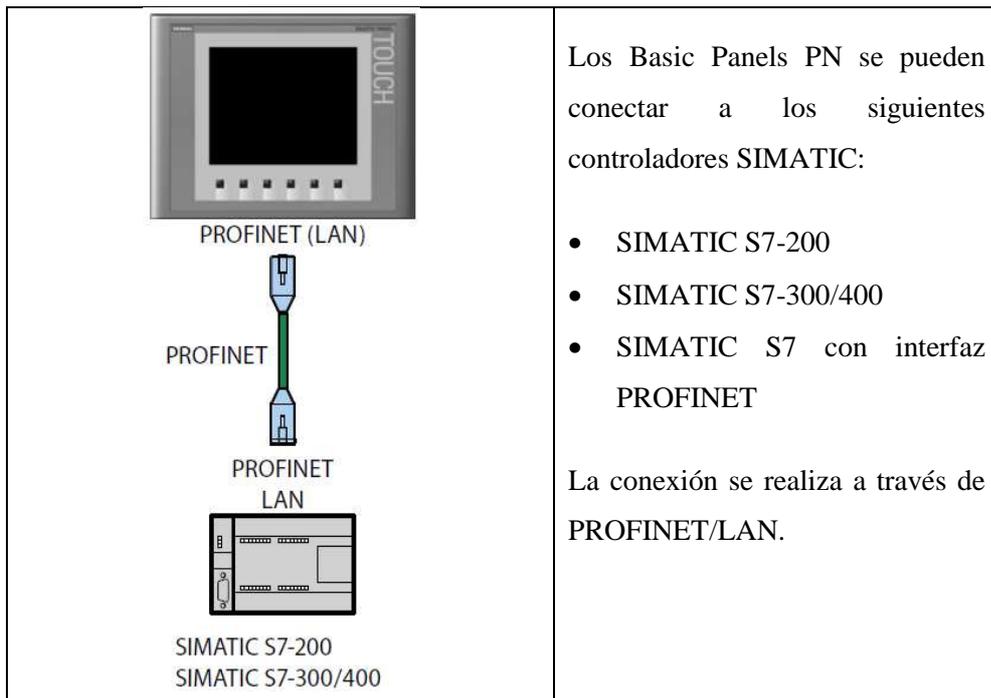
Fuente: SIMATIC HMI Instrucciones de servicio

En el módulo de automatización el panel de operador KTP 600 se conecta a la fuente de poder LOGO!POWER ubicada en el mismo módulo, se utiliza cable de color verde para identificar el polo positivo y cable de color negro para el polo negativo.

**3.6.3.2 Conexión de la pantalla táctil al controlador PLC.** Mediante esta conexión se dará la comunicación entre el PLC S7-1200 y el panel de operador KTP 600 Basic Color PN, basada en una red Ethernet vía PROFINET, red creada a través del compact switch, en esta comunicación será el usuario final el responsable de la seguridad de su red de datos y del funcionamiento correcto del equipo.

Para realizar la conexión de los paneles de operador tipo Basic Panels PN a puertos PROFINET, se requiere del conector RJ45 denominado IE FC RJ45 Plug 2 x 2, la tabla 24 ilustra esta conexión con un controlador SIMATIC S7 con interfaz PROFINET.

Tabla 24. Conexión del panel de operador al controlador SIMATIC S7



Fuente: Instrucciones de servicio SIMATIC HMI

En el módulo de automatización la conexión entre el PLC y el panel de operador se la realiza conectando la interfaz PROFINET de ambos dispositivos en los puertos del compact switch CSM 1277, utilizando el conector RJ45.

## CAPÍTULO IV

### PROGRAMACIÓN Y COMUNICACIÓN VÍA ETHERNET ENTRE EL PLC Y LA PANTALLA TÁCTIL

La programación de los dispositivos se hará mediante el software TIA Portal V11 que deberá ser instalado previamente en un equipo programador, tomando en cuenta los requerimientos para su instalación (ANEXO E). Será necesario reconocer las funciones del TIA Portal V11 para configurar los dispositivos y establecer la comunicación vía Ethernet entre el PLC y pantalla HMI.

#### Manejo del software de programación TIA Portal V11

El software de programación TIA Portal V11 incorpora el software STEP 7 Basic junto a las funciones del software WinnCC Basic integrado, ofreciendo facilidad para el aprendizaje de su utilización, permitiendo así al usuario aprender de manera rápida y sencilla a crear proyectos nuevos.

Para iniciar el uso del software instalado en una PC, se puede acceder directamente a él a través del icono de inicio del TIA Portal V11.

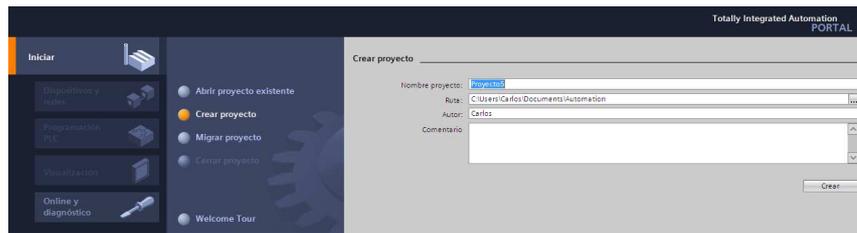
Figura 51. Icono de inicio TIA Portal



Fuente: Autores

*Crear un proyecto.* Una vez abierto el software nos mostrará el portal de inicio con múltiples opciones, para crear un proyecto se dará clic en la opción "Crear proyecto nuevo" para después introducir el nombre del proyecto y haciendo clic en el botón "Crear" obtener un proyecto nuevo.

Figura 52. Crear proyecto



Fuente. Autores

Una vez creado el nuevo proyecto podemos agregar dispositivos accediendo al portal dispositivos y redes y haciendo clic en el botón "Agregar nuevo dispositivo".

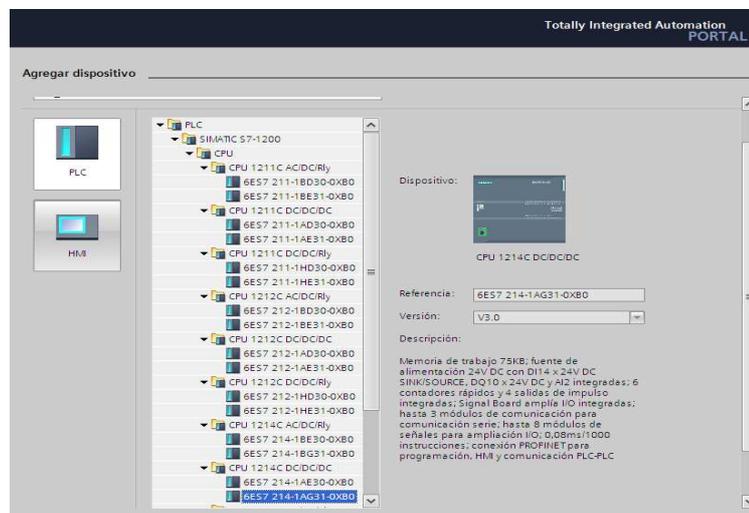
Figura 53. Agregar nuevo dispositivo



Fuente: Autores

*Insertar una CPU.* En la ventana de diálogo “Agregar dispositivos” aparece la lista de hardware disponible, de la lista se seleccionará la CPU asegurándose de insertar el modelo y la versión de firmware correctos.

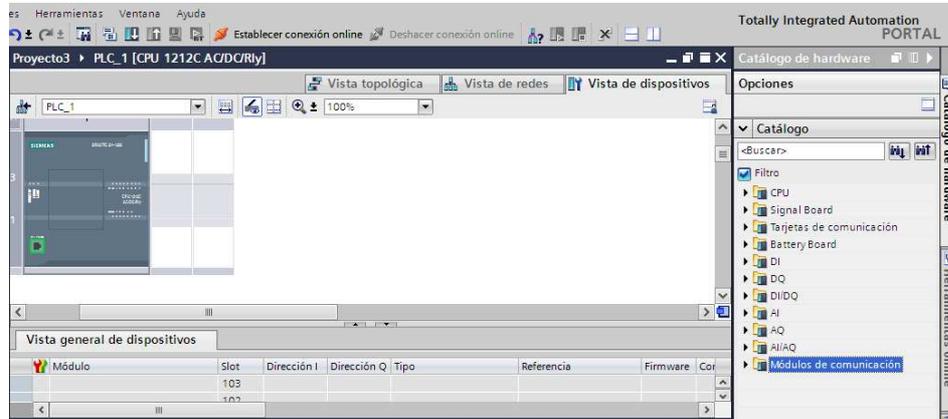
Figura 54. Agregar dispositivo PLC



Fuente: Autores

Al seleccionar la CPU desde la ventana de diálogo "Agregar dispositivo" se crean el rack y la CPU seleccionada, además se presenta la vista de dispositivos para configuración de hardware.

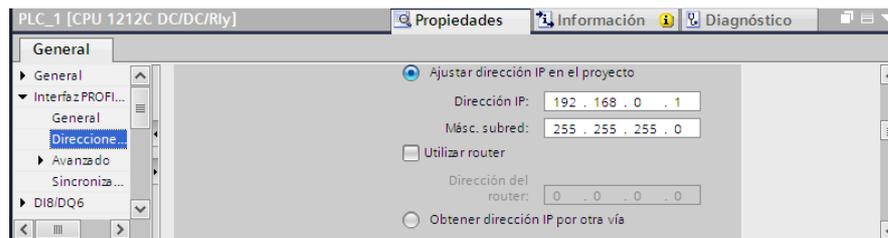
Figura 55. Vista de dispositivos de la configuración de hardware



Fuente. Autores

**4.0.1.1 Configuración de la CPU.** Para configurar la CPU insertada se la selecciona en la ventana vista de dispositivos, para visualizar así las propiedades de la CPU en la ventana de inspección.

Figura 56. Propiedades de la CPU



Fuente: Autores

**4.0.1.2 Detección de una CPU sin especificar.** Al existir una conexión de una PC con la CPU es posible cargar su configuración incluidos los módulos vinculados a la CPU. Se lo puede realizar de dos formas distintas, la primera creando un proyecto nuevo y seleccionando la CPU sin especificar, la segunda omitiendo la configuración del dispositivo por completo al seleccionar "Crear un proyecto PLC" en el portal "Primeros pasos", así STEP 7 Basic crea una CPU sin especificar.

Para identificar la CPU conectada recurrimos a la opción “Online” en el editor de programación, seleccionando “Detección de hardware”.

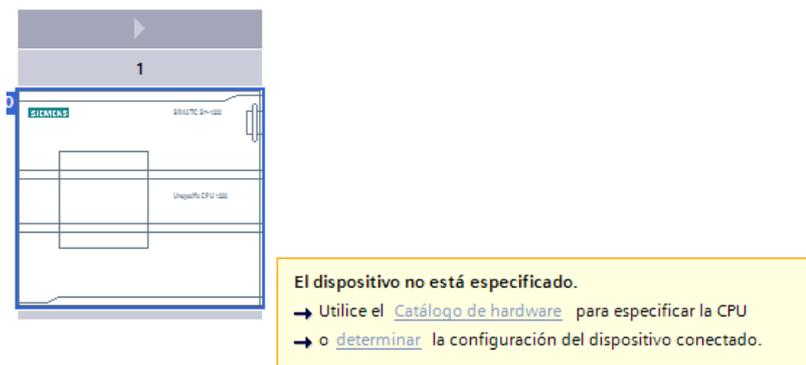
Figura 57. Detección Online de una CPU sin especificar



Fuente: Autores

En el portal “Vista de dispositivos” también se encuentra el dispositivo no especificado y las opciones para especificar el dispositivo mediante el catálogo de hardware o mediante la detección online del dispositivo conectado.

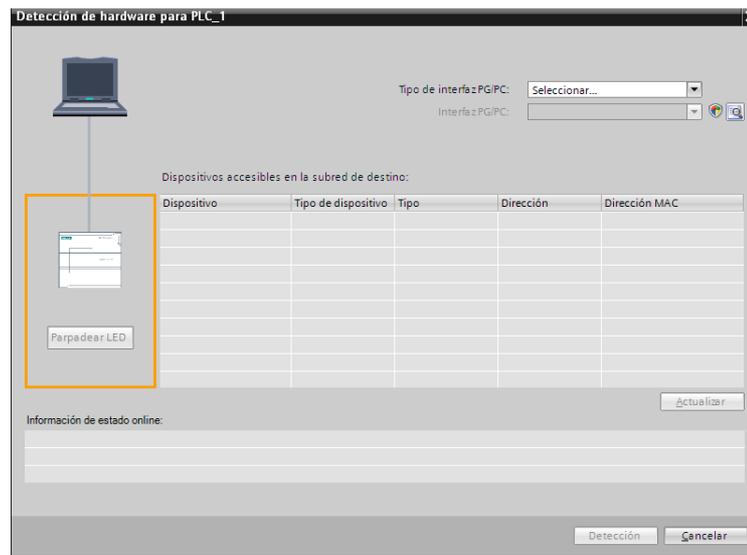
Figura 58. Detección de una CPU a través de la vista de dispositivos



Fuente: Autores

La detección online abrirá un cuadro de diálogo en el que se indica la CPU la CPU conectada, incluidos los módulos SM, SB o CM en el caso de existir, para poder cargar la configuración de hardware de los dispositivos.

Figura 59. Cuadro de dialogo de la detección online



Fuente: Autores

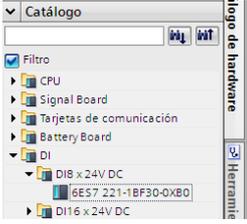
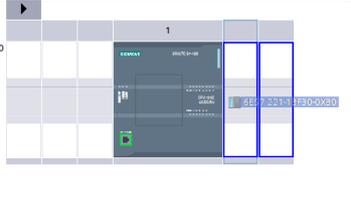
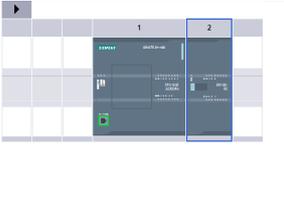
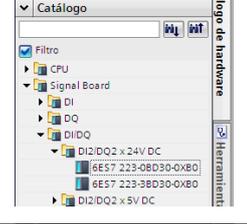
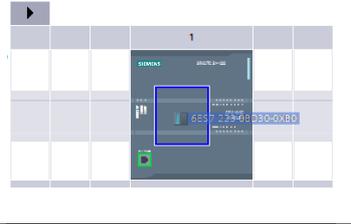
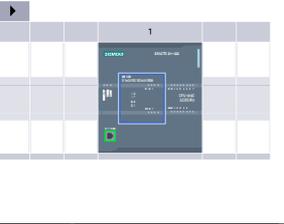
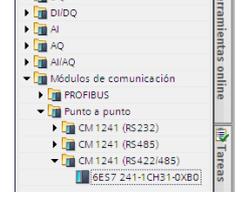
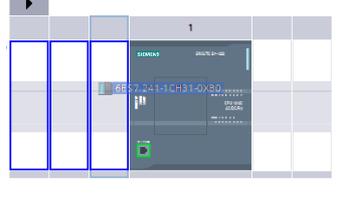
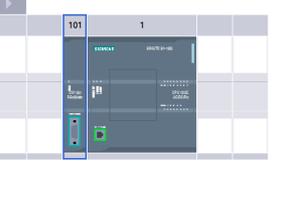
*Agregar módulos a la configuración.* Mediante el catálogo de hardware de STEP 7 Basic se puede agregar diferentes módulos a la configuración, seleccionando los módulos de acuerdo a las necesidades y considerando su función.

- El módulo de señales (SM) ofrece entradas E/S digitales o analógicas adicionales. Estos módulos se conectan a la derecha del CPU.
- La *Signal Board* (SB) ofrece unas pocas E/S adicionales a la CPU. La SB se inserta en el frente de la CPU.
- La nueva BB 1297 ofrece respaldo a largo plazo del reloj en tiempo. La BB se inserta en la parte frontal de la CPU.
- La placa de comunicación (CB) ofrece un puerto de comunicación adicional (como RS485). La CB se inserta en la parte frontal de la CPU.
- El módulo de comunicación (CM) y el procesador de comunicación (CP) ofrece un puerto de comunicación adicional, como para PROFIBUS o GPRS. Estos módulos se conectan a la izquierda. (Manual del sistema SIMATIC S7-1200)

Para agregar un módulo a la configuración el dispositivo se debe seleccionar en el catálogo de hardware la opción correcta según los módulos (SM, SB o CM) mediante doble clic o arrastrándolo hacia el área indicada por el software. De esta manera

agregando los módulos a la configuración del dispositivo para actualizar el hardware en la CPU logrando que estén operativos.

Tabla 25. Agregar módulos a la configuración

Módulo	Seleccionar el módulo	Insertar el módulo	Resultado
SM			
SB, BB o CB			
CM o CP			

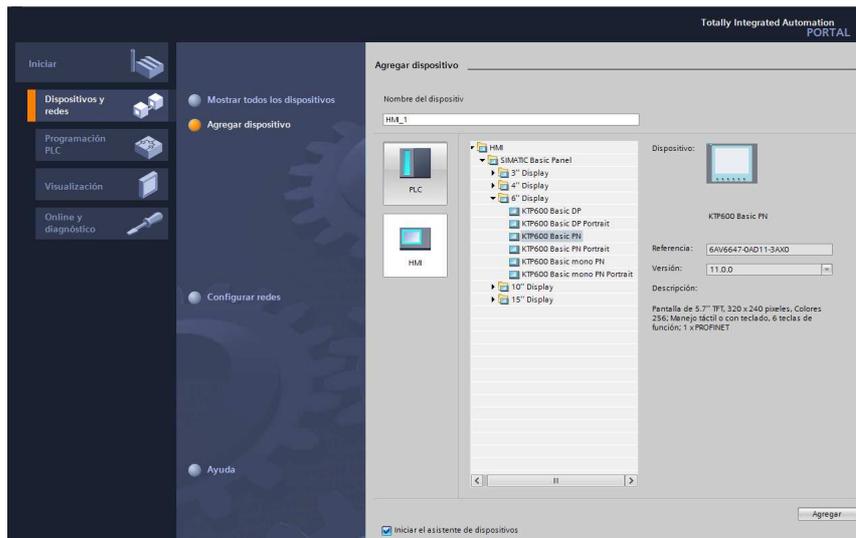
Fuente: SIMATIC STEP 7 Basic V11.0 SP1

*Agregar un dispositivo HMI.* El proceso para agregar un dispositivo HMI a través de la interfaz de WinnCC del software de programación TIA Portal, puede ser muy sencillo al conocer previamente el procedimiento para agregar otros dispositivos como una CPU.

Al crear un proyecto nuevo en el TIA Portal en la ventana de diálogo “Agregar dispositivo” a más de la opción para agregar un PLC también se puede seleccionar un dispositivo HMI. Al seleccionar HMI aparecerá una lista de dispositivos disponibles en el software, se deberá seleccionar de la lista de hardware el tipo de panel que se requiere teniendo en cuenta la versión del dispositivo.

Además se deberá habilitar el asistente de dispositivos para la configuración del hardware agregado al proyecto.

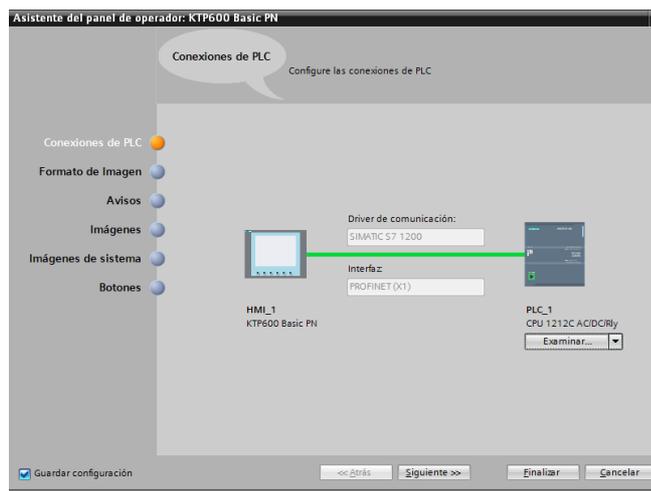
Figura 60. Insertar un dispositivo HMI



Fuente: Autores

**4.0.3.1 Configuración del panel HMI.** Al agregar un dispositivo HMI y si se habilita la opción “Iniciar el asistente de dispositivos” se ejecutará la ventana de diálogo “Asistente del panel operador” que nos permitirá configurar el panel de manera asistida. En la primera configuración se establecerá la conexión del panel HMI con el dispositivo PLC disponible para la programación.

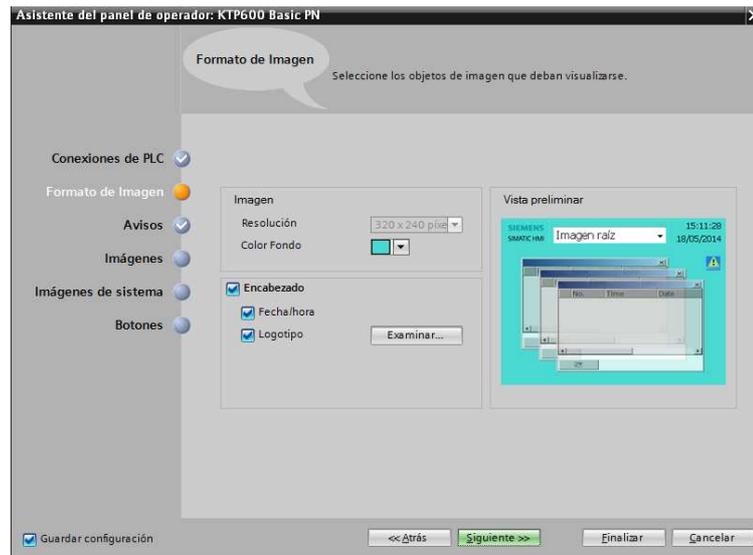
Figura 61. Configuración de las conexiones de PLC con el panel HMI



Fuente: Autores

A continuación se configura el formato de imagen para la pantalla del dispositivo HMI, se elegirá el color de fondo y los elementos del encabezado (Fecha/hora, logotipo).

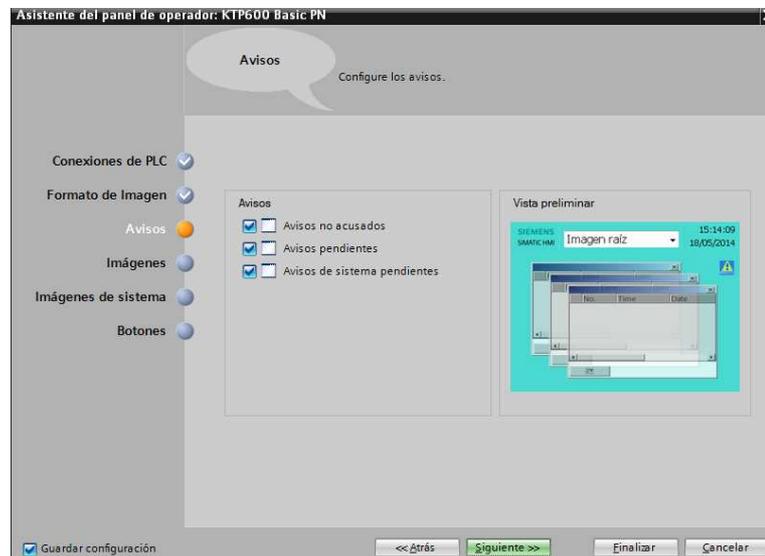
Figura 62. Configuración de formato de imagen del panel HMI



Fuente: Autores

La siguiente configuración permitirá habilitar el número y tipo de avisos que pueden aparecer durante el funcionamiento del panel HMI.

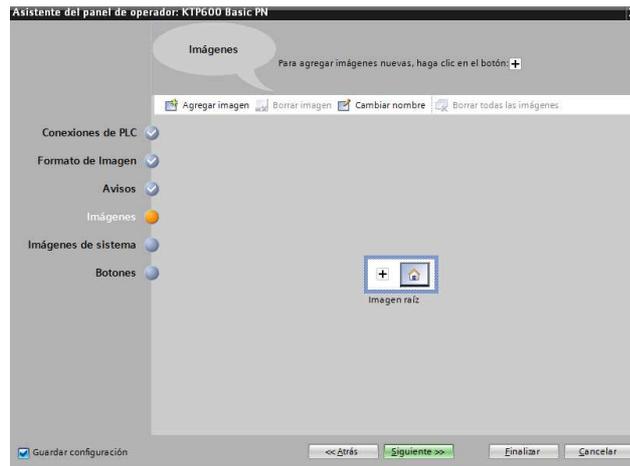
Figura 63. Configuración de avisos del panel HMI



Fuente: Autores

En la configuración de imágenes el software permite seleccionar el número de imágenes o pantallas con las que se podrá iniciar la programación del panel HMI, esta configuración permite agregar o quitar imágenes y también modificar el nombre.

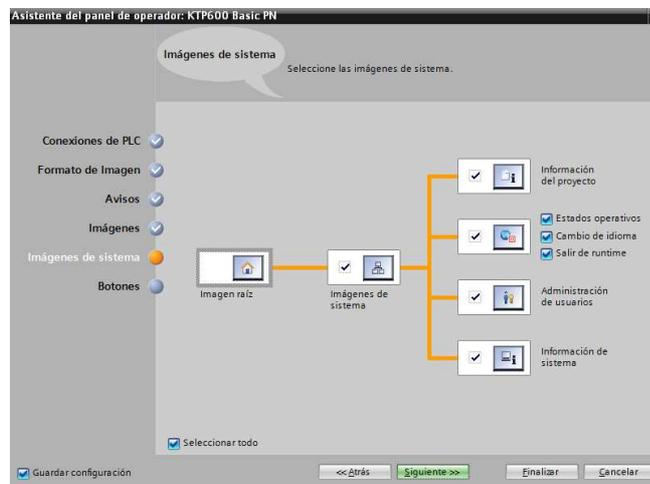
Figura 64. Configuración de imágenes del panel HMI



Fuente: Autores

Una vez configuradas las imágenes para la programación del panel, el asistente permitirá configurar las imágenes de sistema o pantallas del panel HMI, se podrá seleccionar las imágenes de sistema que se desee tener en el panel HMI.

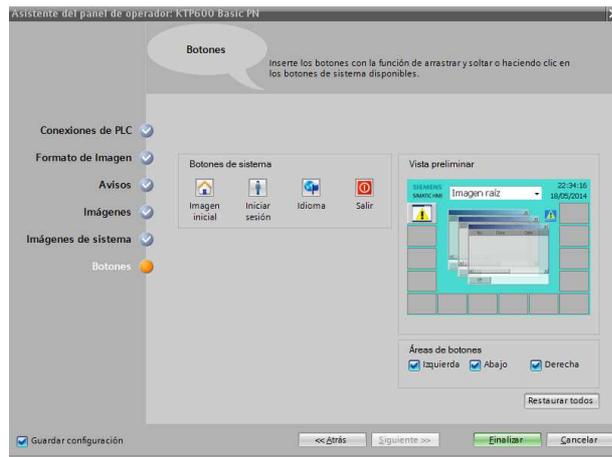
Figura 65. Configuración de imágenes de sistema del panel HMI



Fuente: Autores

Finalmente se tendrá que configurar los botones que aparecerán disponibles en el panel HMI para su programación mediante el TIA Portal, en esta opción se seleccionará la cantidad de botones y su ubicación, la misma que será en la parte izquierda, inferior o a la derecha de la pantalla del panel HMI, el asistente muestra además las opciones para agregar botones de sistema que no necesitarán ser programados por tener ya definida su función. Se puede también no insertar ningún botón y hacerlo posteriormente.

Figura 66. Configuración de botones del panel HMI

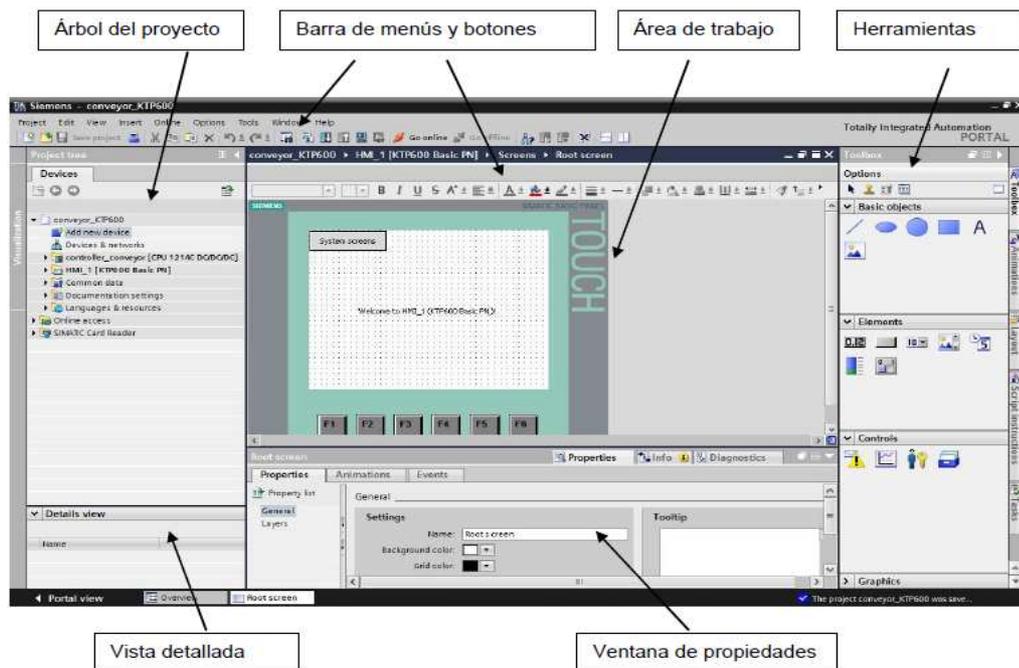


Fuente: Autores

Al insertar los botones finaliza la configuración del panel HMI cerrando el asistente de configuración dando paso a la apertura de la interfaz de usuario de WinnCC desde donde se realizará la programación del panel.

**4.0.3.2 Interfaz de usuario de WinnCC.** La interfaz de usuario de WinnCC muestra el área de trabajo y un conjunto de barras de opciones y herramientas necesarias para realizar la programación del panel HMI en el TIA Portal.

Figura 67. Interfaz de usuario de WinnCC



Fuente: Módulo TIA Portal 010-080, edición 09/2012

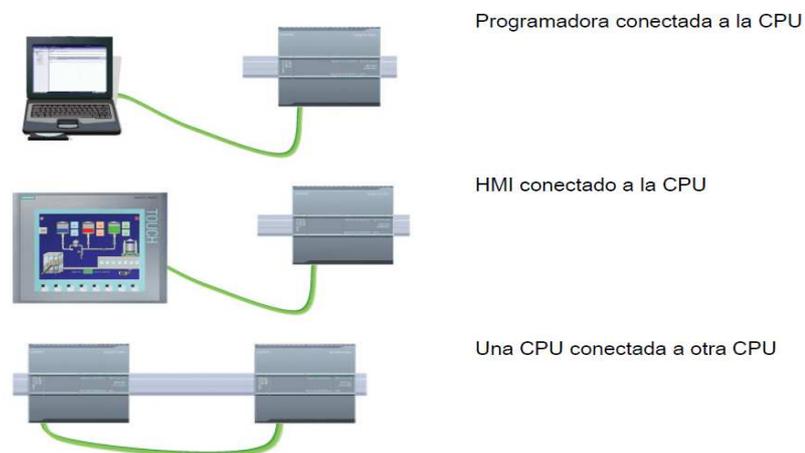
*Comunicación vía Ethernet entre dispositivos.* La CPU S7-1200 ofrece varias alternativas de comunicación, se puede establecer una comunicación con otras CPU, programadoras y dispositivos HMI mediante el puerto PROFINET utilizado para intercambiar datos vía Ethernet con otros dispositivos a través del programa de usuario.

**4.0.4.1** *Protocolos de comunicación Ethernet.* El puerto PROFINET integrado en la CPU S7-1200 soporta los siguientes estándares de comunicación entre dispositivos:

- *Transport Control Protocol/* Protocolo de control de transporte (TCP), es un protocolo estándar que ofrece un servicio de conexión seguro y fiable entre pares de proceso, el protocolo está vinculado estrechamente al hardware y soporta cantidades de datos hasta 8189 bytes.
- *ISO on TCP,* permite portar aplicaciones ISO a la red, el protocolo está vinculado estrechamente al hardware y soporta cantidades de datos de hasta 8192 bytes.
- *User Datagram Protocol/*Protocolo de datagramas de usuario (UDP), es un protocolo estándar que ofrece un mecanismo seguro que permite enviar un datagrama entre distintas aplicaciones, es un protocolo de comunicación rápido estrechamente vinculado al hardware adecuado para cantidades de datos hasta 2048 bytes.(SIEMENS, 2012)

La CPU S7-1200 se puede comunicar inclusive con dispositivos de diferentes marcas siempre que utilicen también protocolos de comunicación TCP estándar.

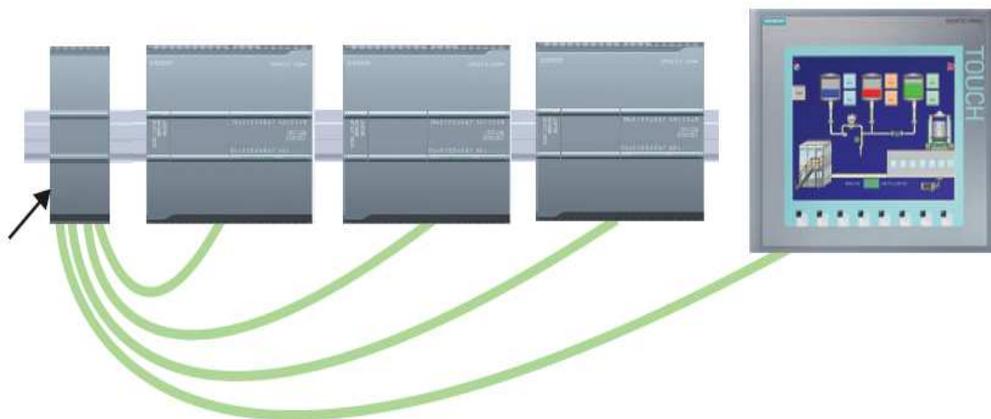
Figura 68. Comunicación vía Ethernet con protocolos TCP estándar



Fuente: SIMATIC S7-1200 Manual del sistema

**4.0.4.2 Conmutación Ethernet.** El puerto PROFINET de la CPU S7-1200 no contiene conmutador integrado Ethernet, se puede realizar la conmutación directa entre una programadora o una HMI y una CPU sin el conmutador Ethernet, pero una comunicación entre más de dos dispositivos requiere un conmutador Ethernet.

Figura 69. Conmutación Ethernet mediante CSM 1277



Fuente: SIMATIC S7-1200 Manual del sistema

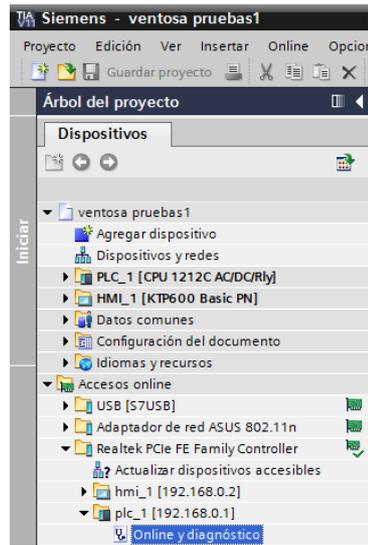
*Asignar direcciones IP a los dispositivos.* Todo dispositivo conectado a una red de datos requiere una dirección IP (*Internet Protocol/Protocolo de internet*) para poder transmitir datos a través de la red de comunicación a la que se conecta, sin generar conflictos en el funcionamiento de los demás dispositivos.

**4.0.5.1 Asignar dirección IP a una CPU online.** La CPU no tiene una dirección IP preconfigurada. La dirección IP de la CPU se debe asignar manualmente durante la configuración de dispositivos. Si la CPU está conectada a un router de la red, también es preciso introducir la dirección IP del router. (Manual de sistema SIMATIC S7-1200)

Al configurar una CPU por primera vez en el TIA Portal será necesario asignar una dirección IP al dispositivo de red, esto se lo puede hacer con una conexión online siguiendo un proceso.

Primero se debe acceder a la opción “Accesos online” del menú árbol de proyectos, seleccionar la tarjeta adaptadora de red y seleccionar “Actualizar dispositivos accesibles”. A continuación aparecerán los dispositivos accesibles, en el dispositivo requerido se seleccionará “Online y diagnóstico” para acceder a un nuevo menú.

Figura 70. Online y diagnóstico de una CPU



Fuente: Autores

En el menú de la opción “Online y diagnóstico” se deberá seleccionar “Funciones” elegir “Asignar dirección IP”, se generará la dirección IP para dispositivo pero también se le puede asignar una nueva dirección IP, finalmente se configurará el dispositivo seleccionando “Asignar dirección IP”.

Figura 71. Asignar dirección IP a una CPU

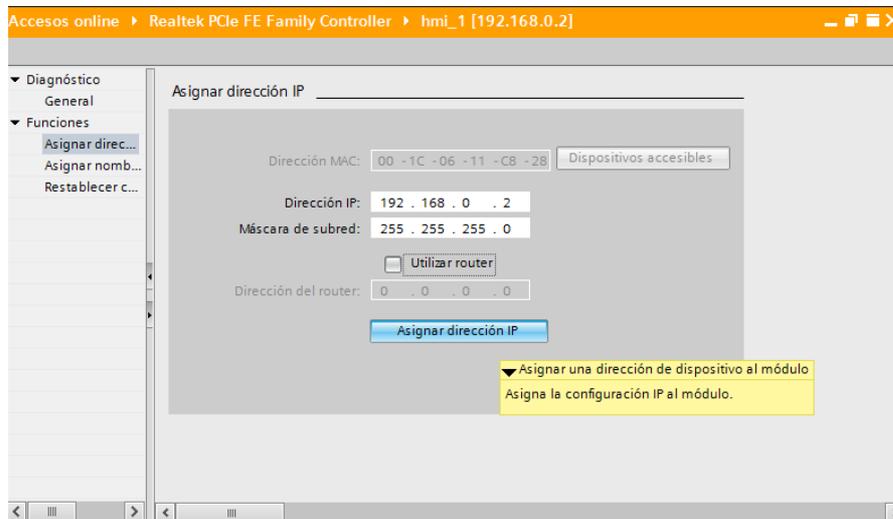


Fuente: Autores

Se puede verificar la dirección IP asignada accediendo nuevamente desde el menú “Árbol de proyectos” a la opción “Accesos online”. Es importante determinar si la CPU está conectada a un router de la red, de ser el caso, se deberá asignar una dirección IP al router.

De igual manera se asignará la dirección IP al dispositivo HMI.

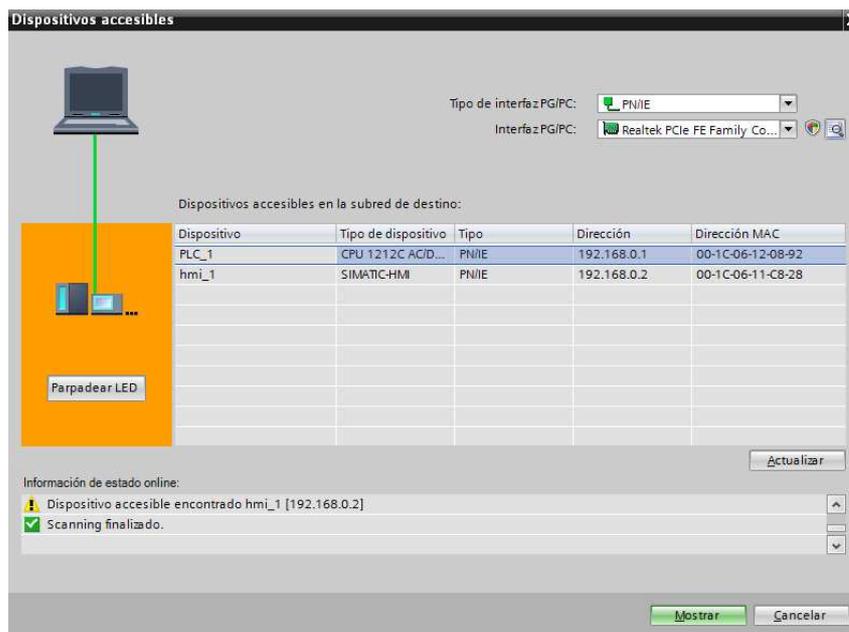
Figura 72. Asignar dirección IP a un panel HMI



Fuente. Autores

*Comprobar la red PROFINET.* Al finalizar la configuración de dispositivos en el software de programación TIA Portal es necesario cargar el proyecto en la CPU y en el panel HMI, con esto las direcciones IP quedarán configuradas y se podrá comprobar la comunicación online con los dispositivos accesibles.

Figura 73. Comprobar la red PROFINET



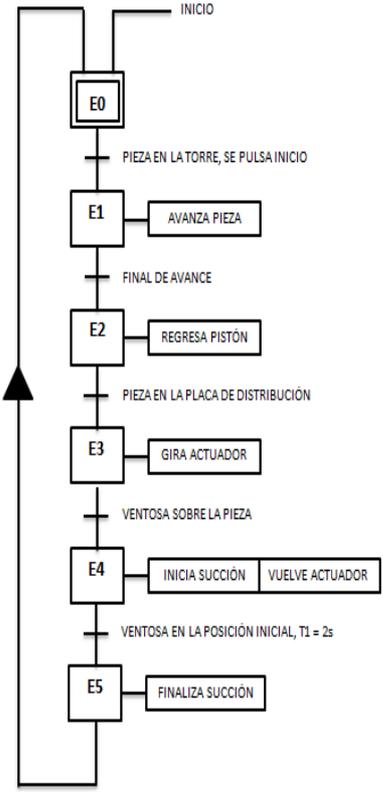
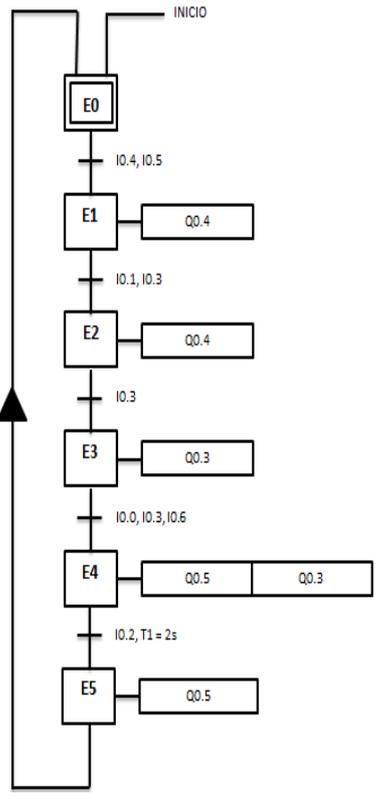
Fuente: Autores

## Programación del módulo de automatización

Configurados los dispositivos de automatización se procede a realizar la programación del módulo, para lo cual se requiere determinar las variables que se utilizarán en el software de programación de acuerdo a los dispositivos y a la secuencia de funcionamiento del módulo de transporte.

*Diseño del GRAFCET.* Para describir gráficamente la secuencia del proceso de transporte del módulo neumático, se elabora diagramas GRAFCET en dos niveles, elaborados en función del grado de detalle del proceso.

Tabla 26. Diagramas GRAFCET

GRAFCET de Descripción Funcional	GRAFCET de Descripción Operativa
 <p>The diagram shows a vertical sequence of states E0 through E5. E0 is the start state, triggered by 'INICIO'. Transitions between states are labeled with functional descriptions: E0 to E1 ('PIEZA EN LA TORRE, SE PULSA INICIO'), E1 to E2 ('FINAL DE AVANCE'), E2 to E3 ('PIEZA EN LA PLACA DE DISTRIBUCIÓN'), E3 to E4 ('VENTOSA SOBRE LA PIEZA'), and E4 to E5 ('VENTOSA EN LA POSICIÓN INICIAL, T1 = 2s'). Each state has an associated action: E1 ('AVANZA PIEZA'), E2 ('REGRESA PISTÓN'), E3 ('GIRA ACTUADOR'), E4 ('INICIA SUCCIÓN' and 'VUELVE ACTUADOR'), and E5 ('FINALIZA SUCCIÓN'). A return arrow connects E5 back to E0.</p>	 <p>This diagram uses the same state sequence as the functional diagram but specifies PLC variables. Transitions are triggered by inputs: E0 to E1 (I0.4, I0.5), E1 to E2 (I0.1, I0.3), E2 to E3 (I0.3), E3 to E4 (I0.0, I0.3, I0.6), and E4 to E5 (I0.2, T1 = 2s). Actions are implemented with outputs: E1 (Q0.4), E2 (Q0.4), E3 (Q0.3), E4 (Q0.5 and Q0.3), and E5 (Q0.5). A return arrow connects E5 back to E0.</p>
<p>Describe de forma general lo que tiene que hacer el sistema, sin tomar en cuenta la tecnología empleada.</p>	<p>Se describe la tecnología de control y automatización utilizada, en este caso las direcciones del PLC.</p>

Fuente: Autores

## Determinación de variables del PLC.

Primero se elabora el listado de variables de entrada.

Tabla 27. Variables de entrada del PLC

NOMBRE	TIPO DE DATO	DIRECCIÓN	COMENTARIO
Presión de succión	Bool	I0.0	Detección de vacío en la ventosa
Magnético cilindro	Bool	I0.1	Posición del vástago del cilindro
Magnético 1 ventosa	Bool	I0.2	Posición inicial de la ventosa
Óptico succión	Bool	I0.3	Detección de pieza para succión
Óptico torre	Bool	I0.4	Detección de pieza en la torre
Inicio	Bool	I0.5	Pulsador de inicio
Magnético 2 ventosa	Bool	I0.6	Posición para tomar la pieza
Paro de emergencia	Bool	I0.7	Pulsador de paro

Fuente: Autores

A continuación se enlista las variables de salida.

Tabla 28. Variables de salida del PLC

NOMBRE	TIPO DE DATO	DIRECCIÓN	COMENTARIO
Lámpara de paro	Bool	Q0.1	Indicador de paro
Lámpara de inicio	Bool	Q0.2	Indica funcionamiento del módulo
Actuador	Bool	Q0.3	Activación del actuador giratorio
Cilindro doble efecto	Bool	Q0.4	Activación del cilindro
Ventosa	Bool	Q0.5	Activación de la succión

Fuente: Autores

A continuación se enlista las variables de memoria requeridas en la programación.

Tabla 29. Variables de memoria del PLC

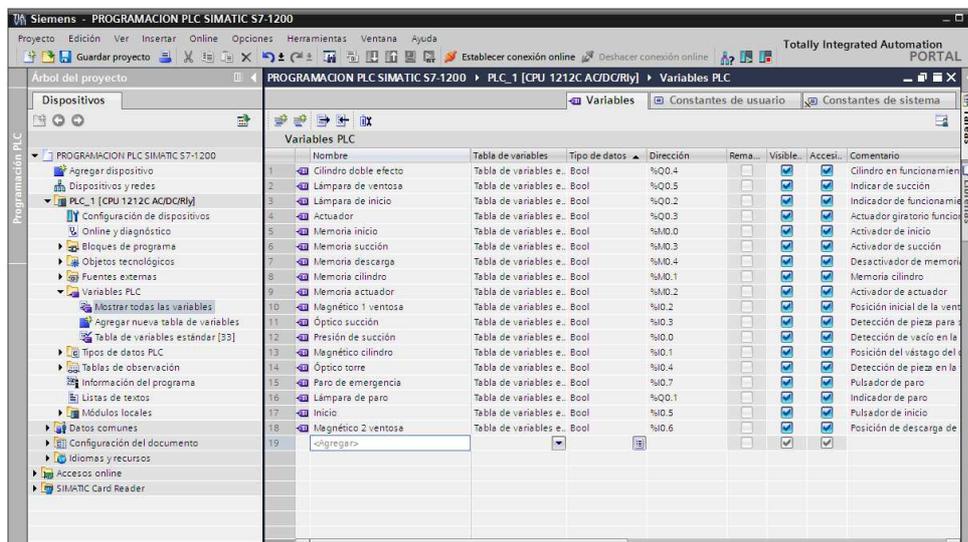
NOMBRE	TIPO DE DATO	DIRECCIÓN	COMENTARIO
Memoria inicio	Bool	M0.0	Activador de inicio
Memoria cilindro	Bool	M0.1	Memoria cilindro
Memoria actuador	Bool	M0.2	Activador de actuador
Memoria succión	Bool	M0.3	Activador de succión
Memoria descarga	Bool	M0.4	Desactivador de memoria succión

Fuente: Autores

## Programación en el TIA Portal V11

*Asignación de variables del PLC.* La introducción de las variables determinadas para el PLC, en la programación del controlador en el TIA Portal V11, se realizará a través del menú del árbol de proyecto, se seleccionará la opción “Variables PLC” y después se elegirá “Mostrar todas las variables”, accediendo así a la tabla de variables del PLC, en donde se deberá introducir las variables determinadas anteriormente.

Figura 74. Asignación de variables del PLC

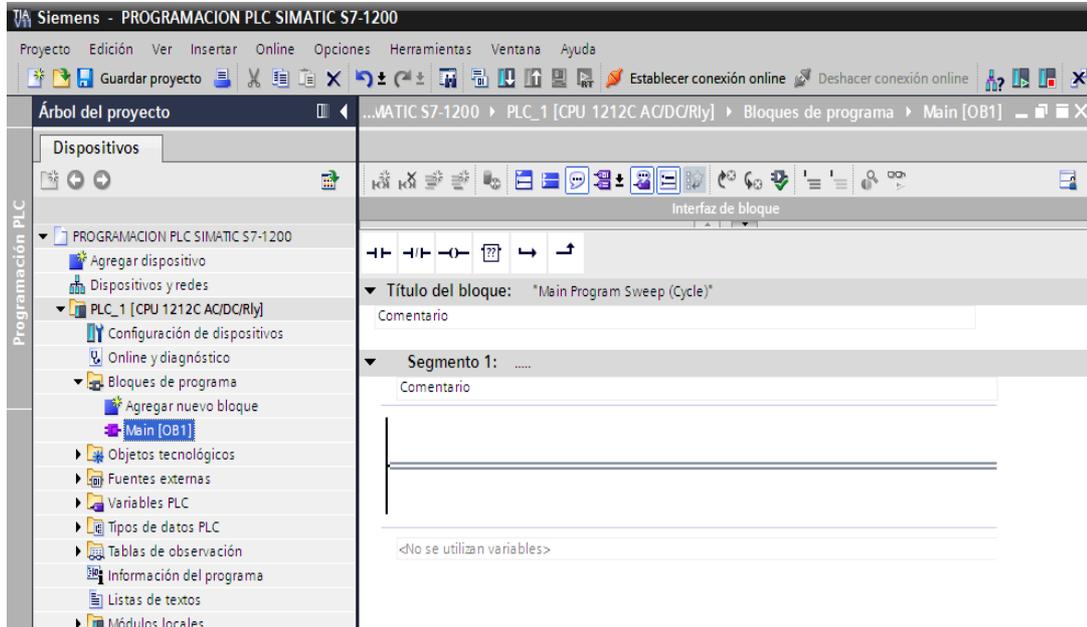


Fuente: Autores

*Programación del PLC S7-1200.* La programación del PLC S7-1200, se realiza de forma completa utilizando un bloque de programación OB, para crear el bloque de programación se accede a la opción “Bloques de programa” del menú del árbol de proyecto, a continuación se selecciona el bloque de programación “Main [OB1]”,

creando de esta manera el bloque en el que se iniciará la programación del PLC mediante segmentos de programa.

Figura 75. Creación del bloque de programación Main [OB1]



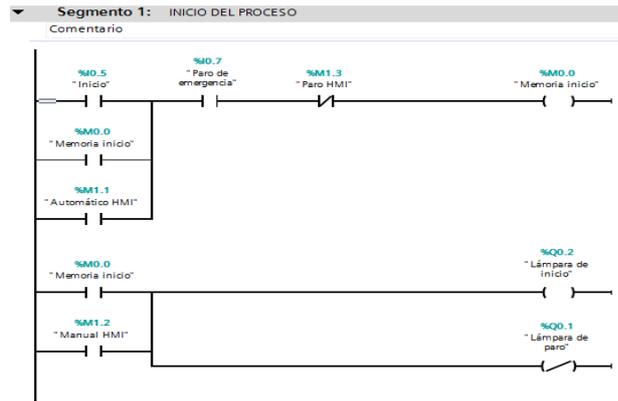
Fuente: Autores

**4.3.1.1 Segmentos de programación del PLC.** La programación del PLC S7-1200 para el control automático del módulo de transporte se la realizará por segmentos, utilizando lenguaje de programación KOP, en cada segmento se programa una etapa de funcionamiento del módulo de transporte, con las condiciones de activación previstas en cada etapa del proceso.

Los segmentos serán programados según el orden en el que se da cada etapa del proceso.

En el primer segmento se programa la etapa de inicio del funcionamiento del módulo de transporte.

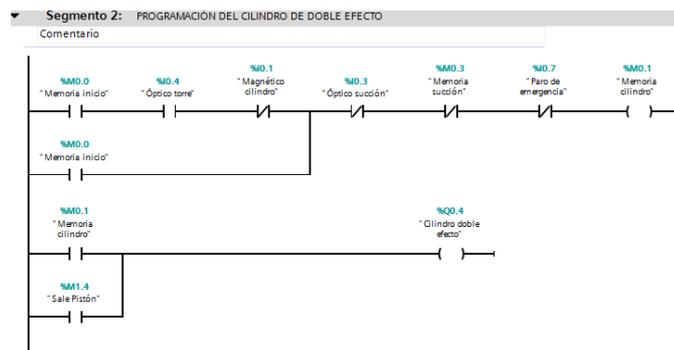
Figura 76. Inicio del proceso



Fuente. Autores

El siguiente segmento del programa, configura la activación y desactivación del cilindro de doble efecto.

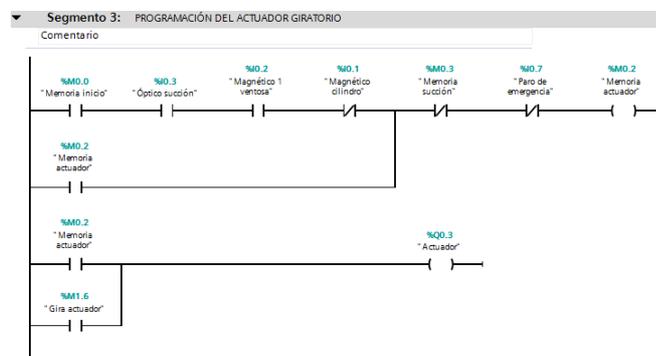
Figura 77. Programación del cilindro de doble efecto



Fuente: Autores

A continuación el segmento de activación y desactivación del actuador giratorio.

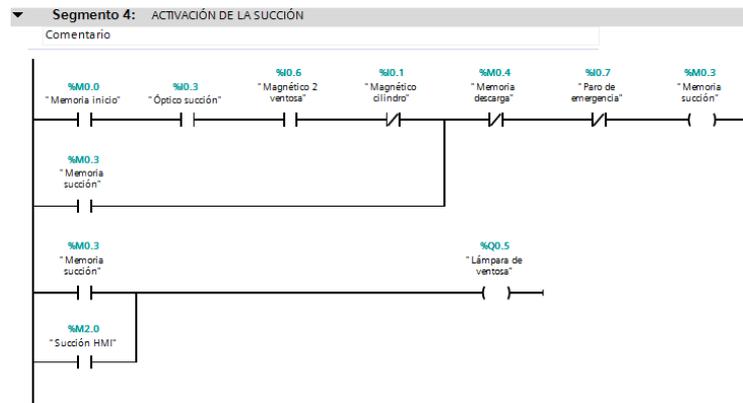
Figura 78. Programación del actuador giratorio



Fuente: Autores

El siguiente segmento para la activación de la succión por medio de la ventosa.

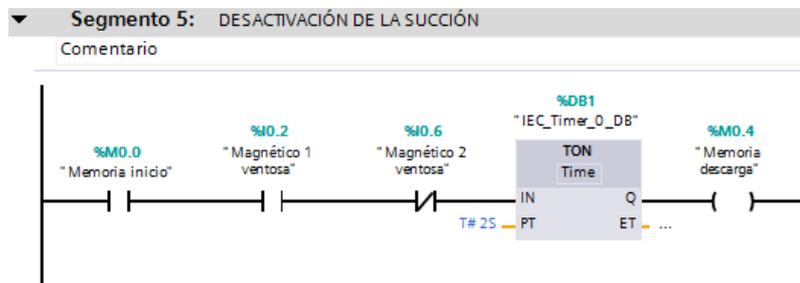
Figura 79. Activación de la succión



Fuente Autores

Finalmente el segmento de programación que desactiva la succión en la ventosa, completando las etapas del proceso, es este segmento se utiliza un temporizador con retardo a la conexión, para desactivar la succión 2 segundos después de posicionarse la ventosa en la rampa de descarga.

Figura 80. Desactivación de la succión



Fuente: Autores

### Asignación de variables de la pantalla táctil

La programación del control manual y automático del módulo de transporte a través de la pantalla táctil KTP 600 PN Basic, requiere agregar nuevas variables en la programación del PLC S7-1200, estas variables son memorias que posteriormente se configurarán para el control desde el panel táctil, en el TIA Portal V11 mediante la interfaz de usuario del WinnCC.

Tabla 30. Variables de memoria del panel HMI

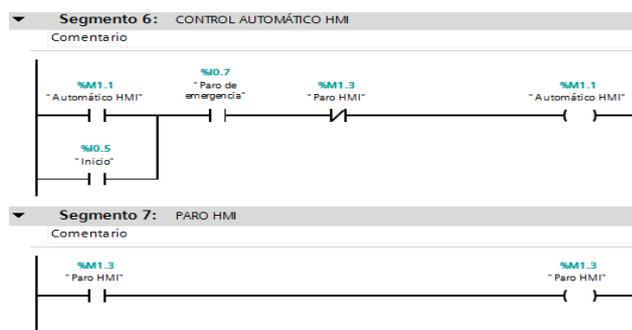
NOMBRE	TIPO DE DATO	DIRECCIÓN	COMENTARIO
Automático HMI	Bool	M1.1	Botón de inicio automático
Manual HMI	Bool	M1.2	Botón de inicio manual
Paro HMI	Bool	M1.3	Botón de paro
Sale Pistón	Bool	M1.4	Activador manual del cilindro
Entra Pistón	Bool	M1.5	Desactivador manual del cilindro
Gira actuador	Bool	M.6	Activador manual del actuador
Vuelve actuador	Bool	M1.7	Desactivador del actuador
Succión	Bool	M1.8	Activador manual de la succión
Descarga	Bool	M1.9	Desactivador manual de la succión

Fuente: Autores

*Programación de la pantalla táctil KTP 600 PN Basic.* Las variables del panel HMI se agregan a la programación del PLC, configurándola primero en los segmentos de programación del controlador y para programar el funcionamiento de los botones en el panel táctil se utiliza las herramientas de la interfaz de usuario del WinnCC.

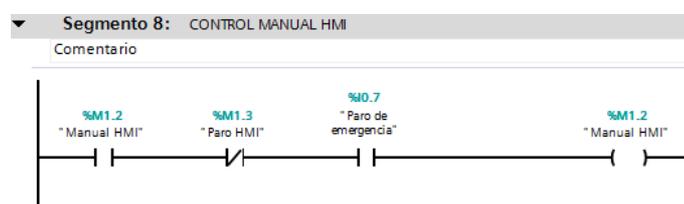
**4.4.0.1 Configuración del panel HMI en el programa del PLC.** A más de configurar las variables del panel HMI en los segmentos de programación del PLC, se crea nuevos segmentos para la configuración de los botones del panel.

Figura 81. Programación del control automático y paro HMI



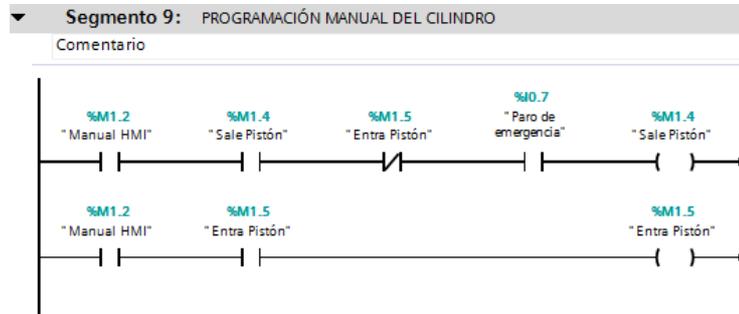
Fuente: Autores

Figura 82. Programación del control Manual HMI



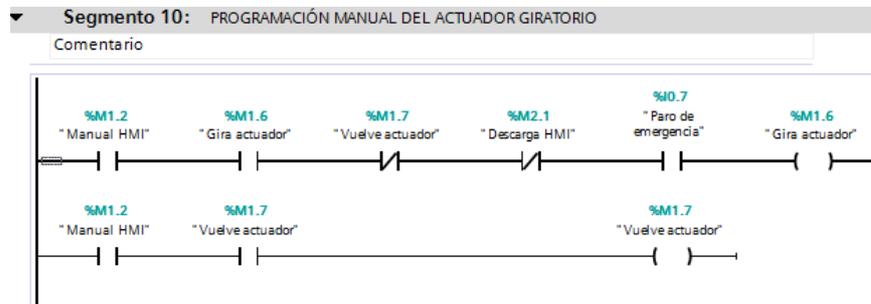
Fuente: Autores

Figura 83. Programación control manual del cilindro de doble efecto



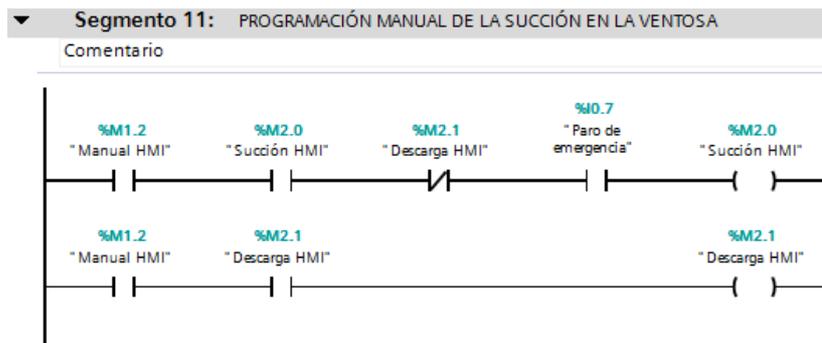
Fuente: Autores

Figura 84. Programación control manual del actuador giratorio



Fuente: Autores

Figura 85. Programación control manual de la succión



Fuente: Autores

**4.4.0.2 Programación del menú de inicio del panel.** En la interfaz WinnCC se crea una imagen o pantalla inicial, en esta pantalla se agregan datos informativos del proyecto, autores e institución. Además, se agregan botones para acceder mediante un solo pulso a las pantallas de control automático y control manual del módulo de transporte, el botón

de control manual está configurado para que al pulsarlo se encienda la lámpara de inicio, indicando así el estado de encendido del módulo de transporte.

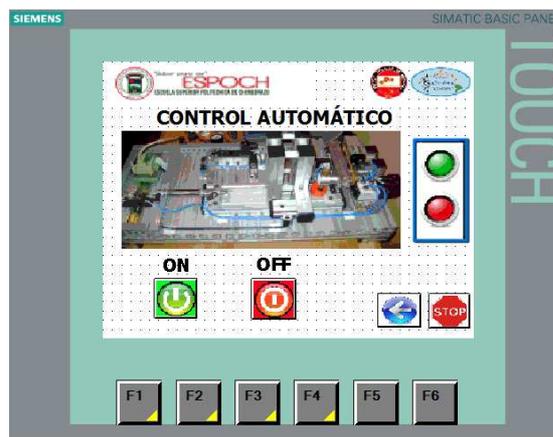
Figura 86. Pantalla inicial del panel



Fuente: Autores

**4.4.0.3 Programación de la pantalla de control automático.** En la pantalla de control automático se configura un botón “on” para iniciar el proceso de transporte y un botón “off” para detenerlo, junto a dos lámparas indicadoras de estado, una verde que parpadea en el estado de encendido y una roja que parpadea en el estado de paro.

Figura 87. Pantalla del control automático



Fuente: Autores

Además se tiene un botón de paro “stop” o paro de emergencia y otro botón de retorno a la pantalla anterior, que se agregan con las mismas funciones en todas las pantallas de control manual.

**4.4.0.4 Programación de las pantallas de control manual.** La primera pantalla de control manual a la que se tiene acceso está configurada con dos botones para el control manual del cilindro de doble efecto y de la etapa de la succión y descarga.

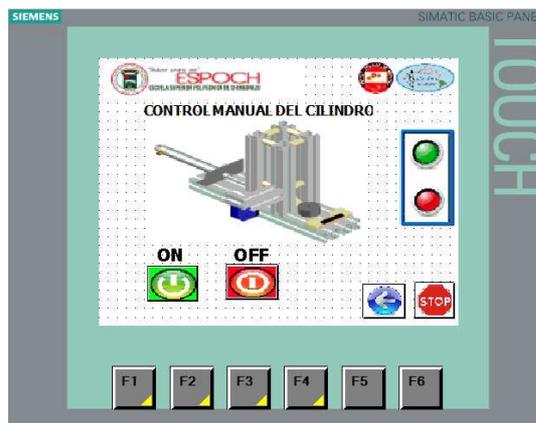
Figura 88. Pantalla del control manual



Fuente. Autores

En la pantalla de control manual del cilindro de doble efecto al pulsar un botón “on” se desplaza el vástago hacia afuera y parpadea una lámpara indicadora de color verde; y al pulsar un botón “off” el vástago retorna a su posición inicial y parpadea una lámpara indicadora de color rojo.

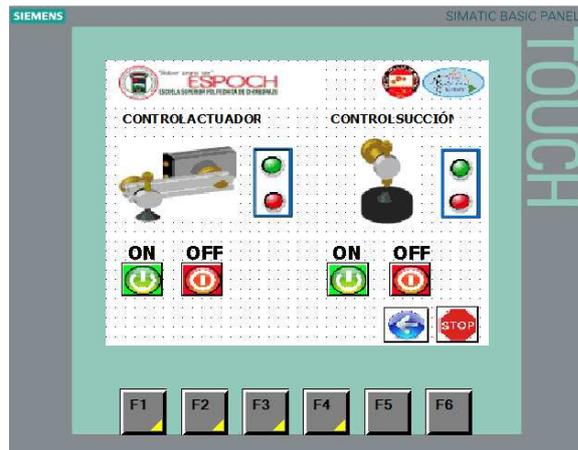
Figura 89. Pantalla del control manual del cilindro



Fuente: Autores

La pantalla del control manual de la succión y descarga tiene los botones “on” y “off” y lámparas indicadoras, similares a los existentes en otras pantallas de control.

Figura 90. Pantalla del control manual del actuador y la succión

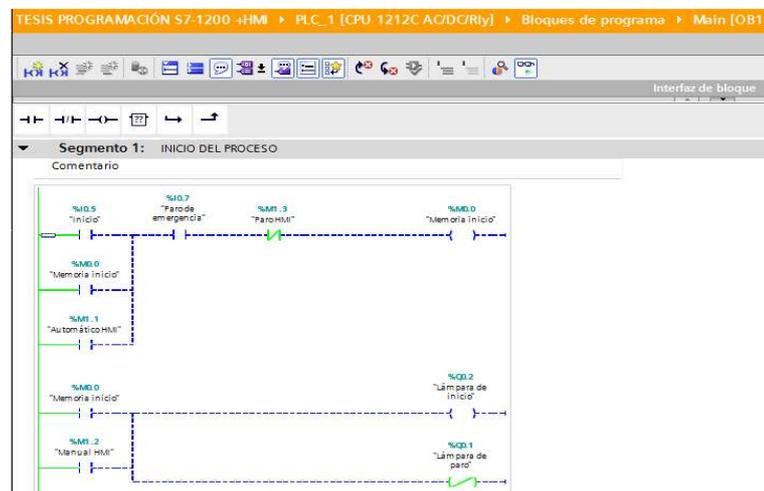


Fuente: Autores

### Pruebas de funcionamiento

Para comprobar el funcionamiento automático del módulo de transporte, se deberá cargar las programaciones desde el TIA Portal en los dispositivos PLC y HMI, pulsando el icono  “cargar en dispositivo”, para supervisar el proceso se pulsará el icono  “activar/desactivar observación”.

Figura 91. Control de proceso mediante TIA Portal



Fuente: Autores

## CAPÍTULO V

### VENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DEL PLC Y LA PANTALLA TÁCTIL SIEMENS

#### Beneficios del uso del PLC y la pantalla táctil SIEMENS

El PLC es importante en la industria, se convierte en el cerebro de todo proceso de producción automatizado, conformado por circuitos integrados, componentes discretos y microprocesadores para cada proceso, teniendo en cuenta su aplicación, modularidad, accesibilidad y costos, en el desarrollo tecnológico y las estrategias de marketing.

La combinación HMI y PLC desempeña un papel fundamental en el diseño de una solución de automatización proporcionando una serie de beneficios durante toda la vida de la automatización de máquinas, combinando visualización y control de los medios tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- Diseño de la máquina más rápida, proporcionando un entorno de desarrollo integrado.
- Reducir los costos de construcción de la máquina por la eliminación de los componentes y el cableado.
- Reducción de los gastos de soporte de la máquina y la mejora de operación centralizada el acceso remoto y la administración.

#### Comparación del PLC Siemens frente a otras marcas

A continuación se analiza ventajas y desventajas del PLC Siemens, desde un punto técnico, frente a otras marcas con reconocimiento en la industria nacional.

*Ventajas y desventajas del PLC Siemens.* Se analiza las ventajas y desventajas del PLC de marca Siemens, una de las marcas más reconocidas en el mercado nacional.

#### **5.1.0.1** *Ventajas del PLC Siemens:*

- Marca alemana de gran confiabilidad presentando gran robustez a condiciones no óptimas y facilidad en la instalación.
- Facilidad en el lenguaje de programación facilitando la funcionalidad de su software, STEP 7 lo cual se puede realizar en varios lenguajes como KOP, FUP, GRAPH.
- Interacción con sus protocolos de comunicación propietarios PROFIBUS y PROFINET mediante sus puertos y reciprocidad con su software SCADA propietario WinnCC.
- Comercialmente su ventaja es significativa al poseer muchos clones es decir desarrollos tecnológicos al 100% compatible con todas sus interfaces, minimizando costos a futuro.

#### **5.1.0.2** *Desventajas del PLC Siemens:*

- Su alta confiabilidad hace que el producto sea costoso.
- El software STEP 7, posee un tiempo lento de recuperación en la pantalla del programa del PLC.
- La dificultad a la accesibilidad de la licencia del programa.

*Ventajas y desventajas de otras marcas de PLC.* A continuación se analiza las ventajas y desventajas de otros equipos similares de automatización.

#### **5.1.1.1** *Ventajas del PLC VIPA:*

- Marca alemana un clon de la marca Siemens con mayor desarrollo tecnológico.
- Posee un procesador de alta velocidad que el siemens que facilita mayor frecuencia de muestreo sin saturar el PLC.
- Cuenta con módulos especializados para el procesamiento digital de imágenes.
- Compatible al 100% con la marca Siemens es decir se programa con el mismo software STEP 7.
- Menor costo que el PLC Siemens.

#### **5.1.1.2 Desventajas del PLC VIPA:**

- No tiene una alta difusión en el mercado industrial lo cual no cuenta con stock de productos.
- Adquisición de sus productos bajo pedido.

#### **5.1.1.3 Ventajas del PLC TWIDO, SCHNEIDER ELECTRIC:**

- PLC dedicado a la automatización de instalaciones industriales simples y de máquinas pequeñas.
- Disponible en dos versiones, compacto y modular compartiendo extensiones de Entradas /Salidas.
- Ofrecen soluciones completas dentro del campo de la gestión y control de energía.
- Varias opciones para simplificar cableado ajustando las necesidades de cada aplicación.

#### **5.1.1.4 Desventajas del PLC TWIDO, SCHNEIDER ELECTRIC:**

- La aplicación se guarda en la memoria interna volátil (RAM) del dispositivo.
- Cuenta con una batería externa para la alimentación de dicha memoria.
- La duración de la información es de acuerdo de la alimentación eléctrica existente.

#### **5.1.1.5 Ventajas del PLC MICROLOGIXZ ALLEN BRADLEY:**

- Es una marca confiable y de buen desempeño sus principales mercados oíl y gas.
- Su desarrollo con la tecnología SIL (nivel de integridad de seguridad).
- Bajo costo comparado con la marca siemens.
- Lenguaje de programación simple con un software RSLogix que tiene un interfaz muy bueno y muy intuitivo.
- Su software SCADA propietario RSView, ofrece funcionalidades compatibles con Visual Basic y base de datos SQL y también pueden ser monitoreados con intouch.

#### **5.1.1.6** *Desventajas del PLC MICROLOGIXZ ALLEN BRADLEY:*

- No posee clones por lo que una vez realizado el proyecto con este PLC no hay posibilidad de migración de marca.

#### **5.1.1.7** *Ventajas del PLC DELTA:*

- Diseñadas para un alto rendimiento, alta flexibilidad y facilidad de programación.
- Cuenta con licencias para el software libres inclusive q se pueden descargar fácilmente.
- Cuenta con PLC pequeños ofreciendo numerosas funciones que incluyen velocidad de 0.24 microsegundos.
- Cuenta con varios procesadores que facilitan la programación ofreciendo alta velocidad en los pulsos y excelente control de movimiento.

#### **5.1.1.8** *Desventaja del PLC DELTA:*

- La transferencia de datos por la facilidad de migrar los datos.

#### **5.1.1.9** *Ventajas del PLC OMRON:*

- PLC rentables para aplicaciones de complejidad baja y media diseñada especialmente para ayudar a los usuarios con mayor flexibilidad e inteligencia.
- Comunicación abierta mediante un puerto USB que facilita la programación, mantenimiento y solución de los problemas.
- La posibilidad de ampliación que permite desarrollar bloques para las funciones lo que después se puede volver utilizar ahorrando tiempo.

#### **5.1.1.10** *Desventajas del PLC OMRON:*

- Mayor costo que marcas como Siemens.

*Análisis de ventajas y desventajas entre PLC's.* Después de haber realizado una comparación de los diferentes PLC's, se encuentra las diferencias tecnológicas entre

marcas, por lo que la elección del PLC a utilizar en un proyecto dependerá siempre de la necesidad de los procesos, considerando los siguientes aspectos.

- La necesidad o problema a automatizar.
- De acuerdo a la función las cantidades de entradas /salidas digitales y analógicas que sea necesario.
- En función del proceso a realizar verificar las limitaciones de las variables internas con que cada PLC puede operar.
- Tensiones de alimentación disponible.
- Capacidad de ampliación del mismo.
- Capacidad de comunicación y drivers incluidos para comunicación con otros dispositivos.

La elección finalmente se complementará con el análisis de costos entre distintas marcas.

### **Comparación de costos de equipos Siemens frente a otras marcas**

Para determinar las ventajas económicas de los equipos de automatización Siemens implementados en el módulo de transporte horizontal, se realiza una comparación con otras marcas de similares características.

Tabla 31. Comparación de costos entre varias marcas

<b>Fabricantes de PLC</b>	<b>Precio + IVA (12%)</b>	<b>Fabricantes de pantallas táctiles</b>	<b>Precio + IVA (12%)</b>
PLC S7-1200 SIEMENS	\$ 420.20	HMI Panel Basic KTP600 PN SIEMENS	\$ 1209.60
VIPA	\$ 290.00	Touch Panels, VIPA	\$ 1300.00
TWIDO, SCHNEIDER ELECTRIC	\$ 762.00	Operator Panel OP35	\$ 3750.00
MICROLOGIXZ ALLEN BRADLEY	\$500.00	Toshiba ULTRABOOK	\$ 890.00
DELTA	\$ 255.00	HMI Delta dop-b10s615	\$ 980.00
OMRON	\$1735.00	HMI Omron Panelview monitor	\$ 750.00

Fuente: Autores

*Resultado final de la comparación entre marcas.* La elección de equipos de automatización Siemens para su implementación en el módulo de transporte se da con el fin obtener mejoras en los procesos, aprovechando su gran versatilidad, robustez, facilidad en la programación, simplificación en el diseño de las instalaciones, mayor rapidez en el desarrollo del proceso, capacidad para la detección y corrección de averías, junto a un precio accesible frente a otras marcas.

### **Análisis de costos de los equipos adquiridos**

Se realiza un análisis de costos totales del proyecto, partiendo de una comparación de costos de adquisición entre el sector y el sector académico, de equipos marca Siemens en forma individual y como Kit's.

*Costos de equipos individuales para la industria.* Los siguientes costos reflejan el precio individual normal y real para aplicarlos a la industria.

Tabla 32. Costos de equipos individuales para la industria

<b>Descripción</b>	<b>Precio sin IVA</b>	<b>+ IVA (12 %)</b>
CPU S7-12001212C AC/DC/Relé	\$ 375,00	\$ 420,00
SIMATIC Basic Panel KTP600 PN	\$ 1080,00	\$ 1209,60
TIA PORTAL STEP7 Basic. Incluye WinnCC Basic V11.	\$ 535,00	\$ 599,20
Fuente de poder LOGO! Power.	\$ 93,00	\$ 104,16
CSM1277 Switch Industrial Ethernet	\$ 185,00	\$ 207,20
Cable PROFIBUS/ETHERNET	\$ 74,62	\$ 87,57
<b>Total</b>	<b>\$ 2.342,62</b>	<b>\$ 2540,16</b>

Fuente: Autores

*Costos de los equipos en kit y con descuento estudiantil.* En la tabla siguiente se detalla los equipos adquiridos en la empresa comercializadora INASELL Cía. Ltda., haciendo una excepción al precio normal en forma de kit, por ser para el apoyo al desarrollo de la educación superior, ya que se utilizará la implantación del módulo de uso de laboratorio.

Tabla 33. Costos de los equipos en kit con descuento estudiantil

Cantidad	Descripción	Precio sin IVA	+ IVA (12 %)	Descuento (22%)
1	Starter Kit SIMATIC S7-1200 CP1212AC/DC/Relé, Panel + SIMATIC KTP600 Basic Color, software TIA PORTAL Basic, simulador de entradas digitales, cable de comunicación Industrial Ethernet y CD con documentación.	\$ 1.660,00	\$ 1.859,20	\$ 1.450,18
1	Fuente de poder LOGO! Power.	\$ 93,00	\$ 104,16	\$ 81,24
1	CSM1277 Switch Industrial Ethernet	\$ 185,00	\$ 207,20	\$ 161,62
<b>Total</b>		\$ 1.938,00	\$ 2.170,56	\$ 1.693,04

Fuente: Autores

### Análisis de costos totales del proyecto

Los elementos que interviene para el cálculo de los costos de producción total del proyecto son los siguientes:

- Materia prima directa, son todos los elementos que se incluyen en la elaboración de un producto, transformándose e incorporándose a un producto final.
- Mano de obra directa, es la mano de obra consumida en las áreas que tiene relación directa con la producción la prestación de algún servicio esto es generado por técnicos obreros y operarios calificados.
- Costos indirectos de fabricación, son todos los costos de fabricación distintos de los materiales directos y de la mano de obra directa, son diferentes a los gastos de venta, administración y financiero.

*Costos de materia prima directa en el sector industrial.* Si se tratara de elaborar un proyecto en el sector industrial, similar al desarrollado en esta tesis, los materiales o materia prima directa empleada en la construcción del módulo de automatización, son costos que se encuentran en las casas comerciales sin descuento, se incluyen los costos de materiales utilizados en el mantenimiento del módulo de transporte horizontal con el fin de darle su funcionalidad.

Tabla 34. Costos de materia prima directa en el sector industrial

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción del producto</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Final</b>
1	Starter Kit SIMATIC S7-1200 CPU 1212C AC/DC/Relé, Panel + SIMATIC KTP600 Basic Color, software TIA PORTAL Basic, simulador de entradas digitales, cable de comunicación Industrial Ethernet y CD con documentación.	\$ 1.859,20	\$ 1.859,20
1	Fuente de poder LOGO! Power	\$ 104,16	\$ 104,16
1	CSM1277 Switch Industrial Ethernet	\$ 207,20	\$ 207,20
1	Conector PROFIBUS/ETHERNET	\$ 74,62	\$ 74,62
2	Conectores RJ45	\$ 5,14	\$ 10,28
2	Tarjetas Electrónicas	\$ 80,00	\$ 160,00
3	Lámparas Piloto	\$ 1,90	\$ 5,70
1	Pulsador de paro NC	\$ 1,90	\$ 1,90
1	Pulsador de inicio NA	\$ 1,90	\$ 1,90
1	Pulsador de Emergencia	\$ 3,05	\$ 3,05
1	Relé 24 V DC y porta relé	\$ 6,25	\$ 6,25
1	Fusible de 2 Amperios	\$ 0,20	\$ 0,20
1	Porta fusibles	\$ 0,75	\$ 0,75
1	Interruptor de dos posiciones con luz piloto	\$ 0,70	\$ 0,70
1	Conector de cable de poder	\$ 2,25	\$ 2,25
1	Cable de poder de 10 A, 100-250 V AC	\$ 4,25	\$ 4,25
4	Conector DB25	\$ 1,80	\$ 7,20
1	Cable serial de 25 Hilos	\$ 5,50	\$ 5,50
10	Metros de cable flexible #12 color verde	\$ 0,35	\$ 3,50
10	Metros de cable flexible #12 color blanco	\$ 0,35	\$ 3,50
5	Metros de cable flexible #12 color negro	\$ 0,35	\$ 1,75
100	Punteras de conexión	\$ 0,05	\$ 5,00
1	Perfil DIN normalizado (raíl)	\$ 3,50	\$ 3,50
1	Estructura del módulo de automatización	\$ 70,00	\$ 70,00
1	Canaleta	\$ 5,00	\$ 5,00
2	Manijas	\$ 2,40	\$ 2,40
<b>Total</b>			<b>\$ 2.549,76</b>

Fuente: Autores

*Mano de obra directa el sector industrial.* La mano de obra directa se tomara en cuenta al costo de producción más un 25 al 30% de utilidad que se necesita adquirir por los servicios prestados como diseño, construcción y montaje.

*Costos indirectos de fabricación en el sector industrial.* Son los costos de todos los elementos que intervinieron en la producción final del módulo de automatización y el mantenimiento del módulo de transporte.

Tabla 35. Costos indirectos de fabricación en el sector industrial

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción del producto</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Final</b>
3	Brocas de acero	\$ 1,50	\$ 4,50
2	Lijas	\$ 1,25	\$ 2,50
1	Limas	\$ 2,50	\$ 2,50
1	Pintura	\$ 10,00	\$ 10,00
1	Thinner	\$ 5,00	\$ 5,00
1	Cinta doble faz	\$ 5,80	\$ 5,80
1	Cinta aislante	\$ 1,50	\$ 1,50
1	Guaípe	\$ 1,00	\$ 1,00
20	Sujetadores	\$ 0,15	\$ 3,00
1	Kit de herramientas	\$ 15,00	\$ 15,00
1	Trabajos en módulo neumático	\$ 80,00	\$ 80,00
<b>Total</b>			<b>\$ 130,80</b>

Fuente: Autores

Para calcular los costos totales de producción se aplicará la siguiente fórmula:

$$\mathbf{CProd} = MPD + MOD + CIF \quad (1)$$

Dónde:

CProd = Costos de producción

MPD= Material o materia prima directa

MOD = Mano de obra directa

CIF = Costos indirectos de fabricación

$$\mathbf{CProd} = MPD + MOD + CIF$$

$$\mathbf{CProd} = \$ 2549,76 + \$ 804,17 + \$ 130,80$$

$$\mathbf{CProd} = \$ 3484,73$$

*Costos de fabricación con descuento estudiantil.* A continuación se indicaran los costos con los que fueron adquiridos los equipos para la implementación del módulo automático con un descuento especial del 22%, por haber adquirido en grupo y como kit los principales equipos detallados en la tabla siguiente.

Tabla 36. Precios de fabricación con descuento estudiantil

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción del producto</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Final</b>
1	Starter Kit SIMATIC S7-1200 CPU 1212C AC/DC/Relé, Panel + SIMATIC KTP600 Basic Color, software TIA PORTAL Basic, simulador de entradas digitales, cable de comunicación Industrial Ethernet y CD con documentación.	\$ 1.859,20	\$ 1450,18
1	Fuente de poder LOGO! Power	\$ 104,16	\$ 81,24
1	CSM1277 Switch Industrial Ethernet	\$ 207,20	\$ 161,62
1	Conector PROFIBUS/ETHERNET	\$ 74,62	\$ 74,62
2	Conectores RJ45	\$ 5,14	\$ 10,28
2	Tarjetas Electrónicas	\$ 80,00	\$ 160,00
3	Lámparas Piloto	\$ 1,90	\$ 5,70
1	Pulsador de paro NC	\$ 1,90	\$ 1,90
1	Pulsador de inicio NA	\$ 1,90	\$ 1,90
1	Pulsador de Emergencia	\$ 3,05	\$ 3,05
1	Relé 24v DC y porta relé	\$ 6,25	\$ 6,25
1	Fusible de 2 Amperios	\$ 0,20	\$ 0,20
1	Porta fusibles	\$ 0,75	\$ 0,75
1	Interruptor de dos posiciones con luz piloto	\$ 0,70	\$ 0,70
1	Conector de cable de poder	\$ 2,25	\$ 2,25
1	Cable de poder de 10 A, 100-250 V AC	\$ 4,25	\$ 4,25
4	Conector DV25	\$ 1,80	\$ 7,20
1	Cable serial de 25 Hilos	\$ 5,50	\$ 5,50
10	Metros de cable flexible #12 color verde	\$ 0,35	\$ 3,50
10	Metros de cable flexible #12 color blanco	\$ 0,35	\$ 3,50
5	Metros de cable flexible #12 color negro	\$ 0,35	\$ 1,75
100	Punteras de conexión	\$ 0,05	\$ 5,00
1	Perfil DIN normalizado (raíl)	\$ 3,50	\$ 3,50
1	Estructura del módulo de automatización	\$ 70,00	\$ 70,00
1	Canaleta	\$ 5,00	\$ 5,00
2	Manijas	\$ 2,40	\$ 2,40
<b>Total</b>			<b>\$ 2072,24</b>

Fuente: Autores

*Costo de mano de obra directa sector estudiantil.* Estos costos no serán evaluados porque la implementación del módulo de automatización es realizada por los autores de la tesis, como aporte al Laboratorio de Control y Manipulación Automática de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la ESPOCH.

*Costo real de la implementación del módulo automatización.* Para calcular los costos totales de producción con el descuento estudiantil que brinda la empresa proveedora de los equipos para la automatización, se aplicará la siguiente fórmula:

$$\mathbf{CProd} = MPD + MOD + CIF$$

Dónde:

CProd= Costos de producción

MPD= Material o materia prima directa

MOD= Mano de obra directa

CIF= Costos indirectos de fabricación

$$\mathbf{CProd} = MPD + MOD + CIF$$

$$\mathbf{CProd} = \$ 2072,24 + \$ 130,80$$

$$\mathbf{CProd} = \$ 2203,04$$

### **Resultado del análisis de ventajas y costos**

En el análisis de las ventajas principales entre equipos de automatización de diferentes marcas, se elige Siemens, una empresa que sobresale en el mercado industrial, brindando gran confiabilidad en los procesos de producción, con versatilidad en la programación, diseño y montaje. El análisis de costos justifica la elección de Siemens, por las facilidades en la adquisición, ofreciendo kit de equipos confiables por su reconocimiento mundial, con costos no muy elevados con relación a equipos de marcas similares, el análisis de costos también permite tener una idea sobre la posibilidad que tendría una empresa de implementar equipos de automatización en sus procesos y permite notar las diferencias de costos según el sector de implementación.

## CAPÍTULO VI

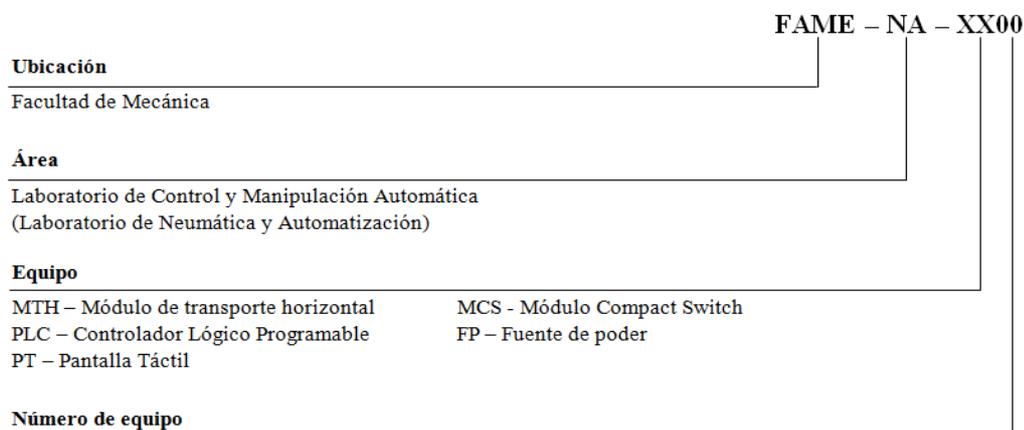
### MANUAL DE MANTENIMIENTO, OPERACIÓN Y SEGURIDAD DEL MÓDULO DE TRANSPORTE Y AUTOMATIZACIÓN

La elaboración de manuales de mantenimiento, operación y seguridad para los módulos de transporte y automatización requiere un conocimiento previo de las características técnicas de los equipos que conforman estos módulos. Lo que crea la necesidad de elaborar documentos previos para conocer estos equipos, como son la codificación técnica de equipos y las fichas de información técnica.

#### Codificación técnica de equipos

La codificación técnica de equipos es una importante herramienta de la gestión del mantenimiento, se utilizada como un método de codificación que tiene como objetivo facilitar la localización de un sistema o equipo. La codificación técnica utiliza un conjunto de símbolos alfa-numéricos asignados a cada equipo de forma secuencial. Para la codificación del módulo de transporte horizontal y de los equipos del módulo de automatización, se utiliza un código técnico elaborado según la codificación interna de la Facultad de Mecánica, independiente a la codificación de la Unidad de Control de Bienes de la ESPOCH.

Figura 92. Estructura del código técnico



Fuente: Autores

Tabla 37. Codificación de equipos

		<b>CODIFICACIÓN DE EQUIPOS</b>	
		Laboratorio de Control y Manipulación Automática	
<b>EQUIPO</b>		<b>CÓDIGO TÉCNICO</b>	
Módulo de transporte horizontal		FAME-NA-MTH01	
PLC SIMATIC S7-1200		FAME-NA-PLC01	
Pantalla táctil HMIKTP 600 PN Basic		FAME-NA-PT01	
Módulo Compact Switch		FAME-NA-MCS01	
Fuente de poder LOGO! Power		FAME-NA-FP01	

Fuente: Autores

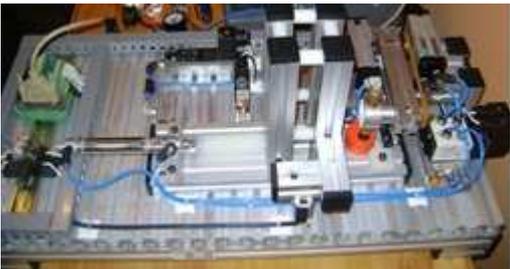
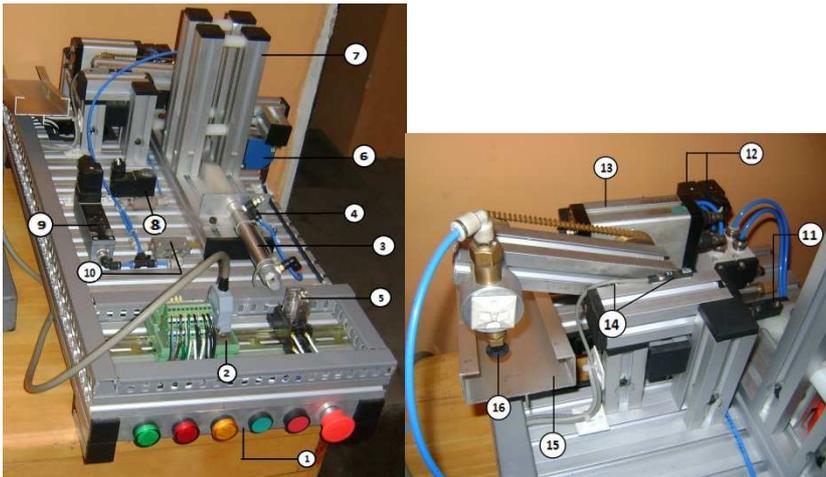
### Fichas técnicas de equipos

Son documentos que contienen datos y características y especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante del equipo, constituyen una importante herramienta de la gestión del mantenimiento, ya que en estas fichas se podrá información importante a la hora de planificar una actividad de mantenimiento. El contenido del documento varía de un equipo a otro, pero en general debe contener información técnica que garantiza su buen uso por parte del usuario, evitando así daños al equipo, la producción o circunstancias que pongan en riesgo la seguridad personal.

Las fichas técnicas de los equipos codificados se han redactado con la siguiente información:

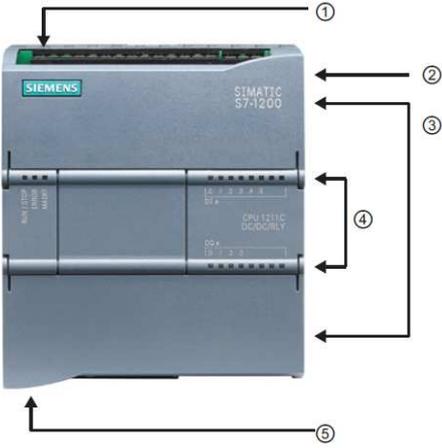
- Logos de identificación
- Nombre de la ficha
- Número de ficha
- Nombre del equipo
- Código del equipo
- Imágenes del equipo
- Partes principales
- Datos técnicos
- Características generales

Tabla 38. Ficha técnica del módulo de transporte horizontal

	<b>MÓDULO DE TRANSPORTE HORIZONTAL</b>	<b>Ficha: 1-1</b>	
		Código: FAME-NA-MTH01	
		Inventario: 46094	
	DATOS TÉCNICOS	Manual fabricante: No	
<b>Versión: 2014</b>	ESPOCH – FACULTAD DE MECÁNICA	Ubicación: Laboratorio de Control y Manipulación Automática	
<b>EQUIPO</b>		<b>DATOS TÉCNICOS</b>	
		<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>
		<b>Color</b>	<b>País de origen</b>
		Gris	2007
		<b>Características Generales</b>	
		Voltaje: 24 V DC Intensidad de entrada: 2,5 A Presión de trabajo: 5 bares Presión máxima: 10 bares Presión de vacío: 0 a 15 bares	
<b>PARTES PRINCIPALES</b>			
			
<b>Número</b>	<b>Denominación</b>		
1	Panel de control		
2	Tarjeta de comunicación electrónica		
3	Cilindro doble efecto		
4	Sensor magnético del cilindro		
5	Relé		
6	Sensor óptico de la torre		
7	Torre de almacenamiento		
8	Electroválvula 3/2		
9	Presostato		
10	Generador de vacío		
11	Sensor óptico succión		
12	Electroválvulas 5/2		
13	Actuador Giratorio		
14	Sensores magnéticos de la ventosa		
15	Ventosa		
16	Rampa de descarga		

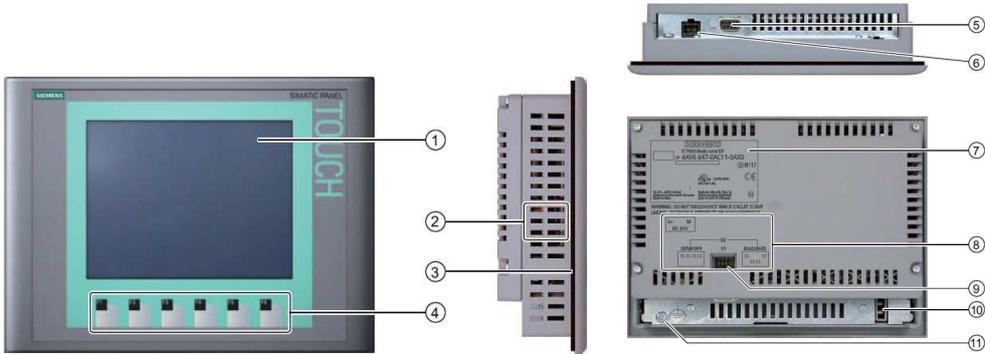
Fuente: Autores

Tabla 39. Ficha técnica del PLC SIMATIC S7-1200

	<b>PLC SIMATIC S7-1200</b>	<b>Ficha: 1-2</b>	
		Código: FAME-NA-PLC01	
DATOS TÉCNICOS		Inventario:	
Versión: 2014		Manual fabricante: Si	
ESPOCH – FACULTAD DE MECÁNICA		Ubicación: Laboratorio de Control y Manipulación Automática	
<b>EQUIPO</b>		<b>DATOS TÉCNICOS</b>	
		<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>
		Siemens	SIMATIC S7-1200
		<b>Color</b>	<b>País de origen</b>
		Gris	Alemania
		<b>Características Generales</b>	
		Rango de Voltaje: 85 a 264 V AC Frecuencia de línea: 47 a 63 Hz Intensidad de entrada: 80 mA a 120 V AC/40 mA a 240 V AC Dimensiones (mm): 90x100x75 Memoria de usuario: Trabajo - 50 KB Carga - 1 KB Remanente - 10 KB Módulos de señales admisibles: 2 Signal Board admisible: 1 Módulo de comunicación admisible: 3 Dispositivos HMI: 3 máx.	
<b>DATOS TÉCNICOS DE LA CPU</b>			
<b>TIPO:</b> 1212C AC/DC/relé		<b>REFERENCIA:</b> 6ES7 212-1BE31-0XB0	
<b>VOLTAJE DISPONIBLE:</b> 20,4 a 28,8 V DC		<b>INTENSIDAD DISPONIBLE:</b> 300 mA (24V)	
<b>ENTRADAS DIGITALES:</b> 8 integradas		<b>ENTRADAS ANALÓGICAS:</b> 2 integradas	
<b>SALIDAS DIGITALES:</b> 6 integradas		<b>SALIDAS ANALÓGICAS:</b> 0	
<b>PARTES PRINCIPALES</b>			
			
<b>Número</b>	<b>Denominación</b>		
1	Conector para la alimentación eléctrica		
2	Ranura para Memory Card		
3	Conectores extraíbles para el cableado de usuario		
4	LEDs indicadores de estado		
5	Conector PROFINET		

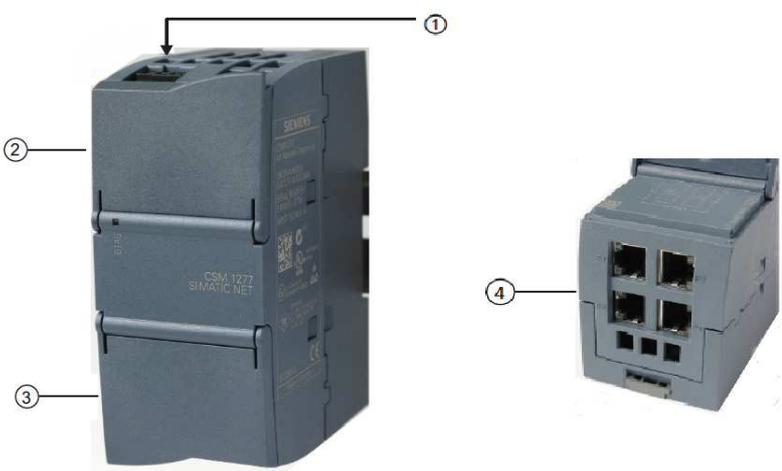
Fuente: Autores

Tabla 40. Ficha técnica de la pantalla táctil HMI KTP 600 PN Basic

	<b>PANTALLA TÁCTIL HMI KTP 600 PN BASIC</b>		<b>Ficha: 1-3</b>		
			Código: FAME-NA-PT01		
<b>DATOS TÉCNICOS</b>			Inventario:		
			Manual fabricante: Si		
<b>Versión: 2014</b>	ESPOCH – FACULTAD DE MECÁNICA		Ubicación: Laboratorio de Control y Manipulación Automática		
<b>EQUIPO</b>			<b>DATOS TÉCNICOS</b>		
			<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Serie</b>
			Siemens	KTP 600 Basic color PN	
			<b>Color</b>	<b>País de origen</b>	<b>Año de Fabricación</b>
			Gris	Alemania	
			<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>		
			Voltaje nominal: 24 V DC Intensidad de entrada: 350 mA aprox. Peso aproximado: 1070 g Área de la pantalla activa (mm): 115,2 x 86,4 Resolución de la pantalla: 320 x 240 píxeles Colores: 256 Teclas de función: 6 Memoria de aplicación: 512 KB Referencia: 6AV6 647-0AD11-3AX0		
<b>PARTES PRINCIPALES</b>					
					
<b>Número</b>	<b>Denominación</b>				
1	Pantalla táctil				
2	Escotaduras para mordazas de fijación				
3	Junta de montaje				
4	Teclas de función				
5	Interfaz RS422/RS485				
6	Conexión para la fuente de alimentación				
7	Placa de características				
8	Nombre del puerto				
9	Interruptor DIL				
10	Guía para tiras rotulables				
11	Conexión para tierra funcional				

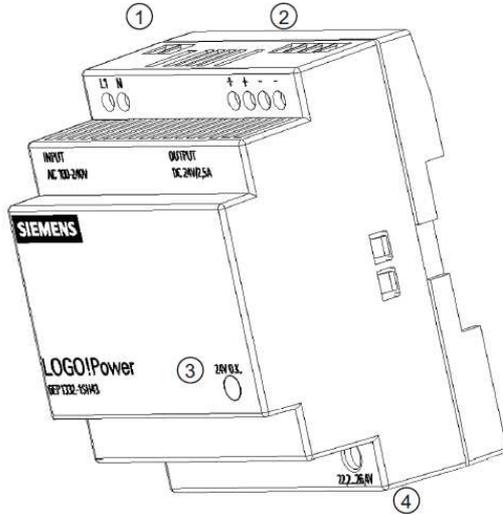
Fuente: Autores

Tabla 41. Ficha técnica del módulo compact switch CSM 1277

	<b>MÓDULO COMPACT SWITCH CSM 1277</b>	<b>Ficha: 1-4</b>	
		Código: FAME-NA-MCS01	
<b>DATOS TÉCNICOS</b>		Inventario:	
Versión: 2014		Ubicación: Laboratorio de Control y Manipulación Automática	
<b>EQUIPO</b>		<b>DATOS TÉCNICOS</b>	
	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Serie</b>
	Siemens	CSM 1277	
	<b>Color</b>	<b>País de origen</b>	<b>Año de Fabricación</b>
	Gris	Alemania	
	<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>		
Voltaje nominal: 24 V DC Intensidad de entrada: 70 mA Potencia perdida con DC 24 V: 1,6 W Temperatura en funcionamiento: 0°C hasta 60°C Dimensiones (mm): 45 x 100 x 76 Peso: 150 g Posibilidad de montaje: Riel de perfil DIN de 35 mm Puertos de conexión: 4 conectores hembra RJ45 Referencia: 6GK7277-1AA10-0AA0			
<b>PARTES PRINCIPALES</b>			
			
<b>Número</b>	<b>Denominación</b>		
1	Conexión de alimentación con bloque de bornes de 3 contactos		
2	Cubierta de LED's indicadores		
3	Cubierta de nombres de los puertos		
4	Grupos de puertos hembra RJ45		

Fuente: Autores

Tabla 42. Ficha técnica de la fuente de poder LOGO! Power

	<b>FUENTE DE PODER LOGO!POWER</b>	<b>Ficha: 1-5</b>		
		Código: FAME-NA-FP01		
<b>Versión: 2014</b>	ESPOCH – FACULTAD DE MECÁNICA	Inventario:		
		Manual fabricante: No		
<b>EQUIPO</b>		<b>DATOS TÉCNICOS</b>		
		<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	
		Siemens	6EP1332-1SH43	
		<b>Color</b>	<b>País de origen</b>	<b>Año de Fabricación</b>
		Gris	Alemania	
		<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>		
		Voltaje de entrada: 100 a 240 V AC Intensidad de entrada: 1,22 a 0,66 A Intensidad de cortocircuito: 3,5 A aprox. Frecuencia de línea: 50/60 Hz # de Fases de la red: 1 Voltaje de salida: 24 V DC Intensidad de salida: 2,5 A Rango de ajuste (potenciómetro): 22,2 a 26,4 V DC		
<b>PARTES PRINCIPALES</b>				
				
<b>Número</b>	<b>Denominación</b>			
1	Conexión a la red de alimentación			
2	Salida DC			
3	LED indicador			
4	Potenciómetro			

Fuente: Autores

## Manuales de operación y seguridad

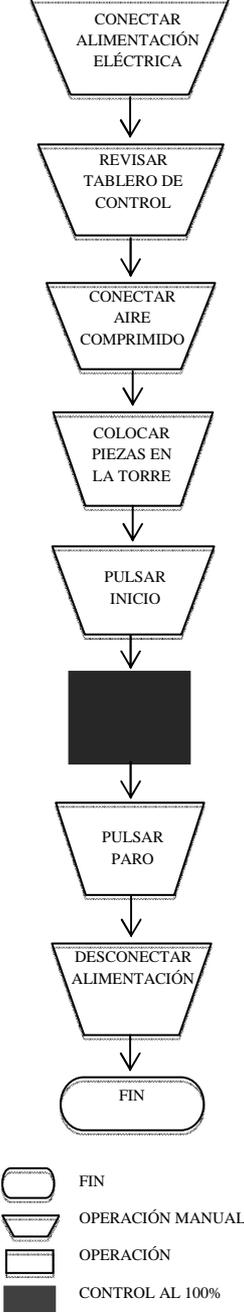
Estos documentos contienen la información necesaria para llevar a cabo de manera secuencial, precisa y segura las tareas asignadas a los equipos o sistemas, constituyendo así un importante documento para la ejecución de las operaciones planificadas.

El manual de operación debe contener información general del proceso, ya que se trata de elaborar una guía para el usuario de los equipos, que le permita realizar las actividades de forma rápida pero eficiente y segura, especificando siempre cuál es la función del equipo. Los manuales o guías de operación y seguridad se han elaborado para los módulos de transporte horizontal y automatización con la siguiente información:

- Logos de identificación
- Nombre de la ficha
- Número de ficha
- Nombre del equipo
- Código del equipo
- Ubicación del equipo
- Función del equipo
- Diagrama del proceso
- Descripción del proceso
- Parámetros a controlar
- Medidas de seguridad

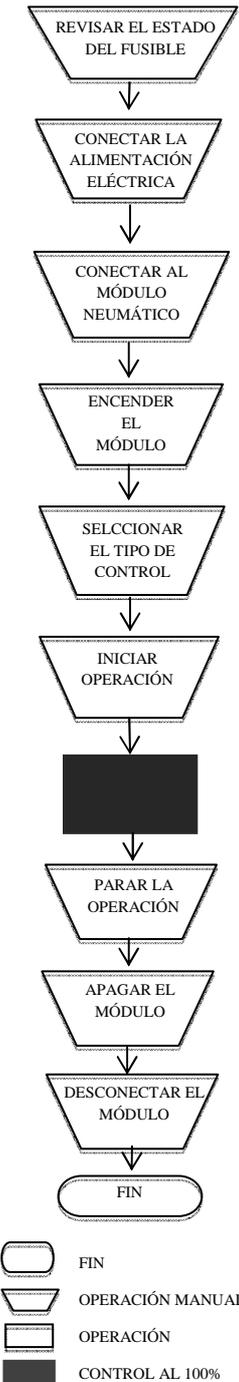
Los manuales de operación y seguridad se han elaborado de forma conjunta, uno para el módulo de transporte y otro para el módulo de automatización, y no para cada una de sus partes o elementos, debido a que sus componentes trabajan de manera conjunta y secuencial en cada módulo. Uno de los puntos más importantes dentro de estos documentos, son las medidas de seguridad recomendadas, dentro del Laboratorio de control y Manipulación Automática el estudiante usuario de estos módulos deberá manipularlos de forma segura para evitar riesgos eléctricos o por el uso de aire comprimido. Además en el ANEXO F se proporciona un guía de práctica para el estudiante.

Tabla 43. Guía de operación y seguridad para el módulo de transporte

	<b>MÓDULO DE TRANSPORTE HORIZONTAL</b>		<b>Ficha: 2-1</b>	
			Código: FAME-NA-FP01 Inventario: 46094	
<b>GUÍA DE OPERACIÓN Y SEGURIDAD</b>		Manual fabricante: No		
<b>Versión: 2014</b>		ESPOCH – FACULTAD DE MECÁNICA		Ubicación: Laboratorio de Control y Manipulación Automática
<b>Función</b>	<b>Proceso</b>	<b>Descripción</b>	<b>Control</b>	
Simular un proceso de transporte similar al de uso en las industrias, utilizando dispositivos de control automático.		En la placa electrónica fije el cable DB25 procedente del módulo de automatización.	Comprobar que el voltaje de entrada sea 24 V DC.	
<b>Seguridad</b>		Verificar que esté encendida la lámpara roja de paro, revisar si está enclavado el paro de emergencia.		
1. Conexión eléctrica, el módulo solamente se debe conectar a una red de alimentación de 24 V DC.		Conectar el suministro de aire a la unidad de mantenimiento.	Verificar que la presión del aire sea 5 bares.	
2. Presión de trabajo, se debe suministrar aire comprimido siempre a través de una unidad de mantenimiento, que se regula para una presión de 5 bares.		Dejar caer piezas hasta la parte baja de la torre.		
3. Presión máxima, no se debe alcanzar una presión de 10 bares, el hacerlo pondrá en riesgo los elementos del módulo y la seguridad personal.		Presionar el pulsador de inicio, de color verde.		
4. Tareas de revisión, montaje y desmontaje de elementos se los hará solamente desconectando el suministro de energía eléctrica al igual que el de aire comprimido.		Observar el proceso de transporte de piezas y las lámparas en el tablero.	Verificar que el proceso se dé sin inconvenientes.	
5. Nunca manipule partes del módulo mientras esté en funcionamiento.		Presionar el pulsador de paro, de color rojo.	Verificar que se detenga el proceso de transporte.	
6. Para desconectar las mangueras de aire comprimido se debe primero realizar purgas a través de las válvulas.		Desconectar el cable DB25 de la placa de distribución y cerrar el suministro de aire.	Cerrar previamente el suministro de aire comprimido.	
		Desconectar la manguera de suministro de aire.		
		Retirar piezas de la torre y de la rampa de descarga.		

Fuente: Autores

Tabla 44. Guía de operación y seguridad para el módulo de automatización

	<b>MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN</b>		<b>Ficha: 2-1</b>		
			Código:		
	GUÍA DE OPERACIÓN Y SEGURIDAD		Inventario:46094		
<b>Versión: 2014</b>			ESPOCH – FACULTAD DE MECÁNICA		Manual fabricante: No
					Ubicación: Laboratorio de Control y Manipulación Automática
<b>Función</b>	<b>Proceso</b>	<b>Descripción</b>	<b>Control</b>		
Automatizar el proceso del módulo de transporte horizontal y controlar su ejecución a través de la manipulación del panel táctil.		Desmontar el fusible y verificar su estado físico.			
<b>Seguridad</b>			Conectar a la red de suministro eléctrico mediante el cable de poder montado en la parte posterior del módulo.	Comprobar que el voltaje suministrado de la red sea 120 V AC.	
1. Conexión eléctrica, el módulo solo se conecta a una red de 120 V AC, 80 mA, 50/60 Hz.			Conectar a la tarjeta electrónica del módulo neumático mediante el puerto DB25 montado en la parte posterior.	Verificar continuidad en el cable DB25 utilizado.	
2. Verificar el voltaje de salida de la fuente de poder independiente y la del PLC.			Accionar el interruptor ON-OFF de la parte posterior.	Esperar a que cargue el programa en la pantalla.	
3. Verificar que los dispositivos se conectan a redes de alimentación que corresponden a sus características técnicas.			Identificar las opciones de control en la pantalla táctil y seleccionar el control manual o automático.	Identificar las nuevas pantallas que se abren al seleccionar un tipo de control.	
4. La revisión, montaje y desmontaje de elementos se los harán solamente desconectando el suministro de energía eléctrica.			Iniciar el proceso presionando el botón ON de la pantalla de control.		
5. Nunca manipule partes del módulo mientras esté en funcionamiento.			Observar los indicadores de la pantalla y el proceso en ejecución en el módulo neumático.		
6. No manipule la pantalla táctil con objetos puntiagudos.			Detener la operación presionando el botón OFF de la pantalla de control.	Verificar que se detiene el proceso en el módulo neumático.	
7. Observe cuidadosamente el estado de los aislamientos de los conductores.			Desactivar el interruptor ON-OFF de la parte posterior del módulo.	Verificar que se apagan los dispositivos de control.	
8. Manipular la red de alimentación utilizando equipo de protección.			Desconectar la alimentación eléctrica y después la conexión con el módulo neumático.		

Fuente: Autores

Son documentos de mantenimiento que contienen el banco de tareas para los equipos, es decir, el conjunto de tareas que se realizan para cada equipo dentro de límites de tiempo establecidos, con el objetivo de conservar las funciones para las cuales han sido diseñados y su buen estado. Los manuales de mantenimiento a más de las tareas deben contener dos elementos importantes, como son:

- El proceso, que describe las actividades a realizar dentro de cada tarea de mantenimiento para un equipo o componente específico del equipo. Detallando además los materiales, herramientas y equipos necesarios para la ejecución de estas actividades.
- La frecuencia de mantenimiento, que representa el intervalo de tiempo en el cuál se deberá volver a realizar una actividad de mantenimiento.

A continuación se recomiendan tareas de mantenimiento para el módulo de transporte y automatización, elaboradas considerando que son equipos industriales utilizados en un laboratorio, en condiciones ambientales óptimas y periodos de trabajo cortos.

Tabla 45. Tareas de mantenimiento para el módulo de transporte horizontal

		<b>MÓDULO DE TRANSPORTE HORIZONTAL</b>	
		TAREAS DE MANTENIMIENTO	
<b>Versión: 2014</b>		ESPOCH – FACULTAD DE MECÁNICA	
<b>Tarea:</b> Inspección Mecánica		<b>Frecuencia:</b> Trimestral	
<b>Procedimiento:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verificar el estado la estructura de aluminio.</li> <li>➤ Limpiar la estructura de aluminio.</li> <li>➤ Verificar el ajuste de los pernos de sujeción.</li> <li>➤ Verificar la tensión y estado de la banda.</li> <li>➤ Verificar el estado y alineación de las poleas.</li> <li>➤ Verificar el ajuste de los prisioneros en el mecanismo de la ventosa.</li> </ul>			
<b>Herramientas:</b>	<b>Materiales:</b>	<b>Equipos:</b>	<b>Repuestos:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kit de llaves hexagonales</li> <li>➤ Nivel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Guaípe</li> <li>➤ Removedor</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pernos 5/16</li> </ul>

Tabla 44. (Continuación)

<b>Tarea:</b> Inspección Eléctrica		<b>Frecuencia:</b> Trimestral	
<b>Procedimiento:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Desconectar la alimentación eléctrica.</li> <li>➤ Revisar el estado de los aislantes de los conductores.</li> <li>➤ Comprobar continuidad en los conductores.</li> <li>➤ Revisar el ajuste de los terminales en las borneras de la placa electrónica.</li> <li>➤ Calibrar las distancias de los sensores.</li> <li>➤ Revisar la sujeción de los sensores magnéticos.</li> <li>➤ Limpiar los sensores.</li> <li>➤ Revisar el estado de las lámparas indicadoras.</li> <li>➤ Revisar el estado de los pulsadores.</li> <li>➤ Comprobar el funcionamiento del paro de emergencia.</li> <li>➤ Limpiar los contactos del relé.</li> <li>➤ Limpiar las canaletas del sistema eléctrico.</li> <li>➤ Comprobar continuidad del cable de comunicación DB25.</li> </ul>			
<b>Herramientas:</b>	<b>Materiales:</b>	<b>Equipo:</b>	<b>Repuestos:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kit de llaves hexagonales</li> <li>➤ Destornillador plano</li> <li>➤ Calibrador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Guipe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Multímetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Lámparas de 24 V DC</li> <li>➤ Punteras de conexión.</li> </ul>
<b>Tarea:</b> Inspección Neumática		<b>Frecuencia:</b> Trimestral	
<b>Procedimiento:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Revisar el estado de la unidad de mantenimiento.</li> <li>➤ Purgar la unidad de mantenimiento.</li> <li>➤ Revisar que la unidad de mantenimiento esté calibrada para 5 bares.</li> <li>➤ Revisar el estado de las mangueras.</li> <li>➤ Revisar el ajuste de las mangueras en los racores (uniones).</li> <li>➤ Revisar el estado de las válvulas.</li> <li>➤ Calibrar la entrada de aire en las válvulas, ajustándolas y activándolas manualmente.</li> <li>➤ Calibrar el presostato en un rango de 0 a 15 bares.</li> <li>➤ Revisar el estado de la ventosa.</li> <li>➤ Ajustar el giro del actuador.</li> </ul>			
<b>Herramientas:</b>	<b>Materiales:</b>	<b>Equipo:</b>	<b>Repuestos:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kit de llaves hexagonales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Guipe</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mangueras</li> <li>➤ Racores</li> </ul>

Fuente: Autores

Tabla 46. Tareas de mantenimiento para el módulo de automatización

		<b>MÓDULO DE AUTOMATIZACIÓN</b>	
		TAREAS DE MANTENIMIENTO	
<b>Versión: 2014</b>		ESPOCH – FACULTAD DE MECÁNICA	
<b>Tarea:</b> Inspección Eléctrica		<b>Frecuencia:</b> Trimestral	
<b>Procedimiento:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Revisar el estado del fusible.</li> <li>➤ Revisar el estado del aislante de los conductores.</li> <li>➤ Revisar las conexiones de los elementos de la red de alimentación.</li> <li>➤ Comprobar continuidad de los conductores.</li> <li>➤ Comprobar continuidad del cable DB25 interno.</li> <li>➤ Verificar que la tensión de la red de alimentación sea 120 V AC.</li> <li>➤ Verificar que el voltaje de salida de la fuente independiente y la del PLC sea 24 V DC.</li> <li>➤ Revisar el estado de los bornes de conexión de los cables RJ45.</li> <li>➤ Revisar el ajuste de los terminales en las borneras de la placa electrónica.</li> <li>➤ Revisar el ajuste de los terminales en las borneras del PLC, fuente de poder y módulo compact switch.</li> <li>➤ Limpiar los contactos eléctricos.</li> </ul>			
<b>Herramientas:</b>	<b>Materiales:</b>	<b>Equipos:</b>	<b>Repuestos:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Destornillador plano</li> <li>➤ Pinzas planas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Guaípe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Multímetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fusible de 2 A</li> <li>➤ Punteras de conexión.</li> </ul>
<b>Tarea:</b> Limpieza del panel de operador		<b>Frecuencia:</b> Semanal	
<b>Procedimiento:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Apagar el módulo de automatización, para evitar reacciones en el controlador al momento de pulsar las teclas o botones en la pantalla.</li> <li>➤ Rociar un producto de limpieza sobre un paño, nunca directamente sobre el panel, el producto de limpieza utilizado puede ser un detergente lavavajillas o un producto de limpieza espumante para pantallas.</li> <li>➤ No utilizar chorros de aire a presión, vapor, disolventes o detergentes agresivos.</li> <li>➤ Limpiar la pantalla del panel, con movimientos desde el borde de la pantalla hacia adentro.</li> </ul>			
<b>Herramientas:</b>	<b>Materiales:</b>	<b>Equipos:</b>	<b>Repuestos:</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Paño</li> <li>➤ Producto de limpieza.</li> </ul>		

Fuente: Autores

## **CAPÍTULO VII**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **Conclusiones**

Se realizó un reconocimiento del módulo de transporte horizontal, sus partes principales y el estado técnico del módulo, determinando que se encontraba en mal estado y era necesario realizar tareas de mantenimiento que permitan devolver las condiciones de funcionamiento al módulo.

Se determinó que el módulo de transporte horizontal ha sido diseñado con el fin de simular un proceso de transporte de piezas desde una torre de almacenamiento hasta una posición final de descarga, utilizando equipos de control y actuadores neumáticos, similares al de uso industrial.

Se ha determinado que el PLC S7-1200 es un controlador de diseño compacto, configuración flexible y amplio campo de instrucciones, mientras que la pantalla es un panel KTP600 PN Basic, cuenta con un panel táctil a color y seis teclas táctiles, ambos dispositivos poseen puerto PROFINET integrado, para su comunicación.

Se realizó la programación de PLC S7-1200 y la pantalla táctil mediante el software TIA Portal V11, utilizando la interfaz STEP 7 Basic para la configuración de dispositivos en lenguaje de programación KOP y la interfaz WinnCC Basic para el diseño de la pantalla táctil.

Se realizó la comunicación entre los dispositivos PLC S7-1200 y la pantalla táctil, utilizando los puertos PROFINET integrados en cada dispositivo y una red de comunicación industrial tipo Ethernet, formada por el módulo Compact Switch CSM1277.

Se elaboró guías de operación, incluyendo las medidas de seguridad requeridas en el uso de los equipos y guías de mantenimiento para los módulos de transporte horizontal y automatización, elaboradas en base a la información técnica de los equipos.

### **Recomendaciones**

Adquirir conocimientos previos sobre el funcionamiento y características técnicas de los dispositivos que se desean manipular en el Laboratorio de Control y Manipulación Automática.

Iniciar la configuración de los dispositivos o la supervisión del proceso en el TIA Portal, comprobando que los dispositivos tengan asignadas direcciones IP, esto se hace estableciendo conexión online y reconociendo así los dispositivos a los que se tiene acceso y su configuración.

Realizar la operación de los módulos de transporte horizontal y de automatización, utilizando adecuadamente las guías de operación y seguridad elaboradas para cada módulo.

Realizar las tareas de mantenimiento propuestas en los bancos de tareas para los módulos de transporte horizontal y automatización, según las frecuencias establecidas y empleando las herramientas, materiales, equipos y repuestos necesarios.

## BIBLIOGRAFÍA

**ÁREATECNOLOGÍA. 2014.** Áreatecnología. Qué es neumática. [En línea] 2014. [Citado el: 03 de Marzo de 2014.] <http://www.areatecnologia.com/que-es-la-neumatica.htm>.

**BERRÍO, Luis y OCHOA, Ruth. 2007.**Neumática Básica. 1a edición. Medellín : ITM, 2007. pág. 107. ISBN: 978-958-98275-8-1.

**BIGDIGITAL. 2014.** Bigdigital. Lenguajes de programación. [En línea] 2014. [Citado el: 03 de Marzo de 2014.] <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9276/6/LENGUAJES%20DE%20PROGRAMACION%20DE%20PLC.doc>.

**BLOGSPOT. 2014.** Blogspot. Automatización. [En línea] 2014. [Citado el: 04 de Enero de 2014.] <http://sergio527-tgs.blogspot.com/2010/05/clases-de-automatizacion.html>.

**CREUS, Antonio. 2010.**Automatización neumática y electroneumática. 2a edición. Barcelona : MARCOMBO S.A, 2010. pág. 420. ISBN: 978-84-267-1677-4.

**ECURED. 2014.** Ecured. Automatización. [En línea] 2014. [Citado el: 03 de Febrero de 2014.] <http://www.ecured.cu/index.php/Automatizaci%C3%B3n>.

**GOMEZ, Luis. 2010.** Scribd. Automatización industrial. [En línea] 02 de Abril de 2010. [Citado el: 05 de Enero de 2014.] <http://es.scribd.com/doc/29338450/AUTOMATIZACION-INDUSTRIAL#>.

**MONTALVO, Pablo. 2009.**Texto básico de electroneumática y oleohidráulica. Riobamba : ESPOCH, 2009. pág. 179. Vol. I.

**MOROCHO, Manual. 2000.**Texto de administración del mantenimiento. Riobamba : ESPOCH, 2000. pág. 106.

**SCRIBD. 2011.** Scribd. Automatización industrial. [En línea] 03 de 09 de 2011. [Citado el: 02 de 01 de 2014.] <http://es.scribd.com/doc/63853350/Automatización-Industrial-PDF>.

**SIEMENS. 2009.** Compact Switch Module CSM 1277 Instrucciones de servicio. Nürnberg : Coryeigh@Siemens AG, 2009. pág. 36. A2B00079397E.

**SIEMENS. 2012.** Easy Book Manual del producto. Nürnberg : Copyright © Siemens AG, 2012, 2012. pág. 324. 6ES7298-8FA30-8DH0.

**SIEMENS. 2011.** SIEMENS Power supply Instrucciones de operación. Nürnberg : Copyright©Siemens, 2011. pág. 44. C98130-A7560-A999-1-7619.

**SIEMENS. 2010.** SIMATIC HMI Paneles Instrucciones de servicio. Nürnberg : Copyright©Siemens AG, 2010. pág. 154. A5E02421816-02.

**SIEMENS. 2012.** SIMATIC S7-1200 Manual del sistema. Nürnberg : Copyright©Siemens AG, 2012. pág. 912. 6ES7298-8FA30-8DH0.

**SIEMENS. 2011.** SIMATIC STEP 7 Basic V11.0 SP1. Nürnberg : Copyright©Siemens AG, 2011. pág. 3286.

**VELASQUEZ, José. 2014.** URP. Los sensores en la producción. [En línea] 2014. [Citado el: 29 de Mayo de 2014.] <http://www.urp.edu.pe/labcim/portal/imagenes/Sensores.pdf>.

**WIKIPEDIA. 2014.** Wikipedia. GRAFCET. [En línea] 2014. [Citado el: 2014 de Enero de 08.] <http://es.wikipedia.org/wiki/GRAFCET>.

**WIKIPEDIA. 2014.** Wikipedia. Sensor. [En línea] 2014. [Citado el: 08 de Enero de 2014.] <http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>.