



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica-Eléctrica

**EJECUCIÓN Y GUÍA PRÁCTICA DE LA AUTOMATIZACIÓN DE
UN SISTEMA DIDÁCTICO ELECTRONEUMÁTICO, MEDIANTE
MICRO PLC APLICADOS AL LABORATORIO DE
ELECTRONEUMÁTICA**

Endor Steve Ortíz del Cid

Asesorado por el Ing. Saúl Cabezas Durán

Guatemala, septiembre de 2009

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EJECUCIÓN Y GUÍA PRÁCTICA DE LA AUTOMATIZACIÓN DE
UN SISTEMA DIDÁCTICO ELECTRONEUMÁTICO, MEDIANTE
MICRO PLC APLICADOS AL LABORATORIO DE
ELECTRONEUMÁTICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ENDOR STEVE ORTÍZ DEL CID

ASESORADO POR EL ING. SAÚL CABEZAS DURÁN
AL CONFERÍRSE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2009

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
EXAMINADOR	Ing. Saúl Cabezas Durán
EXAMINADOR	Ing. Otto Fernando Andríno González
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

EJECUCIÓN Y GUÍA PRÁCTICA DE LA AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DIDÁCTICO ELECTRONEUMÁTICO, MEDIANTE MICRO PLC APLICADOS AL LABORATORIO DE ELECTRONEUMÁTICA,

tema que fue asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica-Eléctrica, con fecha 1 de junio de 2007.



Endor Steve Ortiz del Cid

Guatemala, 23 de abril de 2009

Ing. Guillermo Bedoya
Coordinador Área de Potencia
Escuela Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería

Ing. Bedoya

Por medio de la presente, informo que como asesor he revisado y aprobado el trabajo de graduación titulado " **EJECUCIÓN Y GUÍA PRÁCTICA DE LA AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DIDÁCTICO ELECTRONEUMÁTICO MEDIANTE MICRO PLC APLICADOS AL LABORATORIO DE ELECTRONEUMÁTICA**", del estudiante: Endor Steve Ortiz del Cid, el cual lo encuentro satisfactorio.

Por lo anterior, solicito darle el trámite correspondiente.

Agradezco de antemano su colaboración, me suscribo cordialmente.

Atentamente,



Ing. Saúl Cabezas Durán
Asesor



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 26 de agosto de 2009.
Ref.EPS.DOC.1116.08.09.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.


Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Endor Steve Ortíz Del Cid** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, con carné No. **9516647**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"EJECUCIÓN Y GUÍA PRÁCTICA DE LA AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DIDÁCTICO ELECTRONEUMÁTICO MEDIANTE MICRO PLC APLICADOS AL LABORATORIO DE ELECTRONEUMÁTICA"**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Eléctrica

c.c. Archivo
NJRG/ra



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 26 de agosto de 2009.
Ref.EPS.D.472.08.09.

Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Escobedo.

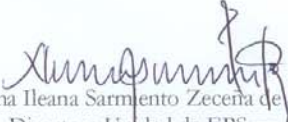
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado "EJECUCIÓN Y GUÍA PRÁCTICA DE LA AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DIDÁCTICO ELECTRONEUMÁTICO MEDIANTE MICRO PLC APLICADOS AL LABORATORIO DE ELECTRONEUMÁTICA" que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Endor Steve Ortiz Del Cid**, quien fue debidamente asesorado por el Ing. Saúl Cabezas Duran y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y del Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Ref. EIME 29.2009
Guatemala, 17 de agosto 2009.

Señor Director
Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

**Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
“EJECUCIÓN Y GUÍA PRÁCTICA DE LA AUTOMATIZACIÓN
DE UN SISTEMA DIDÁCTICO ELECTRONEUMÁTICO
MEDIANTE MICRO PLC APLICADOS AL LABORATORIO DE
ELECTRONEUMÁTICA”, del estudiante; Endor Steve Ortiz del
Cid, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.**

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. José Guillermo Beñoya Barrios
Coordinador Área de Potencia



JGBB/sro

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 49. 2009.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Area, al trabajo de Graduación del estudiante; Endor Steve Ortiz del Cid titulado: "EJECUCIÓN Y GUÍA PRÁCTICA DE LA AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DIDÁCTICO ELECTRONEUMÁTICO MEDIANTE MICRO PLC APLICADOS AL LABORATORIO DE ELECTRONEUMÁTICA, procede a la autorización del mismo.

Ing. Mario Renato Escobedo Martínez



GUATEMALA, 19 DE AGOSTO 2,009.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.355.09

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **EJECUCIÓN Y GUÍA PRÁCTICA DE LA AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DIDÁCTICO ELECTRONEUMÁTICO, MEDIANTE MICRO PLC APLICADOS AL LABORATORIO DE ELECTRONEUMÁTICA**, presentado por el estudiante universitario **Endor Steve Ortiz del Cid**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, Septiembre de 2009

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS

Por la fuente de sabiduría que con su luz divina iluminó mi vida educativa.

MIS ABUELOS

Jesús Ortiz y Estefana Barahona (q.e.p.d)

Jesús del Cid y María López (q.e.p.d)

Por su constante apoyo moral, y brindarme la mejor herencia en mi vida.

MIS PADRES

José Alfonso Ortiz e Irma Yolanda del Cid

Como muestra de agradecimiento por brindarme el apoyo moral, económico y sus múltiples esfuerzos para mi superación, y brindarme la mejor herencia en mi vida.

Por darme consejos que han sido útiles en mi proceso de vida hasta ahora.

MIS HERMANOS

Hoobert, Irma Jae, Fabián y Lhogan

Con cariño, por su respeto y admiración y los múltiples consejos que me han dado.

MI NOVIA

Heidy Johana Gómez

Con cariño, por su respeto y admiración, su constante apoyo moral y múltiples consejos que me ha dado.

MIS SOBRINOS

Gabriela, Degan, Cristian y Marcela, con mucho cariño.

MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE ESTUDIOS

MI ASESOR

Ing. Saúl Cabezas Durán

Gratitud sincera por el apoyo brindado.

AL SENA

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA en el Valle del Cauca Colombia, por haberme dado la oportunidad de ser estudiante becado en el Tercer Curso Internacional en Automatización Totalmente Integrada, y los directivos e instructores por facilitarme los conocimientos necesarios para el mejor desarrollo de este trabajo de graduación. Gratitud sincera por el apoyo brindado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
GLOSARIO.....	XV
LISTA DE SÍMBOLOS	XLV
RESUMEN.....	XLVII
OBJETIVOS	XLIX
INTRODUCCIÓN.....	LI
1. CONSIDERACIONES GENERALES	1
1.1. Filosofía del laboratorio de neumática y electroneumática.....	1
1.2. Análisis del curso	1
1.2.1. Ubicación en el pensum.....	2
1.2.2. Contenido del curso de neumática básica	2
1.2.3. Calendarización y población estudiantil	4
2. OBJETIVOS Y ALCANCES DE LA EJECUCIÓN DEL LABORATORIO... 	5
2.1. Objetivos	5
2.2. Situación actual.....	5
2.2.1. Elementos a sustituir.....	6

2.2.2.	Equipo nuevo.....	6
2.3.	Costo de la implementación del sistema MPS.....	7
2.4.	Planos.....	11

3. PRÁCTICA 1. DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL PARA PROCESOS SECUENCIALES.....21

3.1.	Caracterización de un sistema modular de producción (MPS)	21
3.1.1.	Guía de aprendizaje	22
3.1.1.1.	Resultado de aprendizaje	23
3.1.1.2.	Elementos de capacidad asociados.....	23
3.1.1.3.	Actividades preparatorias.....	24
3.1.1.3.1.	Talento humano.....	24
3.1.1.3.2.	Estrategia metodológica	24
3.1.1.3.3.	Escenario y equipos.....	25
3.1.1.3.4.	Medios didácticos	25
3.1.1.4.	Proceso de aprendizaje	26
3.1.1.5.	Apreciación del aprendizaje	27
3.1.1.6.	Evidencias de desempeño	28
3.1.1.7.	Evidencias de producto.....	28
3.1.1.8.	Síntesis del proceso de aprendizaje	29
3.1.2.	Material de apoyo	30
3.1.2.1.	Ejemplos de la normalización de un MPS.....	30
3.1.2.1.1.	Estación de distribución	31
3.1.2.1.2.	Estación de verificación	33
3.1.2.1.3.	Estación de procesamiento.....	36
3.1.2.1.4.	Estación de manipulación	38
3.1.2.2.	Sistema automatizado.....	39
3.1.2.3.	Actuadores lógicos.....	42
3.1.2.3.1.	Contactores	42

3.1.2.3.1.1. Clasificación de los contactores	42
3.1.2.3.1.1.1. Constitución de un contactor electromagnético.....	43
3.1.2.3.1.1.2. Simbología y referenciado de bornes.....	45
3.1.2.3.2. Relés	46
3.1.2.3.2.1. Clasificación de los relés.....	47
3.1.2.3.2.1.1. Simbología y referenciado de bornes.....	48
3.1.2.3.3. Transistor de unión bipolar	49
3.1.2.3.3.1. Funcionamiento del transistor	53
3.1.2.3.4. Válvulas de vías	57
3.1.2.3.4.1. Clasificación de las válvulas.....	58
3.1.2.3.4.2. Válvulas distribuidoras	62
3.1.2.3.4.2.1. Simbología y representación.....	62
esquemática de las válvulas	62
3.1.2.4. Sensores lógicos	67
3.1.2.4.1. Inductivos	68
3.1.2.4.2. Capacitivos.....	70
3.1.2.4.3. Ópticos	70
3.1.2.4.4. Ultrasónicos	72
3.1.2.5. Ficha de especificaciones de un sensor.....	72
3.1.2.6. Ficha de especificaciones de una electroválvula.....	75
3.1.2.7. Ficha de especificaciones de un PLC.....	76
3.1.2.8. Generalidades de los PLCs.....	80
3.1.2.8.1. Campos de aplicación	81
3.1.2.8.2. Ventajas e inconvenientes	82
3.1.2.8.3. Funciones básicas de un PLC.....	83
3.1.2.8.4. Estructuras	85
3.1.2.8.4.1. Estructura externa	85
3.1.2.8.4.1.1. Estructura compacta	86
3.1.2.8.4.1.2. Estructura semimodular	87

3.1.2.8.4.1.3. Estructura modular	88
3.1.2.8.4.2. Estructura interna	89
3.1.2.8.4.2.1. CPU (Central Processing Unit)	90
3.1.2.8.4.2.2. Procesador	91
3.1.2.8.4.2.3. Memoria monitor del sistema.....	92
3.1.2.8.4.2.4. Entradas y salidas	93
3.1.2.8.4.2.4.1. Entradas digitales.....	94
3.1.2.8.4.2.4.2. Entradas analógicas.....	95
3.1.2.8.4.2.4.3. Salidas digitales	96
3.1.2.8.4.2.4.4. Salidas analógicas	98
3.1.2.8.4.2.5. Memoria.....	100
3.1.2.8.4.2.5.1. Datos del proceso	100
3.1.2.8.4.2.5.2. Datos de control	101
3.1.2.8.4.2.6. Fuente de alimentación	104
3.1.2.8.4.2.7. Interfaces	105
3.1.2.8.4.2.8. Unidad de programación.....	107
3.1.2.8.4.3. Funcionamiento	107
3.1.2.8.4.3.1. Modo de funcionamiento	108
3.1.2.8.4.3.2. Ciclo de funcionamiento	109
3.1.2.8.4.3.2.1. Inicialización	110
3.1.2.8.4.3.2.2. Ciclo de operación.....	111
3.1.2.8.4.4. Tiempo de ejecución y control en tiempo real.....	112
4. PRÁCTICA 2. MODELADO MEDIANTE GRAFCET	115
4.1. Guía de aprendizaje.....	115
4.1.1. Resultado de aprendizaje	116
4.1.2. Elementos de capacidad asociados	116
4.1.3. Actividades preparatorias.	117
4.1.3.1. Talento humano	117

4.1.3.2.	Estrategia metodológica	117
4.1.3.3.	Escenario y equipos	118
4.1.3.4.	Medios didácticos	118
4.1.3.5.	Proceso de aprendizaje	119
4.1.3.6.	Apreciación del aprendizaje	121
4.1.3.7.	Evidencias de desempeño	121
4.1.3.8.	Evidencias de producto	122
4.1.3.9.	Síntesis del proceso de aprendizaje	123
4.2.	Material de apoyo	124
4.2.1.	Elementos básicos y estructuras del Grafcet	124
4.2.1.1.	Principios del GRAFCET:	124
4.2.1.2.	Los tres niveles del grafcet	125
4.2.1.2.1.	Grafcet de nivel 1 (descripción funcional)	126
4.2.1.2.2.	Grafcet de nivel 2 (descripción tecnológica)	126
4.2.1.2.3.	Grafcet de nivel 3 (descripción operativa)	127
4.2.2.	Estructura básica	128
4.2.3.	Reglas de sintaxis	130
4.2.3.1.	Condicionamiento de acciones y receptividades	131
4.2.3.2.	Condicionamiento por etapas	131
4.2.3.3.	Acciones y receptividades condicionadas por el tiempo	131
4.2.3.3.1.	Primera notación.	132
4.2.3.3.2.	Segunda notación.	132
4.2.3.4.	Receptividades condicionadas por flancos	133
5.	PRÁCTICA 3. DISEÑAR E IMPLEMENTAR ALGORITMOS DE CONTROL DE ESTRUCTURA LINEAL, MEDIANTE UNA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN	135
5.1.	Guía de aprendizaje	135
5.1.1.	Resultado de aprendizaje	136

5.1.2.	Elementos de capacidad asociados	136
5.1.3.	Actividades preparatorias	136
5.1.3.1.	Talento humano	136
5.1.3.2.	Estrategia metodológica.....	137
5.1.3.3.	Escenario y equipo.....	138
5.1.3.4.	Medios didácticos.....	138
5.1.4.	Proceso de aprendizaje	139
5.1.5.	Apreciación del aprendizaje.....	140
5.1.6.	Evidencias de desempeño.....	140
5.1.7.	Evidencias de producto	141
5.1.8.	Síntesis del proceso de aprendizaje	141
5.2.	Material de apoyo	143
6.	PRÁCTICA 4. DISEÑAR E IMPLEMENTAR ALGORITMOS DE CONTROL DE ESTRUCTURAS AVANZADAS, MEDIANTE DISTINTOS TIPOS DE AUTÓMATAS PROGRAMABLES	145
6.1.	Guía de aprendizaje.....	145
6.1.1.	Resultado de aprendizaje	146
6.1.2.	Elementos de capacidad asociados	146
6.1.3.	Actividades preparatorias.	147
6.1.3.1.	Talento humano	147
6.1.3.2.	Estrategia metodológica.....	147
6.1.3.3.	Escenario y equipos.....	148
6.1.3.4.	Medios didácticos.....	149
6.1.4.	Proceso de aprendizaje	150
7.	RÁCTICA 5. DISEÑAR E IMPLEMENTAR EL ALGORITMO DE CONTROL PARA UN SISTEMA MODULAR DE PRODUCCIÓN	153

7.1.	Guía de aprendizaje	153
7.1.1.	Resultado de aprendizaje	154
7.1.2.	Elementos de capacidad asociados.....	154
7.1.3.	Actividades preparatorias.....	155
7.1.3.1.	Talento humano.....	155
7.1.3.2.	Estrategia metodológica	155
7.1.3.3.	Escenario y equipos	156
7.1.3.4.	Medios didácticos	157
7.1.4.	Proceso de aprendizaje	157
7.1.5.	Apreciación del aprendizaje.....	159
7.1.6.	Evidencias de desempeño	159
7.1.7.	Evidencias de producto.....	160
7.1.8.	Síntesis del proceso de aprendizaje	160
7.2.	Material de apoyo.....	162
7.3.	Ejemplo de programación del MPS.....	163
7.3.1.	Descripción de la estación	163
7.3.2.	Caracterización de los elementos utilizados en el MPS.....	172
7.3.2.1.	Interruptores, pulsadores y luces piloto	172
7.3.2.2.	PLC utilizados.....	173
7.3.2.3.	Fuente de alimentación	179
7.3.2.4.	Relés	180
7.3.2.5.	Protecciones.....	181
7.3.2.6.	Relés de aislamiento	182
7.3.2.7.	Electroválvulas	183
7.3.2.8.	Unidad de mantenimiento.....	184
7.3.2.9.	Cilindros neumáticos, tovera y válvulas de estrangulación	185
7.3.2.10.	Sensores inductivos.....	186
7.3.2.11.	Diagrama de escalera.....	187

8. PRÁCTICA 6. REALIZAR EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA UN PROCESO SECUENCIAL	195
8.1. Guía de aprendizaje.....	195
8.1.1. Resultado de aprendizaje	196
8.1.2. Elementos de capacidad asociados	196
8.1.3. Actividades preparatorias.	197
8.1.3.1. Talento humano	197
8.1.3.2. Estrategia metodológica.....	197
8.1.3.3. Escenario y equipos.....	198
8.1.3.4. Medios didácticos.....	199
8.1.4. Proceso de aprendizaje	200
8.1.5. Apreciación del aprendizaje.....	201
8.1.6. Evidencias de desempeño.....	201
8.1.7. Evidencias de producto	202
8.1.8. Síntesis del proceso de aprendizaje	203
8.2. Material de apoyo	204
CONCLUSIONES.....	205
RECOMENDACIONES	207
BIBLIOGRAFÍA.....	209
ANEXOS.....	211

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Sensores y relés	12
2. Conexión de borneras y entradas en los PLC.....	13
3. Salidas PLC	14
4. Cilindros	15
5. Conexión micrologix 1000.....	16
6. Electroválvula y ventosa	17
7. Módulo Logo!	18
8. Conexión simplificada de los PLC.....	19
9. Estación de distribución	31
10. Estación de verificación	33
11. Estación de procesamiento.....	36
12. Estación de manipulación	38
13. Parte de mando y parte operativa.....	41
14. Partes de un contactor	44
15. Modelos de relés auxiliares o de mando.....	48
16. Numeración y esquemas de relés auxiliares o de mando.....	49
17. Construcción de transistores.....	50
18. Estructura, circuitos equivalentes con diodos y símbolos de transistores, a) transistor PNP, b) transistor NPN	54
19. Transistores comerciales	55
20. Electroválvula de 2 vías/2 posiciones	57

21. Distintos tipos de mandos para válvulas: a), b) eléctrico (electroválvula); c), d) manual por pulsador; e) , f) neumático o hidráulico.....	59
22. Distintos tipos de válvulas según el circuito de potencia: a) 2 vías/2 posiciones, b) 4 vías/2 posiciones	60
23. Válvulas de lógica neumática	61
24. Válvulas de vías: resumen.....	63
25. Accionamiento por fuerza física.....	65
26. Accionamiento mecánico.....	65
27. Accionamiento eléctrico.....	66
28. Accionamiento por presión-accionamiento directo	66
29. Accionamiento indirecto.....	66
30. Accionamiento combinado.....	67
31. Formas constructivas detectores de proximidad	68
32. Diagrama de bloques y detalle del núcleo de los detectores de proximidad	69
33. Detectores ópticos	71
34. Sensor de proximidad inductivo de AB.....	73
35. Diagrama de cableado sensor inductivo.....	74
36. Características de una electroválvula marca Festo	76
37. Selección del PLC Micrologix 1200	77
38. Especificaciones del PLC Micrologix 1200	78
39. Especificación de las salidas	79
40. Dimensiones de un PLC Micrologix 1200.....	80
41. Autómatas compactos	86
42. Estructura semimodular micrologix 1500.....	87
43. Autómatas modulares.....	88
44. CPU de la familia S7	91
45. Módulos de expansión Micrologix 1200.....	99
46. Módulos de expansión Micrologix 1500.....	100
47. Distribución de la memoria en el autómata.....	102

48. Ejemplos de conexiones de alimentación	105
49. Imagen del ciclo operativo	109
50. Imagen del simulador TLP LogixPro Simulator	120
51. Simulator Aplicación del diagrama GRAFCET	125
52. Ejemplo de aplicación del diagrama GRAFCET	126
53. Diagramas GRAFCET funcional y tecnológico, que describen el comportamiento del sistema secuencial del elevador	127
54. Diagrama utilizado para las entradas y salidas en un PLC	128
55. Estructura básica	129
56. Regla de sintaxis sin etapa	130
57. Regla de sintaxis dos etapas consecutivas sin transición.....	130
58. Condicionamiento por etapas	131
59. Primera notación.....	132
60. Segunda notación	132
61. Flancos	133
62. Imagen del simulador TLP LogixPro Simulator	139
63. Descripción de la práctica	151
64. Módulo MPS	158
65. Estación de manipulación	164
66. Panel de control	165
67. Condiciones iniciales	166
68. Primer movimiento	166
69. Segundo movimiento	167
70. Tercer movimiento	167
71. Cuarto movimiento.....	168
72. Quinto movimiento	168
73. Sexto movimiento	169
74. Séptimo movimiento	169
75. Octavo movimiento	170

76. Noveno movimiento	170
77. Décimo movimiento	171
78. Panel de control.....	173
79. Micrologix 1000	173
80. Micrologix 1200 (1762-L24AWA).....	174
81. LOGO! 230RC y DM8 230R	175
82. Datos técnicos generales eléctricos del LOGO! 230RC y DM8 230R	176
83. Datos entradas y salidas del LOGO! 230RC y DM8 230R	177
84. Datos de salidas y frecuencias de conmutación del LOGO! 230RC y DM8 230R	178
85. Fuente de alimentación CC	179
86. Relés con dos contactos secos y bobina 24 VDC	180
87. Interruptores termomagnéticos.....	181
88. Relés de interposición/aislamiento	182
89. Electroválvula 3/2	183
90. Filtro de aire comprimido con válvula reguladora	184
91. Cilindros, tobera y estranguladores	185
92. Sensores inductivos	186
93. Programa del Micrologix 1000	187
94. Entradas y salidas del Micrologix 1000.....	189
95. Programa del Micrologix 1200	189
96. Subrutina	193
97. Caracterización Micrologix 1200.....	193

TABLAS

I. Contenido del Laboratorio de Neumática.....	3
II. Costos de inversión del montaje del MPS	8
III. Estrategia metodológica práctica 1	25
IV. Síntesis del proceso de aprendizaje 1	29
V. Clasificación de los relés por el objeto de su instalación.....	47
VI. Clasificación de los relés por la función que realizan en el circuito eléctrico.....	47
VII. Estrategia metodológica práctica 2.....	117
VIII. Síntesis del proceso de aprendizaje 2.....	123
IX. Estrategia metodológica práctica 3.....	137
X. Síntesis del proceso de aprendizaje 3.....	141
XI. Estrategia metodológica práctica 4.....	148
XII. Estrategia metodológica práctica 5.....	156
XIII. Síntesis del proceso de aprendizaje 5.....	160
XIV. Estrategia metodológica práctica 6	198
XV. Síntesis del proceso de aprendizaje 6	203

GLOSARIO

ACCESO

DETERMINÍSTICO

Tipo de acceso característico de las redes que requieren un tiempo de respuesta bajo precisable.

ACCIÓN ASOCIADA

Una o más posibles operaciones a realizar sobre el sistema cuando la etapa de la cual dependen dichas operaciones se encuentra activada.

ACCIÓN MANTENIDA

Acción que debe aplicarse durante la ejecución de dos o más etapas consecutivas.

ACCIONADORES

Dispositivos que actúan sobre el proceso a controlar.

ACCIONES

CONDICIONALES

Acciones que requieren del cumplimiento de una condición adicional, además de la propia activación de la etapa correspondiente.

ACCIONES**INCONDICIONALES**

Acciones que se ejecutan con solo quedar activa la etapa correspondiente.

ADQUISICIÓN**DE DATOS**

Tarea que conlleva la captación de las distintas señales provenientes del sistema.

ALARMAS**GENERALES**

Alarmas que afectan a la totalidad del sistema, y que poseen prioridad sobre las alarmas locales.

ALARMAS**LOCALES**

Alarmas que afectan parcialmente al sistema, de forma que su efecto solo debe repercutir sobre un conjunto delimitado de dispositivos tecnológicos.

AUTÓMATA

Ente constituido por un conjunto de reglas que definen estados y condiciones de cambio de estado.

**AUTÓMATA
PROGRAMABLE
INDUSTRIAL**

Sistemas basados en microprocesador con arquitectura especialmente adaptada al medio industrial.

AUTOMÁTICA

Ciencia y técnica de la automatización, que agrupa el conjunto de disciplinas teóricas y tecnológicas que intervienen en la concepción, construcción y el empleo de los sistemas automáticos.

**AUTOMATISMO
COMBINACIONAL**

Sistema en el que las variables de salida dependen exclusivamente de las variables de entrada.

**AUTOMATISMO
SECUENCIAL**

Sistema cuyo funcionamiento emplea una secuencia de fases claramente diferenciadas, según un conjunto de reglas preestablecidas.

AUTOMATIZACIÓN

La automatización de un proceso industrial (máquina, conjunto o equipo industrial) consiste en la incorporación al mismo de un conjunto de elementos y dispositivos tecnológicos que aseguren su control y buen desempeño.

AUTOMATIZACIÓN

INTEGRADA

Concepto en que se contempla la integración de la producción, gestión empresarial, planificación, programación, control, etc.

BASE DE TIEMPO

La unidad de tiempo usada por un temporizador para registrar eventos. Una base de tiempo de un segundo tiene una precisión al segundo más cercano. Muchos controladores son capaces de operar con bases de tiempo de 0.01 ó 0.001 segundos.

BASIC

Código de instrucciones simbólicas para todo uso del principiante – un lenguaje de computadora fácil de aprender, usado comúnmente para tareas de programación simple.

BATERÍA DE RESERVA (BACKUP)

Una batería o juego de baterías que proporciona alimentación eléctrica para mantener el contenido de la memoria del procesador en un caso de que exista un corte de energía eléctrica al sistema. Los procesadores que utilizan memoria EEPROM generalmente no requieren batería de reserva (backup).

BCD	Decimal codificado en binario- Un sistema binario en el que cada dígito decimal de 0 a 9 se representa mediante cuatro dígitos binarios (bits). Un interruptor preselector rotatorio generalmente es un dispositivo BCD, y cuando se conecta a un controlador programable, cada década o lugar decimal, requiere de cuatro cables.
BIFURCACIÓN PARALELA	Una ruta lógica paralela dentro de un renglón de lógica de escalera.
BINARIO	Un sistema de numeración que sólo usa los dígitos 0 y 1. También se conoce como base 2.
BIT	La ubicación de almacenamiento mas pequeña en memoria. Un bit contiene ya sea un 1 (activado/verdadero) o un 0 (desactivado/falso).
BUCLE ABIERTO	Estructura de control de cadena directa en la que no existe realimentación.

BUCLE CERRADO	Estructura de control que realimenta la salida comparándola con la entrada, para obtener una señal de error, que será minimizada.
BUS	Un grupo de líneas usado para la transmisión de datos o control.
BUS DE CAMPO	Medio de transmisión físico que permite la conexión de los dispositivos de transducción y actuación a un único conductor con el consiguiente ahorro en los costos de cableado.
BYTE	Un grupo de bits adyacentes generalmente operados como una unidad, como cuando se transfieren a o desde la memoria. Hay ocho bits en un byte. Un byte es capaz de almacenar y mostrar un equivalente numérico entre 0 y 255.
CAD/CAM	Diseño asistido por computador / fabricación asistida por computador.
CAPTADORES	Una denominación alternativa de transductores.

CARACTERÍSTICAS

DINÁMICAS

Describen las características de un dispositivo en unas condiciones ambientales, con cambios muy lentos de la magnitud a medir, en ausencia de vibraciones o aceleraciones.

CARACTERIZACIÓN

Acción de hacer reconocimiento de todos los elementos que componen un sistema de control o grupo de ellos, estos pueden ser sensores, accionadores eléctricos, neumáticos, electroneumáticos y autómatas programables.

CEI-IEC

Comisión Electrotécnica Internacional.

CICLO

Una sola secuencia de operación. En un PLC, un escán de operación completo desde el comienzo hasta el fin.

CICLO DE FUNCIONAMIENTO

Se refiere a conceptos acerca de cómo, cuándo y con qué frecuencia dentro de un mismo ciclo se realizan las adquisiciones de entradas y se procede al envío de las salidas, cuando se realiza la evaluación de instrucciones del programa.

CICLO**SEMIAUTOMÁTICO**

Ciclo que no puede repetirse sin la intervención exterior del operador, al final de cada ciclo.

CONCURRENCIA

Dos procesos son concurrentes si su ejecución se produce de manera simultánea de forma independiente.

CONDICIONES**INICIALES**

Condiciones que deben cumplirse de forma sistemática al comienzo de cada ciclo.

CONGELACIÓN**DEL AUTOMATISMO**

Tratamiento de alarma en el que, ante la aparición de una señal de alarma participa en cada una de las receptividades asociadas a las transiciones, de forma que su activación impide la evolución del sistema.

CONSIGNAS

Valores de referencia que son suministrados a los controladores para obtener la salida deseada.

CONSOLAS DE**PROGRAMACIÓN**

Periférico con el que se puede introducir el programa de control en un autómata programable industrial.

**CONSTANTE DE
TIEMPO**

Tiempo que tarda un sistema en alcanzar el 63% de su valor final.

**CONTACTO
NORMALMENTE
ABIERTO**

Un par de contactos de interruptor o de relé que está abierto cuando el interruptor o la bobina del relé no está activado.

**CONTACTO
NORMALMENTE
CERRADO**

Un par de contactos de interruptor o de relé que está cerrado cuando el interruptor o la bobina del relé no está activado.

CONTACTOR

Interruptor controlado a distancia que permite controlar elevadas corrientes mediante una pequeña señal.

CONTADOR

Un dispositivo o instrucción de software que cuenta las apariciones de algún evento. Pueden ser impulsos que resulten de operaciones tales como cierres de interruptores u otros eventos discretos.

CONTINUIDAD El tener la capacidad de pasar un voltaje, estado lógico u cualquier otra señal sin impedimento.

CONTROL

CENTRALIZADO Sistema que está constituido por un computador central que gobierna todo el proceso a través de unas interfaces.

CONTROL

DISTRIBUIDO Concepto que contempla la distribución de las tareas de control de forma jerarquizada y dentro del mismo nivel.

CONTROLADOR Un dispositivo capaz de controlar otros dispositivos. Por ejemplo, un controlador programable se usa para monitorizar dispositivos de entrada, implementar lógica y dispositivos de salida de control.

CONTROLADOR

COMPACTO Controlador programable con el procesador, fuente de alimentación, entradas y salidas en un paquete.

CONTROLADORES

LÓGICOS

Denominación alternativa de los autómatas programables.

CONTROLADOR

MODULAR

Controlador programable en donde residen la fuente de alimentación, procesador e interfaces de E/S en unidades separadas o módulos.

CONVERGENCIA

EN AND

Estructura lógica que se utiliza para modelar la convergencia de dos o más secuencias simultáneas en una misma secuencia.

CPU

Unidad central de procesamiento. La sección que hace decisiones de un controlador programable y que ejecuta las instrucciones contenidas en el programa del usuario.

CSA

Asociación Canadiense de Estándares. Una agencia que regula las especificaciones y pruebas requeridas para dispositivos eléctricos usados en Canadá.

DATOS RETENTIVOS Información (datos) almacenados en memoria que no se pierden si se interrumpe la alimentación eléctrica.

DATOS Dentro del PLC, un término general para cualquier tipo de información almacenada en memoria.

DETECTOR FOTOELÉCTRICO Detector cuyo principio de funcionamiento está basado en la generación de un haz luminoso por parte del fotoemisor que se proyecta sobre el fotorreceptor o sobre un dispositivo reflectante.

DETECTORES DE FLANCO Dispositivos cuya salida cambia de estado cuando en su entrada se detecta un flanco de subida o de bajada de la variable booleana.

DIAGNÓSTICOS La detección e indicación de errores o mal funcionamientos.

DIAGRAMA DE CONTACTOS Lenguaje de programación basado en los contactos eléctricos.

**DIAGRAMA DE
ESCALERA**

Lenguaje de programación basado en las normas NEMA.

**DIAGRAMA DE
FUNCIONES**

Lenguaje de programación basado en dispositivos lógicos.

DIGITAL

Información presentada como un valor discreto; 1 ó 0.

**DIRECCIONAMIENTO
DE E/S**

Determina la forma de codificación de las distintas entradas, salidas y variables internas de cada módulo del autómata programable.

**DISPOSITIVOS
DE CAMPO**

Dispositivos de instrumentación y control, que dispone de funciones tales como diagnóstico, control y comunicación con otros dispositivos de campo.

**DIVERGENCIA EN
AND**

Estructura lógica que se utiliza para modelar la posibilidad de tomar dos o más secuencias simultáneas.

**DIVERGENCIA EN
OR**

Estructura lógica que se utiliza para modelar la posibilidad de tomar dos o más secuencias alternativas.

**ECUACIÓN DE
ACTIVACIÓN /
DESACTIVACIÓN**

Función lógica que establece el momento en que una etapa debe activarse/desactivarse.

**ECUACIÓN DE
MANDO**

Función lógica que determina la activación de los órdenes de mando de las acciones asociadas a cada etapa.

EPROM

Memoria de sólo lectura reprogramable (Erasable Programmable Read Only Memory).

EIA Asociación de Industrias Electrónicas, también vea RS232.

EMI Interferencia Electromagnética, campos magnéticos generados por dispositivos eléctricos.

ESCÁN DE COMUNICACIÓN Una parte del ciclo operativo del PLC que administra la comunicación con otros dispositivos, tales como un programador de mano.

ESCÁN DE ENTRADA Parte del ciclo de operación del controlador. Durante el escán de entrada, el controlador examina todos los dispositivos de entrada para ver si su estado está activo (On) o desactivado (Off). Este estado se escribe temporalmente en el archivo de “imagen de entrada” de la memoria para su uso durante el escán del programa.

**ESCÁN DE
PROGRAMA**

Una parte del ciclo de operación del controlador. Durante el escán del programa, se ejecuta el programa de lógica de escalera y se actualiza el archivo de datos de salida en base a la lógica del programa y al estado del archivo de datos de entrada.

**ESCÁN DE
SALIDA**

Una parte del ciclo operativo del controlador. El controlador, usando información obtenida durante el escán del programa acerca del estado de los dispositivos de salida, activa o desactiva sus circuitos de salida para controlar los dispositivos de salida.

ESCLAVO

Dispositivo que es coordinado por un dispositivo central conocido como maestro.

ESTADO

Conjunto más pequeño de variables (denominadas variables de estado), de modo que el conocimiento de estas, junto con el conocimiento de la entrada, determina por completo el comportamiento del sistema.

ESTRUCTURA

COMPACTA

Estructura de un autómata industrial de carcasa cerrada para pequeñas aplicaciones con un número prefijado de entradas/salidas.

ESTRUCTURA

MODULAR

Estructura de un autómata industrial formado por módulos de aplicación específica.

ETAPA

Situación del sistema en la cual todo o una parte del órgano de mando es invariante frente a las entradas y salidas del sistema automatizado.

ETAPA

ACTIVADA

Una etapa está activada cuando posee una marca.

ETAPA DE

INICIALIZACIÓN

Es activada de forma incondicional en el comienzo de la ejecución del algoritmo de control.

ETAPA FUENTE

Etapa que no posee transición de entrada.

ETAPA NORMAL	Está ligada a una transición de entrada y a otra salida.
ETAPA SUMIDERO	Etapa que no posee transición de salida.
EVENTO DISCRETO	Suceso que tiene lugar en tiempos discretos, frecuentemente de manera asíncrona y no determinista.
FIELD BUS	Es un término genérico que describe comunicaciones digitales de redes de computadoras que se usan en la industria.
FIFO	(Primero en entrar, primero en salir) El orden en que los datos se introducen a y se recuperan de un archivo.
FINAL DE CARRERA	Captador binario de posición por accionamiento mecánico.
FLUJOGRAMAS	Lenguaje de programación basado en diagramas de flujo.

FORZADO	Función de software que permite al programador activar o desactivar una entrada o salida independiente de la lógica del programa. Se usa principalmente para la localización y corrección de problemas.
FOTOCÉLULA	Captador binario de posición por interrupción de haz fotoeléctrico.
GEMMA	Representación gráfica y sistemática de los modos de marcha y paradas de un automatismo.
GRAF CET	Método gráfico de modelado de sistemas basados en automatizaciones de carácter secuencial.
HARDWARE	Incluye todos los componentes físicos del sistema de control, incluyendo el controlador programable, periféricos y cableado de interconexión.
INTERFAZ	Circuito que adapta un dispositivo con otro.
ISO	Organización Internacional de estándares.

LAN	Local Area network (Red de Área local).
LIFO	(Último en entrar, primero en salir). El orden en que los datos se introducen a y se recuperan de un archivo.
LÓGICA CABLEADA	Procedimiento de implementación de los algoritmos de control mediante cables eléctricos, relés electromagnéticos, interruptores, etc.
LÓGICA PROGRAMADA	Procedimiento de implementación de los algoritmos de control mediante programas informáticos.
LÓGICA SECUENCIAL	Lógica utilizada para el diseño de los automatismos secuenciales.
MACRO-ETAPA	Representación compacta de un conjunto de etapas cuya aparición puede repetirse en varias ocasiones a lo largo del diagrama Grafcet.

MAESTRO	Dispositivo que controla las operaciones y comunicación por registro cíclico de los esclavos, que pueden comunicar solo cuando el maestro se lo autoriza.
MAN	Metropolitan Area Network (Red de Área Metropolitana).
MANTENIMIENTO	Tareas de conservación del equipamiento industrial.
MAP	Manufacturing Automation Protocol. (Protocolo de Automatización de la fabricación).
MARCHAS AUTOMÁTICAS	Se trata del modo de funcionamiento normalmente cíclico, para el cual el sistema automatizado ha sido diseñado.
MARCHAS DE CIERRE	Procedimiento que incluye las operaciones de cierre necesarias a seguir, antes de que el proceso retorne a su estado inicial.

MARCHAS DE INTERVENCIÓN

Se trata de modos de funcionamiento especiales utilizados generalmente en períodos de ajuste o fallo de funcionamiento de los sistemas automatizados.

MARCHAS DE PREPARACIÓN

Define los procedimientos que de forma manual o automática, hay que realizar para el arranque de la instalación.

MARCHAS DE TEST

Destinadas a aislar una parte de la instalación automática, que requiere de operaciones periódicas de ajuste y/o calibración.

MARCHAS DE VERIFICACIÓN BAJO ORDEN

Ciclo de producción que puede ser explorado al ritmo deseado por al persona que realiza la verificación.

MARCHAS DE VERIFICACIÓN BAJO EL DESORDEN

Permite verificar determinados funcionamientos del sistema, sin respetar el orden de ciclo o secuencia.

MENTEFACTO

MENTE= CEREBRO FACTOS= HECHOS. Por tanto los mentefactos son formas gráficas para representar las diferentes modalidades de pensamientos y valores humanos. Los mentefactos definen cómo existen y se representan los instrumentos de conocimiento y sus operaciones intelectuales. (Definición tomada de la fundación Alberto Merani, Miguel de Zuburía Samper).

MODELO DE REFERENCIA**OSI**

Modelo basado en la norma Open System Interconnection.

MODOS DE MARCHA

Los diversos modos de funcionamiento que pueden realizarse en los sistemas automatizados, concebidos y establecidos en la fase de diseño del sistema.

NAND

Función booleana que devuelve el valor verdadero cuando todas las entradas sean verdaderas y falso en caso contrario.

NEMA

National Electric Manufacturing Association (Asociación Nacional de Manufacturas Eléctricas).

NOR	Función booleana que devuelve el valor falso cuando cualquiera de las entradas sea verdadera y falso en caso contrario.
OR	Función booleana que devuelve el valor verdadero cuando cualquiera de las entradas sea verdadera y falso en caso contrario.
PAR TRENZADO	Disposición helicoidal de un par de conductores.
PREACCINADOR BIESTABLE	Se usa para mantener una acción en etapas sucesivas, debiendo hacer referencia solo en las etapas de activación y desactivación de la acción.
PREACCIONADOR MONOESTABLE	Se usa para mantener una acción en cada etapa, debiendo reverenciarse en cada etapa afectada.
PREACCIONADORES	Dispositivos que permiten el control de grandes potencias, mediante las señales de pequeña potencia que son emitidas por la parte de control.

PRESOSTATO	Captador binario de presión.
PROCEDIMIENTO DE FALLOS	Grupo de estados que comprenden los modos de intervención que permiten remediar un estado de parada, debido a razones intermedias del sistema.
PROCEDIMIENTO DE FUNCIONAMIENTO	Grupo de estados que son necesarios para la producción.
PRECEDIMIENTOS DE PARADA	Grupo de estados donde aparecen los procedimientos de paradas que permitirán, en caso necesario, la parada del sistema.
PROSESOS DE LOTES	Configuración de planta de producción caracterizada por lotes de tamaño medio del mismo producto.
PROGRAMACIÓN OFFLINE	Programación de dispositivos programables realizada fuera del funcionamiento del sistema.

PROGRAMACIÓN

ONLINE

Programación de dispositivos programables realizada durante el funcionamiento del sistema.

RAM

Memoria de acceso aleatorio. (Random Access Memory).

RANGO

Se define como los límites superior e inferior de los valores de la magnitud física correspondiente, susceptible de medición.

RECEPTIVIDAD

Condición lógica que esta asociada a una transición.

RELÉ

Dispositivo de conmutación dotado de una bobina y un grupo de contactos.

RELÉ REED

Detector de proximidad magnético.

REPETIBILIDAD

Cualidad de un transductor de reproducir las mismas lecturas de salida cuando un mismo valor a medir es aplicado consecutivamente bajo las mismas condiciones y en la misma dirección.

RESET**PRIORITARIO**

Expresión de las ecuaciones de activación/desactivación de una etapa, que da preferencia a su desactivación.

SECUENCIAS**EXCLUSIVAS**

Consiste en el uso de transiciones con receptividades exclusivas, de tal forma que se dispare solo una de las transiciones conectadas a una divergencia en OR.

SECUENCIAS**PARALELAS**

Conjunto de secuencias únicas que son activadas de forma simultánea y concurrente por una misma transición.

SEGURIDAD

Engloba la capacidad del sistema automatizado de minimizar la probabilidad de aparición de fallos en su funcionamiento, así como sus efectos.

SENSOR

Dispositivo que responde a algunas propiedades de tipo eléctrico, mecánico, térmico, magnético, químico, etc., generando una señal eléctrica que puede ser susceptible de medición.

SERVOMECANISMO	Servosistema en el que la salida es una posición, velocidad o aceleración mecánicas. Denominados también reguladores de correspondencia.
SERVOSISTEMA	Sistema de bucle cerrado y entrada variable.
SET PRIORITARIO	Expresión de las ecuaciones de activación/desactivación de una etapa, que da preferencia a su activación.
SFM-FMS	Sistema de fabricación flexible.
SISTEMAS CONTÍNUOS	Sistemas cuyas variables son de naturaleza continua.
SISTEMAS DE EVENTOS DISCRETOS	Sistemas cuyas variables son de naturaleza discreta.
SOFTWARE	El programa de lógica de escalera en el PLC. Paquete de programación ejecutable que se usa para desarrollar programas de lógica escalera.

**TEMPORIZADOR
DE CONTROL
(WATCHDOG)**

Un temporizador que monitoriza las operaciones lógicas dentro de los circuitos del procesador. Si el temporizador llega a sobrepasar el límite de tiempo, esto indica que existe un problema con la operación normal del procesador y la operación es terminada.

TERMISTORES

Sensor que cambia su resistencia con la variación de la temperatura.

TERMOPAR

Sensor que convierte directamente un cambio de temperatura en un cambio de tensión.

TERMOSTATO

Captador binario de temperatura.

**TIEMPO DE
ESTABLECIMIENTO**

Tiempo que tarda el sistema en posicionar su respuesta en un rango de valor porcentual determinado.

**TIEMPO DE
RETARDO**

Tiempo que tarda el sistema, debido a inercia, en responder frente a un estímulo exterior.

TOKEN RING	Protocolo de comunicaciones determinístico basado en paso de testigo.
TRANSDUCTOR	Es un sensor al que se le adjunta un circuito de acondicionamiento de la señal.
TRANSDUCTOR INTELIGENTE	Transductor que incorpora microprocesador, con capacidad de procesamiento y comunicación de datos.
TRANSICIÓN	Se asocia a la barrera existente entre dos etapas consecutivas y cuyo franqueamiento hace posible la evolución del sistema.

LISTA DE SÍMBOLOS

\varnothing

Diámetro

β

Llamado parámetros h, se utiliza h_{FE} en ves de β para indicar la ganancia de corriente de cc del transistor.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se realiza una guía para el estudio del manejo del PLC en un sistema modular de producción MPS, utilizando las técnicas adecuadas para su control, el modelo didáctico esta basado en el uso de cilindros neumáticos, sensores, electroválvulas y controladores lógicos programables, todos estos sistemas están en disposición en el laboratorio de Máquinas eléctricas en el edificio T-1 del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, el modelo de estudio a seguir está basado en el aprendizaje por competencias, en donde se designa las tareas a realizar en base a objetivos a alcanzar.

La siguiente guía consta de seis prácticas en donde se realiza un determinado número de horas en forma presencial en el laboratorio, como también un riguroso estudio en forma individual, indicándose paso a paso cada una de las prácticas con sus objetivos claros a alcanzar y las herramientas a utilizar, además de constar de una guía, se facilitan dos DVD's; uno aplicado a los profesores laboratoristas en donde se incluyen los Software utilizados, y un segundo DVD dirigido a los estudiantes, con los materiales de apoyo, ejemplos de aplicación, videos, manuales del fabricante, software versiones demo.

Por otro lado, se hace referencia en la última práctica el mantenimiento que debe ser aplicado a los elementos utilizados, precauciones que deben tener los autómatas en respecto a la contaminación, etc.

Finalmente, en el anexo se hace referencia a las normas utilizadas durante la instalación y el uso correcto de su montaje del sistema modular de producción.

OBJETIVOS

- **General:**

Realizar un modelo didáctico y guía práctica mediante distintos tipos de micro PLC`s aplicados a la Electroneumática, incluyendo la información necesaria para el uso adecuado de los equipos, y de su programación, aplicados a los laboratorios de Neumática, Automatización Industrial y Sistemas de Control de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, en las instalaciones del edificio T1 del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

- **Específicos:**

1. Que el estudiante tenga una guía teórica práctica para diseñar y realizar mantenimiento a los sistemas automáticos de control de procesos secuenciales, mediante autómatas programables.
2. Apoyar a la Escuela Mecánica Eléctrica realizando el modelo didáctico para optimizar los recursos actuales de la Facultad de Ingeniería.
3. Hacer uso de las herramientas, técnicas, software de simulación aplicadas a la programación de un sistema modular de producción.

4. Que con base a la información adquirida en este trabajo, el estudiante pueda desarrollar las distintas guías de aprendizaje utilizando los recursos de los materiales de apoyo y resolver los ejercicios aquí sugeridos.

5. Despertar el interés a los estudiantes por la investigación en los temas relacionados con la automatización industrial.

INTRODUCCIÓN

El constante aumento de la tecnología en la industria guatemalteca, nace la necesidad del estudiante de la Escuela de Mecánica Eléctrica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, conocer más el medio y el desarrollo actual, que sin duda va reemplazar la tecnología cableada ya casi obsoleta, y dando cabida a la automatización de máquinas, procesos industriales, control automático, etc.... Es por tal motivo que se plantea la necesidad de este trabajo, en donde se utilizan elementos neumáticos, electroneumáticos, sensores, autómatas programables de los cuales se crea un módulo de entrenamiento adecuado para encaminar los conocimientos básicos sobre el control de un sistema modular de producción (MPS), aplicando técnicas de simulación y programación.

Se incluyen seis prácticas en donde en cada una de ellas se incluye en su inicio una guía que el estudiante debe resolver en un tiempo establecido, seguidamente se incluyen los conceptos teóricos básicos necesarios para que el estudiante se apoye en el desarrollo de las prácticas planteadas, estos conceptos teóricos podrán ser aumentados con la ayuda de libros, manuales y páginas de Internet sugeridos. Se hace necesario que el estudiante tenga conocimientos básicos de neumática, lógica digital, sistemas cableados de control con contactores y manejo de sistemas de control.

Idealmente los estudiantes deben tener aprobado el laboratorio de Neumática y Sistemas de Control.

1. CONSIDERACIONES GENERALES

1.1. Filosofía del laboratorio de neumática y electroneumática

En la actualidad, muchas de las carreras universitarias precisan de un laboratorio eficiente y muy bien equipado para una buena preparación académica de sus estudiantes, para que finalmente sean competitivos en la actual globalización.

1.2. Análisis del curso

Una de las áreas en donde la carrera de Ingeniería Eléctrica en el pensum vigente de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ha ido progresando es en los laboratorios de Neumática y el de Automatización Industrial, en donde se ha venido haciendo esfuerzos orientados a que el estudiante sea competitivo en su preparación técnica y académica.

1.2.1. Ubicación en el pensum

El curso está ubicado como un laboratorio anexo a los cursos de Sistemas de Control código (236) que se ubica en el área de potencia y control, en el octavo semestre de Ingeniería Eléctrica, con seis créditos y tienen como pre-requisito los cursos de Conversión de Energía Electromecánica 1 (212) y en el curso de Electrónica 1 (232). En la carrera de Ingeniería Electrónica, en el área analógica, el pre-requisito es el curso de Electrónica 1 (232). Para ambas carreras el curso de Sistemas de control es obligatorio para los estudiantes que se especializan en sus diferentes ramas, es importante hacer mención que el laboratorio de Neumática no tiene una ubicación directa dentro del pensum de estudio, sino es un laboratorio que sirve como complemento de otros laboratorios. En el laboratorio de Sistemas de control tiene una ponderación de 10 puntos de su zona.

1.2.2. Contenido del curso de neumática básica

La información siguiente hace referencia al contenido impartido en el primer y segundo semestre del año 2007.

Tabla I. **Contenido del Laboratorio de Neumática**

DÍA	CONTENIDO A CUBRIR
1	<ul style="list-style-type: none"> -Automatización de procesos -NEUMÁTICA: ventajas y desventajas -Fundamentos Físicos -Elementos de un Sistema Neumático -Generación, reparación y distribución del aire comprimido: <ul style="list-style-type: none"> • Generación: Tipos de compresores, acumuladores.
2	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación Neumática • Preparación del aire: Secado, Filtrado, Lubricado del aire comprimido. -Actuadores Neumáticos: tipos, uso, simbología. <ul style="list-style-type: none"> • Actuadores lineales: cilindros neumáticos. <ul style="list-style-type: none"> • Dimensionamiento de los cilindros. • Actuadores giratorios • Motores neumáticos -Válvulas Neumáticas: <ul style="list-style-type: none"> • Válvulas de vías: representación simbólica, conexiones-posiciones. • Tipos de accionamiento: Manual, mecánico, neumático y eléctrico. • Características constructivas: válvulas de asiento y de corredera.
3	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación de las válvulas de vías: 2/2, 3/2, 4/4, 5/2, 4/3 • Válvulas pilotadas • Métodos de recuperación de las válvulas • Válvulas monoestables y biestables
4	<ul style="list-style-type: none"> • Válvulas de bloqueo: <ul style="list-style-type: none"> • Válvula Antirretorno, regulador de caudal. • Válvula selectora "O" • Válvula de simultaneidad "Y" • Válvula de escape rápido
5	<ul style="list-style-type: none"> • Válvula de estrangulación unidireccional (con antirretorno): • Regulación de aire escape y aire a presión
6	<ul style="list-style-type: none"> • Válvulas de rodillo: Detección de la posición de final de carrera • Detección de la posición de final de carrera sin usar válvulas de rodillo.
7	<ul style="list-style-type: none"> • Válvulas de presión: <ul style="list-style-type: none"> • Válvula reguladora de presión • Válvula de secuencia
8	<ul style="list-style-type: none"> • Temporizador Neumático -Denominación de los componentes
9	<ul style="list-style-type: none"> -Circuitos con dos o más actuadores -Mando Secuencial <ul style="list-style-type: none"> • Croquis de situación • Diagrama de movimientos • Diagrama de procesos • Diagrama de secuencia • Esquema de distribución
10	Examen final escrito y de montaje.

Fuente: **Laboratorio de Neumática**

1.2.3. Calendarización y población estudiantil

Los horarios para el 1er y 2do semestre del año 2,007 fueron los siguientes: de 11:00 a 13:00 y de 16:00 a 18:00, con una población promedio de 40 personas.

2. OBJETIVOS Y ALCANCES DE LA EJECUCIÓN DEL LABORATORIO

2.1. Objetivos

1. La realización de este trabajo tiene como fin a que el estudiante desarrolle habilidades y destrezas básicas de programación y mantenimiento con los distintos tipos básicos de PLC's aplicados a los sistemas modulares de producción (MPS).
2. Orientar al estudiante para enriquecer sus conocimientos y competencias individuales.

2.2. Situación actual.

El laboratorio de Neumática contiene equipo Festo, en el cual se incluyen varios elementos de enseñanza neumáticos, electroneumáticos y sensores; la parte importante de este desarrollo se hace referencia al equipo didáctico que estaba en desuso el cual contaba con: 4 cilindros actuadores sin vástago, 8 sensores inductivos, 8 electroválvulas 3/2, unidades de mantenimiento, válvulas de estrangulamiento y antirretorno y una fuente de 220/24 VDC. En el laboratorio de Automatización Industrial se cuenta con 2 equipos Allen- Bradley SLC 500 con un chasis 4 ranuras 1746-A4, en donde están colocados una CPU con un procesador 5/02, un módulo de 16 entradas y un módulo de 16 salidas; 5 equipos Siemens S7-200 con 1 CPU 212 en donde se haya también un

módulo EM221 y EM222, en donde cada uno de los módulos tiene 8 entradas y 8 salidas correspondientemente; en los CPU 224, se tiene un módulo analógico EM235, este contiene 3 entradas y una salida.

2.2.1. Elementos a sustituir

El equipo que hay que sustituir consiste en:

- Tuberías de 2, 4 y 6 mm,
- Cableado calibre No. 18
- Tornillos tipo torx
- Conexiones mecánicas de la estructura MPS

2.2.2. Equipo nuevo

Como se ha considerado, los equipos de los laboratorios han de utilizarse adecuadamente para poder ser aptos para la elaboración de dicho módulo de entrenamiento, aún así es necesario complementarlos para hacerlos versátiles y útiles evidentemente para su utilización y montaje.

El equipo nuevo utilizado en este módulo de entrenamiento son los siguientes:

- 1 Compresor
- Filtro de aire a presión
- 1 Micrologix 1000 10p
- 1 Micrologix 1200

- 1 Logo! 230 RC DI 8/DO 4
- 2 Logo! DM8
- Borneras 2 y 4 mm distintos colores
- Juego de Cables para 2 y 4 mm
- Una Ventosa
- Riel Din
- Canaleta
- Manguera de 2, 4 y 6 mm
- Aceite lubricante
- Conectores macho y hembra DB25
- Cinchos plásticos
- Estaño
- Cable No. 18
- Conectores tipo Pin para calibre 18
- Identificadores para cable

2.3. Costo de la implementación del sistema MPS

Este trabajo también tiene como fin establecer en forma general los costos para la implantación de un sistema similar, sin considerar la mano de obra de instalación, para tener como parámetro la inversión que conlleva la realización de un módulo de entrenamiento.

Tabla II. Costos de inversión del montaje del MPS

Nombre	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Mesa	1	Q1,000.00	Q1,000.00
Logo! Modulo DM8 230R, 4ED/4SD 115/240 AC/DC REL	2	Q517.50	Q1,034.99
Base ML1200 120/240VAC 24VDC 10DO rele	1	Q2,645.00	Q2,645.00
Conector DB 25 H	6	Q4.50	Q27.00
Pulsador Hongo	1	Q225.00	Q225.00
Pulsadores	3	Q115.00	Q345.00
Elemento 1NO	2	Q47.00	Q94.00
Elemento 1NC	2	Q47.00	Q94.00
Indicador luminoso	3	Q150.00	Q450.00
Mini automatico N 2 polos	2	Q110.00	Q220.00
Espiral	1	Q19.90	Q19.90
Regulador para cilindro 1/8-4 mm	2	Q90.00	Q1,800.00
Plástico acrílico	2	Q195.00	Q390.00
Roldana gal. Plana tornillo métrico allen 5x20, tuerca ordinaria (juego 70)	1	Q150.00	Q150.00
Manguera PUN-6X1-BL- 500	8	Q9.45	Q72.60
Tobera aspiradora VAD- 1/8	1	Q462.35	Q462.35
Ventosa VASB-30-1/8- SI	1	Q148.68	Q148.68
Silenciador U-1/8-50	1	Q46.62	Q46.62
Aceite especial festo OFSW-32	1	Q223.93	Q223.93

Grasa especial festo 20ML	1	Q54.88	Q54.88
Mts de manguera 2 mm	20	Q4.00	Q80.00
Conector recto M5-4MM	1	Q12.50	Q12.50
Conector plástico 1/4- 6MM	1	Q10.00	Q10.00
Teflón de ½	2	Q2.75	Q5.50
Cinta super Scotch 33 3M	1	Q19.00	Q19.00
Rollo de estaño 60/40	1	Q89.55	Q89.55
Pasta p/soldar 2 oz.	1	Q15.00	Q15.00
500 m. cable No. 18	1	Q350.00	Q350.00
Mts cable 2x14 p/boc	50	Q2.59	Q129.50
Compresor de aire 24 Lbs- 2HP/110V	1	Q810.00	Q810.00
Electrovalvulas 3/2	11	Q800	Q8,800.00
Regulador de presión LR-1/4-D-Mini	1	Q309.96	Q309.96
Pintura en spray aluminio	2	Q15.95	Q31.90
Pintura en spray touch & azul	2	Q15.95	Q31.90
Manguera roja PVC 1/4	15	Q2.32	Q34.80
Adaptador 1/4x1/4 MRA	1	Q5.45	Q5.45
Cinchos plásticos	100	Q0.10	Q10.00
Unidad de mantenimiento	1	Q400.00	Q400.00
Juego de (20) cables 4 y 2 mm, sockets 4 y 2 mm	1	Q4,930.00	Q4,930.00
Interruptor term. A riel Din. 4A	1	Q40.00	Q40.00
Interruptor term. A riel Din. 10A	1	Q80.00	Q80.00
Interruptor term. A riel	2	Q80.00	Q160.00

Din. 16ª			
Interruptor term. A riel DIN 220/24	1	Q24.00	Q24.00
Terminales varias	1	Q72.00	Q72.00
Marcador para cable 0.5 a 1.5 mm (20-18AWG) y porta dígitos varios	1	Q148.00	Q148.00
Marcador cable Duplix y porta digitos duplix amarillo (varios)	1	Q165.00	Q165.00
Terminal conductor 18 AWG rojo 40 U tipo pin	2	Q21.00	Q42.00
Cable DB25	2	Q25.00	Q50.00
Micrologix 1000, 10- Point controller Starter Kit 1761-L10BWA, Cable de programación 1761-CBL-PM02, Software CD, Manual de instalación 1761- IN001B-MU-P	1	Q975.00	Q975.00
Relés de interposición/aislamiento tipo bornera, 10 A, bobina 24VDC,	10	Q115.00	Q1,150.00
Relés bobina 24VDC	4	Q152.88	Q611.52
Borneras IEC (varias)	1	Q686.40	Q686.40
Kit Logo! New Box 230RC	1	Q1,800.00	Q1,800.00
Sensores inductivos SME-1-1-Led-24	10	Q700.00	Q7,000.00
Fijación de pie/cilindro HBN-12/16-2	1	Q91.90	Q91.90

Transformador 240/24 V Nr. 84/078550	1	Q890.00	Q890.00
Cilindro de doble efecto; accionado por aire al avance y al retroceso	4	Q2,700.00	Q10,800.00
Herramientas varias (sierras, limas, brocas, etc.)	1	Q200.00	Q200.00
Total			Q50,164.83
Total Dólares EE.UU al día 11/11/08 Banco de Guatemala Q7.55906 por USD 1.			USD 6,636.38

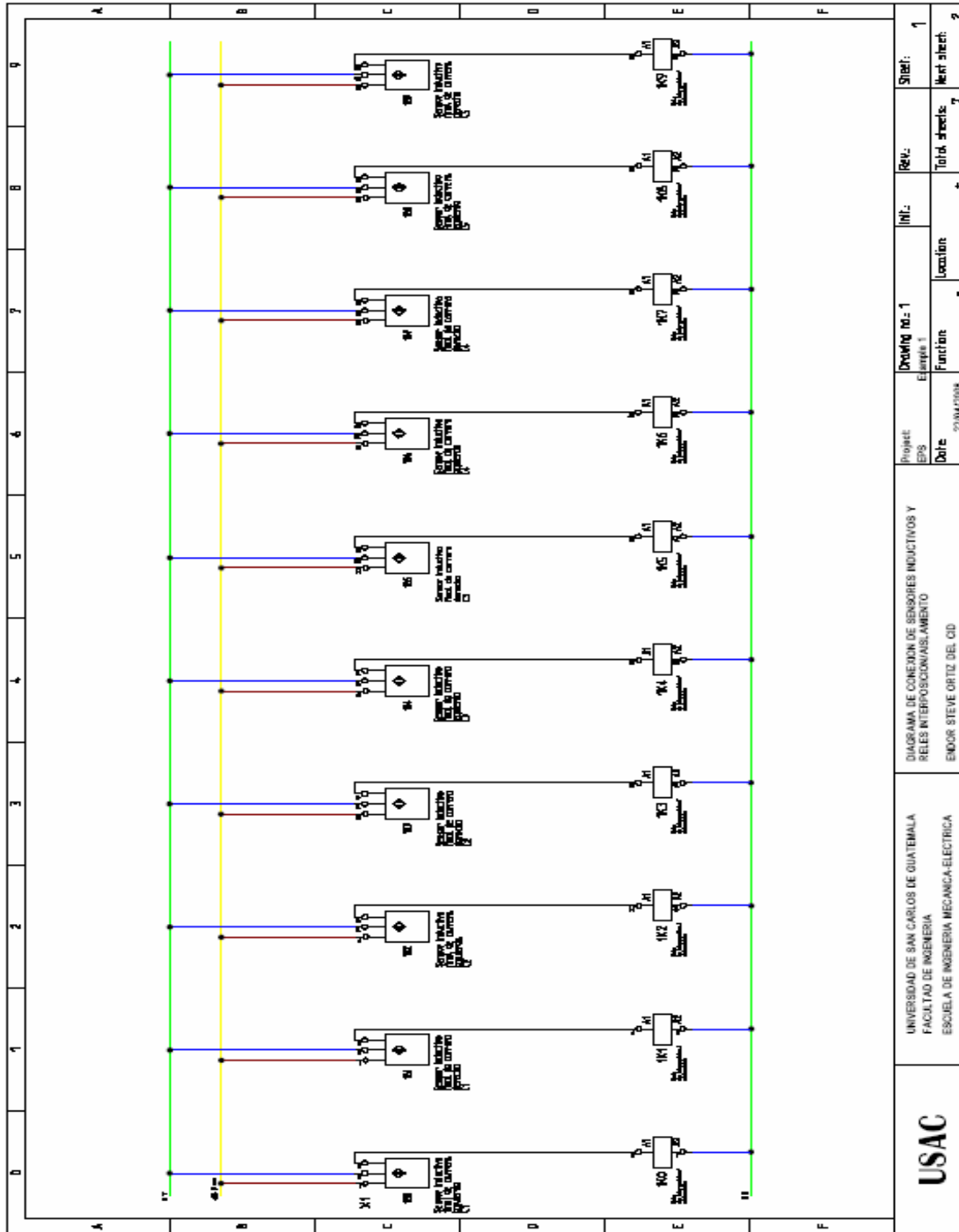
Fuente: Endor Steve Ortiz

2.4. Planos

A continuación en las figuras 1 a la 8, se presentan varios tipos de diagramas utilizando el Software Caddy electrical, que es una herramienta muy elemental para la realización de planos eléctricos, ya que esta integra muchas de las simbologías aquí utilizadas, en la realización de: diagramas eléctricos, componentes electrónicos, neumáticos, simbología de control, autómatas programables, en fin un sin fin de recursos. Se hace uso de esta herramienta utilizando la simbología DIN (europeo) que para fines aplicados, se trata de darle al estudiante una herramienta en donde encontrará la simbología que está en los componentes eléctricos, neumáticos, y electroneumáticos.

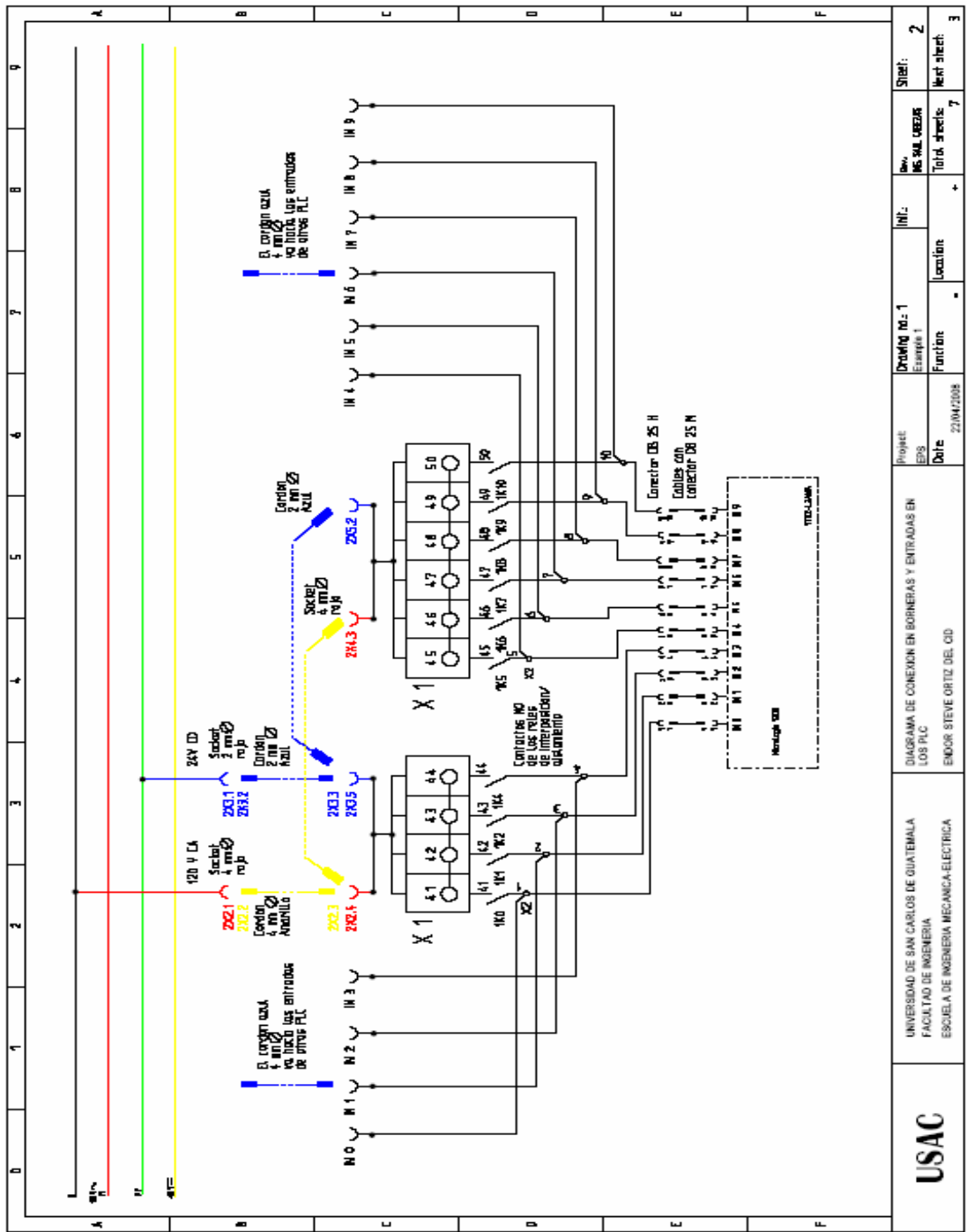
También se le dará el recurso al estudiante del uso del Software Visio, en donde se hace uso de la simbología ANSI, que para fines didácticos, se pedirá al estudiante en más de un ejercicio dibujar y hacer la representación gráfica aplicando esta herramienta.

Figura 1. Sensores y relés



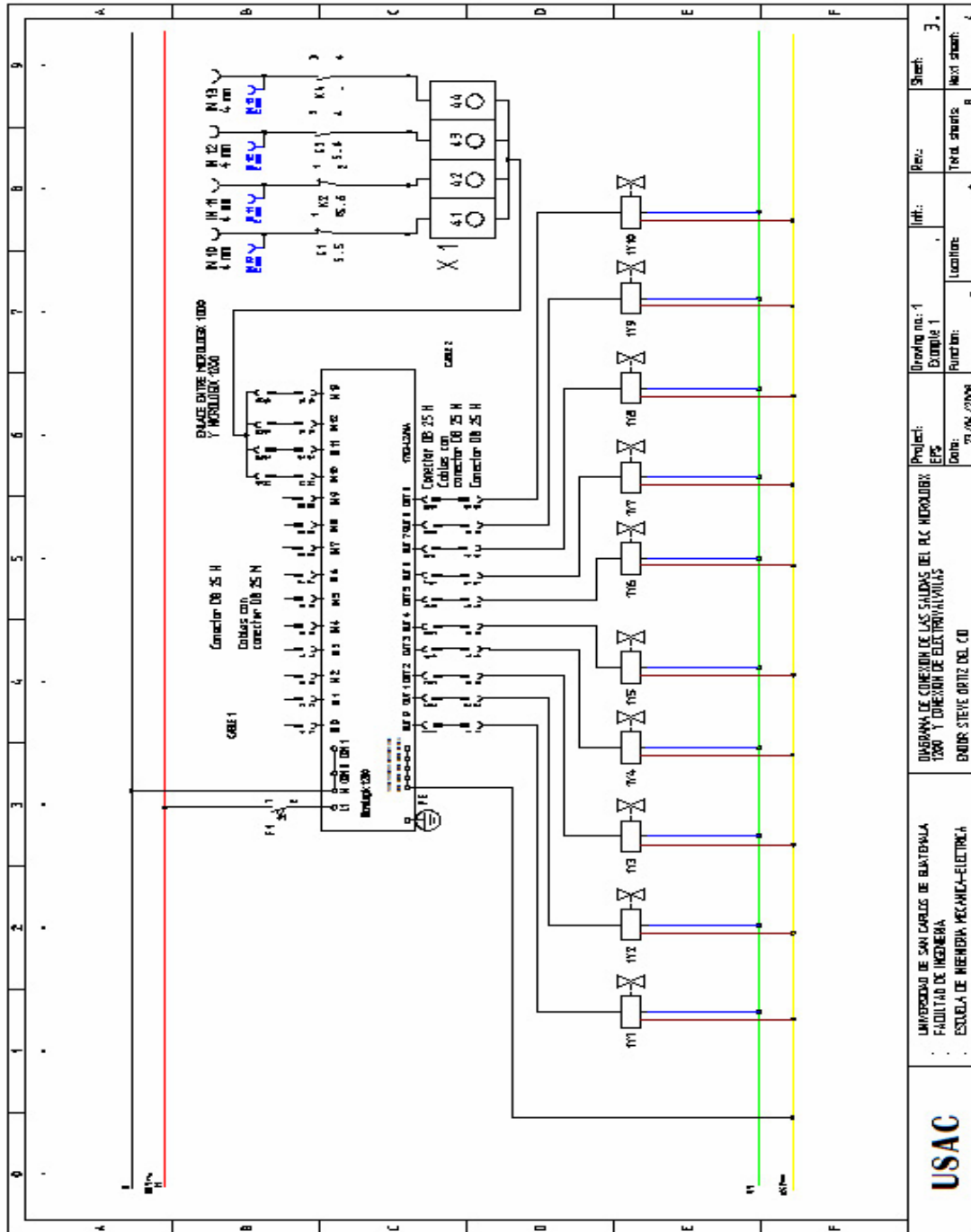
Fuente: Plano de conexión No. 1 Caddy

Figura 2. Conexión de borneras y entradas en los PLC



Fuente: Plano de conexión No. 2 Caddy

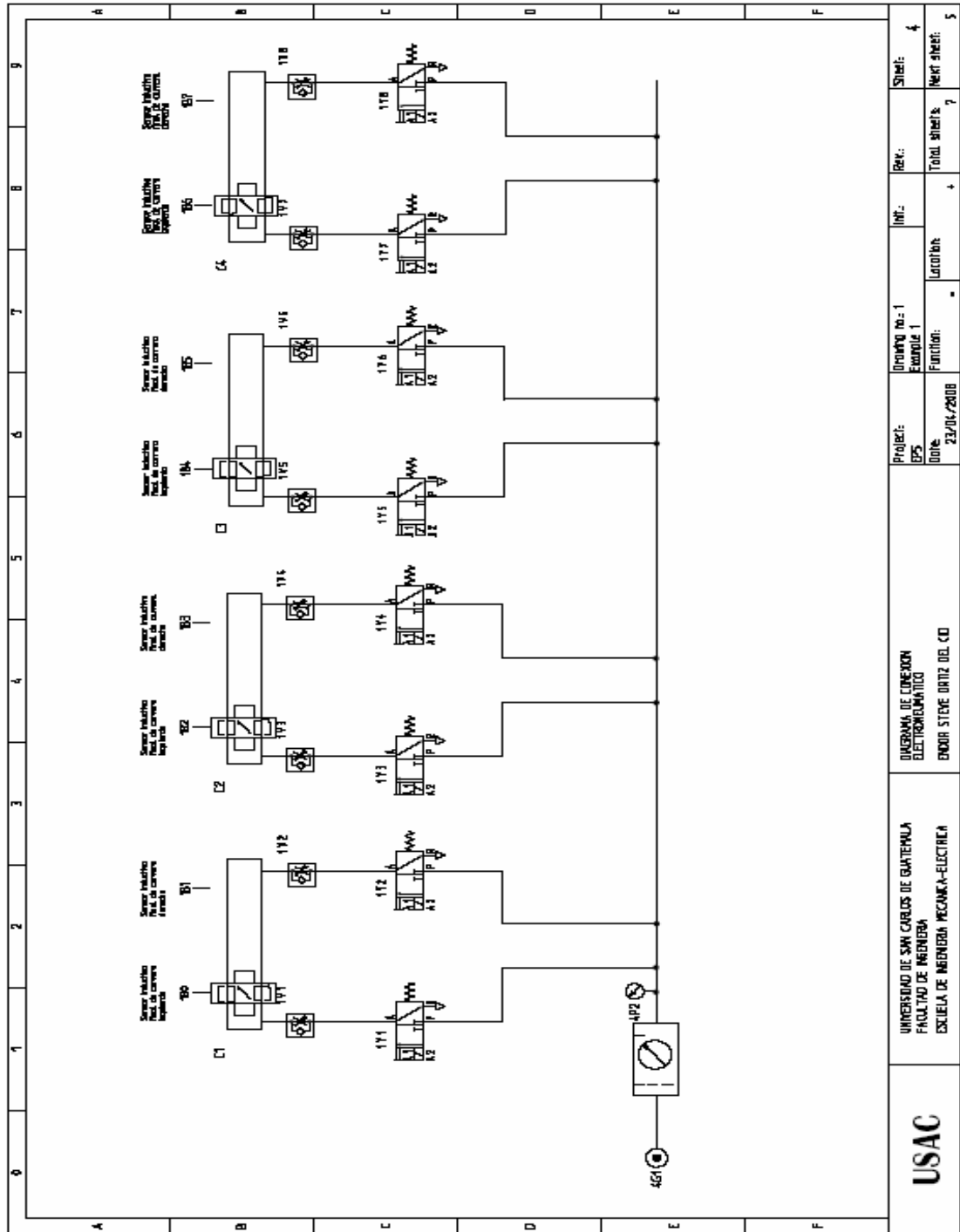
Figura 3. Salidas PLC



USAC	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	Project: Ejemplo 1	Sheet: 3.
	FACULTAD DE INGENIERIA	Con: 23/04/2008	Rev: Next sheet: 4
ESCUOLA DE INGENIERIA MECANICA-ELECTRICA	DIAGRAMA DE CONEXION DE LAS SALIDAS DEL PLC, HERRAJERIA Y CONEXION DE ELECTROVALVULAS	Location: -	Total sheets: 8
	ENRIQUE STEVE ORTIZ DEL CO	Function: -	Next sheet: -

Fuente: Plano de conexión No. 3 Caddy

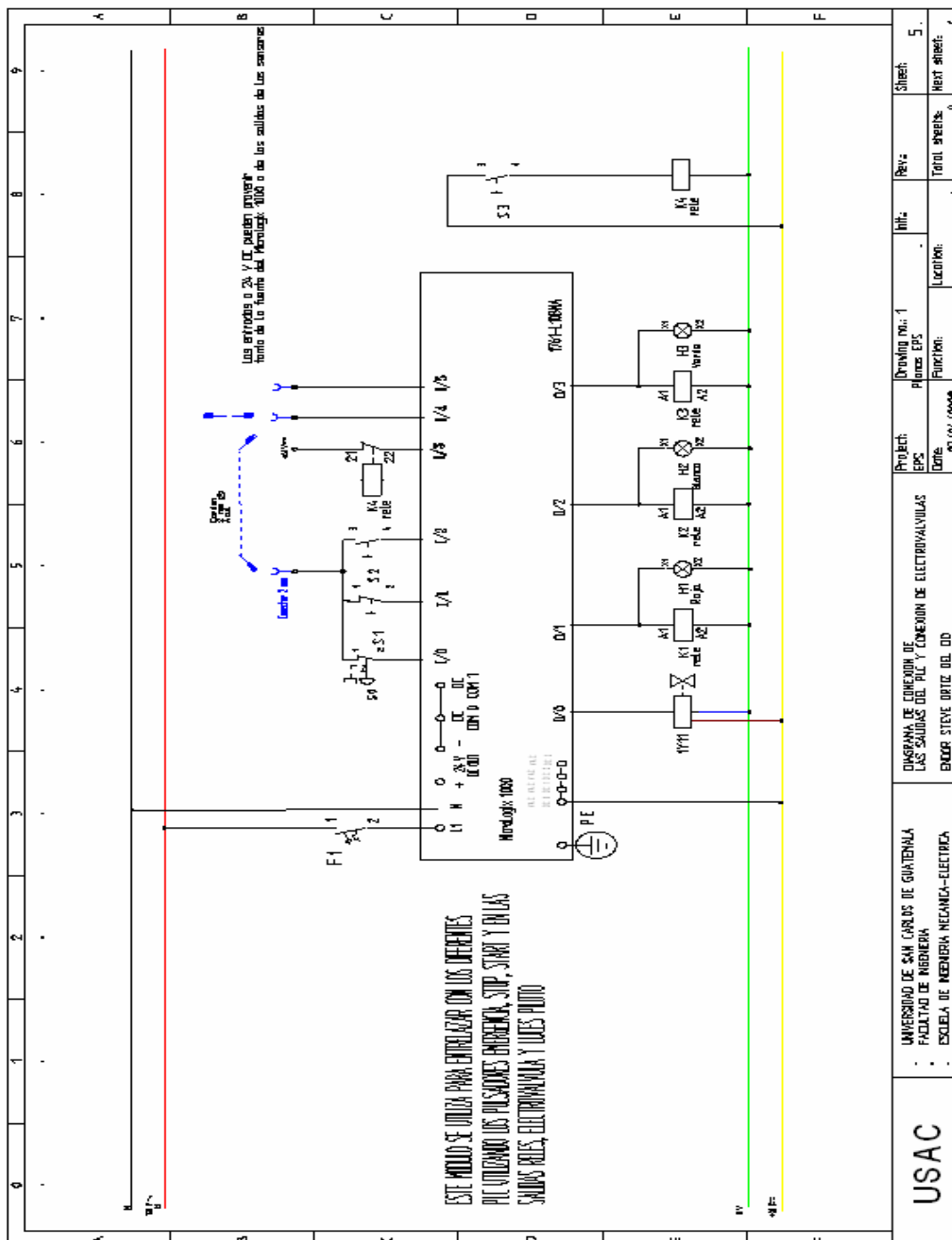
Figura 4. Cilindros



USAC	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA-ELECTRICA	UNIVERSIDAD DE COMERCIO ELECTRONICO ENGR STEVE ORTIZ DEL CID	Project: EPS Date: 23/04/2008	Drawing no.: 1 Ejemplo 1	Function: -	Location: +	Total sheets: 7	Rev.: +	Sheet: 4	Next sheet: 5
------	--	--	----------------------------------	-----------------------------	-------------	-------------	-----------------	---------	----------	---------------

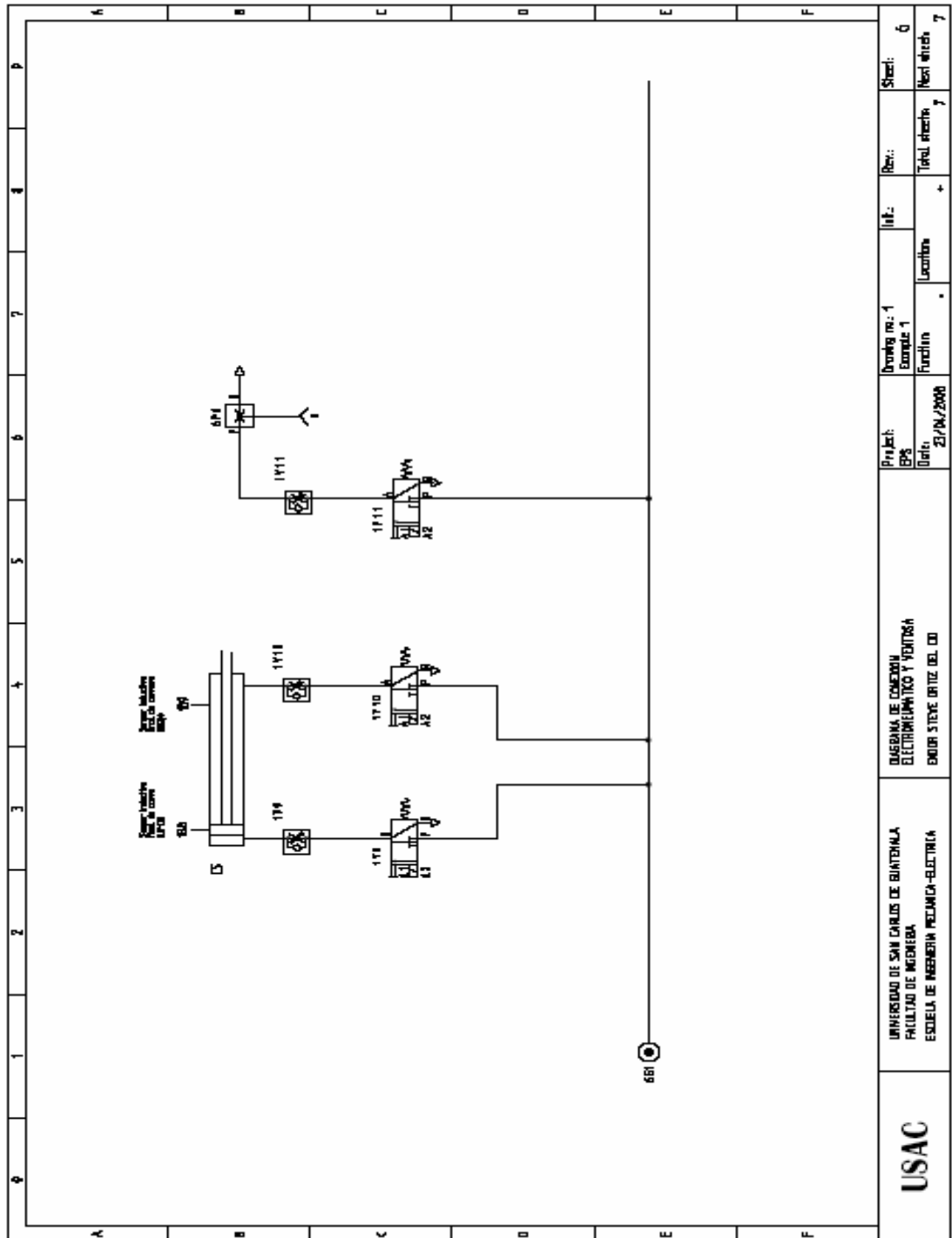
Fuente: Plano de conexión No. 4 Caddy

Figura 5. Conexión micrologix 1000



Fuente: Plano de conexión No. 5 Caddy

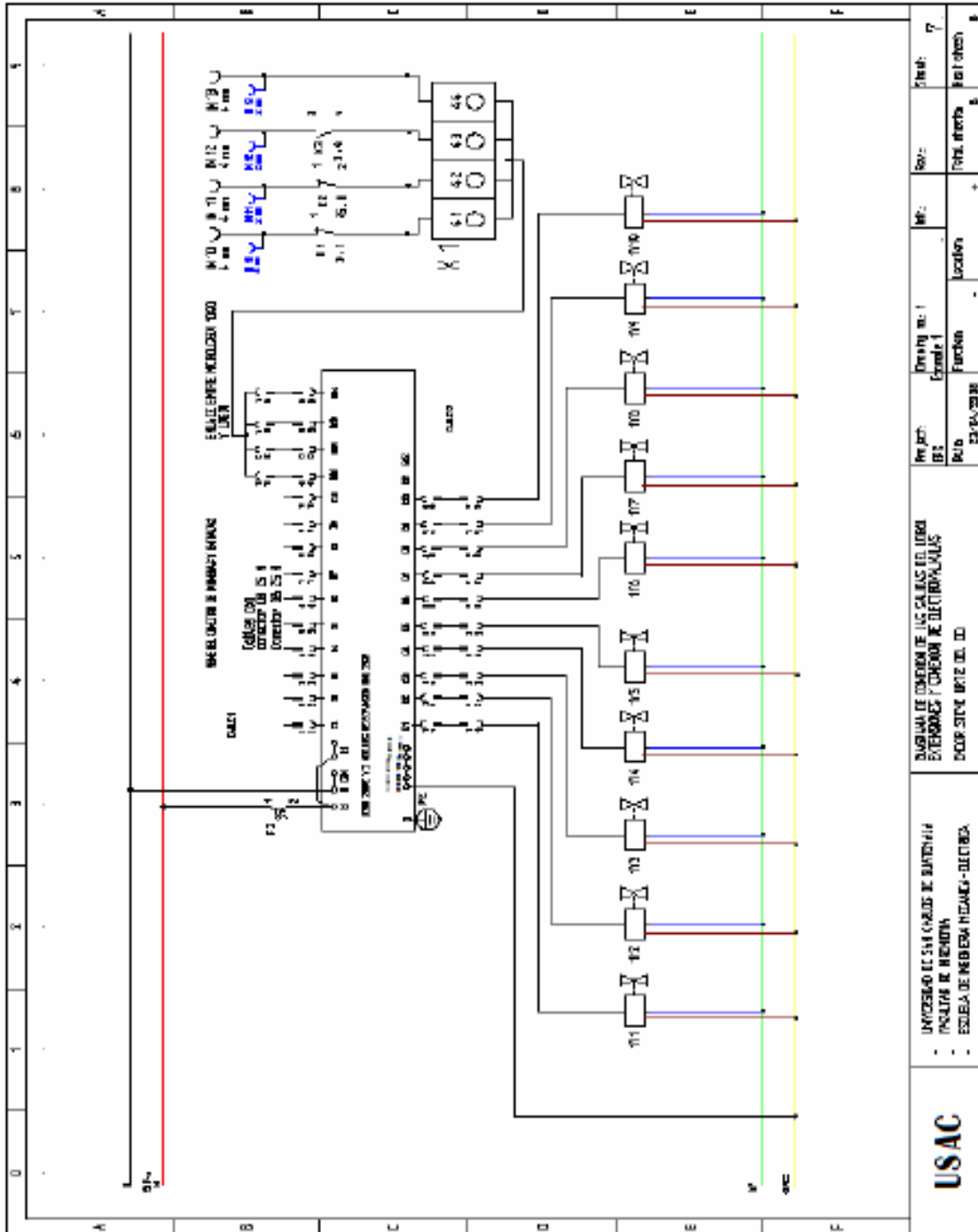
Figura 6. Electroválvula y ventosa



USAC	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE BUNTLIMA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA-ELECTRICA	DISEÑO DE CONEXIÓN ELECTROMECÁNICO Y VENTOSA ENRIQUE STEVE ORTIZ DEL CO	Project:	Drawing no.:	Sheet:
			Date:	Example 1	
			23/04/2008	Function	Total sheets
				Location	7
					7

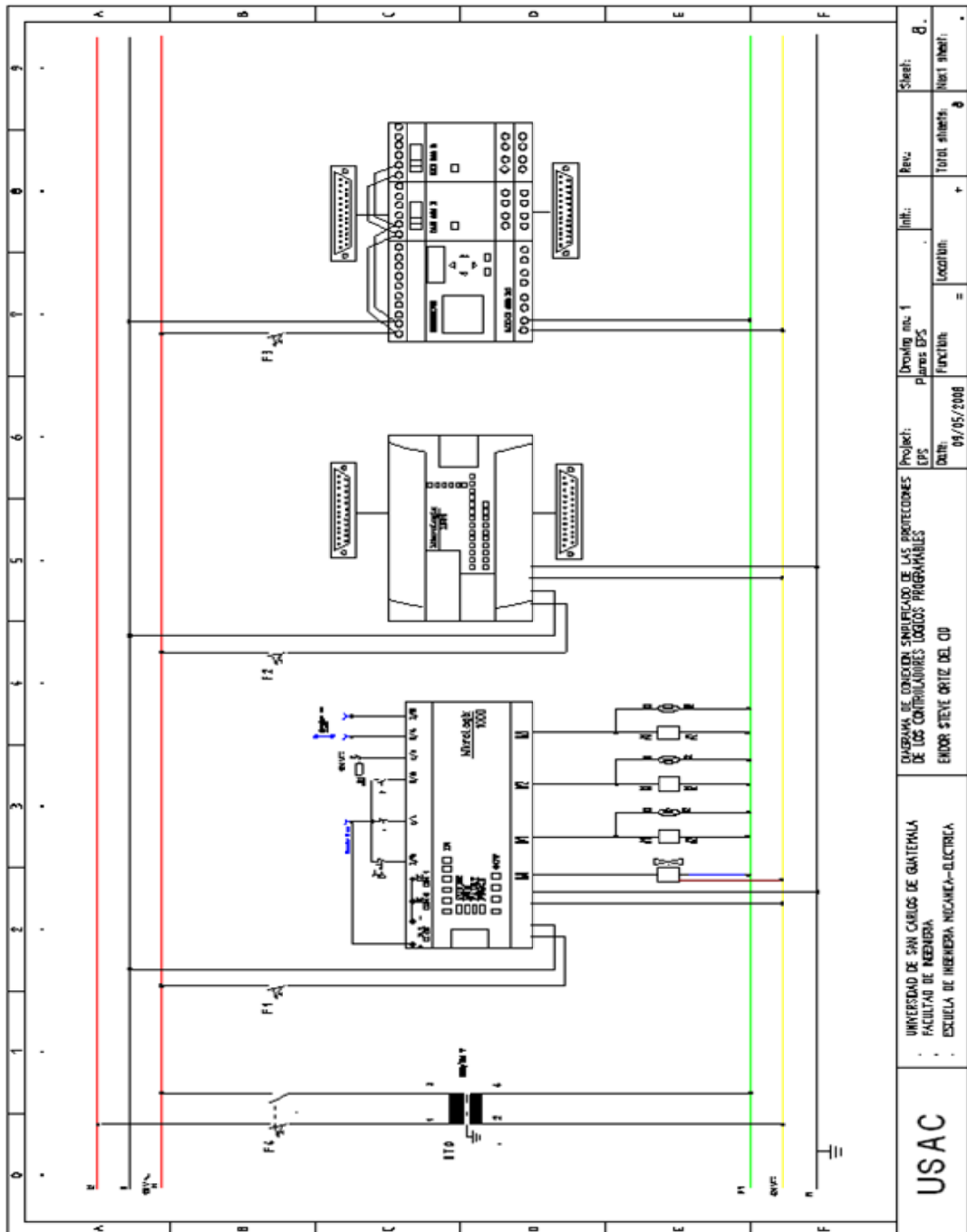
Fuente: Plano de conexión No. 6 Caddy

Figura 7. Módulo Logo!



Fuente: Plano de conexión No. 7 Caddy

Figura 8. Conexión simplificada de los PLC



Fuente: Plano de conexión No. 8 Caddy

3. PRÁCTICA 1. DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL PARA PROCESOS SECUENCIALES

3.1. Caracterización de un sistema modular de producción (MPS)

Con el paso de los años, la industria en general ha alcanzado un alto grado de automatización. Este proceso ha sido impulsado por un nivel mayor de competitividad del mercado que ha obligado a las empresas a buscar modos de disminuir costos y, a la vez, a aumentar la calidad y mejorar la organización global de la producción para responder a la demanda. Sin embargo, el principal objetivo de la automatización “producir el mejor producto al menor costo” exige que las distintas funciones de una planta trabajen juntas como si fuesen una sola entidad. Hasta hace poco, los sistemas de automatización eran sistemas cerrados, buenos en el control individual de los procesos pero incapaces de optimizar el funcionamiento de la planta. Por eso, actualmente se tiende a elaborar sistemas abiertos, que sean capaces de integrar las funciones de un sistema de control distribuido basado en autómatas u otros elementos programables con sistemas de gestión de alto nivel.

La automatización de los procesos ha llevado a disponer de herramientas de medición, control y de comunicaciones que cada vez requieren de los técnicos, e ingenieros, de capacidades cognitivas y procedimentales que le permitan desempeñarse en el campo laboral de los procesos industriales de forma eficiente y responsable. La automatización de los procesos industriales como uno de sus fines principales tiene la de conferir a equipos y/o máquinas las labores que por su naturaleza de complejidad o de seguridad realizaba un ser humano, esto ha llevado a que la automatización se realice con diferentes tipos de tecnologías las cuales tienen su fundamentación en áreas como la física, la química, la matemática y la electricidad entre otras, para lo cual el profesional debe prepararse.

3.1.1. Guía de aprendizaje

Tiempo aproximado de duración: 12 horas, entre tres sesiones del laboratorio, trabajos de investigación, lecturas y socialización de los conocimientos adquiridos.

En la presente práctica 1 llamada: DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL PARA PROCESOS SECUENCIALES, se pretende introducir al estudiante en el campo de la automatización, brindándole elementos de conocimiento tales como:

1. Identificación de sensores y actuadores.
2. Identificación de subsistemas de un sistema modular de producción (MPS).
3. Identificación de un sistema de mando (autómata programable), entre otros.

3.1.1.1. Resultado de aprendizaje

Caracterizar una planta de proceso secuencial analizando su funcionamiento mediante la ejecución del demo de simulación del sistema modular de producción.

- Realizando grupos con un máximo de 4 personas por grupo, tomando datos del MPS.
- Socializando los conocimientos adquiridos y exponerlos a los demás grupos; se pueden incluir: diapositivas, documentos en PDF, fotografías, videos, etc., el tiempo de cada grupo quedará provisto por la cantidad de grupos que conformen el laboratorio, y quedará a criterio del Ingeniero laboratorista.

3.1.1.2. Elementos de capacidad asociados

- Identificar las características físicas y dinámicas de algunos procesos secuenciales mediante la observación y análisis de sus componentes.
- Establecer diferencias entre el control manual y el control automático mediante el análisis de las características de los procesos secuenciales.
- Identificar los elementos que componen un sistema de control, teniendo en cuenta su principio de funcionamiento para un proceso secuencial.
- Identificar las características de un sistema modular de producción a partir de sus características de funcionamiento, utilizando como herramienta un demo de simulación.

3.1.1.3. Actividades preparatorias.

3.1.1.3.1. Talento humano

La orientación de la actividad de enseñanza, aprendizaje y evaluación requiere de un instructor con competencias para el mantenimiento de sistemas de control de procesos secuenciales.

3.1.1.3.2. Estrategia metodológica

El proceso metodológico se orienta a una participación reflexiva y creativa del estudiante en torno a los diferentes problemas a los que se ve enfrentado, los cuales suscitan la interacción en equipo de trabajo, el dialogo de saberes, el procesamiento de información y la elaboración de productos relacionados con los resultados de aprendizaje.

Tabla III. Estrategia metodológica práctica 1

ESTRATEGIA DE FORMACIÓN	SEÑALAR	AYUDA METODOLÓGICA	SEÑALAR
Proyecto (Investigación proyectiva, aprendizaje colaborativo)		Instrumentos de conocimiento (Informes, resúmenes, mapa conceptual, mentefacto, lectura crítica, relatoría, otro)	Foro, lluvia de ideas, tutorías.
Estudio de caso y resolución de problemas	Caracterización del sistema secuencial didáctico.	Dinámicas de grupo (Foro, lluvia de ideas, asamblea, conferencia, otros)	Informes, resúmenes, etc.
Vivencias, reflexiones, investigaciones, aplicaciones, punto de vista proyectivo		Taller Orientador	

Fuente: Endor Steve Ortiz

3.1.1.3.3. Escenario y equipos

El escenario será el Laboratorio de Máquinas Eléctricas, en donde se podrá hacer uso del sistema modular de producción (MPS).

3.1.1.3.4. Medios didácticos

Los medios didácticos preescritos son los siguientes:

- Descripción de los MPS.
- Links de páginas de Internet.

- Documentos de los de sensores lógicos, actuadores lógicos, generalidades de PLCs.
- Videos de procesos secuenciales.
- Textos de apoyo.
- Manuales de fabricante.
- Demo de puesta en funcionamiento del MPS.
- Equipos de apoyo como Computadora y video proyector.

3.1.1.4. Proceso de aprendizaje

1. Poner en funcionamiento el sistema modular de producción, describir las funciones que se realizan en el proceso, así:
 - a. Detallar los elementos componentes del sistema.
 - b. Identificar los elementos sensores y actuadores, determinar sus características, teniendo en cuenta principios de funcionamiento, simbología, conexión eléctrica, alimentación, entre otras. Puede apoyarse en la lectura de los documentos Sensores Lógicos, Actuadores Lógicos suministrados en esta guía, ficha de especificación de un sensor de proximidad, y manuales de los fabricantes.

2. Identificar la simbología y el funcionamiento de los preactuadores presentes en el sistema modular de producción, determinando sus características técnicas (Ficha de especificación de una electroválvula).
 - a. Identificar los sistemas eléctricos de seguridad, realizando una descripción de ellos.

3. Identificar el equipo de control teniendo en cuenta:
 - a. Clasificación del PLC.
 - b. Fuente de alimentación.
 - c. CPU, características en cuanto a memoria, velocidad de procesamiento y tipo de comunicación. (Remítase al manual del fabricante).
 - d. Módulos de entrada / salida, características principales.
 - e. Módulos de expansión (si las hay), y la forma de direccionarlos.
 - f. Identificar la conexión de cada uno de los elementos sensores al PLC, utilizando los planos impresos del sistema. Puede apoyarse en la lectura del documento Generalidades PLCs de esta guía en el material de apoyo. (Ficha de especificaciones de un autómata programable).

4. Realizar el diagrama de cada uno de los subprocesos que identificó en la MPS utilizando la herramienta Visio o CaDdy See Electrical.

5. Socializar a los compañeros los resultados obtenidos en su trabajo.

3.1.1.5. Apreciación del aprendizaje

Dado que la formación está centrada en el estudiante, la evaluación del proceso de aprendizaje tendrá en cuenta su quehacer, su participación en las discusiones, el nivel de sus argumentaciones, la calidad de las evidencias de aprendizaje en los procesos.

3.1.1.6. Evidencias de desempeño

- Manejo de las herramientas informáticas relacionadas con la buena redacción, presentación del o de los documentos finales, ya que su manejo comprometen el buen desempeño del estudiante en esta actividad.
- Lectura de los documentos suministrados, las preguntas y/o sugerencias que el estudiante realice mientras los este utilizando o posteriormente.
- La interacción con los compañeros de clase en la búsqueda de solución a interrogantes.

3.1.1.7. Evidencias de producto

- Caracterización del proceso en formato digital.
- Esquema de bloques del proceso en formato digital.
- Esquema de posición de aparatos en formato digital.

3.1.1.8. Síntesis del proceso de aprendizaje

Tabla IV. Síntesis del proceso de aprendizaje 1

Resultado de Aprendizaje: caracterizar una planta de proceso secuencial analizando su funcionamiento mediante la ejecución del demo de simulación del sistema modular de producción.		
Procesa	Produce (evidencias de aprendizaje)	Criterios de evaluación
<ul style="list-style-type: none"> • MPS • Demo • Manuales de sensores y actuadores 	<ul style="list-style-type: none"> • Informe en formato digital acerca de la caracterización del sistema modular de producción • Entrega del plano y diagramas en el software Visio del MPS. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identifica las características principales de algunos procesos secuenciales. • Determina la importancia del control automático en los procesos secuenciales. • Identifica los elementos de un sistema de control, teniendo en cuenta su principio de funcionamiento para un proceso secuencial. • Identifica las características de un sistema modular de producción a partir de sus características de funcionamiento como herramienta un demo de simulación.

Fuente: Endor Steve Ortiz

3.1.2. Material de apoyo

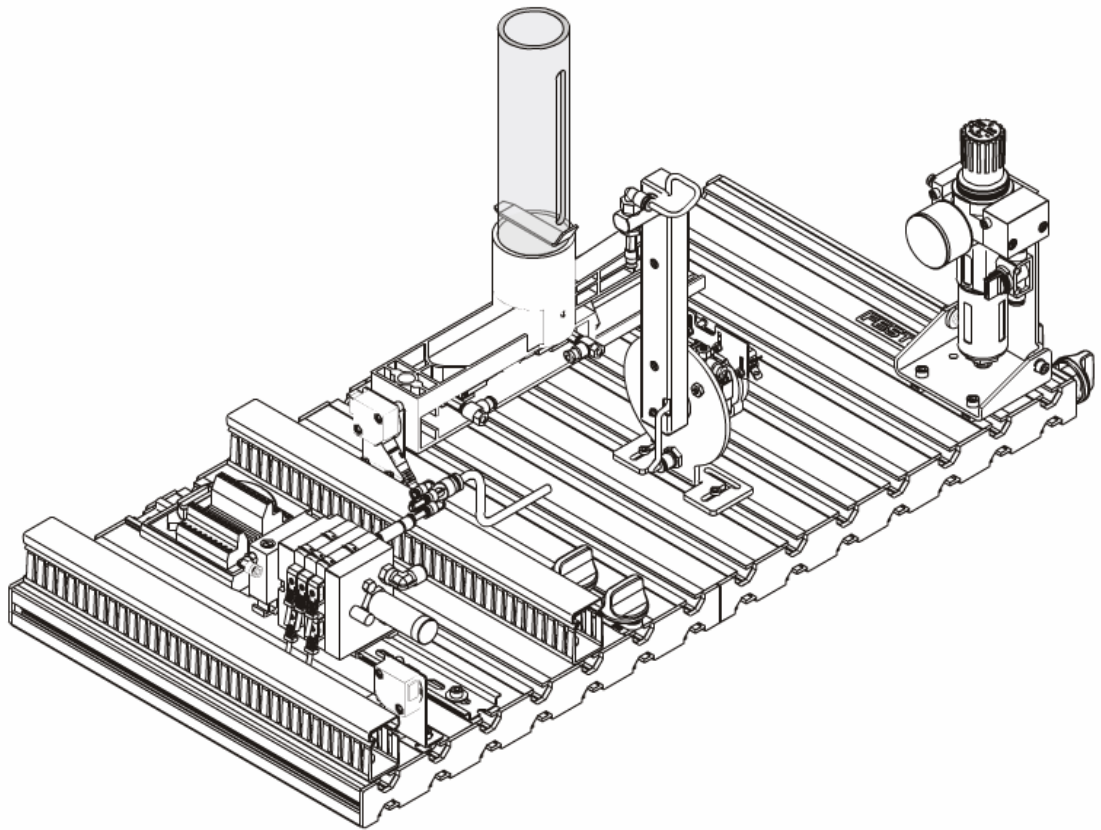
3.1.2.1. Ejemplos de la normalización de un MPS

Existen distintos tipos de sistemas modulares de producción (MPS), sin embargo se describirán solamente algunas de ellas para hacer notar sus características; se tomará como ejemplo los modelos de MPS de FESTO en su página en Internet: <http://www.festo-didactic.com/int-es/learning-systems/mps-sistema-de-produccion-modular/606/?page=1>, por mencionar algunos de ellos.

- Estación de distribución
- Estación de verificación
- Estación de procesamiento
- Estación de manipulación
- Estación pulmón
- Estación robot
- Estación de montaje
- Estación de punzonado
- Estación de clasificación
- Estación de prensa

3.1.2.1.1. Estación de distribución

Figura 9. Estación de distribución



Fuente: Festo Didactic 2006, **Festo**, página 209

La estación de distribución de la figura 9, es un dispositivo de alimentación. Según VDI 3420, los dispositivos de alimentación son unidades que realizan funciones de carga, ordenación y alimentación de piezas. Además, los dispositivos de alimentación también pueden facilitar la ordenación de las piezas de acuerdo con varias características de ordenación (dimensiones, peso, etc. de la pieza).

Son dispositivos estándar de alimentación, por ejemplo, los almacenes con alimentación por gravedad, alimentadores vibratorios, transportadores inclinados, tolvas, etc.

El objetivo de la estación de distribución es:

- Separar una pieza del almacén y
- Poner la pieza a disposición del siguiente proceso.

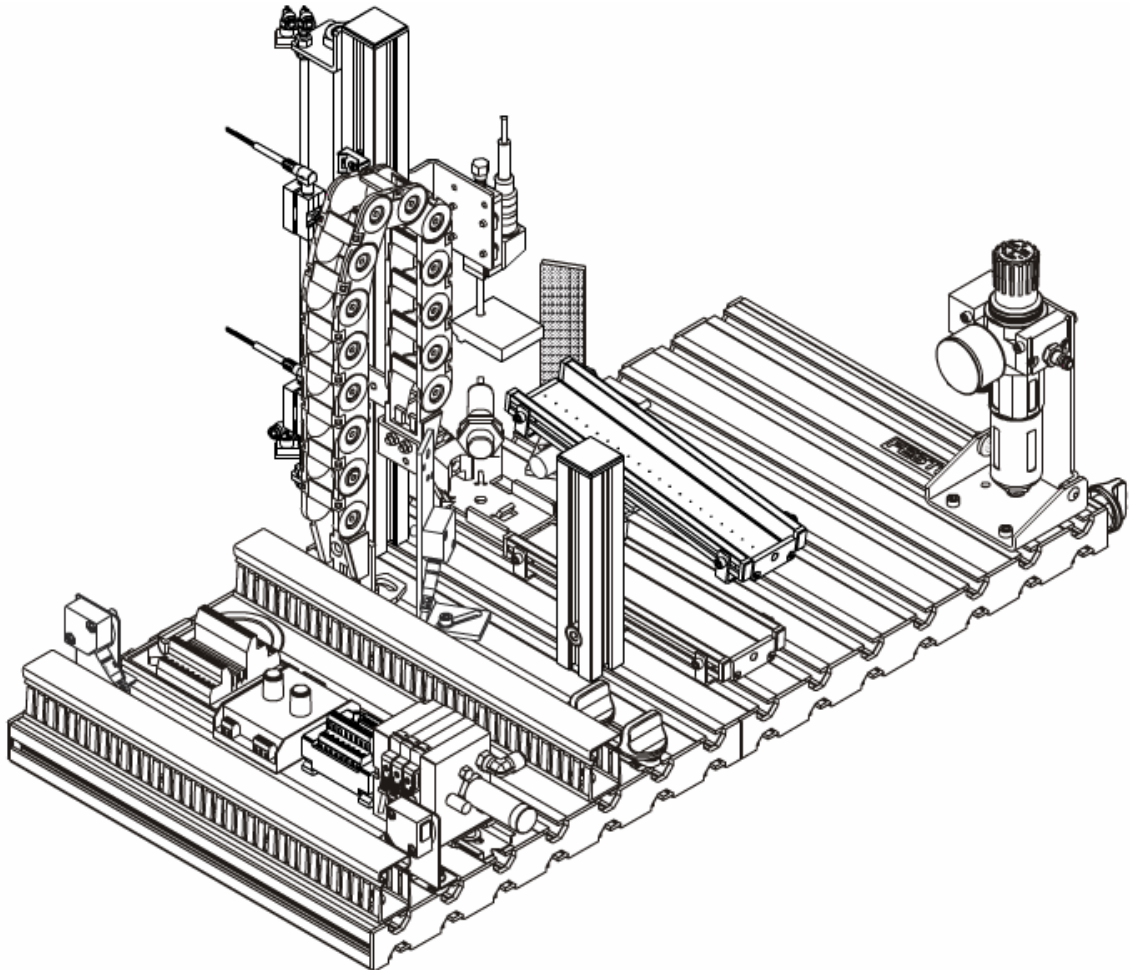
También cuenta con el módulo de almacén apilador (denominado también 'de petaca') separa piezas apiladas. Un cilindro de doble efecto extrae la pieza mas baja del almacén por gravedad y acciona un interruptor. La detección de las posiciones finales se realiza por medio de sensores. El nivel del almacén se supervisa. El almacén puede ser alimentado en cualquier orden con las piezas a mecanizar suministradas.

El módulo de transferencia es un dispositivo neumático de manipulación. Las piezas de trabajo se hallan sujetas por una ventosa de vacío y pueden ser reposicionadas desde 0 a 180 grados por medio de un actuador semirotativo. La detección de las posiciones finales se realiza por medio de sensores.

3.1.2.1.2. Estación de verificación

A continuación se hará una descripción general sobre una estación de verificación como se muestra en la figura 10.

Figura 10. Estación de verificación



Fuente: Festo Didactic 2006, **Festo**, página 174.

Según VDI 2860, la verificación, de la misma forma que la medición, es un subtérmino de la función de manipulación ‘comprobación’.

Los principales elementos constitutivos de la verificación son la adquisición de la información (real) su comparación con las características especificadas (referencia) y el resultado de ello: “pieza buena/rechazada” o “si/no”. El principal constituyente de la medición es la comparación de características (valores actuales) con referencias específicas variables (valores de consigna).

Las características de verificación estándar son, por ejemplo, verificación de la disponibilidad, identidad, forma, tamaño, color, peso y orientación de una pieza. La verificación en la producción automatizada, en oposición a la producción manual, asume un papel importante. En la producción manual, las piezas rechazadas pueden clasificarse inmediatamente. En la producción automatizada, las piezas rechazadas pueden producir interferencias en el proceso de producción o paradas del sistema.

El objetivo de la estación de verificación es:

- Determinar la naturaleza del material de una pieza,
- Verificar la altura de la pieza y
- Separar la pieza o ponerla a disposición de la siguiente estación.

El módulo de detección: la detección del material o del color se realiza con la ayuda de tres sensores de proximidad con salidas digitales.

Los sensores de proximidad en cuestión son un sensor de proximidad inductivo, un sensor capacitivo y un sensor óptico:

- El sensor de proximidad inductivo detecta las piezas metalizas.
- El sensor de proximidad capacitivo detecta las piezas metálicas y las de plástico.
- El sensor de proximidad óptico detecta las piezas de color rojo y las piezas metálicas.

Las características de cada pieza se detectan por medio de las combinaciones lógicas de las señales de salida.

El módulo de elevador: las piezas se elevan desde el módulo de detección al módulo de medición por medio del módulo elevador. Un cilindro de elevación y un cilindro de expulsión se utilizan como actuadores. La detección de las posiciones extremas se realiza por medio de sensores de proximidad magnéticos o inductivos.

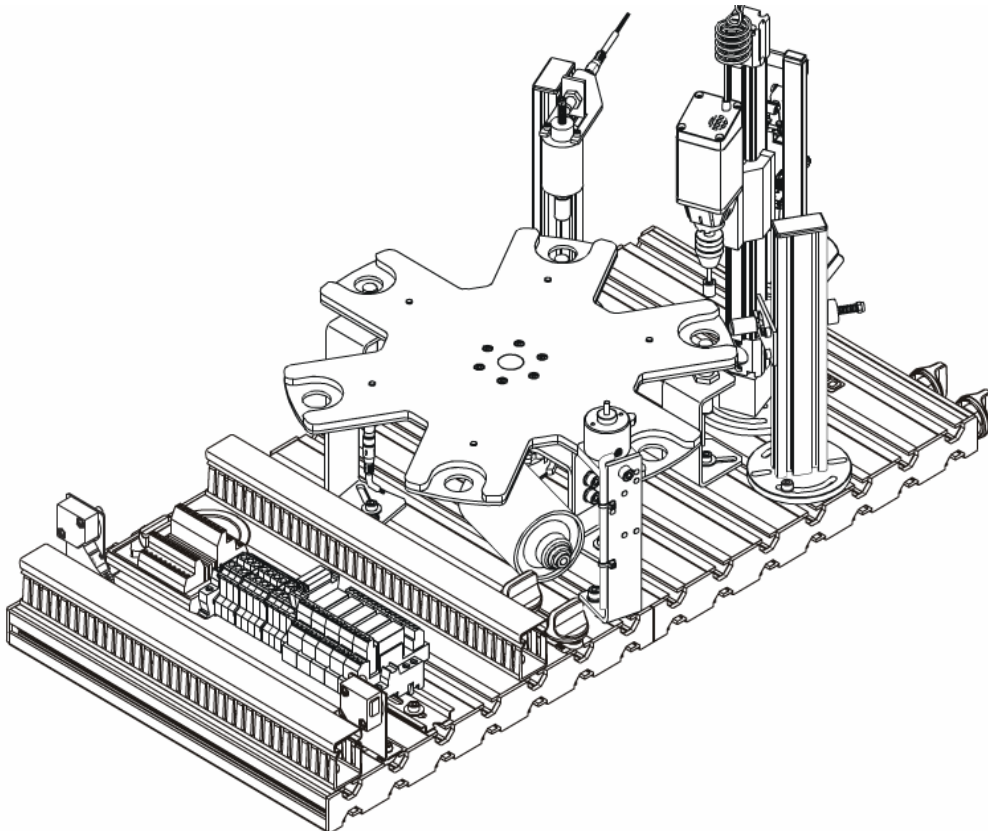
El módulo de medición consiste en un sensor analógico para la medición de la altura de la pieza. El principio de funcionamiento esta basado en un potenciómetro lineal con patín de toma de tensión.

El valor analógico medido debe procesarse posteriormente a través de un PLC con entradas analógicas o por medio de un convertidor AD.

3.1.2.1.3. Estación de procesamiento

A continuación se hará una descripción general sobre una estación de procesamiento como se muestra en la figura 11.

Figura 11. Estación de procesamiento



Fuente: Festo Didactic 2006, **Festo**, página 176.

La expresión 'proceso' es un término que cubre los procesos de producción tales como la mecanización, formación, tratamiento y ensamblaje. Según VDI 2860, la formación es la creación de objetos geoméricamente definidos partiendo de un material sin forma. El cambio de forma es el cambio de perfil geométrico y/o las dimensiones de los objetos. El tratamiento es el cambio de características intrínsecas del material y/o de las características superficiales de los objetos. El ensamblaje es la unión permanente de varios objetos.

La finalidad de la estación de procesos es:

- Procesar los diferentes tipos de piezas, rojas o negras de plástico y metálicas de aluminio.
- Verificar los resultados después del procedimiento.

Módulo de mesa de indexación: La mesa giratoria de indexación es accionada por un motoreductor de CC. Las posiciones de la mesa se establecen por medio de levas movibles en la parte giratoria que son detectadas por medio de un sensor inductivo de proximidad.

En la mesa, hay dispuestos agujeros en el centro de cada una de las posiciones de trabajo, de forma que la presencia de la pieza puede detectarse por medio de un sensor de proximidad óptico.

El módulo de taladrado es para el taladrado previo de un agujero en la pieza. Un cilindro de doble efecto retiene la pieza.

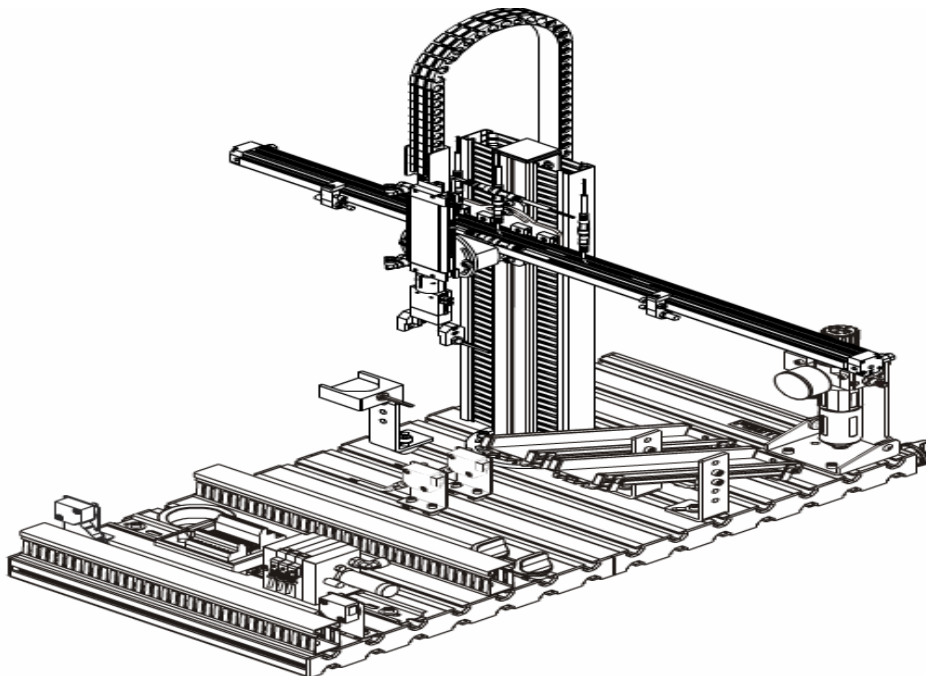
La máquina de taladrado es accionada por un motor de velocidad constante de 24 Vdc. La máquina de taladrado se mueve neumáticamente con la ayuda de unidades de guía. Las posiciones extremas se detectan por medio de sensores de proximidad inductivos.

El módulo de verificación del taladro: la pieza procesada del módulo de taladrado se verifica para comprobar la presencia del taladro. Si el taladro es correcto, el cilindro de verificación alcanza la posición final extendida, el sensor de final de carrera produce una señal.

3.1.2.1.4. Estación de manipulación

A continuación se hará una descripción general sobre una estación de procesamiento como se muestra en la figura 12.

Figura 12. Estación de manipulación



Fuente: Festo Didactic 2006, **Festo**, página 178.

La manipulación es un subconjunto del flujo de materiales. Las subfunciones adicionales son el transporte y el almacenamiento.

Según VDI 2860 la manipulación es la creación, cambio definido o mantenimiento temporal de una configuración especial especificada de objetos geoméricamente definidos.

La función de la estación de manipulación es

- Sacar piezas de la estación de procesamiento,
- Clasificar piezas según sus características.

Para obtener una mejor idea de los MPS en la página de Festo <http://www.festo-didactic.com/int-es/learning-systems/mps-sistema-de-produccion-modular/606/?page=1>, en la Estación de Distribución MPS® para empezar, haga clic en dicha estación y descargue el “Video MPS/FMS 50”, en donde se hace una demostración de las distintas estaciones de los Sistemas de producción modular (MPS).

3.1.2.2. Sistema automatizado

La automatización de un sistema es un procedimiento mediante el cual se transfieren las tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos, a un conjunto de elementos tecnológicos teniendo en cuenta las posibles eventualidades que se puedan producir.

La fabricación industrial, generación y distribución de energía, transporte y otras muchas aplicaciones necesitan un número creciente de nuevos sistemas y máquinas automatizadas. El mercado de estos sistemas está creciendo muy rápido debido: al aumento de la producción, los costes más bajos de puesta en funcionamiento, la calidad y estabilidad de los productos creados y la posibilidad de sustituir los trabajos pesados, peligrosos y monótonos de los operarios.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- Parte Operativa
- Parte de Mando

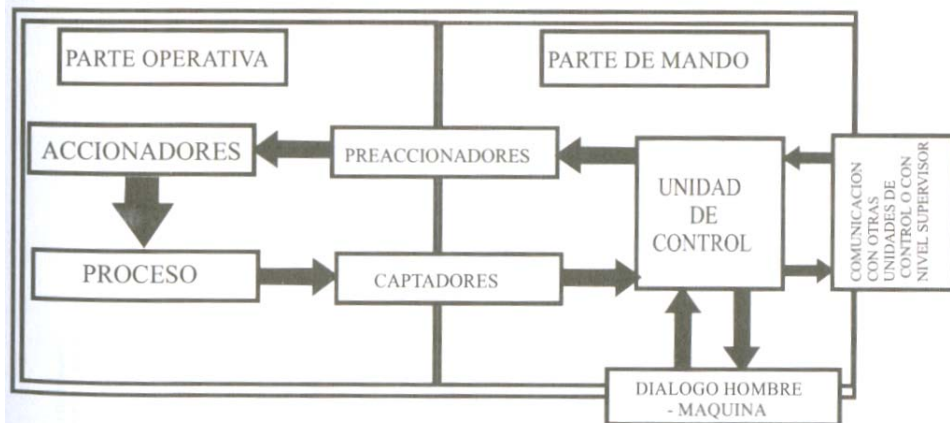
La Parte Operativa es la parte del sistema que actúa directamente sobre el proceso. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores y preaccionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los detectores o captadores como fotodiodos, finales de carrera.

La Parte de Mando suele ser un autómata programable (tecnología programada), aunque hasta hace poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada).

Actualmente también se utiliza, aunque en menor medida, los ordenadores de control de proceso y los reguladores industriales. En un sistema de fabricación automatizado, el autómata programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes del sistema automatizado.

En la figura 13 hace referencia de cómo está conformado un sistema automatizado.

Figura 13. Parte de mando y parte operativa



Fuente: Ramón Piedrafita Moreno, **Ingeniería de la automatización industrial**, página 15

El objetivo principal de la automatización es el de producir el mejor producto a un costo más bajo, pudiéndose desglosar en:

- Mejorar la productividad de la empresa: aumentando la cantidad de artículos producidos a la hora, reduciendo los costos de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.

- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.

3.1.2.3. Actuadores lógicos

3.1.2.3.1. Contactores

Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada".

3.1.2.3.1.1. Clasificación de los contactores

- Contactores electromagnéticos. Su accionamiento se realiza a través de un electroimán.
- Contactores electromecánicos. Se accionan con ayuda de medios mecánicos.

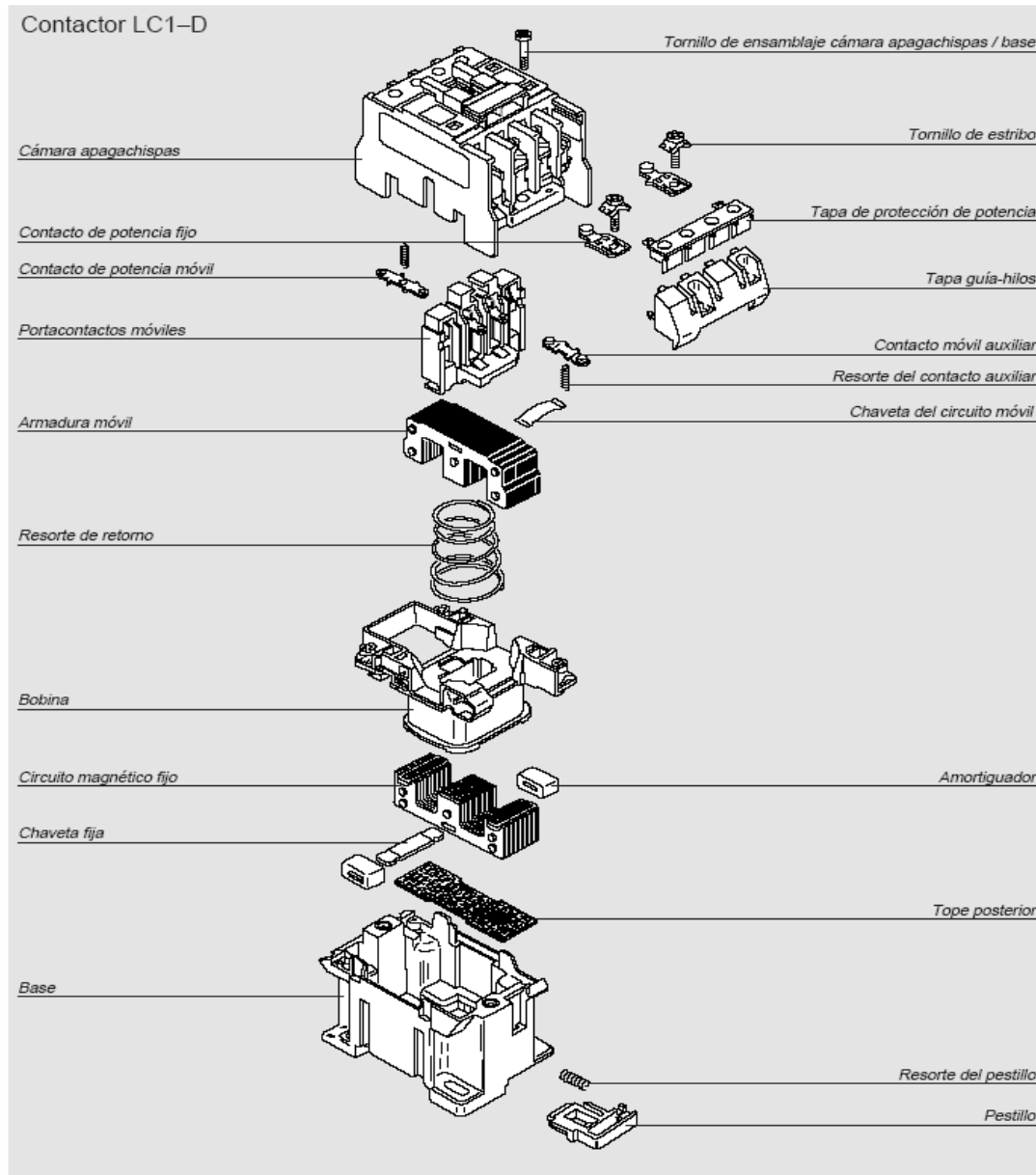
- Contactores neumáticos. Se accionan mediante la presión de un gas.
- Contactores hidráulicos. Se accionan por la presión de un líquido.

3.1.2.3.1.1.1. Constitución de un contactor electromagnético

- Contactos principales. Son los destinados a abrir y cerrar el circuito de potencia. Están abiertos en reposo.
- Contactos auxiliares. Son los encargados de abrir y cerrar el circuito de mando. Están acoplados mecánicamente a los contactos principales y pueden ser abiertos o cerrados.
- Bobina. Elemento que produce una fuerza de atracción (FA) al ser atravesado por una corriente eléctrica. Su tensión de alimentación puede ser de 12, 24 y 220V de corriente alterna, siendo la de 220V la más usual.
- Armadura. Parte móvil del contactor. Desplaza los contactos principales y auxiliares por la acción (FA) de la bobina.
- Núcleo. Parte fija por la que se cierra el flujo magnético producido por la bobina.
- Resorte. Es un muelle encargado de devolver los contactos a su posición de reposo una vez cesa la fuerza FA.

Vea la figura 14 en donde se indican las partes en que están constituidos los contactores.

Figura 14. Partes de un contactor



Fuente:.,Schneider Electric, **Manual electrotécnico telesquemario telecanique**, página 24.

3.1.2.3.1.1.2. Simbología y referenciado de bornes

Los bornes de conexión de los contactores se nombran mediante cifras o códigos de cifras y letras que permiten identificarlos, facilitando la realización de esquemas y las labores de cableado.

- Los contactos principales se referencian con una sola cifra, del 1 al 6.
- Los contactos auxiliares están referenciados con dos cifras. Las cifras de unidades o cifras de función indican la función del contacto:
 - 1 y 2, contacto normalmente cerrados (NC).
 - 3 y 4, contacto normalmente abiertos (NA).
 - 5 y 6, contacto de apertura temporizada.
 - 7 y 8, contacto de cierre temporizado.
- La cifra de las decenas indica el número de orden de cada contacto en el contactor. En un lado se indica a qué contactor pertenece.
- Las bobinas de un contactor se referencian con las letras A1 y A2. En su parte inferior se indica a qué contactor pertenece.
- El contactor se denomina con las letras KM seguidas de un número de orden.

Para la elección de un contactor refiérase al libro Cálculo y construcción de circuitos con Contactores, del autor José Roldán Vitoria, de la Editorial Paraninfo 1999, en sus páginas 55 a la 59.

3.1.2.3.2. Relés

El relé o relevador (del francés *relais*, relevo) es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Fue inventado por Joseph Henry en 1835. Ya que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, una forma de amplificador eléctrico. Como tal se emplearon en telegrafía, haciendo la función de repetidores que generaban una nueva señal con corriente procedente de pilas locales a partir de la señal débil recibida por la línea. Se les llamaba "relevadores", de ahí "relé".

Los contactos de un relé pueden ser Normalmente Abiertos (NA o NO (Normally Open)), por sus siglas en inglés), Normalmente Cerrados (Normally Closed) (NC) o de conmutación.

Los contactos Normalmente Abiertos conectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se desconecta cuando el relé está inactivo. Este tipo de contactos son ideales para aplicaciones en las que se requiere conmutar fuentes de poder de alta intensidad para dispositivos remotos.

Los contactos Normalmente Cerrados desconectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se conecta cuando el relé está inactivo. Estos contactos se utilizan para aplicaciones en las que se requiere que el circuito permanezca cerrado hasta que el relé sea activado.

3.1.2.3.2.1. Clasificación de los relés

Los relés son aparatos destinados a producir las modificaciones súbitas y predeterminadas tanto en circuitos eléctricos como electrónicos; pueden clasificarse según diferentes criterios, uno de ellos es por el objeto de su instalación.

Tabla V. **Clasificación de los relés por el objeto de su instalación**

Por el objeto de su instalación		
De mando	De protección	De medida

Fuente: Ediciones CEAC tomo 2. **Nueva biblioteca del instalador electricista**. Pág. 315

Otra posible clasificación es por la función que realizan en el circuito eléctrico, como se ve en la tabla V.

Tabla VI. **Clasificación de los relés por la función que realizan en el circuito eléctrico**

Por la función que realizan en el circuito eléctrico.			
De funcionamiento continuo	De funcionamiento por todo o nada		
	Instantáneos	Temporizados	Secuenciales
Limitadores	Elemental	Elemental	Autoperiódico
De comparación de módulos de magnitudes de acción	Con contactos de paso	De duración de acción limitada	De programa
De fase	Con inmovilización de posición	Con inmovilización de posición	Integrador
Analógicos			Convertidores

Fuente: Ediciones CEAC tomo 2. **Nueva biblioteca del instalador electricista**. Pág. 315

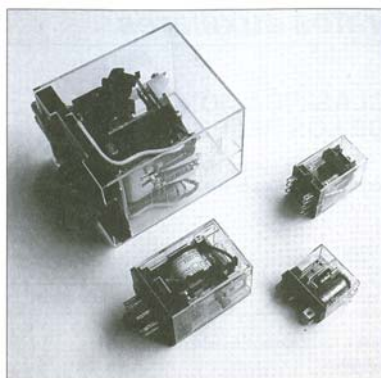
Los relés llamados también de funcionamiento de todo o nada, relés auxiliares o contactores auxiliares se definen, según el vocabulario electrotécnico internacional, de la forma siguiente: «Un relé de todo o nada es un relé establecido para funcionar dentro de amplios límites de la magnitud de influencia, siendo de importancia secundaria su valor de ajuste o de regulación».

3.1.2.3.2.1.1. Simbología y referenciado de bornes

Los relés auxiliares son contactores de baja potencia, no disponen de cámaras apagachispas ni de bobinas de soplado.

En la Figura 15, se muestran diferentes modelos de relés auxiliares de mando.

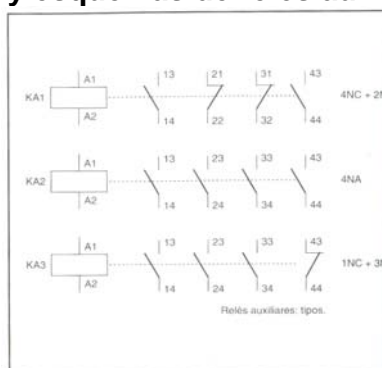
Figura 15. Modelos de relés auxiliares o de mando



Fuente: Ediciones CEAC tomo 2. **Nueva biblioteca del instalador electricista**, página 316.

La simbología es similar a la que se explicó para los contactores, con la única diferencia de que a las bobinas de los relés de mando se las denomina con la letra K o KA seguidas de un número de orden. Los contactos se numeran de forma similar a la explicada en los contactores, vea la figura 16.

Figura 16. Numeración y esquemas de relés auxiliares o de mando



Fuente: Ediciones CEAC tomo 2. Nueva biblioteca del instalador electricista, página 316

3.1.2.3.3. Transistor de unión bipolar

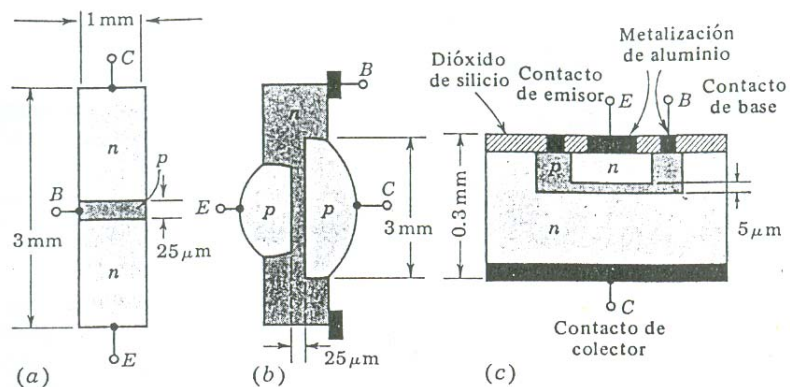
El transistor de unión bipolar (del inglés Bipolar Junction Transistor, o sus siglas BJT) es un dispositivo electrónico de estado sólido consistente en dos uniones PN muy cercanas entre sí, que permite controlar el paso de la corriente a través de sus terminales.

Los transistores bipolares se usan generalmente en electrónica analógica. Un transistor de unión bipolar está formado por dos Uniones PN en un solo cristal semiconductor, separados por una región muy estrecha. De esta forma quedan formadas tres regiones:

- Emisor, que se diferencia de las otras dos por estar fuertemente dopada, comportándose como un metal.
- Base, la intermedia, muy estrecha, que separa el emisor del colector.
- Colector, de extensión mucho mayor.

La técnica de fabricación más común es la deposición epitaxial, aunque las hay otras como por ejemplo: la tipo crecimiento, tipo aleación, tipo difusión, en la siguiente figura puede verse los distintos tipos de construcciones, a) decrecimiento, b) de Aleación, y c) planar (de difusión). Las dimensiones son aproximadas, y las figuras mostradas en la figura 17 no están a escala.

Figura 17. Construcción de transistores



Fuente: Jacob Milman. **Electrónica integrada**, página 124.

Un transistor bipolar de juntura consiste en tres regiones semiconductoras dopadas: la región del emisor, la región de la base y la región del colector. Estas regiones son, respectivamente, tipo P, tipo N y tipo P en un PNP, y tipo N, tipo P, y tipo N en un transistor NPN. Cada región del semiconductor está conectada a un terminal, denominado emisor (E), base (B) o colector (C), según corresponda.

Corte transversal simplificado de la figura 17 en el inciso c) de un transistor bipolar de juntura NPN. Dónde se puede apreciar cómo la juntura base-colector es más amplia que la base emisor.

La base está físicamente localizada entre el emisor y el colector y está compuesta de material semiconductor ligeramente dopado y de alta resistividad. El colector rodea la región del emisor, haciendo casi imposible para los electrones inyectados en la región de la base escapar de ser colectados, lo que hace que el valor resultante de α se acerque mucho hacia la unidad, y por eso, otorgarle al transistor un gran β .

El transistor bipolar de juntura, a diferencia de otros transistores, no es usualmente un dispositivo simétrico. Esto significa que intercambiando el colector y el emisor hacen que el transistor deje de funcionar en modo activo y comience a funcionar en modo inverso. Debido a que la estructura interna del transistor está usualmente optimizada para funcionar en modo activo, intercambiar el colector con el emisor hacen que los valores de α y β en modo inverso sean mucho más pequeños que los que se podrían obtener en modo activo; muchas veces el valor de α en modo inverso es menor a 0.5. La falta de simetría es principalmente debido a las tasas de dopaje entre el emisor y el colector.

El emisor está altamente dopado, mientras que el colector está ligeramente dopado, permitiendo que pueda ser aplicada una gran tensión de reversa en la juntura colector-base antes de que esta colapse. La juntura colector-base está polarizada en reversa durante la operación normal. La razón por la cual el emisor está altamente dopado es para aumentar la eficiencia de inyección de portadores del emisor: la tasa de portadores inyectados por el emisor en relación con aquellos inyectados por la base. Para una gran ganancia de corriente, la mayoría de los portadores inyectados en la juntura base-emisor deben provenir del emisor.

El bajo desempeño de los transistores bipolares laterales muchas veces utilizados en procesos CMOS es debido a que son diseñados simétricamente, lo que significa que no hay diferencia alguna entre la operación en modo activo y modo inverso.

Pequeños cambios en la tensión aplicada entre los terminales base-emisor genera que la corriente que circula entre el emisor y el colector cambie significativamente.

Este efecto puede ser utilizado para amplificar la tensión o corriente de entrada.

Los BJT pueden ser pensados como fuentes de corriente controladas por tensión, pero son caracterizados más simplemente como fuentes de corriente controladas por corriente, o por amplificadores de corriente, debido a la baja impedancia de la base.

Los primeros transistores fueron fabricados de germanio, pero la mayoría de los BJT modernos están compuestos de silicio. Actualmente, una pequeña parte de éstos (los transistores bipolares de heterojuntura) están hechos de arseniuro de galio, especialmente utilizados en aplicaciones de alta velocidad.

3.1.2.3.3.1. Funcionamiento del transistor

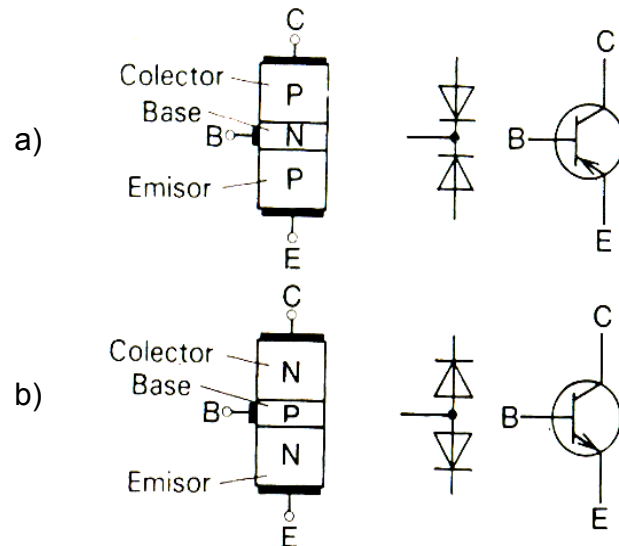
Los tres elementos del transistor son el emisor, la base y el colector, el emisor suministra portadores mayoritarios para el flujo de la corriente en el transistor, mientras que el colector recoge la corriente para la operación del circuito, la base hace las veces de las uniones o junctiones requeridas para asegurar la interacción adecuada entre el emisor y el colector.

El emisor se representa esquemáticamente por medio de una flecha, que señala la dirección del flujo de huecos. Por convención, se acepta que el emisor inyecta portadores mayoritarios a la base, de modo que un emisor de tipo P se muestra con la flecha señalando hacia la base, y un emisor de tipo N se representa con la flecha alejándose de la base, para indicar que se inyectan electrones. Si el transistor es un PNP la punta de la flecha señala hacia la base, ya que al igual que los diodos la punta de flecha indica que se trata de un cristal tipo P. La punta de flecha en sentido opuesto a la base nos indica que se trata de un cristal tipo N.

Nota: Con estos dos puntos de referencia, es decir, conociendo el tipo de cristal del emisor, es posible diferenciar el símbolo de un transistor PNP de otro NPN.

En los transistores existen dos tipos de portadores de carga, el transistor y los huecos. Se distinguen dos tipos de transistores, los PNP y los NPN, según cual sea el orden de sucesión de las diferentes zonas, en la figura 18 se muestran las partes de los transistores:

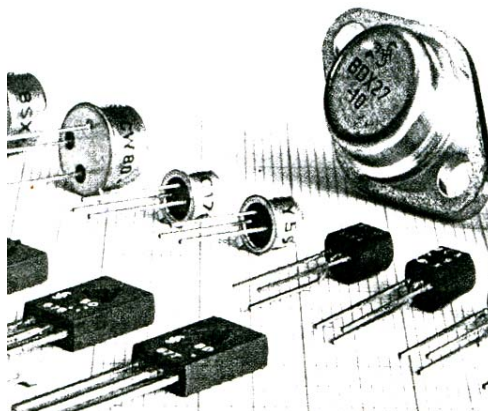
Figura 18. Estructura, circuitos equivalentes con diodos y símbolos de transistores, a) transistor PNP, b) transistor NPN



Fuente: Wolfgang Müller, **Electrotecnia de potencia curso superior**, página 238.

Los conceptos de la operación del transistor pueden entenderse mejor considerando uno de los primeros métodos de fabricación de transistores. El cristal se hace en forma de “emparedado”: una sección delgada de material tipo P entre dos secciones gruesas de material N (llamado NPN) o una sección delgada de material N entre dos secciones gruesas de material P (llamado PNP). El “emparedado” resultante se corta en pequeñas piezas de cerca de 0.01 por 0.01 por 0.01 plg para formar los transistores, en la figura 19 se ven algunos tipos de encapsulados de los transistores comerciales.

Figura 19. Transistores comerciales



Fuente: Wolfgang Müller, **Electrotecnia de potencia curso superior**, página 238.

Se le añaden contactos de soporte y puntas de conexión. Un extremo recibe el nombre de *emisor*. El otro extremo se llama *colector*. La sección central delgada es la *base*. En un transistor NPN, el emisor y el colector son materiales tipo N y la base está hecha de material tipo P. En un transistor PNP, el emisor y el colector son de material tipo P y la base es de material tipo N. Se hace una aclaración que tanto la estructura del NPN como del PNP está hecha de un cristal continuo único al igual que el del diodo PN. A menudo se le denomina al transistor bipolar de unión, BJT.

Al aumentar la corriente de base aumenta la corriente que circula por el colector. El número de veces que es mayor la corriente del colector que la de base viene determinada por la ganancia del transistor que se define como:

$$\beta = \frac{I_c}{I_B} \qquad 3.1$$

Este parámetro depende del tipo del transistor y lo suministra el fabricante en las hojas de datos.

Como se ha de ser de su conocimiento que el valor de α es la relación de la corriente de colector I_C entre la corriente del emisor I_E , y que alfa es más elevada cuanto mas delgada y menos contaminada es la base.

También puede relacionarse la corriente de colector con la de base, como se hizo en la ecuación anterior; en cualquier transistor, menos del 5% de los electrones inyectados desde el emisor se recombinan con los huecos de la base par producir I_B ; por lo tanto β es casi siempre mayor a 20, normalmente se encuentra entre 50 y 300, algunos transistores tienen una β hasta de 1000.

En otro sistema de análisis, llamado parámetros h, se utiliza h_{FE} en ves de β para indicar la ganancia de corriente de cc. En símbolos,

$$\beta = h_{FE}$$

3.2

Las hojas técnicas usan los símbolos h_{FE} para indicarla ganancia de corriente de cc.

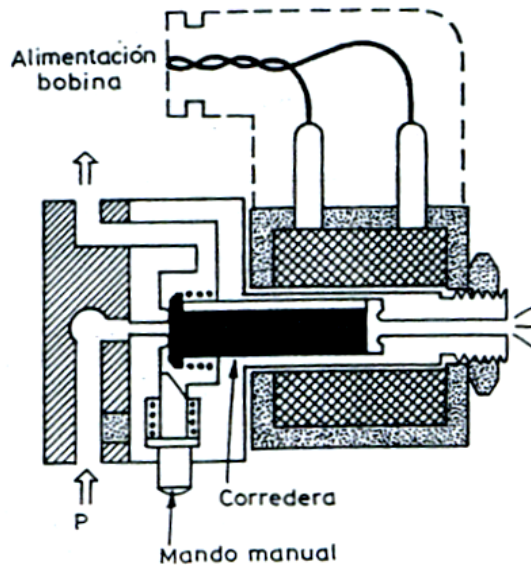
Una de las características que hacen uso los autómatas programables es que en su salida contienen transistores utilizados como interruptores y se hace uso de estas propiedades considerando acciones mas rápidas de switcheo, pero considerando los pequeños valores de corriente a manejar; vea el uso del transistor como interruptor en el libro Principios de electrónica del autor Albert Paúl Malvino, tercera edición, página 154.

3.1.2.3.4. Válvulas de vías

Los mandos neumáticos están constituidos por elementos de señalización, elementos de mando y un aporte de trabajo. Los elementos de señalización y mando modulan las fases de trabajo de los elementos de trabajo y se denominan válvulas, sin embargo en cualquier válvula hay que distinguir dos partes: elementos de mando y el circuito de potencia.

El elemento de mando se encarga de conmutar la conexión hidráulica o neumática entre conductos del circuito de potencia. El mando puede ser de tipo eléctrico (electroimán), manual (pulsador), hidráulico o neumático, la figura 20 muestra la forma constructiva de una válvula con mando eléctrico y manual de 2 vías y 2 posiciones.

Figura 20. **Electroválvula de 2 vías/2 posiciones**



Fuente: Joseph Balcells, **Autómatas programables**, página 141.

Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal del fluido enviado por una bomba hidráulica o almacenado en un depósito. En lenguaje internacional, el término "válvula" o "distribuidor" es el término general de todos los tipos tales como válvulas de corredera, de bola, de asiento, grifos, etc.

Esta es la definición de la norma DIN/ISO 1219 conforme a una recomendación del CETOP (Comité Européen des Transmissions Oiéohydrauliques et Pneumatiques).

3.1.2.3.4.1. Clasificación de las válvulas

Según su función las válvulas se subdividen en 5 grupos:

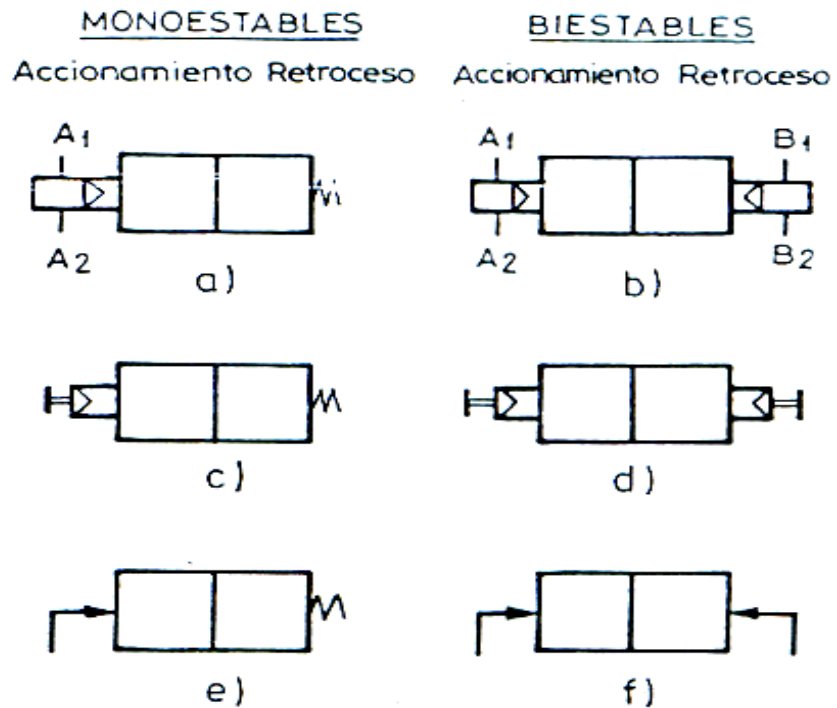
1. Válvulas de vías o distribuidoras
2. Válvulas de bloqueo
3. Válvulas de presión
4. Válvulas de caudal
5. Válvulas de cierre

Las válvulas suelen clasificarse también atendiendo al número de posiciones distintas que permite el circuito de mando y al número de vías de entrada y/o salida del circuito de potencia en cada posición; por ejemplo, una válvula 4/2 indica una válvula de 4 vías y 2 posiciones.

Las válvulas de 2 posiciones pueden clasificarse además, en monoestables o biestables. Las primeras tienden, en ausencia de mando, a una posición fija de reposo (generalmente obligada por un muelle o resorte). Las biestables y en ausencia de mando, pueden permanecer en cualquiera de las

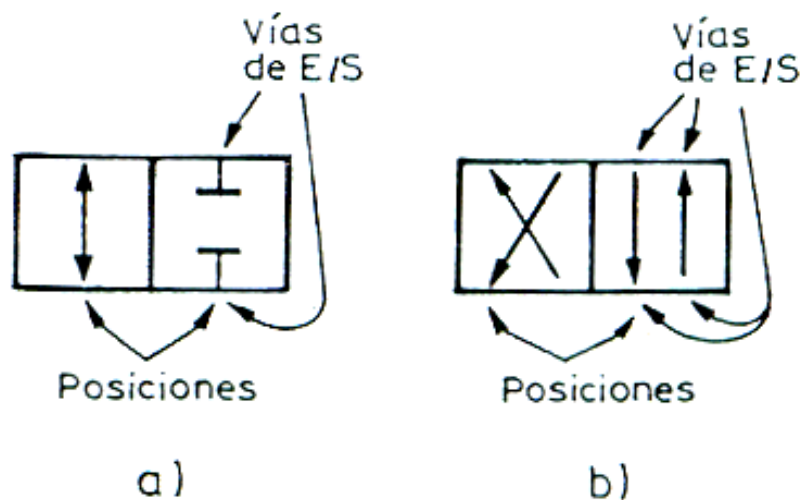
dos posiciones (permanecer en la última posición que les ha llevado el mando). La figura 21 muestra los símbolos de una serie de válvulas de dos posiciones, con distintos tipos de mandos y la figura 22 muestra algunos ejemplos de circuitos de potencia.

Figura 21. Distintos tipos de mandos para válvulas: a), b) eléctrico (electroválvula); c), d) manual por pulsador; e), f) neumático o hidráulico



Fuente: Joseph Balcells, **Autómatas programables**, página 141.

Figura 22. Distintos tipos de válvulas según el circuito de potencia: a) 2 vías/2 posiciones, b) 4 vías/2 posiciones



Fuente: Joseph Balcells, **Autómatas programables**, página 141.

Desde el tipo de vista lógico, las válvulas monoestables permiten realizar funciones lógicas de tipo And, Or y NO y, por tanto, permiten realizar cualquier circuito neumático o hidráulico de tipo combinacional. Las biestables permiten realizar la función memoria y, por tanto, cualquier circuito secuencial, como puede verse en la figura 23 en donde se muestra la estructura de varios dispositivos lógicos de tipo neumático.

Figura 23. Válvulas de lógica neumática

FUNCIÓN LÓGICA	SÍMBOLO LÓGICO	CÉLULA LÓGICA NEUMÁTICA
O	$S = a \vee b$ (o los dos) $= a + b$ $S = 1$ si $a = 1$ o $b = 1$ o $a \vee b = 1$	$S = a + b$
Y	$S = a \wedge b$ $= ab$ $S = 1$ si $a = 1$ y $b = 1$	$S = ab$
SI regeneración	$S = a$ (regenerado) $S = 1$ si $a = 1$	$S = a$
NO inhibición	$S = \text{NO } a$ $= \bar{a}$ $S = 1$ si $a = 0$ <hr/> $S = \bar{a}b$ CONEXIONADO EN INHIBICIÓN a inhibe b $S = 1$ si $b = 1$ y $a = 0$	$S = \bar{a}$ $S = \bar{a}b$
MEMORIA	La señal de salida S depende de la aparición de la señal a (puesta 1) y se mantiene en memoria hasta la aparición de la señal b (puesta a 0)	

Fuente: Joseph Balcells, **Autómatas programables**, página 142.

3.1.2.3.4.2. Válvulas distribuidoras

Estas válvulas son los componentes que determinan el camino que ha de tomar la corriente de aire, a saber, principalmente puesta en marcha y paro (Start-Stop).

3.1.2.3.4.2.1. Simbología y representación esquemática de las válvulas

Para representar las válvulas distribuidoras en los esquemas de circuito se utilizan símbolos; éstos no dan ninguna orientación sobre el método constructivo de la válvula; solamente indican su función.

Las posiciones de las válvulas distribuidoras se representan por medio de cuadrados.

La cantidad de los cuadrados yuxtapuestos indica la cantidad de posiciones de una válvula. En el interior de los cuadrados se indica la función y el efecto de la válvula. Las conexiones son indicadas mediante líneas y las flechas muestran la dirección del flujo, si la válvula tiene tres posiciones, la intermedia es la normal, como puede verse en la figura 24.

La denominación de una válvula depende de la cantidad de las conexiones controladas y de la cantidad de posiciones.

El primer dígito de la especificación indica la cantidad de vías, es decir, la cantidad de conexiones controladas. El segundo dígito indica las posiciones de la válvula.

Para evitar errores durante el montaje, los empalmes se identifican por medio de letras mayúsculas:

Rige lo siguiente:

Tuberías o conductores de trabajo (A, B, C)

Empalmes de energía (P)

Salida de escape (R, S, T)

Tuberías o conductos de pilotaje (Z, Y, X)

Ejemplo considerando lo indicado anteriormente:

Válvula de 3/2 vías: 3 conexiones controladas, 2 posiciones (2 cuadrados).

Válvula de 4/3 vías: 4 conexiones controladas, 3 posiciones (3 cuadrados).

Figura 24. Válvulas de vías: resumen

Denominación	Posición normal	Símbolo
Válvula de 2/2 vías	cerrada	
Válvula de 2/2 vías	abierta	
Válvula de 3/2 vías	cerrada	
Válvula de 3/2 vías	abierta	
Válvula de 3/3 vías	posición intermedia bloqueada	





Denominación	Posición normal	Símbolo
Válvula de 4/2 vías	1 conducto entrada de aire 2 conductos de salida de aire	
Válvula de 4/3 vías	posición intermedia bloqueada	
Válvula de 4/3 vías	En posición intermedia salida de aire en A y B; posición de ajuste	
Válvula de 5/2 vías		
Válvula de 6/3 vías		

Fuente: H. Meixner, **Introducción a la electroneumática**, página 163.

Según la aplicación es factible equipar a las válvulas con los más diversos tipos de accionamiento. Los símbolos que se refieren a los accionamientos se dibujan laterales y horizontales a los cuadrados.





A continuación puede verse en las figuras 25, 26, 27, 28, 29 y 30 los accionamientos aplicados a las válvulas por fuerza física, mecánico, eléctrico, presión-accionamiento directo, accionamiento indirecto y accionamiento combinado, respectivamente.

Figura 25. Accionamiento por fuerza física

Símbolo básico	
Pulsador	
Palanca	
Pedal	




Fuente: H. Meixner, **Introducción a la electroneumática**, página 165.

Figura 26. Accionamiento mecánico

Pulsador	
Muelle	
Rodillo	
Rodillo con retorno en vacío	

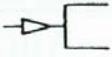
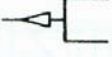

Fuente: H. Meixner, **Introducción a la electroneumática**, página 165.

Figura 27. **Accionamiento eléctrico**

Electroimán con 1 arrollamiento activo	
Con 2 arrollamientos activos en el mismo sentido	
Con 2 arrollamientos activos en sentidos opuestos	

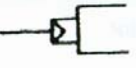
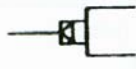
Fuente: H. Meixner, **Introducción a la electroneumática**, página 166.

Figura 28. **Accionamiento por presión-accionamiento directo**

Aumento de la presión	
Disminución de la presión	
Presión diferencial	



Fuente: H. Meixner, **Introducción a la electroneumática**, página 166.

Figura 29. **Accionamiento indirecto**

Presión sobre la válvula principal a través de la válvula auxiliar de servopilotaje	
Depresión sobre la válvula principal a través de la válvula auxiliar de servopilotaje	

Fuente: H. Meixner, **Introducción a la electroneumática**, página 166.

Figura 30. **Accionamiento combinado**

Electroimán y válvula auxiliar de servopilotaje	
Electroimán o válvula auxiliar de servopilotaje	

Fuente: H. Meixner, **Introducción a la electroneumática**, página 166.

3.1.2.4. **Sensores lógicos**

Por lo general se trata de sensores con respuesta todo o nada, con cierta histéresis en la distancia de detección, con salida de interruptor estático (transistor, tiristor, triac). Algunos pueden dar una salida analógica proporcional a la distancia.

Para seleccionar de entre los diferentes tipos de detectores de proximidad, deberán tenerse en cuenta los siguientes criterios:

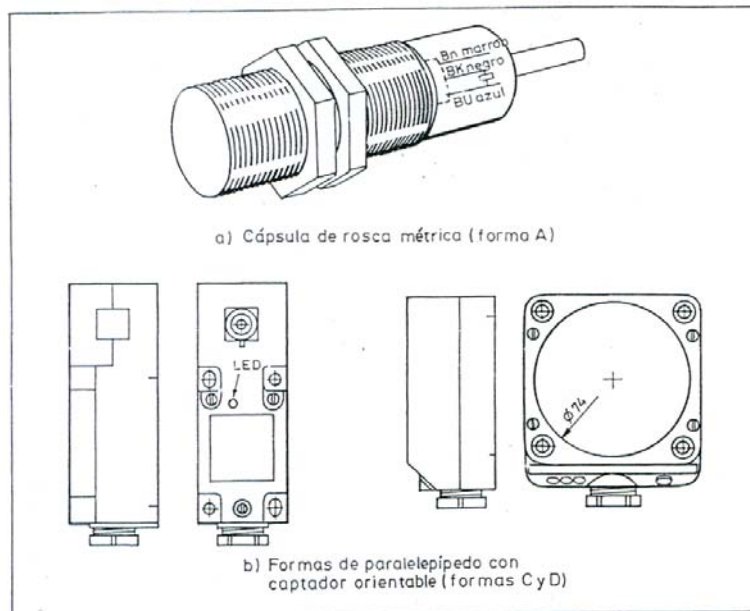
Las detecciones de distancias cortas (< 50 mm) pueden realizarse con captadores inductivos o capacitivos, (que resultan ser los de menor coste) el empleo de unos u otros dependerá de la naturaleza metálica o no del material a detectar. Para las distancias largas (> 50 mm) se hace necesario irse a ultrasónicos u ópticos, teniendo presentes las limitaciones que ofrecen los primeros en ambientes ruidosos y de los segundos con materiales a detectar transparentes.

A continuación se describen las características principales de cada uno de estos tipos de sensores de proximidad.

3.1.2.4.1. Inductivos

Sirven para detectar la proximidad de piezas metálicas en un rango desde 1 mm a 30 mm, con resolución del orden de la décima de milímetro, desde el punto de vista mecánico las formas de este tipo de sensor están normalizadas y aparecen en la figura 31.

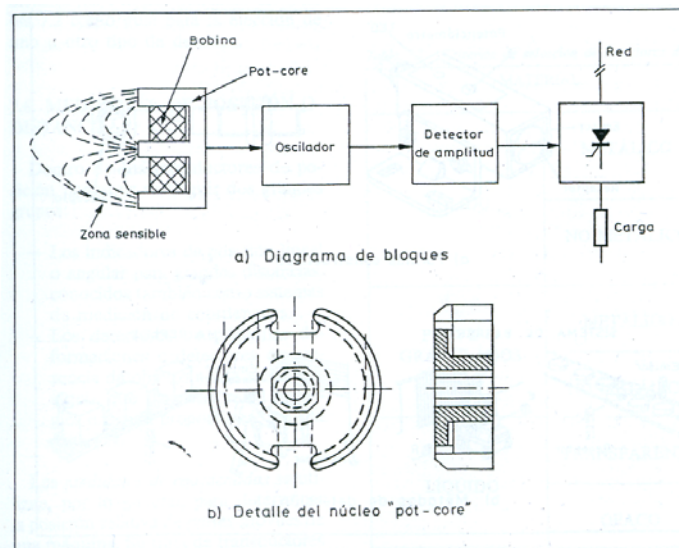
Figura 31. Formas constructivas detectores de proximidad



Fuente: Joseph Balcells, **Autómatas programables**, página 118.

Desde el punto de vista funcional están constituidos por un circuito oscilador L-C con alta frecuencia de resonancia. La bobina está constituida sobre un núcleo de ferrita "Pot-Core" de forma que el flujo se cierra en la parte frontal. Como se aprecia en la figura 32. La presencia de metal dentro de la zona sensible altera la reluctancia del circuito magnético, atenúa el circuito oscilante y hace variar la amplitud de oscilación. La detección de dicha amplitud permite obtener una señal todo-nada.

Figura 32. Diagrama de bloques y detalle del núcleo de los detectores de proximidad



Fuente: Joseph Balcells, **Autómatas programables**, página 118.

El campo de aplicación más importante de este tipo de detectores es como final de carrera con ventajas sobre los electromagnéticos como la ausencia de contacto, la robustez mecánica, la resistencia a ambientes agresivos y su bajo coste.

3.1.2.4.2. Capacitivos

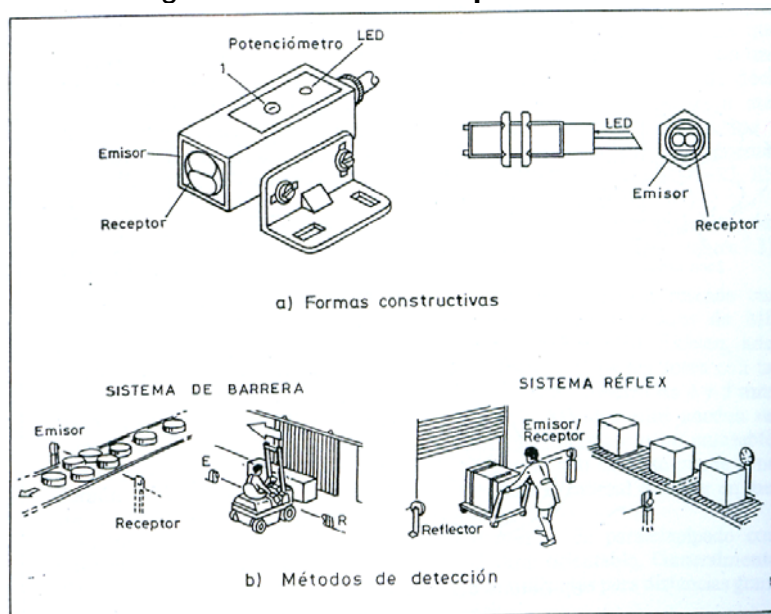
El principio de funcionamiento, y las características constructivas son muy similares a las descritas para los inductivos, la diferencia radica en que en este caso el elemento sensible es el condensador del circuito oscilador, formado por dos aros metálicos concéntricos situados en la cara sensible, y cuyo dieléctrico es el material de la zona sensible. 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.

3.1.2.4.3. 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 (figura 33) y se utilizan para cubrir mayores distancias, con fuentes luminosas independientes del detector.

Ambos tipos suelen trabajar con frecuencias en la banda de infrarrojos.

Figura 33. Detectores ópticos



Fuente: Joseph Balcells, **Autómatas programables**, página 119.

Dentro de las ventajas de este tipo de detectores (proximidad ópticos) son la inmunidad a perturbaciones electromagnéticas, las distancias de detección grandes, alta velocidad de respuesta, identificación de colores y detección de pequeños objetos. Una variante importante son los construidos de fibra óptica que permite separar el punto emisor y el detector de la unidad principal del sensor con las ventajas de accesibilidad que ello proporciona.

3.1.2.4.4. Ultrasonicos

Están basados en la emisión-recepción de ondas ultrasónicas. Cuando un objeto interrumpe el haz, el nivel de recepción varia y el receptor lo detecta, la gran ventaja frente a las fotocélulas está en la detección de objetos transparentes, como cristal, plásticos, etc. Sin embargo no podrán ser usados en ambientes en los que el aire circule con flujo muy turbulento o con contaminación acústica elevada dada su dependencia de este medio para la transmisión de la onda de ultrasonido.

3.1.2.5. Ficha de especificaciones de un sensor

A continuación se hará mención de las especificaciones que algunos de fabricantes hace referencia, en características propias de cada sensor, en las figura 34 y 35 se ha tomado como muestra un sensor tipo inductivo, de la marca Allen-Bradley.

Figura 34. Sensor de proximidad inductivo de AB

Sensores de proximidad inductiva
871L y 872L de CC de 3 cables
 Tipo interruptor de final de carrera



Especificaciones

	Modelos 871L	Modelos 872L
Corriente de carga	≤400 mA	≤120 mA
Corriente de fuga	≤m10A	≤m10A
Voltaje de trabajo	10 - 60 VCC	10 - 30 VCC
Caída de voltaje	≤2.4 V	≤2.5 V
Capacidad de repetición	≤5%	≤5%
Histéresis	≤20% típico	≤20% típico
Protección contra pulsos en falso	Incorporada	Incorporada
Protección contra ruido transitorio	Incorporada	Incorporada
Protección contra inversión de polaridad	Incorporada	Incorporada
Protección contra cortocircuitos	Incorporada	Incorporada
Protección contra sobrecargas	Incorporada	Incorporada
Homologaciones	Marcados por CE para todas las directivas correspondientes	
Envolvente	NEMA 3, 4, 6, 12, 13, IP67 (IEC 529); Polyloy	
Conexiones	Conector: Tipo Mini de 4 pines; tipo Micro de 4 pines Abertura de conducto: rosca interna 1/2-14 NPT con terminales de tornillo	
Indicadores LED	Verde: Encendido (parpadea en cortocircuito/sobrecarga); Naranja: Activación de salida; Rojo: Indicador de alineamiento	Verde: Encendido (parpadea en cortocircuito/sobrecarga) Naranja: Salida activada
Temperatura de funcionamiento	-25 °C a 70 °C (-13 °F a +158 °F)	
Impacto	30 g, 11 ms	
Vibración	55 Hz, 1 mm amplitud, 3 planos	

Selección de productos

Tamaño del cabezal	Distancia de detección nominal mm (pulg.)	Blindado	Configuración de salida	Frecuencia de conmutación (Hz)	Número de Catálogo		
					Tipo conducto	Tipo conector Mini	Tipo conector Micro
40	20 (0.79)	S	N.A. o N.C. seleccionable	150	871L-D20EN40-T3	871L-D20EN40-N4	871L-D20EN40-D4
					871L-D20EP40-T3	871L-D20EP40-N4	871L-D20EP40-D4
	40 (1.57)	N		70	871L-D40EN40-T3	871L-D40EN40-N4	871L-D40EN40-D4
					871L-D40EP40-T3	871L-D40EP40-N4	871L-D40EP40-D4
	20 (0.79)	S	N.A. o N.C. programable	100	872L-D20EN40-T3	872L-D20EN40-N4	872L-D20EN40-D4
					872L-D20EP40-T3	872L-D20EP40-N4	872L-D20EP40-D4
	40 (1.57)	N		50	872L-D40EN40-T3	872L-D40EN40-N4	872L-D40EN40-D4
					872L-D40EP40-T3	872L-D40EP40-N4	872L-D40EP40-D4

Conjunto recomendado de cables de conector normal (-6F = 1.8 m (6 pies), -2 = 2 m (6.5 pies))

889N-F4AFC-6F 889D-F4AC-2

Fuente: Catálogos de productos Allen-Bradley, **Sensores**, página 2-64.

Figura 35. Diagrama de cableado sensor inductivo

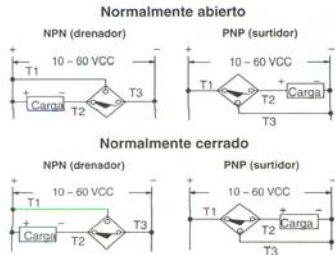
Sensores de proximidad inductiva

871L y 872L, diagramas de cableado y dimensiones

Tipo interruptor de final de carrera

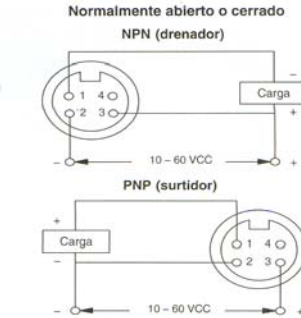
Tipo conducto; mm (pulg.)

CC de 3 cables



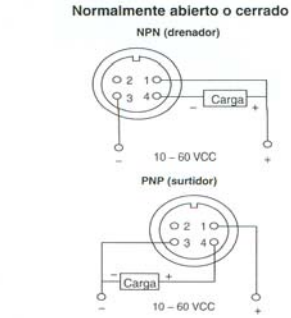
Tipo conector Mini

CC de 3 cables



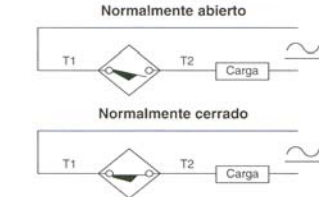
Tipo conector Micro

CC de 3 cables



Tipo conducto

CA/CC (871L) y CA de 2 cables (872L)



Nota: La carga puede conmutarse al terminal 1.

Tipo conector Mini



Nota: La carga puede conmutarse al pin 3.

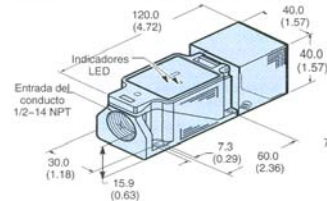
Tipo conector Micro



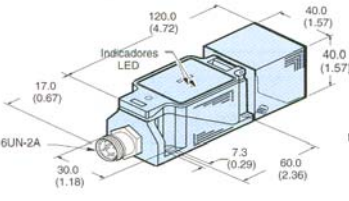
Nota: La carga puede conmutarse al pin 2.

Tipo conducto

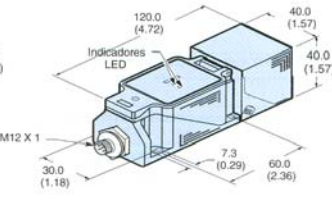
CC de 3 cables y CA/CC de 2 cables



Tipo conector Mini



Tipo conector Micro



Nota: El cabezal se puede girar en incrementos de 22.5° para ofrecer 16 posiciones de detección lateral o se puede girar para detección hacia arriba.

Fuente: Catálogos de productos Allen-Bradley, **Sensores**, página 2-66.

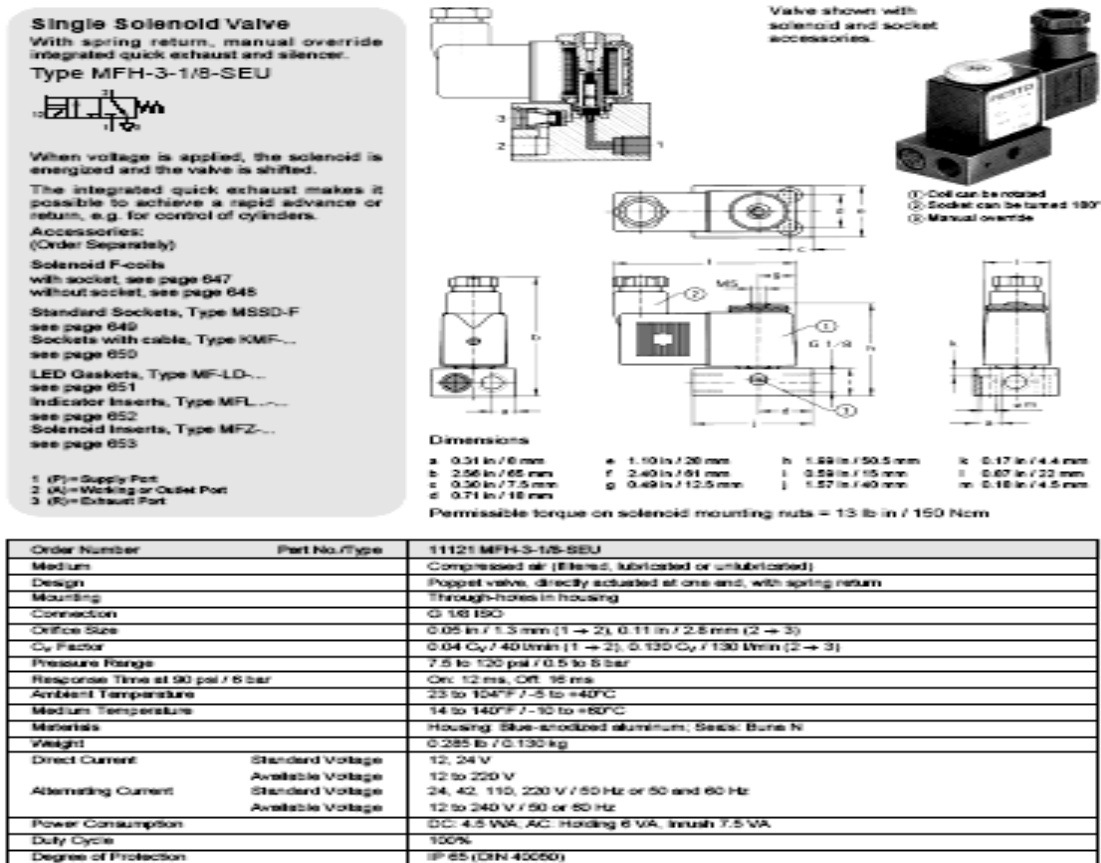
NOTA: Como una herramienta adicional a esta información se estará agregando una serie de documentos facilitados en un DVD, en donde se tendrán por carpetas, clasificado por prácticas y haciendo mención con los elementos a consultar.

Para tal caso seleccione la carpeta Sensores y seleccione el documento: “Detectores de posición en bloque”, para hacer posible la caracterización de los sensores utilizados en el MPS.

3.1.2.6. Ficha de especificaciones de una electroválvula

A continuación se muestra en la figura 36 las características generales de las electroválvulas, siendo parte importante para la caracterización y hacer uso adecuado de las mismas.

Figura 36. Características de una electroválvula marca Festo



Fuente: Festo, Compact 2000/M5/2N system valves, página 9.

3.1.2.7. Ficha de especificaciones de un PLC

Otras de las características importantes a considerar es en relación a las fichas de especificaciones de los PLC. A continuación se muestra en las figura 37, 38 y 39 las características generales del Micrologix 1200.

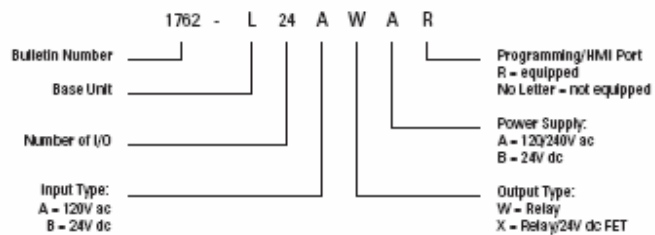
Figura 37. Selección del PLC Micrologix 1200

Step 6 - Select:

- controller - review power and I/O configurations to select a controller catalog number; see power supply and I/O specifications for more detailed information
- accessories - memory and real-time clock modules
- record your selection in the Selection Record (starts on page 60)

Select MicroLogix 1200 Controllers and Accessories

MicroLogix 1200 Catalog Number Explanation



MicroLogix 1200 Controller Power and I/O Configuration

Cat. No.	Line Voltage	Number of Inputs	Number of Outputs *	High Speed I/O
1762-L24AWA	120/240V ac	(14) 120V ac	(10) Relay	—
1762-L24AWAR	120/240V ac	(14) 120V ac	(10) Relay	—
1762-L24BWA	120/240V ac	(10) Standard 24V dc (4) Fast 24V dc	(10) Relay	(4) 20 kHz input
1762-L24BWAR	120/240V ac	(10) Standard 24V dc (4) Fast 24V dc	(10) Relay	(4) 20 kHz input
1762-L24BWB	24V dc	(10) Standard 24V dc (4) Fast 24V dc	(5) Relay (4) Standard 24V dc FET (1) Fast 24V dc FET	(4) 20 kHz input (1) 20 kHz output
1762-L24BWBAR	24V dc	(10) Standard 24V dc (4) Fast 24V dc	(5) Relay (4) Standard 24V dc FET (1) Fast 24V dc FET	(4) 20 kHz input (1) 20 kHz output
1762-L40AWA	120/240V ac	(24) 120V ac	(16) Relay	—
1762-L40AWAR	120/240V ac	(24) 120V ac	(16) Relay	—
1762-L40BWA	120/240V ac	(20) Standard 24V dc (4) Fast 24V dc	(16) Relay	(4) 20 kHz input
1762-L40BWAR	120/240V ac	(20) Standard 24V dc (4) Fast 24V dc	(16) Relay	(4) 20 kHz input
1762-L40BWB	24V dc	(20) Standard 24V dc (4) Fast 24V dc	(8) Relay (7) Standard 24V dc FET (1) Fast 24V dc FET	(4) 20 kHz input (1) 20 kHz output
1762-L40BWBAR	24V dc	(20) Standard 24V dc (4) Fast 24V dc	(8) Relay (7) Standard 24V dc FET (1) Fast 24V dc FET	(4) 20 kHz input (1) 20 kHz output

* This individually isolated relays per controller.

Fuente: Rockwell Automation, **Micrologix programmable controllers selection guide publication 1761-SG001A-EN-P**, página 29.

Figura 38. Especificaciones del PLC Micrologix 1200

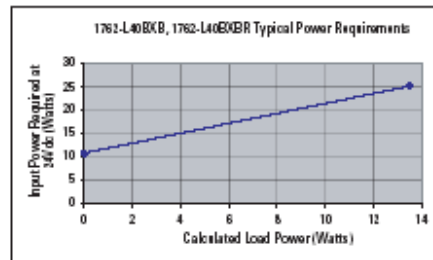
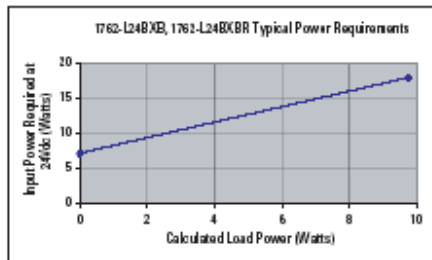
MicroLogix 1200 Specifications

MicroLogix 1200 Controller Power Supply Specifications

Specification	1762-					
	L24AWA, L24AWAR	L40AWA, L40AWAR	L24BWA, L24BWAR	L40BWA, L40BWAR	L24BXB, L24BXR	L40BXB, L40BXR
Power Supply Voltage	85...265V ac @ 47...63 Hz				30 A...26.4V dc: Class 2 SEDV	
Power Consumption	68 VA	80 VA	70 VA	62 VA	27 W	40 W
Power Supply Inrush Current (max.)	120V ac: 25 A for 8 ms 240V ac: 40 A for 4 ms				24V dc: 15 A for 20 ms	24V dc: 15 A for 30 ms
Maximum Load Current *						
5V dc	400 mA	600 mA	400 mA	600 mA	400 mA	600 mA
24V dc	350 mA	500 mA	350 mA	500 mA	350 mA	500 mA
Maximum Load Power	10.4 W	15 W	12 W	16 W	10.4 W	15 W
24V dc Slew or Power	—	—	250 mA, 400 µF capacitance max.	400 mA, 400 µF capacitance max.	—	—

* See Perform MicroLogix 1200 System Expansion Calculations on page 38 to calculate expansion I/O power usage.

MicroLogix 1200 DC Input Power Requirements for BXB and BXBR Units



MicroLogix 1200 Controller Input Specifications

Specification	1762-L24AWA, -L24AWAR 1762-L40AWA, -L40AWAR	1762-L24BWA, -L24BWB, -L40BWA, -L40BWB 1762-L24BXR, -L24BXR, -L40BXR, -L40BXR	
		Inputs 0 through 3	Inputs 4 and higher
On-State Voltage Range	79...132V ac @ 47...63 Hz	14...26.4V dc @ 55...°C (131 °F) 14...30.0V dc @ 30...°C (86 °F)	10...26.4V dc @ 55...°C (131 °F) 10...30.0V dc @ 30...°C (86 °F)
Off-State Voltage Range	0...20V ac	0...5V dc	
Operating Frequency	—	0 Hz...20 kHz	0 Hz...1 kHz
Signal Delay (max.)	On Delay = 20 ms Off Delay = 20 ms	standard inputs: selectable from 0.5...16 ms high-speed inputs: selectable from 0.025...16 ms	
On-State Current:			
Minimum	5.0 mA @ 79V ac	2.5 mA @ 14V dc	2.0 mA @ 10V dc
Nominal	12 mA @ 120V ac	7.5 mA @ 24V dc	8.9 mA @ 24V dc
Maximum	16.0 mA @ 132V ac	12.0 mA @ 30V dc	12.0 mA @ 30V dc
Off-State Leakage Current (max.)	2.5 mA max.	1.5 mA min.	
Nominal Impedance	12 kΩ @ 60 Hz 10 kΩ @ 60 Hz	3.3 kΩ 2.7 kΩ	
Maximum Inrush Current	250 mA @ 120V ac	—	

Fuente: Rockwell Automation, **Micrologix programmable controllers selection guide publication 1761-SG001A-EN-P**, página 30.

Figura 39. Especificación de las salidas

MicroLogix 1200 Controller Digital Output Specifications

Specification	1762-		
	L24AWA, L24BWA, L24BXB, L40AWA, L40BWA, L40BXB, L24AWAR, L24BWAR, L24BXR, L40AWAR, L40BWAR, L40BXR	L24BXC, L40BXC	L24BXC, L40BXC
Operating Voltage Range	Relay 5...125V dc 5...254V ac	FET Standard Operation 21.6...27.6V dc	FET High-Speed Operation (Output 2 only) 21.6...27.6V dc
Continuous Current per Point (max.)	See MicroLogix 1200 Relay Contact Rating	See MicroLogix 1200 FET Standard Outputs Continuous Current per Point (max.)	100 mA
Continuous Current per Common (max.)	8.0 A	7.5 A for L24BXC, L24BXR 8.0 for L40BXC, L40BXR	
Continuous Current per Controller (max.)	30 A or total of per-point loads, whichever is less at 150V max. 20 A or total of per-point loads, whichever is less at 240V max.		
On-State Current (min.)	10.0 mA	1 mA	10.0 mA
Off-State Leakage Current (max.)	0 mA	1 mA	
Signal Delay (max.) - resistive load	On Delay = 10 ms Off Delay = 10 ms	On Delay = 0.1 ms Off Delay = 1.0 ms	On Delay = 6 µs Off Delay = 16 µs
Surge Current per Point (peak)	—	4 A for 10 ms *	

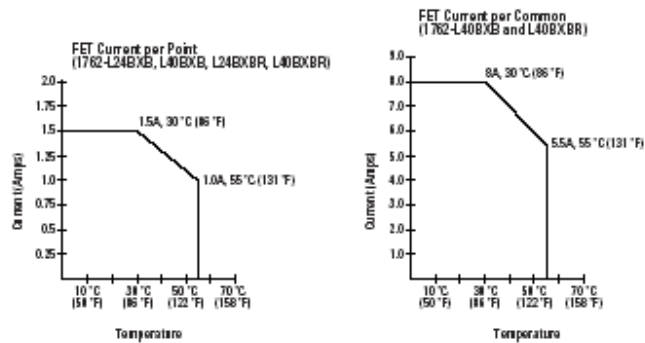
* Repetability is once every 2 seconds at 55 °C (131 °F), once every 1 second at 30 °C (86 °F).

MicroLogix 1200 Relay Contact Rating

Maximum Voltage	Amperes		Amperes Continuous	Voltamperes	
	Make	Break		Make	Break
240V ac	7.5 A	0.75 A	2.5 A	1800 VA	180 VA
120V ac	15 A	1.5 A			
125V dc	0.22 A *		1.0 A	28 VA	
24V dc	1.2 A *		2.0 A		

* For dc voltage applications, the make/break ampere rating for relay contacts can be determined by dividing 28 VA by the applied dc voltage. For example, 28 VA/48V dc = 0.58 A. For dc voltage applications less than 48V, the make/break ratings for relay contacts cannot exceed 2 A. For dc voltage applications greater than 48V, the make/break ratings for relay contact cannot exceed 1 A.

MicroLogix 1200 FET Standard Outputs Continuous Current per Point (max.)



Fuente: Rockwell Automation, **MicroLogix programmable controllers selection guide publication 1761-SG001A-EN-P**, página 31.

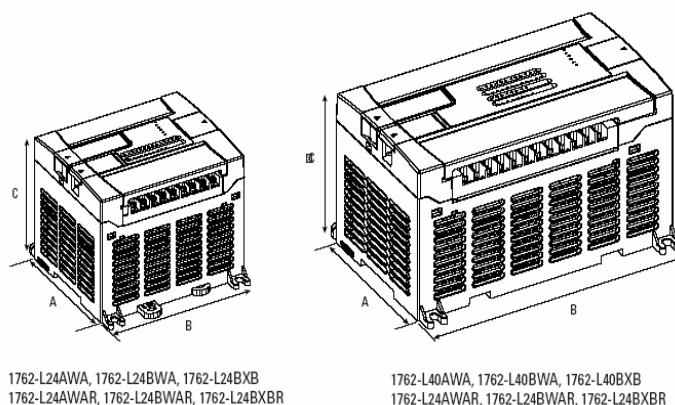
3.1.2.8. Generalidades de los PLCs

Un autómata programable industrial (API) o *Programmable Logic Controller* (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Los procesos secuenciales son aquellos donde una misma combinación de señales o informaciones de entrada pueden dar una salida diferente según el orden en que se hayan sucedido los acontecimientos.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación, vea en la siguiente figura un PLC Micrologix 1200 que es uno de los autómatas utilizados en el MPS.

Figura 40. Dimensiones de un PLC Micrologix 1200



MicroLogix 1200 Controller Dimensions

Dimension	1762-L24AWA 1762-L24AWAR	1762-L24BWA 1762-L24BWAR	1762-L24BXB 1762-L24BXBR	1762-L40AWA 1762-L40AWAR	1762-L40BWA 1762-L40BWAR	1762-L40BXB 1762-L40BXBR
A	90 mm (3.5 in)			90 mm (3.5 in)		
B	110 mm (4.33 in)			160 mm (6.30 in)		
C	87 mm (3.43 in)			87 mm (3.43 in)		

Fuente: Rockwell Automation, **Micrologix programmable controllers selection guide publication 1761-SG001A-EN-P**, página 14.

3.1.2.8.1. Campos de aplicación

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La continua evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc. Por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido
- Procesos de producción periódicamente cambiantes
- Procesos secuenciales
- Maquinaria de procesos variables
- Instalaciones de procesos complejos y amplios
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso

Ejemplos de aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas
- Maquinaria industrial de plástico
- Maquinaria de embalajes
- Maniobra de instalaciones

- Instalación de aire acondicionado, calefacción
- Instalaciones de seguridad
- Señalización y control
- Chequeo de programas

3.1.2.8.2. Ventajas e inconvenientes

No todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Para un autómata de tipo medio:

Ventajas:

Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:

- No es necesario dibujar el esquema de contactos
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio ocupado.
- Menor coste de mano de obra de la instalación.

- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

Inconvenientes:

- Es necesario un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido.
- El coste inicial no es trivial.

3.1.2.8.3. Funciones básicas de un PLC

El autómata programable debe realizar multitud de funciones y muchas de ellas simultáneamente, las funciones más clásicas son:

- Detección: Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema automatizado.
- Mando: Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.
- Diálogo hombre-máquina (*Human Machine Interface*): Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.

- Programación: Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómata. El dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómata controlando la máquina (*on-line*).

En los últimos años, en el campo de la automatización industrial se ha incorporado toda una gama de nuevas funcionalidades.

- Redes de comunicación: Permiten establecer comunicaciones con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómatas a tiempo real.
- Sistemas de supervisión: Permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.
- Control de procesos continuos: Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómatas llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómata.
- Entradas/salidas distribuidas: Los módulos de entrada/salida no tienen porqué estar en el armario del autómata, pueden estar distribuidos por la instalación. Se comunican con la unidad central del autómata mediante un cable de red.
- Buses de campo: Mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional.

El autómata consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el estado de los accionadores.

3.1.2.8.4. Estructuras

Este apartado está dedicado a conocer al autómata en su parte física o hardware, no sólo en su configuración externa, sino también y fundamentalmente en la parte interna.

El autómata está compuesto de diferentes elementos como CPU, fuente de alimentación, memoria, E/S, etc. que están colocados de diferente forma y modo según la estructura externa del autómata.

3.1.2.8.4.1. Estructura externa

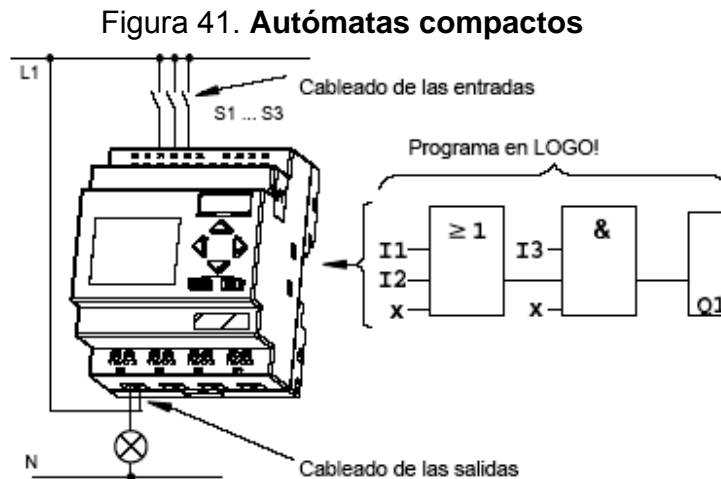
El término estructura externa o configuración externa de un autómata programable industrial se refiere al aspecto físico exterior del mismo, es decir, bloques o elementos en que está dividido.

Actualmente son tres las estructuras más significativas que existen en el mercado:

- Estructura compacta.
- Estructura semimodular. (Estructura Americana)
- Estructura modular. (Estructura Europea)

3.1.2.8.4.1.1. Estructura compacta

Este tipo de autómatas se distingue por presentar en un solo bloque todos sus elementos: fuente de alimentación, CPU, memorias, entradas/salidas, etc., a este tipo de autómatas se les conoce también con el nombre de relés inteligentes, una muestra de ello se da en la siguiente figura, en donde se hace mención del LOGO! de Siemens.



Fuente: Siemens, **Manual edición 06/2003 logo!**, página 45.

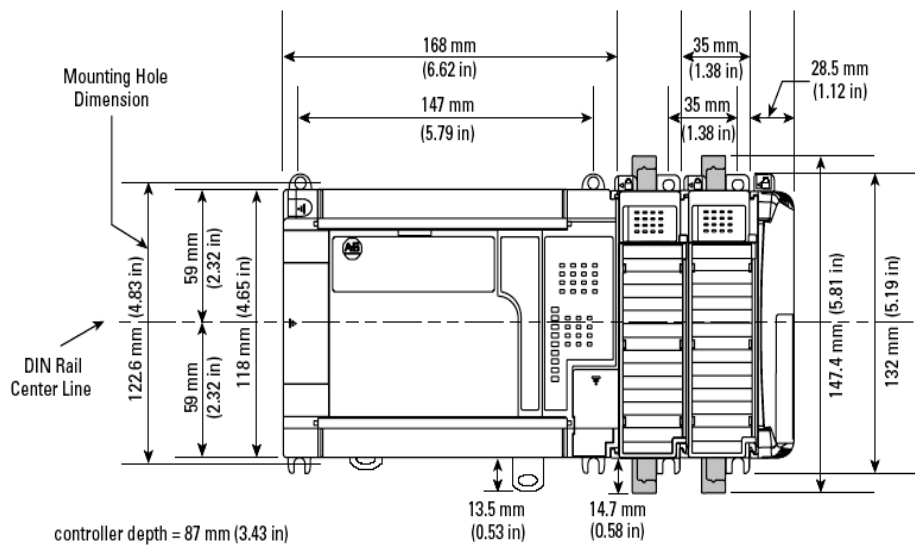
Son los autómatas de gama baja o nanoautómatas los que suelen tener una estructura compacta. Su potencia de proceso suele ser muy limitada, dedicándose a controlar máquinas muy pequeñas o cuadros de mando.

3.1.2.8.4.1.2. Estructura semimodular

Se caracteriza por separar las E/S del resto del autómata, de tal forma que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario o de programa y fuente de alimentación y separadamente las unidades de E/S vea la figura 42. Son los autómatas de gama media los que suelen tener una estructura semimodular (Americana).

Figura 42. Estructura semimodular micrologix 1500

Compact I/O with MicroLogix 1500 Base Unit and Processor



Fuente: Rockwell Automation, **Micrologix programmable controllers selection guide publication 1761-SG001A-EN-P**, página 15.

3.1.2.8.4.1.3. Estructura modular

Su característica principal es que existe un módulo para cada uno de los diferentes elementos que componen el autómata: fuente de alimentación, CPU, E/S, etc. La sujeción de los mismos se hace por carril DIN, placa perforada o sobre RACK.

Son los autómatas de gama alta los que suelen tener una estructura modular, que permite una gran flexibilidad en su constitución, vea la figura 43. También facilita su mantenimiento debido a que si algún elemento falla, puede ser rápidamente sustituido.

Figura 43. Autómatas modulares



Fuente: Rockwell Automation, **Sistemas SLC 500 boletines 1746 y 1747**, página 1.

Para obtener mayor información respecto de los módulos de expansión, vea los boletines 1746 y 1747 o el documento agregado en el DVD en la carpeta "Practica 1, PLC's, 1747-so001_-es-p.pdf".

3.1.2.8.4.2. Estructura interna

En este apartado vamos a profundizar en la estructura interna de cada uno de los diferentes elementos que componen el autómata, sus funciones y su funcionamiento.

El autómata está constituido por diferentes elementos, pero tres son los básicos:

- Unidad de control o CPU
- Elementos de entrada y salidas
- Unidad de memoria

El medio físico a través del cual el procesador se comunica con el resto de elementos del sistema son los buses de comunicación. Normalmente existen tres tipos:

- Bus de direcciones: el procesador envía la dirección del elemento al cual quiere enviar o que le envíe información.
- Bus de datos: es por donde todos los elementos enviarán los datos.
- Bus de control: es aquel mediante el cual el procesador explica que operación se está efectuando.

Con las partes mencionadas podemos decir que tenemos un autómata pero para que sea operativo son necesarios otros elementos:

- Fuente de alimentación
- Interfaces
- La unidad o consola de programación
- Los dispositivos periféricos

3.1.2.8.4.2.1. CPU (Central Processing Unit)

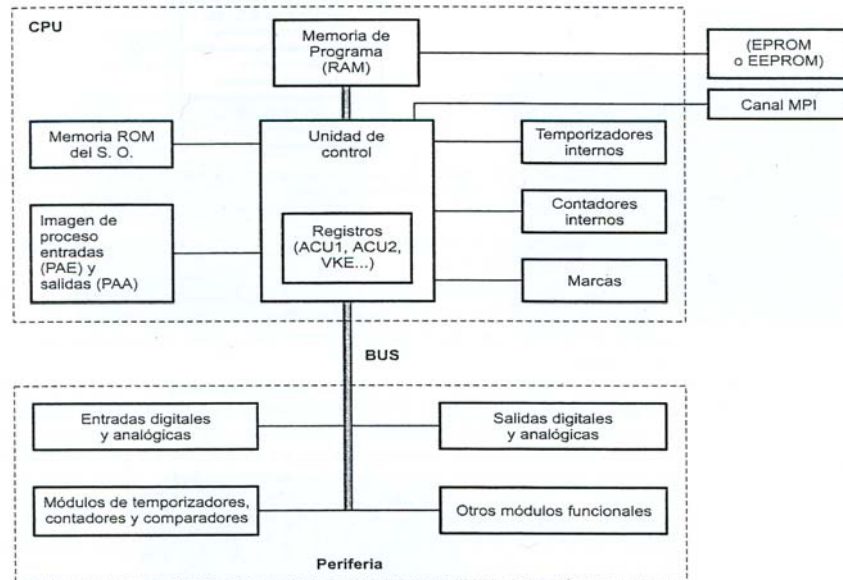
La CPU (*Central Processing Unit*) es la parte inteligente del autómata. Interpreta las instrucciones del programa de usuario de forma secuencial y consulta el estado de las entradas. Dependiendo de dichos estados y del programa, ordena la activación de las salidas deseadas. La capacidad de cálculo y la velocidad de procesamiento dependen del número y tipos de procesadores que tenga. La mayor parte de los autómatas tienen una CPU con un solo procesador, pero cada vez hay más, que tienen las funciones descentralizadas entre varios procesadores normalmente diferentes.

La CPU está constituida por los siguientes elementos:

- Procesador
- Memoria monitor del sistema
- Circuitos auxiliares

En la figura 44 puede verse el diagrama de bloques de la unidad central de los autómatas programables de la familia S7.

Figura 44. CPU de la familia S7



Fuente: Enrique Mandado Pérez, **Autómatas programables**, página 75.

3.1.2.8.4.2.2. Procesador

Está constituido por el microprocesador, el reloj (generador de onda cuadrada) y algún chip auxiliar.

El microprocesador es un circuito integrado (chip), que realiza una gran cantidad de operaciones, que podemos agrupar en:

- Operaciones de tipo lógico.
- Operaciones de tipo aritmético.
- Operaciones de control de la transferencia de la información dentro del autómata.

Para que el microprocesador pueda realizar todas estas operaciones está dotado de unos circuitos internos:

- Circuitos de la unidad aritmética y lógica o ALU: Es la parte del microprocesador donde se realizan los cálculos y las decisiones lógicas para controlar el autómata.
- Circuitos de la unidad de control (UC) o Decodificador de instrucciones. Decodifica las instrucciones leídas en memoria y genera las señales de control.
- Acumulador: Es el encargado de almacenar el resultado de la última operación realizada por el ALU.
- Flags: o indicadores de resultado, que pueden ser consultados por el programa.
- Contador de programa: Encargado de la lectura de las instrucciones de usuario.
- Bus (interno): No son circuitos en si, sino zonas conductoras en paralelo que transmiten datos, direcciones, instrucciones y señales de control entre las diferentes partes del microprocesador.

3.1.2.8.4.2.3. Memoria monitor del sistema

En la memoria ROM del sistema (memoria de solo lectura), el fabricante ha grabado una serie de programas ejecutivos, software del sistema y es a estos programas a los que accederá el microprocesador para realizar las funciones.

Estas funciones se realizan en determinados tiempos de cada ciclo y son:

- Vigilar que el tiempo de ejecución del programa de usuario no exceda de un determinado tiempo máximo. A esta función se le denomina *Watchdog*.

- Ejecutar el programa usuario de forma secuencial.
- Crear una imagen de las entradas, ya que el programa de usuario no debe acceder directamente a dichas entradas.
- Renovar el estado de las salidas en función de la imagen de las mismas, obtenida al final del ciclo de ejecución del programa usuario.
- Chequeo del sistema: inicialización tras puesta en tensión o *reset*, rutinas de *test* y de respuesta a error de funcionamiento.

3.1.2.8.4.2.4. Entradas y salidas

Los elementos de entrada y salida son los que permiten comunicar el autómata con el proceso que está controlando y con el operador.

La sección de entradas mediante el interfaz, adapta y codifica de forma comprensible para la CPU las señales procedentes de los dispositivos de entrada o captadores.

La sección de salida también mediante interfaz trabaja de forma inversa a las entradas, es decir, decodifica las señales procedentes de la CPU, las amplifica y las envía a los dispositivos de salida: preactuadores o actuadores (lámparas, relés).

Hay dos tipos de entradas o salidas según el tipo de señal que gestionan:

- Digitales o binarias, las normales del autómata
- Analógicas

Las entradas o salidas pueden clasificarse también según su conexión:

- Locales: Dentro del mismo armario del autómata, sin utilizar el procesador de comunicaciones. Así pueden ser compactas (conexión por bus interno) o modulares (conexión por bus de expansión).
- Remotas: En armarios remotos, utilizando procesadores de comunicaciones. En este caso también pueden ser compactas (conexión a CPU por bus local) o modulares (bus local + bus de expansión).

3.1.2.8.4.2.4.1. Entradas digitales

Los módulos de entrada digitales permiten conectar el autómata a captadores de tipo todo o nada (finales de carrera, pulsadores...), en los que se da una información cualitativa y no cuantitativa.

Los módulos de entrada digitales trabajan con señales de tensión, por ejemplo: cuando por una vía llegan 24 V. se interpreta como un "1" y cuando llegan 0 V. se interpreta como un "0". Los niveles de tensión estándar para los autómatas son: 24 V.CC (el más común), 110 V.CA o 220 V. CA. El hecho que las tensiones sean tan elevadas se debe a la gran longitud que suelen tener los cables hasta el captador en las instalaciones industriales, que puede provocar ruido. Con este voltaje se asegura que la señal llegue al módulo de entrada. De esta manera los captadores tampoco necesitan una fuente de alimentación extra.

El proceso de adquisición de la señal digital consta de varias etapas.

- Protección contra sobretensiones, si la corriente es alterna se rectifica.
- Filtrado de posibles ruidos que entran por el cable del captador.

El tiempo de filtrado se puede programar en algunos módulos. Esto puede llevar problemas a la hora de utilizar captadores de alta frecuencia, para contajes más rápidos existen entradas especiales que pueden contar pulsos a altas frecuencias.

- Puesta en forma de la onda
- Aislamiento galvánico o por optoacoplador.

Una vez terminado este proceso la señal se deposita como un 0 ó 1 en la memoria del módulo.

3.1.2.8.4.2.4.2. Entradas analógicas

Los módulos de entrada analógicas permiten que los autómatas programables trabajen con accionadores de mando analógico y lean señales de este tipo como pueden ser la (temperatura, la presión o el caudal), es decir, admiten una tensión (o una corriente) variable y que este valor se convierta en una variable numérica del autómata.

Lo que realiza es una conversión A/D (analógico/digital), puesto que el autómata solo trabaja con señales digitales. Esta conversión se realiza con una precisión o resolución determinada (número de bits: 8 -10 bits) y cada cierto intervalo de tiempo (periodo de muestreo).

Es decir, la magnitud analógica se convierte en un número que se deposita en una variable interna del tipo palabra del autómata.

Los módulos de entrada analógica pueden leer tensión o intensidad en unos rangos de 0 a 10 V, -10 a 10 V, -20 a 20 mA, 0 a 20 mA o 4 a 20 mA.

El proceso de adquisición de la señal analógica consta de varias etapas:

- Filtrado
- Conversión A/D
- Memoria interna

Conviene utilizar cable trenzado y apantallado (con la pantalla conectada a tierra en uno de los extremos) para las entradas analógicas y cortocircuitar o unir a masa aquellas entradas por tensión que no se hayan de utilizar ya que si se dejan sin conectar pueden entrar perturbaciones electromagnéticas que pueden afectar a las otras entradas.

3.1.2.8.4.2.4.3. Salidas digitales

Un módulo de salida digital permite al autómata programable actuar sobre los preaccionadores y accionadores que admitan órdenes del tipo todo o nada.

Existen dos tipos de salidas digitales:

- Módulos electromecánicos: los elementos que conmutan son contactos de relés internos al módulo. Pueden usarse tanto para corriente alterna como continua. Las salidas a relé son libres de tensión y ésta debe provenir de una fuente de alimentación (interna o externa al autómata) conectada al común del contacto. Es el tipo de salidas que se utilizarán en las prácticas.
- Módulos de salida estáticos (bornero): los elementos que conmutan son componentes electrónicos como transistores (corriente continua, 24 V.CC) o triacs (corriente alterna, 110V.CA).

Los módulos de salidas estáticos al suministrar tensión, solo pueden actuar sobre elementos que trabajan todos a la misma tensión, en cambio los módulos de salida electromecánicos (relés), al ser libres de tensión, pueden actuar sobre elementos que trabajen a tensiones distintas. Tienen el inconveniente de que la velocidad de respuesta es pequeña y, por tanto, no pueden emplearse en aplicaciones que requieran cambios rápidos en las salidas.

Los módulos de salida estáticos a 24 V.CC son menos costosos que los electromecánicos, pero muchas veces hay que efectuar una activación en cascada mediante un relé para poder actuar sobre el accionador.

El proceso de envío de la señal digital consta de varias etapas:

- Puesta en forma
- Aislamiento
- Circuito de mando (relé interno)
- Protección electrónica
- Tratamiento cortocircuitos

3.1.2.8.4.2.4.4. Salidas analógicas

Los módulos de salida analógica permiten que el valor de una variable numérica interna del autómata se convierta en tensión o intensidad. Los rangos típicos de esta salida 0 a 10 V., -10 a 10 V., 0 a 20 mA., -20 a 20 mA. y 4 a 20 mA.

Conviene usar cable trenzado y apantallado. Lo que realiza es una conversión D/A (digital/analógica), puesto que el autómata solo trabaja con señales digitales. Esta conversión se realiza con una precisión o resolución determinada (número de bits) y cada cierto intervalo de tiempo (periodo muestreo). La precisión suele ir desde los 12 a los 14 bits.

Esta tensión o intensidad puede servir de referencia de mando para actuadores que admitan mando analógico como pueden ser los variadores de velocidad, las etapas de los tiristores de los hornos, reguladores de temperatura... permitiendo al autómata realizar funciones de regulación y control de procesos continuos.

El proceso de envío de la señal analógica consta de varias etapas:

- Aislamiento galvánico
- Conversión D/A
- Circuitos de amplificación y adaptación
- Protección electrónica de la salida

Como hemos visto las señales analógicas sufren un gran proceso de adaptación tanto en los módulos de entrada como en los módulos de salida. Las funciones de conversión A/D y D/A que realiza son esenciales. Por ello los módulos de E/S analógicos se les consideran módulos de E/S especiales.

Comentarios sobre las señales de entrada y salida analógicas:

- Las entradas con signo (-10 a 10 V., -20 a 20 mA.) permiten la conexión de sensores de magnitudes de signo.
- Las entradas y salidas por tensión (0 a 10V., -10 a 10V.) tienen el inconveniente de que, si el cable es un poco largo, la caída de tensión hace que la tensión al final de los hilos sea diferente a la de origen con el correspondiente error de medida o de actuación.
- Las entradas y salidas 4 a 10 mA. presentan la ventaja de que el rango normal de medida no comienza en cero sino en 4 mA.; de esta manera se puede detectar una rotura de hilos (u otras averías).

En resumen puede verse en la figura 45 los distintos módulos utilizados en un autómata Micrologix 1200 y en la figura 46 los módulos de utilizados en el Micrologix 1500..

Figura 45. **Módulos de expansión Micrologix 1200**

Available Modules



1762 Expansion I/O Modules

Cat. No.	Description
Digital:	
1762-IA8	8-Point 120V ac Input Module
1762-IQ8	8-Point Sink/Source 24V dc Input Module
1762-IQ16	16-Point Sink/Source 24V dc Input Module
1762-OA8	8-Point 120/240V ac Triac Output Module
1762-OB8	8-Point Sourcing 24V dc Output Module
1762-OB16	16-Point Sourcing 24V dc Output Module
1762-OW8	8-Point AC/DC Relay Output Module
1762-OW16	16-Point AC/DC Relay Output Module
1762-OX6I	6-Point Isolated AC/DC Relay Output Module
Analog:	
1762-IF4	4-Channel Voltage/Current Analog Input Module
1762-OF4	4-Channel Voltage/Current Analog Output Module
1762-IF2OF2	Combination 2-Channel Input 2-Channel Output Voltage/Current Analog Module
Temperature:	
1762-IR4	4-Channel RTD/Resistance Input Module
1762-IT4	4-Channel Thermocouple/mV Input Module

Fuente: Rockwell Automation, **Micrologix programmable controllers selection guide publication 1761-SG001A-EN-P**, página 33.

Figura 46. **Módulos de expansión Micrologix 1500**



Fuente: Rockwell Automation, **Micrologix programmable controllers selection guide publication 1761-SG001A-EN-P**, página 45.

3.1.2.8.4.2.5. Memoria

La memoria es el almacén donde el autómatas guarda todo cuanto necesita para ejecutar la tarea de control, tiene dos partes diferenciadas: la correspondiente a los datos del proceso y la que corresponde al programa. En la mayoría de los casos existe una configuración base de memoria a la que se puede añadir, hasta ciertos límites, capacidad en función de las necesidades.

3.1.2.8.4.2.5.1. Datos del proceso

- Parte fija: Señales de planta, tabla de imágenes de entradas y salidas.
- Parte variable o memoria interna: en función de las necesidades de cada programa.

En un autómata programable, la memoria interna es aquella que almacena el estado de las variables que maneja el autómata: entradas, salidas, contadores, relés internos, señales de estado, etc.

La clasificación de la memoria interna no se realiza atendiendo a sus características de lectura y escritura, sino por el tipo de variables que almacena y el número de bits que ocupa la variable.

Las variables contenidas en la memoria interna, pueden ser consultadas y modificadas continuamente por el programa, cualquier número de veces. Esta actualización continua de los datos obliga a construir la memoria con dispositivos RAM. y son:

- Variables internas, de bit y de palabra.
- Datos alfanuméricos y constantes.

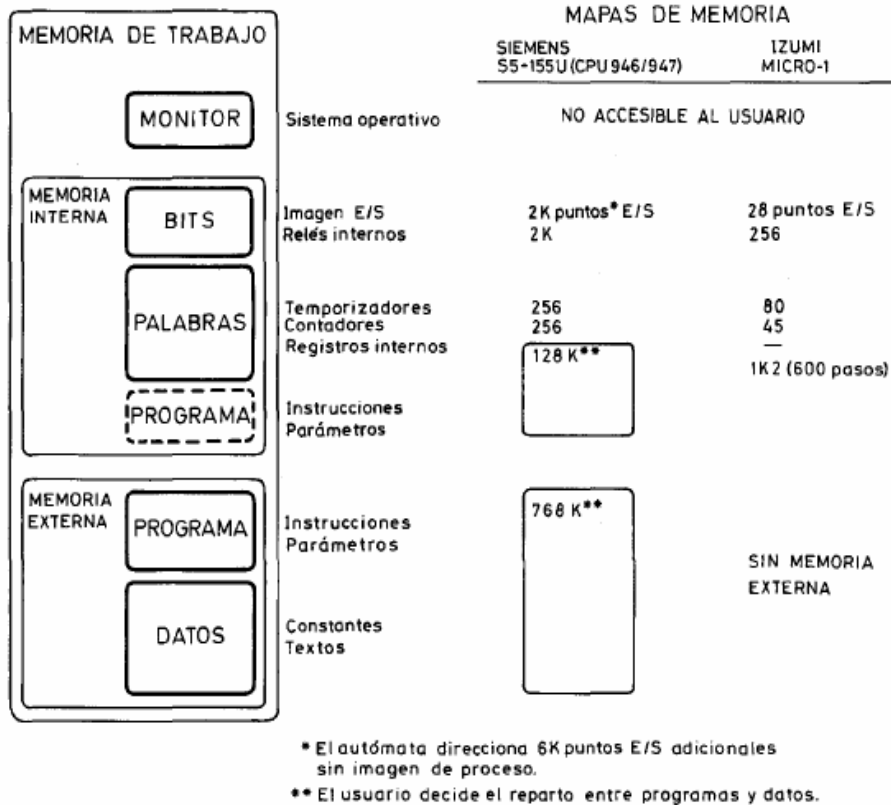
3.1.2.8.4.2.5.2. Datos de control

Parte fija: configuración del autómata (modo de funcionamiento, número de e/s conectadas). Esta parte viene programada de fábrica y es la que se encarga de la lectura de entradas /salidas.

Parte variable o memoria de programa: instrucciones de usuario (programa).

En la figura 47 se puede observar la distribución de la memoria en un autómata.

Figura 47. Distribución de la memoria en el autómata



Fuente: Joseph Balcells, **Autómatas programables**, página 73.

Los diferentes tipos de memoria que existen según se comportamiento respecto a lectura y escritura:

Memorias volátiles: RAM (*Random Acces Memory*). Memoria de lectura y escritura. Se pueden leer, escribir y borrar fácilmente por el propio programa todas las veces que se quiera a través de los buses internos. Tienen el inconveniente que pierden la información grabada cuando se desconecta la alimentación. En muchos casos se pone una pequeña batería o un condensar para prevenir la pérdida.

La memoria RAM se utiliza principalmente como memoria interna (datos de proceso), y únicamente como memoria de programa en el caso de que pueda asegurarse el mantenimiento de los datos con una batería exterior.

- Memorias no volátiles: Pueden ser leídas a voluntad pero difieren en la forma en que se pueden escribir. Todas ellas mantienen la información aunque se pierda la alimentación eléctrica

- ROM (*Read Only Memory*). Memoria de solo lectura, no reprogramable. Se programan en el momento de su fabricación y se utilizan para almacenar el programa monitor del sistema.

- PROM (*Programmable ROM*). Se pueden programar eléctricamente en cualquier momento pero no se pueden borrar (solo se pueden programar una vez).

- EPROM (*Erasable ROM*). Memoria de solo lectura, reprogramable con borrado por ultravioletas. Se utilizan para almacenar el programa de usuario, una vez que ha sido convenientemente depurado.

- EEPROM (*Electrically Erasable PROM*). Memoria de solo lectura, alterable por medios eléctricos. Se emplean principalmente para almacenar programas, aunque en la actualidad es cada vez más frecuente el uso de combinaciones RAM + EEPROM, utilizando estas últimas como memorias de seguridad que salvan el contenido de las RAM. Una vez reanudada la alimentación, el contenido de la EEPROM se vuelca sobre la RAM. Las soluciones de este tipo están sustituyendo a las clásicas RAM + batería puesto que presentan muchos menos problemas.

- EAROM (*Electrically Alterable ROM*). Se comporta como una memoria RAM pero los datos no se pierden al cortar la alimentación. Es la única memoria no volátil en la que se puede modificar una parte del contenido sin borrarla completamente.

3.1.2.8.4.2.6. Fuente de alimentación

La fuente de alimentación proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos del sistema.

La alimentación a la CPU puede ser de continua a 24 V CC, tensión muy frecuente en cuadros de distribución, o en alterna a 110/220 V.CA. En cualquier caso es la propia CPU la que alimenta las interfaces conectadas a través del bus interno.

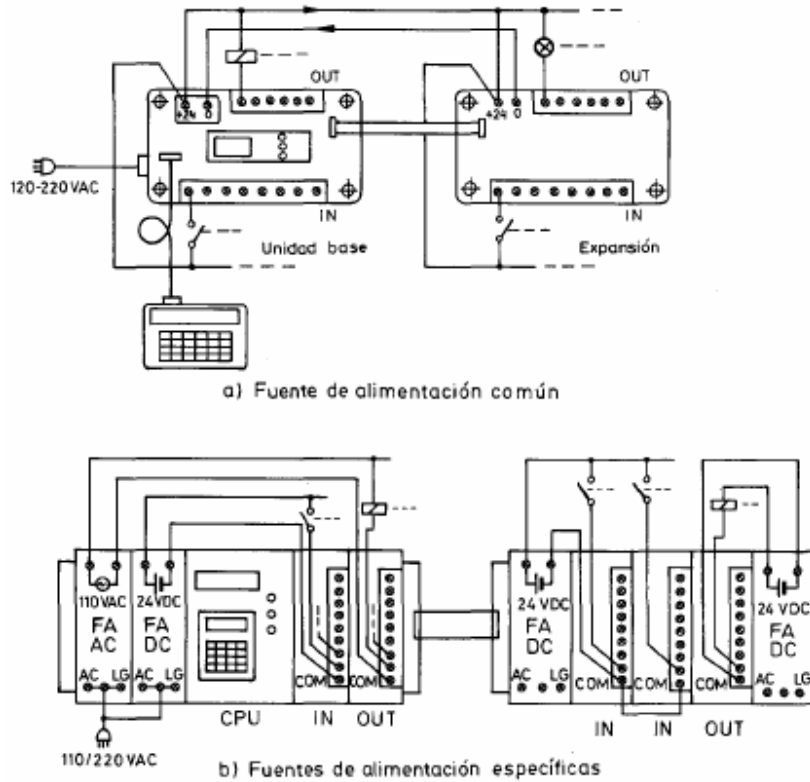
La fuente de alimentación del autómeta puede incorporar una batería tampón, que se utiliza para el mantenimiento de algunas posiciones internas y del programa usuario en memoria RAM, cuando falla la alimentación o se apaga el autómeta.

En la figura 48 muestra dos alternativas externas de alimentación a un sistema de autómeta y unidad de expansión de entradas/salidas locales, con sus emisores y actuadores.

En el primer caso, una única fuente incorporada en el autómeta alimenta a la CPU, la tensión de alimentación a los circuitos internos de la unidad de expansión llega a ella a través de un bus interno.

En el segundo caso, el sistema utiliza varias fuentes de alimentación diferentes.

Figura 48. Ejemplos de conexiones de alimentación



Fuente: Joseph Balcells, **Autómatas programables**, página 74.

3.1.2.8.4.2.7. Interfaces

En el control de un proceso automatizado, es imprescindible un diálogo entre operador-máquina junto con una comunicación entre la máquina y el autómatas, estas comunicaciones se establecerán por medio del conjunto de entradas y salidas del citado elemento.

De entre todos los tipos de interfaces que existen, las interfaces específicas permiten la conexión con elementos muy concretos del proceso de automatización. Se pueden distinguir entre ellas tres grupos bien diferenciados:

- Entradas/salidas especiales: se caracterizan por no influir en las variables de estado del proceso de automatización. Únicamente se encargan de adecuar las E/S, para que puedan ser inteligibles por la CPU, si son entradas, o para que puedan ser interpretadas correctamente por los actuadores (motores, cilindros, etc.), en el caso de las salidas.
- Entradas/salidas inteligentes: admiten múltiples modos de configuración, por medio de unas combinaciones binarias situadas en la misma tarjeta. De esta forma se descarga de trabajo a la unidad central, con las ventajas que conlleva.
- Procesadores periféricos inteligentes: son módulos que incluyen su propio procesador, memorias y puntos auxiliares de entrada/salida. Estos procesadores contienen en origen un programa especializado en la ejecución de una tarea concreta, a la que le basta conocer los puntos de consigna y los parámetros de aplicación para ejecutar, de forma autónoma e independiente de la CPU principal, el programa de control. Un ejemplo podrían ser los módulos de control de ejes en las que se mantiene el control de posición y, al mismo tiempo, envían consignas a un variador de velocidad.

3.1.2.8.4.2.8. Unidad de programación

Es el conjunto de medios hardware y software mediante los cuales el programador introduce y depura las secuencias de instrucciones (en uno u otro lenguaje) que constituyen el programa a ejecutar. Normalmente se usan los ordenadores personales con el software adecuado en cada caso.

3.1.2.8.4.3. Funcionamiento

Los autómatas programables son máquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando unas órdenes o señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la planta (aplicación). Al detectarse cambios en las señales, el autómata reacciona según el programa hasta obtener las órdenes de salida necesarias. Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso.

La secuencia básica de operación del autómata se puede dividir en tres fases:

- Lectura de señales desde la interfaz de entradas.
- Procesado del programa para obtención de las señales de control.
- Escritura de señales en la interfaz de salidas.

A fin de optimizar el tiempo, la lectura y escritura de las señales se realiza a la vez para todas las entradas y salidas. Entonces, las entradas leídas de los módulos de entrada se guardan en una memoria temporal (imagen de entradas).

A ésta acude la CPU en la ejecución del programa, y según se va obteniendo las salidas, se guardan en otra memoria temporal (imagen de salidas). Una vez ejecutado el programa completo, estas imágenes de salida se transfieren todas a la vez al módulo de salida.

El autómata realiza también otra serie de acciones que se van repitiendo periódicamente, definiendo un ciclo de operación.

3.1.2.8.4.3.1. Modo de funcionamiento

Existen dos modos básicos de trabajo del autómata:

- *On-line*: el terminal sólo puede trabajar cuando está conectado al autómata, visualizando y modificando el programa directamente en su memoria.
- *Off-line*: el terminal trabaja sobre el programa de la memoria del terminal y, si se desea, al acabar se copia sobre la memoria del autómata.

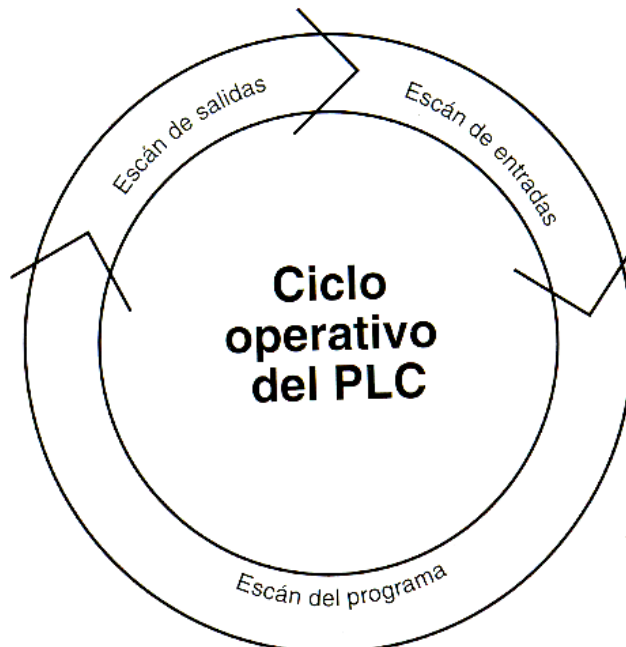
Es razonable pensar que tanto la programación *on-line* como la transferencia de un programa preparado *off-line* se han de hacer con el procesador en modo *STOP* (o *PROG*). Hay algunos autómatas que permiten hacerlo en modo *RUN*; en este caso la modificación entra en funcionamiento al comenzar el siguiente *scan* de programa. Aunque sea posible modificar el programa en modo *RUN*, es aconsejable no hacerlo ya que cualquier error en la pulsación de una tecla puede tener consecuencias graves, al estar funcionando el autómata.

3.1.2.8.4.3.2. Ciclo de funcionamiento

El funcionamiento del autómeta es, salvo el proceso inicial que sigue a un *Reset*, de tipo secuencial y cíclico, es decir, las operaciones tienen lugar una tras otra, y se van repitiendo continuamente mientras el autómeta esté alimentado.

La figura 49 muestra esquemáticamente la secuencia de operaciones que ejecuta el autómeta, siendo las operaciones del ciclo de operación las que se repiten indefinidamente. El ciclo de funcionamiento se divide en dos partes llamadas Inicialización y Ciclo de Operación.

Figura 49. Imagen del ciclo operativo



Fuente: Rockwell Automation, **Micromentor descripción y aplicación de los microcontroladores programables**, página 26.

3.1.2.8.4.3.2.1. Inicialización

Antes de entrar en el ciclo de operación el autómata realiza una serie de acciones comunes, que tratan fundamentalmente de inicializar los estados del mismo y chequear el hardware. Estas rutinas de chequeo, incluidas en el programa monitor ROM, comprueban:

- El bus de conexiones de las unidades de E/S.
- El nivel de la batería, si esta existe.
- La conexión de las memorias internas del sistema.
- El módulo de memoria exterior conectado, si existe.

Si se encontrara algún error en el chequeo, se activaría el LED de error y quedaría registrado el código del mismo.

Comprobadas las conexiones, se inicializan las variables internas:

- Se ponen a *OFF* (0) las posiciones de memoria interna (excepto las mantenidas o protegidas contra pérdidas de tensión).
- Se borran todas las posiciones de memoria de imagen de E/S.
- Se borran todos los contadores y temporizadores (excepto los mantenidos o protegidos contra pérdidas de tensión).

Transcurrida la Inicialización y si no han aparecido errores el autómata entra en el Ciclo de Operación.

3.1.2.8.4.3.2.2. Ciclo de operación

Este ciclo puede considerarse dividido en tres bloques que corresponden a:

- Proceso común
- Ejecución del programa
- Interrupciones: servicio a periféricos

Proceso común: En este primer bloque se realizan los chequeos cíclicos de conexiones y de memoria de programa, protegiendo el sistema contra:

- Errores de hardware (conexiones E/S, ausencia de memoria de programa, etc.).
- Errores de sintaxis (programa imposible de ejecutar).
- El chequeo cíclico de conexiones comprueba los siguientes puntos:
 - Niveles de tensión de alimentación.
 - Estado de la batería si existe.
 - Buses de conexión con las interfaces.
- El chequeo de la memoria de programa comprueba la integridad de la misma y los posibles errores de sintaxis y gramática: [2]
- Mantenimiento de los datos, comprobados en el "*checksum*".
- Existencia de la instrucción *END* de fin de programa.
- Estructura de saltos y anidamiento de bloque correctas.
- Códigos de instrucciones correctas.

Ejecución del programa: En este segundo bloque se consultan los estados de las entradas y de las salidas y se elaboran las órdenes de mando o de salida a partir de ellos.

Servicio a periféricos: Este tercer y último bloque es únicamente atendido si hay pendiente algún intercambio con el exterior. En caso de haberlo, la CPU dedica un tiempo limitado, de 1 a 2 ms., a atender el intercambio de datos. Si ese tiempo no fuera suficiente, el servicio queda interrumpido hasta el siguiente ciclo.

3.1.2.8.4.4. Tiempo de ejecución y control en tiempo real

El tiempo total que el autómata emplea para realizar un ciclo de operación se llama tiempo de ejecución de ciclo de operación o más sencillamente tiempo de ciclo *Scan time*.

Dicho tiempo depende de:

- El número de E/S involucradas y tiempo de acceso a interfaces a las mismas.
- La longitud del programa usuario (tiempo de escrutación).
- El número y tipo de periféricos conectados al autómata.
- Tipo de CPU que procesa.

Los tiempos totales de ciclos son entonces la suma de tiempos empleados en realizar las distintas operaciones del ciclo:

1. Autodiagnóstico
2. Actualización de E/S
3. Ejecución de programa

4. Servicio a periféricos

Los tiempos de ejecución de instrucciones se miden en unidades de microsegundos, resultando un tiempo de escrutación del programa variable en función del número e instrucciones contenidas. Precisamente el tiempo de escrutación es uno de los parámetros que caracterizan a un autómata expresado normalmente en milisegundos por cada mil instrucciones ms/k.

$$\text{Tiempo total SCAN} = T1 + T2 + T3 + T4$$

El uso de las tablas de imágenes de entradas y salidas es muy importante. Si las entradas se leyesen cada vez que se necesitan y las salidas se escribiesen también cada vez, resultaría que una misma entrada que se utiliza más de una vez dentro de un *scan* de programa tendría estados diferentes con lo que el automatismo no funcionaría correctamente.

El tiempo de respuesta real del PLC incluye otros factores que provocan retardos y no son constantes. Este está controlado permanentemente por el *Watchdog*. Son retardos introducidos por:

- El tiempo de respuesta de los sensores
- La tasa de muestreo de las entradas
- El tiempo requerido por el cómputo de las respuestas
- La tasa de muestreo de las salidas
- El tiempo de respuesta de los actuadores

4. PRÁCTICA 2. MODELADO MEDIANTE GRAFCET

4.1. Guía de aprendizaje

Tiempo aproximado de duración: 8 horas, entre dos sesiones del laboratorio, trabajos de investigación, lecturas y socialización de los conocimientos adquiridos.

En la práctica 2 llamada: MODELADO MEDIANTE GRAFCET, se hace un estudio del método Grafcet por ser este una herramienta poderosa y sobre todo metodológica, para la implementación de los automatismos de carácter secuencial. Mediante una aplicación adecuada presenta ciertas cualidades en los modelos que pueden implementarse, tales como:

1. Claridad.
2. Legibilidad.
3. Presentación sintética.

La caracterización de los sistemas de procesos es importante en las fábricas dado que permiten tanto al operario como ingeniero de control determinar con un alto grado de certeza los principios básicos de funcionamiento del sistema, sus etapas críticas y procedimientos de mantenimiento.

Para el técnico o ingeniero es importante tener una representación lo suficientemente clara del proceso para acometer la tarea de diseño e implementación de un sistema de control.

4.1.1. Resultado de aprendizaje

Modelar un proceso secuencial utilizando como herramienta de modelado el Grafcet mediante el programa AUTOMGEN.

- Realizando grupos con un máximo de 4 personas por grupo, tomando datos del MPS, del simulador Logixpro.
- Socializando los conocimientos adquiridos y exponerlos a los demás grupos; se pueden incluir: diapositivas, documentos en PDF, fotografías, videos, etc., el tiempo de cada grupo quedará provisto por la cantidad de grupos que conformen el laboratorio, y quedará a criterio del Ingeniero laboratorista.

4.1.2. Elementos de capacidad asociados

- Describir con precisión los distintos elementos que constituyen un diagrama Grafcet mediante el estudio de sus estructuras principales.
- Conocer las cinco reglas del Grafcet que determinan la dinámica de los sistemas implementados con esta herramienta mediante la observación de estructuras de control.
- Describir las distintas estructuras básicas y lógicas que permiten el diseño de automatismos complejos en un modelo de proceso secuencial propuesto.
- Implementar mediante un software de simulación el modelo de un proceso secuencial propuesto.

4.1.3. Actividades preparatorias.

4.1.3.1. Talento humano

La orientación de la actividad de enseñanza, aprendizaje y evaluación requiere de un instructor con competencias para el mantenimiento de sistemas de control de procesos secuenciales.

4.1.3.2. Estrategia metodológica

El proceso metodológico se orienta a una participación reflexiva y creativa del estudiante en torno a los diferentes problemas a los que se ve enfrentado, los cuales suscitan la interacción en equipo de trabajo, el dialogo de saberes, el procesamiento de información y la elaboración de productos relacionados con los Resultados de aprendizaje.

Tabla VII. Estrategia metodológica práctica 2

ESTRATEGIA DE FORMACIÓN	SEÑALAR	AYUDA METODOLÓGICA	SEÑALAR
Proyecto (Investigación proyectiva, aprendizaje colaborativo)		Instrumentos de conocimiento (Informes, resúmenes, mapa)	Foro, lluvia de ideas, tutorías.

		conceptual, mentefacto, lectura crítica, relatoría, otro)	
Estudio de caso y resolución de problemas	Modelado del proceso de llenado	Dinámicas de grupo (Foro, lluvia de ideas, asamblea, conferencia, otros)	Informes, resúmenes, etc.
Vivencias, reflexiones, investigaciones, aplicaciones, punto de vista proyectivo		Taller Orientador	

4.1.3.3. Escenario y equipos

Las actividades de aprendizaje se llevarán a cabo en el laboratorio de Máquinas Eléctricas.

Se contará con equipos como el computador y video proyector en caso ideal.

4.1.3.4. Medios didácticos

El Ingeniero Laboralista o auxiliar instalará previamente los materiales de apoyo en las computadoras y también se incluirá en el DVD de guía del laboratorio, las herramientas didácticas que se van a utilizar en esta actividad son:

- Presentación “Elementos básicos y estructuras del Grafcet”
- Presentación “Tutorial sobre el manejo del software Automgen”

Es importante hacer notar sobre la importancia del modelado de los procesos secuenciales ya que esto permitirá abordar con eficacia la actividad siguiente de implementación de sistemas de control.

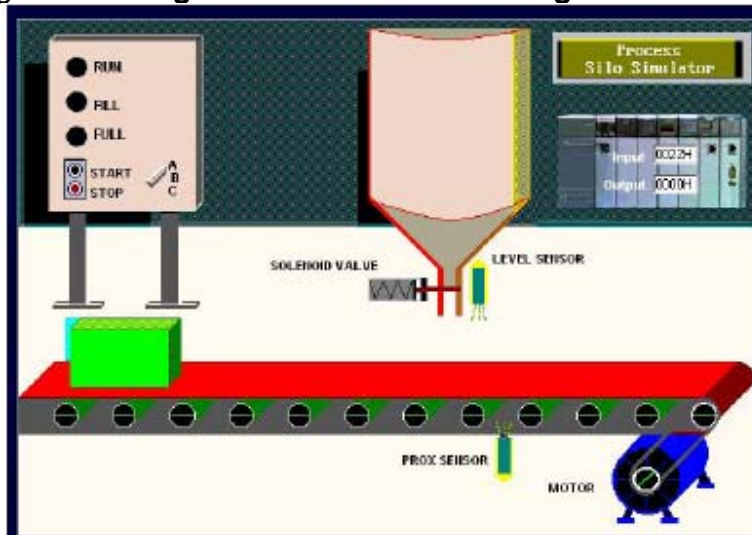
4.1.3.5. Proceso de aprendizaje

Para el desarrollo de la presente actividad se sugiere desarrollar el siguiente proceso:

- 1 Observar y analizar la presentación en PowerPoint (en la carpeta del DVD “Práctica 2, como también instalado en los computadores): “PRESENTACION GRAFCET1”, identificando los siguientes aspectos:
 - a. La representación gráfica de los elementos básicos que constituyen el Grafcet y su uso en el modelado de procesos secuenciales.
 - b. Determinar correctamente el concepto de etapa, acción transición, receptividad y su relación con el sistema a controlar.
 - c. Identificar con precisión las condiciones necesarias para la evolución en el Grafcet.
 - d. Identificar correctamente las estructuras del Grafcet, tanto básicas como lógicas y su importancia en el análisis del sistema.
 - e. Finalmente elaborar un informe en formato digital con las conclusiones obtenidas después de la observación y análisis para socializarlo con los compañeros.

A partir del proceso que se muestra a continuación, vea la figura 50.

Figura 50. Imagen del simulador TLP LogixPro Simulator



Fuente: Hill Simpson, [LogixPro thelearningpit.com](http://LogixPro.thelearningpit.com). ejercicio del simulador silo.

- 2 Realizar una caracterización de la planta de acuerdo a su experiencia y a los conocimientos que posea con relación a los elementos que componen el sistema.
- 3 Desarrollar un modelo en Grafcet para la planta utilizando el software de simulación Automgen. Antes de iniciar esta labor ejecute la presentación tutorial sobre el manejo del software Automgen, ubicado en la carpeta Práctica 2, y seleccionando "TUTORIAL_AUTOMGEN", este corre con el programa FlashPlayer.
- 4 Implementar el modelo de la planta sugerido utilizando el software Automgen. Para tener más claridad sobre su funcionamiento examinar el video de la planta, vea en la carpeta Práctica 2 y seleccione "SILO", ahí se muestra el funcionamiento real del ejercicio.
- 5 Realizar la simulación del modelo y determinar si cumple con los requerimientos del proceso.
- 6 Socializar los resultados obtenidos con los compañeros y,
- 7 Entregar un informe en formato digital de los trabajos realizados en esta actividad.

4.1.3.6. Apreciación del aprendizaje

Esta actividad tiene como característica el uso de presentaciones y de simuladores, por lo cual el instructor laboratorista estará atento en los siguientes aspectos:

4.1.3.7. Evidencias de desempeño

- Manejo de las herramientas informáticas como el computador y el sistema operativo, ya que su manejo comprometen el buen desempeño del estudiante en esta actividad.
- Uso adecuado de las presentaciones suministradas, las preguntas y/o sugerencias que el estudiante realice mientras las este utilizando o posteriormente.
- Uso apropiado de la herramienta de simulación, ya que esta le permite dinamizar la estructuración del sistema de control que posteriormente se va a implementar. Observar las posibilidades que contempla el estudiante para modelar el proceso propuesto, la complejidad o no de sus decisiones.
- La relación que establezca entre el modelo obtenido y el proceso propuesto.
- La interacción con los compañeros de clase en la búsqueda de solución a interrogantes.

4.1.3.8. Evidencias de producto

- Modelo en Grafcet del proceso secuencial propuesto.

4.1.3.9. Síntesis del proceso de aprendizaje

Tabla VIII. Síntesis del proceso de aprendizaje 2

Resultado de Aprendizaje: modelar un proceso secuencial utilizando como herramienta de modelado el Grafcet.		
Procesa	Produce (evidencias de aprendizaje)	Criterios de evaluación
<ul style="list-style-type: none"> • Presentación “Elementos básicos y estructuras del Grafcet”. • Tutorial “Manejo del software Automgen”. • Software de modelado y simulación Automgen. 	<p>Desempeño:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maneja las herramientas informáticas como la computadora y el sistema operativo. • Hace uso adecuado de las presentaciones suministradas. • Usa adecuadamente la herramienta de simulación. • Establece la relación entre el modelo obtenido y el proceso propuesto. • Interactúa con los compañeros en la búsqueda de la solución a las interrogantes. <p>De producto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Informe en formato digital acerca del modelo en Grafcet del proceso secuencial propuesto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Describe con precisión los distintos elementos que constituyen un diagrama Grafcet. • Conoce las cinco reglas del Grafcet que determinan las dinámicas de los sistemas implementados con esta herramienta. • Describe las distintas estructuras básicas y lógicas que permiten el diseño de automatismos complejos. • Implementa mediante un software de simulación el modelo de un proceso secuencial propuesto.

4.2. Material de apoyo

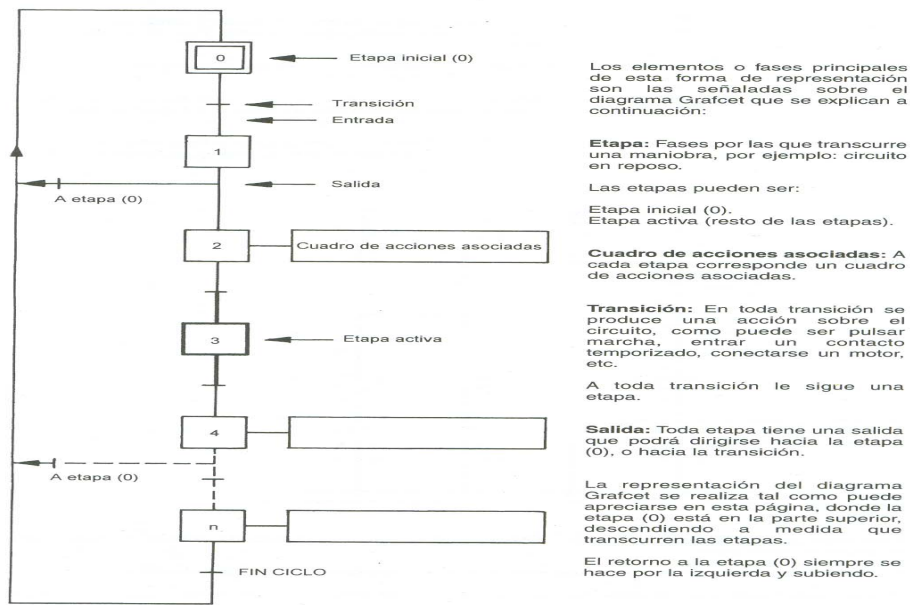
4.2.1. Elementos básicos y estructuras del Grafcet

La representación gráfica de los elementos básicos que constituyen el GRAFCET y su uso en el modelado de procesos secuenciales. El GRAFCET es una sucesión de etapas, cada etapa tiene sus acciones asociadas de forma que cuando aquella etapa está activa se realizan las correspondientes acciones; pero estas acciones no podrán ejecutarse nunca si la etapa no está activa.

4.2.1.1. Principios del GRAFCET:

El GRAFCET cuenta básicamente los siguientes elementos, se muestran algunos elementos básicos en la figura 51.

Figura 51. Simulator Aplicación del diagrama GRAFCET



Fuente: José Roldán Viloria, **Cálculo y construcción de circuitos con contactores**, página 204.

Una transición es válida cuando la etapa inmediatamente anterior a ella está activa. Cuando una transición es válida y su receptividad asociada se cumple se dice que la transición es franqueable. Al franquear una transición se desactivan sus etapas anteriores y se activan las posteriores.

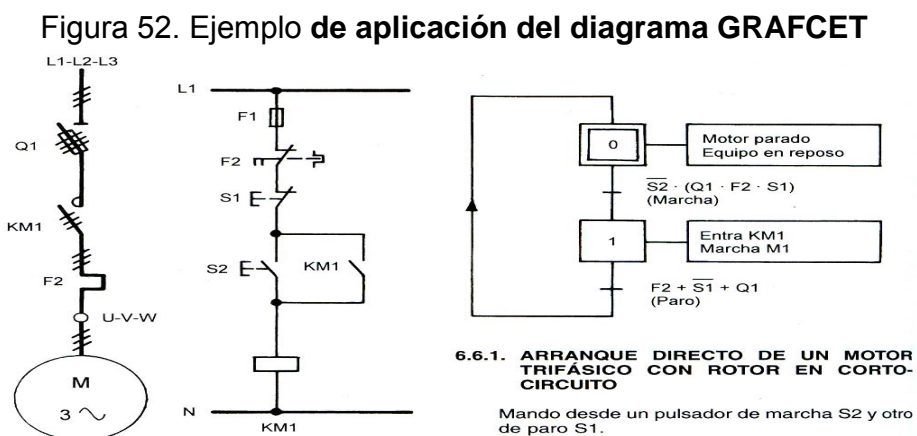
Las etapas iniciales, que se representan con una línea doble, se activan en la puesta en marcha.

4.2.1.2. Los tres niveles del grafcet

El GRAFCET puede utilizarse para describir los tres niveles de especificaciones de un automatismo.

4.2.1.2.1. Grafcet de nivel 1 (descripción funcional)

En el primer nivel interesa una descripción global (normalmente poco detallada) del automatismo que permita comprender rápidamente su función, vea un ejemplo en la figura 52.

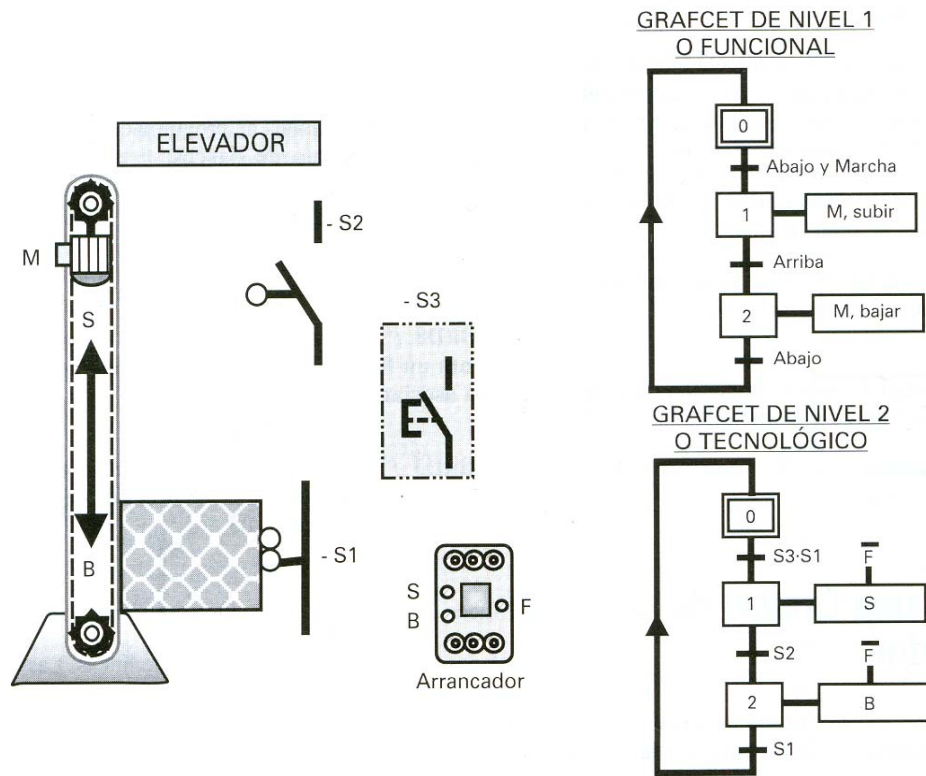


Fuente: José Roldán Viloria, **Cálculo y construcción de circuitos con contactores**, página 206.

4.2.1.2.2. Grafcet de nivel 2 (descripción tecnológica)

Quedan perfectamente definidas las diferentes tecnologías utilizadas para cada función. El GRAFCET describe las tareas que han de realizar los elementos escogidos. En este nivel completamos la estructura de la máquina y nos falta el automatismo que la controla; vea en la figura 53 la diferencia entre el Grafcet de nivel 1 y el Grafcet del nivel 2.

Figura 53. Diagramas GRAFCET funcional y tecnológico, que describen el comportamiento del sistema secuencial del elevador

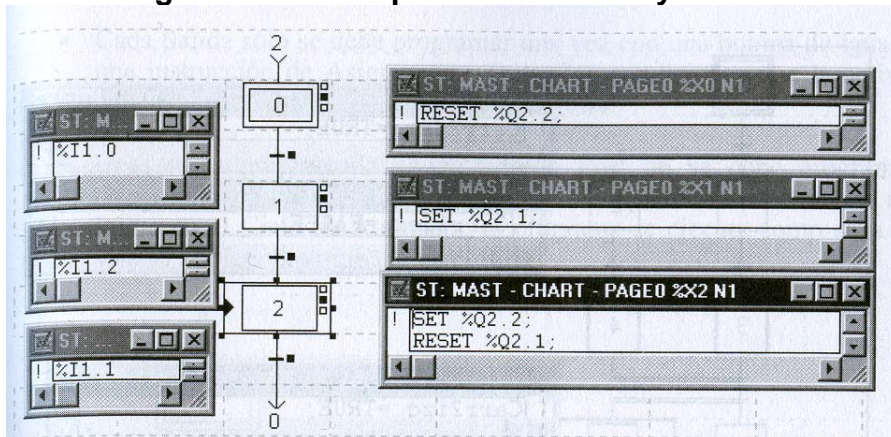


Fuente: Antonio Rodríguez Mata, **Desarrollo de sistemas secuenciales**, página 126.

4.2.1.2.3. Grafcet de nivel 3 (descripción operativa)

En este nivel se implementa el automatismo; en el caso de que se trate, por ejemplo, de un autómata programable, definirá la evolución del automatismo y la activación de las salidas en función de la evolución de las entradas, vea la figura 54.

Figura 54. Diagrama utilizado para las entradas y salidas en un PLC



Fuente: Ramón Piedrafita, *Ingeniería de la automatización industrial*, página 429.

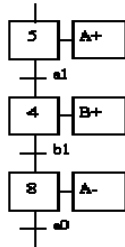
4.2.2. Estructura básica

En la estructura básica del GRAFCET existen las siguientes:

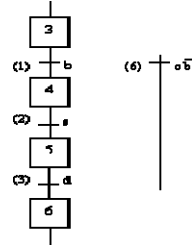
- a) Secuencia
- b) Salto de etapas
- c) Repetición de secuencia
- d) Paralelismo estructural

En las siguientes figuras de la figura 55, se hace referencia en las estructuras básica del Grafcet, sin embargo se recomienda complementar con la lectura del documento "Introducción histórica" material que se le facilitará tanto al laboratorista como a los estudiantes en un DVD, como también estará instalado en los computadores; seleccione la carpeta Práctica 2, seleccione Presentación Grafcet 1, ahora seleccione la carpeta TEORÍA GRAFCET y finalmente seleccione Introducción histórica

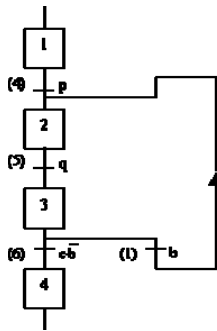
Figura 55. Estructura básica



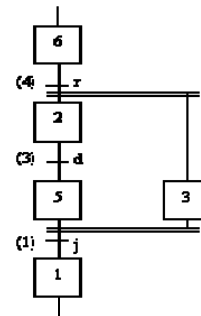
a) las etapas se van activando una detrás de otra



b) ejemplo entre dos secuencias en donde en una de las secuencias no tiene ninguna etapa



c) ejemplo del salto de etapas en sentido ascendente y se repite la secuencia de etapas anteriores al salto



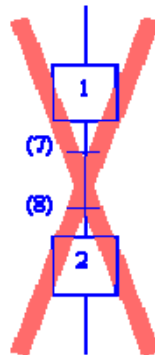
d) al partir de una determinada etapa, hay dos (o más) secuencias que se ejecutan simultáneamente

Fuente: Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, **Módulo de diseño y mantenimiento de sistemas de control de procesos secuenciales**, página 85.

4.2.3. Reglas de sintaxis

No puede haber nunca dos transiciones consecutivas sin una etapa en medio, vea las figuras 56 y 57.

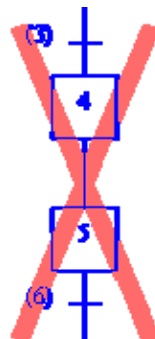
Figura 56. Regla de sintaxis sin etapa



Fuente: Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, **Módulo de diseño y mantenimiento de sistemas de control de procesos secuenciales**, página 88.

No puede haber nunca dos etapas consecutivas sin transición intermedia.

Figura 57. Regla de sintaxis dos etapas consecutivas sin transición



Fuente: Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, **Módulo de diseño y mantenimiento de sistemas de control de procesos secuenciales**, página 85.

4.2.3.1. Condicionamiento de acciones y receptividades

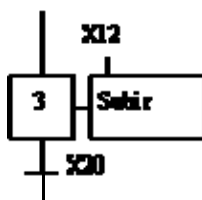
Las acciones y las receptividades pueden venir condicionadas, además de por variables externas, por el estado de activación de las etapas o por el tiempo.

4.2.3.2. Condicionamiento por etapas

A menudo interesará imponer como condición, para una receptividad o una acción, el hecho de que una etapa esté activada o desactivada.

Como puede observar en la figura 58, la etapa X12 hace referencia a este ejemplo.

Figura 58. Condicionamiento por etapas



Fuente: Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, **Módulo de diseño y mantenimiento de sistemas de control de procesos secuenciales**, página 89.

4.2.3.3. Acciones y receptividades condicionadas por el tiempo

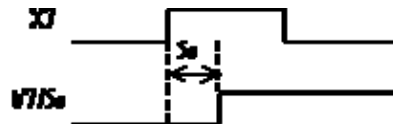
En muchos casos hay que utilizar condiciones que dependen del tiempo. Esto se puede hacer activando un temporizador en la etapa y condicionar la transición a que el temporizador alcance un determinado valor, pero el

GRAFCET tiene prevista una forma estándar de considerar el tiempo. Hay dos notaciones para referirse al tiempo.

4.2.3.3.1. Primera notación.

En relación al siguiente ejemplo; en la figura 59 la condición $t/7/5s$ será cierta cuando hayan pasado cinco segundos desde la última activación de la etapa 7.

Figura 59. Primera notación



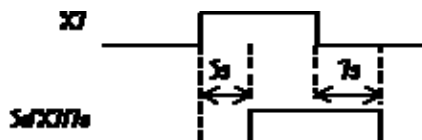
Fuente: Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, **Módulo de diseño y mantenimiento de sistemas de control de procesos secuenciales**, página 89.

4.2.3.3.2. Segunda notación.

Ejemplo:

Vea la figura 60; por ejemplo la condición $5s/X7/7s$ pasará a ser cierta cuando hayan pasado cinco segundos desde la última activación de la etapa 7 y volverá a falsa cuando hayan pasado siete segundos de la desactivación de la etapa 7.

Figura 60. Segunda notación

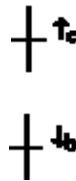


Fuente: Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, **Módulo de diseño y mantenimiento de sistemas de control de procesos secuenciales**, página 89.

4.2.3.4. Receptividades condicionadas por flancos

En el ejemplo siguiente la receptividad es cierta en el instante en el que la variable “c” pasa de desactivada a activada. Si la transición es válida cuando “c” pasa de desactivada a activada, la transición se franqueará; en el caso de que la transición se haga válida después del cambio de estado de “c”, no será franqueada, la figura 61 hace referencia a la utilización de los símbolos utilizados.

Figura 61. Flancos



Fuente: Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, **Módulo de diseño y mantenimiento de sistemas de control de procesos secuenciales**, página 90.

5. PRÁCTICA 3. DISEÑAR E IMPLEMENTAR ALGORITMOS DE CONTROL DE ESTRUCTURA LINEAL, MEDIANTE UNA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN

5.1. Guía de aprendizaje

El tiempo aproximado de duración: 8 horas, divididos en trabajos de lectura, dos sesiones en el laboratorio, investigación, y socialización de los conocimientos adquiridos.

En la presente práctica 3 llamada: DISEÑAR E IMPLEMENTAR ALGORITMOS DE CONTROL DE ESTRUCTURA LINEAL, MEDIANTE UNA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN, se pretende introducir al estudiante en el campo de la automatización.

La implementación de un automatismo mediante lógica programada o cableada a partir del Grafcet se realizará teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

El concepto de etapa se asocia al de una memoria binaria, que puede estar activa o inactiva según dicha memoria esté en estado lógico 1 ó 0. Si la etapa está activa, las acciones correspondientes asociadas a dicha etapa se ejecutaran condicional o incondicionalmente, según el carácter de dichas acciones.

La memoria binaria puede implementarse a través de un relé de enclavamiento o un biestable, en el caso de lógica cableada, por el contrario si la implementación se realiza con lógica programada, el biestable se

implementa, mediante la programación de la respectiva ecuación lógica equivalente.

5.1.1. Resultado de aprendizaje

Implementar el algoritmo de control de un proceso secuencial utilizando un software de simulación.

5.1.2. Elementos de capacidad asociados

- Caracterizar el proceso secuencial a partir de la identificación tecnológica del proceso y el cuadro de cargas.
- Realizar el modelo del automatismo utilizando el Grafcet.
- Implementar el modelo en lenguaje escalera (ladder) del autómata programable.
- Realizar la simulación del sistema de control utilizando la herramienta informática.

5.1.3. Actividades preparatorias

5.1.3.1. Talento humano

La orientación de la actividad de enseñanza, aprendizaje y evaluación requiere de un instructor con competencias para el diseño y mantenimiento de Sistemas de Control de Procesos Secuenciales.

5.1.3.2. Estrategia metodológica

El proceso metodológico se orienta a una participación activa, reflexiva y creativa del Estudiante en torno a la resolución de diferentes problemas, los que suscitan la interacción en equipo de trabajo, el dialogo de saberes, el procesamiento de información, la construcción de conocimiento y la elaboración de productos relacionados con los resultados de aprendizaje.

Tabla IX. Estrategia metodológica práctica 3

ESTRATEGIA DE FORMACIÓN	SEÑALAR	AYUDA METODOLÓGICA	SEÑALAR
Proyecto (Investigación proyectiva, aprendizaje colaborativo)		Instrumentos de conocimiento (Informes, resúmenes, mapa conceptual, mentefacto, lectura crítica, relatoria, otro)	Informes, resumen, relatoria.
Estudio de caso y resolución de problemas	Caracterización del sistema secuencial didáctico.	Dinámicas de grupo (Foro, lluvia de ideas, asamblea, conferencia, seminario, otros)	Foro, lluvia de ideas, tutoría de pares.
Vivencias, reflexiones, investigaciones, aplicaciones, punto de vista proyectivo		Taller Orientador	

5.1.3.3. Escenario y equipo

El escenario será el Laboratorio de Automatización Industrial.

5.1.3.4. Medios didácticos

Los medios didácticos preescritos son los siguientes:

- Presentación “Metodología de diseño e implementación del sistema de control para un proceso secuencial”
- Imágenes animadas
- “Tutorial sobre el manejo del Software Logixpro”
- Software Logixpro
- Documentos de apoyo
- Computadora y Video proyector.

Esta actividad requiere de parte del estudiante tener claridad sobre la conceptualización adquirida en las actividades anteriores y el manejo adecuado de las herramientas informáticas hasta ahora utilizadas.

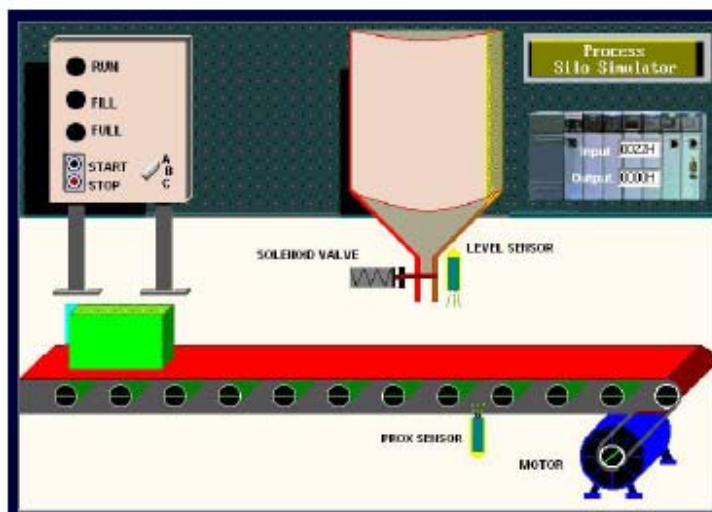
5.1.4. Proceso de aprendizaje

Para el desarrollo de la presente actividad se plantea el siguiente proceso:

1. Determinar las características principales del Software Logixpro mediante la observación y estudio de la presentación "Tutorial sobre el manejo del Software Logixpro" haciendo énfasis en los siguientes aspectos:
 - a. La representación gráfica de los elementos básicos que constituyen un diagrama Ladder.
 - b. La forma de editar el programa de control.
 - c. El direccionamiento de los elementos de entrada salida.
 - d. Los modos de funcionamiento del equipo de control.
 - e. La puesta en marcha del sistema de control y su depuración.

2. A partir del proceso que se muestra en la figura 62 :

Figura 62. Imagen del simulador TLP LogixPro Simulator



Fuente: Hill Simpson, [LogixPro thelearningpit.com](http://LogixPro.thelearningpit.com). Ejercicio del simulador silo.

Implementar el sistema de control siguiendo los requerimientos de funcionamiento, para esto:

- a. Observar y analizar la animación de la planta, pulse DOBLE CLIC en la imagen de la figura 62.
- b. Revisar la presentación en PowerPoint “METODOLOGIA_DISEÑO” la cual le permitirá obtener elementos para abordar la solución del problema planteado.
- c. Realizar un informe detallado en formato digital del trabajo implementado.
- d. Socializar las experiencias obtenidas con los compañeros.

5.1.5. Apreciación del aprendizaje

Esta actividad le permitirá al estudiante empezar a utilizar su creatividad en la implementación de sistemas de control por lo cual es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

5.1.6. Evidencias de desempeño

- La caracterización que realice del proceso.
- La metodología que utilice para implementar el modelo en Grafset y desarrollar el sistema de control en Ladder.
- El orden y responsabilidad con la cual asume sus obligaciones.

- La interacción con los compañeros de clase en la búsqueda de solución a interrogantes.

5.1.7. Evidencias de producto

- Caracterización del proceso en formato digital.
- Esquema de bloques del proceso en formato digital.
- Esquema de posición de aparatos en formato digital.
- Listado del programa en formato digital.
- Instrucciones de manejo del sistema en formato digital.
- Descripción funcional del sistema en formato digital.

5.1.8. Síntesis del proceso de aprendizaje

Tabla X. Síntesis del proceso de aprendizaje 3

Resultado de Aprendizaje: Implementar el algoritmo de control de un proceso secuencial utilizando un software de simulación.		
Procesa	Produce (evidencias de aprendizaje)	Criterios de evaluación
<ul style="list-style-type: none"> • Presentaciones “Metodología de diseño”. • Software de simulación LogixPro. • Tutorial “manejo del Software LogixPro. 	Desempeño: <ul style="list-style-type: none"> • Caracterización que realice del proceso. • Hace uso adecuado de las presentaciones suministradas. • La metodología que utilice para implementar el modelo en Grafcet y 	<ul style="list-style-type: none"> • Caracteriza el proceso secuencial a partir de la identificación tecnológica del proceso y el cuadro de cargas. • Realiza el modelo del automatismo utilizando el Grafcet. • Implementa el modelo

	<p>desarrollar el sistema de control en Ladder.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El orden y responsabilidad con la cual asume sus obligaciones. • Interactúa con los compañeros en la búsqueda de la solución a las interrogantes. <p>De producto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Informe en formato digital acerca de la caracterización del proceso. • Informe en formato digital acerca del esquema de bloques del proceso. • Informe en formato digital acerca del esquema de posición de aparatos. • Informe en formato digital acerca del listado del programa. • Informe en formato digital acerca de las instrucciones de manejo. • Informe en formato digital acerca de la descripción funcional del sistema. 	<p>en lenguaje Ladder del autómata programable.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realiza la simulación del sistema de control utilizando la herramienta informática.
--	--	---

5.2. Material de apoyo

El material aquí presentado es importante que se haga una revisión antes de poder adquirir los conocimientos complementarios adecuados para la realización de esta práctica.

- a. Revise en la carpeta del DVD Práctica 3, seleccione TUTORIAL LOGIXPRO.
- b. En la misma carpeta Práctica 3, encontrará el manual de Instrucciones SLC 500, revise la página 35 en relación a Archivo de datos de bit (B3:), y considere como bit de inicio en para Micrologix y SLC 500, todos de Allen- Bradley a S:1/15. considere todas las etapas con esta configuración la etapa 0 como B3:0/0, la etapa 10 como B3:0/1 y así sucesivamente. Si desea crear un bit de inicio en Siemens S7-200 trabaje con OB100.
- c. Abra en la carpeta Práctica 3 el archivo Silo ejemplo, recuerde que el ejemplo le indica únicamente como abrir el programa Logixpro y como activarse y hacerlo funcionar en el modo RUN, de esta forma usted será competente para poder crear su propio, de acuerdo a su diseño en Grafcet.

6. PRÁCTICA 4. DISEÑAR E IMPLEMENTAR ALGORITMOS DE CONTROL DE ESTRUCTURAS AVANZADAS, MEDIANTE DISTINTOS TIPOS DE AUTÓMATAS PROGRAMABLES

6.1. Guía de aprendizaje

El tiempo aproximado de duración: 8 horas, divididos en trabajos de lectura, dos sesiones en el laboratorio, investigación, y socialización de los conocimientos adquiridos.

En la presente práctica 4 llamada: DISEÑAR E IMPLEMENTAR ALGORITMOS DE CONTROL, DE ESTRUCTURAS AVANZADAS, MEDIANTE DISTINTOS TIPOS DE AUTOMATAS PROGRAMABLES se pretende introducir al estudiante en el campo de la automatización en un entorno de un proceso secuencial.

El diseño de sistemas de control automático inicialmente se realiza teniendo en cuenta exclusivamente las necesidades de su funcionamiento, atendiendo el control del funcionamiento normal del automatismo.

Las necesidades de altos niveles de automatización en los procesos, así como la necesidad de tareas especiales de seguridad, vigilancia y autodiagnóstico imponen una complejidad creciente a dichos sistemas, sobre todo en las fases de concepción y realización.

En el proceso de diseño existen una serie de conceptos que deben tenerse en cuenta si lo que se pretende es obtener la máxima disponibilidad y seguridad en el funcionamiento de los sistemas de control automático.

Para esta actividad se propone tener en cuenta los siguientes conceptos.

- La seguridad con la posibilidad de realizar paradas de emergencia.
- Los modos de marcha del automatismo.
- La estructuración y documentación del programa de control.

6.1.1. Resultado de aprendizaje

Diseñar e Implementar el algoritmo de control de un proceso secuencial utilizando un autómata programable, estos deben realizarse tanto en los autómatas SLC 500, y el S7-200 que están disponibles en el laboratorio de Automatización Industrial.

Además se realizará un acercamiento al manejo de los simuladores para los autómatas de la serie S7-200 que se incluyen en el DVD y en la computadora del laboratorio, estos programas se encuentran en la carpeta SIMULADORES SIEMENS, ahí mismo se encuentran las claves de cada uno, los programas son S7_200 y PC_SIMU, vale la pena considerar que este último simulador hace la función de un HMI que una vez configurado correctamente el PLC Siemens puede controlarse desde la pantalla sin mucho esfuerzo.

6.1.2. Elementos de capacidad asociados

- Determinar las características del sistema de control a implementar basado en los requerimientos del cliente y la descripción de funcionamiento del proceso.
- Diseñar el sistema de control teniendo en cuenta la caracterización del proceso.

- Implementar en diagrama ladder el sistema de control en cada autómata programable.
- Poner en funcionamiento el sistema de control previendo las condiciones de seguridad para el operario y para el proceso.
- Realice la simulación a través de los programas proporcionados PC_SIMU y S7_200.

6.1.3. Actividades preparatorias.

6.1.3.1. Talento humano

La Orientación de la actividad de enseñanza, aprendizaje y evaluación requiere de un instructor con competencias para el Mantenimiento de Sistemas de Control de Procesos Secuenciales.

6.1.3.2. Estrategia metodológica

El proceso metodológico se orienta a una participación activa, reflexiva y creativa del Estudiante en torno a la resolución de diferentes problemas, los que suscitan la interacción en equipo de trabajo, el dialogo de saberes, el procesamiento de información, la construcción de conocimiento y la elaboración de productos relacionados con los Resultados de aprendizaje.

En esta actividad se aborda el proceso de los motores, con el fin de establecer el primer acercamiento con los equipos de control.

Tabla XI. Estrategia metodológica práctica 4

ESTRATEGIA DE FORMACIÓN	SEÑALAR	AYUDA METODOLÓGICA	SEÑALAR
Proyecto (Investigación proyectiva, aprendizaje colaborativo)	Sistema de control de tres motores.	Instrumentos de conocimiento (Informes, resúmenes, mapa conceptual, mentefacto, lectura crítica, relatoría, otro)	Foro, lluvia de ideas, tutoría de pares.
Estudio de caso y resolución de problemas		Dinámicas de grupo (Foro, lluvia de ideas, asamblea, conferencia, seminario, otros)	Informes, resumen, relatoría.
Vivencias, reflexiones, investigaciones, aplicaciones, punto de vista proyectivo		Taller Orientador	

6.1.3.3. Escenario y equipos

El escenario es el Laboratorio de Automatización Industrial ubicado en el segundo nivel del T-1. El instructor debe verificar que cada uno de los módulos didácticos en los cuales se van a desarrollar las prácticas tengan los elementos necesarios, que en los computadores esté instalado el software de programación del Autómata Programable que se va a utilizar en cada una de las prácticas, que se disponga de los cables necesarios para la comunicación ente el Autómata Programable y el computador.

Es de gran importancia antes de que los estudiantes inicien la actividad que el instructor resuelva todas las inquietudes con relación a los requerimientos del proceso y al manejo de los PLC.

Para la realización del proyecto se dispone de:

- Un sistema de control de motores
- Autómatas S7-200
- Autómatas SLC 500
- Contactores
- Botoneras
- Computadoras
- Cables de conexión: PC/PPI, 1747-PCI, TD-200

6.1.3.4. Medios didácticos

Los medios didácticos preescritos son los siguientes:

- Módulos didácticos
- Presentación Diseño Estructurado.
- “Tutorial sobre el manejo del software RSLogix 500”
- “Tutorial sobre el manejo del software S7 200”
- Software simuladores PC_SIMU y S7_200
- Documentos de apoyo.

6.1.4. Proceso de aprendizaje

Para el desarrollo de la presente actividad se plantea el siguiente proceso:

1. Determinar los modos o estados en que se puede encontrar un proceso de producción automatizado, mediante el análisis y discusión de la presentación en PowerPoint “DISEÑO ESTRUCTURADO”, los ejemplos están realizados para distintos tipos de PLC recuerde que esto solo le servirá de guía para realizar sus ejercicios, utilice los PLC Siemens S7-200 y Allen-Bradley SLC 500, que están disponibles en el laboratorio.

En el análisis y discusión hacer énfasis en los siguientes aspectos:

- Funcionamiento manual.
 - Funcionamiento semiautomático.
 - Situaciones de fallo.
 - Paradas de emergencia.
 - Puestas en marcha.
2. Diseñar e implementar el sistema de control de un control de tres motores, siguiendo las condiciones de funcionamiento previstas y teniendo en cuenta los conceptos tratados en el tutorial anterior.

Para iniciar esta actividad observe y analice las presentaciones sobre el manejo del software de configuración de los PLCs a utilizar en las prácticas:

“Tutorial sobre el manejo del Software RSLogix 500”

“Tutorial sobre el manejo del Software S7 200”

Ejercicio: descripción Funcional

Se tienen tres motores trifásicos de 0.7 HP a 208 V AC, los cuales implementan un sistema de limpieza en una rejilla desarenadora, se dispone de una estación de mando marcha-paro, con los pilotos de señalización. Se requiere que los motores realicen el siguiente ciclo de funcionamiento.

Figura 63. Descripción de la práctica

	A	B	C	D	E	F
1	6s		3s	4s	3s	2s
MOTOR 3						
MOTOR 2						
MOTOR 1						

Fuente: William Gutiérrez, **Guía de aprendizaje-C1-01-04 Sena Regional Valle del Cauca**, página 4.

Terminada la etapa F, se reinicia automáticamente en la etapa A. Cuando se pulse PARO, en cualquiera de las etapas en que se encuentre, el sistema debe quedar en reposo y al reiniciar debe arrancar por la etapa A.

Por cuestiones de equipo se tiene la opción de hacer simulado este ejercicio.

7. RÁCTICA 5. DISEÑAR E IMPLEMENTAR EL ALGORITMO DE CONTROL PARA UN SISTEMA MODULAR DE PRODUCCIÓN

7.1. Guía de aprendizaje

El tiempo aproximado de duración: 16 horas, divididos en trabajos de lectura, cuatro sesiones en el laboratorio, investigación, y socialización de los conocimientos adquiridos.

En la presente práctica 5 llamada : APLICACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE CARACTERIZACIÓN Y MODELADO DEL SISTEMA MODULAR DE PRODUCCIÓN PARA DISEÑAR E IMPLEMENTAR EL ALGORITMO DE CONTROL EN UN AUTÓMATA PROGRAMABLE, se plantea una problemática didáctica pero con carácter industrial en la cual el estudiante debe afrontar la automatización de un proceso haciendo uso de todos los recursos adquiridos hasta el momento.

Es muy importante tener en cuenta la metodología de solución implementada y desarrollar un cronograma de actividades que le permitan afrontar con el mejor orden posible la solución del problema, así también como todos los conceptos y procedimientos estudiados hasta el momento en las actividades anteriores.

7.1.1. Resultado de aprendizaje

Diseñar e implementar el algoritmo de control para un sistema modular de producción mediante la aplicación de las estrategias de caracterización y modelado del sistema.

7.1.2. Elementos de capacidad asociados

- Determinar las características del sistema de control a implementar basado en los requerimientos del cliente y la descripción de funcionamiento del proceso.
- Diseñar el sistema de control teniendo en cuenta la caracterización del proceso.
- Implementar en diagrama ladder del sistema de control en el autómata programable utilizando el software de configuración.
- Realice la simulación a través de los programas proporcionados PC_SIMU y S7_200.
- Poner en funcionamiento el sistema de control previendo las condiciones de seguridad para el operario y para el proceso.

7.1.3. Actividades preparatorias.

7.1.3.1. Talento humano

La Orientación de la actividad de enseñanza, aprendizaje y evaluación requiere de un instructor con competencias para el diseño y mantenimiento de Sistemas de Control de Procesos Secuenciales.

7.1.3.2. Estrategia metodológica

El proceso metodológico se orienta a una participación reflexiva y creativa del Estudiante en torno a los diferentes problemas a los que se ve enfrentado, suscitando la interacción en equipo de trabajo, el diálogo de saberes, el procesamiento de información y la elaboración de productos relacionados con los resultados de aprendizaje. En esta actividad se abordará la implementación del sistema de control de un sistema didáctico bajo la modalidad de proyecto, se formaran grupos a los cuales se asignara el tipo de programación a utilizar.

Tabla XII. Estrategia metodológica práctica 5

ESTRATEGIA DE FORMACIÓN	SEÑALAR	AYUDA METODOLÓGICA	SEÑALAR
Proyecto (Investigación proyectiva, aprendizaje colaborativo)	Sistema de control del sistema didáctico disponible.	Instrumentos de conocimiento (Informes, resúmenes, mapa conceptual, mentefacto, lectura crítica, relatoría, otro)	Foro, lluvia de ideas, tutoría de pares.
Estudio de caso y resolución de problemas		Dinámicas de grupo (Foro, lluvia de ideas, asamblea, conferencia, seminario, otros)	Informes, resumen, relatoría.
Vivencias, reflexiones, investigaciones, aplicaciones, punto de vista proyectivo		Taller Orientador	

7.1.3.3. Escenario y equipos

El escenario es el Laboratorio de Automatización Industrial ubicado en el segundo nivel del T-1. El instructor debe verificar que el módulo didáctico, MPS, en los cuales se va a desarrollar la práctica tengan los elementos necesarios, que en los computadores estén instalados los software de programación del Autómata Programable que se va a utilizar en la práctica, que se disponga de los cables necesarios para la comunicación ente el Autómata Programable y el computador. Es de gran importancia antes de que los estudiantes inicien la actividad que el instructor resuelva todas las inquietudes con relación a los requerimientos del proceso y al manejo del PLC.

7.1.3.4. Medios didácticos

Los medios didácticos preescritos son los siguientes:

- Software Logo! Soft,
- Software Micrologix 1000 10PT Starter Pak Toolkit,
- Software Microwin S7-200,
- Software RSLogix 500 y RSLinx
- Video de un ejemplo propuesto.
- Software de simulación PC_SIMU, S7_200, CADe_SIMU.
- PLC Micrologix 1000, Micrologix 1200 y Logo!
- MPS
- Cables programación: Allen-Bradley 1761-CBL-PM02 SER. C (PC to Micrologix comm cable, para SIEMESN Logo! PC Cable RS232
- Manuales de los autómatas utilizados.

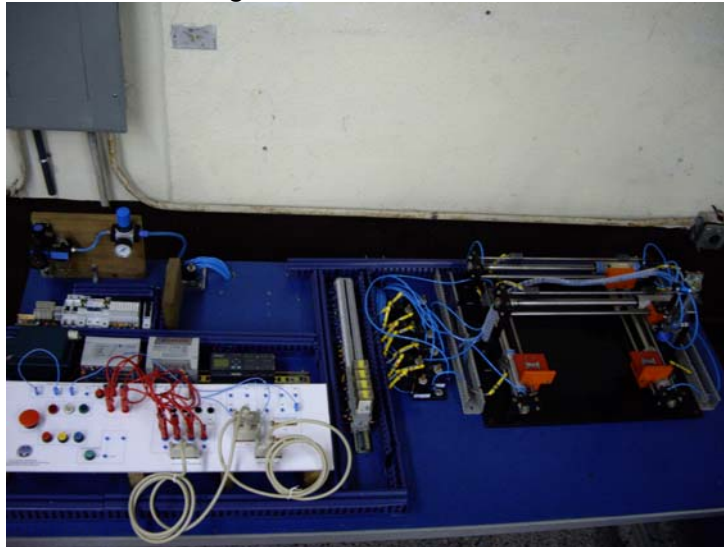
7.1.4. Proceso de aprendizaje

Para el desarrollo de la presente actividad se plantea el siguiente proceso:

1. Establecer los elementos necesarios para resolver el problema planteado en esta actividad mediante la participación activa en la demostración orientada por el instructor y teniendo en cuenta las experiencias adquiridas en las actividades anteriores.

Sistema a automatizar y condiciones de funcionamiento.

Figura 64. **Módulo MPS**



Fuente: **Fotografía módulo MPS, edificio T-1**

El sistema debe funcionar en forma automática ciclo continuo. La estrategia de control debe disponer de todo lo necesario para evitar el mal funcionamiento o daño de alguno de los elementos.

2. Realizar la caracterización del sistema de producción MPS, teniendo en cuenta la actividad número 1.
3. Diseñar e implementar el sistema de control de los sistemas didácticos siguientes, siguiendo las condiciones de funcionamiento previstas.
4. Simular el proceso mediante los software: Automgen, PC_SIMU, S7_200, y Fluid Sym.
5. Poner en funcionamiento y realizar las pruebas necesarias al sistema.
6. Implementar y entregar los informes solicitados.
7. Para desarrollar la actividad consulte como apoyo la presentación “Metodología” preparada y el ejemplo del diseño de la práctica.

7.1.5. Apreciación del aprendizaje

La evaluación del proceso de aprendizaje es continua y formativa de tal manera que se asegure la calidad de la formación. En este sentido, se llevará un historial que recoja información de los aspectos técnico-pedagógicos y socio-afectivos del grupo de trabajo.

En esta actividad es importante identificar la iniciativa del estudiante en la resolución del problema, metodología implementada en su solución y la interacción que realice con sus compañeros.

7.1.6. Evidencias de desempeño

- Puesta en funcionamiento del sistema de control.
- Operación del sistema de control.
- La metodología que utilice para implementar el modelo en Grafcet y desarrollar el sistema de control.
- La simulación del proceso con los software recomendados y satisfaciendo el sistema de control utilizado en el Grafcet.
- El orden y responsabilidad con la cual asume sus obligaciones.
- La interacción con los compañeros de clase en la búsqueda de solución a interrogantes.

7.1.7. Evidencias de producto

- Informe en formato digital acerca de la caracterización del proceso.
- Informe en formato digital acerca del esquema de bloques del proceso.
- Informe en formato digital acerca del esquema de posición de aparatos.
- Informe en formato digital acerca del listado del programa.
- Informe en formato digital acerca de las instrucciones del manejo.
- Informe en formato digital acerca de la descripción funcional del sistema.

7.1.8. Síntesis del proceso de aprendizaje

Tabla XIII. Síntesis del proceso de aprendizaje 5

Resultado de Aprendizaje: Diseñar e implementar el algoritmo de control para un sistema modular de producción.		
Procesa	Produce (evidencias de aprendizaje)	Criterios de evaluación
<ul style="list-style-type: none"> • Manuales PLC • Sistema MPS • Distintos tipos de Software 	Evidencias de desempeño: <ul style="list-style-type: none"> • Puesta en funcionamiento del sistema de control. • Operación del sistema de control. • La metodología que utilice para implementar 	<ul style="list-style-type: none"> • Determina las características del sistema de control a implementar basado en los requerimientos del cliente, para utilizar algún tipo de software a ejecutar, para el

	<p>el modelo en Grafset y el desarrollar el sistema de control.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La metodología que utilice para implementar la simulación del proceso. • El orden y responsabilidad con la cual asume sus obligaciones. • La interacción con los compañeros de clase en la búsqueda de solución interrogantes. <p>Evidencias de producto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caracterización del proceso en formato digital. • Esquema de bloques del proceso en formato digital. • Esquema de posición de aparatos en formato digital. • Listado del programa en formato digital. • Instrucciones de manejo en formato digital. • Descripción funcional del sistema en formato digital. 	<p>funcionamiento del proceso.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseñar el sistema de control teniendo en cuenta la caracterización del proceso. • Implementar en diagrama ladder el programa de control en el autómata programable asignado por el ingeniero laboratorista. • Pone en funcionamiento el sistema de control previendo las condiciones de la seguridad para el operario y para el proceso. • Participa teniendo en cuenta las ideas de los compañeros. • Es responsable en la entrega de los informes.
--	---	--

7.2. Material de apoyo

Es importante que se haga una revisión del material aquí presentado previamente, para poder adquirir los conocimientos complementarios adecuados para la realización de esta práctica.

- a. Revise en la carpeta del DVD Práctica 5, seleccione “Ejemplo de reporte Práctica 5”, este ejemplo le servirá como referencia. Seguidamente vea el Video MPS ubicado en la carpeta Práctica 5 de su DVD; en donde se hace una muestra de una secuencia de programación, es importante que se complemente con su investigación. A continuación se describe la caracterización que le servirá como parámetro para la entrega de su reporte, aunque en éste ejemplo no se detallan varios aspectos como por lo son Grafcet ni Simulación, etc.
- b. Seleccione la diapositiva “Metodología de diseño” ubicada también en la carpeta Práctica 5 de su DVD para llevar un orden para la presentación de su trabajo.

7.3. Ejemplo de programación del MPS

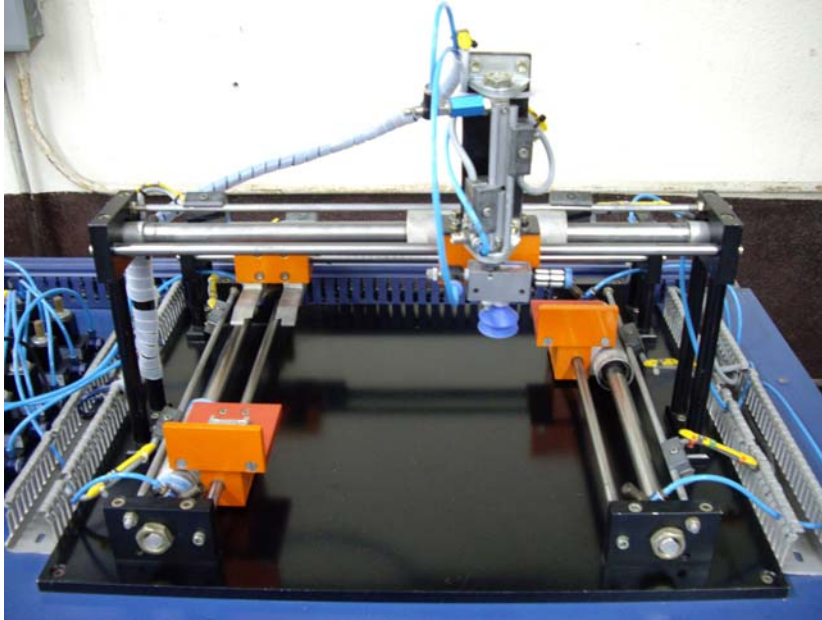
A continuación se muestra básicamente dos programas en base al software RSLogix 500 Starter 10pt MicroLogix 1000 English y RSLogix 500 para el Micrologix 1200; el primer software corresponde al Micrologix 1000, que es el encargado de manejar las señales de entrada y los actuadores (relés, luces piloto y la electroválvula de vacío (ventosa), y finalmente el software que corresponde al Micrologix 1200, que maneja las entradas de los relés provenientes de los sensores magnéticos y de los relés accionados por las botoneras, este ejemplo también puede utilizarse la combinación del Micrologix 10000 y el módulo Logo!, que se deja a criterio del laboratorista.

7.3.1. Descripción de la estación

Según VDI 2860 la manipulación es la creación, cambio definido o mantenimiento temporal de una configuración especial especificada de objetos geoméricamente definidos.

Son dispositivos estándar de manipulación, por ejemplo, los mecanismos que transportan embotellado, que acompañados con dispositivos de detección (sensores) determinan si están en condiciones de seguir su proceso hasta el llenado, como se muestra en la figura 65.

Figura 65. Estación de manipulación

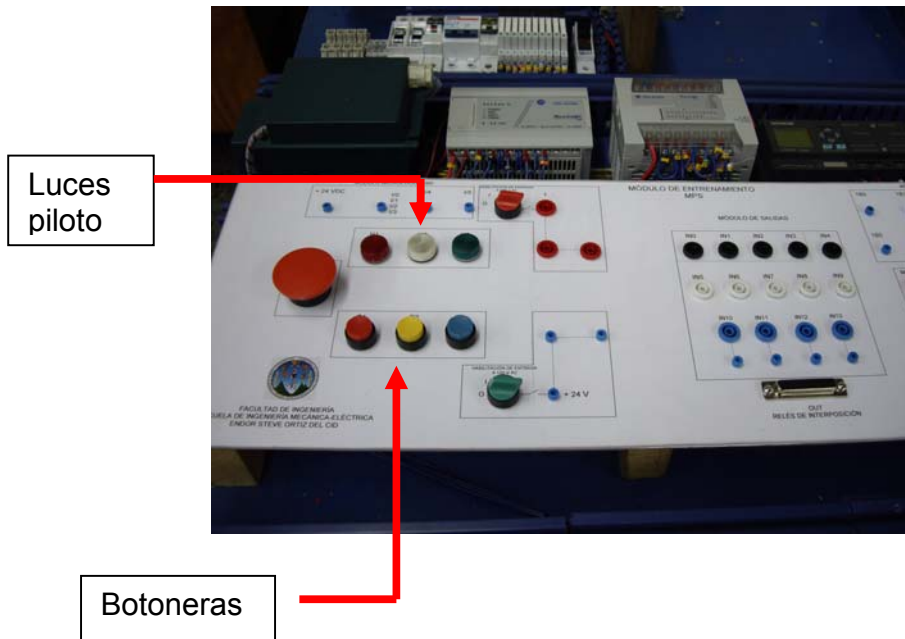


Fuente: **Fotografía módulo MPS, edificio T-1**

El objetivo de la estación de distribución es:

- Transportar una pieza de forma automática, contando para entonces, de un panel de botoneras en el cual se tienen: una botón de paro de emergencia, un botón para el Stop, un botón para la marcha, y un botón para las condiciones iniciales, existe también así de tres luces indicadoras: roja, blanca y verde; vea la figura 66.

Figura 66. Panel de control

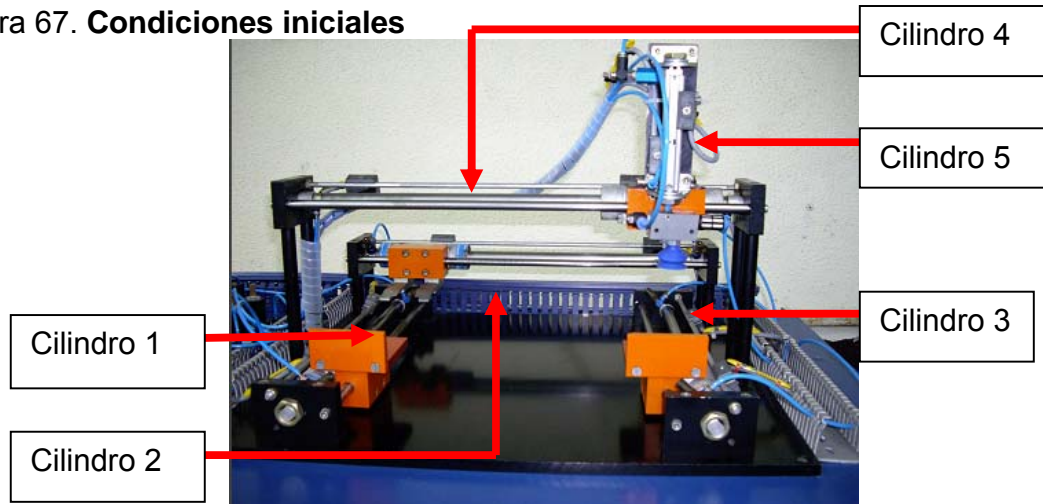


Fuente: **Fotografía módulo MPS, edificio T-1**

- Una vez que se haya cumplido una condición de movimiento, la pieza será transportada a otro cilindro hasta terminar su proceso, como se describe en la figuras 67.

La figura 67 describe el inicio de la puesta en marcha, o las condiciones iniciales para empezar el proceso.

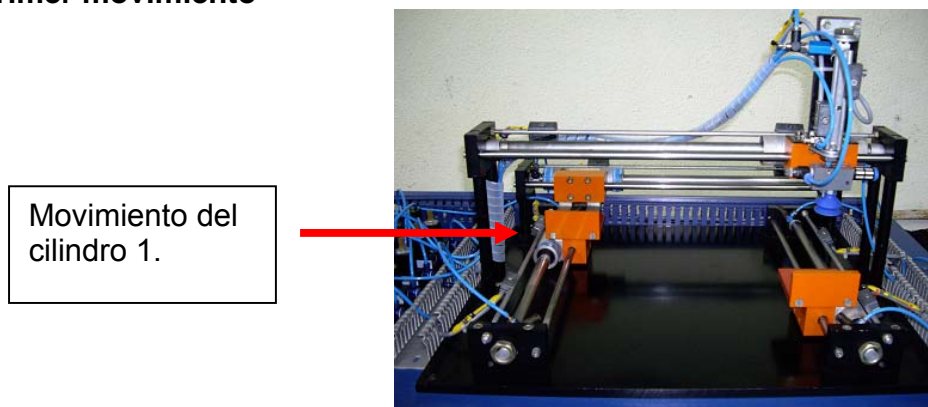
Figura 67. **Condiciones iniciales**



Fuente: **Fotografía módulo MPS, edificio T-1**

En la figura 68 se muestra el primer movimiento que corresponde al movimiento del cilindro 1.

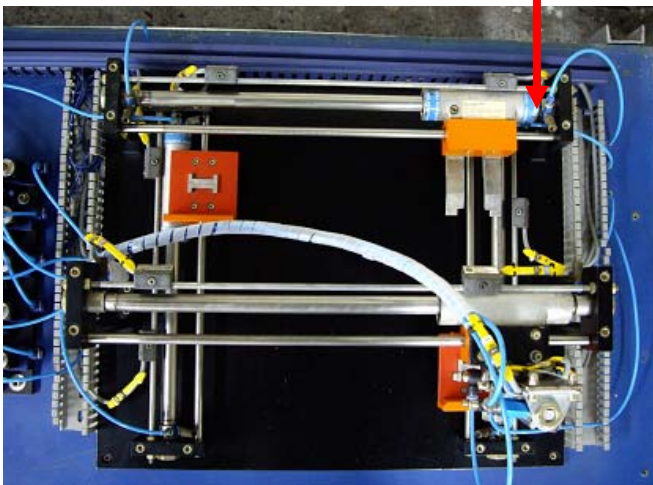
Figura 68. **Primer movimiento**



Fuente: **Fotografía módulo MPS, edificio T-1**

Seguidamente, se corre el segundo cilindro hacia la izquierda y el primer cilindro se queda en la posición indicada en la figura 69.

Figura 69. **Segundo movimiento**

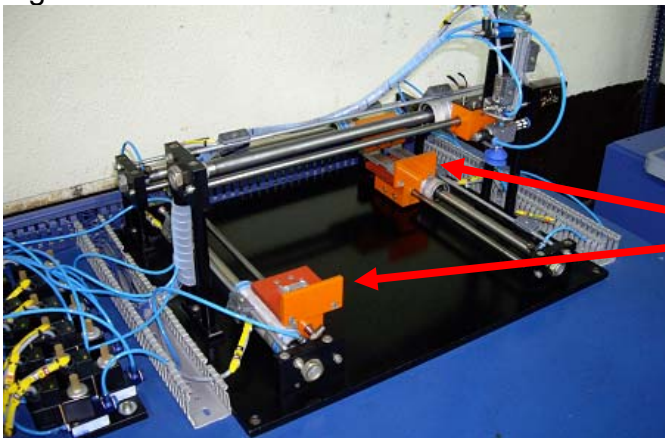


El cilindro dos se mueve, de su posición inicial derecha a su posición final izquierda.

Fuente: **Fotografía módulo MPS, edificio T-1**

En la figura 70 se realizan dos movimientos consecutivos, ya que se mueve el cilindro tres y retorna a su posición de origen el cilindro uno.

Figura 70. **Tercer movimiento**

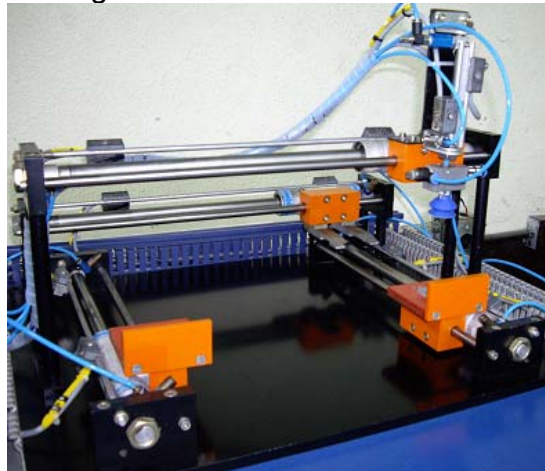


Dos movimientos consecutivos.

Fuente: **Fotografía módulo MPS, edificio T-1**

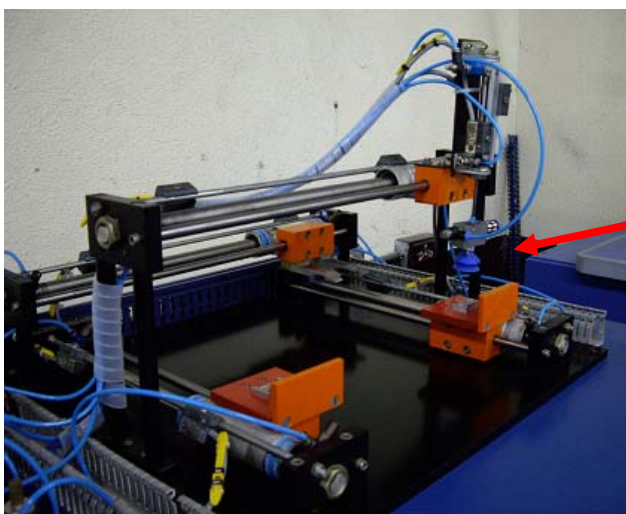
En las tres figuras siguientes se puede observar como el cilindro tres regresa a su posición original, accionando un sensor inductivo que condiciona el movimiento del cilindro cinco, realizando un movimiento hacia abajo y luego de cierto tiempo sube. Vea las figuras 71, 72 y 73.

Figura 71. Cuarto movimiento



Fuente: **Fotografía módulo MPS, edificio T-1**

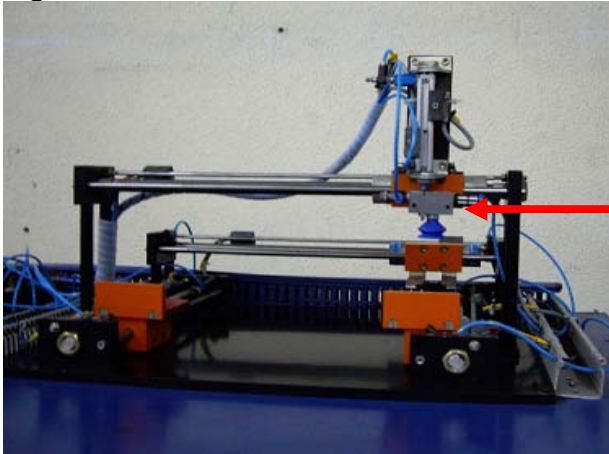
Figura 72. Quinto movimiento



El cilindro 5
sale de su
posición en
reposo y
activa la
ventosa

Fuente: **Fotografía módulo MPS, edificio T-1**

Figura 73. **Sexto movimiento**

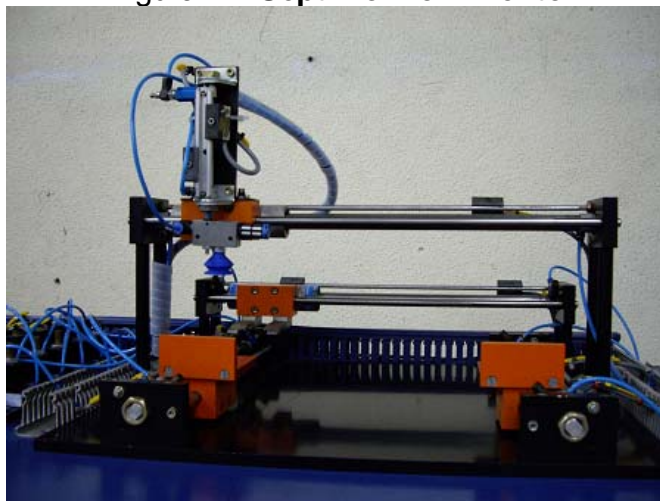


El cilindro neumático 5 regresa y la ventosa sigue activada.

Fuente: **Fotografía módulo MPS, edificio T-1**

Una vez activada la ventosa y el cilindro neumático cinco llevado a su posición adentro, se regresa el cilindro dos y el cilindro cuatro pasa a su posición derecha, vea la figura 74.

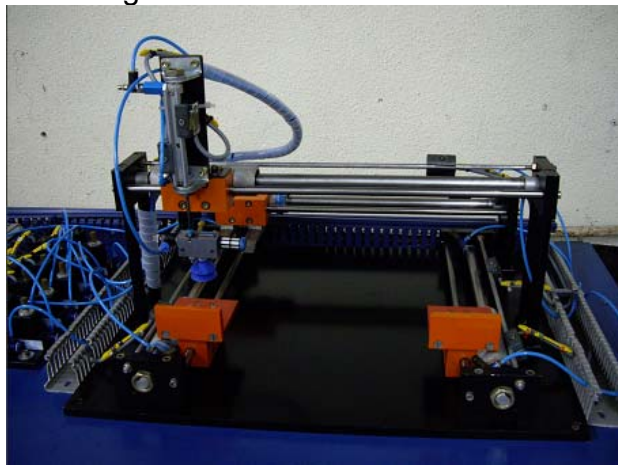
Figura 74. **Séptimo movimiento**



Fuente: **Fotografía módulo MPS, edificio T-1**

Finalmente las figuras 75, 76 y 77 se muestran las secuencias de movimientos en el vaivén del cilindro neumático cinco y el retorno del cilindro cuatro regresando a las condiciones iniciales para luego empezar el ciclo completo.

Figura 75. **Octavo movimiento**



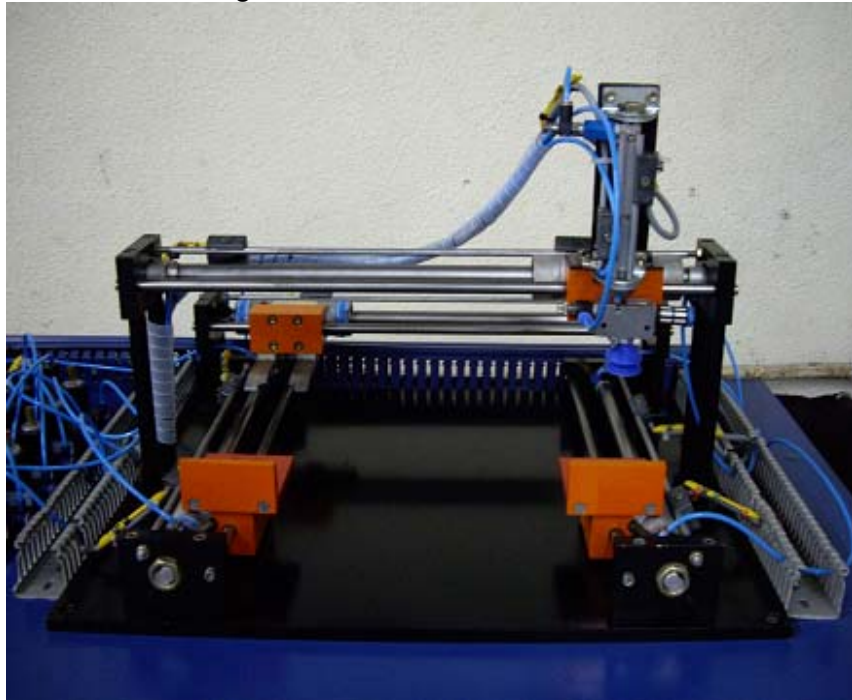
Fuente: **Fotografía módulo MPS, edificio T-1**

Figura 76. **Noveno movimiento**



Fuente: **Fotografía módulo MPS, edificio T-1**

Figura 77. Décimo movimiento



Fuente: **Fotografía módulo MPS, edificio T-1**

7.3.2. Caracterización de los elementos utilizados en el MPS.

A continuación se describen varios de los elementos utilizados en el MPS, que se complementará al reporte que deberá entregar.

7.3.2.1. Interruptores, pulsadores y luces piloto

En la figura 78 se observa los distintos tipos de interruptores, pulsadores y luces pilotos utilizados.

Pulsadores e interruptores:

- Interruptor tipo hongo color rojo NC: para el paro general (EMERGENCIA).
- S1 (NC): se utiliza para parar el sistema (STOP).
- S2 (NA): se utiliza para arrancar el sistema (START).
- S3 (NA): se utiliza para colocar los cilindros en condiciones iniciales.
- Interruptor tipo selector color rojo: habilita salida de tensión a 120 V.
- Interruptor tipo selector color verde: habilita la salida de tensión a 24 V DC.

Luz piloto:

- H1 (rojo): indica que el paro de emergencia.
- H2 (blanco): indica que en el sistema se ha presionado el botón de paro (Stop).
- H3 (verde): indica que se ha presionado el botón de marcha (Start).

Figura 78. Panel de control



Fuente: Fotografía módulo MPS, edificio T-1

7.3.2.2. PLC utilizados

A continuación se describirán las principales características de los distintos tipos de micro-PLC's utilizados en el MPS, en el orden de su ubicación. El primero de ellos es el Micrologix 1000 vea la figura 79.

Figura 79. Micrologix 1000



Fuente: Fotografía módulo MPS, edificio T-1

- PLC: Micrologix 1000 (1761-L10BWA).
 - Marca: Allen-Bradley
 - Voltaje de la fuente de alimentación eléctrica: 85-264 VCA, 47-63 Hz.
 - Entradas digitales: 6 (120 VCA con 24 VA y a 240 VAC con 32 VA)
 - Salidas a relé: 4 operando a voltajes entre a 264 VAC (a 120 V los amperios en cierre del relé son de 15 A, a apertura es de 1.5 A y a operación continua es de 2.5 A, a 240 V los amperios en cierre del relé son de 7.5 A, a apertura es de 0.75 A y a operación continua es de 2.5 A). para mayores descripciones revise el artículo 1761-sg001_-en-p (Micrologix Guide Selection), en la carpeta PLC's de la práctica uno.
 - Montaje en perfil DIN.
 - Forma de programación: Esquema de contactos KOP (se representa gráficamente con símbolos eléctricos).
 - Comunicación para la programación: RS-232 8 Pin Mini DIN.

Figura 80. **Micrologix 1200** (1762-L24AWA)



Fuente: **Fotografía módulo MPS, edificio T-1**

- Marca: Allen-Bradley
- Voltaje de la fuente de alimentación eléctrica: 100-240 VCA (-15%,+10%), 47-63 Hz.
- Entradas digitales: 14 (68 VA) voltaje activo 79 a 132 VCA.
- Salidas a relé: 4 operando a voltajes entre a 2 64 VAC (a 120 V los amperios en cierre del relé son de 15 A, a apertura es de 1.5 A y a operación continua es de 2.5 A, a 240 V los amperios en cierre del relé son de 7.5 A, a apertura es de 0.75 A y a operación continua es de 2.5 A). para mayores descripciones revise el artículo 1761-sg001_-en-p (Micrologix Guide Selection), en la carpeta PLC's de la práctica uno.
- Montaje en perfil DIN.
- Forma de programación: Esquema de contactos KOP (se representa gráficamente con símbolos eléctricos).
- Comunicación para la programación: RS-232 8 Pin Mini DIN.
- Los módulos de entrada-salida del Micrologix 1200 se puede ampliar usando hasta 6 módulos de extensión (dependiendo de la fuente de energía).

Figura 81. LOGO! 230RC y DM8 230R



Fuente: Fotografía módulo MPS, edificio T-1

En la figura 81 puede distinguirse el Logo! 230RC y los dos módulos expansores de entradas y salidas DM8 230R. En las figuras 82, 83 y 84 se muestran las características eléctricas relacionadas a estos dos tipos de módulos.

Figura 82. Datos técnicos generales eléctricos del LOGO! 230RC y DM8 230R

	LOGO! 230RC LOGO! 230RC _o	LOGO! DM8 230R
Fuente de alimentación		
Tensión de entrada	115...240 V CA/CC	115...240 V CA/CC
Margen admisible	85 ... 265 V CA 100 ... 253 V CC	85 ... 253 V CA 85 ... 253 V CC
Frecuencia de red admisible	47 ... 63 Hz	47 ... 63 Hz
Consumo de corriente		
• 115 V c.a.	10 ... 40 mA	10 ... 30 mA
• 240 V CA	10 ... 25 mA	10 ... 20 mA
• 115 V CC	5 ... 25 mA	5 ... 15 mA
• 240 V CC	5 ... 15 mA	5 ... 10 mA
Compensación de fallos de tensión		
• 115 V CA/CC	típ. 10 ms	típ. 10 ms
• 240 V CA/CC	típ. 20 ms	típ. 20 ms
Potencia disipada en caso de		
• 115 V c.a.	1,1 ... 4,6 W	1,1 ... 3,5 W
• 240 V CA	2,4 ... 6,0 W	2,4 ... 4,8 W
• 115 V CC	0,5 ... 2,9 W	0,5 ... 1,8 W
• 240 V CC	1,2 ... 3,6 W	1,2 ... 2,4 W
Respaldo del reloj a 25 °C	típ. 80 h	
Precisión del reloj de tiempo real	máx. 2s / día	
Entradas digitales		
Cantidad	8	4
Separación galvánica	no	no

Fuente: Siemens, Logo! Manual edición 03/2003, página 267.

Figura 83. Datos entradas y salidas del LOGO! 230RC y DM8 230R

	LOGO! 230RC LOGO! 230RCo	LOGO! DM8 230R
Tensión de entrada L1		
<ul style="list-style-type: none"> • señal 0 • señal 1 • señal 0 • señal 1 	<40 V c.a. >79 V c.a. < 30 V CC > 79 V CC	<40 V c.a. >79 V c.a. < 30 V CC > 79 V CC
Intensidad de entrada para		
<ul style="list-style-type: none"> • señal 0 • señal 1 	<0,03 mA >0,08 mA	<0,03 mA >0,08 mA
Tiempo de retardo para		
<ul style="list-style-type: none"> • cambio de 0 a 1 • cambio de 1 a 0 	tip. 50 ms tip. 50 ms	tip. 50 ms tip. 50 ms
Longitud del conductor (sin blindaje)	100 m	100 m
Salidas digitales		
Cantidad	4	4
Tipo de las salidas	Salidas a relé	Salidas a relé
Separación galvánica	sí	sí
En grupos de	1	1
Activación de una entrada digital	sí	sí
Corriente constante I_{th}	máx. 10 A por relé	máx. 5 A por relé
Carga de lámparas incandescentes (25.000 maniobras) en caso de		
230/240 V CA	1.000 W	1.000 W
115/120 V CA	500 W	500 W
Tubos fluorescentes con dispositivo previo electr. (25.000 histérisis)	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)

Fuente: Siemens, Logo! Manual edición 03/2003, página 268.

Figura 84. Datos de salidas y frecuencias de conmutación del LOGO! 230RC y DM8 230R

	LOGO! 230RC LOGO! 230RC _o	LOGO! DM8 230R
Tubos fluorescentes compensados convencionalmente (25.000 maniobras)	1 x 58 W (para 230/240 V c.a.)	1 x 58 W (para 230/240 V c.a.)
Tubos fluorescentes no compensados (25.000 maniobras)	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)
Resistencia a cortocircuitos cos 1	Contactador potencia B16 600 A	Contactador potencia B16 600 A
Resistencia a cortocircuitos cos 0,5 a 0,7	Contactador potencia B16 900 A	Contactador potencia B16 900 A
Derating	Ninguno; en todo el margen de temperatura	Ninguno; en todo el margen de temperatura
Conexión de las salidas en paralelo para aumentar la potencia	no admisible	no admisible
Protección de un relé de salida (si se desea)	máx. 16 A, característica B16	máx. 16 A, característica B16
Frecuencia de conmutación		
Mecánica	10 Hz	10 Hz
Carga óhmica/carga de lámparas	2 Hz	2 Hz
Carga inductiva	0,5 Hz	0,5 Hz

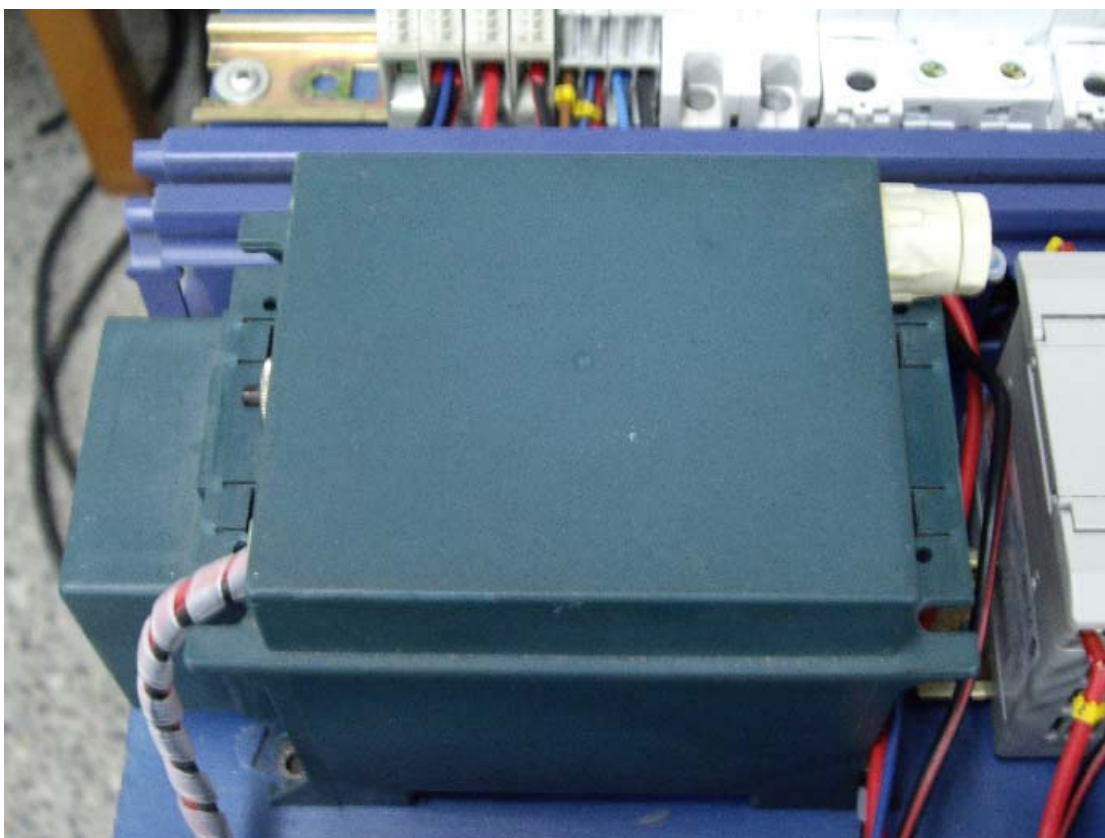
Fuente: Siemens, Logo! Manual edición 03/2003, página 265.

7.3.2.3. Fuente de alimentación

La figura 85 muestra la fuente de alimentación, y está constituida por:

- Marca: Vario Star
- Voltajes del transformador reductor: primario 220 VAC +/- 5%, secundario 24VCC, 6 A.
- Potencia: 177 VA

Figura 85. Fuente de alimentación CC



Fuente: **Fotografía módulo MPS, edificio T-1**

7.3.2.4. Relés

Los relés mostrados en la figura 88, están relacionados con las salidas del Micrologix 1000 y estos a su vez son entradas del Micrologix 1200 y obedecen a la activación de las botoneras en el panel de control.

- Marca: Schrack.
- Designación: K1, K2, K3 y K4.
- Voltaje de Alimentación: 24VDC.
- Corriente: 10 A.
- Contactos: 2 contactos secos, uno NC y otro NO con luz indicador de led. Vea la figura 86.

Figura 86. Relés con dos contactos secos y bobina 24 VDC



Fuente: Fotografía módulo MPS, edificio T-1

7.3.2.5. Protecciones

Como se puede ver en la figura 87, se muestra en el siguiente orden de izquierda a derecha el interruptor termomagnético que protege al Micrologix 1000, el siguiente es el que protege al Micrologix 1200, el tercer interruptor termomagnético protege al Logo!, el interruptor termomagnético de dos polos alimenta el transformador y este a su vez las salidas de los micro PLC, el ultimo interruptor termomagnético esta sin utilizarse.

Figura 87. Interruptores termomagnéticos



Fuente: Fotografía módulo MPS, edificio T-1

- Marca: Siemens.
- Designación: F1, F2.
- 2 interruptores termomagnético: 1x4 A y 1x10 A.
- Marca: AEG.
- Designación: F3.
- 2 interruptores termomagnético: 1x16 A.
- Designación: F4.
- Marca: Sassin.
- 1 interruptor termomagnético: 2x10 A

7.3.2.6. Relés de aislamiento

Se colocaron para las entradas de los Micro-PLC para aislar los niveles de voltaje al cual estarían sometidos y poder cambiar las tensiones dependiendo de el tipo de PLC, sus bobinas de 24 VCC están conectadas a la salidas de los sensores inductivos, por tanto estos actúan obedeciendo su respuesta, vea la figura 88.

Figura 88. Relés de interposición/aislamiento



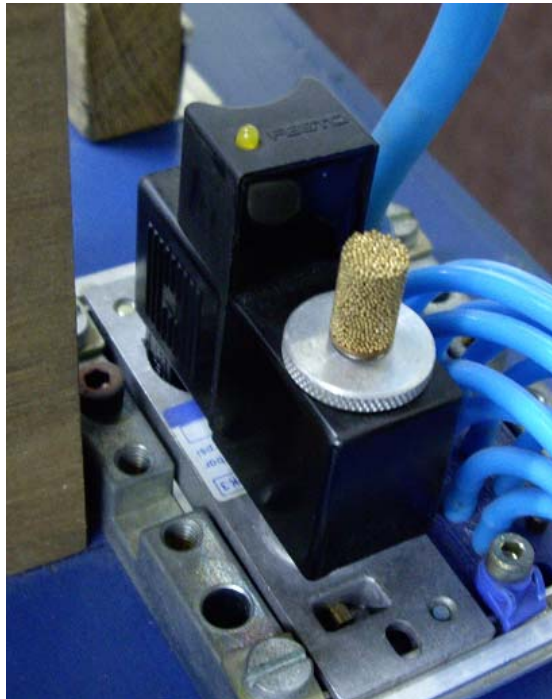
Fuente: Fotografía módulo MPS, edificio T-1

- Marca: Allen-Bradley.
- Designación: 1K1, 1K2, 1K3, 1K4, 1K5, 1K6, 1K7, 1K8, 1K9, 1K10
- 10 relés de interposición/aislamiento: bobina 24 VCC, 1 común (11) y 1 NC (12) y 1 NO (14), contacto seco de 10 A.

7.3.2.7. Electroválvulas

La figura 89 muestra una electroválvulas 3/2, que es una de las once electroválvulas utilizadas en este proyecto, a continuación se describen las principales características.

Figura 89. **Electroválvula 3/2**



Fuente: **Fotografía módulo MPS, edificio T-1**

- Marca: Festo.
- Electroválvula: 3/2, bobina 24 VDC, indicador led, activación por bobina o manual, y retorno por muelle o resorte.
- Typ: MSFG 11121MFH-3-1/8-SEU, Serie: 0984.
- Designación: 1Y1, 1Y2, 1Y3, 1Y4, 1Y5, 1Y6, 1Y7, 1Y8, 1Y9, 1Y10, 1Y11.
- Protección: IP 65
- Consumo: 4.6 W.
- Presiones: de 0.5 hasta 8 bar, o 7.3 hasta 116 PSI.

7.3.2.8. Unidad de mantenimiento

Se indica en la figura 90, de una unidad combinada de mantenimiento, tanto del filtro de aire comprimido, regulador de aire y la lubricación de aire comprimido.

Figura 90. Filtro de aire comprimido con válvula reguladora



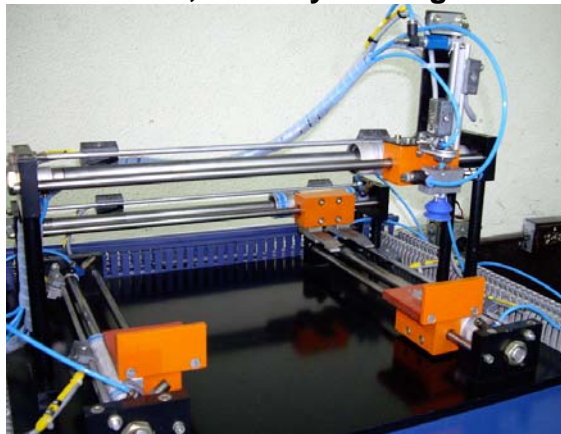
Fuente: Fotografía módulo MPS, edificio T-1

- Marca: Festo.
- Regulador con manómetro: LR-D-MINI.
- P1 max: 16 bar, 230 PSI/1.6 MPa.
- P2 max: 12 bar, 175 PSI/ 1.2 MPa.
- Marca: Shako.
- Unidad de mantenimiento: FRL-600
- Serie: 0486 R
- Presión: 0...8 bar, 0...116 PSI.

7.3.2.9. Cilindros neumáticos, tobera y válvulas de estrangulación

Se utilizan cuatro cilindros sin vástago de doble efecto, que esta compuesto de una camisa, un émbolo y un carro exterior montado sobre el cilindro, estos son utilizados para los cuatro movimientos lineales llamados cilindros C1 al C4, empezando de izquierda a derecha; vea la figura 91. También existe un cilindro C5 de doble efecto que transporta en su carrera una tobera con ventosa para succionar las piezas que sean colocados en los carros transportadores, la velocidad de cada cilindro esta limitado por válvulas de estrangulación colocadas en las entradas de los cilindros.

Figura 91. Cilindros, tobera y estranguladores



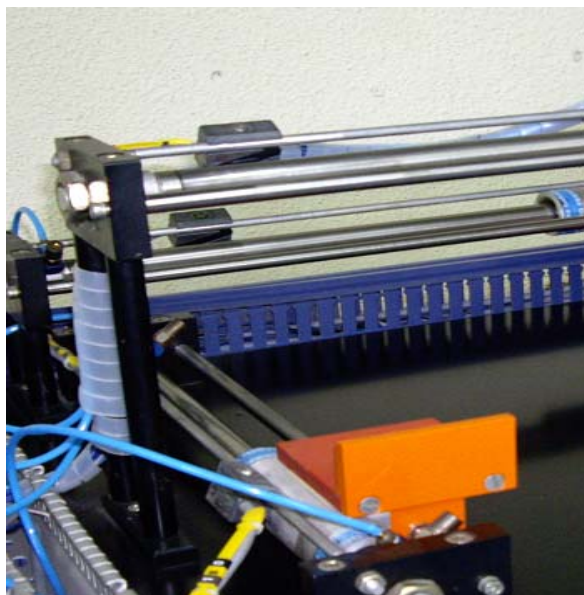
Fuente: Fotografía módulo MPS, edificio T-1

- Marca: Festo.
- Cilindro de doble efecto sin vástago, serie: 286R.
- Typ: 7872 DG0-16-300 PPV-A
- Presión: 7 bar, 101.5 PSI.
- Regulador: GRL-M5, Presión: 0.3-10 bar.
- Tobera: VASB-30. 1/8-SI
- Cilindro de doble efecto: DSN-8-40 P-A, Serie: 685R
- Presión: 1.5-10 bar.

7.3.2.10. Sensores inductivos

La figura 92, muestra a los sensores magnéticos usados como finales de carrera para cada cilindro actuador estos sensores están clasificados con 1B0 hasta 1B9.

Figura 92. **Sensores inductivos**



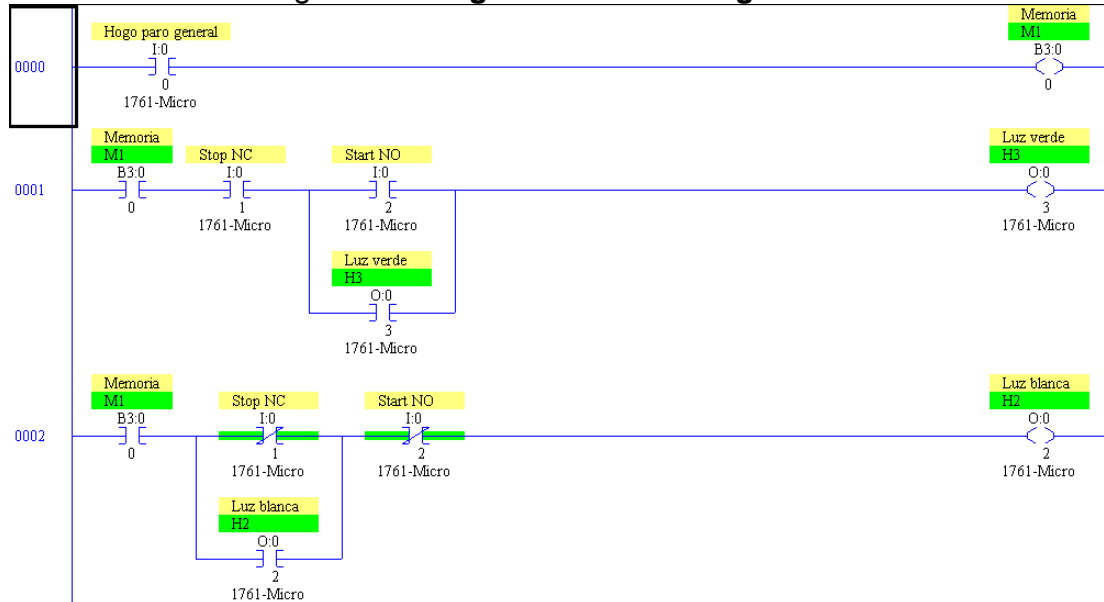
Fuente: **Fotografía módulo MPS, edificio T-1**

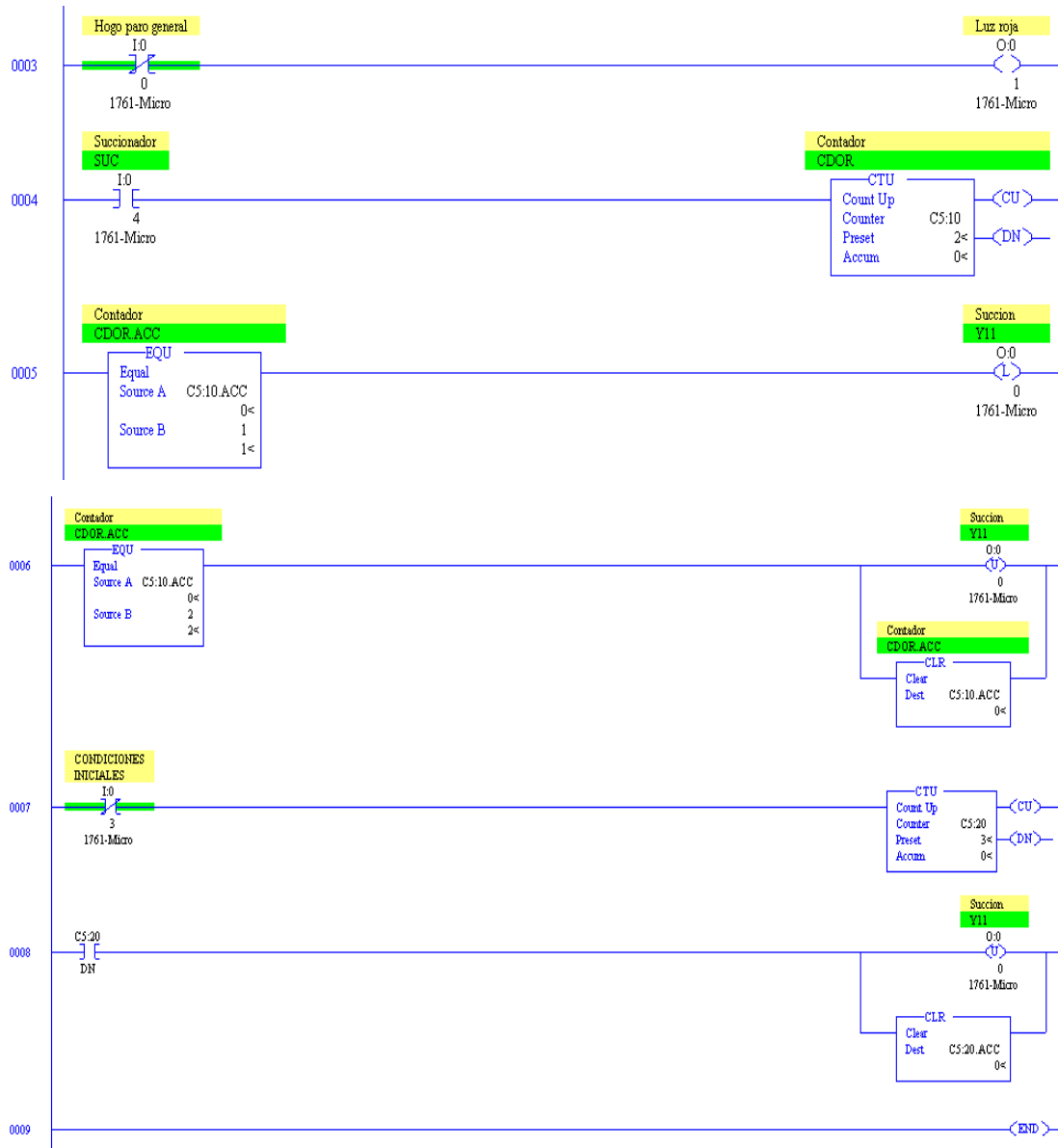
- Marca: Festo. T60 +++
- Sensor inductivo: SME-1-LED-24
- Best. Nr. 10418
- Serie Nr. 0486
- Corriente: 1 A (1.2), 24 VAC/CC
- Typ: 7872 DG0-16-300 PPV-A

7.3.2.11. Diagrama de escalera

A continuación se muestra el diagrama de escalera de los microcontroladores programables Micrologix 1000 figura 93 y la figura 94 la caracterización de las entradas y las salidas de ese autómeta; por otro lado el Micrologix 1200 le corresponden la figura 95, la subrutina figura 96 y la figura 97 corresponde a la caracterización de las entradas y salidas del Micrologix 1200.

Figura 93. Programa del Micrologix 1000





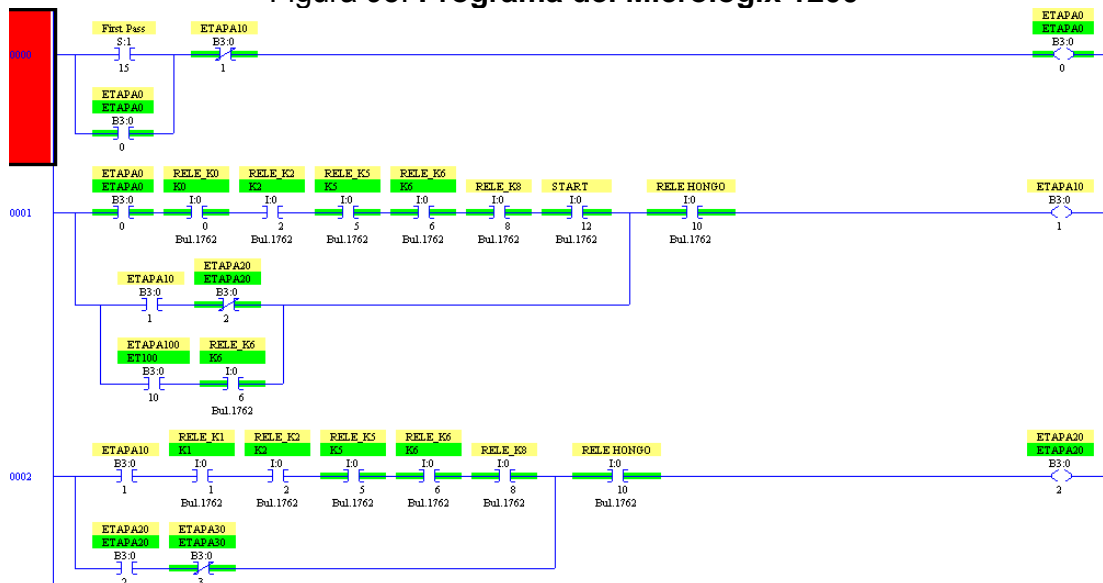
Fuente: **Software RSLogix 500 Starter 10pt Micrologix 1000 English**

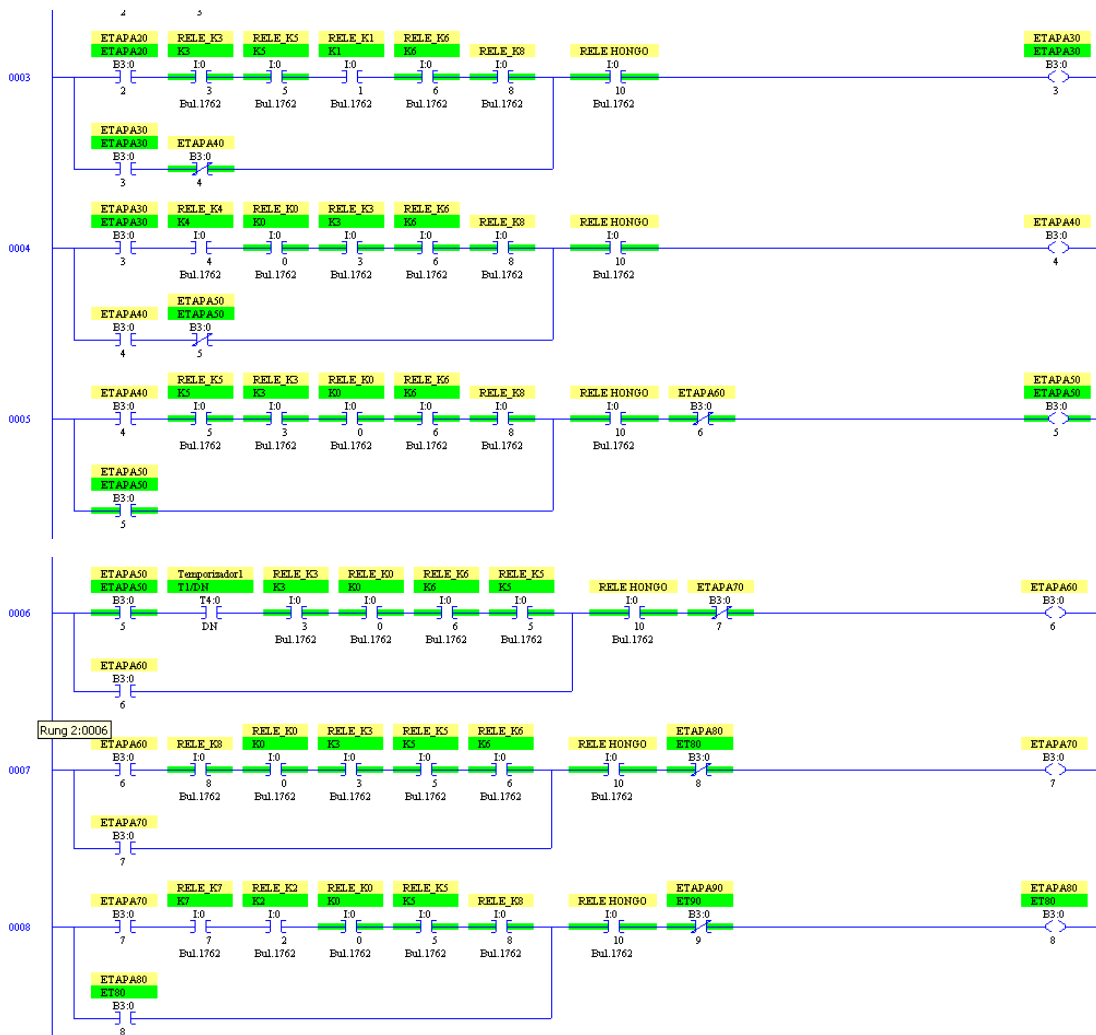
Figura 94. Entradas y salidas del Micrologix 1000

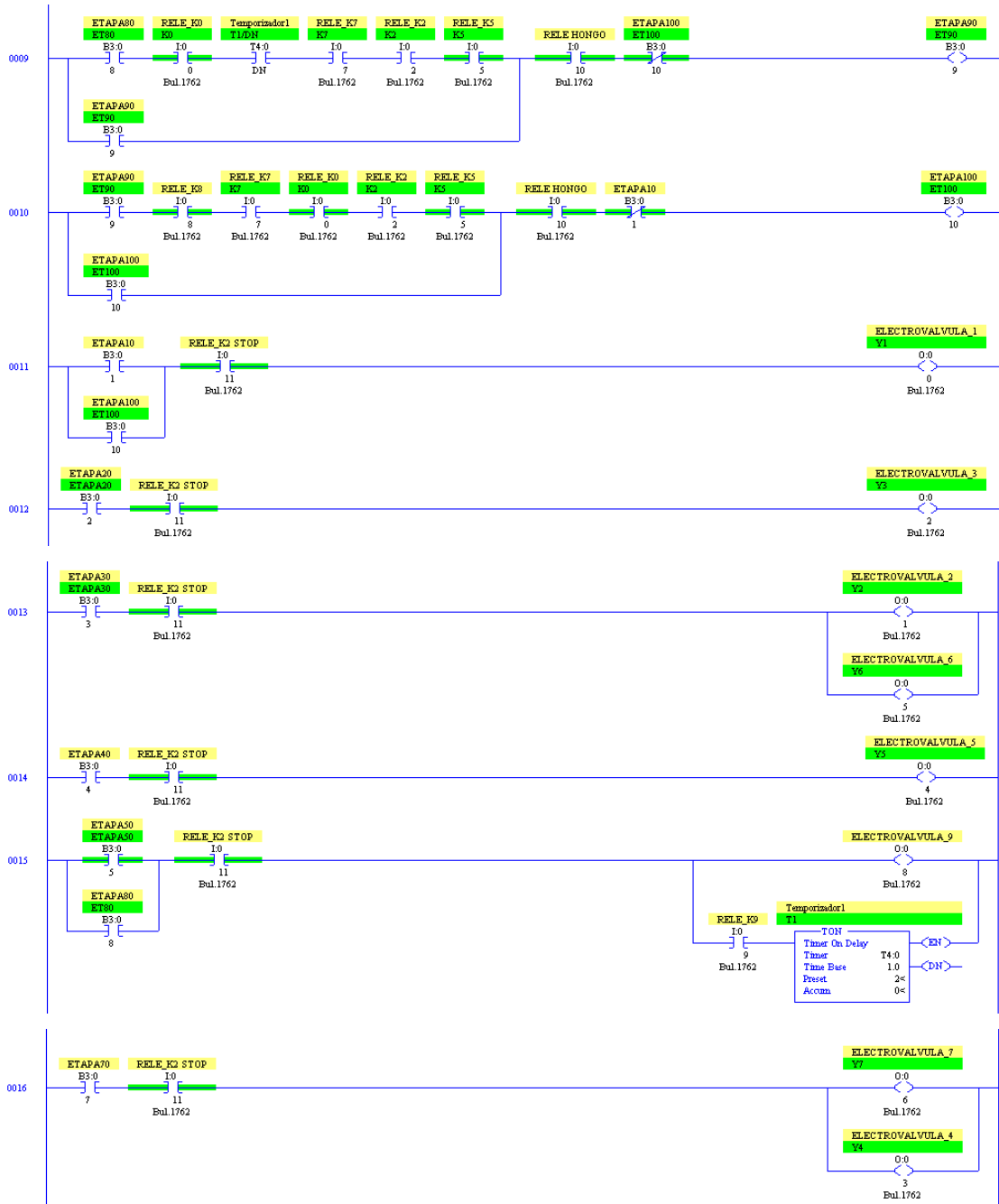
Entradas			
Símbolo	Dirección	Tipo de dato	Descripción
PARO_E	I:0/0	Bool	Hongo paro general
STOP	I:0/1	Bool	Stop NC
START	I:0/2	Bool	Start NO
CON_IN	I:0/3	Bool	Condiciones iniciales
MI	B3:0/0	Bool	Memoria
Salidas			
Y11	O:0/0	Bool	Succión
H1	O:0/1	Bool	Luz roja
H2	O:0/2	Bool	Luz blanca
H3	O:0/3	Bool	Luz verde
Comparación de datos			
CDOR/CU		C5:10/CU	Contador progresivo
CONT2/DN		C5:20/DN	Contador progresivo
EQU			IGUAL
Transferencia de datos			
CLR			Limpiar

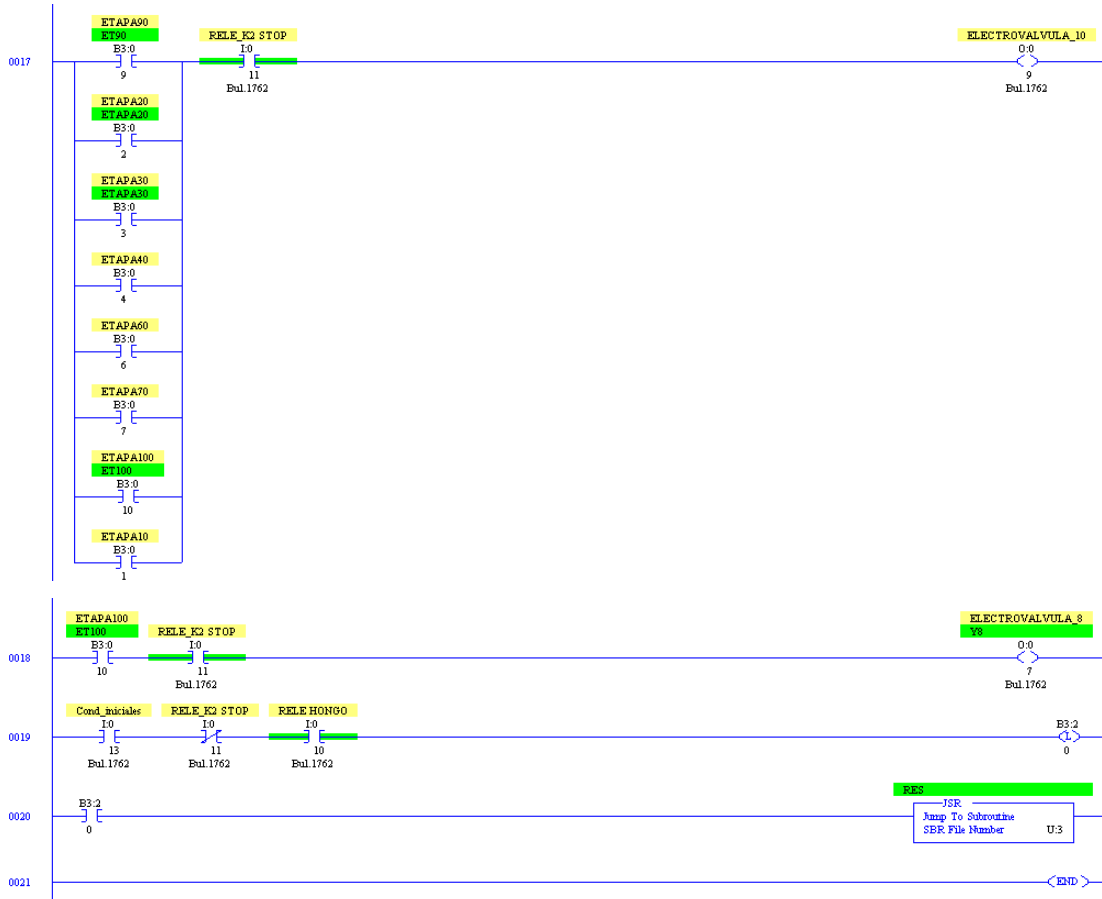
Fuente: *Software RSLogix 500 Starter 10pt Micrologix 1000 English*

Figura 95. Programa del Micrologix 1200



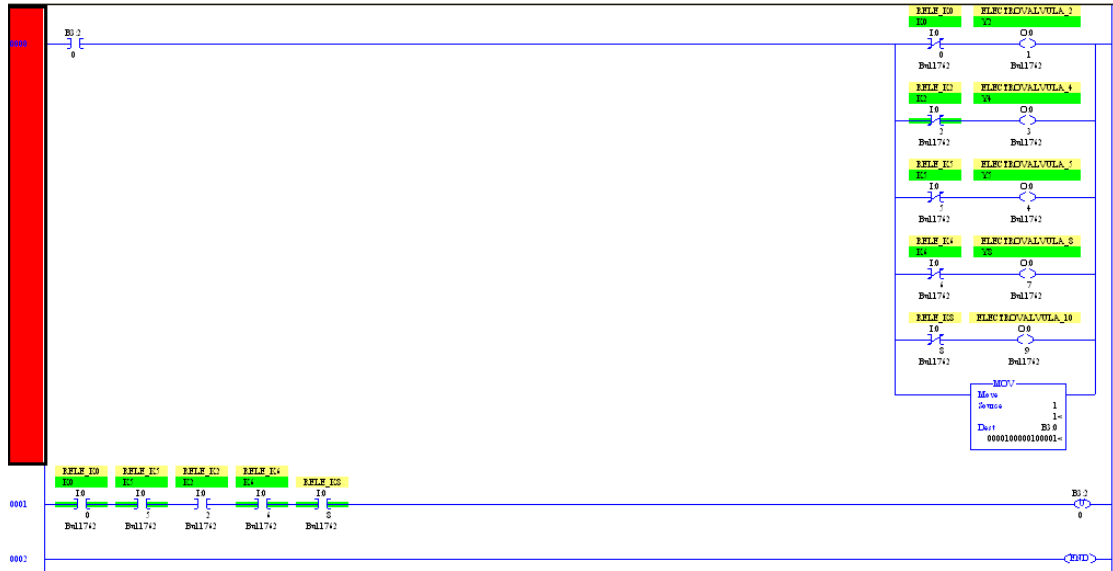






Fuente: **Software RSLogix 500 Starter 10pt Micrologix 1000 English.**

Figura 96. Subrutina



Fuente: *Software RSLogix 500 Starter 10pt Micrologix 1000 English.*

Figura 97. Caracterización Micrologix 1200

Entradas			
Símbolo	Dirección	Tipo de dato	Descripción
1K0	I:0/0	Bool	Rele K0
1K1	I:0/1	Bool	Rele K1
1K2	I:0/2	Bool	Rele K2
1K3	I:0/3	Bool	Rele K3
1K4	I:0/4	Bool	Rele K4
1K5	I:0/5	Bool	Rele K5
1K6	I:0/6	Bool	Rele K6
1K7	I:0/7	Bool	Rele K7
1K8	I:0/8	Bool	Rele K8
1K9	I:0/9	Bool	Rele K9
PARO E	I:0/10	Bool	RELE HONGO
STOP	I:0/11	Bool	RELE K2 STOP
START	I:0/12	Bool	START
CON I	I:0/13	Bool	Cond iniciales
Salidas			
Y1	O:0/0	Bool	ELECTROVALVULA 1
Y2	O:0/1	Bool	ELECTROVALVULA 2
Y3	O:0/2	Bool	ELECTROVALVULA 3
Y4	O:0/3	Bool	ELECTROVALVULA 4

Y5	O:0/4	Bool	ELECTROVALVULA 5
Y6	O:0/5	Bool	ELECTROVALVULA 6
Y7	O:0/6	Bool	ELECTROVALVULA 7
Y8	O:0/7	Bool	ELECTROVALVULA 8
Y9	O:0/8	Bool	ELECTROVALVULA 9
Y10	O:0/9	Bool	ELECTROVALVULA 10
BINARIO			
ETAPA0	B3:0/0	Bool	ETAPA0
ETAPA10	B3:0/1	Bool	ETAPA10
ETAPA20	B3:0/2	Bool	ETAPA20
ETAPA30	B3:0/3	Bool	ETAPA30
ETAPA40	B3:0/4	Bool	ETAPA40
ETAPA50	B3:0/5	Bool	ETAPA50
ETAPA60	B3:0/6	Bool	ETAPA60
ETAPA70	B3:0/7	Bool	ETAPA70
ETAPA80	B3:0/8	Bool	ETAPA80
ETAPA90	B3:0/9	Bool	ETAPA90
ETAPA100	B3:0/10	Bool	ETAPA100
MARCA RES	B3:20	Bool	Inicio Res
TIMER			
T1/EN	T4:0/EN	TON	Temporizador1
SUBROUTINA			
RES	U:3	JSR	SALTO A SUBROUTINA
TRANSFERENCIA DE DATOS			
		MOV	MOVER

Fuente: **Software RSLogix 500 Starter 10pt Micrologix 1000 English.**

8. PRÁCTICA 6. REALIZAR EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA UN PROCESO SECUENCIAL

8.1. Guía de aprendizaje

El tiempo aproximado de duración: 8 horas, divididos en trabajos de lectura, 2 sesiones en el laboratorio, investigación, y socialización de los conocimientos adquiridos.

En la presente práctica 6 llamada: REALIZAR EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA UN PROCESO SECUENCIAL, en la cual se implementa un sistema de mantenimiento, en donde la su tarea principal será tener en cuenta el establecimiento de las actividades de mejoramiento diseñadas para incrementar la eficiencia de los equipos, esto se alcanza cuando se eliminan las perdidas en la producción. El establecimiento de cursos de entrenamiento ayuda a que los estudiantes incrementen su nivel de habilidades y el establecimiento de un sistema de prevención del mantenimiento desde su diseño, lo cual implicará tener equipos que requieran menos mantenimiento; estos son unos de los pilares de lo que se conoce como Mantenimiento Productivo Total, MPT, el cual tiene como uno de sus objetivos, entre otros:

1. Obtener un uso más eficiente de los equipos.
2. Implementar en toda la compañía un sistema de entrenamiento productivo (MP) abarcando mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo y predictivo.

8.1.1. Resultado de aprendizaje

Mantener los sistemas automáticos de control secuenciales mediante la aplicación de la metodología para corrección de fallas.

8.1.2. Elementos de capacidad asociados

- Establecer el plan de mantenimiento preventivo y correctivo del sistema automático de control realizando un estudio detallado del proceso.
- Realizar los ajustes y modificaciones necesarios a nivel de software o de hardware para que el sistema cumpla con las especificaciones del diseño y del cliente.
- Establecer el procedimiento adecuado para la identificación y detección de fallas en el sistema de control tanto en el hardware como en el software.
- Establecer los procedimientos adecuados para poner en funcionamiento el sistema automático de control, teniendo en cuenta la seguridad de los equipos y de los usuarios.
- Realizar la documentación de las tareas de mantenimiento implementadas en los formatos adecuados utilizando los formatos establecidos en la empresa.
- Seleccionar la herramienta y equipos adecuados para implementar la labor de mantenimiento después de efectuar la respectiva inspección.

8.1.3. Actividades preparatorias.

8.1.3.1. Talento humano

La Orientación de la actividad de enseñanza, aprendizaje y evaluación requiere de un instructor con competencias para el diseño y mantenimiento de Sistemas de Control de Procesos Secuenciales.

8.1.3.2. Estrategia metodológica

El proceso metodológico se orienta a una participación reflexiva y creativa del Estudiante en torno a los diferentes problemas a los que se ve enfrentado, los cuales suscitan la interacción en equipo de trabajo, el diálogo de saberes, el procesamiento de información y la elaboración de productos relacionados con los Resultados de aprendizaje.

Tabla XIV. Estrategia metodológica práctica 6

ESTRATEGIA DE FORMACIÓN	SEÑALAR	AYUDA METODOLÓGICA	SEÑALAR
Proyecto (Investigación proyectiva, aprendizaje colaborativo)	Sistema didáctico disponible en el aula.	Instrumentos de conocimiento (Informes, resúmenes, mapa conceptual, mentefacto, lectura crítica, relatoría, otro)	Foro, lluvia de ideas, tutoría de pares.
Estudio de caso y resolución de problemas		Dinámicas de grupo (Foro, lluvia de ideas, asamblea, conferencia, seminario, otros)	Informes, resumen, relatoría.
Vivencias, reflexiones, investigaciones, aplicaciones, punto de vista proyectivo		Taller Orientador	

8.1.3.3. Escenario y equipos

El escenario es el Laboratorio de Automatización Industrial ubicado en el segundo nivel del T-1. El instructor debe verificar que el módulo didáctico, MPS, en los cuales se va a desarrollar la práctica tengan los elementos necesarios, que en los computadores esté instalado el software de programación del Autómata Programable que se va a utilizar en la práctica, que se disponga de los cables necesarios para la comunicación ente el Autómata Programable y el computador. Es de gran importancia antes de que los estudiantes inicien la actividad que el instructor resuelva todas las inquietudes con relación a los requerimientos del proceso, al manejo del PLC, motores, y la MPS para la utilización de esta actividad.

Es de resaltar en esta actividad la metodología de diseño utilizada en la implementación del sistema de control, la cual arroja documentos importantes como los diagramas de conexión, ubicación de instrumentos, diagramas funcionales, entre otros, que son insumo para la realización del mantenimiento.

Se debe instalar en cada PC las presentaciones necesarias.

8.1.3.4. Medios didácticos

Los medios didácticos preescritos son los siguientes:

- Presentación: METODOLOGIA PARA LA DETECCION DE FALLAS.
- Software de programación Logo! Soft, Micrologix 1000 10PT Starter Pak Toolkit, Microwin S7-200, RSLogix 500.
- PLC's
- MPS
- Manuales de los autómatas utilizados.
- Mantenimiento y resolución de problemas de un sistema SLC-500 utilizando el Software Rslogix 500.
- Pautas de cableado y conexión a tierra de equipos de automatización industrial.

8.1.4. Proceso de aprendizaje

Es de resaltar en esta práctica la metodología de diseño utilizada en la implementación del sistema de control, la cual arroja documentos importantes como los diagramas de conexión, ubicación de instrumentos, diagramas funcionales, entre otros, que son insumo para la realización del mantenimiento.

Para el desarrollo de la presente actividad se sugiere emplear el siguiente procedimiento:

1. Observar y analizar la presentación “METODOLOGÍA PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS”. Haga énfasis en los siguientes aspectos:
 - a. Necesidad de una metodología para la detección de fallas.
 - b. Importancia de los documentos del proceso en la detección de fallas.
 - c. Selección de equipos de medición y/o prueba para la detección de fallas.
 - d. Documentación de las tareas realizadas.
 - e. ¿Qué más propondría a la propuesta mostrada en la presentación?
2. Detectar y corregir la falla del sistema propuesto por el docente, mediante la implementación de una metodología.
3. Entregue en un informe el trabajo desarrollado.
4. Que elementos podrían agregarse al mejoramiento del MPS sobre los dos documentos ambos documentos de Rockwell Automation.
 - a. Mantenimiento y resolución de problemas de un sistema SLC-500 utilizando el Software Rslogix 500.
 - b. Pautas de cableado y conexión a tierra de equipos de automatización industrial.

8.1.5. Apreciación del aprendizaje

La evaluación del proceso de aprendizaje es continua y formativa de tal manera que se asegure la calidad de la formación. En este sentido, se llevará un historial que recoja información de los aspectos técnico-pedagógicos y socio-afectivos del grupo de trabajo.

En esta actividad es importante identificar la iniciativa del estudiante en la resolución del problema, metodología implementada en su solución y la interacción que realice con sus compañeros.

8.1.6. Evidencias de desempeño

- Puesta en funcionamiento del sistema de control.
- Operación del sistema de control.
- El orden y responsabilidad con la cual asume sus obligaciones.
- La interacción con los compañeros de clase en la búsqueda de solución a interrogantes.

8.1.7. Evidencias de producto

Un informe detallando los siguientes aspectos.

- Metodología empleada.
- Procedimiento utilizado.
- Relación de equipos utilizados.
- Caracterización de la falla.
- Solución planteada.

8.1.8. Síntesis del proceso de aprendizaje

Tabla XV. Síntesis del proceso de aprendizaje 6

Resultado de Aprendizaje: Mantener sistemas automáticos de control para procesos secuenciales teniendo en cuenta el modelo establecido por la empresa.		
Procesa	Produce (evidencias de aprendizaje)	Criterios de evaluación
<ul style="list-style-type: none"> • Presentación "Metodología para detección de fallas" • Mantenimiento y resolución de problemas de un sistema SLC-500 utilizando el software Rslogix 500. • Pautas de cableado y conexión a tierra de equipos de automatización industrial. 	<p>Evidencias de desempeño:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un informe detallando los siguientes aspectos. • Metodología empleada. • Procedimiento utilizado. • Relacion de los equipos utilizados. • Caracterización de la falla. • Aplicación de correcciones. • Solución planteada.. <p>Evidencias de producto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puesta en funcionamiento del sistema de control. • El orden y responsabilidad con la cual asume obligaciones. • La interacción con los compañeros de clase en la búsqueda de solución a interrogantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Establece el plan de mantenimiento preventivo y correctivo del sistema automatico de control. • Realiza ajustes y modificaciones necesarios para que le sistema cumpla con las especificaciones del diseño y del cliente. • Conecta correctamente los dispositivos sensores y actuadores al sistema de control conforme a los planos de conexión, para obtener un óptimo funcionamiento. • Establece el procedimiento adecuado para la identificación y detección de fallas en el sistema de control tanto en el hardware como en el software. • Establece los procedimientos adecuados para poner en funcionamiento el sistema automático de control teniendo en cuenta la seguridad de los usuarios y de los equipos.

8.2. Material de apoyo

El material aquí presentado es importante que se haga una revisión antes de poder adquirir los conocimientos complementarios adecuados para la realización de esta práctica.

- a. Revise los documentos: Mantenimiento y resolución de problemas de un sistema SLC-500 utilizando el software Rslogix 500 y Pautas de cableado y conexión a tierra de equipos de automatización industrial.
- b. Seleccione la diapositiva “Metodología para la detección de fallas”.

CONCLUSIONES

1. Con base a lo establecido en los objetivos generales y específicos de este trabajo de graduación, se hace notar que deben seguirse las horas prácticas aquí indicadas y llevar un cronograma de actividades que permitan alcanzar los objetivos de cada práctica.
2. En la primera práctica, se hace énfasis al concepto de caracterización de los equipos, que es la base fundamental para el correcto desarrollo de las siguientes prácticas, de aquí se deriva el concepto del funcionamiento y simbología de los distintos dispositivos eléctricos, electrónicos, neumáticos y mecánicos que componen el sistema modular de producción (MPS), así como los distintos tipos de estaciones en que está conformado. Por último, se introduce al reconocimiento de los autómatas programables a utilizar.
3. En la práctica dos se introduce a la utilización del GRAFCET aplicado a sistemas de procesos continuos, por medio del Software Automgen, esta herramienta permite tener claridad, legibilidad, presentación sintética gráfica del sistema modular de producción (MPS).
4. En la práctica tres, se hace uso de los recursos de la simulación en procesos secuenciales por medio del Software LogixPro, haciendo uso de los conocimientos de las dos prácticas anteriores.

5. En la práctica cuatro, se orienta al diseño e implementaron de algoritmos de control incluyendo dos tipos de autómatas, tanto Siemens como de Allen Bradley en un control de motores de forma programada.

6. En la práctica cinco, se hace uso del modelo MPS implementado, en donde se aplican los conocimientos de caracterización, Grafcet y se evidencia el nivel adquirido en las anteriores prácticas.

7. Finalmente en la práctica seis, se aplican las buenas prácticas en el mantenimiento aplicado al laboratorio: software computadoras (actualización de antivirus), PLC, estructuras físicas, cableado eléctricas y neumáticas como también sus respectivas protecciones e identificaciones.

RECOMENDACIONES

1. Se sugiere realizar más módulos de entrenamiento, colocando distintos tipos de autómatas programables, en donde se incluya la mano de obra de los estudiantes del laboratorio, para tal caso, el módulo de entrenamiento MPS está equipado con conectores tipo DB25 para su fácil manejo, tanto de entradas como de salidas.
2. Realizar el mantenimiento al terminar cada práctica a los equipos de entrenamiento, como también a las computadoras.
3. El laboratorio podrá ser vinculado con las clases magistrales para lograr un mayor desempeño en las prácticas, como también podrán sugerirse procedimientos y entrar en discusión con antelación a la realización de cada una de las prácticas.
4. El módulo Micrologix 1200 como el Logo! tienen capacidad de expandirse tanto en entradas como en salidas de forma modular, dependiendo las necesidades de crecimiento
5. Anexo al EPS se agregan manuales de los PLC instalados AB y Logo!, Neumática y Electroneumática de Festo a laboratorio, y un DVD tanto al

laboratorista como a los estudiantes en donde se agregan material útil, software y ejemplos para su consulta, por tanto es importante hacer uso de todos los recursos tanto para anteceder las prácticas como para la entrega del reporte.

6. Proponer un proyecto en el cual se ponga en evidencia lo aprendido en este laboratorio.

7. Que de parte de las autoridades universitarias y empresas en instrumentación industrial que conjuntamente se implemente un laboratorio para el uso de procesos continuos como también para las comunicaciones industriales, en donde se incluya la mano de obra de los estudiantes y varios epesistas, para lograr mejor nivel de aprendizaje de los egresados de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Balc

ell Joseph y Romeral José Luis. **Autómatas programables**. México: Editorial Alfaomega, 1998. 439pp.

2. “Controladores programables Micrologix™ 1000”. **Publicación 1761 IN001B-MU-P. Rockwell Automation**. (Estados Unidos): 81-100. 2,002.

3. “Controladores programables Micrologix™ 1200”. **Publicación 1762 IN006D-MU-P. Rockwell Automation**. (Estados Unidos): 99-116. 2,004.

4. “Descripción y aplicación de los microcontroladores programables”, **Micromentor Allen-Bradley**. (Estados Unidos): 164pp. 1,995.

5. Festo H. **Automatización y control industrial**. (10ma Edición; Alemania: Editorial ACISA Nivel Básico Electroneumática TP 102, 1983.

6. Gutiérrez Marroquín, William. “Documentos de apoyo para la formación”. **Tercer curso internacional en supervisión y automatización totalmente integrada CEAI-SENA**. (Colombia) (1): 102pp. 2,008.

7. “Interpretación de planos y esquemas eléctricos aparenta”, **Nueva biblioteca del instalador electricista**, (2): 366. 2,003.

8. Millán Esteller, Juan. **Técnicas y procesos en instalaciones automatizadas en los edificios**. España: Editorial Paraninfo, 2,001. 209pp.

9. Moreno, Ramón Piedrafita. **Ingeniería de la automatización industrial**. 2da ed. México: Editorial Alfaomega, 2,004. 679pp.
10. "Logo! Manual edición 07" **Siemens**. (Alemania): 260. 2,001.
11. "Pautas de cableado y conexión a tierra de equipos de automatización industrial". **Publicación 1770-4.1ES. Rockwell Automation**. (Estados Unidos): 20pp. 1,998.
12. Rodríguez Mata, Antonio y Cócera Rueda, Julián. **Desarrollo de sistemas secuenciales**. España: Editorial Paraninfo, 2,000. 189pp.
13. Romera Ramírez, Juan Pedro et. al. **Automatización problemas resueltos con autómatas programables**. 4ta ed. España: Editorial Paraninfo, 1,994. 283pp.
14. Roldán Vilorio, José. **Cálculo y construcción de circuitos con contactores**. España: Editorial Paraninfo, 1,999. 385pp.

ANEXOS

ANEXO A

NORMATIVAS RELACIONADAS CON LA INSTALACIÓN Y SEGURIDAD

A continuación se hará mención sobre las normativas relacionadas con la instalación y seguridad con los elementos instalados para el desarrollo del proyecto a ejecutar.

Normas DIN

Letras indicativas para designar funciones generales (DIN 40710)

Indicativo	Funciones generales	Indicativo	Funciones generales
A	Función auxiliar	N	Medida.
B	Dirección de movimiento (adelante, hacia atrás, subir, bajar, sentido horario y sentido antihorario).	P	Proporcional.
C	Contar.	Q	Estado (marcha, parada, limitación).
D	Direccionar.	R	Reposición, bloqueo
E	---	S	Memorizar, registrar.
F	Protección.	T	Medida de tiempo, retardar.
G	Prueba.	U	---
H	Señalización.	V	Velocidad (aceleración, frenar).
I	Integración.	W	Sumar.
K	Servicio pulsador.	X	Multiplicar.
L	---	Y	Analógica.
M	Función principal.	Z	Digital.

Fuente: José Roldán Viloría, **Cálculo y construcción de circuitos con contactores**. Pag.13

Normas IEC

La IEC observa fundamentalmente los aspectos eléctricos y de seguridad de los instrumentos en general. Las normativas de seguridad para dispositivos eléctricos en general pueden hallarse en IEC 60364-1.

Normas aplicadas al montaje y de seguridad del LOGO!

De acuerdo a las especificaciones de montaje descritas en el manual Edición 06/2003 de Logo SIEMENS se describen las siguientes consideraciones aplicadas al desarrollo de dicho montaje y cableado.

Utilice conductores con la sección adecuada para la respectiva intensidad, se puede conectar con cables de una sección entre 1,5 mm² y 2,5 mm².

Los pares de apriete de conexión: 0.4 hasta 0.5 Nm o 3 hasta 4 Lbin.

Para efectuar el cableado de Logo!, utilice un destornillador con un ancho de hoja de 3 mm.

Los conductores han de tenderse siempre lo mas cortos posibles, de lo contrario debe utilizarse un cable apantallado. Los conductores deben tenderse a pares: un conductor neutro junto con un conductor de fase o una línea de señal.

Desconecte:

- El cableado de corriente alterna.
- El cableado de corriente continua de alta tensión con secuencia rápida de operación de los contactos.
- El cableado de señal de baja tensión.
- Prevea un alivio de tracción adecuado para los conductores.

- Proteja los cables con peligro de fulminación con una protección adecuada contra sobretensión.
- No conecte una fuente de alimentación externa a una carga de salida paralela a una salida de corriente continua. De lo contrario podría crearse una corriente inversa en la salida, salvo que la estructura esté provista de un diodo o un bloqueo similar.

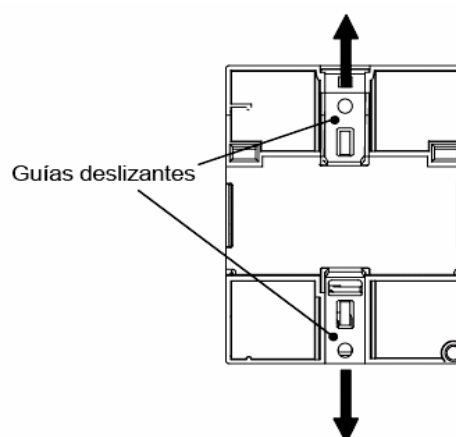
LOGO! se puede fijar a presión en un perfil soporte de 35 mm de ancho según la norma DIN EN 50022 o se puede montar en la pared.

Las dimensiones de LOGO! ofrece las dimensiones de los equipos de instalación estipuladas en la norma DIN 43880.

El LOGO! puede fijarse a presión en un perfil soporte de 35 mm de ancho según la norma DIN EN 50022 o se puede montar en la pared.

Para realizar el montaje en pared ha de deslizarse hacia afuera las guías deslizantes de la parte posterior de los dispositivos, pudiéndose montar el LOGO! con dos tornillos \varnothing 4mm y un par de apriete de 0.8 hasta 1.2 Nm.

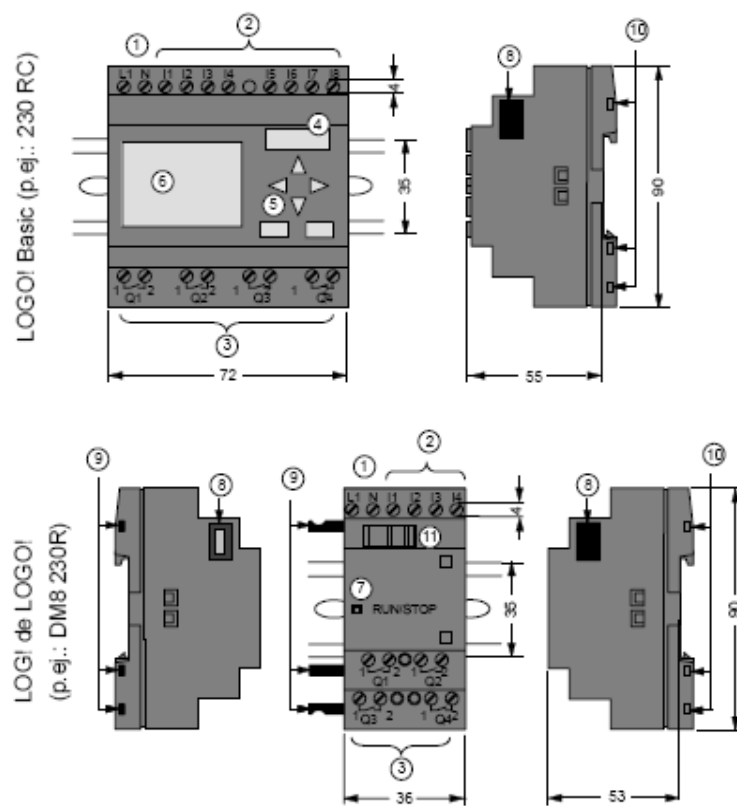
Montaje en pared.



Fuente: Siemens, **Manual edición 06/2003 LOGO!**, página 21.

LOGO! Basic tiene un ancho de 72 mm, que corresponde a 4 unidades. Los módulos de ampliación de LOGO! tienen un ancho de 36 mm, que corresponde a 2 unidades.

Estructura del LOGO!



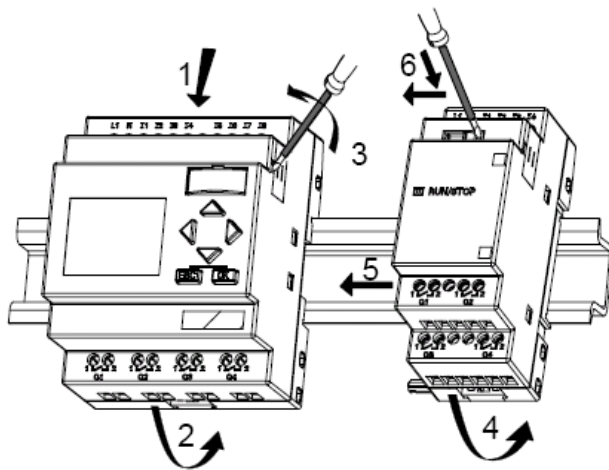
- | | | |
|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| ① Alimentación de tensión | ⑤ Panel de mando (no en RCo) | ⑧ Interfaz de ampliación |
| ② Entradas | ⑥ Pantalla LCD (no en RCo) | ⑨ Codificación mecánica - clavija |
| ③ Salidas | ⑦ Indicador de estado RUN/STOP | ⑩ Codificación mecánica - hembrillas |
| ④ Receptáculo para módulo con tapa | | ⑪ Guía deslizante |

Fuente: Siemens, **Manual edición 06/2003 LOGO!**, página 4.

Para montar un LOGO! Basic y un módulo digital sobre un perfil soporte, se deben seguir las siguientes indicaciones:

- Coloque el módulo LOGO! Basic sobre el perfil soporte.
- Gire LOGO! Basic hasta introducirlo en el perfil, la guía deslizante situada en la parte trasera debe encajar en el riel DIN.
- Retire el conector de la tapa del lado derecho del LOGO!
- Coloque el módulo digital a la derecha del LOGO! Basic sobre el riel DIN.
- Deslice el módulo digital hacia la izquierda hasta alcanzar el LOGO! Basic.
- Con un destornillador presione la guía deslizante integrada y empújela hacia la izquierda.
- Cuando alcance la posición final, la guía deslizante se enganchará en el LOGO! Basic.

Montaje en riel DIN



Fuente: Siemens, **Manual edición 06/2003 LOGO!**, página 17.

Para los módulos de ampliación deben seguirse los pasos del 3 al 6.

- El último módulo interfaz de ampliación debe permanecer cubierta.

Las normas aplicadas al módulo Logo! en relación a su instalación se mencionan a continuación:

- La conexión del bus AS-Interface y el sistema LOGO! no pueden unirse galvánicamente, utilice un aislamiento seguro según IEC 61131-2, EN 50178, UL 508, CSA C22.2 No. 142.

Otras certificaciones y homologación aplicadas a los módulos Logo! son las siguientes: UL, CSA y FM.

- UL – Listing-Mark
Underwriters Laboratories (UL) según Standard UL 508, File Nr. 116536
- Marca de certificación de CSA
Canadian Standard Association (CSA) según Standard C22.2 No. 142, File Nr. LR 48323
- Homologación FM
- Factory Mutual (FM) Approval según Standard
 - Class I, Division 2, Group A, B, C, D
 - Class I, Zone 2, Group IIC

Logo! lleva la marca CE, cumple con las normas VDE 0631 e IEC 61131-2 y cuenta con supresión de radiointerferencias de acuerdo con EN 55011 (clase del valor límite B, en operación con bus ASÍ, clase A).

Solicitada homologación para construcción naval.

- ABS – American Bureau of Shipping
- BV – Bureau Veritas
- DNV – Det Germanischer Lloyd

- PRS – Polski Rejestr Statków

En el módulo Logo! debido a las normas de seguridad existentes (VDE 0110, ... e IEC 61131-2, ... y cULus), no es posible conectar fases diferentes a un grupo de entrada (I1-I4 ó I5-I8) de una variante AC o a las entradas de un módulo digital.

Tabla A-1. Datos técnicos generales del LOGO! 230RC y DM8 230R

Criterio	Verificación según	Valores
LOGO!Basic: Dimensiones (AxAxP) Peso Montaje		72 x 90 x 55 mm aprox. 190 g en perfil soporte de 35 mm 4 unidades de distribución de ancho o montaje en la pared
LOGO! de LOGO!: Dimensiones (AxAxP) Peso Montaje		36 x 90 x 55 mm aprox. 90 g en perfil soporte 35 mm 2 unidades de distribución de ancho o montaje en la pared
Condiciones ambientales climáticas		
Temperatura ambiente montaje horizontal	Frío según IEC 60068-2-1	0 ... 55 °C
montaje vertical	Calor según IEC 60068-2-2	0 ... 55 °C
Almacenaje/transporte		- 40 °C ... +70 °C
Humedad relativa	IEC 60068-2-30	del 10 al 95% sin condensación
Presión atmosférica		795 ... 1080 hPa
Sustancias nocivas	IEC 60068-2-42 IEC 60068-2-43	SO ₂ 10 cm ³ /m ³ , 4 días H ₂ S 1 cm ³ /m ³ , 4 días
Condiciones ambientales mecánicas		
Tipo de protección		IP 20
Vibraciones	IEC 60068-2-6	5 ... 9 Hz (amplitud constante 3,5 mm) 9 ... 150 Hz (aceleración constante 1 g)
Choque	IEC 60068-2-27	18 choques (semisenoidal 15g/11ms)
Caída ladeada	IEC 60068-2-31	Altura de caída 50 mm

Fuente: Siemens, **Logo! Manual edición 03/2003**, página 265.

Tabla A-2. **Condiciones ambientales y mecánicas del LOGO! 230RC y DM8 230R**

Criterio	Verificación según	Valores
Caída libre, embalado	IEC 60068-2-32	1 m
Compatibilidad electromagnética (CEM)		
Emisión de interferencias	EN 55011/A EN 55022/B EN 50081-1 (área residencial)	Case valor límite B grupo 1
Descarga electrostática	IEC 61000-4-2 grado de intensidad 3	8 kV descarga al aire 6 kV descarga por contacto
Campos electromagnéticos	IEC 61000-4-3	Intensidad de campo 10 V/m
Radiación HF en cables y pantallas de cable	IEC 61000-4-6	10 V
Impulsos en ráfagas	IEC 61000-4-4 grado de intensidad 3	2 kV (conductores de alimentación y de señalización)
Impulso individual de alta energía (Surge) (sólo para LOGO! 230....)	IEC 61000-4-5 grado de intensidad 3	1 kV (conductores alimentación) simétrico 2 kV (conductores alimentación) asimétrico
Datos sobre seguridad IEC / VDE		
Dimensionamiento de los entrehierros y las fugas	IEC 60664, IEC 61131-2, EN 50178 cULus según UL 508, CSA C22.2 No. 142 En LOGO! 230R/RC también VDE 0631	se cumple
Rigidez dieléctrica	IEC 61131-2	se cumple

Fuente: Siemens, **Logo! Manual edición 03/2003**, página 266.

Tabla A-3. Datos técnicos generales eléctricos del LOGO! 230RC y DM8 230R

	LOGO! 230RC LOGO! 230RC _o	LOGO! DM8 230R
Fuente de alimentación		
Tensión de entrada	115...240 V CA/CC	115...240 V CA/CC
Margen admisible	85 ... 265 V CA 100 ... 253 V CC	85 ... 253 V CA 85 ... 253 V CC
Frecuencia de red admisible	47 ... 63 Hz	47 ... 63 Hz
Consumo de corriente		
• 115 V c.a.	10 ... 40 mA	10 ... 30 mA
• 240 V CA	10 ... 25 mA	10 ... 20 mA
• 115 V CC	5 ... 25 mA	5 ... 15 mA
• 240 V CC	5 ... 15 mA	5 ... 10 mA
Compensación de fallos de tensión		
• 115 V CA/CC	típ. 10 ms	típ. 10 ms
• 240 V CA/CC	típ. 20 ms	típ. 20 ms
Potencia disipada en caso de		
• 115 V c.a.	1,1 ... 4,6 W	1,1 ... 3,5 W
• 240 V CA	2,4 ... 6,0 W	2,4 ... 4,8 W
• 115 V CC	0,5 ... 2,9 W	0,5 ... 1,8 W
• 240 V CC	1,2 ... 3,6 W	1,2 ... 2,4 W
Respaldo del reloj a 25 °C	típ. 80 h	
Precisión del reloj de tiempo real	máx. 2s / día	
Entradas digitales		
Cantidad	8	4
Separación galvánica	no	no

Fuente: Siemens, Logo! Manual edición 03/2003, página 267.

Tabla A-4. Datos entradas y salidas del LOGO! 230RC y DM8 230R

	LOGO! 230RC LOGO! 230RCo	LOGO! DM8 230R
Tensión de entrada L1		
<ul style="list-style-type: none"> • señal 0 • señal 1 • señal 0 • señal 1 	<p><40 V c.a. >79 V c.a. < 30 V CC > 79 V CC</p>	<p><40 V c.a. >79 V c.a. < 30 V CC > 79 V CC</p>
Intensidad de entrada para		
<ul style="list-style-type: none"> • señal 0 • señal 1 	<p><0,03 mA >0,08 mA</p>	<p><0,03 mA >0,08 mA</p>
Tiempo de retardo para		
<ul style="list-style-type: none"> • cambio de 0 a 1 • cambio de 1 a 0 	<p>tip. 50 ms tip. 50 ms</p>	<p>tip. 50 ms tip. 50 ms</p>
Longitud del conductor (sin blindaje)	100 m	100 m
Salidas digitales		
Cantidad	4	4
Tipo de las salidas	Salidas a relé	Salidas a relé
Separación galvánica	sí	sí
En grupos de	1	1
Activación de una entrada digital	sí	sí
Corriente constante I_{th}	máx. 10 A por relé	máx. 5 A por relé
Carga de lámparas incandescentes (25.000 maniobras) en caso de		
230/240 V CA	1.000 W	1.000 W
115/120 V CA	500 W	500 W
Tubos fluorescentes con dispositivo previo electr. (25.000 histérisis)	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)

Fuente: Siemens, Logo! Manual edición 03/2003, página 268.

Tabla A-5. Datos de salidas y frecuencias de conmutación del LOGO! 230RC y DM8 230R

	LOGO! 230RC LOGO! 230RC _o	LOGO! DM8 230R
Tubos fluorescentes compensados convencionalmente (25.000 maniobras)	1 x 58 W (para 230/240 V c.a.)	1 x 58 W (para 230/240 V c.a.)
Tubos fluorescentes no compensados (25.000 maniobras)	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)
Resistencia a cortocircuitos cos 1	Contactora potencia B16 600 A	Contactora potencia B16 600 A
Resistencia a cortocircuitos cos 0,5 a 0,7	Contactora potencia B16 900 A	Contactora potencia B16 900 A
Derating	Ninguno; en todo el margen de temperatura	Ninguno; en todo el margen de temperatura
Conexión de las salidas en paralelo para aumentar la potencia	no admisible	no admisible
Protección de un relé de salida (si se desea)	máx. 16 A, característica B16	máx. 16 A, característica B16
Frecuencia de conmutación		
Mecánica	10 Hz	10 Hz
Carga óhmica/carga de lámparas	2 Hz	2 Hz
Carga inductiva	0,5 Hz	0,5 Hz

Fuente: Siemens, Logo! Manual edición 03/2003, página 265.

Normas aplicadas al montaje y de seguridad del Micrologix 1000 y 1200

Las siguientes normas de seguridad mencionadas están relacionadas a la ejecución del proyecto, así mismo al modo de instalación y seguridad de los dispositivos.

Normas IP (International Protection)

Grados de protección de aparatos eléctricos mediante cajas, tapas, y similares según **CEI 529 (1989)/EN 60 529**. (CEI Comitato Electrotécnico Italiano, EN Europäische Norm).

La aplicación a los grados de protección para aparata eléctrica mediante un envolvente, se indican mediante códigos que se componen de las letras IP y dos cifras.

La primera cifra indica la protección contra contactos fortuitos y cuerpos extraños, y la segunda cifra indica la protección contra agua.

Tabla A-6. Protección contra contactos y cuerpos extraños

Primera cifra	Ámbito de protección	
	Denominación	Explicación
0	Sin protección	No existe protección especial para personas contra un contacto casual componentes conectados a tensión o en movimiento. El aparato no está protegido contra la penetración de cuerpos extraños.
1	Protección contra cuerpos extraños \geq 50 mm	Protección contra contacto accidental, por ej. de la mano, con componentes conectados a tensión y componentes internos en movimiento. No existe protección, no obstante, contra el acceso voluntario a estos componentes. Protección contra cuerpos extraños sólidos con un diámetro de 50 mm y superior.
2	Protección contra cuerpos extraños \geq 50 mm	Protección contra contactos con los dedos con componentes conectados a tensión o componentes internos en movimiento. Protección contra cuerpos extraños sólidos con un diámetro de 12.5 mm y superior.
3	Protección contra cuerpos extraños \geq 2.5 mm	Protección contra contactos con componentes conectados a tensión o con componentes internos en movimiento mediante herramientas, alambres o similares, de un espesor de 2.5 mm y superior.
4	Protección contra cuerpos extraños \geq 1 mm	Protección contra contactos con componentes conectados a tensión o con componentes internos en movimiento mediante herramientas, alambres o similares, de un espesor de 1 mm y superior.
5	Protección contra depósitos de polvo	Protección total contra contactos con componentes conectados a tensión o componentes internos en movimiento. Protección contra depósitos perjudiciales. No puede impedirse completamente la penetración de polvo, pero la cantidad de polvo que haya podido entrar no ha de limitar el funcionamiento o la seguridad del aparato.
6	Protección contra la entrada de polvo. Estanqueidad al polvo	Protección total contra contactos con componentes conectados a tensión o componentes internos en movimiento. Protección contra la penetración del polvo.

Fuente: Publicación técnica de Moeller, **Manual de Esquemas Automatización y distribución de energía**, página.09/065.

A continuación se presenta un ejemplo de esta aplicación:

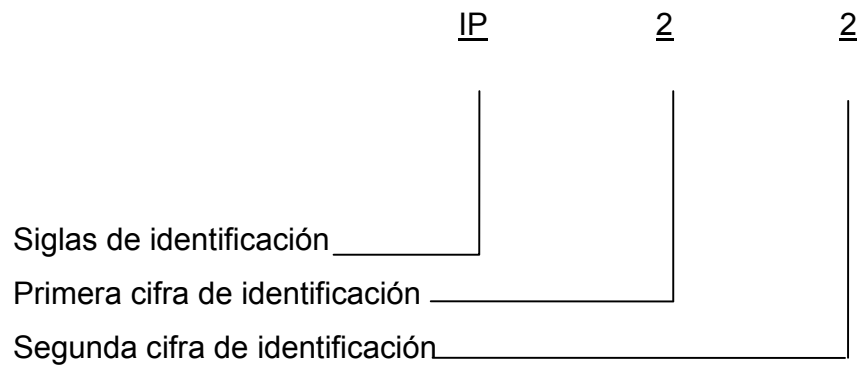


Tabla A-7. Protección contra agua

Primera cifra	Ámbito de protección	
	Denominación	Explicación
0	No existe protección	No existe protección especial.
1	Protección contra goteo vertical	El goteo de caída vertical no ha de acarrear efectos perjudiciales.
2	Protección contra goteo de agua de caída vertical hasta 15°	El goteo de caída vertical no ha de tener efectos perjudiciales, si la caja esta inclinada en un ángulo de 15° a ambos lados de la vertical.
3	Protección contra agua de pulverización	El agua que se pulverice en un ángulo de hasta 60° a ambos lados de la vertical no debe tener efectos perjudiciales.
4	Protección contra salpicaduras de agua	El agua que salpica la caja desde todas direcciones no ha de tener consecuencias perjudiciales.
5	Protección contra chorro de agua	Un chorro de una boquilla dirigido desde todas direcciones al aparato no ha de tener efectos perjudiciales.
6	Protección contra chorro fuerte de agua	Un chorro de una boquilla dirigidos contra la caja del aparato desde todas direcciones no ha tener consecuencias perjudiciales.
7	Protección contra inmersión temporal	Si se sumerge el aparato en el agua, en las condiciones de presión y tiempo establecidas por la norma, el agua no debe penetrar en cantidades perjudiciales.
8	Protección contra inmersión continua	Si el aparato se sumerge de manera continua en el agua, en las condiciones acordadas establecidas entre fabricante y usuario, el agua no debe penetrar en cantidades perjudiciales. Las condiciones han de ser más difíciles que las establecidas para la cifra de identificación 7.
9K ¹	Protección contra limpieza a lata presión/chorro de vapor	El agua orientada contra la caja del aparato, precedente de todas direcciones y a alta presión, no tiene que tener consecuencias perjudiciales. Presión del agua 100 bar. Temperatura del agua 80 °C.

Fuente: Publicación técnica de Moeller, **Manual de Esquemas Automatización y distribución de energía**, página 09/066.

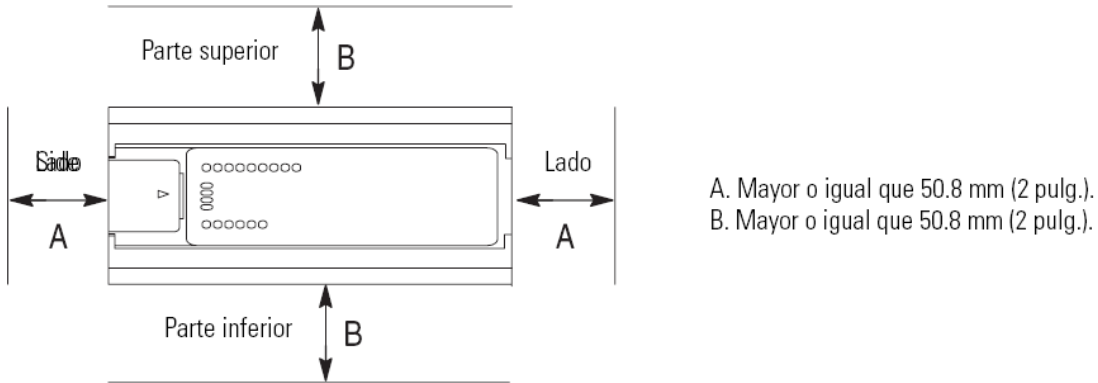
¹ Esta cifra de identificación procede de la norma DIN 40 050 Parte 9.

Normas aplicadas al montaje y de seguridad Micrologix 1000 y 1200

El montaje de los dispositivos y cableado MicroLogix están referidos del manual Instrucciones de Instalación de Controladores Programables MicroLogix 1000 (publicado 005/2002) y 1200 (publicado 03/2004). A continuación se describen las siguientes consideraciones aplicadas.

- No reemplace los componentes ni desconecte el equipo a menos que la alimentación eléctrica se haya desactivado y se determine que el lugar no es peligroso
- No conecte, ni desconecte al momento en que el circuito esté en funcionamiento a menos que se esté seguro que el lugar no es peligroso.
- Los dispositivos deben de instalarse en un envoltorio. Al momento de ser conectados los cables deben permanecer en el envoltorio o estar protegidos.
- Al instalar el controlador tenga precaución con los restos o rebabas metálicos que suelen emerger al momento de una perforación. No perfora agujeros sobre un controlador, si así lo desea el dispositivo ya instalado debe tener una cubierta protectora, ya que los restos que caen al controlador pueden estropearlo.

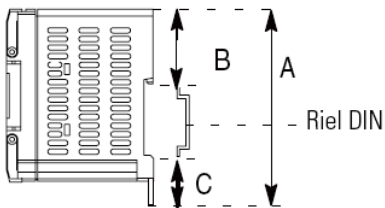
El controlador se debe de instalar horizontalmente sobre el riel DIN.



Fuente: Catálogo Allen Bradley, **MicroLogix 1000 edición 09/2007**, página 72.

Uso del riel DIN

Un riel DIN es la pieza que sirve de anclaje para diversos controladores y viene en medidas estandarizadas,

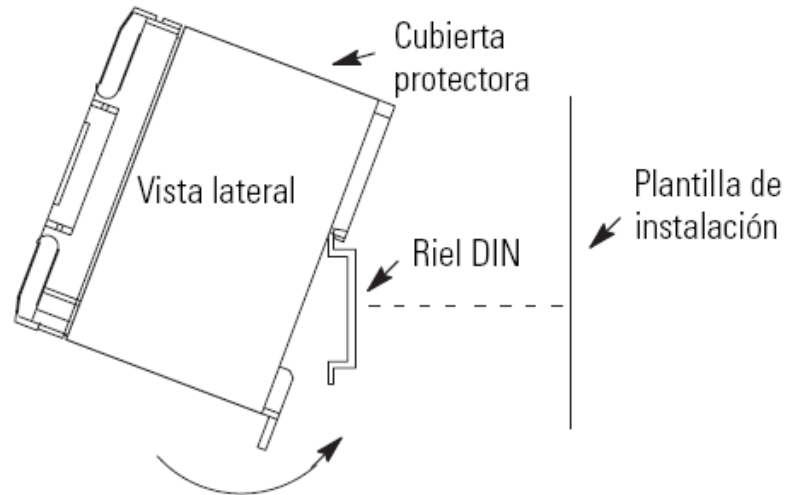


Indicación	Dimensión
A	84 mm (3.3 pulg.)
B	33 mm (1.3 pulg.)
C	16 mm (0.63 pulg.)

Fuente: Catálogo Allen Bradley, **MicroLogix 1000 edición 09/2007**, página 73.

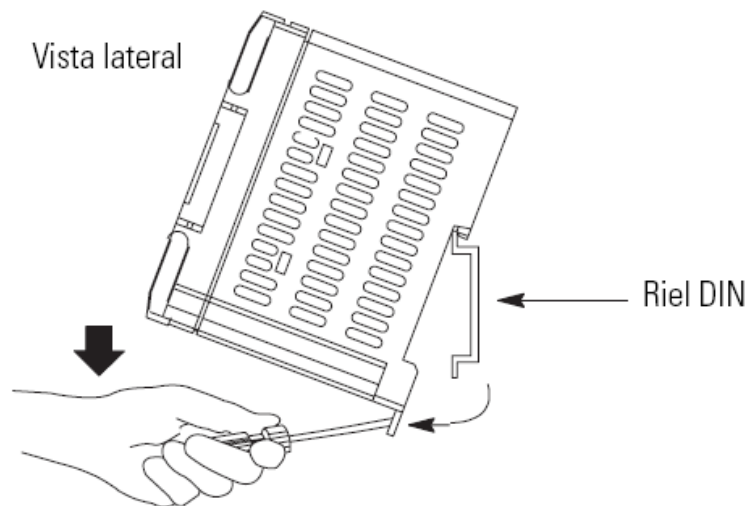
Para la colocación del controlador incorpore éste sobre el riel DIN enganchándolo por la ranura superior, mientras empuja el controlador contra el riel.

Ajuste por último, el controlador en la posición que sea de beneficio.



Fuente Fuente: Catálogo Allen Bradley, **MicroLogix 1000 edición 09/2007**, página 73.

Para su extracción debe auxiliarse de un destornillador, que debe de colocar en el seguro del riel DIN en parte inferior del controlador. Luego sujete el controlador y ejerza presión hacia abajo sobre el seguro hastíe que el controlador se desenganche del riel DIN



Fuente: Catálogo Allen Bradley, **MicroLogix 1000 edición 09/2007**, página 73.

ANEXO B

CRONOGRAMA DE LAS PRÁCTICAS

El presente trabajo de graduación contiene 6 prácticas detalladas a continuación:

PRÁCTICA 1. DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL PARA PROCESOS SECUENCIALES (12 horas, 3 sesiones)

PRÁCTICA 2. MODELADO MEDIANTE GRAFCET (8 horas, 2 sesiones)

PRÁCTICA 3. DISEÑAR E IMPLEMENTAR ALGORITMOS DE CONTROL DE ESTRUCTURA LINEAL MEDIANTE UNA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN (8 horas, 2 sesiones)

PRÁCTICA 4. DISEÑAR E IMPLEMENTAR ALGORITMOS DE CONTROL DE ESTRUCTURAS AVANZADAS MEDIANTE DISTINTOS TIPOS DE AUTÓMATAS PROGRAMABLES (8 horas, 2 sesiones)

PRÁCTICA 5. DISEÑAR E IMPLEMENTAR EL ALGORITMO DE CONTROL PARA UN SISTEMA MODULAR DE PRODUCCIÓN (16 horas, 4 sesiones)

PRÁCTICA 6. REALIZAR EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA UN PROCESO SECUENCIAL (8 horas, 2 sesiones)

Es igual a 60 horas productivas de capacitación y 15 sesiones