



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

**“DISEÑO, DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
MANUFACTURA PARA PROCESAR BASES PARA MANÓMETROS”**

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

PRESENTADO POR:

DENNIS CAROLINA ALLAUCA VIZUETE

JOSÉ FABIÁN CEVALLOS MAZÓN

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

DEDICATORIA

A Dios, mis padres y a mi hermana...

Ya que gracias a sus sacrificios, apoyo, esmero, paciencia y comprensión me permitieron superar todos los obstáculos que se presentaron a lo largo de este trayecto y mi vida.

Y de ellos he aprendido que sirviendo a nuestro prójimo es como lograremos ser cada día mejores, más felices y sentirnos realizados como personas.

Dennis Carolina Allauca Vizúete.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a Dios, mis padres por su sacrificio, paciencia y apoyo incondicionalmente brindado en el transcurso de mi vida y de mi carrera, a mi hermana por estar siempre a mi lado y a toda mi familia por ser la fuente de inspiración para culminar mi carrera, así como a mis amigos con quienes compartí buenos y malos momentos dentro de las aulas.

José Fabián Cevallos Mazón.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por regalarme vida y salud para alcanzar una nueva meta en el camino de mi vida, a mis familiares que me ayudaron siempre.

A la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO y a su planta docente, por la oportunidad que me han brindado para continuar con mi capacitación y superación profesional, de manera especial a los Ingenieros Jorge Luis Paucar y Marco Viteri Director y Miembro de Tesis respectivamente por sugerencias y apoyo incondicional en la elaboración de este trabajo investigativo y a todas las personas que de una u otra manera coadyuvaron en la realización del mismo.

Dennis Carolina Allauca Vizúete.

AGRADECIMIENTO

Este documento recopila todos los conocimientos adquiridos en el transcurso de mi carrera, por tal motivo agradezco a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO institución que me ha dado la oportunidad de formarme como profesional y persona a través de sus catedráticos que me brindaron sus conocimientos y experiencias, de manera especial al Ing. Jorge Luis Paucar y al Ing. Marco Viteri, Director y Miembro de Tesis, quienes me guiaron sabiamente para culminar con éxito este proyecto.

A mis padres y hermana que gracias a sus esfuerzos y sacrificios me ayudaron a enfrentar los inconvenientes presentados para culminar este trabajo de investigación.

José Fabián Cevallos Mazón.

FIRMAS DE RESPONSABLES Y NOTA

NOMBRE	FIRMA	FECHA
ING. IVÁN MENES		
DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ING. PAÚL ROMERO		
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES
ING. JORGE LUIS PAUCAR		
DIRECTOR DE TESIS
ING. MARCO VITERI		
MIEMBRO DEL TRIBUNAL
TLGO. CARLOS RODRÍGUEZ		
DIRECTOR DPTO DOCUMENTACIÓN
NOTA DE LA TESIS	

DERECHOS DE AUTORÍA

Nosotros, Dennis Carolina Allauca Vizuite y José Fabián Cevallos Mazón, declaráramos ser los autores del presente trabajo de Tesis “**DISEÑO, DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA PARA PROCESAR BASES PARA MANÓMETROS**”, previo a la obtención del título de INGENIEROS EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES, fue elaborada en su totalidad por nosotros, haciéndonos totalmente responsables por las ideas, criterios, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio de la misma pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

FIRMAS:

Dennis Carolina Allauca Vizuite

CI. 060410928-0

José Fabián Cevallos Mazón

CI. 020179951-7

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ADC's	Analógico-digitales
AWG	American Wire Gauge Calibre de alambreestadunidense
CPU	Unidad Central de Proceso
CEX	Cilindro de Expulsión
CJ	Cilindro de Sujeción
CT	Cilindro de Taladrado
CV	Cilindro de Verificación
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
E/S	Entrada/Salida
GRAF CET	Gráfico Funcional de Control de Etapas
HMI	Interfaz Humano- Máquina
IP	Protocolo de Internet
IPxx	Grado de protección contra polvo y líquidos para los dispositivos
LD	Ladder diagram Diagrama de contactos
M	Motor
MS	Milisegundos
PC	Parte Control
PCM	Panel de Control y Mando
PLC	Programmable Logic Controllers Controlador Lógico Programable
RAM	Memoria de lectura y escritura
ROM	Memoria de solo lectura
S	Segundos
SE	Sensor emisor
SIT	Sensor inductivo- taladro
SMV	Sensor magnético-verificación
SO	Sensor óptico
SR	Sensor receptor
RPM	Revoluciones por minuto
SIMS	Sensor inductivo mesa
TICs	Tecnología de la informática y comunicaciones
VDC	Voltaje de corriente directa
V	Voltios
VQ	Válvula reguladora de caudal
WWW	World Wide Web

ÍNDICE GENERAL

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL..... - 20 -

1.1. ANTECEDENTES - 20 -

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS..... - 21 -

1.3. OBJETIVOS - 22 -

1.3.1. OBJETIVO GENERAL - 22 -

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS - 22 -

1.4. HIPÓTESIS - 23 -

CAPÍTULO II

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN..... - 24 -

2.1. INTRODUCCIÓN - 24 -

2.2. DEFINICIÓN - 26 -

2.3. CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN - 28 -

2.3.1. SISTEMAS FÍSICOS Y ABSTRACTOS..... - 28 -

2.3.2. NATURALES Y ELABORADOS - 28 -

2.3.3. TÉCNICOS Y CIVILES O SOCIALES..... - 29 -

2.3.4. ABIERTOS Y CERRADOS..... - 29 -

2.3.5. SISTEMA DE PRODUCCIÓN..... - 29 -

2.3.6.	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS EN BASE A SU PROCESO	- 30 -
2.3.7.	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN BASE A SU FINALIDAD	- 31 -
2.3.8.	SISTEMAS NUEVOS DE PRODUCCIÓN	- 33 -
2.4.	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MODULAR.....	- 34 -
2.4.1.	OBJETIVOS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN MODULAR	- 36 -
2.4.2.	DISTRIBUCIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO	- 37 -
2.4.3.	VENTAJAS.....	- 39 -
2.4.4.	DESVENTAJAS.....	- 39 -
2.5.	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MODULAR MPS.....	- 39 -
2.6.	ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO.....	- 41 -
2.6.1.	FUNCIÓN.....	- 41 -
2.6.2.	OPERACIÓN DE TALADRADO	- 41 -
2.6.3.	DATOS TÉCNICOS.....	- 42 -
2.6.4.	OBJETIVOS DIDÁCTICOS PARA EL TRABAJO DE PROYECTO.....	- 42 -
2.6.4.1.	MECÁNICA	- 42 -
2.6.4.2.	ELECTRICIDAD	- 43 -
2.6.4.3.	SENSORES	- 43 -
2.6.4.4.	PLC.....	- 43 -
2.6.4.5.	LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS	- 43 -
2.6.4.6.	TECNOLOGÍA DE MANIPULACIÓN.....	- 43 -
2.6.5.	LOS COMPONENTES.....	- 43 -

CAPÍTULO III

	SISTEMAS DE LA ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO	- 45 -
3.1.	INTRODUCCIÓN	- 45 -
3.2.	SISTEMA ELÉCTRICO.....	- 46 -
3.2.1.	CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS	- 46 -
3.2.2.	SENSORES.....	- 47 -
3.2.2.1.	ESTRUCTURA DE UN SENSOR.....	- 47 -
3.2.2.2.	CARACTERÍSTICAS DE UN SENSOR.....	- 48 -
3.2.2.3.	DESCRIPTORES DINÁMICOS DE UN SENSOR.....	- 49 -
3.2.2.4.	ERRORES DE MEDIDA	- 50 -

3.2.2.5.	<i>PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO</i>	- 51 -
3.2.2.6.	<i>CLASIFICACIÓN DE SENSORES</i>	- 52 -
3.2.2.7.	<i>SENSORES INDUCTIVOS</i>	- 54 -
3.2.2.8.	<i>SENSORES CAPACITIVOS</i>	- 57 -
3.2.2.9.	<i>SENSORES MAGNÉTICOS</i>	- 60 -
3.2.2.10.	<i>SENSORES ÓPTICOS</i>	- 62 -
3.2.3.	<i>CONDUCTORES ELÉCTRICOS</i>	- 65 -
3.2.3.1.	<i>DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES</i>	- 66 -
3.2.4.	<i>MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA</i>	- 68 -
3.2.4.1.	<i>DEFINICIÓN</i>	- 68 -
3.2.4.2.	<i>FUNDAMENTOS DE OPERACIÓN DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS</i> - 68 -	
3.2.4.3.	<i>PARTES FUNDAMENTALES DE UN MOTOR</i>	- 69 -
3.2.4.4.	<i>EXCITACIÓN</i>	- 72 -
3.2.5.	<i>EL RELÉ</i>	- 73 -
3.3.5.1.	<i>PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO</i>	- 73 -
3.3.5.2.	<i>ESTRUCTURA DE UN RELÉ</i>	- 74 -
3.3.5.3.	<i>CARACTERÍSTICAS GENERALES</i>	- 74 -
3.2.6.	<i>ELECTROVÁLVULAS</i>	- 75 -
3.2.6.1.	<i>CLASES Y FUNCIONAMIENTO</i>	- 76 -
3.2.6.2.	<i>TIPOS DE ELECTROVÁLVULAS</i>	- 79 -
3.2.6.3.	<i>NÚMERO DE VÍAS EN LAS ELECTROVÁLVULAS</i>	- 80 -
3.3.	<i>SISTEMA NEUMÁTICO</i>	- 80 -
3.3.1.	<i>INTRODUCCIÓN</i>	- 80 -
3.3.2.	<i>DEFINICIÓN</i>	- 81 -
3.3.3.	<i>ACTUADORES NEUMÁTICOS LINEALES</i>	- 82 -
3.3.3.1.	<i>CILINDROS DE SIMPLE EFECTO</i>	- 82 -
3.3.3.2.	<i>CILINDROS DE DOBLE EFECTO</i>	- 83 -
3.3.3.3.	<i>CILINDRO DE GIRO</i>	- 85 -
3.3.4.	<i>UNIDAD DE MANTENIMIENTO</i>	- 87 -
3.3.4.1.	<i>FUNCIONAMIENTO DE LAS UNIDADES DE MANTENIMIENTO</i> -	88 -
3.3.4.2.	<i>CONSERVACIÓN DE LAS UNIDADES DE MANTENIMIENTO</i>	- 90 -

3.3.5.	<i>MANGUERA DE POLIURETANO</i>	- 90 -
3.3.5.1.	<i>DESCRIPCIÓN GENERAL</i>	- 91 -
3.3.5.2.	<i>CARACTERÍSTICAS</i>	- 91 -
3.3.5.3.	<i>APLICACIONES</i>	- 92 -
3.3.6.	<i>RACOR</i>	- 93 -
3.3.6.1.	<i>TIPOS DE ROSCAS DE RACORES</i>	- 94 -
3.3.6.2.	<i>DISPONIBILIDAD Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</i>	- 94 -
3.3.6.3.	<i>APLICACIONES</i>	- 96 -
3.3.7.	<i>SILENCIADORES</i>	- 97 -
3.4.	<i>CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)</i>	- 97 -
3.4.1.	<i>INTRODUCCIÓN</i>	- 97 -
3.4.2.	<i>HISTORIA</i>	- 98 -
3.4.3.	<i>DEFINICIÓN</i>	- 98 -
3.4.4.	<i>FUNCIONAMIENTO</i>	- 99 -
3.4.4.1.	<i>CÓMO FUNCIONA LA CPU DE UN PLC</i>	- 100 -
3.4.4.2.	<i>FUNCIONES</i>	- 100 -
3.4.5.	<i>VENTAJAS</i>	- 103 -
3.4.6.	<i>DESVENTAJAS</i>	- 104 -
3.4.7.	<i>CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS PLC</i>	- 105 -
3.4.8.	<i>LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN</i>	- 105 -
3.4.8.1.	<i>GRAFCET</i>	- 106 -
3.4.8.2.	<i>LADDER</i>	- 107 -
3.4.8.3.	<i>ELEMENTOS DE PROGRAMACIÓN</i>	- 107 -

CAPÍTULO IV

	<i>DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN</i>	- 109 -
4.1.	<i>DETERMINACIÓN Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS Y COMPONENTES DE LA ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO</i>	- 109 -
4.2.	<i>DISEÑO DE LOS ELEMENTOS Y COMPONENTES DE LA ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO</i>	- 110 -
4.2.1.	<i>ADQUISICIÓN DE LA PLACA PERFILADA DE ALUMINIO</i>	- 110 -
4.2.2.	<i>ADQUISICIÓN DE LA MESA RODANTE (TROLE)</i>	- 111 -
4.2.3.	<i>DISEÑO DE LA MESA GIRATORIA DE INDEXACIÓN</i>	- 112 -
4.2.4.	<i>DISEÑO DE LA ESTRUCTURA PARA EL TALADRO</i>	- 113 -

4.2.5.	<i>DISEÑO DE LA ESTRUCTURA PARA EL CILINDRO DE VERIFICACIÓN</i>	
	- 114 -	
4.2.6.	<i>DISEÑO DE LOS SOPORTES Y BASES</i>	- 115 -
4.2.7.	<i>DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL MOTOR</i>	- 116 -
4.2.8.	<i>DISEÑO GENERAL DEL MONTAJE MECÁNICO DE LA ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO</i>	- 117 -
4.3.	<i>IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO</i>	- 118 -
4.3.1.	<i>MÓDULO DEL PROCESO</i>	- 118 -
4.4.	<i>MONTAJE DE LA ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO</i>	- 119 -
4.4.1.	<i>MONTAJE MECÁNICO</i>	- 120 -
4.4.1.1.	<i>TUERCA CABEZA DE MARTILLO</i>	- 120 -
4.4.1.2.	<i>ÁNGULOS DE SUJECIÓN</i>	- 121 -
4.4.1.3.	<i>CANALETAS Y RIEL DIN</i>	- 122 -
4.4.2.	<i>MONTAJE ELÉCTRICO</i>	- 122 -
4.4.2.1.	<i>MOTOR ELÉCTRICO</i>	- 122 -
4.4.2.2.	<i>FUENTE REGULADORA DE ENERGÍA A 24 V DC</i>	- 125 -
4.4.3.	<i>MONTAJE NEUMÁTICO</i>	- 126 -
4.4.3.1.	<i>ESTACIÓN DE SUJECIÓN</i>	- 127 -
4.4.3.2.	<i>ESTACIÓN DE TALADRADO</i>	- 127 -
4.4.3.3.	<i>ESTACIÓN DE VERIFICACIÓN</i>	- 129 -
4.4.3.4.	<i>ESTACIÓN DE EXPULSIÓN</i>	- 130 -
4.4.3.5.	<i>BLOQUE DE VÁLVULAS DE DISTRIBUCIÓN</i>	- 130 -
4.4.3.6.	<i>MANGUERAS Y RACORES</i>	- 132 -
4.4.4.	<i>MONTAJE ELÉCTRICO</i>	- 133 -
4.4.4.1.	<i>MONTAJE DE SENSORES</i>	- 133 -
4.4.4.2.	<i>SENSORES ÓPTICOS</i>	- 134 -
4.4.4.3.	<i>SENSORES INDUCTIVOS</i>	- 135 -
4.4.4.4.	<i>SENSOR MAGNÉTICO</i>	- 137 -
4.5.	<i>UNIDAD LÓGICA PROGRAMABLE (PLC)</i>	- 138 -
4.5.1.	<i>DESCRIPCIÓN DEL PLC</i>	- 138 -
4.5.2.	<i>SEÑALES DE ENTRADAS/SALIDAS AL PLC</i>	- 139 -
4.5.3.	<i>DETERMINACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO</i>	- 140 -

4.5.4.	GRAF CET.....	- 142 -
4.5.5.	DETERMINACIÓN DE ECUACIONES.....	- 143 -
4.5.6.	IMPLEMENTACIÓN DE LA SECUENCIA EN SOFTWARE TWIDOSUITE SCHNEIDER ELECTRIC.....	- 144 -
4.5.7.	CARGAR EL PROGRAMA EN TWIDOSUITE V 2.2.....	- 150 -
4.5.8.	TRANSMISIÓN DE DATOS PC – PLC.....	- 151 -
4.5.9.	CONSTRUCCIÓN DE INTERFACES DE ENTRADA Y SALIDA DE LOS SENSORES Y PLC.....	- 151 -
4.5.10.	FUNCIONAMIENTO.....	- 152 -
4.6.	DISEÑO DE HMI Y COMUNICACIÓN CON EL OPC.....	- 154 -
4.6.1.	SOFTWARE HMI DE DESARROLLO GRÁFICO LABVIEW 2011.....	- 154 -
4.6.1.1.	INSTALACIÓN.....	- 154 -
4.6.2.	CONFIGURACIÓN DEL OPC.....	- 155 -
4.6.2.1.	CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVOS.....	- 156 -
4.6.2.2.	DIRECCIONAMIENTO DE MEMORIAS.....	- 159 -
4.7.	INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA (HMI).....	- 162 -
4.7.1.	COMPROBACIÓN SENSORES.....	- 164 -
4.7.2.	CONTROL DEL HMI REALIZADO EN LABVIEW.....	- 164 -

CAPÍTULO V

	PRUEBAS Y RESULTADOS.....	- 166 -
5.1.	INTRODUCCIÓN.....	- 166 -
5.2.	PRUEBAS MECÁNICAS.....	- 167 -
5.3.	PRUEBAS ELÉCTRICAS.....	- 167 -
5.4.	PRUEBAS DE SOFTWARE.....	- 168 -
5.5.	PRUEBAS DE DETECCIÓN DE BASES DE MANÓMETROS.....	- 169 -
5.6.	COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS.....	- 169 -

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMARY

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA II-1. ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN	- 27 -
FIGURA II-2. FLUJO DE PROCESO DE UN SISTEMA MODULAR	- 36 -
FIGURA II-3. DISTRIBUCIÓN RECTANGULAR	- 37 -
FIGURA II-4. DISTRIBUCIÓN TIPO “T”	- 38 -
FIGURA II-5. DISTRIBUCIÓN EN PARALELO	- 38 -
FIGURA II-6. DISTRIBUCIÓN MEDIA LUNA	- 38 -
FIGURA II-7. ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO	- 41 -
FIGURA III-8. ESTRUCTURA DE UN SENSOR	- 47 -
FIGURA III-9. DESCRIPTORES DINÁMICOS DE UN SENSOR	- 49 -
FIGURA III-10. CLASIFICACIÓN DE SENSORES	- 53 -
FIGURA III-11. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR INDUCTIVO	- 54 -
FIGURA III-12. SENSOR INDUCTIVO	- 55 -
FIGURA III-13. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	- 58 -
FIGURA III-14. PARTES DEL SENSOR CAPACITIVO	- 58 -
FIGURA III-15. FUNCIONAMIENTO DE UN SENSOR MAGNÉTICO	- 60 -
FIGURA III-16. MONTAJE DE UN SENSOR MAGNÉTICO EN UN CILINDRO	- 61 -
FIGURA III-17. SENSOR ÓPTICO	- 62 -
FIGURA III-18. CONDUCTORES ELÉCTRICOS	- 65 -
FIGURA III-19. MOTOR DC	- 68 -
FIGURA III-20. OPERACIÓN DEL MOTOR DC	- 69 -
FIGURA III-21. ESTATOR DE MOTOR DC	- 70 -
FIGURA III-22. ROTOR DE MOTOR DC	- 70 -
FIGURA III-23. DELGAS DEL MOTOR DC	- 71 -
FIGURA III-24. RELÉS	- 73 -
FIGURA III-25. ESTRUCTURA DE UN RELÉ	- 74 -
FIGURA III-26. ELECTROVÁLVULA	- 75 -
FIGURA III-27. PARTES DE ELECTROVÁLVULA	- 78 -
FIGURA III-28. CILINDRO DE SIMPLE EFECTO	- 83 -
FIGURA III-29. CILINDRO DE DOBLE EFECTO	- 84 -
FIGURA III-30. UNIDAD DE MANTENIMIENTO NEUMÁTICA	- 87 -
FIGURA III-31. FUNCIONAMIENTO DE LA UNIDAD DE MANTENIMIENTO NEUMÁTICA	- 89 -
FIGURA III-32. MANGUERA DE POLIETILENO	- 90 -
FIGURA III-33. RACORES	- 93 -
FIGURA III-34. PARTES DE UN RACOR	- 94 -
FIGURA III-35. LONGITUD DE RACOR	- 95 -
FIGURA III-36. CORTE DE RACOR	- 96 -
FIGURA III-37. DESINSTALACIÓN DE MANGUERA	- 96 -

FIGURA III-38. SILENCIADORES	- 97 -
FIGURA IV-39. PLACA PERFILADA DE ALUMINIO PARA LA BASE DE LA ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO	- 111 -
FIGURA IV-40. MESA RODANTE	- 112 -
FIGURA IV-41. DISEÑO DE LA MESA GIRATORIA DE INDEXACIÓN DE 6 POSICIONES	- 113 -
FIGURA IV-42. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA PARA EL TALADRADO	- 114 -
FIGURA IV-43. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA PARA EL CILINDRO DE VERIFICACIÓN	- 115 -
FIGURA IV-44. DISEÑO DE LOS SOPORTES Y BASES	- 116 -
FIGURA IV-45. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL MOTOR	- 116 -
FIGURA IV-46. VISTA SUPERIOR DE LA ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO	- 117 -
FIGURA IV-47. VISTA FRONTAL DE LA ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO	- 117 -
FIGURA IV-48. VISTA LATERAL DE LA ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO	- 118 -
FIGURA IV-49. VISTA FRONTAL 2 DE LA ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO	- 118 -
FIGURA IV-50. ESQUEMA GENERAL DEL MÓDULO DEL PROCESO	- 119 -
FIGURA IV-51. PLACA PERFILADA DE ALUMINIO	- 120 -
FIGURA IV-52. TUERCA CABEZA DE MARTILLO	- 121 -
FIGURA IV-53. ÁNGULOS DE SUJECIÓN	- 121 -
FIGURA IV-54. CANALETAS Y RIEL DIN	- 122 -
FIGURA IV-55. MOTOR PARA LA MESA GIRATORIA DE INDEXACIÓN	- 123 -
FIGURA IV-56. RELÉ QUE ACTIVA EL MOTOR DE LA MESA GIRATORIA DE INDEXACIÓN	- 123 -
FIGURA IV-57. PANEL DE CONTROL	- 124 -
FIGURA IV-58. PANEL DE CONTROL DEL PLC	- 125 -
FIGURA IV-59. FUENTE REGULADORA DE ENERGÍA A 24 V DC	- 126 -
FIGURA IV-60. MONTAJE DEL CILINDRO DE SUJECIÓN CSJ	- 127 -
FIGURA IV-61. TALADRO NEUMÁTICO	- 128 -
FIGURA IV-62. MONTAJE DEL CILINDRO DEL TALADRO CT	- 128 -
FIGURA IV-63. MONTAJE DEL CILINDRO DE VERIFICACIÓN CV	- 129 -
FIGURA IV-64. MONTAJE DEL CILINDRO DE EXPULSIÓN CEP	- 130 -
FIGURA IV-65. MONTAJE DEL BLOQUE DE VÁLVULAS DE DISTRIBUCIÓN	- 131 -
FIGURA IV-66. MANGUERA Y RACORES	- 133 -
FIGURA IV-67. MONTAJE DE LOS SENSORES ÓPTICOS SO	- 135 -
FIGURA IV-68. MONTAJE DE SENSOR INDUCTIVO SI	- 136 -
FIGURA IV-69. MONTAJE DE SENSOR MAGNÉTICO	- 137 -
FIGURA IV-70. MONTAJE DEL PLC TELEMECANIQUE TWDLCAE40DRF	- 138 -
FIGURA IV-71. GRAFCET DEL PROCESO	- 143 -
FIGURA IV-72. CARPETA PARA EJECUTAR TWIDOSUITE	- 145 -

FIGURA IV-73. INICIO DEL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN TWIDOSUITE	- 146
-	
FIGURA IV-74. CREAR UN PROYECTO EN TWIDOSUITE V2.2	- 146 -
FIGURA IV-75. AGREGAR UN DISPOSITIVO EN TWIDOSUITE V 2.2	- 147 -
FIGURA IV-76. CONFIGURAR IP DEL DISPOSITIVO EN TWIDOSUITE V 2.2	- 147 -
FIGURA IV-77. ASIGNACIÓN DE ENTRADAS EN TWIDOSUITE V 2.2	- 148 -
FIGURA IV-78. ASIGNACIÓN DE SALIDAS EN TWIDOSUITE V 2.2	- 148 -
FIGURA IV-79. ASIGNACIÓN DE MEMORIAS EN TWIDOSUITE V 2.2	- 149 -
FIGURA IV-80. PROGRAMACIÓN LADDER EN TWIDOSUITE V 2.2	- 150 -
FIGURA IV-81. CONFIRMAR CONEXIÓN EN TWIDOSUITE V 2.2	- 151 -
FIGURA IV-82. INTERFAZ DE ENTRADA/SALIDAS DE SEÑALES AL PLC	- 152 -
FIGURA IV-83. DISEÑO DEL CIRCUITO DE TARJETAS DE ENTRADA/SALIDA DE SEÑALES AL PLC	- 153 -
FIGURA IV-84. DISEÑO DEL PBC DE TARJETAS DE ENTRADA/SALIDA DE SEÑALES AL PLC	- 153 -
FIGURA IV-85. PANTALLA DE PRESENTACIÓN DE LABVIEW	- 154 -
FIGURA IV-86. PANTALLA PRINCIPAL DE LABVIEW 2011	- 155 -
FIGURA IV-87. EJECUTAR NI OPC SERVER	- 155 -
FIGURA IV-88. CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVOS	- 156 -
FIGURA IV-89. NOMBRE DEL PLC	- 157 -
FIGURA IV-90. SELECCIÓN MODBUS	- 157 -
FIGURA IV-91. CONFIGURACIÓN DE LA DIRECCIÓN IP DEL PLC TWDLCAA40DRF	- 158 -
FIGURA IV-92. PARÁMETROS DE TIEMPO DE COMUNICACIÓN	- 158 -
FIGURA IV-93. CONFIGURACIÓN DE LAS TAGS	- 159 -
FIGURA IV-94. PROPIEDADES DE LAS TAGS	- 160 -
FIGURA IV-95. CREACIÓN DEL BOTÓN OPCINICIO	- 161 -
FIGURA IV-96. TAGS DECLARADOS DE LA ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO	- 161 -
FIGURA IV-97. PANTALLA PRINCIPAL DEL HMI MESA DE INDEXACIÓN	- 162 -
FIGURA IV-98. PANTALLA PRINCIPAL DEL HMI MESA DE INDEXACIÓN	- 163 -
FIGURA IV-99. PANTALLA PRINCIPAL DEL HMI DE LA MESA DE INDEXACIÓN	- 164 -
FIGURA IV-100. DIAGRAMA DE BLOQUES DE HMI DE LA MESA DE INDEXACIÓN	- 164 -
FIGURA IV-101. DIAGRAMA DE BLOQUES DE HMI DE LA MESA DE INDEXACIÓN	- 165 -

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA III-I.PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE SENSORES	- 51 -
TABLA III-II. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE SENSORES CAPACITIVOS	- 59 -
TABLA III-III. TIPOS DE MANGUERAS	- 93 -
TABLA III-IV. ELEMENTOS DE UN GRAFCET	- 106 -
TABLA III-V. ELEMENTOS DE PROGRAMACIÓN DEL LENGUAJE LADDER	- 108 -
TABLA IV-VI. ASIGNACIÓN DE ENTRADAS/SALIDAS DEL PLC.....	- 139 -
TABLA IV-VII. TIPOS DE DATOS OPC	- 160 -
TABLA V-VIII. ESTACIONES DE LAS 2 ESTACIONES DE PROCESAMIENTO-	170 -
TABLA V-IX. TIEMPOS DE EJECUCIÓN DE LA ESTACIONES DE TRABAJO	- 171 -

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de control han evolucionado y diversificado de tal manera que en la actualidad se puede seleccionar tanto los sistemas de control como los de producción.

La implementación con tecnología tradicional exige por cada componente el uso de sistemas de energía diversos.

Como una variedad de los dispositivos se pueden usar también sistemas eléctricos para lograr el objetivo de mover las partes ejecutantes de los procesos de producción.

En la estación de Procesamiento, las piezas se verifican y se procesan en una mesa giratoria de indexación. Esta estación utiliza accionamientos eléctricos y neumáticos. La mesa giratoria de indexación es accionada por un motor DC, es posicionada por medio de un circuito por relés, siendo detectada la posición de la mesa a través de cuatro sensores ópticos.

En la mesa de indexación giratoria, las piezas son verificadas y taladradas en dos procesos paralelos. Un electroimán con un sensor óptico verifica que las piezas se hallen colocadas en la posición correcta. Durante el taladrado, la pieza es sujeta por un cilindro monoestable. Las piezas acabadas son sacadas a través de un cilindro giratorio.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. ANTECEDENTES

Los sistemas de control han evolucionado y diversificado de tal manera que en la actualidad se puede seleccionar tanto los sistemas de control como los de producción.

La implementación con tecnología tradicional exige por cada componente el uso de sistemas de energía diversos.

Como una variedad de los dispositivos se pueden usar también sistemas eléctricos para lograr el objetivo de mover las partes ejecutantes de los procesos de producción.

En la Estación de Procesamiento, las piezas se verifican y se procesan en una mesa giratoria de indexación. Esta estación utiliza accionamientos eléctricos y neumáticos. La mesa giratoria de indexación es accionada por un motor DC, es posicionada por medio de relés, siendo detectada la posición de la mesa a través de una combinación de cuatro sensores ópticos.

En la mesa de indexación giratoria, las piezas son verificadas y taladradas en dos procesos paralelos. Un cilindro con un sensor óptico verifica que las piezas se hallen colocadas en la posición correcta. Durante el taladrado, la pieza es sujeta por un cilindro simple monoestable. Las piezas acabadas son sacadas a través de un cilindro giratorio.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS

El procesamiento de los componentes es una opción mucho más rentable y confiable debido a que se cumplen parámetros tales como:

- Ajuste mecánico de una estación.
- Correcto cableado de componentes eléctricos.
- Programación de controles programables y secuencias de pasos en paralelo.
- Localización sistemática de averías en un sistema de producción.
- Verificación de piezas entrantes.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar, dimensionar e implementar un sistema de manufactura para procesar bases para manómetros.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Averiguar si existe o no un sistema de manufactura para procesar bases para manómetros.
- Establecer las características, dimensionamiento y componentes para una estación manufactura.
- Estudiar y seleccionar los dispositivos necesarios para la implementación de la estación manufactura.
- Diseñar un panel de control e interfaz HMI para el monitoreo de todo el sistema automatizado.
- Implementar la estación manufactura para el Laboratorio de Redes y Control de procesos FIE.

1.4. HIPÓTESIS

Diseño, dimensionamiento e implementación de un sistema de manufactura para procesar bases para manómetros optimizará el proceso de manejo de materiales en el sistema de producción modular por medio de sensores inductivos y sensores ópticos que servirán para el reconocimiento de la ubicación de las bases.

CAPÍTULO II

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

2.1. INTRODUCCIÓN

El concepto “Sistema de Producción” nace en la década de los años 70 y en concreto en el sector de la automatización.

En Japón, al finalizar la Segunda Guerra Mundial, donde realmente empieza a nacer esta metodología.

Es un modo de pensar que persigue la reducción sistemática del tiempo, de los materiales, esfuerzo innecesario en todo un proceso de producción, con el objetivo de obtener los mejores resultados para objetivos de calidad, costo, flexibilidad, eficiencia, eficacia y efectividad.

Un sistema de producción es el proceso de diseños por medio del cual los elementos se transforman en productos útiles. Está caracterizado por la secuencia insumos-conversión-resultados, la misma que se aplica a una gran variedad de actividades humanas.

El diseño, el análisis y el control son fases del estudio de un sistema. El estudio puede principiar con cualquier fase. Durante un periodo, las fases tienden a repetirse cíclicamente. La finalidad de las tareas de diseño, análisis y control es suministrar las bases para una decisión. Las malas decisiones pueden ser el resultado de aplicar los métodos analíticos al objetivo equivocado, de emplear datos no confiables o de interpretarlos o implementarlos de manera incorrecta al curso de acción indicado

El diseño de un sistema de producción empieza con el análisis de la adquisición de la propiedad; la construcción de instalaciones; la adquisición de máquinas y la provisión de fuentes de energía.¹

¹Sistemas de Producción (2013, 1 de junio). *Blogger*. Fecha de consulta: 14:52, septiembre18, 2013 desde <http://javimontoya2013.blogspot.com/p/sistema-de-produccion.html>.

2.2. DEFINICIÓN

Una de las definiciones de la teoría general de sistemas dice que los sistemas son conjuntos de componentes que interaccionan unos con otros, de tal forma que cada conjunto se comporta como una unidad completa.

Un sistema puede ser abierto o cerrado. Los sistemas cerrados llamados también mecánicos funcionan de acuerdo con predeterminadas relaciones de causa y efecto y mantienen un intercambio predeterminado también con el ambiente, donde determinadas entradas producen determinadas salidas. En cambio un sistema abierto conocido como orgánico funcionan dentro de relaciones causa-efecto desconocidas e indeterminadas y mantienen un intercambio intenso con el ambiente.

De este modo se puede decir que un Sistema de Producción es un conjunto de procesos, procedimientos, métodos o técnicas que permiten la obtención de bienes y servicios, gracias a la aplicación sistemática de decisiones que tienen como función incrementar el valor de dichos productos para poder satisfacer necesidades.

Dentro de este marco conceptual se pueden considerar tres ideas, a saber, la primera relativa a la función de producción, la segunda a la tarea de transformación y la última al sistema de decisiones que componen hoy en día la dirección de operaciones.

Dada la comprensión del término «función», es decir, el conjunto de actividades que permite la producción de bienes y servicios, además del relativo a la «cadena de valor» (análisis de actividades y argumento del margen), la dirección de operaciones se asocia al «análisis del valor» o «ingeniería del valor».

Es más, la producción se asocia a un sistema físico o proceso input-output, representado esquemáticamente en la Figura II.1. Los inputs son el conjunto de factores que la empresa tiene que comprar y contratar (materias primas, equipamientos, componentes, energía, mano de obra, recursos financieros.....), algunos de ellos requieren de almacenamiento, mantenimiento o preparación previa antes de su utilización, tareas configuradas en la denominada logística interna.

El ámbito de transformación del valor representa la función técnica de producción o conversión del conjunto de factores (X), fijos y variables, teniendo en cuenta el volumen de actividad, dentro de un conjunto de productos (Q) a través de una tecnología concreta.²

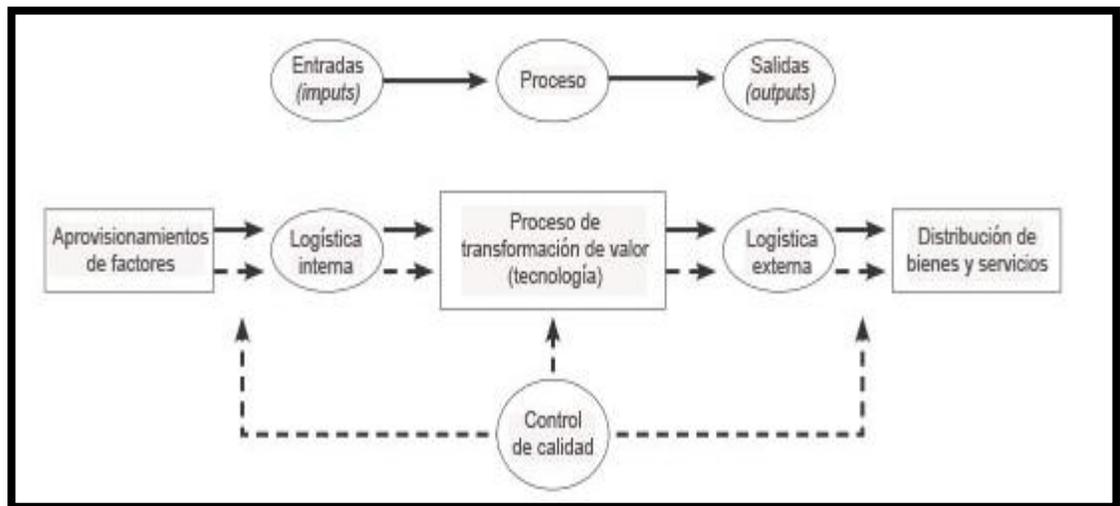


Figura II-1.Estructura del sistema de producción³

²Concepto y estructura del sistema de producción. (2009). UDIMA, *Blog de Administración y Dirección de Empresas de la Universidad a Distancia de Madrid*. Fecha de consulta: 15:30, septiembre 18, 2013 desde http://www.adeudima.com/?page_id=367.

³Estructura del sistema de producción. (2009). UDIMA, *Blog de Administración y Dirección de Empresas de la Universidad a Distancia de Madrid*. Fecha de consulta: 15:30, septiembre 18, 2013 desde http://www.adeudima.com/wp-content/uploads/05_01_01.jpg.

2.3. CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Los sistemas de producción se clasifican de la siguiente forma:

- a) Físicos y Abstractos.
- b) Naturales y Elaborados.
- c) Abiertos y Cerrados.
- d) Técnicos y Civiles o Sociales.
- e) Por Proceso

2.3.1. SISTEMAS FÍSICOS Y ABSTRACTOS

FÍSICOS

Son aquellos sistemas que existen físicamente.

ABSTRACTOS

Son aquellos que solo existen en forma conceptual o en la mente de alguien.

2.3.2. NATURALES Y ELABORADOS

LOS NATURALES

Son aquellos elaborados por la naturaleza.

LOS ELABORADOS

Son realizados por el hombre.

2.3.3. TÉCNICOS Y CIVILES O SOCIALES

LOS SISTEMAS TÉCNICOS

Son los que integran y aplican la tecnología para alcanzar una meta.

LOS SISTEMAS CIVILES O SOCIALES

Sistemas que tienen como finalidad la satisfacción de un objetivo social.

2.3.4. ABIERTOS Y CERRADOS

ABIERTOS

Son aquellos donde es muy difícil predecir su comportamiento. La retroalimentación existente no es controlable y en algunos casos es subjetiva.

SISTEMAS CERRADOS

Son aquellos que tienen objetivos, insumos, productos y relaciones claramente determinados por lo que el control, retroalimentación y pronóstico pueden ser establecidos de manera precisa y objetiva.

2.3.5. SISTEMA DE PRODUCCIÓN

POR PROCESO

Es aquel que por medio de un proceso común se elaboran todos los productos.

POR ÓRDENES

Es aquel donde cada lote de productos diferentes sigue un proceso especial.

2.3.6. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS EN BASE A SU PROCESO

SISTEMAS CONTINUOS

Los sistemas productivos de flujo continuo son aquellos en los que las instalaciones se uniforman en cuanto a las rutas y los flujos en virtud de que los insumos son homogéneos, en consecuencia puede adoptarse un conjunto homogéneo de procesos y de secuencia de procesos. Cuando la demanda se refiere a un volumen grande de un producto estandarizado, las líneas de producción están diseñadas para producir artículos en masa. La producción a gran escala de artículos estándar es características de estos sistemas.

SISTEMAS INTERMITENTES

Las producciones intermitentes son aquellas en que las instituciones deben ser suficientemente flexibles para manejar una gran variedad de productos y tamaños. Las instalaciones de transporte entre las operaciones deben ser también flexibles para acomodarse a una gran variedad de características de los insumos y a la gran diversidad de rutas que pueden requerir estos. La producción intermitente será inevitable, cuando la demanda de un producto no es lo bastante grande para utilizar el tiempo total de la fabricación continua.

SISTEMAS MODULARES

Hace posible contar con una gran variedad de productos relativamente altos y al mismo tiempo con una baja variedad de componentes. La idea básica consiste en desarrollar una serie de componentes básicos de los productos (módulos) los cuales pueden ensamblarse de tal forma que puedan producirse un gran número de productos distintos.

SISTEMAS POR PROYECTOS

El sistema de producción por proyectos es a través de una serie de fases; es este tipo de sistemas no existe flujo de producto, pero si existe una secuencia de operaciones, todas las tareas u operaciones individuales deben realizarse en una secuencia tal que contribuya a los objetivos finales del proyecto. Los proyectos se caracterizan por el alto costo y por la dificultad que representa la planeación y control administrativo.

2.3.7. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN BASE A SU FINALIDAD

PRIMARIOS

Están sujetos a factores incontrolables. Estos sistemas pueden operar como sistemas continuos o intermitentes, dependiendo de la demanda en el mercado.

SECUNDARIOS

Son los de transformación y artesanal. Estos sistemas funcionan como continuos e intermitentes dependiendo de las necesidades y de la demanda del mercado. La

característica de la industria de la transformación es una gran división del trabajo aplicado a la producción en masa.

TERCIARIOS

Engloban todo el sistema productivo o de servicios.

2.3.7.1. SISTEMAS TRADICIONALES DE PRODUCCIÓN

SISTEMA DE PRODUCCIÓN POR ENCARGO

Este se basa en el encargo o pedido de uno o más productos o servicios. La empresa que lo utiliza sólo produce después de haber recibido el contrato o encargo de un determinado producto o servicio, aquí se llevan a cabo tres actividades:

- **Plan de producción:** Relación de materia prima, mano de obra y proceso de producción.
- **Arreglo físico:** Se concentra en el producto.
- **Previsibilidad de la producción:** Cada producto exige un plan de producción específico.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN POR LOTES

Lo utilizan las empresas que producen una cantidad limitada de un tipo de producto o servicio por vez. También se llevan a cabo las tres actividades que el sistema anterior:

- **Plan de producción:** Se realiza anticipadamente en relación a las ventas.

- **Arreglo físico:** se caracterizan por máquinas agrupadas en baterías del mismo tipo.
- **Previsibilidad de la producción:** Debe ser constantemente replanteado y actualizado.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN CONTINUA

Lo usan para producir un determinado producto sin modificaciones por un largo período, el ritmo de producción es rápido y las operaciones se ejecutan sin interrupciones. Dentro de este sistema se realizan los tres pasos:

- **Plan de producción:** Se elabora generalmente para períodos de un año, con subdivisiones mensuales. Este sistema lo utilizan fabricantes de papel, celulosa, de automóviles, electrodomésticos.
- **Arreglo físico:** Se caracteriza por máquinas y herramientas altamente especializadas, dispuestas en formación lineal y secuencial.
- **Previsibilidad de la producción:** El éxito de este sistema depende totalmente del plan detallado de producción, el que debe realizarse antes que se inicie la producción de un nuevo producto.

2.3.8. SISTEMAS NUEVOS DE PRODUCCIÓN

JUST IN TIME

El JIT es una filosofía de trabajo a nivel de toda la empresa más que un sistema de producción. Se confunde, a veces, "filosofía JIT" con "técnicas JIT". Las técnicas JIT se

utilizan, por supuesto, en la filosofía JIT, pero también pueden aplicarse en otros sistemas. En general, el JIT es un sistema de producción con flujo en línea que produce muchos productos en volúmenes bajos o medios.

PRODUCCIÓN FLEXIBLE

Un sistema de producción flexible (en inglés, FMS) consiste en instalaciones (máquinas, manipuladores de carga y descarga, etc.) totalmente controladas por un ordenador central, de modo que la instalación pueda funcionar sin atención de personal. Este sistema de producción es sumamente caro y se utiliza en muy contadas situaciones.⁴

2.4. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MODULAR

Los sistemas de Producción Modular, se definen como un área determinada de trabajo para manufacturar un producto, se trabaja en equipo con flujo continuo, se procesa pieza por pieza desde la primera operación hasta su empaque final.⁵

Hace posible contar con una gran variedad de productos relativamente altos y al mismo tiempo con una baja variedad de componentes. La idea básica consiste en desarrollar una serie de componentes básicos de los productos o módulos los cuales pueden ensamblarse de tal forma que puedan producirse un gran número de productos distintos.⁶

⁴Clasificación de los Sistemas de Producción. (2010). *Itescam*. Fecha de consulta: 15:22, septiembre 18, 2013 desde <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r2627.DOC>.

⁵Sistemas de Producción Modular. (2011). *USON*. Fecha de consulta: 9:00, septiembre 19, 2013 desde <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/8827/Capitulo5.pdf>.

⁶Sistema de producción. (2013, 7 de octubre). *Wikipedia, La enciclopedia libre*. Fecha de consulta: 16:09, octubre 18, 2013, desde http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sistema_de_produccion%20flexible&oldid=70049960.

Las estaciones del sistema de producción modular son el origen y el modelo de casi todos los sistemas para enseñanza de Mecatrónica.

Dicho sistema tiene varias estaciones como son:

- Evaluación
- Clasificación
- Separación
- Músculo neumático

El sistema de producción modular o celular se define como un sistema técnico especializado en una fase de producción en la cual el equipo y las estaciones de trabajo son combinadas para facilitar la producción de pequeños lotes y mantener flujos de producción continuos. Forma grupos con las personas, los procesos y las máquinas para producir una familia de partes, que típicamente constituyen un componente o sub componente completo y, a su vez son realizadas cerca para permitir la retroalimentación entre operadores ante problemas de calidad u otros. Los trabajadores en la manufactura celular están tradicionalmente entrenados para funciones diversas y por tanto son capaces de atender diversas interrogantes.

Esta alternativa de producción aparece ante las exigencias actuales del mercado y el cual está orientado básicamente a la satisfacción de las necesidades del cliente.

Un módulo o célula es un conjunto de dos o más estaciones de trabajo no similares, localizadas uno junto a otro, a través de los cuales se procesa un número limitado de partes

o modelos con flujos de línea y, como resultado, la calidad de la producción y la moral del trabajador se elevan por el simple hecho de trabajar con todo un ensamble y ser capaz de construir un producto terminado en vez de realizar eternamente tareas repetitivas.

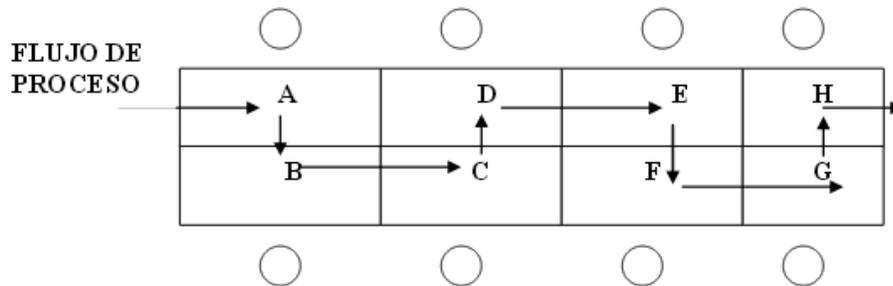


Figura II-2. Flujo de Proceso de un Sistema Modular⁷

2.4.1. OBJETIVOS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN MODULAR

El concepto de manufactura modular surge como respuesta a la prioridad competitiva de flexibilidad y resulta de combinar técnicas modernas extraídas de la filosofía del Just in Time o Justo a Tiempo, cuyo objetivo principal es la eliminación de los desperdicios o recursos que no intervengan activamente en un proceso que añada valor al producto final y, como consecuencia de ello, algunos objetivos complementarios tales como:

- La respuesta rápida a las exigencias del mercado.
- La reducción del costo total del producto.
- Incremento de la calidad del producto reduciendo el porcentaje de rechazos.
- Mejor aprovechamiento de la superficie de la planta.

⁷Flujo de Proceso de un Sistema Modular. (2010). UTN. Fecha de consulta: 10:20, septiembre 19, 2013 desde <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/737/2/04%20IT%20096%20TESIS.pdf>.

- Reducción de los índices de rotación y ausentismo del personal, creando un mejor clima de trabajo.
- Reducción del capital inmovilizado mediante la reducción de las existencias en proceso.
- Incremento del nivel de eficiencia de planta.
- Cumplimiento con los plazos de entrega.
- Desarrollar el potencial del personal.⁸

2.4.2. DISTRIBUCIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO

La distribución de puestos de trabajo para un sistema de producción modular tendrá como objetivo reducir el desplazamiento del operario según el módulo al que pertenecen, para ello las máquinas serán ubicadas lo más cerca posible para aquellos operarios que realizarán más de una operación de acuerdo al balance de línea.

DISTRIBUCIÓN RECTANGULAR

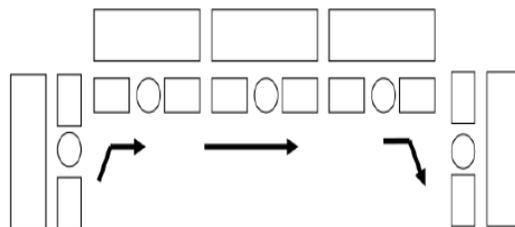


Figura II-3. Distribución Rectangular⁹

⁸Producción Modular. (2010). *UTN*. Fecha de consulta: 10:20, septiembre 19, 2013 desde <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/737/2/04%20IT%20096%20TESIS.pdf>.

⁹Distribución Rectangular. (2010). *UTN*. Fecha de consulta: 10:20, septiembre 19, 2013 desde <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/737/2/04%20IT%20096%20TESIS.pdf>.

DISTRIBUCIÓN TIPO “I”

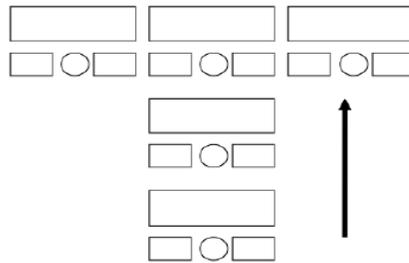


Figura II-4. Distribución Tipo “I”¹⁰

DISTRIBUCIÓN EN PARALELO

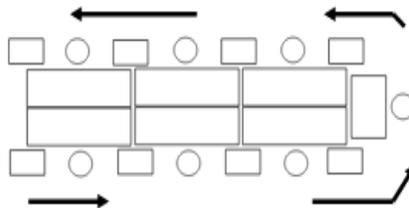


Figura II-5. Distribución en Paralelo¹¹

DISTRIBUCIÓN MEDIA LUNA

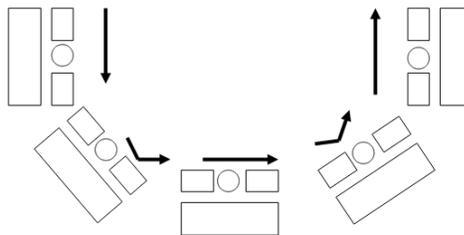


Figura II-6. Distribución Media Luna¹²

¹⁰Distribución tipo t. (2010). *UTN*. Fecha de consulta: 10:30, septiembre 19, 2013 desde <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/737/2/04%20IT%20096%20TESIS.pdf>.

¹¹Distribución en Paralelo. (2010). *UTN*. Fecha de consulta: 10:40, septiembre 19, 2013 desde <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/737/2/04%20IT%20096%20TESIS.pdf>.

2.4.3. VENTAJAS

- Reducción de costos del producto.
- Respuesta rápida a las exigencias del mercado.
- Incremento de la calidad del producto reduciendo el porcentaje de producto defectuosas.
- Mejor aprovechamiento de la superficie de la planta.
- Menor capital inmovilizado por inventarios innecesarios.
- Desarrollo del potencial humano.

2.4.4. DESVENTAJAS

- Necesidad de una rápida respuesta a problemas de balanceo
- Necesidad de algunas máquinas suplementarias
- Rechazo de operadores de bajo rendimiento
- Costo del entrenamiento cruzado
- Problemas de paro por mala calidad
- Necesidad de una rápida respuesta por la parte mecánica

2.5. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MODULAR MPS

Las estaciones MPS se han diseñado para la formación en automatización industrial en el ámbito de la formación profesional y continuada. Las estaciones del Sistema Modular de

¹²Distribución Media Luna. (2010). *UTN*. Fecha de consulta: 10:20, septiembre 19, 2013 desde <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/737/2/04%20IT%20096%20TESIS.pdf>.

Producción facilitan la formación profesional orientada a la industria, y el hardware consiste en componentes de tipo industrial.

De esta manera nos ayuda a desarrollar varios procesos en una misma estación como son:

- Planificación
- Montaje
- Programación
- Funcionamiento
- Mantenimiento
- Localización de averías¹³

El sistema de producción modular plantea los desafíos correctos y ofrece entornos de aprendizaje adecuados para las exigencias más variadas:

- Rigor en las funciones
- Unidades individuales y combinadas
- Diferentes técnicas de accionamiento
- Flujos de materiales y de informaciones
- Conceptos de control modernos y variables
- Versatilidad modular

¹³Sistema de Producción Modular MPS. (2003). *FESTO*. Fecha de consulta: 11:20, septiembre 19, 2013 desde http://www.lhusurbil.com/itjlmartinez/MANUALES/E3-PROCESO/E3-Proceso_Omron.pdf.

2.6. ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO



Figura II-7. Estación de Procesamiento¹⁴

2.6.1. FUNCIÓN

En la estación de Procesamiento, las piezas se verifican y se procesan en una mesa giratoria de indexación. Esta estación utiliza sólo accionamientos eléctricos. La mesa giratoria de indexación es accionada por un motor DC. La mesa es posicionada por medio de un circuito por relés, siendo detectada la posición de la mesa a través de un sensor inductivo. En la mesa de indexación giratoria, las piezas son verificadas y taladradas en dos procesos paralelos. Un electroimán con un sensor inductivo verifica que las piezas se hallen colocadas en la posición correcta. Durante el taladrado, la pieza es sujeta por un electroimán. Las piezas acabadas son sacadas a través de un expulsor eléctrico.

2.6.2. OPERACIÓN DE TALADRADO

El avance del taladrado se realiza por medio de un eje lineal con motor DC, controlado por un arrancador reversible. Las posiciones finales son detectadas por medio de

¹⁴Estación de Procesamiento. (2003). *FESTO*. Fecha de consulta: 11:20, septiembre 19, 2013 desde <http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/00878102001243954823.jpg>.

microinterruptores. El taladro es completamente funcional, pero por razones de seguridad, el proceso de taladrado sólo se simula.

La estación requiere la programación de dos procesos ejecutados en paralelo: taladrado y verificación del taladro. Esta estación ofrece también una gama de diferentes accionamientos:

- Taladro DC
- Motor DC en mesa de indexación giratoria
- Accionamiento eléctrico lineal para avance del taladro
- Distribuidor de clasificación eléctrico
- Actuador de solenoide en el módulo de sujeción y el módulo de verificación

2.6.3. DATOS TÉCNICOS

- Alimentación de tensión 24 V DC
- 8 entradas digitales
- 8 salidas digitales

2.6.4. OBJETIVOS DIDÁCTICOS PARA EL TRABAJO DE PROYECTO

2.6.4.1. MECÁNICA

- Ajuste mecánico de una estación

- Selección de accionamientos lineales

2.6.4.2. ELECTRICIDAD

- Correcto cableado de componentes eléctricos

2.6.4.3. SENSORES

- Uso correcto de finales de carrera

2.6.4.4. PLC

- Programación de controles programables y secuencias de pasos en paralelo

2.6.4.5. LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS

- Localización sistemática de averías en un sistema de producción

2.6.4.6. TECNOLOGÍA DE MANIPULACIÓN

- Verificación de piezas entrantes

2.6.5. LOS COMPONENTES

- Abrazaderas de cable
- Módulo de compuerta de clasificación, eléctrico
- Módulo de mesa giratoria de indexación
- Módulo de sujeción/expulsión

- Módulo de taladrado
- Módulo de verificación
- Placa perfilada de aluminio
- Receptor del enlace de la estación
- Relé
- Sensor inductivo
- Sistema de montaje para equipamiento eléctrico
- Uniones de placas perfiladas¹⁵

¹⁵Estación de Procesamiento. (2003). *FESTO*. Fecha de consulta: 11:20, septiembre 19, 2013 desde <http://www.festo-didactic.com/int-es/learning-systems/mps-sistema-de-produccion-modular/estaciones/estacion-de-procesamiento-puramente-electrica.htm>.

CAPÍTULO III

SISTEMAS DE LA ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO

3.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se recopila toda la información necesaria para la realización de la investigación, referente con Automatización, Mecatrónica, Elementos Neumáticos, Sensores, Relés, PLC, temas que servirán para una mejor comprensión de la Estación de Procesamiento.

Los temas a tratar son:

- Sistema Eléctrico.
- Sistema Neumático.
- Controlador Lógico Programable

3.2. SISTEMA ELÉCTRICO

Un sistema eléctrico es el recorrido de la electricidad a través de un conductor, desde la fuente de energía hasta su lugar de consumo. Todo circuito eléctrico requiere, para su funcionamiento, de una fuente de energía, en este caso, de corriente eléctrica.¹⁶

Básicamente un sistema eléctrico es un conjunto de elementos dinámicamente relacionados, permiten generar, conducir y recibir corriente eléctrica.

Dependiendo de cómo estén dispuestos los elementos dentro del o los circuitos, las fallas o daños causados serán variables.

3.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

- a) Todo circuito eléctrico está formado por una fuente de energía (tomacorriente), conductores (cables), y un receptor que transforma la electricidad en luz (lámparas), en movimiento (motores), en calor (estufas).
- b) Para que se produzca la transformación, es necesario que circule corriente por el circuito.

¹⁶Sistema Eléctrico. (2009). *Monografías*. Fecha de consulta: 12:45, septiembre 19, 2013 desde <http://www.monografias.com/trabajos73/sistema-electrico/sistema-electrico.shtml#ixzz2gjE2d4eN>.

- c) Este debe estar compuesto por elementos conductores, conectados a una fuente de tensión o voltaje.
- d) Los dispositivos que permiten abrir o cerrar circuitos se llaman interruptores o llaves.¹⁷

3.2.2. SENSORES

Un sensor o captor, no es más que un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular.

Normalmente estos dispositivos se encuentran realizados mediante la utilización de componentes pasivos (resistencias variables, PTC, NTC, LDR, etc... todos aquellos componentes que varían su magnitud en función de alguna variable), y la utilización de componentes activos.

3.2.2.1. ESTRUCTURA DE UN SENSOR

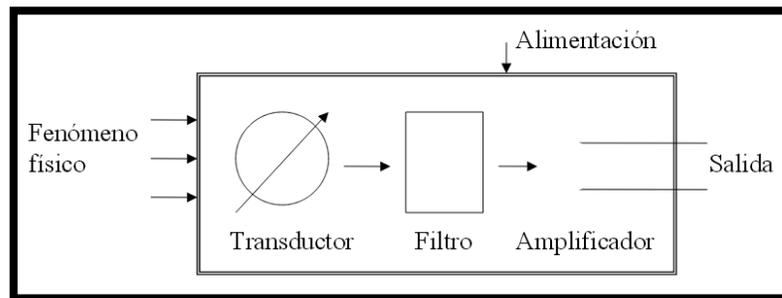


Figura III-8. Estructura de un Sensor¹⁸

¹⁷Sistema Eléctrico. (2009). *Monografías*. Fecha de consulta: 12:55, septiembre 19, 2013 desde <http://www.monografias.com/trabajos73/sistema-electrico/sistema-electrico.shtml#ixzz2gjAejMSp>.

3.2.2.2. CARACTERÍSTICAS DE UN SENSOR

ESTÁTICAS

- Campo de medida (range): Rango de valores de la magnitud de entrada comprendido entre el máximo y el mínimo detectables por un sensor, con una tolerancia de error aceptable.
- Resolución (discrimination): Mínima diferencia entre dos valores próximos que el sensor es capaz de distinguir.
- Exactitud (accuracy): diferencia entre la salida real y el valor teórico de dicha salida (valor verdadero). Se suele dar en valor absoluto o relativo
- Precisión: Capacidad de obtener la misma salida cuando se realizan varias lecturas de la misma entrada y en las mismas condiciones. También existe repetitividad. Estima la desviación de las medidas
- Linealidad: Cercanía de la curva característica a una recta especificada. Linealidad equivale a sensibilidad etc.
- Sensibilidad: Variación de la salida producida por una variación de entrada. Pendiente de la curva de calibración. Cuanto mayor, mejor.
- Histéresis: Diferencia entre valores de salida correspondientes a la misma entrada, según la trayectoria seguida por el sensor.
- Saturación: No linealidad producida por disminución de sensibilidad típicamente al principio o al final del rango.

¹⁸Estructura de un sensor. (2013). Fecha de consulta: 8:00, septiembre 20, 2013 desde <http://image.slidesharecdn.com/sensoresyactuadores-130124214838-phpapp02/95/slide-3-638.jpg?1359085819>.

DINÁMICAS

- Velocidad de Respuesta
- Estabilidad
- Respuesta frecuencial

3.2.2.3. DESCRIPTORES DINÁMICOS DE UN SENSOR

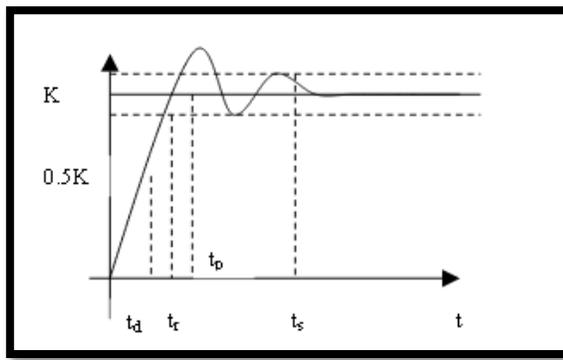


Figura III-9. Descriptores Dinámicos de un Sensor¹⁹

- **TIEMPO DE RETARDO:** t_d , es el tiempo que tarda la salida del sensor en alcanzar el 50% de su valor final.
- **TIEMPO DE SUBIDA:** t_r , es el tiempo que tarda la salida del sensor hasta alcanzar su valor final. => velocidad del sensor, es decir, lo rápido que responde ante una entrada.
- **TIEMPO DE PICO :** t_p , es el tiempo que tarda la salida del sensor en alcanzar el pico máximo de su sobre oscilación

¹⁹Descriptores Dinámicos de un Sensor. (2013). Fecha de consulta: 18:30, septiembre 20, 2013 desde <http://www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf>.

- **PICO DE SOBRE OSCILACIÓN:** M_p , expresa cuanto se eleva la evolución temporal de la salida del sensor respecto de su valor final.
- **TIEMPO DE ESTABLECIMIENTO:** t_s , el tiempo que tarda la salida del sensor en entrar en la banda del 5% alrededor del valor final y ya no vuelve a salir de ella.
- **PROCESO DE CALIBRACIÓN:** Consiste en realizar la comparación de la respuesta del sensor con otros que tienen una respuesta estándar conocida; de esta manera se establece la relación entre la variable medida por el sensor y su señal de salida.

3.2.2.4. ERRORES DE MEDIDA

SISTEMÁTICOS

- Derivas
- Perturbaciones debidas a la medición
- Transmisión
- Humanos

ALEATORIOS

- Repetibilidad de la medida (limitaciones físicas)
- Ruido ambiental
- Ruido de transmisión²⁰

²⁰Sensores y Actuadores. (2013, 1 de octubre). *slideshare*, Fecha de consulta: 10:00, septiembre 20, 2013 desde <http://www.slideshare.net/bryandree/sensores-y-actuadores-16167568>.

3.2.2.5. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

El Principio de Funcionamiento de los sensores depende de las variables físicas medibles, cada tipo de sensores tiene su propio principio de funcionamiento.

Tabla III-I. Principio de Funcionamiento de sensores²¹

		Variable física medida										
		Posición	Desplazamiento	Velocidad	Aceleración	Tamaño	Nivel	Presión	Fuerza	Proximidad	Temperatura	Radiación luminosa
Principio de funcionamiento	Microrruptores	X				X						
	Finales carrera	X										
	Extensiómetros	X	X	X	X			X	X			
	Termorresistivos										X	
	Magnetorresistivos	X	X	X								
	Capacitivos	X	X		X		X	X	X	X		
	Inductivos	X	X	X	X			X	X	X		
	Optoelectrónicos	X	X	X						X		
	Piezoelectrónicos		X	X	X			X	X			
	Fotovoltaicos											X
	Ultrasónicos	X					X					

²¹Principio de Funcionamiento de sensores. (2012). *dspace*. Fecha de consulta: 11:02, septiembre 20, 2013 desde <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/545/1/18T00436.pdf>.

3.2.2.6. CLASIFICACIÓN DE SENSORES

Los sensores electrónicos pueden ser clasificados de acuerdo al tipo de señal de salida que entregan, el tipo de variable o variables físicas que detectan, el método de detección, el modo de funcionamiento.

Los sensores de interés para la manufactura se pueden clasificar como sigue:

- **Sensores mecánicos:** para medir cantidades como posición, forma, velocidad, fuerza, torque, presión, vibración, deformación y masa.
- **Sensores eléctricos:** para medir voltaje, corriente, carga y conductividad.
- **Sensores magnéticos:** para medir campo, flujo y permeabilidad magnética.
- **Sensores térmicos:** para medir temperatura, flujo, conductividad y calor específico.
- Otros tipos como acústicos, ultrasónicos, químicos, ópticos, de radiación, láser y de fibra óptica.²²

²²Clasificación de los sensores. (2013, 1 de octubre). *Blogger*. Fecha de consulta: 12:00, septiembre 20, 2013 desde <http://thelastlabproject.blogspot.com/2010/12/clasificacion-de-los-sensores.html>.



Figura III-10. Clasificación de Sensores²³

²³Clasificación de los sensores. (2013, 1 de octubre). *Blogger*. Fecha de consulta: 12:00, septiembre 20, 2013 desde http://4.bp.blogspot.com/_XnbufleS-z8/TQKxIB38sFI/AAAAAAAAACE/At-6VOCPwkk/s1600/Cuadrosensores.JPG.

3.2.2.7. SENSORES INDUCTIVOS

Los sensores inductivos de proximidad han sido diseñados para trabajar generando un campo magnético y detectando las pérdidas de corriente de dicho campo generadas al introducirse en él los objetos de detección férricos y no férricos.

El sensor consiste en una bobina con núcleo de ferrita, un oscilador, un sensor de nivel de disparo de la señal y un circuito de salida. Al aproximarse un objeto "metálico" o no metálico, se inducen corrientes de histéresis en el objeto. Debido a ello hay una pérdida de energía y una menor amplitud de oscilación.

El circuito sensor reconoce entonces un cambio específico de amplitud y genera una señal que conmuta la salida de estado sólido o la posición "ON" y "OFF". La bobina detecta el objeto cuando se produce un cambio en el campo electromagnético y envía la señal al oscilador, luego se activa el disparador y finalmente al circuito de salida hace la transición entre abierto o cerrado.

PRINCIPIO DE OPERACIÓN

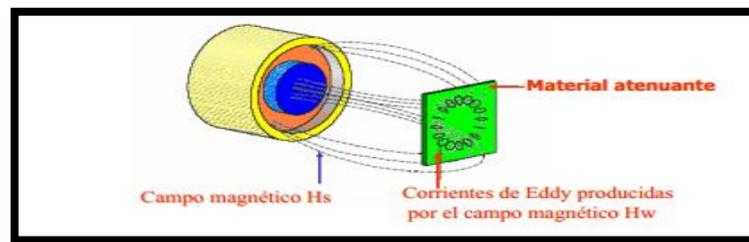


Figura III-11.Principio de Funcionamiento del Sensor Inductivo²⁴

²⁴Principio de Funcionamiento de Sensores Inductivos. (2013, 1 de octubre). *uaslp*. Fecha de consulta: 14:30, septiembre20,2013 desde http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/24_SENSORES_INDUCTIVOS.PDF.

Cuando el objeto metálico entra al campo magnético, circulan corrientes de Eddy dentro del objeto. Esto aumenta la carga en el sensor, disminuyendo la amplitud del campo electromagnético. El circuito de disparo monitorea la amplitud del oscilador y a un nivel predeterminado, conmuta el estado de la salida del sensor. Conforme con el objetivo se aleja del sensor la amplitud del oscilador aumenta. A un nivel predeterminado, el circuito de disparo conmuta el estado de salida del sensor de nuevo a su condición normal.²⁵

PARTES

Consiste en un dispositivo conformado por:

- Una bobina y un núcleo de ferrita.
- Un oscilador.
- Un circuito detector (etapa de conmutación)
- Una salida de estado sólido.

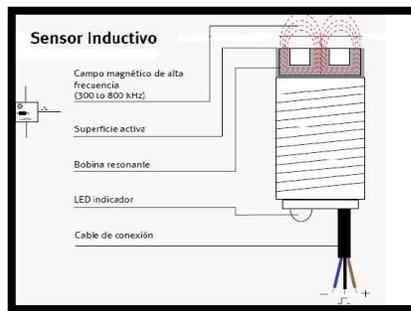


Figura III-12. Sensor Inductivo²⁶

²⁵Sensores Inductivos. (2013, 1 de octubre). *uaslp*. Fecha de consulta: 14:30, septiembre 20, 2013 desde http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/24_SENORES_INDUCTIVOS.PDF.

²⁶Sensor Inductivo. (2013). *Blogspote*. Fecha de consulta: 15:30, septiembre 20, 2013 desde <http://sensoresdeproximidad.blogspot.com/p/inductivo.html>.

El oscilador crea un campo de alta frecuencia de oscilación por el efecto electromagnético producido por la bobina en la parte frontal del sensor centrado con respecto al eje de la bobina. Así, el oscilador consume una corriente conocida. El núcleo de ferrita concentra y dirige el campo electromagnético en la parte frontal, convirtiéndose en la superficie activa del sensor.

Cuando un objeto metálico interactúa con el campo de alta frecuencia, se inducen corrientes EDDY en la superficie activa. Esto genera una disminución de las líneas de fuerza en el circuito oscilador y, en consecuencia, desciende la amplitud de oscilación.

El circuito detector reconoce un cambio específico en la amplitud y genera una señal, la cual cambia (pilotea) la salida de estado sólido a "ON" u "OFF". Cuando se retira el objeto metálico del área de sensor, el oscilador genera el campo, permitiendo al sensor regresar a su estado normal.²⁷

APLICACIONES

Las principales aplicaciones de los sensores inductivos son la detección de piezas metálicas. Debido a su funcionamiento, en el que detectan los objetos sin contacto físico, permiten el conteo, analizar su posición y forma de objetos metálicos, se pueden emplear en la industria alimentaria, ya que no interfiere en los productos.

²⁷ Transductores y Sensores en la Automatización Industrial. (2006). *Monografías*. Fecha de consulta: 17:00, septiembre 20, 2013 desde <http://www.monografias.com/trabajos31/transductores-sensores/transductores-sensores.shtml#ixzz2f0OS7s9h>.

- Este tipo de sensores son ampliamente usados en industrias, como las relacionadas con el automóvil, debido a que la mayoría de las piezas empleadas son metálicas.
- Detección de rupturas de brocas
- Detección de tornillos y tuercas para control de dirección de velocidad
- Detección de presencia de latas y tapas
- Detección de posición totalmente abiertas o cerradas de válvulas
- Detección de rupturas de puntas de fresadoras²⁸

3.2.2.8. SENSORES CAPACITIVOS

El principio de funcionamiento de un sensor de proximidad capacitivo, está basado en la medición de los cambios de capacitancia eléctrica de un condensador en un circuito resonante RC, ante la aproximación de cualquier material.

Los sensores de proximidad inductivos y capacitivos están basados en el uso de osciladores, en los que la amplitud de oscilación varía al aproximar un objeto²⁹.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Consta de una sonda situada en la parte posterior de la cara del sensor el cual es una placa condensadora. Al aplicar corriente al sensor, se genera un campo electrostático que

²⁸Sensor Inductivo. (2013). *Blogspote*. Fecha de consulta: 9:10, septiembre 21, 2013 desde <http://sensoresdeproximidad.blogspot.com/p/inductivo.html>.

²⁹Sensores capacitivos. (2010). *uvigo*. Fecha de consulta: 9:30, septiembre 21, 2013 desde http://www.dte.uvigo.es/recursos/capacitivos/funcionamiento/_funcionamiento.htm.

reacciona a los cambios de la capacitancia causados por la presencia de un objeto. Cuando el objeto se encuentra fuera del campo electrostático, el oscilador permanece inactivo, pero cuando el objeto se aproxima, se desarrolla un acoplamiento capacitivo entre éste y la sonda capacitiva. Cuando la capacitancia alcanza un límite especificado, el oscilador se activa, lo cual dispara el circuito de encendido y apagado.

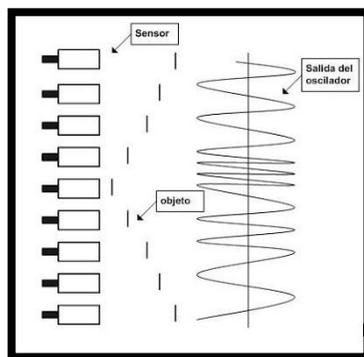


Figura III-13. Principio de Funcionamiento³⁰

PARTES

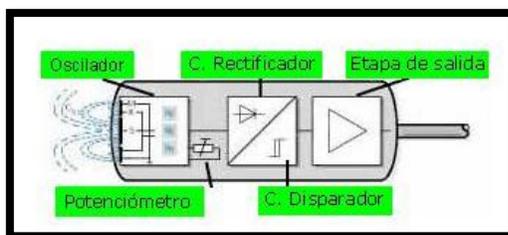


Figura III-14. Partes del Sensor Capacitivo³¹

Oscilador: La amplitud de oscilación varía al acercarse un objeto.

³⁰Principio de funcionamiento. (2010). *Blogspot*. Fecha de consulta: 10:52, septiembre 21, 2013 desde http://1.bp.blogspot.com/_6SiYNWY0tIs/Rlt1s9QM60I/AAAAAAAAAHc/qyD6tajBTRg/s400/Dibujo2.JPG.

³¹ Partes del Sensor Capacitivo. (2010). *Blogspot*. Fecha de consulta: 12:00, septiembre 21, 2013 desde http://3.bp.blogspot.com/_6SiYNWY0tIs/Rlt3sdQM61I/AAAAAAAAAHk/wT3OSxb4TX0/s400/Dibujo3.JPG.

Circuito Rectificador: La señal alterna recibida del oscilador es convertida por medio del circuito rectificador, de manera que la aproximación del objeto al sensor se traducirá en una variación de una señal de corriente continua.

Potenciómetro: La sensibilidad (distancia de detección) de la mayoría de los sensores capacitivos puede ajustarse por medio de un potenciómetro. De esta forma es posible eliminar la detección de ciertos medios (por ejemplo, es posible determinar el nivel de un líquido a través de la pared de vidrio de su recipiente.)

Circuito disparador: Este circuito (trigger) compara la señal que le proporciona el rectificador con una señal umbral que cambia ligeramente dependiendo del estado de activación, creando así la histéresis del sensor de proximidad.

Tabla III-II. Ventajas y Desventajas de Sensores Capacitivos³²

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Detectan objetos metálicos y no metálicos así como líquidos y sólidos	Distancia de detección corta (1 pulgada o menos) que varía en función del material detectado
Pueden “ver a través” de ciertos materiales	Son muy sensibles a factores ambientales la humedad en climas costeros o lluviosos pueden afectar el resultado de la detección
Son de estado sólido y tienen una larga vida útil	No son selectivos con respecto al objeto detectado es esencial controlar qué es lo que se aproxima al sensor.

³²Ventajas y desventajas de Sensores Capacitivos. (2010). *Blogspot*. Fecha de consulta: 14:20, septiembre 21, 2013 desde http://2.bp.blogspot.com/_6SiYNWYOtlS/Rlt4YNQM62I/AAAAAAAAAHs/e2Uugv6zr08/s400/Dibujo4.JPG.

APLICACIONES

Detección de nivel de aceite, agua, PVC, colorantes, harina, azúcar, leche en polvo, posicionamiento de cintas transportadoras, detección de bobinas de papel, conteo de piezas metálicas y no metálicas, entre otros³³.

3.2.2.9. SENSORES MAGNÉTICOS

Los sensores magnéticos también se les denominan relés tipo “Reed”, son utilizados en cilindros neumáticos para detectar la posición de fin de carrera a través del vástago del cilindro.

El sensor magnético es un interruptor de proximidad que se activa con un campo magnético externo. A diferencia del inductivo que genera su propio campo magnético, es el uso de sensores magnéticos que pueden detectar la posición del émbolo magnético de los actuadores, sin complicaciones de montaje mecánico.

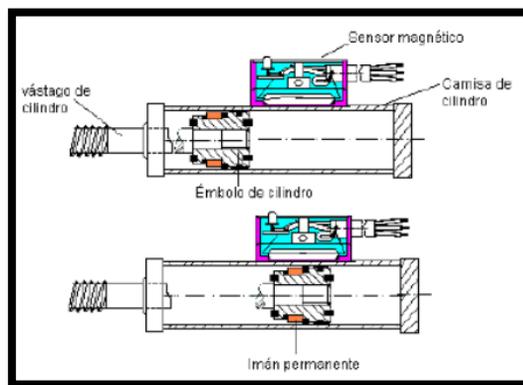


Figura III-15. Funcionamiento de un Sensor Magnético³⁴

³³Sensores capacitivos. (2011). *Blogspot*. Fecha de consulta: 16:08, septiembre 21, 2013 desde <http://medicionesindustriales2007i.blogspot.com/2007/05/sensores-capacitivos-e-inductivos.html>.

La respuesta tiene que ser guiada hacia el sistema de control para su posterior procesamiento, estos tipos de sensores puede encontrarse en aquellos actuadores que pueden desplazarse linealmente, y a estos colocarles en sus extremos, para que cuando lleguen al sensor magnético sea detectado el campo del imán y el actuador³⁵.



Figura III-16. Montaje de un sensor magnético en un cilindro³⁶

APLICACIONES

- Automatismos.
- Acondicionamiento.
- Control de cadenas trasportadoras.

³⁴Funcionamiento de un Sensor Magnético. (2013). *uaeh*. Fecha de consulta: 10:00, septiembre 22, 2013 desde <http://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Sensores%20magneticos.pdf>.

³⁵Diodo. (2013, 1 de octubre). *smc*. Fecha de consulta: 12:52, septiembre 22, 2013 desde [http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/08\)Related_Products/8.1\)Related_Products/e\)D-M9/D-M9_ES.pdf](http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/08)Related_Products/8.1)Related_Products/e)D-M9/D-M9_ES.pdf).

³⁶Montaje de un sensor magnético en un cilindro. (2013). *smc*. Fecha de consulta: 14:22, septiembre 18, 2013 desde [http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/08\)Related_Products/8.1\)Related_Products/e\)D-M9/D-M9_ES.pdf](http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/08)Related_Products/8.1)Related_Products/e)D-M9/D-M9_ES.pdf).

3.2.2.10. SENSORES ÓPTICOS



Figura III-17. Sensor óptico³⁷

Este tipo de sensores se utilizan para la detección de todo tipo de materiales. Se pueden detectar materiales como madera, cartón, plástico, vidrio e incluso líquido. En este caso, la superficie del objeto juega un papel muy importante ya que por ejemplo, en objetos metálicos o brillantes, hay que considerar las posibles reflexiones que pueden proporcionar falsas señales. Sensor de proximidad con protección contra inversión de polaridad, sobrecarga y cortocircuito. Detectan la presencia de una persona o de un objeto que interrumpen el haz de luz que le llega al sensor.

Los sensores ópticos basan su funcionamiento en la emisión de un haz de luz que es interrumpido o reflejado por el objeto a detectar. Tiene muchas aplicaciones en el ámbito industrial y son ampliamente utilizados.

PARTES

Los sensores ópticos están conformados por las siguientes partes.

³⁷Sensor óptico. (2013). *Slideshare*. Fecha de consulta: 16:52, septiembre 22, 2013 desde <http://www.slideshare.net/josueacerov/sensor-optico>.

- Fuente
- Receptor
- Lente
- Circuito de salida

Fuente: Origina un haz luminoso, usualmente con un LED, que puede tener un amplio rango en el espectro (incluyendo luz visible e infrarroja).

Receptor: Recibe el haz luminoso de la fuente, usualmente es un fotodiodo un fototransistor.

Lentes: Tiene la función de dirigir el haz de luz tanto en el emisor como en el receptor para restringir el campo de visión, esto trae como consecuencia aumentar la distancia de detección.

Circuito de Salida: Existen varios tipos de salidas discretas o digitales (se denominan así por tener dos estados y la más común es relé, NPN, TRIAC, MOSFET).

CARACTERÍSTICAS

- Girable 360°, con enclavamiento cada 15°
- Conexión mediante zócalos de seguridad de 4 mm integrados en el sistema de fijación rápida
- Fuente de alimentación de 10 – 30 V CC
- Función de salida del contacto normalmente abierto (PNP)
- Sistema de fijación rápida

APLICACIONES

Para que podamos darnos una idea, debemos decir que un ejemplo de sensor óptico es el de los mouse de computadora, los cuales mueven el cursor según el movimiento.

VENTAJAS

Los sensores ópticos, presentan importantes ventajas cuando lo que se desea es determinar propiedades físicas o químicas:

- Es un método no destructivo y no invasivo.
- Ofrece posibilidades de integración en sistemas más complejos.
- Bajo coste y tecnología bien establecida.
- Posibilidades de control a distancia de lugares poco accesibles físicamente.
- Capacidad de conformar redes espaciales de sensores para el control de parámetros en grandes superficies.

DESVENTAJAS

- Distancia de detección corta
- Son muy sensibles a factores ambientales como la humedad
- No selecciona el objeto a detectar³⁸

³⁸Los sensores en la Industria. (2010). *Revistatope*. Fecha de consulta: 17:50, septiembre 22, 2013 desde <http://www.revistatope.com/art.fegemu.htm>.

3.2.3. CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Se aplica este concepto a los cuerpos capaces de conducir o transmitir la electricidad; un conductor eléctrico esta formado primeramente por un conductor propiamente como tal , usualmente de cobre. Este puede ser alambre, es decir, una sola hebra o un cable formado por varias hebras o alambres recocidos entre sí. Los materiales más utilizados en la fabricación de conductores son el cobre y el aluminio.

Aunque ambos metales tienen una conductividad eléctrica excelente, el cobre constituye el elemento principal en la fabricación de conductores por sus notables ventajas mecánicas y eléctricas. El uso de uno u otro material como conductor, dependerá de sus características eléctricas (capacidad para transportar la electricidad), mecánicas (resistencia al desgaste, maleabilidad), del uso específico que se la quiera dar y del costo. Estas características llevan a preferir al cobre en la elaboración de conductores eléctricos.

El tipo de cobre que se utiliza en la fabricación de conductores es el cobre electrolítico de alta pureza 99,99%.³⁹



Figura III-18. Conductores Eléctricos ⁴⁰

³⁹ Conductores Eléctricos. (2010). *ups*. Fecha de consulta: 17:15, septiembre 22, 2013 desde <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/74/8/Capitulo2.pdf>.

3.2.3.1. DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES

Es frecuente que las instalaciones eléctricas presenten problemas originados por la mala calidad de la energía.

Estos efectos producen un funcionamiento irregular. Señal de tensión con altos contenidos de impurezas.

Estos efectos producen un funcionamiento irregular en los equipos eléctricos y generan pérdidas de energía por calentamiento de los mismos y de los conductores de alimentación; los datos que generan el mal dimensionamiento y el mal uso de los conductores en una instalación eléctrica se puede resumir en:

- Cortes de suministro
- Riesgos de incendio
- Pérdidas de energía

Por lo tanto, el correcto dimensionamiento de conductores eléctricos tiene una importancia decisiva en la operación eficiente y segura de los sistemas.

Los conductores eléctricos se dimensionan en base a dos criterios.

- Intensidad de corriente que impide la carga, y;
- Caída de tensión que se produce en la línea.

⁴⁰Conductores Eléctricos. (2012). *blogspot*. Fecha de consulta: 18:20, octubre 22, 2013 desde http://2.bp.blogspot.com/aZ3_SMw9R9k/UXytnHUVgfi/AAAAAAAAAF0/geFNv6QPai/s1600/conductores+electricos.jpg.

Según el diámetro de cada conductor, este tiene asociada una capacidad de transporte de corriente (en amperios), en la cual también tiene que ver su tipo de aislamiento (recubrimiento) y el método de canalización a emplear (tubería, canastilla, etc.).

Es así como un conductor de 3,31 mm² rígido, con aislamiento del tipo THHN, canalizado en tubería, puede transportar hasta 30 A, mientras que el mismo conductor, pero tendido al aire libre, puede transportar hasta 40 A. Los distintos tipos de aislación existen para los conductores tiene relación con el uso y ambiente en el que se van a situar estos, es decir que pueden ser resistentes al agua, líquidos corrosivos, radiación UV, etc.

En todo caso como premisa del dimensionamiento de conductores se puede establecer que:

$$I_{\text{carga}} < I_{\text{prot}} < I_{\text{cond}}$$

I_{carga}: Corriente nominal de la carga o consumo eléctrico.

I_{prot}: Corriente nominal del interruptor automático que protegerá al circuito.

I_{cond}: Capacidad máxima de transporte de corriente del conductor seleccionado.

El segundo criterio (caída de tensión) tiene relación con el hecho de que mientras más lejos se encuentre el punto de consumo del punto de suministro, la caída de tensión en el extremo de la línea será mayor. Esto puede solucionarse empleando conductores de mayor diámetro al seleccionado originalmente (de acuerdo con el criterio de capacidad de transporte)⁴¹.

⁴¹Dimensionamiento de conductores. (2010). *ups*. Fecha de consulta: 9:00, septiembre 23, 2013 desde <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/74/8/Capitulo2.pdf>.

3.2.4. MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA

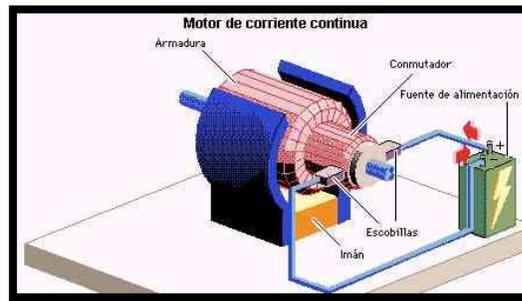


Figura III-19. Motor DC⁴²

3.2.4.1. DEFINICIÓN

Un motor de corriente directa, o motor CD, convierte la energía eléctrica en energía mecánica. Es uno de los dos tipos de motores básicos: el otro tipo es el de corriente alterna, o motor CA. Entre los motores CD, está el derivado, el de serie, el compuesto y el de imán permanente.

En la industria se ha visto el avance de la tensión de 24 Vcd como tensión de control y supervisión. Ese avance se ha logrado debido a la seguridad al trabajar, y a las muchas ventajas sobre la tensión acostumbrada por muchos años de 120 Vca.

3.2.4.2. FUNDAMENTOS DE OPERACIÓN DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS

En magnetismo se conoce la existencia de dos polos: polo norte (N) y polo sur (S), que son las regiones donde se concentran las líneas de fuerza de un imán. Un motor para funcionar se vale de las fuerzas de atracción y repulsión que existen entre los polos. De acuerdo con

⁴² Motor DC. (2009). *Monografías*. Fecha de consulta: 10:00, septiembre 23, 2013 desde <http://www.monografias.com/trabajos61/motores-corriente-continua/Image27863.jpg>.

esto, todo motor tiene que estar formado con polos alternados entre el estator y el rotor, ya que los polos magnéticos iguales se repelen, y polos magnéticos diferentes se atraen, produciendo así el movimiento de rotación.

Un motor eléctrico opera primordialmente en base a dos principios: El de inducción, descubierto por Michael Faraday en 1831; que señala, que si un conductor se mueve a través de un campo magnético o está situado en las proximidades de otro conductor por el que circula una corriente de intensidad variable, se induce una corriente eléctrica en el primer conductor. Y el principio que André Ampere observó en 1820, en el que establece: que si una corriente pasa a través de un conductor situado en el interior de un campo magnético, éste ejerce una fuerza mecánica o f.e.m. (fuerza electromotriz), sobre el conductor.⁴³

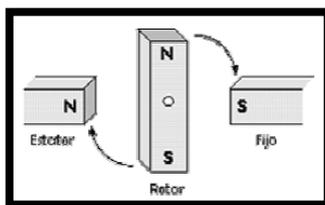


Figura III-20. Operación del Motor DC⁴⁴

3.2.4.3. PARTES FUNDAMENTALES DE UN MOTOR

- **ESTATOR:** Es el que crea el campo magnético fijo, al que se llama Excitación. En los motores pequeños se consigue con imanes permanentes. Cada vez se

⁴³Motor de Corriente Directa. (2009). *Monografías*. Fecha de consulta: 11:00 septiembre 23, 2013 desde <http://www.monografias.com/trabajos74/motores-corriente-directa/motores-corriente-directa.shtml#ixzz2ez2ePFBr>.

⁴⁴Operación del Motor DC. (2009). *Monografías*. Fecha de consulta: 11:30 septiembre 23, 2013 desde <http://www.monografias.com/trabajos74/motores-corriente-directa/image003.gif>.

construyen imanes más potentes, y como consecuencia aparecen en el mercado motores de excitación permanente, mayores.



Figura III-21. Estator de Motor DC⁴⁵

- **ROTOR:** También llamado armadura. Lleva las bobinas cuyo campo crea, junto al del estator, el par de fuerzas que le hace girar. Inducido de C.C.



Figura III-22. Rotor de motor DC⁴⁶

- **ESCOBILLAS:** Normalmente son dos tacos de grafito que hacen contacto con las bobinas del rotor. A medida que éste gira, la conexión se conmuta entre unas y otras bobinas, y debido a ello se producen chispas que generan calor. Las escobillas se fabrican normalmente de grafito, y su nombre se debe a que los primeros motores llevaban en su lugar unos paquetes hechos con alambres de cobre dispuestos de manera

⁴⁵Estator de Motor DC. (2009). *Monografías*. Fecha de consulta: 12:00 septiembre 23, 2013 desde <http://www.monografias.com/trabajos74/motores-corriente-directa/image008.jpg>.

⁴⁶Rotor de Motor DC. (2009). *Monografías*. Fecha de consulta: 12:15 septiembre 23, 2013 desde <http://www.monografias.com/trabajos74/motores-corriente-directa/image009.jpg>.

que al girar el rotor "barrían", como pequeñas escobas, la superficie sobre la que tenían que hacer contacto.

- **COLECTOR:** Los contactos entre escobillas y bobinas del rotor se llevan a cabo intercalando una corona de cobre partida en sectores. El colector consta a su vez de dos partes básicas:
- **DELGAS:** Son los sectores circulares, aislados entre sí, que tocan con las escobillas y a su vez están soldados a los extremos de los conductores que conforman las bobinas del rotor.
- **MICAS:** Son láminas delgadas del mismo material, intercaladas entre las delgas de manera que el conjunto forma una masa compacta y mecánicamente robusta.

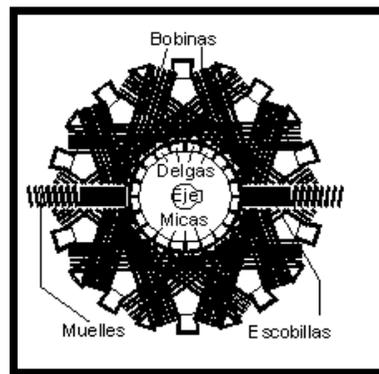


Figura III-23. Delgas del Motor DC⁴⁷

Visto el fundamento por el que se mueven los motores de C.C., es fácil intuir que la velocidad que alcanzan éstos dependen en gran medida del equilibrio entre el par motor en el rotor y el par antagonista que presenta la resistencia mecánica en el eje.

⁴⁷Delgas del Motor DC. (2009). *Monografías*. Fecha de consulta: 12:15 septiembre 23, 2013 desde <http://www.monografias.com/trabajos74/motores-corriente-directa/image010.gif>.

3.2.4.4. EXCITACIÓN

La forma de conectar las bobinas del estator es lo que se define como tipo de excitación.

Podemos distinguir entre:

INDEPENDIENTE

Los devanados del estator se conectan totalmente por separado a una fuente de corriente continua, y el motor se comporta exactamente igual que el de imanes permanentes. En las aplicaciones industriales de los motores de C.C. es la configuración más extendida.

SERIE

Consiste en conectar el devanado del estator en serie con el de la armadura. Se emplea cuando se precisa un gran par de arranque, y precisamente se utiliza en los automóviles.

Los motores con este tipo de excitación se empujan en ausencia de carga mecánica. Los motores con esta configuración funcionan también con corriente alterna.

PARALELO

Estator y rotor están conectados a la misma tensión, lo que permite un perfecto control sobre la velocidad y el par.

COMPOUND

Del inglés, compuesto, significa que parte del devanado de excitación se conecta en serie, y parte en paralelo. Las corrientes de cada sección pueden ser aditivas o sustractivas respecto

a la del rotor, lo que da bastante juego, pero no es este el lugar para entrar en detalles al respecto.⁴⁸

3.2.5. EL RELÉ

Dispositivo electromagnético que, estimulado por una corriente eléctrica muy débil, interrumpe o dirige la corriente de otros circuitos eléctricos: un relé está formado por un interruptor y un electroimán; con un relé podemos conectar dos circuitos independientes por los que circulan corrientes de voltaje diferente.⁴⁹



Figura III-24. Relés⁵⁰

3.3.5.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Un relé es un interruptor accionado por un electroimán. Un electroimán está formado por una barra de hierro dulce, llamada núcleo, rodeada por una bobina de hilo de cobre. Al pasar una corriente eléctrica por la bobina el núcleo de hierro se magnetiza por efecto del

⁴⁸Motor de Corriente Directa. (2009). *Monografías*. Fecha de consulta: 14:35 septiembre 23, 2013 desde <http://www.monografias.com/trabajos74/motores-corriente-directa/motores-corriente-directa2.shtml#ixzz2ez9rPgLb>.

⁴⁹Relé. (2013). *Thefreedictionary*. Fecha de consulta: 15:50, septiembre 23, 2013 desde <http://es.thefreedictionary.com/rel%C3%A9>.

⁵⁰Relés. (2013). *Wikimedia*. Fecha de consulta: 16:22, septiembre 23, 2013 desde http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electronic_component_relays.jpg.

campo magnético producido por la bobina, convirtiéndose en un imán tanto más potente cuanto mayor sea la intensidad de la corriente y el número de vueltas de la bobina. Al abrir de nuevo el interruptor y dejar de pasar corriente por la bobina, desaparece el campo magnético y el núcleo deja de ser un imán.

3.3.5.2. ESTRUCTURA DE UN RELÉ

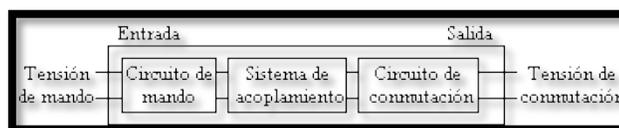


Figura III-25. Estructura de un Relé ⁵¹

En general, se distingue en el esquema general de un relé los siguientes bloques:

- Circuito de entrada, control o excitación.
- Circuito de acoplamiento.
- Circuito de salida, carga o maniobra, constituido por: circuito excitador, dispositivo conmutador de frecuencia, protecciones.

3.3.5.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las características generales de cualquier relé son:

- El aislamiento entre los terminales de entrada y de salida.
- Adaptación sencilla a la fuente de control.

⁵¹Estructura de un relé. (2013). *ugr*. Fecha de consulta: 14:52, octubre 18, 2013 desde http://electronica.ugr.es/~amroldan/modulos/enlaces/dispo_potencia/elembas/rele1.gif.

- Posibilidad de soportar sobrecargas, tanto en el circuito de entrada como en el de salida.
- Las dos posiciones de trabajo en los bornes de salida de un relé se caracterizan por:

En estado abierto, alta impedancia.

En estado cerrado, baja impedancia.

Para los relés de estado sólido se pueden añadir:

- Gran número de conmutaciones y larga vida útil.
- Conexión en el paso de tensión por cero, desconexión en el paso de intensidad por cero.
- Ausencia de ruido mecánico de conmutación.
- Escasa potencia de mando, compatible con TTL y MOS.
- Insensibilidad a las sacudidas y a los golpes.
- Cerrado a las influencias exteriores por un recubrimiento plástico.⁵²

3.2.6. ELECTROVÁLVULAS



Figura III-26. Electroválvula⁵³

⁵²Relés. (2013). uv. Fecha de consulta: 8:00, septiembre 24, 2013 desde <http://www.uv.es/marinjl/electro/reles.html>.

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina solenoidal.

No se debe confundir la electroválvula con válvulas motorizadas, que son aquellas en las que un motor acciona el cuerpo de la válvula.

3.2.6.1. CLASES Y FUNCIONAMIENTO

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula.

El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula.

Existen varios tipos de electroválvulas. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento. Es corriente que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula deba estar abierta.

También es posible construir electroválvulas biestables que usan un solenoide para abrir la válvula y otro para cerrar o bien un solo solenoide que abre con un pulso y cierra con el siguiente. Las electroválvulas pueden ser cerradas en reposo o normalmente cerradas lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser del tipo abiertas en reposo o normalmente abiertas que quedan abiertas cuando no hay alimentación.

⁵³Electroválvula. (2013). directindustry. Fecha de consulta: 8:52, septiembre 24, 2013 desde http://img.directindustry.es/images_di/photo-mg/electrovalvula-3-vias-mando-asistido-30479-2663201.jpg.

Hay electroválvulas que en lugar de abrir y cerrar lo que hacen es conmutar la entrada entre dos salidas. Este tipo de electroválvulas a menudo se usan en los sistemas de calefacción por zonas lo que permite calentar varias zonas de forma independiente utilizando una sola bomba de circulación.

En otro tipo de electroválvula el solenoide no controla la válvula directamente sino que el solenoide controla una válvula piloto secundaria y la energía para la actuación de la válvula principal la suministra la presión del propio fluido.

En la Figura III-27 se adjunta el funcionamiento de este tipo de válvula. En la parte superior se encuentra la válvula cerrada. El agua bajo presión entra por A. B es un diafragma elástico y tiene encima un muelle que le empuja hacia abajo con fuerza débil. El diafragma tiene un diminuto orificio en el centro que permite el paso de un pequeño flujo de agua.

Esto hace que el agua llene la cavidad C y que la presión sea igual en ambos lados del diafragma. Mientras que la presión es igual a ambos lados, actúa en más superficie por el lado de arriba que por el de abajo por lo que presiona hacia abajo sellando la entrada. Cuanto mayor sea la presión de entrada, mayor será la fuerza con que cierra la válvula.

El conducto D. Hasta está bloqueado por el núcleo del solenoide E al que un muelle empuja hacia abajo. Si se activa el solenoide, el núcleo sube y permite pasar el agua desde la cavidad C hacia la salida con lo cual disminuye la presión en C y el diafragma se levanta permitiendo el paso directo de agua desde la entrada A a la salida F de la válvula. Esta es la situación representada en la parte inferior de la Figura III-27.

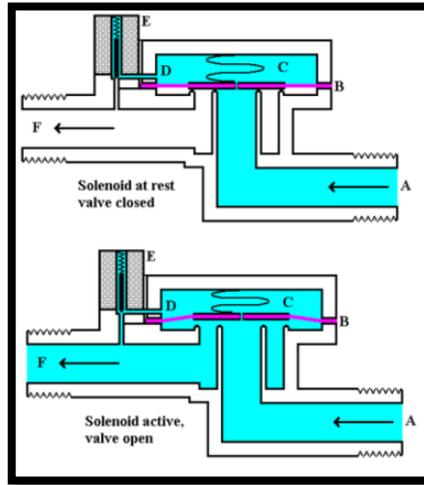


Figura III-27. Partes de Electroválvula⁵⁴

Si se desactiva el solenoide se vuelve a bloquear el conducto D y el muelle situado sobre el diafragma necesita muy poca fuerza para que vuelva a bajar ya que la fuerza principal la hace el propio fluido en la cavidad C.

De esta explicación se deduce que este tipo de válvula depende para su funcionamiento de que haya mayor presión a la entrada que a la salida y que si se invierte esta situación entonces la válvula abre sin que el solenoide pueda controlarla.

Un caso especialmente interesante del uso de estas válvulas es en los calentadores de agua de depósito. En los calentadores de agua de demanda, el agua se calienta según va pasando por el calentador en el momento del consumo y es la propia presión del agua la que abre la válvula del gas pero en los calentadores de depósito esto no es posible ya que el agua se calienta mientras está almacenada en un depósito y no hay circulación. Para evitar la

⁵⁴Partes de Electroválvula. (2013). Wikipedia, La enciclopedia libre. Fecha de consulta: 09:21, septiembre 24, 2013 desde http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ea/Solenoid_Valve.png/527px-Solenoid_Valve.png.

necesidad de suministrar energía eléctrica la válvula del gas es una válvula de este tipo con la válvula piloto controlada por un diminuto solenoide al que suministra energía un termopar bimetálico que saca energía del calor del agua.

Las electroválvulas también se usan mucho en la industria para controlar el flujo de todo tipo de fluidos.⁵⁵

3.2.6.2. TIPOS DE ELECTROVÁLVULAS

Acción directa: En esta familia de válvulas el flujo electromagnético actúa directamente en el émbolo que cierra o abre el orificio permitiendo que el líquido pase o pare. La presión mínima requerida = 0 bar.

Acción indirecta: El orificio principal es abierto por el desequilibrio entre las presiones en las superficies del diafragma superior e inferior (o del pistón). Cuando se energiza la bobina el movimiento del émbolo causa la apertura del orificio de piloto y descarga el compartimiento superior del diafragma: el desequilibrio de la presión mueve el diafragma que abre el orificio principal. La presión mínima requerida es de 0.2 bar.

Acción mixta: En esta familia de válvulas la abertura del orificio principal es efectuada por el desequilibrio de presiones entre el cuerpo superior y el inferior combinando con la acción directa del émbolo que está fijo al diafragma mediante un resorte. La presión mínima requerida = 0 barras.

⁵⁵Electroválvula. (2013, 7 de agosto). Wikipedia, La enciclopedia libre. Fecha de consulta: 09:51, septiembre 24, 2013 desde <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Electrov%C3%A1lvula&oldid=68877515>.

3.2.6.3. NÚMERO DE VÍAS EN LAS ELECTROVÁLVULAS

Las válvulas de 2 vías, son las válvulas más conocidas ya que tienen una entrada y una salida.⁵⁶

3.3. SISTEMA NEUMÁTICO

3.3.1. INTRODUCCIÓN

La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es un material elástico y por tanto, al aplicarle una fuerza, se comprime, mantiene esta compresión y devolverá la energía acumulada cuando se le permita expandirse, según la los gases ideales.

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

Determinadas aplicaciones, tales como en movimientos de aproximación rápido y avance lento, típicos de las fresadoras y rectificadoras, en la sujeción de piezas utilizada en los cortes a alta velocidad sobre materiales duros y en la automatización de procesos de

⁵⁶Sistema Neumático. (2013). *Neoperl*. Fecha de consulta: 10:15, septiembre 24, 2013 desde <http://www.neoperl.net/es/oem/products/flowregulators/workingprinciples.html>.

producción, se combinan la neumática y la hidráulica en un circuito oleoneumático, utilizando la parte neumática para el accionamiento y control y la parte hidráulica para el actuador.

3.3.2. DEFINICIÓN

La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es un material elástico y por lo tanto, al aplicarle una fuerza, se comprime, mantiene esta compresión y devolverá la energía acumulada cuando se le permita expandirse, según la ley de los gases ideales.

Los sistemas neumáticos utilizan como fluido el aire comprimido que es suministrado por una estación productora cuyo principal componente es el compresor que aspira aire a la presión atmosférica y lo comprime a una presión más elevada. El compresor recibe el movimiento de un motor eléctrico o de uno de combustión. Las principales características de un compresor son el caudal y la presión máxima que puede suministrar. Las redes de aire comprimido suelen trabajar entre los 3 y los 10 bares.

Las ventajas que presenta el uso de la neumática son: los bajos costos de sus componentes, la facilidad de diseño e implementación y los pequeños esfuerzos que se puede desarrollar con las bajas presiones con que se trabaja lo que constituye un factor de seguridad. Los sistemas neumáticos se complementan con los sistemas eléctricos y electrónicos lo que permite obtener un alto grado de sofisticación y flexibilidad, involucrando directamente la

utilización de válvulas solenoide, señales de realimentación de interruptores magnéticos, sensores e interruptores eléctricos de final de carrera.⁵⁷

3.3.3. ACTUADORES NEUMÁTICOS LINEALES

El cilindro neumático consiste en un cilindro cerrado con un pistón en su interior que desliza y que transmite su movimiento al exterior mediante un vástago. Se compone de las tapas trasera y delantera, de la camisa donde se mueve el pistón, del propio pistón, de las juntas estáticas y dinámicas del pistón y del anillo rascador que limpia el vástago de la suciedad.

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

- Cilindros de simple efecto, con una entrada de aire para producir una carrera de trabajo en un sentido.
- Cilindros de doble efecto, con dos entradas de aire para producir carreras de trabajo de salida y retroceso.

3.3.3.1. CILINDROS DE SIMPLE EFECTO

Un cilindro de simple efecto desarrolla un trabajo sólo en un sentido. El émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno o por algún otro medio externo como cargas, movimientos mecánicos, etc. Puede ser de tipo “normalmente dentro” o “normalmente fuera”.

⁵⁷Neumática. (2013, 4 de octubre). *Wikipedia, La enciclopedia libre*. Fecha de consulta: 11:11, septiembre 24, 2013 desde <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Neum%C3%A1tica&oldid=70001838>.

Los cilindros de simple efecto se utilizan para sujetar, marcar, expulsar, etc. Tienen un consumo de aire algo más bajo que un cilindro de doble efecto de igual tamaño. Sin embargo, hay una reducción de impulso debida a la fuerza contraria del resorte, así que puede ser necesario un diámetro interno algo más grande para conseguir una misma fuerza. También la adecuación del resorte tiene como consecuencia una longitud global más larga y una longitud de carrera limitada, debido a un espacio muerto.

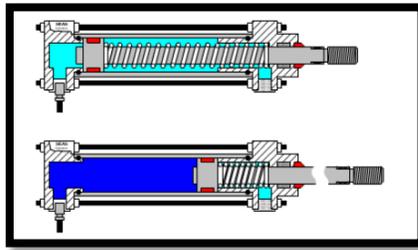


Figura III-28. Cilindro de Simple Efecto⁵⁸

TIPOS DE CILINDROS DE SIMPLE EFECTO

- Cilindros de émbolo
- Cilindros de membrana
- Cilindros de membrana enrollable.

3.3.3.2. CILINDROS DE DOBLE EFECTO

Los cilindros de doble efecto son aquellos que realizan tanto su carrera de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido. Su denominación se debe a que emplean las dos caras del émbolo (aire en ambas cámaras), por lo que estos componentes sí pueden realizar

⁵⁸Cilindro de Simple efecto. (2013). *aiu*. Fecha de consulta: 11:57, septiembre 24, 2013 desde <http://cursos.aiu.edu/sistemas%20hidraulicas%20y%20neumaticos/pdf/tema%204.pdf>.

trabajo en ambos sentidos. Sus componentes internos son prácticamente iguales a los de simple efecto, con pequeñas variaciones en su construcción. Algunas de las más notables las encontramos en la culata anterior, que ahora ha de tener un orificio roscado para poder realizar la inyección de aire comprimido (en la disposición de simple efecto este orificio no suele prestarse a ser conexionado, siendo su función la comunicación con la atmósfera con el fin de que no se produzcan contrapresiones en el interior de la cámara).

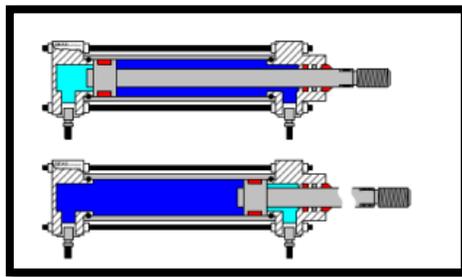


Figura III-29. Cilindro de doble Efecto⁵⁹

El campo de aplicación de los cilindros de doble efecto es mucho más extenso que el de los de simple, incluso cuando no es necesaria la realización de esfuerzo en ambos sentidos. Esto es debido a que, por norma general (en función del tipo de válvula empleada para el control), los cilindros de doble efecto siempre contienen aire en una de sus dos cámaras, por lo que se asegura el posicionamiento.

Para poder realizar un determinado movimiento (avance o retroceso) en un actuador de doble efecto, es preciso que entre las cámaras exista una diferencia de presión. Por norma general, cuando una de las cámaras recibe aire a presión, la otra está comunicada con la

⁵⁹Cilindro de Simple efecto. (2013). *aiu*. Fecha de consulta: 12:27, septiembre 24, 2013 desde <http://cursos.aiu.edu/sistemas%20hidraulicas%20y%20neumaticos/pdf/tema%204.pdf>.

atmósfera, y viceversa. Este proceso de conmutación de aire entre cámaras nos ha de preocupar poco, puesto que es realizado automáticamente por la válvula de control asociada.

En definitiva, podemos afirmar que los actuadores lineales de doble efecto son los componentes más habituales en el control neumático. Esto es debido a que:

- Se tiene la posibilidad de realizar trabajo en ambos sentidos (carreras de avance y retroceso).
- No se pierde fuerza en el accionamiento debido a la inexistencia de muelle en oposición.
- Para una misma longitud de cilindro, la carrera en doble efecto es mayor que en disposición de simple, al no existir volumen de alojamiento.⁶⁰

3.3.3.3. CILINDRO DE GIRO

DEFINICIÓN

En esta ejecución de cilindro de doble efecto, el vástago es una cremallera que acciona un piñón y transforma el movimiento lineal en un movimiento giratorio hacia la izquierda o hacia la derecha, según el sentido del émbolo. Los ángulos de giro corrientes pueden ser de 45°, 90°, 180°, 290° hasta 720°. Es posible determinar el margen de giro dentro del margen total por medio de un tornillo de ajuste.

⁶⁰Cilindro de Simple efecto. (2013). *aiu*. Fecha de consulta: 15:00, septiembre 24, 2013 desde <http://cursos.aiu.edu/sistemas%20hidraulicas%20y%20neumaticos/pdf/tema%204.pdf>.

El par de giro es función de la presión, de la superficie del émbolo y de la desmultiplicación. Los accionamientos de giro se emplean para voltear piezas, doblar tubos metálicos, regular acondicionadores de aire, accionar válvulas de cierre, válvulas de tapa, etc.

Como los cilindros de giro, éste también puede realizar un movimiento angular limitado, que rara vez sobrepasa los 300°. Presenta dificultades y el diámetro o el ancho permiten a menudo obtener sólo pares de fuerza pequeños. Estos cilindros no se utilizan mucho en neumática, pero en hidráulica se ven con frecuencia.

UTILIZACIÓN

Se utilizan en manipuladores, cambios de piezas, cambio automático de herramientas, en general en manipulación.

Están compuestos por dos émbolos entre los cuales se haya una corredera, a esta corredera está unido el eje a través de un piñón. Al moverse los émbolos se consigue un giro angular en el eje del elemento.

VELOCIDAD DEL ÉMBOLO

La velocidad del émbolo en cilindros neumáticos depende de la fuerza antagonista de la presión del aire, de la longitud de la tubería, de la sección entre los elementos de mando y trabajo y del caudal que circula por el elemento demandado. Además, influye en la velocidad la amortiguación final de carrera.

Cuando el émbolo abandona la zona de amortiguación, el aire entra por una válvula antirretorno y de estrangulación y produce una reducción de la velocidad.

La velocidad media del émbolo, en cilindros estándar, está comprendida entre 0,1 y 1,5 m/s. Con cilindros especiales (cilindros de impacto) se alcanzan velocidades de hasta 10 m/s.

La velocidad del émbolo puede regularse con válvulas especiales. Las válvulas de estrangulación, antirretorno y de escape rápido proporcionan velocidades mayores o menores.⁶¹

3.3.4. UNIDAD DE MANTENIMIENTO

La unidad de mantenimiento se compone de un filtro de aire comprimido con separador de agua y una válvula reguladora de presión. La Figura III-30 muestra una unidad de mantenimiento.⁶²



Figura III-30. Unidad de Mantenimiento neumática⁶³

⁶¹Cilindro de Giro. (2013). *imh*. Fecha de consulta: 16:00, septiembre 24, 2013 desde http://demo.imh.es/Electroneumatica/Ud03/modulos/m_en001/ud04/html/en0_ud04_1123_con.htm.

⁶²Unidad de mantenimiento. (2009). *Espe*. 16:42, septiembre 24, 2013 desde <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3564/1/T-ESPEL-0596.pdf>.

3.3.4.1. FUNCIONAMIENTO DE LAS UNIDADES DE MANTENIMIENTO

Los filtros del aire comprimido retienen las partículas sólidas y las gotas de humedad contenidas en el aire. Los filtros llamados Ciclónicos tienen doble función: El aire al entrar pasa a través de placas que fuerzan una circulación rotativa, así las grandes partículas sólidas y el líquido se depositan en las paredes del vaso o copa, por la acción centrífuga. Luego el aire atraviesa el elemento filtrante principal, de malla metálica, papel, o metal sinterizado. Este filtro de entre 20 a 40 micrones retiene las partículas sólidas. Esta acción de filtrado se denomina "mecánica" ya que, afecta a la contaminación mecánica del aire, y no a su contenido de humedad.

Las partículas más grandes, son retenidas por el filtro sinterizado, mientras que los líquidos son desviados al vaso del filtro. El líquido condensado en el vaso o copa del filtro se debe vaciar periódicamente, ya que si no podría ser arrastrado por la corriente del aire comprimido al circuito.

Los filtros más finos, de hasta 0.01 micras, se encargan de filtrar las partículas más pequeñas e incluso mínimas gotas de agua que pudieran quedar en el aire comprimido.

La Válvula Reguladora o Regulador de presión mantiene la presión de trabajo constante en el lado del usuario, independientemente de las variaciones de presión en la Red Principal y del consumo. Obviamente, para lograr esto, la presión de entrada del regulador debe ser siempre superior a la de trabajo.

⁶³ Unidad de mantenimiento neumática. (2009). *Espe*. 17:12, septiembre 24, 2013 desde <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3564/1/T-ESPEL-0596.pdf>.

El Lubricador del aire comprimido, tiene la importante función de Lubricar de modo suficiente a todos los elementos neumáticos, en especial a los activos. El aceite que se utiliza en la lubricación es aspirado de un pequeño depósito de la misma Unidad de Mantenimiento, mezclado con la corriente del aire comprimido, y distribuido en forma de "niebla" o micro pulverización. Para que esta tarea sea efectiva el caudal debe de ser suficientemente fuerte. En instalaciones especiales, de baja presión o con sensores específicos, deberá evitarse el uso de aire lubricado, mediante el uso de tomas diferentes para la conexión de esos elementos.

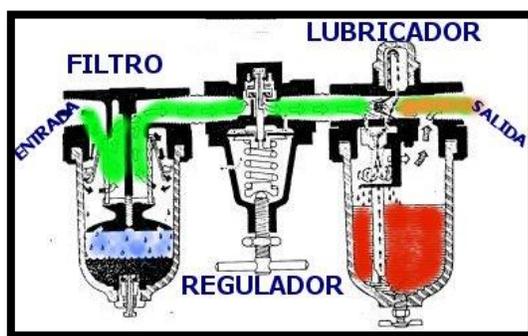


Figura III-31. Funcionamiento de la Unidad de Mantenimiento Neumática⁶⁴

Todos los aparatos neumáticos poseen una resistencia interior, por lo que se produce una caída de presión entre la entrada y su salida. Esta caída de presión depende caudal de paso y de la presión de alimentación correspondiente. Por lo tanto, debe tenerse en cuenta para el cálculo de la elección del tipo y modelo más adecuado a nuestra instalación, y el uso que le será dado.

⁶⁴Funcionamiento de la unidad de mantenimiento neumática. (2013). *solomantenimiento*. Fecha de consulta: 17:52, septiembre 24, 2013 desde <http://www.solomantenimiento.com/articulos/acondicionamiento-aire-presion.htm>.

3.3.4.2. CONSERVACIÓN DE LAS UNIDADES DE MANTENIMIENTO

FILTRO DEL AIRE COMPRIMIDO. Debe revisarse periódicamente el nivel de agua condensada, que no debe sobrepasar nunca la altura marcada. De lo contrario, el agua podría ser arrastrada hasta la tubería por el aire comprimido. Para purgar el agua condensada hay que abrir el tornillo existente en la mirilla. Algunas disponen de dispositivos de purga automática, por lo que debe comprobarse su correcto funcionamiento.

REGULADOR O VÁLVULA REGULADORA. Siempre que esté precedida por un correcto sistema de filtrado, no necesita más mantenimiento que comprobar la ausencia de fugas.

LUBRICADOR. Verificar el nivel de aceite y, si es necesario, añadir hasta el nivel marcado. Los filtros de plástico y los recipientes de los lubricadores no deben limpiarse con disolventes, dado que pueden dañarlos. Para los lubricadores, utilizar únicamente aceites minerales de la viscosidad y componentes adecuados.⁶⁵

3.3.5. MANGUERA DE POLIURETANO



Figura III-32. Manguera de Polietileno⁶⁶

⁶⁵ Accionamiento de aire a presión. (2013). *Solomantenimiento*. Fecha de consulta: 18:23, septiembre 24, 2013 desde <http://www.solomantenimiento.com/articulos/acondicionamiento-aire-presion.htm>.

⁶⁶ Manguera de Polietileno. (2011). *sadmex*. Fecha de consulta: 8:00, septiembre 25, 2013 desde http://www.sadmex.com/2587/pdf/Abril%2011_UM.pdf.

3.3.5.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

La manguera de poliuretano es ampliamente usada en las instalaciones de equipo neumático por su excelente desempeño. El material del cual está fabricado le permite desarrollar mínimos radios de curvatura e incluso le permite recuperar su forma original después de un doblado extremo.

Posee una alta resistencia a la abrasión útil cuando los cilindros desarrollan movimientos oscilantes.

3.3.5.2. CARACTERÍSTICAS

- Uso en aire comprimido o vacío
- Presión de operación 0-150 PSI, 0-10 Bar
- Vacío hasta -100 kPa
- Temperatura de trabajo -15°C a 60°C.
- Color azul y azul claro
- Alta resistencia al desgarro y a la tracción.
- Su vida es prácticamente ilimitada, dada su resistencia al desgaste.
- Muy buena capacidad de amortiguación.
- Buena Resistencia a los aceites, grasas, oxígeno y ozono.
- Baja resistencia al ataque de ácidos y álcalis fuertes.

3.3.5.3. APLICACIONES

Entre sus aplicaciones se encuentran:

- Recubrimiento de cables para robots, para sistemas de seguridad del automóvil y otros cables especiales.
- Mangueras, tubos y perfiles flexibles, para máquinas y aparatos.
- Fibra textil elástica, empleadas en ropa deportiva y de baño, aplicaciones industriales, tanto de tejidos como de no tejidos.
- Láminas y películas, para embalaje y para impermeabilizaciones de ropa y colchones, dada su permeabilidad al vapor de agua.
- Componentes para automóvil. Pomos de cambio de marchas, recubrimiento de tiradores de puerta y consola central, topes de amortiguadores, conectores y fijaciones eléctricas, antenas, taloneras y estribos, fuelles.
- Artículos deportivos, interiores de cascos de fútbol americano, balones oficiales de distintos deportes, suelas y otros componentes de calzado deportivo, por ejemplo botas de fútbol y botas de esquí.
- Suelas de calzado, tanto de moda como calzado profesional, y tapetes para tacones.
- Ruedas para maquinaria, juntas, cribas, topes de amortiguación y mangos de herramientas.
- Placas de asiento para ferrocarril.⁶⁷

⁶⁷Manguera de Polietileno. (2011). *sadmex*. Fecha de consulta: 8:30, septiembre 25, 2013 desde http://www.sadmex.com/2587/pdf/Abril%2011_UM.pdf.

Tabla III-III. Tipos de Mangueras⁶⁸

Di. ext.	Di. Int	Presión de trabajo
mm	mm	Kg / cm ²
4,00	2,70	42
6,00	4,10	40
8,00	6,00	38
10,00	7,50	26
12,00	9,00	32
12,00	10,00	24

3.3.6. RACOR

Elemento de unión consistente en un órgano tubular cuyos extremos están preparados para el acoplamiento de dos conductos. Adopta diferentes denominaciones en función del tipo de unión, por lo cual existen racores roscados, de pletina, de bayon.



Figura III-33. Racores⁶⁹

⁶⁸Manguera de polietileno. (2013). *jp*. Fecha de consulta: 9:00, septiembre 25, 2013 desde <http://www.jq.com.ar/Imagenes/Productos/Poliuretano/Fbasicas/mangueras.htm>.

⁶⁹Racores. (2013). *Airtac*. Fecha de consulta: 9:42, septiembre 25, 2013 desde <http://www.industriasociadas.com/Airtac/Images/Racores%20Airtac.jpg>.

3.3.6.1. TIPOS DE ROSCAS DE RACORES

En la actualidad la mayoría de las conexiones de los equipos neumáticos se realizan a través de los racores rápidos o automáticos.

Su fácil utilización a la hora de conectar y desconectar mangueras, la gran variedad de formas que existen (Rectos, T, L, Y, con rosca macho, con rosca hembra, dobles, triples, etc...), su larga vida útil y bajo precio hacen que esta opción de conexión entre válvulas y cilindros neumáticos no tenga competencia.

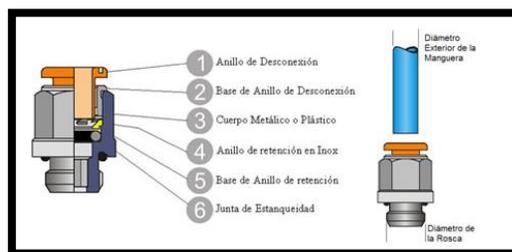


Figura III-34. Partes de un Racor⁷⁰

3.3.6.2. DISPONIBILIDAD Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Tipos de Rosca = BSP Cilíndrica, BSP Cónica y NPT
- Diámetros de Rosca = 1/8, 1/4, 3/8 y 1/2
- Diámetros Exterior de Mangueras en mm = 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14 y 16
- Diámetros Exterior de Mangueras en pulg = 5/32, 1/8, 1/4, 5/16, 3/8 y 1/2
- Presión de Trabajo = desde vacío hasta 16 bar en Metálicos y hasta 12 bar en Plásticos.

⁷⁰Partes de un racor. (2013). *neumaticar* Fecha de consulta: 10:19, septiembre 25, 2013 desde https://www.neumaticar.com/web/tips_racores_rosca.php.

- Temperatura de Trabajo = de -20 hasta 80°C en Metálicos y hasta 60°C en Plásticos.

Se puede encontrar racores para interconexión de equipos neumáticos fabricados bajo las La ínter-cambiabilidad entre los racores con rosca BSP y NPT solo es posible en ½, en las otras medidas la diferencia en el paso lo impide.

No existen racores con rosca NPT y mangueras en mm y racores con rosca BSP y mangueras en Pulg.

Otra de las diferencias entre los tres tipos de racores es la que corresponde a la longitud de la rosca, está indicada en la tabla con la letra "C". El racor con rosca BSP Cilíndrica posee un alojamiento en la base de la rosca para un O-Ring, con él se logra una óptima estanqueidad entre los equipos a conectar.

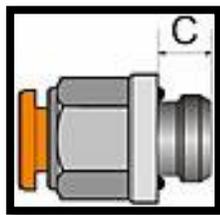


Figura III-35. Longitud de racor⁷¹

Para la instalación de la manguera en los racores es bueno considerar un corte perpendicular para evitar fugas.

⁷¹Longitud de racor. (2013). *neumaticar* Fecha de consulta: 10:59, septiembre 25, 2013 desde https://www.neumaticar.com/web/tips_racores_rosca.php.

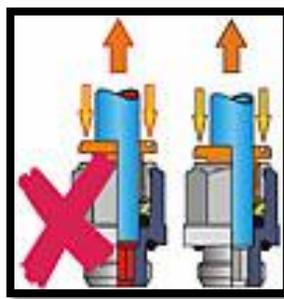


Figura III-36. Corte de Racor⁷²

La desinstalación de la manguera en los racores se debe realizar sin la presencia de aire comprimido en el sistema.⁷³

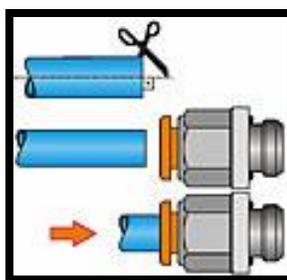


Figura III-37. Desinstalación de manguera⁷⁴

3.6.3.3. APLICACIONES

- Neumática.
- Vacío.
- Apto para tubos de poliamida y poliuretano.

⁷²Corte de racor. (2013). *neumaticar* Fecha de consulta: 11:00, septiembre 25, 2013 desde https://www.neumaticar.com/web/tips_racores_rosca.php.

⁷³Corte de racor. (2013). *neumaticar* Fecha de consulta: 11:30, septiembre 25, 2013 desde https://www.neumaticar.com/web/tips_racores_rosca.php.

⁷⁴Corte de racor. (2013). *neumaticar* Fecha de consulta: 12:00, septiembre 25, 2013 desde https://www.neumaticar.com/web/tips_racores_rosca.php.

- Adecuados para conectar en espacios reducidos.

3.3.7. SILENCIADORES



Figura III-38. Silenciadores⁷⁵

Son utilizados para silenciar el ruido producto del escape de los sistemas neumáticos y también atrapa cualquier partícula que pudiera ser expulsada a alta velocidad junto a los gases de salida, además de ayudar a un ambiente de trabajo más amigable.⁷⁶

3.4. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

3.4.1. INTRODUCCIÓN

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.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

⁷⁵Silenciador. (2013). *Festo*. Fecha de consulta: 14:12, septiembre 25, 2013 desde https://www.festo.com/net/es-pe_pe/SupportPortal/default.aspx?cat=2460.

⁷⁶Silenciador. (2013). *Festo*. Fecha de consulta: 14:12, septiembre 25, 2013 desde https://www.festo.com/net/es-pe_pe/SupportPortal/default.aspx?cat=2460.

3.4.2. HISTORIA

Su historia se remonta a finales de la década de 1960, cuando la industria buscó en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinacional.

En un rack UR2 de 9 ranuras, de izquierda a derecha: fuente de alimentación PS407 4A, CPU 416-3, módulo de interfaz IM 460-0 y procesador de comunicaciones CP 443-1.

En 1968 GM Hydramatic (la división de transmisión automática de General Motors) emitió una solicitud de propuestas para un reemplazo electrónico de los sistemas cableados de relés. La propuesta ganadora vino de Bedford Associates. El resultado fue el primer PLC, designado 084 porque era el proyecto de Bedford Associates n° 84. Bedford Associates comenzó una nueva empresa dedicada al desarrollo, fabricación, venta y mantenimiento de este nuevo producto: Modicon (Modular Digital CONTroler). Una de las personas que trabajaron en ese proyecto fue Dick Morley, quien es considerado como el "padre" del PLC. La marca Modicon fue vendida en 1977 a Gould Electronics, y posteriormente adquirida por la compañía alemana AEG y luego por la francesa Schneider Electric, el actual propietario.

3.4.3. DEFINICIÓN

Un Controlador Lógico Programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller), es una computadora utilizada en la ingeniería automática

o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas.

Los PLC's son utilizados en muchas industrias y máquinas. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, rangos de temperatura ampliados, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. Los programas para el control de funcionamiento de la máquina se suelen almacenar en baterías copia de seguridad o en memorias no volátiles. Un PLC es un ejemplo de un sistema de tiempo real duro donde los resultados de salida deben ser producidos en respuesta a las condiciones de entrada dentro de un tiempo limitado, que de lo contrario no producirá el resultado deseado.

3.4.4. FUNCIONAMIENTO

Para explicar el funcionamiento del PLC, se pueden distinguir las siguientes partes:

- Interfaces de entradas y salidas
- CPU (Unidad Central de Proceso)
- Memoria
- Dispositivos de Programación

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

La CPU, que es el "cerebro" del PLC, procesa la información que recibe del exterior a través de la interfaz de entrada y de acuerdo con el programa, activa una salida a través de la correspondiente interfaz de salida.

Evidentemente, las interfaces de entrada y salida se encargan de adaptar las señales internas a niveles de la CPU. Por ejemplo, cuando la CPU ordena la activación

3.4.4.1. CÓMO FUNCIONA LA CPU DE UN PLC

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

3.4.4.2. FUNCIONES

La función básica y primordial del PLC ha evolucionado con los años para incluir el control del relé secuencial, control de movimiento, control de procesos, Sistemas de Control Distribuido y comunicación por red. Las capacidades de manipulación, almacenamiento, potencia de procesamiento y de comunicación de algunos PLC's modernos son aproximadamente equivalentes a las computadoras de escritorio. Un enlace PLC programado combinado con hardware de E/S remoto, permite utilizar un ordenador de sobremesa de uso general para suplantar algunos PLC en algunas aplicaciones. En cuanto a la viabilidad de estos controladores de ordenadores de sobremesa basados en lógica, es importante tener en cuenta que no se han aceptado generalmente en la industria pesada

debido a que los ordenadores de sobremesa ejecutan sistemas operativos menos estables que los PLC's, y porque el hardware del ordenador de escritorio está típicamente no diseñado a los mismos niveles de tolerancia a la temperatura, humedad, vibraciones, y la longevidad como los procesadores utilizados en los PLC. Además de las limitaciones de hardware de lógica basada en escritorio; sistemas operativos tales como Windows no se prestan a la ejecución de la lógica determinista, con el resultado de que la lógica no siempre puede responder a los cambios en el estado de la lógica o de los estado de entrada con la consistencia extrema en el tiempo como se espera de los PLC's. Sin embargo, este tipo de aplicaciones de escritorio lógicos encuentran uso en situaciones menos críticas, como la automatización de laboratorio y su uso en instalaciones pequeñas en las que la aplicación es menos exigente y crítica, ya que por lo general son mucho menos costosos que los PLC's.

DETECCIÓN

Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.

MANDO

Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.

DIALOGO HOMBRE MÁQUINA

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 autómeta. El diálogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómeta controlando la máquina.

NUEVAS FUNCIONES

REDES DE COMUNICACIÓN

Permiten establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómetas a tiempo real. En unos cuantos milisegundos pueden enviarse telegramas e intercambiar tablas de memoria compartida.

SISTEMAS DE SUPERVISIÓN

También los autómetas 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 autómetas 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 autómeta.

ENTRADAS- SALIDAS DISTRIBUIDAS

Los módulos de entrada salida no tienen por qué estar en el armario del autómeta. Pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómeta 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 autómeta consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el estado de los accionadores.

3.4.5. VENTAJAS

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentra que, gracias a ellos, es posible ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos, pudiendo realizar modificaciones sin costos adicionales. Por otra parte, son de tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, además permiten ahorrar dinero en mano de obra y la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo. Sin embargo, y como sucede en todos los casos, los controladores lógicos programables.

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 de ocupación.

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 cableado.

Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

3.4.6. DESVENTAJAS

Los PLC's, presentan ciertas desventajas como es la necesidad de contar con técnicos calificados y adiestrados específicamente para ocuparse de su buen funcionamiento.

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. Tales consideraciones me obligan a referirme a las ventajas que proporciona un autómatas de tipo medio.⁷⁷

3.4.7. CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS PLC.

Hoy la tecnología nos ofrece PLC acorde a las necesidades de cada usuario de cada aplicación.

Para automatización de pequeña envergadura, como por ejemplo dosificadores, alimentadores para máquinas, etc., casos de mediana complejidad donde se necesitan además señales analógicas y comunicación, por ejemplo máquinas inyectoras, paletizadoras, cintas transportadoras, etc., se utilizan por lo general PLC compacto.

Cuando existe la complejidad de los procesos, requiere tener una gran velocidad de procesamiento del programa, manejando lazos de control, alta prestación en múltiples protocolos de comunicación, de igual manera la cantidad de entradas y salidas controladas en forma remota y descentralizada, como por ejemplo en la automatización de una refinería, de una planta de minería compleja, para todos estos procesos por lo general se utilizan grandes PLC's modulares.

3.4.8. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

El Lenguaje de Programación en cambio, permite al usuario ingresar un programa de control en la memoria del PLC, usando una sintaxis establecida.

⁷⁷El PLC. (2013). *ehu*. Fecha de consulta: 3:00, septiembre 26, 2013 desde <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMh1/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm>.

3.4.8.1. GRAFCET

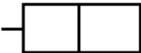
El GRAFCET (Grphe Function el de Comman de Etape Transition) es un grafo o diagrama funcional normalizado, que permite hacer un modelo del proceso a automatizar, contemplando entradas, acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones. El GRAFCET tiene elementos propios que se les puede apreciar en la tabla.

ELEMENTOS DE UN GRAFCET DE PROGRAMACIÓN

Tabla III-IV. Elementos de un Grafcet⁷⁸

Símbolo	Nombre	Descripción
	Etapa inicial	Indica el comienzo del esquema GRAFCET y se activa al poner en RUN el autómat. Por lo general suele haber una sola etapa de este tipo.
	Etapa	Su activación lleva consigo una acción o una espera.
	Unión	Las uniones se utilizan para unir entre sí varias etapas.
	Transición	Condición para desactivarse la etapa en curso y activarse la siguiente etapa, Se indica con un trazo perpendicular a una unión.

⁷⁸Elementos de un Grafcet. (2013). upc. Fecha de consulta: 10:00, septiembre 28, 2013 desde <http://edison.upc.edu/curs/grafcet/intro/princip.html>.

	Direccionamiento	Indica la activación de una y/u otra etapa en función de la condición que se cumpla/n. Es importante ver que la diferencia entre la "o" y la "y" en el graficet es lo que pasa cuando se cierran
	Proceso simultáneo	Muestra la activación o desactivación de varias etapas a la vez.
	Acciones asociadas	Acciones que se realizan al activarse la etapa a la que pertenecen.

3.4.8.2. LADDER

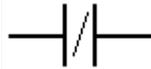
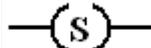
LADDER, también denominado lenguaje de contactos o de escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los Controladores Lógicos Programables (PLC), debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos.

3.4.8.3. ELEMENTOS DE PROGRAMACIÓN

Para programar un PLC con LADDER, además de estar familiarizado con las reglas de los circuitos de conmutación, es necesario conocer cada uno de los elementos de que consta este lenguaje. Se puede observar los símbolos de los elementos básicos junto con sus respectivas descripciones.⁷⁹

⁷⁹Elementos de Programación. (2013). *ing*. Fecha de consulta: 14:00, septiembre 28, 2013 desde <http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/.../Diagrama%20Escalera.pdf>.

Tabla III-V. Elementos de programación del lenguaje LADDER⁸⁰

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

⁸⁰Elementos de Programación. (2013). *ing*. Fecha de consulta: 16:00, septiembre 28, 2013 desde <http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/.../Diagrama%20Escalera.pdf>.

CAPÍTULO IV

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN

4.1. DETERMINACIÓN Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS Y COMPONENTES DE LA ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO

En este capítulo se detalla los parámetros de diseño, materiales utilizados, dimensiones, implementación y partes que conforman el módulo para la simulación de un proceso de mecanizado con mesa giratoria de indexación utilizando el PLC Telemecanique TWDLCAE40DRF para su automatización.

Básicamente en este módulo tenemos las tres partes principales de la automatización las cuales lo conforma los sensores, la parte de control (PLC) y los actuadores, todos ellas agrupándose y conformando cada una de las estaciones de trabajo.

Por tal razón este capítulo es una parte muy importante de nuestro proyecto, ya que con esto podemos hacer una proyección de cómo quedará el producto final.

4.2. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS Y COMPONENTES DE LA ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO

4.2.1. ADQUISICIÓN DE LA PLACA PERFILADA DE ALUMINIO

Para la adquisición de la base se tomó como modelo una Placa Perfilada de Aluminio marca FESTO tomando en cuenta las dimensiones al área de trabajo y en base a los elementos que serán montados sobre ella, tales como el motor, estaciones de trabajo y los elementos que conforman el panel de control.

El diseño se lo realiza en una Placa Perfilada de Aluminio marca FESTO cuyas dimensiones son 700 x 350 mm (largo x ancho), con paso de cables.

A continuación se muestra Placa Perfilada de Aluminio de la Estación de Procesamiento con sus dimensiones.

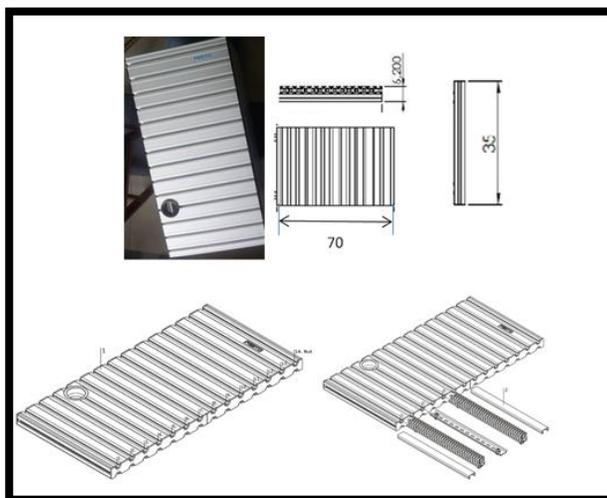


Figura IV-39. Placa Perfilada de Aluminio para la base de la Estación de Procesamiento⁸¹

Se puede observar en la Figura. IV.39, la base tiene dos secciones, la sección con dimensiones 17.6x35 cm sobre la cual irá montado el terminal Syslink E/S, las Electroválvulas, el Relé y la sección con dimensiones de 52.4x35 cm, sobre la cual irá montado la estación de procesamiento.

4.2.2. ADQUISICIÓN DE LA MESA RODANTE (TROLE)

La mesa rodante es una unidad móvil y compacta. Es fácil montar la estación en la mesa rodante. También puede montarse una placa de PARO DE EMERGENCIA. Orificios en las paredes laterales y posteriores facilitan el tendido ordenado de los cables. La parte frontal está equipada con fijaciones para el panel de control.

La mesa rodante se la construyó tomando como base las medidas de la mesa rodante marca FESTO.

⁸¹Los autores

La mesa se suministra completa, con ruedas.

- Altura (incl. ruedas, hasta el borde superior de la placa perfilada): 750 mm
- Anchura: 350 mm
- Fondo: 700 mm

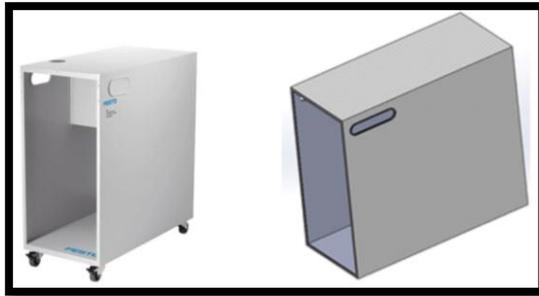


Figura IV-40. Mesa Rodante⁸²

4.2.3. DISEÑO DE LA MESA GIRATORIA DE INDEXACIÓN

Para el diseño de la mesa giratoria de indexación se realiza tomando en cuenta la cantidad de procesos que conformarán la Estación de Procesamiento, así como las dimensiones de los manómetros a utilizar, cuyas dimensiones son:

Diámetro: 40 mm

Altura: 25 mm

Para mejorar el rendimiento de la Estación de Procesamiento y por cuestiones de diseño mecánico se establece una mesa giratoria de indexación con 6 posiciones de pieza.

⁸²Los autores

- Posiciones de la pieza: 6
- Diámetro: 350 mm
- Altura: 112 mm
- Tensión nominal: 24 V
- Velocidad nominal: 3200 rpm

A continuación se muestra su diseño.

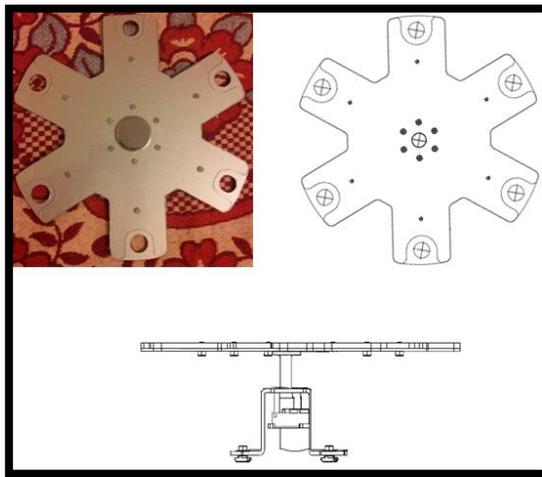


Figura IV-41. Diseño de la mesa giratoria de indexación de 6 posiciones⁸³

4.2.4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA PARA EL TALADRO

Para construir la estructura del taladro se utiliza una placa perfilada de aluminio, ésta servirá para el soporte de los elementos que constituyen la estación de taladrado, es decir en esta placa perfilada de aluminio se ensamblará el cilindro para el taladrado junto con el taladro.

⁸³Los autores

El diseño del soporte para taladro está construido en base a las dimensiones de los perfiles modulares de aluminio comerciales de 62x31mm.

Sus medidas dependen de la carrera del cilindro del taladrado y de la altura de la mesa giratoria de indexación.

A continuación se muestra el diseño con sus dimensiones en cm.

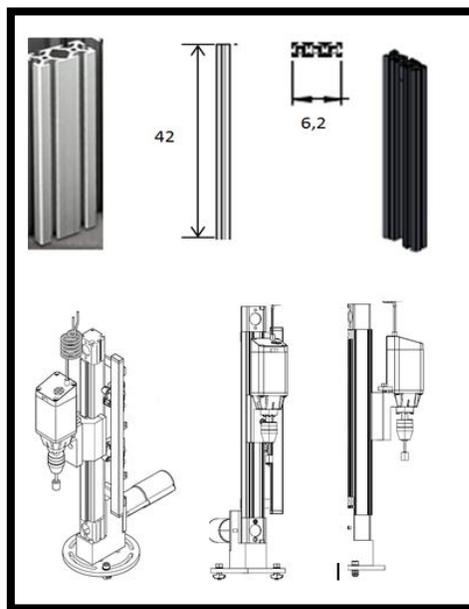


Figura IV-42. Diseño de la estructura para el taladrado⁸⁴

4.2.5. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA PARA EL CILINDRO DE VERIFICACIÓN

Para construir la estructura del cilindro de verificación se utilizó una placa perfilada de aluminio, ésta servirá para el soporte de los elementos que constituyen la estación de verificación.

⁸⁴Los autores

El diseño del soporte para taladro está hecho en base a las dimensiones de los perfiles modulares de aluminio comerciales de 62x31mm.

Sus medidas dependen de la carrera del cilindro de verificación y de la altura de la mesa giratoria de indexación.

A continuación se muestra el diseño con sus dimensiones en cm.

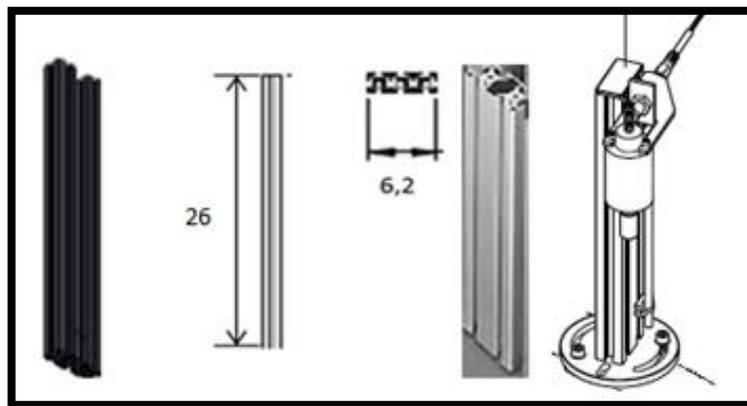


Figura IV-43. Diseño de la estructura para el cilindro de verificación⁸⁵

4.2.6. DISEÑO DE LOS SOPORTES Y BASES

Las bases de los sensores, se lo realizó en platina de 1" ½ pulgadas por 4 mm de espesor, la cual fue cortada y doblada de acuerdo a las medidas del diseño y estudio realizado, los soportes y bases servirán para el montaje de los sensores, inductivos y ópticos.

El diseño de los soportes está hecho en láminas de acero, sus medidas dependen de la altura de la mesa giratoria de indexación.

⁸⁵Los autores

A continuación se muestra el diseño de los soportes para los diferentes elementos con sus respectivas dimensiones.



Figura IV-44. Diseño de los soportes y bases⁸⁶

4.2.7. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL MOTOR

Para la elaboración de la estructura de la base donde va sostenido el motor que hace girar la mesa de indexación se lo realizó en acero y en platina de 1" ½ pulgadas por 4 mm de espesor, la cual fue cortada y doblada de acuerdo a las medidas del diseño realizado.



Figura IV-45. Diseño de la estructura del motor⁸⁷

⁸⁶Los autores

4.2.8. DISEÑO GENERAL DEL MONTAJE MECÁNICO DE LA ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO

El diseño general de la Estación de Procesamiento quedará de la siguiente manera:

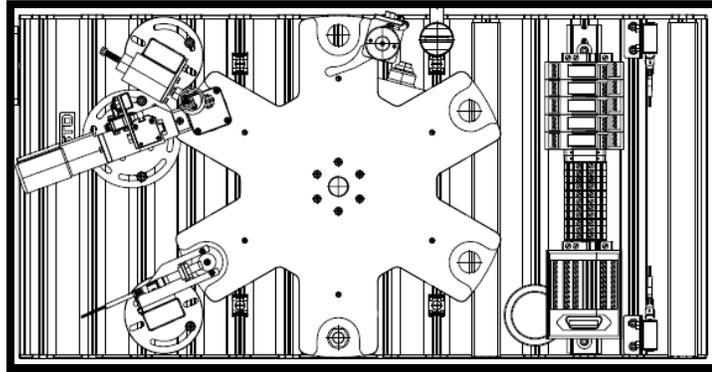


Figura IV-46. Vista Superior de la Estación de Procesamiento⁸⁸

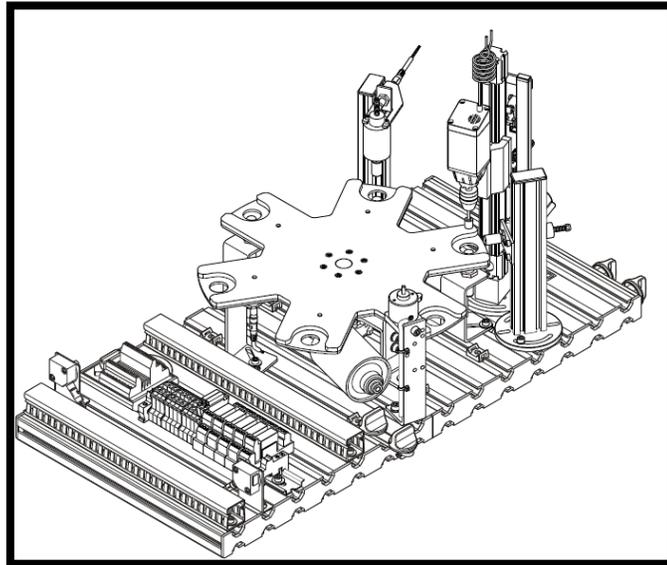


Figura IV-47. Vista Frontal de la Estación de Procesamiento⁸⁹

⁸⁷Los autores

⁸⁸Los autores

⁸⁹Los autores

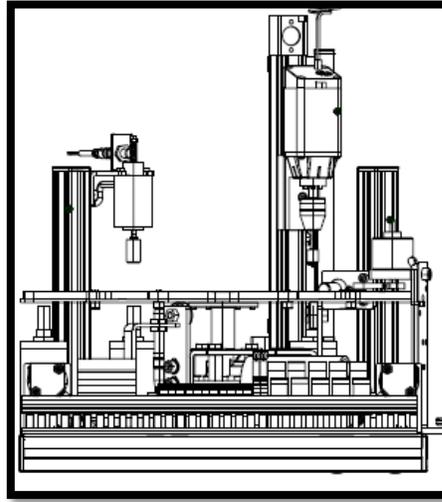


Figura IV-48. Vista Lateral de la Estación de Procesamiento⁹⁰

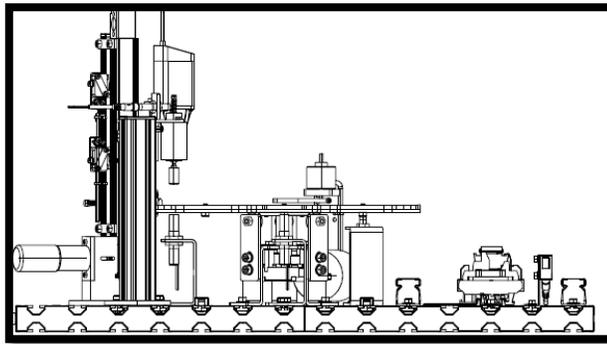


Figura IV-49. Vista Frontal 2 de la Estación de Procesamiento⁹¹

4.3. IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO

4.3.1. MÓDULO DEL PROCESO

El módulo para la simulación de un proceso de mecanizado con mesa giratoria de indexación, está conformado por cuatro estaciones de trabajo, que son:

- Estación de alimentación de piezas a mecanizar.

⁹⁰Los autores

⁹¹Los autores

- Estación de taladrado.
- Estación de verificación.
- Estación de expulsión de piezas mecanizadas.

La transferencia de las piezas a través de cada una de las estaciones de trabajo se la realiza con una mesa giratoria indexadora de seis posiciones.

Toda la estación de procesamiento está comandado por un PLC Telemecanique TWDLCAE40DRF, a través de un bloque de electroválvulas para la parte neumática y un relé para la parte eléctrica, así, también las señales de entrada al PLC son tomados de sensores que indican la posición o estado del proceso.



Figura IV-50. Esquema General del Módulo del proceso⁹²

4.4. MONTAJE DE LA ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO

Para el montaje de la estación de procesamiento se la hace por partes, iniciando con la parte mecánica, actuadores eléctricos y neumáticos, sensores, y finalmente el montaje del PLC y el respectivo cableado.

⁹²Los autores

4.4.1. MONTAJE MECÁNICO

La estructura o base de la estación de procesamiento está fabricado en una placa perfilada de aluminio de 700 x350 mm con canaleta para cables.

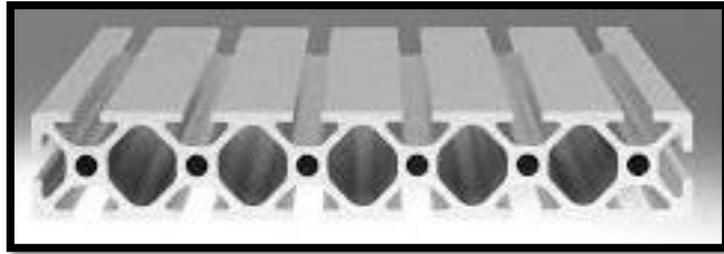


Figura IV-51. Placa perfilada de Aluminio⁹³

Para unir las diferentes piezas en la estructura base se utilizó accesorios como los conectores de perfil perpendicular, tuerca cabeza de martillo, ángulos de sujeción, riel din y tornillos en general.

4.4.1.1.TUERCA CABEZA DE MARTILLO

Este tipo de tuerca es la recomendada para trabajar en la placa perfilada de aluminio ya que se utiliza para fijar cualquier accesorio a ésta.

Se introduce frontalmente, se desliza por el canal de los perfiles y al girar un cuarto de vuelta este queda en posición vertical y fija a la placa de aluminio, dándonos seguridad y estabilidad a todo lo que sujetemos con estas tuercas.

Este tipo de tuerca hay de diferentes tamaños y se la utilizará según corresponda.

⁹³Los autores

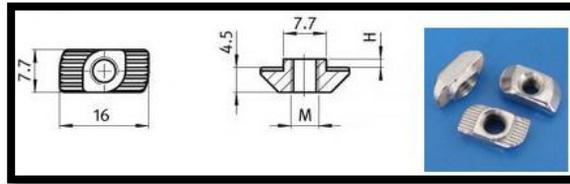


Figura IV-52. Tuerca Cabeza de martillo⁹⁴

4.4.1.2.ÁNGULOS DE SUJECIÓN

Los ángulos de aluminio son utilizados como soporte para varios elementos y accesorios que van acoplados en sus respectivos marcos hechos a medida para cada elemento. En este caso lo hemos utilizado para:

- Acoplar el sensor óptico SO3 para detectar si la pieza está lista para verificar si la pieza mecanizada posee o no un agujero.
- Acoplar el cilindro CVE con la base de aluminio.
- Acoplar el cilindro CT con su estructura de aluminio dándole mayor estabilidad.
- Acoplar la estructura del taladro con la placa perfilada de aluminio.
- Acoplar la estructura de verificación con la placa perfilada de aluminio.

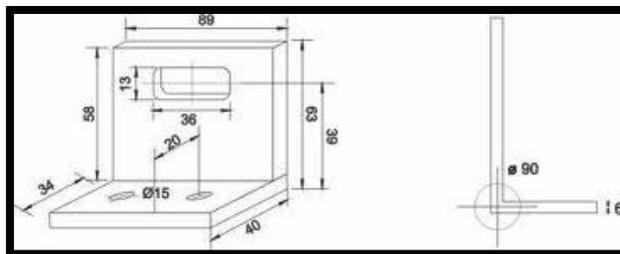


Figura IV-53. Ángulos de sujeción⁹⁵

⁹⁴Los autores

4.4.1.3.CANALETAS Y RIEL DIN

Y para terminar con el montaje mecánico se utilizaron las canaletas y rieles DIN que posteriormente serán utilizadas para el cableado eléctrico y montaje de los elementos de control y mando.

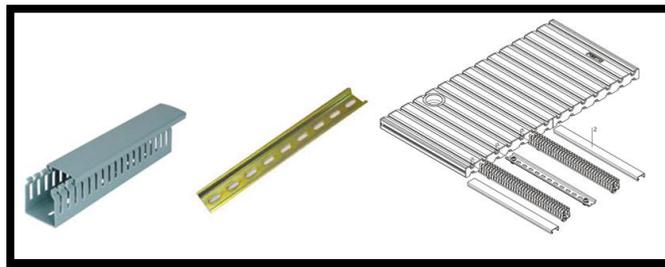


Figura IV-54. Canaletas y Riel DIN⁹⁶

4.4.2. MONTAJE ELÉCTRICO

4.4.2.1.MOTOR ELÉCTRICO

El motor eléctrico (M) se utiliza para la mesa giratoria de indexación es un motor de 24 V DC, gira a 3200 rpm está, ubicado en la parte inferior de la mesa giratoria de indexación, el mismo que va acoplado a su estructura de soporte de sujeción.

Especificaciones de placa:

- 24 V DC
- RPM: 3200

⁹⁵Los autores

⁹⁶Los autores

- Torque (Nm): 1.25
- Eficiencia: 98%



Figura IV-55. Motor para la mesa giratoria de indexación⁹⁷

El motor es activado mediante un relé K de 24 V DC Telemecanique, el cual recibe la señal directamente de la salida Q4 del PLC.



Figura IV-56. Relé que activa el motor de la mesa giratoria de indexación⁹⁸

PANEL DE CONTROL

El panel de control del proceso está ubicado en la parte superior del trole, en este se encuentran los elementos de maniobra:

⁹⁷Los autores

⁹⁸Los autores

- Selector de Llave: Sirve para poner en marcha la estación de procesamiento tanto en modo manual como en modo automático de acuerdo a la posición del selector.
- Botón de Inicio (Verde): Al pulsar una vez, inicia la secuencia de trabajo.
- Botón de Paro (Rojo): Al pulsar una vez, detiene la secuencia de trabajo.
- Botón de Emergencia (Rojo con Círculo Blanco): Al pulsar una vez, para el proceso de trabajo en la posición o estación en la que se encuentre en ese momento.
- Luz Piloto (Verde): Indica que inició el proceso de trabajo de la estación.
- Luz Piloto (Rojo): Indica que finalizó el proceso de trabajo de la estación.



Figura IV-57. Panel de Control⁹⁹

El PLC es muy importante ya que es el que emite las señales de control a partir de los estados de las entradas que los toma del pulsador y de los sensores.

El PLC está sujeto a un riel DIN, junto con las canaletas por donde pasaran los cables que se conectarán con las borneras de Entradas y Salidas de la estación de procesamiento.

⁹⁹Los autores



Figura IV-58. Panel de control del PLC¹⁰⁰

4.4.2.2.FUENTE REGULADORA DE ENERGÍA A 24 V DC

Los sensores, actuadores, luces piloto, interruptor de llave y pulsadores están alimentados por una fuente de alimentación marca FESTO de 24V DC.

Tensión de entrada: 85 – 265 V AC (47 – 63 Hz)

- Tensión de salida: 24 V DC, a prueba de cortocircuitos
- Corriente de salida: máx. 4,5 A
- Dimensiones: 75 x 155 x 235 mm

Funciona de la siguiente manera, la salida de tensión roja es la fase a 24v, la azul es la neutra a 0v, la negra es polo a tierra, las salidas roja y azul energizan todo el circuito, si se desea puede usar la negra por la azul. Si en algún momento las salidas se unan se hará un corto que detendrá la salida de tensión.

¹⁰⁰Los autores



Figura IV-59. Fuente reguladora de energía a 24 V DC¹⁰¹

4.4.3. MONTAJE NEUMÁTICO

El sistema neumático es necesarios e importante para el funcionamiento de la Estación de Procesamiento, ya permite el funcionamiento de los diferentes elementos neumáticos como: la estación de taladrado y sujeción, la estación de verificación y la estación de expulsión, todo esto acompañado del bloque de distribución y las electroválvulas, durante el proceso de trabajo.

Al momento de realizar el montaje neumático, se debe tener mucho cuidado, principalmente se debe tener en cuenta las distancias de la carrera de los actuadores neumáticos, caso contrario podríamos averiar los elementos de la estación o resultar presas fácil de algún accidente.

Este sistema puede trabajar con presión de aire de hasta 6 bares según las características de los elementos, para evitar daños se recomienda trabajar con 3 bares de presión.

Los cilindros neumáticos van montados en unos ángulos de sujeción de platina de 1" ½ pulgadas por 4 mm de espesor, los mismos que se acoplan mediante tornillos, pernos y tuercas cabeza de martillo, cada uno en su estructura de soporte.

¹⁰¹Los autores

Los cilindros vienen con una guía roscada en los extremos, la misma que se introduce en el agujero del ángulo de sujeción y se aseguran mediante la tuerca de ajuste.

4.4.3.1.ESTACIÓN DE SUJECIÓN

El cilindro de sujeción está montado en la parte inferior de la base, su estructura de soporte se encuentra en la parte izquierda de la estación de taladrado a la altura de la mesa de indexación, éste cilindro neumático es de doble efecto CSJ con una carrera de 60mm.

La velocidad de avance del vástago es controlada por dos válvulas reguladora de caudal, el cual recibe la señal directamente de la salida Q1 del PLC.



Figura IV-60. Montaje del cilindro de sujeción CSJ¹⁰²

4.4.3.2.ESTACIÓN DE TALADRADO

El taladro es un actuador neumático que trabaja con aire. El taladro está ubicado en la parte frontal superior de la estación de taladrado, está sujeta mediante una placa de metal de tres caras que sirve como guía del vástago del cilindro CT, y una abrazadera de metal el cual sostiene al taladro en el proceso de subir y bajar.

¹⁰²Los autores

El taladro es accionado mediante una electroválvula la misma que acciona el Cilindro A, el cual recibe la señal directamente de la salida Q0 del PLC.



Figura IV-61.Taladro Neumático¹⁰³

Para el desplazamiento del taladro se tiene un cilindro neumático de doble efecto CT que opera el desplazamiento vertical del taladro con un alcance de movimiento de 120mm.

El cilindro se encuentra montado en la parte interior inferior del tablero, la punta del vástago esta acoplado en el soporte de desplazamiento vertical del módulo de taladrado.

La velocidad de desplazamiento del vástago del cilindro puede ser regulada a través de las válvulas reguladoras de caudal, la posición final del cilindro está monitoreada por un sensor inductivo S11.



Figura IV-62. Montaje del cilindro del taladro CT¹⁰⁴

¹⁰³Los autores

4.4.3. ESTACIÓN DE VERIFICACIÓN

En la estación de verificación se tiene un cilindro neumático de doble efecto CV que opera el desplazamiento vertical del módulo con una carrera de 80mm.

El cilindro se encuentra montado en la parte superior derecha de la base de la estación procesamiento junto a la estación de taladrado, en la parte inferior de la estructura de soporte de la estación de verificación se encuentra el soporte del sensor óptico 3 SO3.

La velocidad de desplazamiento del vástago del cilindro puede ser regulada a través de dos válvulas reguladora de caudal.

La posición final del cilindro está monitoreada por un sensor magnético deposición SM.

El cilindro de verificación recibe la señal directamente de la salida Q2 del PLC.



Figura IV-63. Montaje del cilindro de verificación CV¹⁰⁵

¹⁰⁴ Los autores

¹⁰⁵ Los autores

4.4.3.4.ESTACIÓN DE EXPULSIÓN

En la estación de expulsión se tiene un cilindro neumático de doble efecto CEX que opera el desplazamiento vertical con giro del vástago en el módulo con un alcance para expulsar la pieza mecanizada hacia la siguiente estación.

El cilindro se encuentra montado en una base de platina sobre la cual reposa la estructura de soporte del cilindro, la misma que está ubicado en la parte inferior derecha de la base de la Estación de Procesamiento.

La velocidad de avance del vástago es controlada por dos válvulas reguladora de caudal

El cilindro de expulsión recibe la señal directamente de la salida Q3 del PLC.



Figura IV-64. Montaje del cilindro de expulsión CEP¹⁰⁶

4.4.3.5.BLOQUE DE VÁLVULAS DE DISTRIBUCIÓN

El bloque de válvulas de distribución de nuestra Estación de Procesamiento va montado en la parte derecha, está compuesto por un bloque neumático con sistema de silenciadores,

¹⁰⁶Los autores

sobre este bloque de distribución van acopladas 4 electroválvulas 5/2 (5 vías, 2 posiciones), monoestables, los impulsos de las bobinas de estas electroválvulas son de 24 VDC.



Figura IV-65. Montaje del bloque de válvulas de distribución¹⁰⁷

- Electroválvula EV0 controla el accionamiento del cilindro CT en la estación de taladrado.
- Electroválvula EV1 controla el accionamiento del cilindro CSJ de la estación de sujeción.
- Electroválvula EV2 controla el accionamiento del cilindro CV en la estación de verificación.
- Electroválvula EV3 controla el accionamiento del cilindro CEX en la estación de expulsión.

Además las electroválvulas constan de:

- Bloque de distribución los cuales cumplen la función de disminuir el ruido producido por el aire comprimido.

¹⁰⁷Los autores

- 2 Silenciadores.
- 4 Tapones.
- 8 Tomas de alimentación de aire.
- La línea de alimentación de aire comprimido, que se conecta al bloque de las válvulas de distribución y de aquí hacia las electroválvulas 5/2 a la posición de reposo, el bloque de válvulas de distribución contienen dos silenciadores.
- En caso de presentarse cortes del suministro de energía en el sistema, las electroválvulas retornan a la posición de reposo a través del accionamiento de su resorte interno.

4.4.3.6. MANGUERAS Y RACORES

Las mangueras y racores sirven para realizar conexiones de aire entre los diferentes elementos neumáticos como son los cilindros, el taladro con las electroválvulas.

Para la estación de procesamiento las conexiones están hechas mediante el uso de manguera flexible y acoples rápidos de tecnopolímero, lo que facilita la rápida instalación del sistema de alimentación de aire en el equipo.

No se requiere de herramienta alguna para la inserción o remoción de la manguera en la conexión, lo cual simplifica las tareas de ensamble, reparación o modificación en la instalación de la estación de procesamiento.



Figura IV-66. Manguera y Racores¹⁰⁸

4.4.4. MONTAJE ELÉCTRICO

4.4.4.1. MONTAJE DE SENSORES

Al realizar el montaje de los sensores en la Estación de Procesamiento, es importante obtener una buena sujeción en su estructura de soporte, para evitar futuros errores en el funcionamiento de los mismos.

No se debe superar los límites de la temperatura indicada y no se puede someter estos dispositivos a vibraciones fuertes o a golpes que pueden causar daño al sensor o comprometer su impermeabilidad.

El montaje de los diferentes tipos de sensores que van acoplados a los dispositivos que se utilizan en el Módulo de Procesamiento se detalla a continuación

¹⁰⁸Los autores

4.4.4.2. SENSORES ÓPTICOS

En la Estación de Procesamiento existen 4 sensores ópticos marca SICK (SO), cada sensor se ubica debajo del plato de la mesa giratoria de indexación, en la parte posterior sobre la base de la estación de procesamiento, van acoplados estructuras de soporte de platina de 1” ½ pulgadas por 4 mm de espesor.

Tiene la función de detectar la existencia de la pieza a mecanizar en el retenedor semicircular ubicados en el plato giratorio de la mesa de indexación, para iniciar el ciclo de trabajo.

Para el montaje de los sensores ópticos en nuestra Estación de Procesamiento utilizamos los siguientes materiales:

- 4 Sensores ópticos SO.
- Tuercas de ajuste y regulación.
- Ángulo de sujeción.
- Estructuras de soporte.
- Tuercas cabeza de martillo.
- Tornillos de cabeza hexagonal.

El procedimiento de ajuste de los sensores se lo realiza, moviendo el sensor en su soporte mediante la tuerca de regulación que tiene incorporada, hasta que la pieza de trabajo corte el haz de luz emitido por el sensor y esté en el rango de distancia adecuado de operación, en ese momento se prendera la luz LED del sensor que indica que está activado.

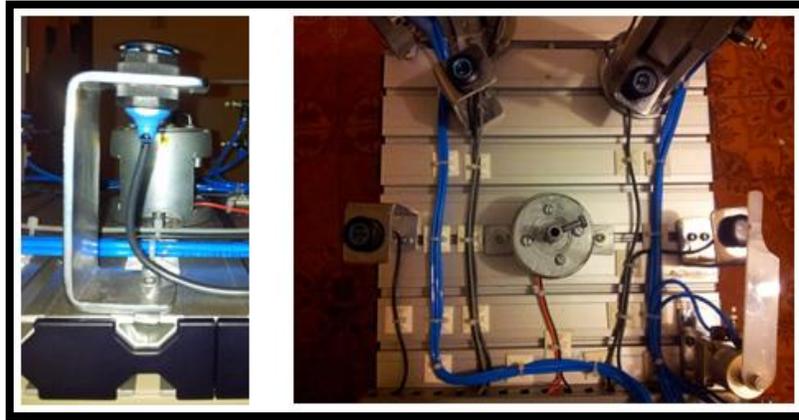


Figura IV-67. Montaje de los sensores ópticos SO¹⁰⁹

4.4.4.3. SENSORES INDUCTIVOS

En la Estación de Procesamiento tenemos 2 sensores inductivos marca SICK.

El sensor (SI1) se ubica en la parte derecha de la estructura de la estación de taladrado, éste sensor nos servirá para determinar la carrera del cilindro donde va sujetado el taladro neumático.

Éste sensor va sujeto en un soporte de nylon de 7 x 3.7 cm.

El sensor (SI2) se ubica debajo del plato de la mesa de indexación y está situado en la parte frontal sobre la estructura base del módulo de procesamiento, el sensor va sujeto a un soporte de platina de 1" ½ pulgadas por 4 mm de espesor.

Éste tiene la función de detectar las seis posiciones finales de la mesa giratoria de indexación, las cuales están definidas por los tornillos de posicionado, los mismos que están ubicados en la parte inferior de la mesa giratoria de indexación.

¹⁰⁹Los autores

El procedimiento de ajuste de los sensores se lo realiza, moviendo el sensor en su soporte mediante la tuerca de regulación que tiene incorporada, hasta que el tornillo de posicionamiento del plato, ingrese en el campo de detección del sensor y esté en el rango de distancia adecuado de operación, en ese momento se prendera la luz LED del sensor que indica que está activado.

Se debe tener cuidado al apretar las tuercas del sensor, haciendo solamente la fuerza necesaria para fijar el detector, pues podría estropearse al ejercer una fuerza excesiva.

Para el montaje de los sensores inductivos en nuestra Estación de Procesamiento utilizamos los siguientes materiales:

- 2 Sensores Inductivos.
- Tuercas de ajuste y regulación.
- Estructura de soporte.
- Tornillo de posicionamiento del plato de la mesa giratoria de indexación.



Figura IV-68. Montaje de sensor inductivo SI¹¹⁰

¹¹⁰Los autores

4.4.4.4.SENSOR MAGNÉTICO

En la Estación de Procesamiento hay un sensores magnéticos marca AIRTAC de posición es utilizados en el cilindro neumáticos en la estación de verificación y sirven para monitorear la posición inicial del vástago.

El sensor magnético de posición va directamente montados sobre los cilindros neumáticos, al extremo de la salida de cada cilindro y sujetos con bridas.

La regulación se la realiza moviendo suavemente el sensor sobre la carcasa del cilindro y desplazando el vástago hasta que el sensor se encuentran dentro del campo magnético generado por el imán del pistón en el cilindro, entonces la luz LED del sensor se prendera indicando que el sensor está activado.

Para el montaje del sensor magnético en nuestra Estación de Procesamiento utilizamos los siguientes materiales:

- 1 Sensores Magnético.
- Bridas de sujeción.



Figura IV-69. Montaje de Sensor Magnético¹¹¹

¹¹¹Los autores

4.5. UNIDAD LÓGICA PROGRAMABLE (PLC)

4.5.1. DESCRIPCIÓN DEL PLC

El PLC que ocuparemos para el control y automatización de la Estación de Procesamiento es un PLC Telemecanique TWDLCAE40DRF.

Previo al desarrollo de la programación del PLC, para el efecto se elabora toda la documentación necesaria, consistente de etapas de funcionamiento y sus transiciones, que pongan a prueba las operaciones individuales del módulo de la Estación de Procesamiento.

La programación de los diferentes subsistemas de la instalación, se ejecuta de manera que se pueda implementar las funciones básicas para la operación de la estación de procesamiento.

Se debe tener cuidado cuando se programe la secuencia de funcionamiento del módulo de la Estación de Procesamiento, con la finalidad de evitar en lo posible los errores.



Figura IV-70. Montaje del PLC Telemecanique TWDLCAE40DRF¹¹²

¹¹²Los autores

4.5.2. SEÑALES DE ENTRADAS/SALIDAS AL PLC

Es importante la identificación de las entradas y salidas que se asignarán al PLC, de los diferentes dispositivos utilizados en este módulo, se detallan en la Tabla IV-VI.

Tabla IV-VI. Asignación de Entradas/Salidas del PLC¹¹³

ASIGNACIÓN DE DIRECCIONES				
E/S	DIRECCIÓN FÍSICA	DIRECCIÓN EN EL PLC	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
ENTRADA	I0.0	I0.18	SR	Sensor receptor de acople de estaciones
ENTRADA	I0.1	I0.9	SO1	Sensor óptico para verificar la pieza a mecanizar en el inicio del proceso.
ENTRADA	I0.2	I0.10	SO2	Sensor óptico para verificar la pieza a mecanizar para accionar la estación de sujeción y taladado.
ENTRADA	I0.3	I0.11	SO3	Sensor óptico para verificar la pieza a mecanizar para accionar la estación de verificación.
ENTRADA	I0.4	I0.12	SO4	Sensor óptico para verificar la pieza a mecanizar para accionar la estación de expulsión.
ENTRADA	I0.5	I0.13	SIT	Sensor inductivo de posición del taladro
ENTRADA	I0.6	I0.14	SMV	Sensor magnetico de posición del cilindro de verificación
ENTRADA	I0.7	I0.15	SIMS	Sensor inductivo de posición de la mesa giratoria
SALIDA	Q0.0	Q0.11	CT	Electroválvula para accionar cilindro del taladro y el taladro.
SALIDA	Q0.1	Q0.10	CSJ	Electroválvula para accionar el cilindro de sujeción.
SALIDA	Q0.2	Q0.12	CV	Electroválvula para accionar el cilindro de verificación.
SALIDA	Q0.3	Q0.13	CEX	Electroválvula para accionar cilindro de expulsión.
SALIDA	Q0.4	Q0.15	M	Relé para accionar el motor de la mesa de indexación.
SALIDA	Q0.5	Q0.18	SE	Sensor emisor de acople de estaciones

¹¹³Los autores

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

Para la programación e interpretación del sistema primeramente se recurre a la identificación de las entradas y salidas que se asignaran al PLC, su numeración y asignación de puerto y memorias, su tipo de señal y su función para realizar una respectiva conexión y poder desarrollar el programa de control en el software (Tabla IV-VI).

4.5.3. DETERMINACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO

A continuación se detalla el funcionamiento de la Estación de Procesamiento, la más óptima de las secuencias será utilizada para la programación utilizando el método Grafcet.

La secuencia que se va a utilizar para la programación de nuestra Estación de Procesamiento permite que varias piezas sean mecanizadas al mismo tiempo, esto se logra haciendo trabajar simultáneamente a todas las estaciones de trabajo al mismo tiempo esto ayuda a ahorrar tiempo, ya que cada estación de trabajo estará procesando una pieza.

Esta secuencia utiliza el sensor inductivo SI2 como contador y posicionador de la mesa giratoria de indexación.

A continuación se describe la secuencia que se va a utilizar para el funcionamiento de la Estación de Procesamiento y los pasos que debe ejecutar el PLC:

Pulso de Inicio

1. Espera para la carga de pieza y luego espera que el sensor óptico SO1 detecte la pieza para ejecutar el siguiente paso, caso contrario no lo hará.
 - Si el SO1 detecta la pieza continua al paso 12
 - Si el SO1 no detecta la pieza no realizará ninguna acción
 - Si el contador es 0 continua al paso 12
 - Si el contador es 1
2. Acciona el cilindro de sujeción CSJ.
3. Acciona el cilindro de la estación de taladrado, se acciona y baja el taladro CT.
 - Apaga la estación de sujeción y la estación de taladrado dejándolos en sus posiciones iniciales.
 - De aquí continua al paso 11
 - Pasa un tiempo y continua al paso 12
 - Si el contador es 2 ó 3
 - Nuevamente entra en trabajo el SO1
4. Acciona el cilindro de sujeción.
5. Acciona y baja el taladro, y al mismo tiempo baja la estación de verificación.
6. Apaga y sube el taladro, al mismo tiempo que sube la estación de verificación.
 - Y de aquí se salta al paso 11.
 - Si el contador es mayor o igual a 4
7. Acciona el cilindro de sujeción y el expulsor.

8. Acciona y baja el taladro, al mismo tiempo baja la estación de verificación, y retorna el expulsor.
9. Apaga y sube el taladro, al mismo tiempo que sube la estación de verificación.
10. Espera que todas las unidades estén en su posición inicial.
11. Motor gira.
12. Vuelve al paso 1 para continuar con la secuencia.

Esta secuencia, es la más óptima, debido a que, como se dijo anteriormente las estaciones trabajan al mismo tiempo, es decir cada estación está realizando su tarea al mismo tiempo que otra, dando lugar a una mayor producción en menos tiempo.

4.5.4. GRAFCET

Una vez identificadas las señales de entradas y salidas, se aplica el método de programación Grafcet para determinar la secuencia de funcionamiento de la Estación de Procesamiento.

Este método es simple y de fácil aprendizaje, que a su vez viene a ser muy didáctico para los laboratorios de aprendizaje de automatización industrial.

Este método se basa en que una etapa se ejecuta a la vez, es decir para ejecutar una etapa debe apagar la anterior y debe estar inactiva la siguiente.

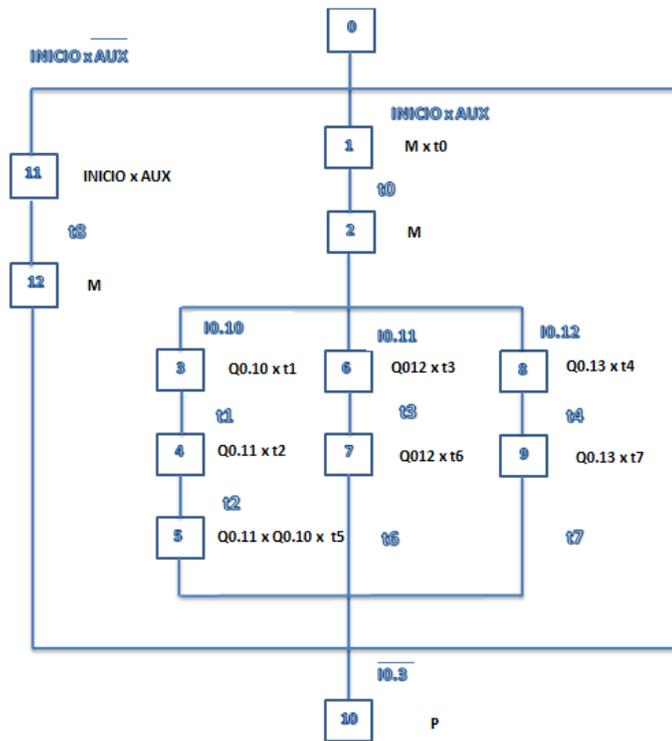


Figura IV-71. Grafcet del proceso¹¹⁴

4.5.5. DETERMINACIÓN DE ECUACIONES

Una vez realizado el Grafcet procedemos a determinar las ecuaciones del mismo para pasarlo a lenguaje ladder, éste lenguaje es el que leerá nuestro PLC.

$$M_1 = M_0 \times INICIO \times AUX + M_1 \overline{M_2}$$

$$M_2 = M_1 \times t_0 + M_2 \overline{M_3} \times \overline{M_6} \times \overline{M_8}$$

$$M_3 = M_2 \times I0.10 + M_3 \overline{M_4}$$

¹¹⁴Los autores

$$M_4 = M_3 \times t_1 + M_4 \overline{M_5}$$

$$M_5 = M_4 \times t_2 + M_5 \overline{M_{10}} \overline{M_0}$$

$$M_6 = M_2 \times I0.11 + M_6 \overline{M_7}$$

$$M_7 = M_6 \times t_3 + M_7 \overline{M_{10}} \overline{M_0}$$

$$M_8 = M_3 \times I0.12 + M_8 \overline{M_9}$$

$$M_9 = M_8 \times t_4 + M_9 \overline{M_{10}} \overline{M_0}$$

$$M_{10} = (M_5 + M_7 + M_9) \times t_4 + M_{10} \overline{M_0}$$

$$M_{11} = M_0 \times INICIO \times AUX + M_{11} \overline{M_{12}}$$

$$M_{12} = M_{11} \times t_8 + M_{12} \overline{M_{10}} \overline{M_{10}} \overline{M_0}$$

4.5.6. IMPLEMENTACIÓN DE LA SECUENCIA EN SOFTWARE TWIDOSUITE SCHNEIDER ELECTRIC

TwidoSuite es el primer software que está organizado según el ciclo de desarrollo del proyecto. La navegación por el software es tan sencilla que se convierte en esencial.

TwidoSuite es un entorno de desarrollo gráfico, lleno de funciones para crear, configurar y mantener aplicaciones de automatización para los autómatas programables Twido de

Telemecanique. TwidoSuite permite crear programas con distintos tipos de lenguaje, después de transferir la aplicación para que se ejecute en un autómeta.

Una vez bien en claro las secuencias de trabajo de la Estación de Procesamiento y realizado el Grafcet correspondiente, se procede con la programación en Twido Suite V 2.2.

Para ello debemos seguir los siguientes pasos:

- Ejecutar el software TwidoSuite, para inicial el software TwidoSuite, no vamos a **Inicio, Todos los programas**, y nos dirigimos a la carpeta **Schneider Electric**, el cual contiene la carpeta **TwidoSuite** en el cual se encuentra el ejecutable **TwidoSuite**.

Damos clic e inicia el programa.

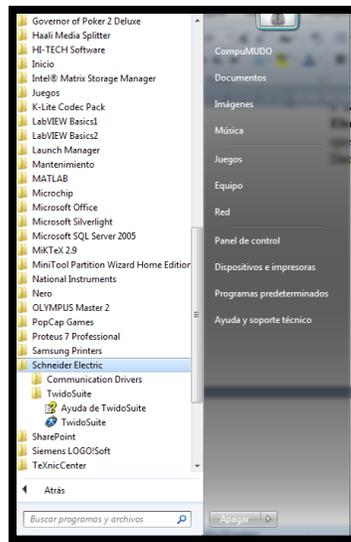


Figura IV-72. Carpeta para ejecutar TwidoSuite¹¹⁵

¹¹⁵ Los autores



Figura IV-73. Inicio del Software de programación TwidoSuite¹¹⁶

- Una vez en TwidoSuite V 2.2, se procede a crear un nuevo proyecto, donde especificamos un nombre de proyecto, ruta para guardar, autor, y un comentario.

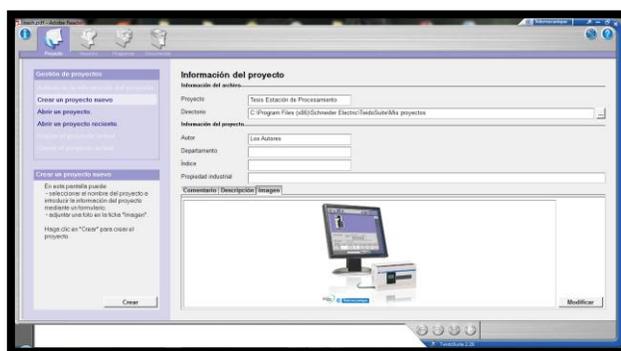


Figura IV-74. Crear un proyecto en TwidoSuite V2.2¹¹⁷

- Creado el proyecto vamos a agregar los dispositivos, en este caso agregamos el PLC Telemecanique TWDLCAE40DRF.

Luego damos un clic en **Describir**, una vez dado clic nos dirigimos a la derecha ahí nos muestra **Comentar**, seleccionamos **Bases**, luego escogemos **Compactos**, escogemos **TWDLCAE40DRF**, lo seleccionamos damos clic sobre el dispositivo indicado, como

¹¹⁶ Los autores

¹¹⁷ Los autores

resultado nos muestra una imagen del PLC seleccionado, lo arrastramos y soltamos en la parte que muestra un cuadro verde ahí aparecerá nuestro dispositivo.

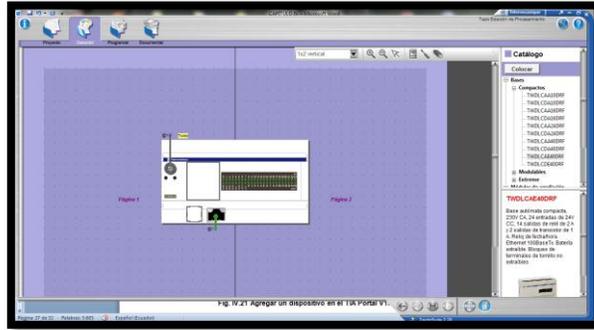


Figura IV-75. Agregar un dispositivo en TwidoSuite V 2.2¹¹⁸

- Procedemos a configurar un red entre el PLC y la PC donde se está programando, para esto damos clic en la imagen del puerto RJ45 del PLC, el cual nos muestra en la parte inferior de la pantalla para la configuración de la red, entonces en Dirección Ethernet procedemos a poner la IP 192.168.0.10 con máscara de subred 255.255.255.0, y en la PC ponemos otra dirección IP, como la 192.168.0.11 con la misma máscara de subred, luego damos clic en **Aceptar**.

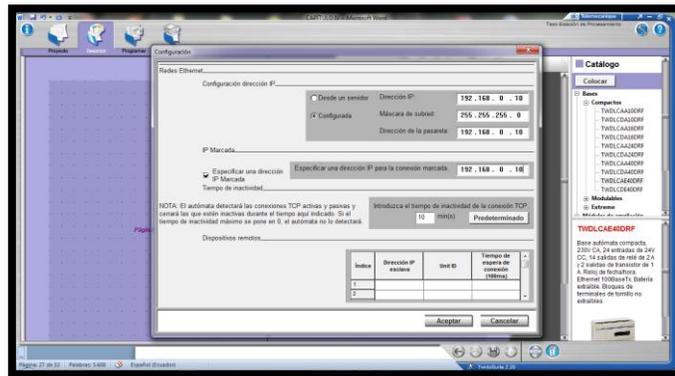


Figura IV-76. Configurar IP del dispositivo en TwidoSuite V 2.2¹¹⁹

¹¹⁸ Los autores

- Luego de realizado las configuraciones necesarias, se proceda a asignar las variables de E/S del PLC como se indica anteriormente en la tabla VI-VI, así como también de las memorias.

Para esto nos dirigimos **Describir** y hacemos doble clic en el **PLC**.

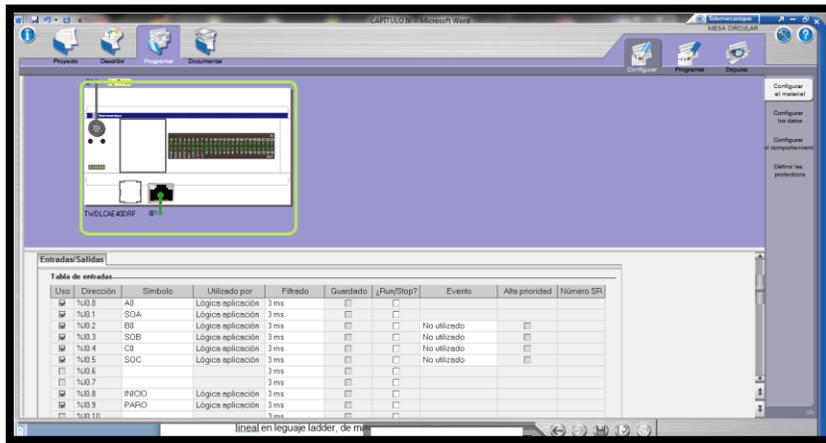


Figura IV-77. Asignación de Entradas en TwidoSuite V 2.2 ¹²⁰

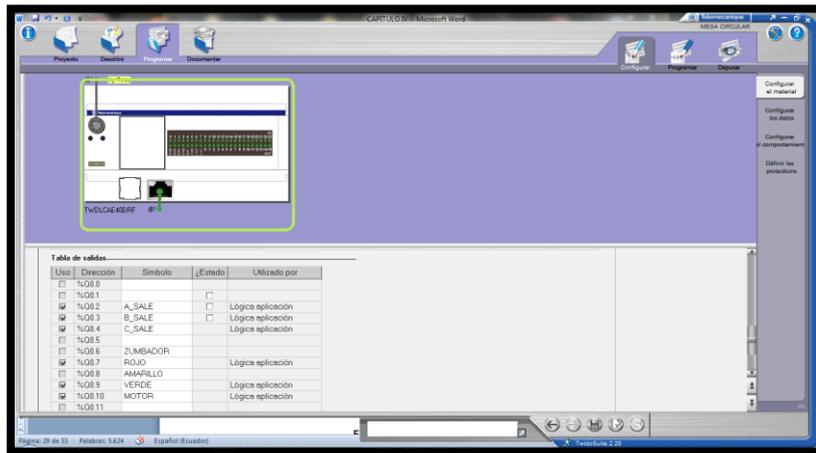


Figura IV-78. Asignación de Salidas en TwidoSuite V 2.2 ¹²¹

¹¹⁹ Los autores

¹²⁰ Los autores

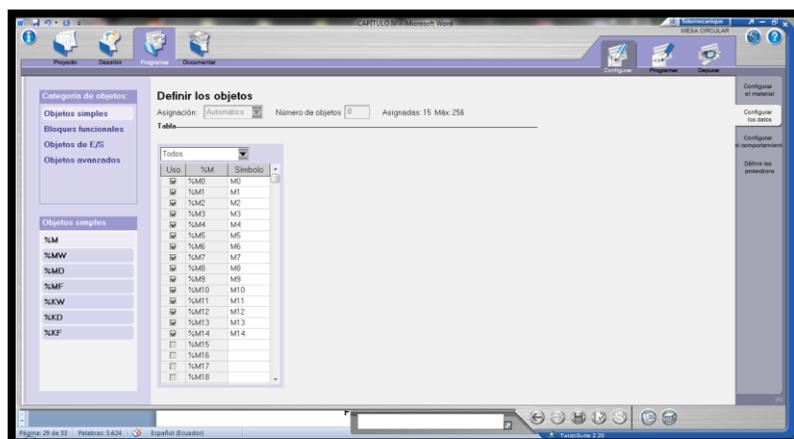


Figura IV-79. Asignación de Memorias en TwidoSuite V 2.2¹²²

- Declaradas las variables es hora de programar, nos vamos a **Programar**, ahí encontramos nuestra pantalla para programar, aquí podemos realizar nuestro programa principal, damos clic en **Agregar un Segmento**, y nos aparece nuestro primer segmento donde se empieza a programar de forma lineal en lenguaje ladder, de manera que sea sencillo el diagnóstico de posibles errores, así como las posteriores modificaciones que puedan realizarse, esta forma de programación es la más utilizada en la automatización de procesos.

Se usa una programación lineal debido a que son pocas las líneas de programación, esto no quita que se puede hacerlo de manera estructurada, o estructurada en áreas.

Una vez terminado el programa lo compilamos para verificar que no existan errores, con el botón de la barra de herramientas.

¹²¹ Los autores

¹²² Los autores

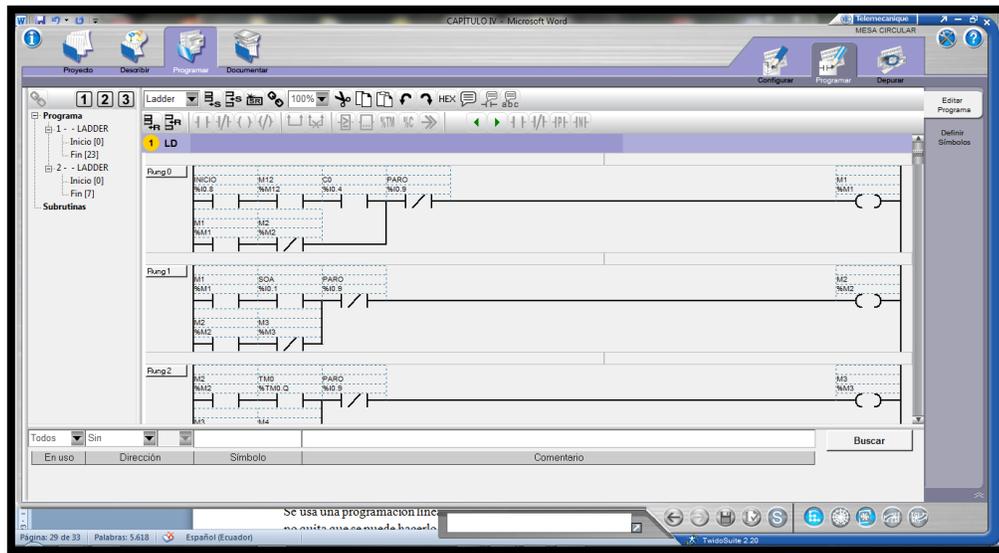


Figura IV-80. Programación Ladder en TwidoSuite V 2.2¹²³

4.5.7. CARGAR EL PROGRAMA EN TWIDOSUITE V 2.2

Para cargar el programa en el PLC, primero debemos asegurar que:

- El PLC esté alimentado.
- El cable de red esté conectado.
- La dirección de nuestra PC sea la correcta.

Probar la conexión de red, para esto vamos a la opción **Depurar**, aquí nos muestra todos los dispositivos que están comunicados con la red, si el dispositivo no se encuentra en la lista que se muestra vuelva a configurar la red y verifique que las IP's estén correctas, o verifique que el cable de red es el correcto (Cruzado).

¹²³ Los autores

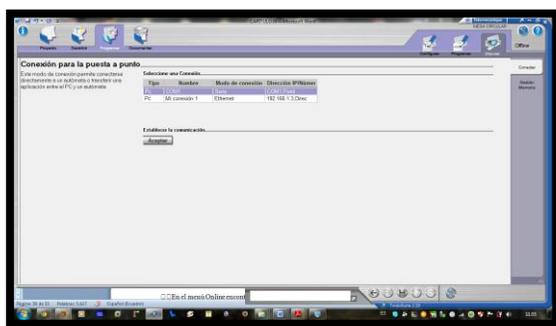


Figura IV-81. Confirmar conexión en TwidoSuite V 2.2¹²⁴

4.5.8. TRANSMISIÓN DE DATOS PC – PLC

Para cargar el programa de control desde el PC al PLC, tenemos que dar clic al ícono de **Depurar**, luego dar clic en el ícono de **Preferencias**.

Luego de esto el led RUN/STOP del PLC, se pondrá en verde, indicando que el programa está cargado y listo para ejecutar el proceso.

4.5.9. CONSTRUCCIÓN DE INTERFACES DE ENTRADA Y SALIDA DE LOS SENSORES Y PLC

Para la comunicación de las interfaces de entrada y salida de los sensores y actuadores se ha elaborado 3 tarjetas con bornes: 1 para comunicar al PLC con los sensores/actuadores y 1 para comunicar al PLC con el panel de control de la estación de procesamiento.

Los bornes ubicados en la tarjeta electrónica están dedicadas para 8 entradas y 8 salidas con sus respectivos indicadores led del estado, adicionalmente esta interfaz incluye bornes de distribución para dos voltajes de alimentación de 0 V y 24 V para los sensores, actuadores,

¹²⁴ Los autores

tarjetas electrónicas, PLC y electroválvulas. El cuerpo o base se puede montar en perfiles Riel DIN, donde queda sujeto mediante clips.

Todos los puntos de conexión y, también, la alimentación de corriente eléctrica, se encuentran en el conector DB-25 tipo hembra que mediante un cable DB-25 macho lleva las señales de los sensores y tarjetas electrónicas de manera cómoda, rápida, con una excelente presentación y simplicidad del cableado hacia donde se procesaran estas señales para lograr la automatización de la planta.

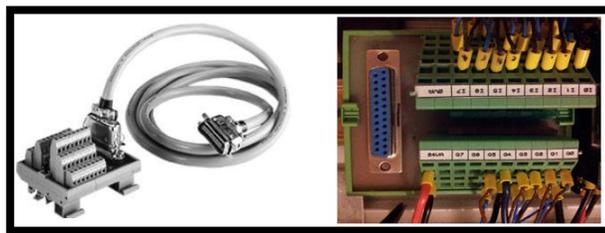


Figura IV-82. Interfaz de Entrada/Salidas de señales al PLC¹²⁵

4.5.10. FUNCIONAMIENTO

El terminal E/S dispone de 8 entradas con led y 8 salidas con led, bornes distribución para 0V y para dos alimentaciones de 24V mediante bornes de conexión rápida. La indicación de estado está a cargo de 16 led que muestran el estado de conmutación de las E/S.

La cantidad de bornes de 0 V total es de 22.

La cantidad de bornes de 24 V total es de 12.

El conector que debemos utilizar para la comunicación es un cable DB-25 Macho-Hembra.

¹²⁵ Los autores

El diagrama y la especificación de los pines del conector que corresponden con cada borne. Cabe recalcar que la tarjeta electrónica admite conexiones de sensores de tipo PNP (de conexión a positivo).

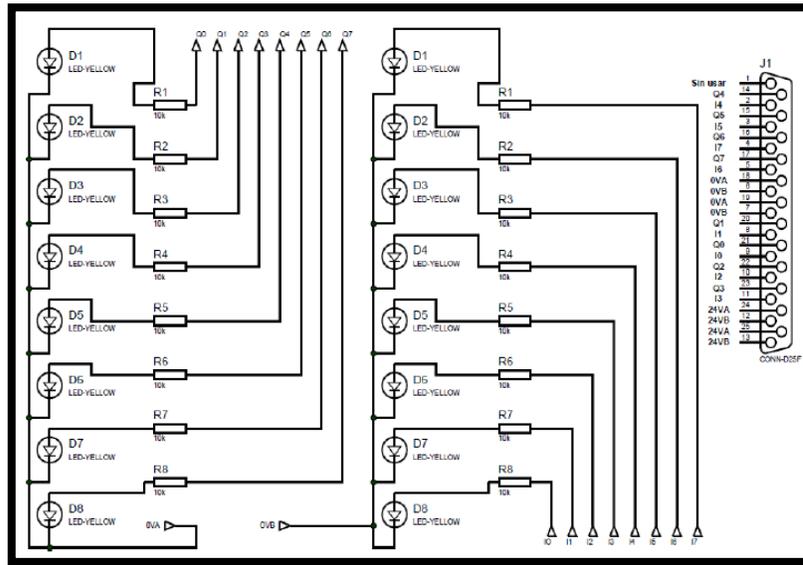


Figura IV-83. Diseño del circuito de tarjetas de Entrada/Salida de señales al PLC¹²⁶

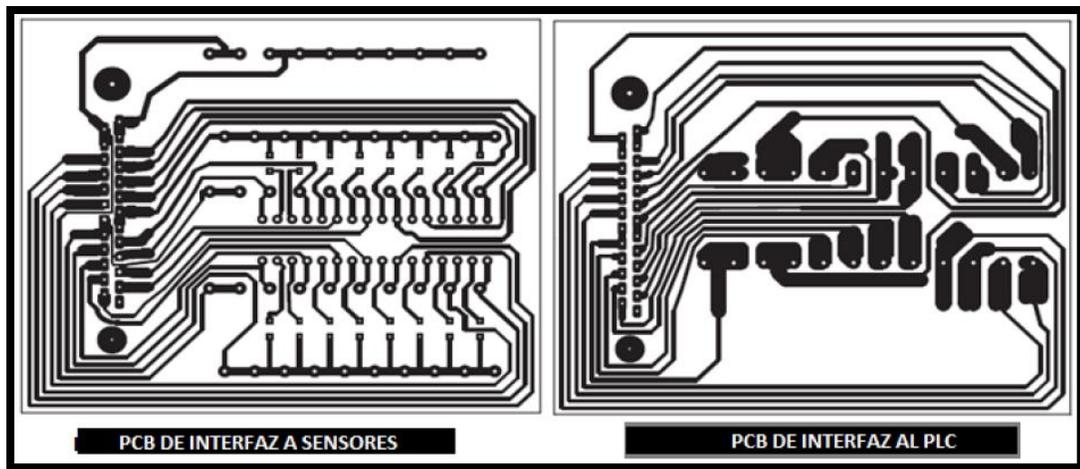


Figura IV-84. Diseño del PBC de tarjetas de Entrada/Salida de señales al PLC¹²⁷

¹²⁶ Los autores

4.6. DISEÑO DE HMI Y COMUNICACIÓN CON EL OPC

4.6.1. SOFTWARE HMI DE DESARROLLO GRÁFICO LABVIEW 2011

LabVIEW 2011 requiere activación Windows únicamente, su entorno gráfico permitirá ejecutar tareas de programación de forma fácil y dinámica.

En éste proyecto se utilizará la versión profesional de LabVIEW por su amplia gama de librerías que permitirán realizar variadas aplicaciones.

4.6.1.1.INSTALACIÓN

Se procede a instalar el software LabVIEW 2011 siguiendo cada una de las instrucciones. Finalizada la misma, se ejecuta el programa donde aparecerán las siguientes ventanas de presentación e inicio.



Figura IV-85. Pantalla de presentación de LabVIEW ¹²⁸

¹²⁷ Los autores

¹²⁸ LabVIEW 2011 Software



Figura IV-86. Pantalla Principal de LabVIEW 2011¹²⁹

4.6.2. CONFIGURACIÓN DEL OPC

A continuación se procederá a explicar la configuración realizada para el OPC server; en este caso se ha utilizado NI OPC Server de National Instruments, el cual permitirá la comunicación entre el PLC y el HMI.



Figura IV-87. Ejecutar NI OPC Server¹³⁰

¹²⁹ Los autores

4.6.2.1. CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVOS

Para configurar los dispositivos, se inicia desde la configuración del canal que se va a utilizar. Lo principal de esta configuración, es la selección del tipo de controlador de dispositivos de dicho canal, es decir el tipo de comunicación que se va a emplear en el sistema; MODBUS ETHERNET en el presente caso. Si existieran dispositivos que trabajen con otro controlador distinto, se agregaría su respectivo canal de comunicación.

También se configura la interfaz de red (por defecto u otra), la forma de escritura de los tags en los dispositivos, el número de sockets por dispositivo, el número de puerto, el protocolo a utilizar (TCP/IP). Todas estas configuraciones se las puede modificar luego a excepción del controlador del dispositivo, dándole doble clic en el nombre del canal creado, en la pantalla de propiedades de dicho canal.

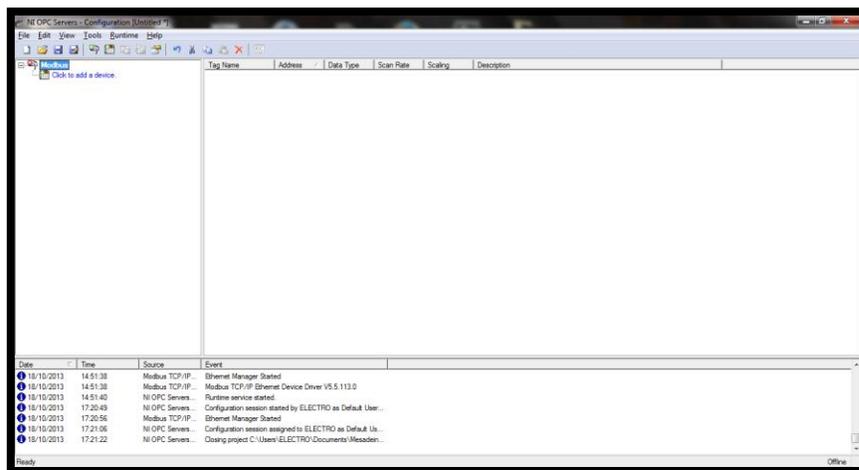


Figura IV-88. Configuración de dispositivos¹³¹

¹³⁰ LabVIEW 2011 Software

¹³¹ Los autores

El siguiente paso es la configuración de los dispositivos, es decir cada uno de los PLC's que se va a utilizar en el HMI.

Entre los parámetros presentes en esta configuración está el nombre del dispositivo, la selección del tipo controlador específico a utilizar (Modbus), la dirección IP configurada previamente en el dispositivo, entre otras como tiempos de desmontaje, etc., los cuales sus valores por defecto son correctos.

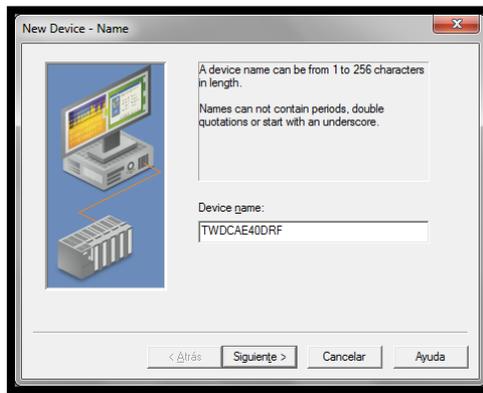


Figura IV-89. Nombre del PLC¹³²

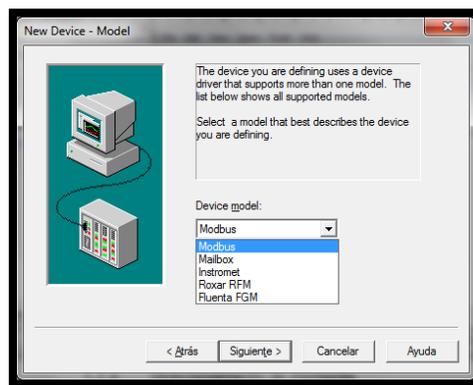


Figura IV-90. Selección Modbus¹³³

¹³² Los autores

En nuestro PLC se le incorporó el módulo Ethernet, para que se pueda realizar la comunicación, y como se explicó antes, para acoplar el módulo Ethernet con el PLC, se configuró una red Modbus, con su número respectivo de dirección Modbus. Es de vital importancia esta información, pues para que se dé la comunicación, además de la dirección IP configurada en el módulo Ethernet, también va la dirección de la red Modbus configurada en dicho acople.



Figura IV-91. Configuración de la dirección IP del PLC TWDLCAA40DRF¹³⁴

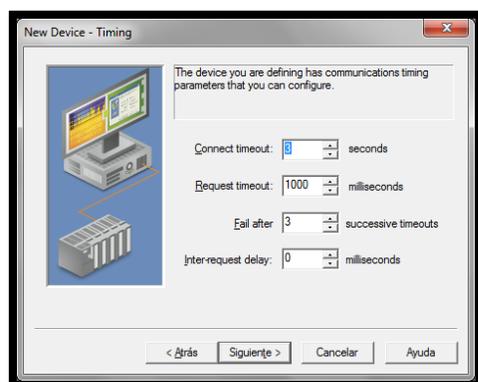


Figura IV-92. Parámetros de tiempo de comunicación¹³⁵

¹³³ Los autores

¹³⁴ Los autores

4.6.2.2. DIRECCIONAMIENTO DE MEMORIAS

Realizada la configuración de los dispositivos, es necesario configurar los Tags, para realizar la comunicación de las variables que se desee (memorias). Las direcciones de las memorias del PLC que se desee escribir o leer, en el OPC Server se le debe sumar uno; es decir si una memoria booleana en el PLC es 0, en el OPC se la configurará como 1, con su respectiva sintaxis.

El diseño del presente tema, implica el manejo de dos tipos de variables (memorias):

- Booleanas, variables de lectura y escritura.
- Word, son únicamente de lectura.

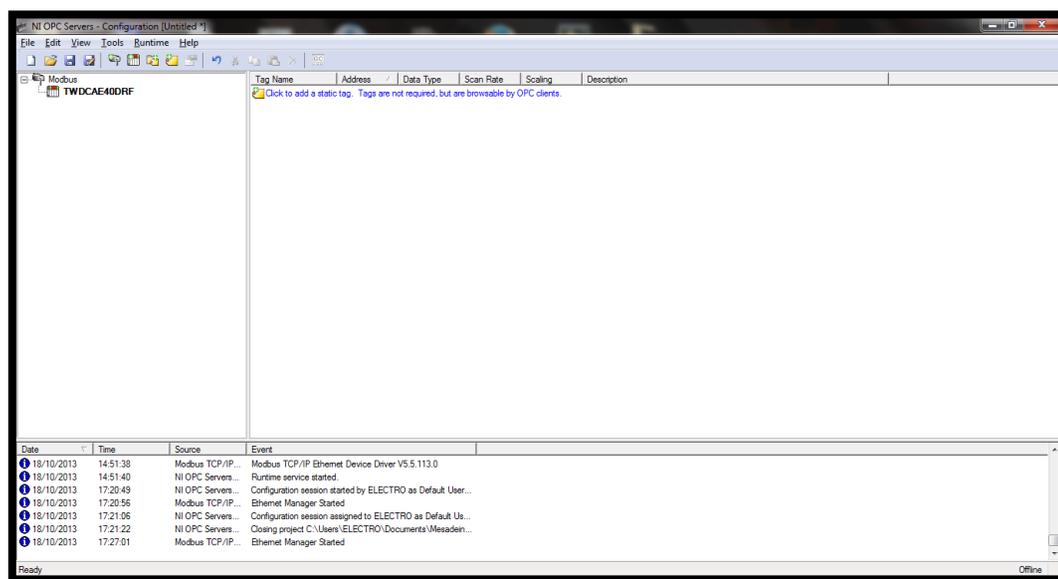


Figura IV-93. Configuración de las tags¹³⁶

¹³⁵ Los autores

¹³⁶ Los autores

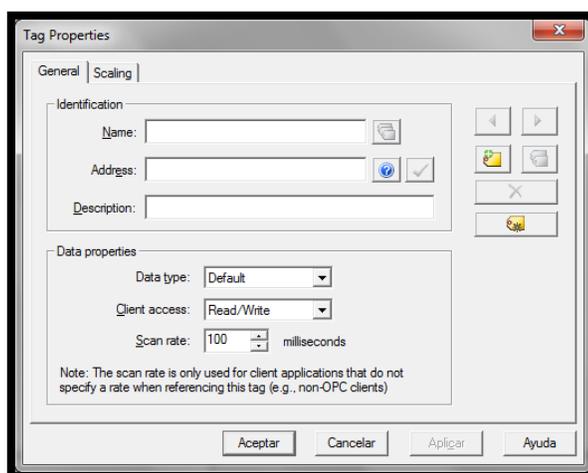


Figura IV-94. Propiedades de las tags¹³⁷

Al crear o añadir nuevas Tags, siempre se configura los mismos campos: nombre, dirección, descripción, tipo de dato, función del Tag (lectura o escritura) y el tiempo de escaneo. El primer número de la dirección, indica el tipo de dato que se va a utilizar y si el mismo es solo de lectura o lectura y escritura.

Tabla IV-VII. Tipos de Datos OPC¹³⁸

Dirección	Tipo
0xxxxx	Booleana lectura y escritura
1xxxxx	Booleana lectura
3xxxxx	Word, dword, float lectura
4xxxxx	Word, dword, float lectura y escritura

¹³⁷ Los autores

¹³⁸ Los autores

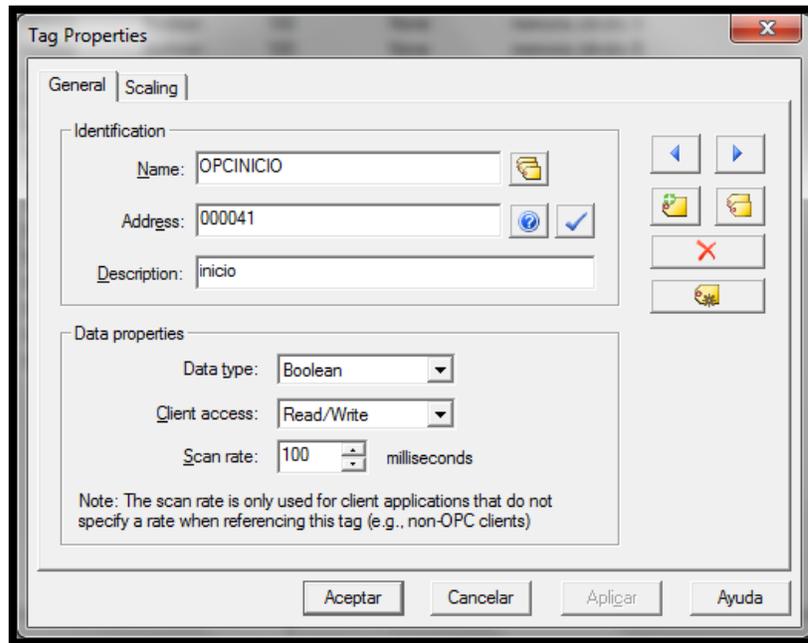


Figura IV-95. Creación del Botón OPC Inicio¹³⁹

A continuación podemos visualizar las Tags que se utilizó para crear nuestro NI OPC Servers.

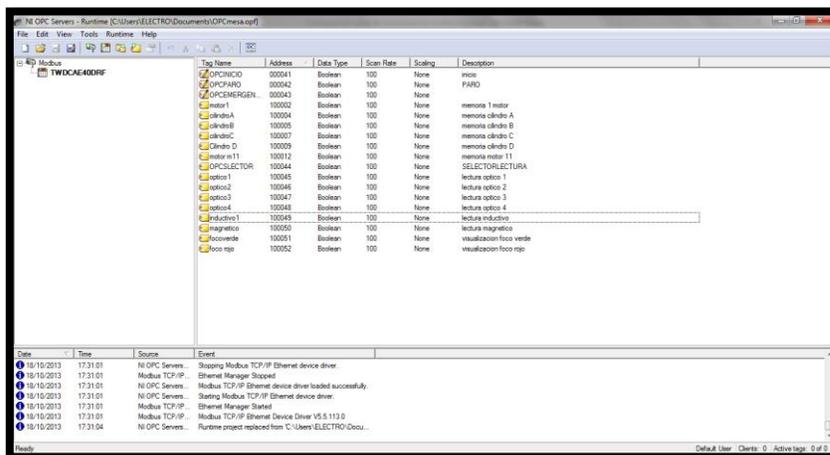


Figura IV-96. Tags declarados de la Estación de Procesamiento¹⁴⁰

¹³⁹ Los autores

4.7. INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA (HMI)

La Interfaz Hombre Máquina es bastante simple y comprensible, pero a la vez poderosa la cual proporciona dos modos de uso:

- **Monitoreo:** Visualiza únicamente el proceso que realiza cada estación de trabajo que se encuentra en la Estación de Procesamiento, estas están controladas en el programa del PLC.
- **Control:** Visualiza y controla el proceso que realiza cada estación de trabajo que se encuentra en la Estación de Procesamiento, cuando está activo este modo de funcionamiento, el mismo es el que tiene prioridad sobre la programación presente en el PLC.

Presentación del HMI



Figura IV-97. Pantalla principal del HMI Mesa de Indexación¹⁴¹

¹⁴⁰ Los autores

¹⁴¹ Los autores

En nuestro HMI existen dos ventanas:

1. MESA DE INDEXACIÓN

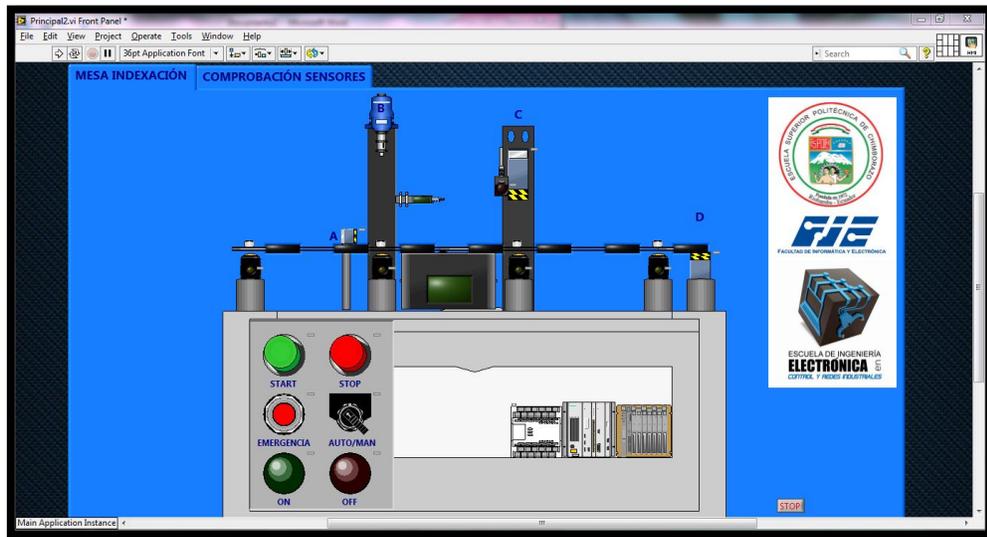


Figura IV-98. Pantalla Principal del HMI Mesa de Indexación¹⁴²

A continuación se detalla los distintos elementos presentes en el HMI.

- Botón de Inicio (Verde): Al pulsar una vez, inicia la secuencia de trabajo.
- Botón de Paro (Rojo): Al pulsar una vez, detiene la secuencia de trabajo.
- Botón de Emergencia (Rojo con Círculo Blanco): Al pulsar una vez, para el proceso de trabajo en la posición o estación en la que se encuentre en ese momento.
- Selector de Llave: Sirve para poner en marcha la estación de procesamiento tanto en modo manual como en modo automático de acuerdo a la posición del selector.
- Luz Piloto (Verde): Indica que inició el proceso de trabajo de la estación.
- Luz Piloto (Rojo): Indica que finalizó el proceso de trabajo de la estación.

¹⁴² Los autores

4.7.1. COMPROBACIÓN SENSORES



Figura IV-99. Pantalla Principal del HMI de la Mesa de Indexación¹⁴³

En esta ventana podremos visualizar el correcto funcionamiento de cada sensor ubicado en la Estación de Procesamiento al momento de estar en ejecución.

4.7.2. CONTROL DEL HMI REALIZADO EN LABVIEW

Aquí visualizaremos como fueron conectados los diferente elemento de Labview para poder realizar el monitoreo de la Estación de Procesamiento.

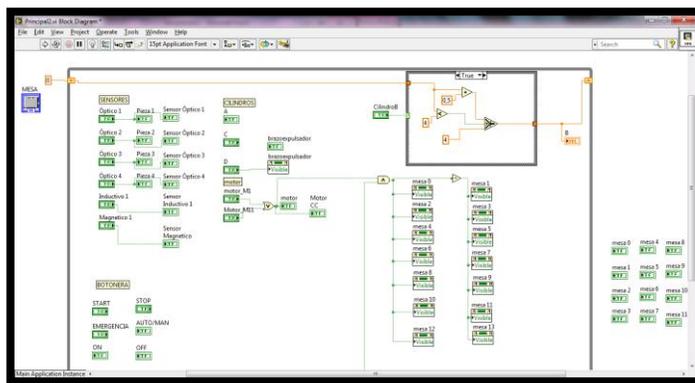


Figura IV-100. Diagrama de Bloques de HMI de la Mesa de Indexación¹⁴⁴

¹⁴³ Los autores

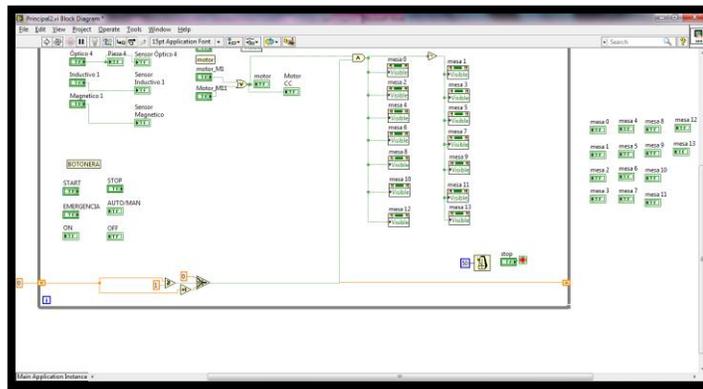


Figura IV-101. Diagrama de Bloques de HMI de la Mesa de Indexación¹⁴⁵

¹⁴⁴ Los autores

¹⁴⁵ Los autores

CAPÍTULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1. INTRODUCCIÓN

Como resultado de la investigación se obtuvo la implementación y automatización de una Estación de Procesamiento para la verificación y procesamiento de bases de manómetros en una mesa giratoria de indexación, la misma que es posicionada a través de un conjunto de cuatro sensores ópticos, y los demás procedimientos son detectados a través de sensores inductivos y magnéticos.

Módulo que cuenta con manual de Usuario y Mantenimiento donde se detallan todos los pasos y procedimientos que hay que seguir para poner en operación la Estación de Procesamiento, además contiene las especificaciones de cada dispositivo instalado en el módulo.

5.2. PRUEBAS MECÁNICAS

De la puesta en marcha de la Estación de Procesamiento se ha podido determinar que el tablero de aluminio perfilado debe encontrarse nivelado a 180°, las bases de sujeción de la estación de taladro y verificación deben encontrarse niveladas a 90°, las bases de sensores y sujeción de cilindros deben estar perfectamente dobladas a 90 °, la base del motor debe estar nivelado a 180°, la base de la unidad de mantenimiento estar nivelado a 90°.

Todos los tornillos que sujetan las bases deben atornillarse en las tuercas cabezas de martillos para tener una mejor sujeción a montar todas las estructuras de la Estación de Procesamiento.

Todas las estructuras que componen la Estación de Procesamiento deben estar correctamente posicionadas, niveladas y calibradas para que la secuencia del proceso no tenga ningún inconveniente en el momento de ejecución.

5.3. PRUEBAS ELÉCTRICAS

La Estación de Procesamiento cuenta con las seguridades debidas a fin de evitar cortocircuitos, la parte de control por PLC también cuenta con las protecciones eléctricas a fin de evitar sobretensiones maliciosas.

El ponchado de los cables tiene que ser bastante seguro a fin de evitar desconexiones y pérdida de información, deben estar correctamente conectados a las palcas SysLink.

Los conectores Serial de 25 hilos deben estar correctamente soldados sus pines al cable para que no existan pérdidas de información y una comunicación errónea de los diferentes sensores y actuadores con el PLC.

Los sensores deben estar calibrados correctamente para que el área de sensado sea la requerida, en una posición donde la incidencia de luz no afecte a los mismos.

El PLC debe encontrarse en las mejores condiciones de trabajo, sus salidas y entradas correctamente cableadas.

Debe existir una excelente conexión de todos los dispositivos de la Estación de Procesamiento para que no surjan problemas al momento de la programación y puesta en ejecución de la Estación de Procesamiento.

5.4. PRUEBAS DE SOFTWARE

Pueden existir interferencias con el Software al momento de la puesta en marcha de la Estación de Procesamiento.

El programa tarda un tiempo determinado en el procesamiento de las instrucciones y cuando se trabaja a un tiempo cercano al tiempo de máquina se produce una sobre posición de datos, para solucionar éste inconveniente se optó por programar un delay en el while del programa correspondiente a 500 ms suficiente para poder visualizar los datos sin problemas de colisiones ni sobre posiciones.

De tal manera, cuando se realizaron las pruebas de campo, habiendo corregido los errores antes mencionados se tuvo lecturas certeras.

5.5. PRUEBAS DE DETECCIÓN DE BASES DE MANÓMETROS

Al realizar varias pruebas y corregir errores tanto en la parte mecánica como en la parte de programación y posicionamiento de los diferentes materiales utilizados en la implementación del módulo de procesamiento, se obtuvo como producto final la implementación y automatización de la Estación de Procesamiento con mesa de indexación para la verificación y procesamiento de bases de manómetros, utilizando para la automatización del PLC Telemecanique Twido TWDLCAE40DRF.

La secuencia utilizada fue la siguiente:

Activar en el panel frontal el interruptor de Llave el mismo que nos controla los dos procedimientos a llevarse a cabo en la Estación de Procesamiento.

1.- Modo Automático (El proceso se cumplirá indefinidamente)

2.- Modo Manual (El proceso se cumplirá un sola vez al presionar el Botón INICIO)

Al realizar varias pruebas de detección de bases se determinó que el tiempo de transición en transición es de 0,16 s, es decir la Estación de Procesamiento es eficiente.

5.6. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

La hipótesis planteada cita “Diseño, dimensionamiento e implementación de un sistema de manufactura para procesar bases para manómetros optimizará el proceso de manejo de

materiales en el sistema de producción modular por medio de sensores inductivos y sensores ópticos que servirán para el reconocimiento de la ubicación de las bases”.

Al realizar las pruebas pertinentes se obtuvo como resultado que la Estación de Procesamiento es más efectiva y eficiente que el Módulo de Procesamiento existente en el Laboratorio de Control de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, módulo desarrollado como tesis titulada “IMPLEMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN MÓDULO PARA LA SIMULACIÓN DE UN PROCESO DE MECANIZADO CON MESA DE INDEXACIÓN”, realizada por el Señor ANGEL BLADIMIR AGUILAR ALDAS, en el año 2012.

Una vez revisado las dos Estaciones de Procesamiento demostramos la Hipótesis de la siguiente manera:

Tabla V-VIII. Estaciones de las 2 Estaciones de Procesamiento¹⁴⁶

ESTACIONES	“DISEÑO, DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA PARA PROCESAR BASES PARA MANÓMETROS”	“IMPLEMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN MÓDULO PARA LA SIMULACIÓN DE UN PROCESO DE MECANIZADO CON MESA DE INDEXACIÓN”
Estación de Sujeción	✓	✓
Estación de Taladrado	✓	✓
Estación de Verificación	✓	✓
Estación de Expulsión	✓	✓

¹⁴⁶ Los autores

Tabla V-IIIX. Tiempos de ejecución de la Estaciones de trabajo¹⁴⁷

ESTACIONES vs TIEMPO DE EJECUCIÓN	“DISEÑO, DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA PARA PROCESAR BASES PARA MANÓMETROS”	“IMPLEMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN MÓDULO PARA LA SIMULACIÓN DE UN PROCESO DE MECANIZADO CON MESA DE INDEXACIÓN”
Estación de Sujeción	1 s	11 s
Estación de Taladrado	1 s	11 s
Estación de Verificación	1 s	11 s
Estación de Expulsión	1 s	9 s

Como podemos darnos cuenta “DISEÑO, DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA PARA PROCESAR BASES PARA MANÓMETROS” es mucho más rápido en sus tiempos de producción que “IMPLEMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN MÓDULO PARA LA SIMULACIÓN DE UN PROCESO DE MECANIZADO CON MESA DE INDEXACIÓN”, razón por la cual queda demostrada la hipótesis de optimización en el proceso de manejo de materiales en el sistema de producción modular por medio de sensores inductivos y sensores ópticos que servirán para el reconocimiento de la ubicación de las bases, pues la Estación de Procesamiento es robusto y eficiente.

¹⁴⁷ Los autores

CONCLUSIONES

- Al diseñar, dimensionar e implementar el sistema de manufactura para procesar bases para manómetros se utilizó el Grafset de segundo orden or divergente.
- Concluimos que la implementación de la Estación de Procesamiento facilita el monitoreo de bases para manómetros a través procesos en paralelo.
- La Estación de Procesamiento de bases para manómetros es más eficiente que el módulo de Procesamiento existente en el Laboratorio de Control de Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes industriales.
- La estación de Procesamiento, representa un sistema mecatrónico, dónde se utiliza componentes de sistemas electrónicos, eléctricos, informáticos, mecánicos y neumáticos, por lo que representa una buena aproximación a diseños de equipos reales.
- La elección de dispositivos necesarios para llevar a cabo la implementación de la Estación de Procesamiento se realizó previo a un exhaustivo análisis, donde se evaluó costos, soporte técnico, funcionalidad, características, tiempos de respuesta, escalabilidad, etc.
- Para el monitoreo de la Estación de Procesamiento se desarrolló una interfaz HMI lo que facilitó la operación del módulo.

RECOMENDACIONES

- Recomendamos incursionar en la implementación de sistemas de procesamiento en el ámbito industrial para la optimización de tiempo, recursos humanos y económicos.
- Llevar a cabo las instrucciones detalladas en el manual de usuario de la Estación de Procesamiento pues la falta de cumplimiento de las mismas puede provocar un mal funcionamiento del módulo.
- Seguir las instrucciones del manual de mantenimiento de la Estación de Procesamiento para prevenir daños futuros que puedan suscitarse.
- Se recomienda que la programación del módulo se lo realice utilizando diferentes PLC's, esto garantizará que los estudiantes se familiaricen con los diferentes Software de Programación de PLC's.
- Utilizar con cuidado el módulo, pues una manipulación inadecuada puede descalibrar los sensores lo que producirá un mal funcionamiento de la Estación de Procesamiento.
- Para la realización de un proyecto y cuando se trabaja con tecnologías y actuadores nuevos se hace muy necesario la consultoría con personas o profesionales con experiencia en el manejo de los mismos. De tal manera que brinden orientaciones para despejar dudas sobre su funcionamiento.

RESUMEN

El Diseño, Dimensionamiento e Implementación de un Sistema de Manufactura para Procesar Bases para Manómetros didácticos se implementó en el Laboratorio de Control de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

La Estación de Procesamiento de Bases para manómetros didácticos tiene como finalidad procesar y comprobar piezas a través de procesos paralelos de taladrado y verificación, el posicionamiento de piezas se lo realiza por medio de una mesa de indexación. Para la optimización del proceso se utilizó el método experimental y el investigativo, además para determinar el posicionamiento final de los componentes del módulo y secuencia de trabajo se utilizó el ensayo y error.

En la implementación y automatización del módulo que simula el procesamiento de piezas, se utilizó placas perfiladas de aluminio, sensores ópticos para la localización de piezas, sensores inductivos para el posicionamiento de cilindros neumáticos los mismos que son comandados a través de electroválvulas, la mesa giratoria con seis posiciones de pieza es accionada por un motor DC de 24V, 3200 rpm; se ha utilizado el Software TwidoSuite para la programación del Controlador Lógico Programable (PLC) Telemecanique TWDLCAE40DRF, integrando también un Interfaz Humano-Máquina (HMI) realizado en el Software LabView para el monitoreo del Módulo; para las conexiones eléctricas se utilizó cable 18AWG y 20 AWG, para las conexiones neumáticas manguera, racores y válvulas reguladoras de caudal.

Concluimos que la implementación de la estación de procesamiento facilita el monitoreo de bases para manómetros a través procesos en paralelo.

Recomendamos incursionar en la implementación de sistemas de procesamiento en el ámbito industrial para la optimización de tiempo, recursos humanos y económicos.

SUMMARY

The manufacturing-system implementation, dimension and design to process basic for didactic manometer were implanted in the Control Laboratory of Network and Control Electronics Engineering School of Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

The station of base processing for didactic manometers aims at processing and checking pieces through parallel drilling and checking processes. Pieces are placed by an indexing table. The experimental and investigative methods were used to take advantage of the process. Besides, tests and errors were used to determine the work sequence and final module component location.

Aluminum-shaped plaques, optic sensor for piece location, inductive sensors for pneumatic-cylinder location driven by electro valves and six-piece-location turntable driven by a DC of 24V, 3200 rpm motor were used in the module implementation and automation simulating the piece processing. The TwidoSuite software has been used for the programmable logic controller (PLC), Telemecanique TWDLCAE40DRF integrating a human-machine interface (HMI) carried out in the LabView Software for the module to be monitored; 18 AWG cable was used for the electronic connection and 20 AWG cable for pneumatic hose connection, connectors and valves regulating flow.

It is concluded that the processing station implementation makes easy the base monitoring for manometers through parallel processes.

It is recommended to implement the processing system in the industrial area to take advantage of time, human and economic resources.

BIBLIOGRAFÍA

- 1. BLANCHARD, M.**, El graficet principios y conceptos.,
4^a.ed., Roma - Italia., ADEPA., s. edt., 1999., Pp. 14-32.
- 2. BOLTON, W.**, Sistemas de Control Electrónico en la
Ingeniería., 3^a.ed., Guadalajara-México.,Alfaomega.,
2006., Pp. 100-150.
- 3. BOLTON., W.**, Mecatrónica: sistemas de control
electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica.,4^a. ed., México D.F –
México., Alfaomega., 2010., Pp. 22-58-150-171-192-216
- 4. MAYOL, A.**, Autómatas Programables., 3^a. ed.,
MéxicoDF - México., Productica., 1987., Pp. 5-31.
- 5. OGATA, K.**, Teoría de Control Moderna., 3^a. ed.,
México DF – México., s. edt., Pp. 600-709.

6. **PALLAS, A.**, Sensores y acondicionadores de señal., 3^a. ed., Madrid – España., 1998., Pp. 124-365.

INTERNET

7. ACTUADORES NEUMÁTICOS

<http://es.scribd.com/doc/2684435/ACTUADORESNEUMATOS>

2013-08-15

<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT2/UNI3300.pdf>

2013-08-15

8. CILINDROS AIRTAC

http://es.airtac.com/pro_det.aspx?c_kind=4&c_kind2=19&c_kind3=41&c_kind4=52&c_kind5=111&id=50

2013-09-17

http://es.airtac.com/pro_det.aspx?c_kind=4&c_kind2=19&c_kind3=41&c_kind4=52&c_kind5=114&id=85

2013-09-17

9. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

<http://www.cs.duke.edu/~magda/flap/index.html>

2013-09-11

<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/plc/PLC.html>

2013-09-11

http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electrotecnia/cat/eye_archivos/apuntes/a_practico/CAP%209%20Pco.pdf

2013-09-11

<http://www.monografias.com/trabajos-pdf/controlador-logico-programable/controlador-logico-programable.pdf>

2013-09-11

10. ELECTROVÁLVULA AIRTAC

<http://es.airtac.com/upload/201108291030469216.PDF>

2013-09-17

11. FESTO.

http://www.festo.com/net/esco_co/SupportPortal/default.aspx?cat=139

3 2013-08-12

12. GRAFCET

<http://www.lurpa.enscachan.fr/cgi-bin/grafcet/redirection?>

2013-08-22

<http://www.eerie.fr/~chapurla/enseignements.html>

2013-08-22

<http://artemmis.univ-mrs.fr/colleges/pc12/grafcet.htm>

2013-08-22

<http://www.fing.edu.uy/iimpi/academica/grado/instindustrial/teorico/06ProgramacionBajoGrafcet.pdf>

2013-09-01

<http://isa.uniovi.es/genia/spanish/publicaciones/grafcet.pdf>

2013-09-01

<http://materias.fi.uba.ar/7206/grafcet%20v2.pdf>

2013-09-01

13. MOTORES ELÉCTRICOS

http://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/1709/ISAD_Tema7_2.pdf

2013-08-18

14. TIPOS DE SENSORES.

<http://www.scribd.com/doc/3838277/sensores-varios-tipos>

2013-08-12

http://www.moeller.es/productos_soluciones/productos/control-y-visualizacion/easy-control.html

2013-08-12

ANEXOS

ANEXO 1

MANUAL DE USUARIO

ANEXO 2

MANUAL DE MANTENIMIENTO

ANEXO 3

DATASHEET DEL PLC TELEMECANIQUE TWDL CAE40DRF

ANEXO 4

Diagrama eléctrico y neumático del sistema

ANEXO 5

Especificaciones técnicas de los elementos que componen el módulo.

ANEXO 6

Programación en TwidoSuite.

ANEXO I

MANUAL DE USUARIO

ANEXO II

MANUAL DE MANTENIMIENTO

ANEXO III

DATASHEET DEL PLC TELEMECANIQUE TWDL

CAE40DRF

Base Unit, Twido

Technical Characteristics

Integrated Communication Ports	Ethernet TCP/IP Marketing Trade Name	Twido
Connection Type	Screw Terminal Block (Non-Removable)	
Number of Input/Outputs	24 Inputs - 14 Relay (2A) and 2 Transistor Outputs	
Maximum Configuration	Expa	
Expandable up to 7 I/O Modules Application	Desl	
Designed for small control systems Supply Voltage	100V	
240VAC	TWD	
Type	Compact	
Module Type		

Shipping and Ordering

Category	22531 - Discount Schedule	PC12
Article Number	785901697817	
Package Quantity	1	
Weight	1.66 lbs.	
Availability Code	Factory Item: This item is stocked at a	
Schneider Electric manufacturing plant. Returnability	Y	

As standards, specifications, and designs change from time to time, please ask for confirmation of the information given in this document.

Generated: 06/07/2009 10:51:43

© 2009 Schneider Electric. All rights reserved.

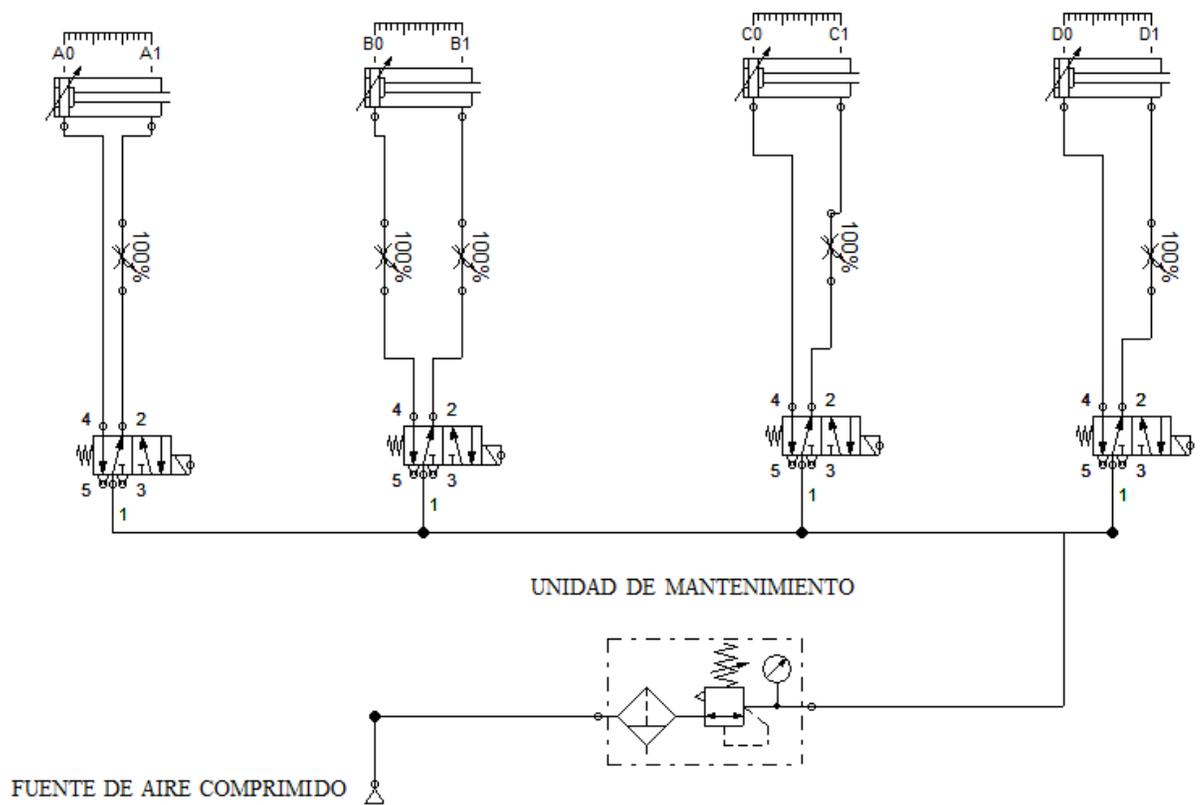


ANEXO IV

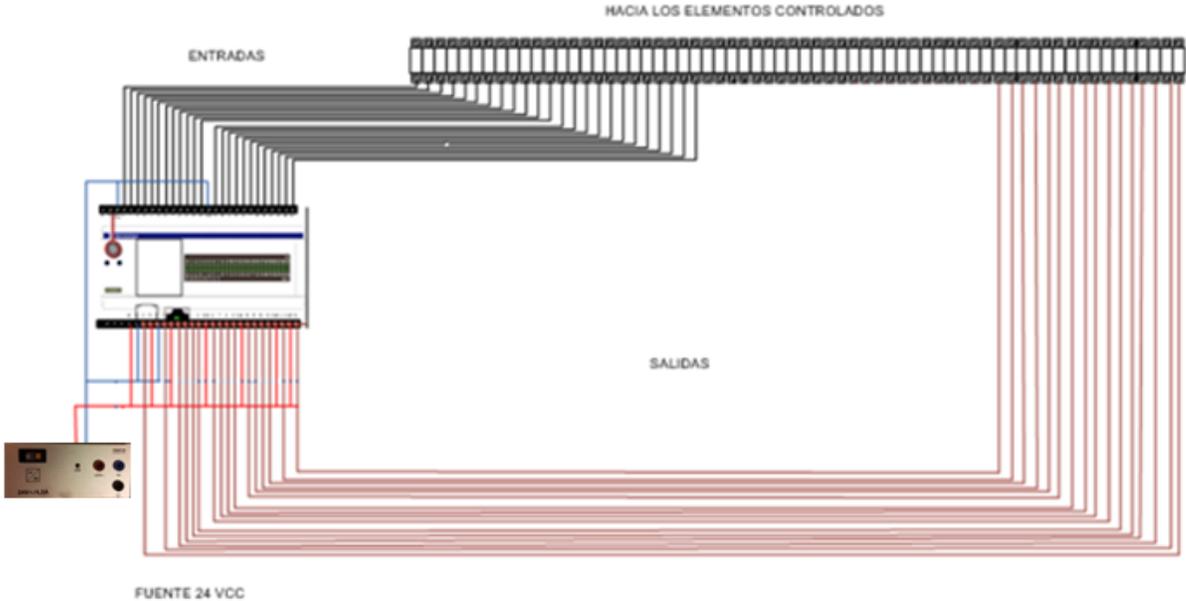
**DIAGRAMA ELÉCTRICO Y NEUMÁTICO DEL
SISTEMA**

DIAGRAMA DE CONEXIÓN NEUMÁTICA

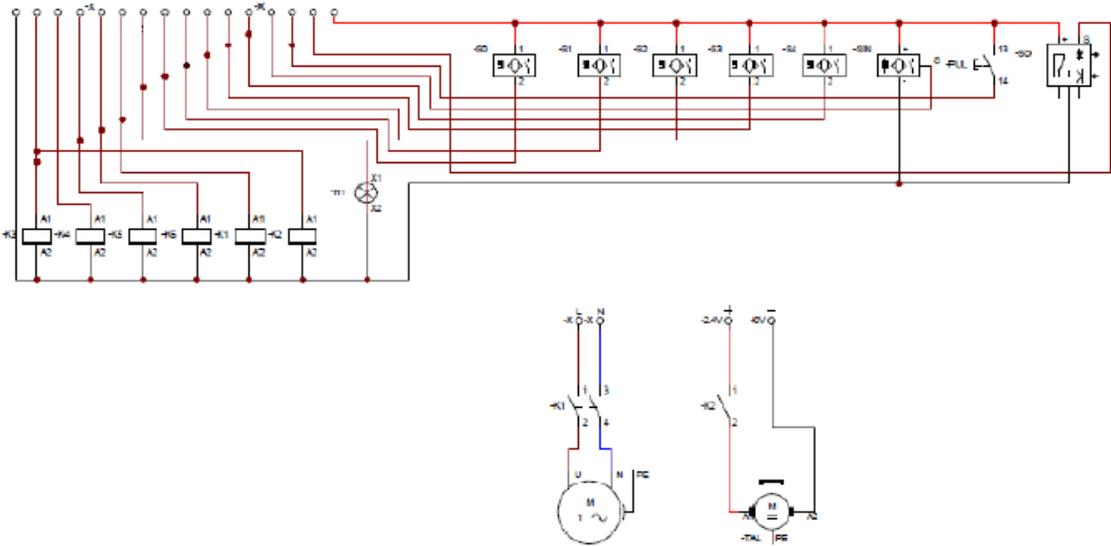
ESTACIÓN DE SUJECCIÓN ESTACIÓN DE TALADRADO ESTACIÓN DE VERIFICACIÓN ESTACIÓN DE EXPULSIÓN



CONSOLA DE CONTROL



CONEXIÓN SENSORES Y ACTUADORES



ANEXO V

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS
ELEMENTOS QUE COMPONEN EL MÓDULO**

ELECTROVÁLVULA

Válvula solenoide (5/2, 5/3 vías)

AIRTAC

Serie 4V100



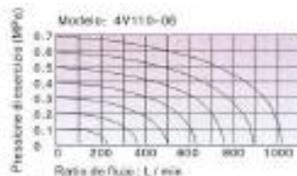
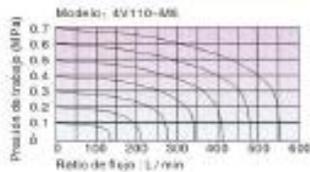
Simbolo



Característica del producto

1. Forma de piloto: piloto interno o externo es disponible.
2. La Estructura en modo de la columna deslizante: buena estanqueidad y reacción sensible.
3. Las válvulas solenoides de tres posiciones tienen tres tipos de la función central para su elección.
4. Las válvulas solenoides de doble controles tienen la función de memoria.
5. El agujero interior adopta la tecnología de procesamiento especial que tiene un poco fricción de desgaste, presión hacia la arañera y larga vida útil.
6. No hace falta a agregar el petróleo de lubricación.
7. Es disponible a formar el grupo integrado de válvula con la base para ahorrar el espacio de instalación.
8. Los dispositivos manuales afilados están equipados para facilitar la instalación y la depuración.
9. Varios grados de voltaje estándar son opcionales.

Diagrama de flujo



Especificación

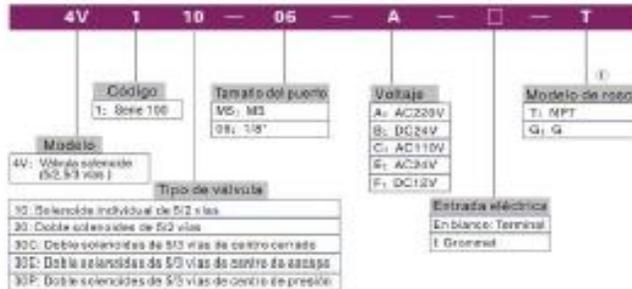
Modelo	4V110-M5 4V120-M5	4V120-M3 4V120E-M3 4V120P-M3	4V110-05 4V120-05	4V120-03 4V120E-03 4V120P-03
Medio	Aire (con su filtro por el elemento 40µm de filtro)			
Tipo de acción	Piloto			
Tamaño del puerto T	Entrada-Salida -M5		Entrada-Salida -1/8"	
Área efectiva de la sección transversal	5.6cm ² (Di=0.21)	5.6cm ² (Di=0.28)	12.6cm ² (Di=0.57)	8.6cm ² (Di=0.53)
Tipo de válvula	5/2 vías	5/3 vías	5/2 vías	5/3 vías
Presión de trabajo	0.15-0.8MPa(2.1-11.6Psi)			
Presión de prueba	1.5MPa(215Psi)			
Temperatura T	-20-70			
Material del cuerpo	Aluminio de aluminio			
Lubricación	No requiere lubricación			
Max. Frecuencia	5 ciclos / seg	3 ciclos / seg	5 ciclos / seg	3 ciclos / seg
Peso	4V110-M5:120g 4V120-M5:175g	200g	4V110-05:120g 4V120-05:175g	200g

1. Los roscos NPT y G están disponibles.
2. No puede usar aceite para lubricación. Los lubricantes como ISO VG32 o equivalente son recomendados.
3. La frecuencia máxima de actuación está en el estado sin carga.

Especificación de bobina

Artículo	Especificación
Voltaje estándar	AC220V, AC110V, AC24V, DC24V, DC12V
Rango de voltaje	AC: ±10% DC: ±10%
Consumo de alimentación	AC: 2.5VA DC: 2.5W
Protección	IP65 (DIN40511)
Clase térmica	Clase B
Entrada eléctrica	Terminal, Grommet
Tiempo de actuación	0.05 seg y por debajo

Código de ordenamiento



1. Cuando la roscas sea de tipo M5, el código está en blanco. Por favor, consulte a P1-34 para la especificación del colector y la forma de ordenamiento.

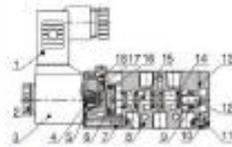
Válvula solenoide (5/2, 5/3 vías)

AIRTAC

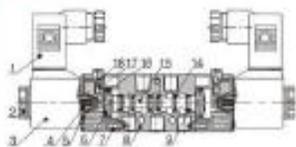
Serie 4V100

Estructura interna

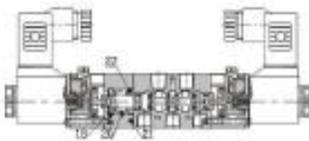
4V110



4V120



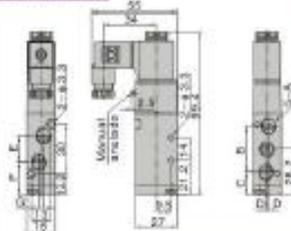
4V130C



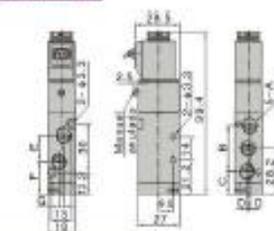
NO.	Artículo	NO.	Artículo	NO.	Artículo
1	Conector	8	Anillo doble	17	Resorte
2	Tuerca de bobina	10	Cubierta inferior	18	Mensual anillado
3	Bobina	11	Tornillo fij.	19	Porte de resorte
4	Arrochador	12	Resorte	20	Resorte
5	Placa fija	13	Sello de cubierta inferior	21	Cubierta base
6	Platin	14	O-anillo de caveto	22	Porte de resorte
7	Kilipero	15	Caveto eje		
9	Cuerpo	16	O-anillo de pistón		

Dimensiones

4V110(Terminal)

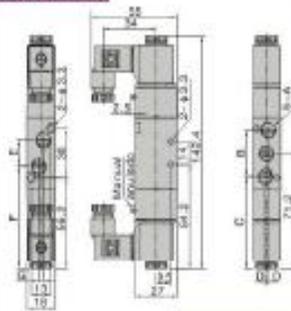


4V110(Grommet)

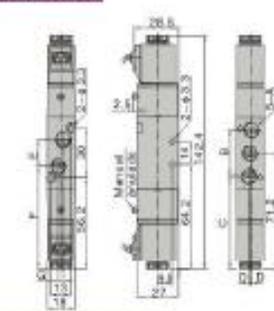


Modelo/Artículo	A	B	C	D	E	F	G
4V110-M5	M5 x 0.8	27	14.7	0	14	21.2	0
4V110-06	1/8"	28	14.2	1	16	26.2	3

4V120(Terminal)

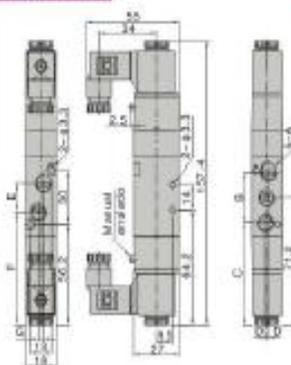


4V120(Grommet)

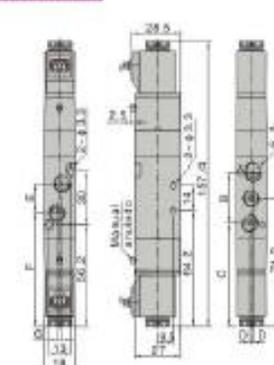


Modelo/Artículo	A	B	C	D	E	F	G
4V120-M5	M5 x 0.8	27	57.7	0	14	64.2	0
4V120-06	1/8"	28	57.2	1	16	63.2	3

4V130C(Terminal)



4V130C(Grommet)



Modelo/Artículo	A	B	C	D	E	F	G
4V130-M5	M5 x 0.8	27	57.7	0	14	64.2	0
4V130-06	1/8"	28	57.2	1	16	63.2	3

RACORES

AIRTAC

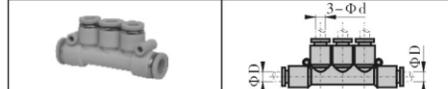
ACCESSORIES

TUBE CONNECTOR(MULTI-WAY)

- APHZ Different Union Cross Connector ■ APKG Reducer Triple Branch Union

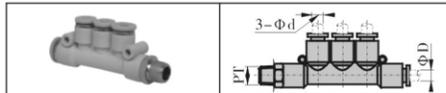


Model	APHZ6-4	APHZ8-6	APHZ10-8	APHZ12-10
Tube Φ D(mm)	$\phi 6$	$\phi 8$	$\phi 10$	$\phi 12$
Φ d(mm)	$\phi 4$	$\phi 6$	$\phi 8$	$\phi 10$



Model	APKG6-4	APKG8-6	APKG10-8	APKG12-10	APKG16-12
Tube Φ D(mm)	$\phi 6$	$\phi 8$	$\phi 10$	$\phi 12$	$\phi 16$
Φ d(mm)	$\phi 4$	$\phi 6$	$\phi 8$	$\phi 10$	$\phi 12$

- APKD Male Reducer Triple Branch Connector



Model	APKD6-4-01	APKD8-4-02	APKD8-6-02	APKD10-8-03
Thread(PT)	1/8	1/4	1/4	3/8
Tube Φ D(mm)	$\phi 6$	$\phi 8$	$\phi 8$	$\phi 10$
Φ d(mm)	$\phi 4$	$\phi 4$	$\phi 6$	$\phi 8$

- APZR Male Tyiple Branch Connector



Thread (PT)	Tube Φ D(mm)		
	$\phi 6$	$\phi 8$	$\phi 10$
1/8	APZR6-01	APZR8-01	-
1/4	APZR6-02	APZR8-02	APZR10-02
3/8	APZR6-03	APZR8-03	APZR10-03
1/2	APZR6-04	APZR8-04	APZR10-04

- APK Triple Branch



Model	APK4	APK6	APK8	APK10	APK12
Tube Φ D(mm)	$\phi 4$	$\phi 6$	$\phi 8$	$\phi 10$	$\phi 12$

- APZA Union Cross



Model	APZA4	APZA6	APZA8	APZA10	APZA12
Tube Φ D(mm)	$\phi 4$	$\phi 6$	$\phi 8$	$\phi 10$	$\phi 12$

- APKS Triple Branch Connector



Model	APKS4	APKS6	APKS8	APKS10	APKS12
Tube Φ D(mm)	$\phi 4$	$\phi 6$	$\phi 8$	$\phi 10$	$\phi 12$

- AFD Four Branch Connector



Model	AFD4	AFD6	AFD8	AFD10	AFD12
Tube Φ D(mm)	$\phi 4$	$\phi 6$	$\phi 8$	$\phi 10$	$\phi 12$

- APKB Male Triple Branch Connector



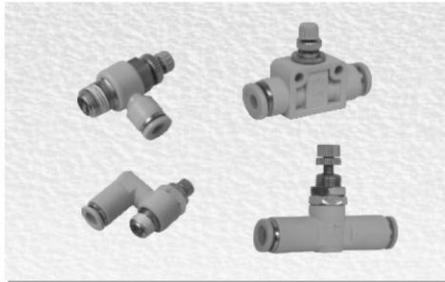
Thread (PT)	Tube Φ D(mm)				
	$\phi 4$	$\phi 6$	$\phi 8$	$\phi 10$	$\phi 12$
M5	APKB4-M5	APKB6-M5	-	-	-
1/8	APKB4-01	APKB6-01	APKB8-01	APKB10-01	-
1/4	APKB4-02	APKB6-02	APKB8-02	APKB10-02	APKB12-02
3/8	-	APKB6-03	APKB8-03	APKB10-03	APKB12-03
1/2	-	APKB6-04	APKB8-04	APKB10-04	APKB12-04



ACCESSORIES

SPEED CONTROLLERS

AIRTAC



Symbol



Specification

Fluid	Pressure range			Proof pressure			Temperature (°C)	Tube Material
	bar	MPa	Psi	bar	MPa	Psi		
Air	0-10.2	0-1.02	0-145	15.3	1.53	218	-5-60	Nylon and PU

Ordering code

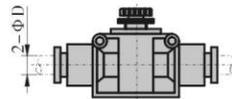
ASL 8 — 02B

Model **Tube** **Thread**

ASA: Union Straight Blank: Out flow control
 ASL: (L) Elbow Style B: In flow control
 AJSS: Universal Style
 APA: With One-Touch Fittings
 APAM: With One-Touch Bulkhead Fittings

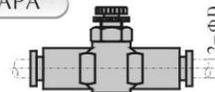
Description

ASA



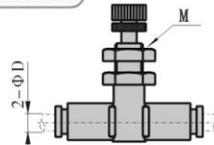
Model	ASA4	ASA6	ASA8	ASA10	ASA12
Tube φD(mm)	φ4	φ6	φ8	φ10	φ12

APA



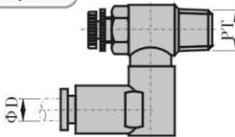
Model	Tube φD(mm)
APA6	φ6
APA8	φ8
APA10	φ10

APAM



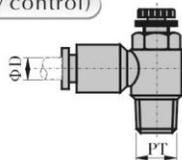
Model	Tube φD(mm)	Thread (M)
APAM6	φ6	M12 × 1
APAM8	φ8	M12 × 1
APAM10	φ10	M18 × 1

AJSS

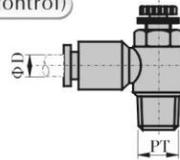


Tube(mm)	φ6	φ8	φ10	φ12
Thread(PT)				
1/8	AJSS6-01	AJSS8-01	-	-
1/4	AJSS6-02	AJSS8-02	AJSS10-02	AJSS12-02
3/8			AJSS10-03	AJSS12-03

ASL(In flow control)



ASL(Out flow control)



Tube(mm)	φ4	φ6	φ8	φ10	φ12	φ4	φ6	φ8	φ10	φ12
Thread(PT)										
M5	ASL4-M5B	ASL6-M5B	-	-	-	ASL4-M5	ASL6-M5	-	-	-
1/8	ASL4-01B	ASL6-01B	ASL8-01B	ASL10-01B	-	ASL4-01	ASL6-01	ASL8-01	ASL10-01	-
1/4	ASL4-02B	ASL6-02B	ASL8-02B	ASL10-02B	ASL12-02B	ASL4-02	ASL6-02	ASL8-02	ASL10-02	ASL12-02
3/8	-	ASL6-03B	ASL8-03B	ASL10-03B	ASL12-03B	-	ASL6-03	ASL8-03	ASL10-03	ASL12-03
1/2	-	ASL6-04B	ASL8-04B	ASL10-04B	ASL12-04B	-	ASL6-04	ASL8-04	ASL10-04	ASL12-04

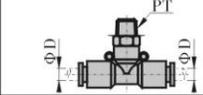


ACCESSORIES



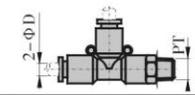
TUBE CONNECTOR(THREE-WAY)

■ APB T Male Branch Tee Connector

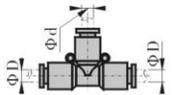
Thread (PT)	Tube ϕ D(mm)						
	ϕ 4	ϕ 6	ϕ 8	ϕ 10	ϕ 12	ϕ 14	ϕ 16
M5	APB4-M5	APB6-M5	-	-	-	-	-
1/8	APB4-01	APB6-01	APB8-01	APB10-01	APB12-01	-	-
1/4	APB4-02	APB6-02	APB8-02	APB10-02	APB12-02	APB14-02	APB16-02
3/8	-	APB6-03	APB8-03	APB10-03	APB12-03	APB14-03	APB16-03
1/2	-	APB6-04	APB8-04	APB10-04	APB12-04	APB14-04	APB16-04

■ APD T Male Run Tee Connector

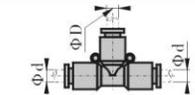
Thread (PT)	Tube ϕ D(mm)						
	ϕ 4	ϕ 6	ϕ 8	ϕ 10	ϕ 12	ϕ 14	ϕ 16
M5	APD4-M5	APD6-M5	-	-	-	-	-
1/8	APD4-01	APD6-01	APD8-01	APD10-01	APD12-01	-	-
1/4	APD4-02	APD6-02	APD8-02	APD10-02	APD12-02	APD14-02	APD16-02
3/8	-	APD6-03	APD8-03	APD10-03	APD12-03	APD14-03	APD16-03
1/2	-	APD6-04	APD8-04	APD10-04	APD12-04	APD14-04	APD16-04

■ APEG T Different Union Tee

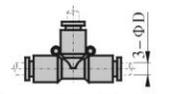
Model	APEG6-4	APEG8-6	APEG10-8	APEG12-10	APEG14-12	APEG16-14
Tube Φ D(mm)	ϕ 6	ϕ 8	ϕ 10	ϕ 12	ϕ 14	ϕ 16
Tube Φ d(mm)	ϕ 4	ϕ 6	ϕ 8	ϕ 10	ϕ 12	ϕ 14

■ APEW T Different Union Tee

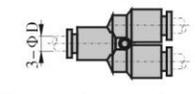
Model	APEW6-4	APEW8-6	APEW10-8	APEW12-10	APEW14-12	APEW16-14
Tube Φ D(mm)	ϕ 6	ϕ 8	ϕ 10	ϕ 12	ϕ 14	ϕ 16
Tube Φ d(mm)	ϕ 4	ϕ 6	ϕ 8	ϕ 10	ϕ 12	ϕ 14

■ APE T Union Tee

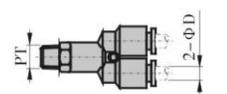
Model	APE4	APE6	APE8	APE10	APE12	APE14	APE16
Tube Φ D(mm)	ϕ 4	ϕ 6	ϕ 8	ϕ 10	ϕ 12	ϕ 14	ϕ 16

■ APY Y Union

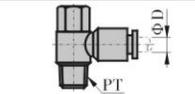
Model	APY4	APY6	APY8	APY10	APY12
Tube Φ D(mm)	ϕ 4	ϕ 6	ϕ 8	ϕ 10	ϕ 12

■ APX Y Connector

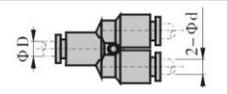
Thread (PT)	Tube ϕ D(mm)				
	ϕ 4	ϕ 6	ϕ 8	ϕ 10	ϕ 12
M5	APX4-M5	APX6-M5	-	-	-
1/8	APX4-01	APX6-01	APX8-01	APX10-01	-
1/4	APX4-02	APX6-02	APX8-02	APX10-02	APX12-02
3/8	-	APX6-03	APX8-03	APX10-03	APX12-03
1/2	-	APX6-04	APX8-04	APX10-04	APX12-04

■ APHF Female Banjo Connector

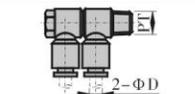
Thread (PT)	Tube ϕ D(mm)				
	ϕ 4	ϕ 6	ϕ 8	ϕ 10	ϕ 12
M5	APHF4-M5	APHF6-M5	-	-	-
1/8	APHF4-01	APHF6-01	APHF8-01	APHF10-01	APHF12-01
1/4	APHF4-02	APHF6-02	APHF8-02	APHF10-02	APHF12-02
3/8	-	APHF6-03	APHF8-03	APHF10-03	APHF12-03
1/2	-	APHF6-04	APHF8-04	APHF10-04	APHF12-04

■ APW Y Reducer

Model	APW6-4	APW8-6	APW10-8	APW12-10
Tube Φ D(mm)	ϕ 6	ϕ 8	ϕ 10	ϕ 12
Tube Φ d(mm)	ϕ 4	ϕ 6	ϕ 8	ϕ 10

■ APHW F Double Universal Elbow Connector

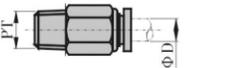
Thread (PT)	Tube ϕ D(mm)			
	ϕ 6	ϕ 8	ϕ 10	ϕ 12
1/8	APHW6-01	APHW8-01	APHW10-01	-
1/4	APHW6-02	APHW8-02	APHW10-02	APHW12-02
3/8	-	APHW8-03	APHW10-03	APHW12-03

ACCESSORIES



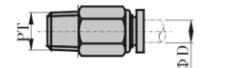
TUBE CONNECTOR(TWO-WAY)

■ APC Male Connector

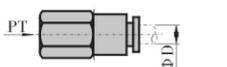
Thread (PT)	Tube ϕ D(mm)						
	ϕ 4	ϕ 6	ϕ 8	ϕ 10	ϕ 12	ϕ 14	ϕ 16
M5	APC4-M5	APC6-M5	-	-	-	-	-
1/8	APC4-01	APC6-01	APC8-01	APC10-01	APC12-01	-	-
1/4	APC4-02	APC6-02	APC8-02	APC10-02	APC12-02	APC14-02	APC16-02
3/8	-	APC6-03	APC8-03	APC10-03	APC12-03	APC14-03	APC16-03
1/2	-	APC6-04	APC8-04	APC10-04	APC12-04	APC14-04	APC16-04

■ APPC Plastic Male Connector

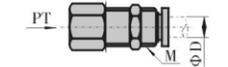
Thread (PT)	Tube ϕ D(mm)				
	ϕ 4	ϕ 6	ϕ 8	ϕ 10	ϕ 12
1/8	APPC4-01	APPC6-01	APPC8-01	APPC10-01	-
1/4	APPC4-02	APPC6-02	APPC8-02	APPC10-02	APPC12-02
3/8	-	APPC6-03	APPC8-03	APPC10-03	APPC12-03
1/2	-	APPC6-04	APPC8-04	APPC10-04	APPC12-04

■ APCF Female Connector

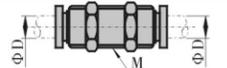
Thread (PT)	Tube ϕ D(mm)						
	ϕ 4	ϕ 6	ϕ 8	ϕ 10	ϕ 12	ϕ 14	ϕ 16
M5	APCF4-M5	APCF6-M5	-	-	-	-	-
1/8	APCF4-01	APCF6-01	APCF8-01	APCF10-01	-	-	-
1/4	APCF4-02	APCF6-02	APCF8-02	APCF10-02	APCF12-02	APCF14-02	-
3/8	-	APCF6-03	APCF8-03	APCF10-03	APCF12-03	APCF14-03	APCF16-03
1/2	-	APCF6-04	APCF8-04	APCF10-04	APCF12-04	APCF14-04	APCF16-04

■ APMF Bulkhead Female Connector

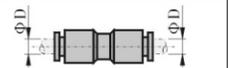
Thread (PT)	Tube ϕ D(mm)					
	ϕ 4	ϕ 6	ϕ 8	ϕ 10	ϕ 12	ϕ 16
M	M12 \times 1	M14 \times 1	M16 \times 1	M18 \times 1	M20 \times 1	M26 \times 1.5
M5	APMF4-M5	APMF6-M5	-	-	-	-
1/8	APMF4-01	APMF6-01	APMF8-01	APMF10-01	-	-
1/4	-	APMF6-02	APMF8-02	APMF10-02	APMF12-02	APMF16-02
3/8	-	APMF6-03	APMF8-03	APMF10-03	APMF12-03	APMF16-03
1/2	-	APMF6-04	APMF8-04	APMF10-04	APMF12-04	APMF16-04

■ APM Bulkhead Union Connector

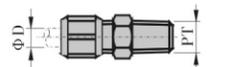
Model	Tube ϕ D(mm)	Thread (M)
APM4	ϕ 4	M12 \times 1
APM6	ϕ 6	M14 \times 1
APM8	ϕ 8	M16 \times 1
APM10	ϕ 10	M18 \times 1
APM12	ϕ 12	M20 \times 1

■ APU Union Straight

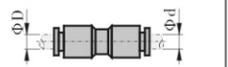
Model	Tube ϕ D(mm)
APU4	ϕ 4
APU6	ϕ 6
APU8	ϕ 8
APU10	ϕ 10
APU12	ϕ 12

■ APCS Plastic Male Connector

Thread (PT)	Tube ϕ D(mm)				
	ϕ 4	ϕ 6	ϕ 8	ϕ 10	ϕ 12
M5	APCS4-M5	APCS6-M5	-	-	-
1/8	APCS4-01	APCS6-01	APCS8-01	APCS10-01	-
1/4	APCS4-02	APCS6-02	APCS8-02	APCS10-02	APCS12-02
3/8	-	APCS6-03	APCS8-03	APCS10-03	APCS12-03
1/2	-	APCS6-04	APCS8-04	APCS10-04	APCS12-04

■ APG Reducer Connector

Model	Tube ϕ D(mm)	Tube ϕ d(mm)
APG6-4	ϕ 6	ϕ 4
APG8-6	ϕ 8	ϕ 6
APG10-8	ϕ 10	ϕ 8
APG12-10	ϕ 12	ϕ 10

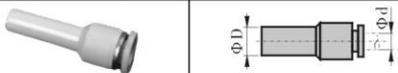


ACCESSORIES

TUBE CONNECTOR(TWO-WAY)

AIRTAC

■ APGJ Plug-In Reducer



Model	Tube φ D(mm)	Tube φ d(mm)	Model	Tube φ D(mm)	Tube φ d(mm)
APGJ6-4	φ 6	φ 4	APGJ10-8	φ 10	φ 8
APGJ8-4	φ 8	φ 4	APGJ12-6	φ 12	φ 6
APGJ8-6	φ 8	φ 6	APGJ12-8	φ 12	φ 8
APGJ10-6	φ 10	φ 6	APGJ12-10	φ 12	φ 10

■ APV L Union Elbow



Model	Tube φ D(mm)	Model	Tube φ D(mm)
APV-4	φ 4	APV-12	φ 12
APV-6	φ 6	APV-14	φ 14
APV-8	φ 8	APV-16	φ 16
APV-10	φ 10		

■ APLM Bulkhead Union Connector



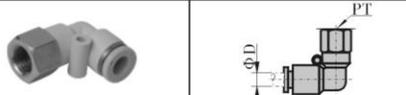
Model	Tube φ D(mm)	Thread (M)
APLM4-M12 × 1	φ 4	M12 × 1
APLM6-M14 × 1	φ 6	M14 × 1
APLM8-M16 × 1	φ 8	M16 × 1
APLM10-M18 × 1	φ 10	M18 × 1
APLM12-M20 × 1	φ 12	M20 × 1

■ APLL L Extended Male Elbow Connector



Thread (PT)	Tube φ D(mm)						
	φ 4	φ 6	φ 8	φ 10	φ 12	φ 14	φ 16
M5	APLL4-M5	APLL6-M5	-	-	-	-	-
1/8	APLL4-01	APLL6-01	APLL8-01	APLL10-01	-	-	-
1/4	APLL4-02	APLL6-02	APLL8-02	APLL10-02	APLL12-02	APLL14-02	-
3/8	-	APLL6-03	APLL8-03	APLL10-03	APLL12-03	APLL14-03	APLL16-03
1/2	-	APLL6-04	APLL8-04	APLL10-04	APLL12-04	APLL14-04	APLL16-04

■ APLF L Female Elbow Connector



Thread (PT)	Tube φ D(mm)						
	φ 4	φ 6	φ 8	φ 10	φ 12	φ 14	φ 16
M5	APLF4-M5	APLF6-M5	-	-	-	-	-
1/8	APLF4-01	APLF6-01	APLF8-01	APLF10-01	-	-	-
1/4	APLF4-02	APLF6-02	APLF8-02	APLF10-02	APLF12-02	APLF14-02	APLF16-02
3/8	-	APLF6-03	APLF8-03	APLF10-03	APLF12-03	APLF14-03	APLF16-03
1/2	-	APLF6-04	APLF8-04	APLF10-04	APLF12-04	APLF14-04	APLF16-04

■ APH Male Banjo Connector



Thread (PT)	Tube φ D(mm)				
	φ 4	φ 6	φ 8	φ 10	φ 12
M5	APH4-M5	APH6-M5	-	-	-
1/8	APH4-01	APH6-01	APH8-01	APH10-01	-
1/4	APH4-02	APH6-02	APH8-02	APH10-02	APH12-02
3/8	-	APH6-03	APH8-03	APH10-03	APH12-03
1/2	-	APH6-04	APH8-04	APH10-04	APH12-04

■ APL L Male Elbow Connector



Thread (PT)	Tube φ D(mm)						
	φ 4	φ 6	φ 8	φ 10	φ 12	φ 14	φ 16
M5	APL4-M5	APL6-M5	-	-	-	-	-
1/8	APL4-01	APL6-01	APL8-01	APL10-01	APL12-01	-	-
1/4	APL4-02	APL6-02	APL8-02	APL10-02	APL12-02	APL14-02	APL16-02
3/8	-	APL6-03	APL8-03	APL10-03	APL12-03	APL14-03	APL16-03
1/2	-	APL6-04	APL8-04	APL10-04	APL12-04	APL14-04	APL16-04

■ APLS Elbow Connector



Thread (PT)	Tube φ D(mm)				
	φ 4	φ 6	φ 8	φ 10	φ 12
M5	APLS4-M5	APLS6-M5	-	-	-
1/8	APLS4-01	APLS6-01	APLS8-01	APLS10-01	-
1/4	APLS4-02	APLS6-02	APLS8-02	APLS10-02	APLS12-02
3/8	-	APLS6-03	APLS8-03	APLS10-03	APLS12-03
1/2	-	APLS6-04	APLS8-04	APLS10-04	APLS12-04

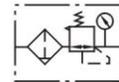
UNIDAD DE MANTENIMIENTO

FILTER AND REGULATOR GFR SERIES

AIRTAC



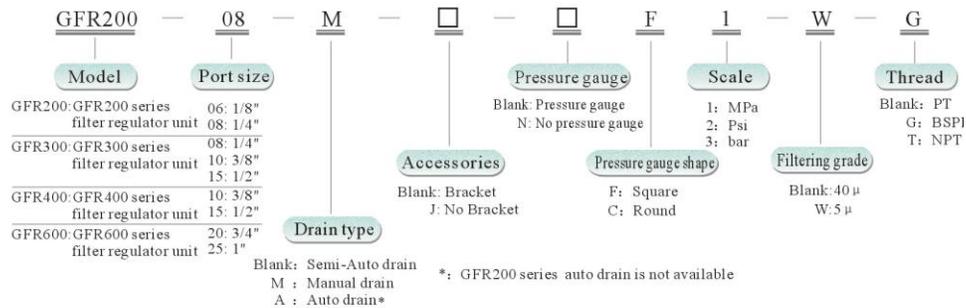
Symbol



Specification

Model	GFR200-06	GFR200-08	GFR300-08	GFR300-10	GFR300-15	GFR400-10	GFR400-15	GFR600-20	GFR600-25
Fluid	Air								
Port size	1/8"	1/4"	1/4"	3/8"	1/2"	3/8"	1/2"	3/4"	1"
Filtration grade	40 μ or 5 μ								
Pressure range	1.5-9.0bar(0.15-0.9MPa)(20-130Psi)								
Max. pressure	10.0bar(1.0MPa)(145Psi)								
Proof pressure	15.0bar(1.5 MPa)(215Psi)								
Temperature	5-60°C								
Drain bowl capacity	10CC		40CC			80CC		230CC	
weight	425g		980g			1950g		3240g	

Ordering code

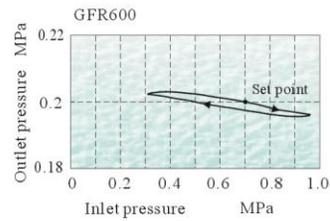
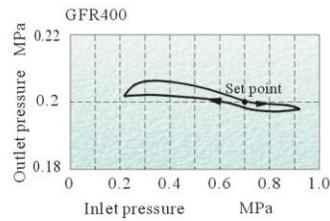
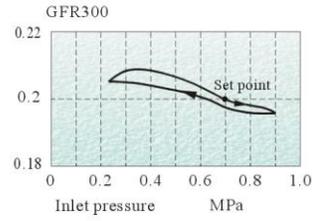
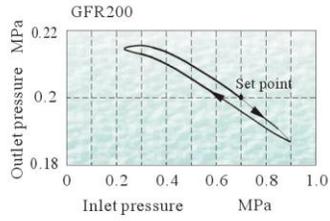


FILTER AND REGULATOR GFR SERIES

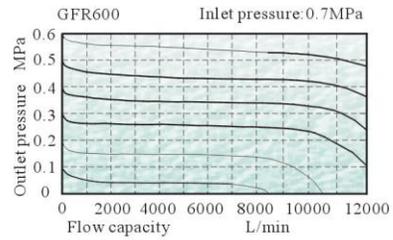
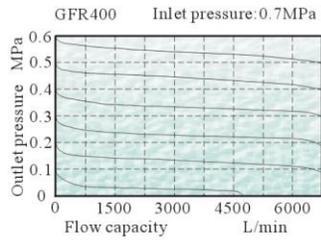
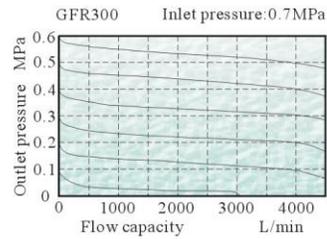
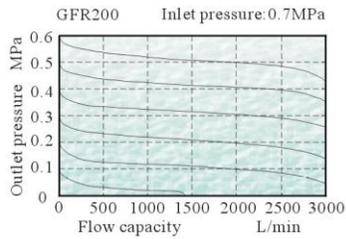


■ Pressure and flow chart

Pressure chart



Flow chart

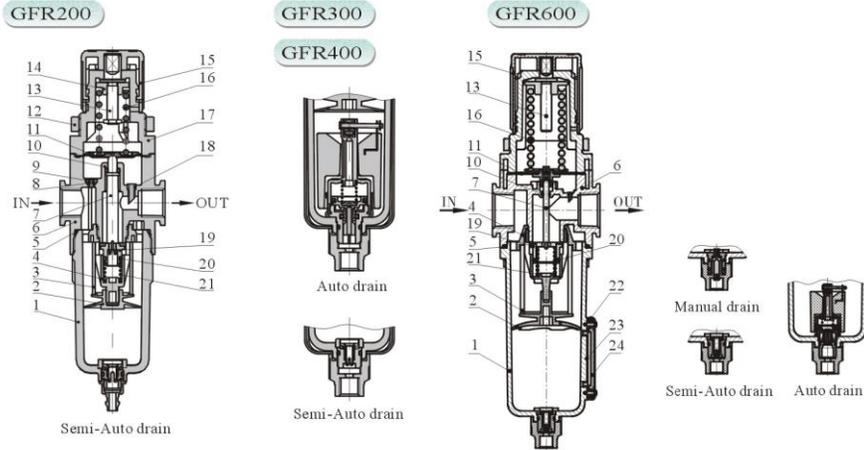


FILTER AND REGULATOR

GFR SERIES



Inner structure



No.	Item	No.	Item	No.	Item	No.	Item
1	Drain bowl	7	Spool	13	Adjusting spindle	19	Plug
2	Umbrella baffle	8	O-ring	14	Regulator nut	20	O-ring
3	Filter element	9	Plug	15	Pressure knob	21	Spring
4	Air guider	10	O-ring	16	Pressure spring	22	Liquid meter cover
5	O-ring	11	Pressure packing	17	Adjusting seat	23	Liquid meter seal
6	FR body	12	Fixed ring	18	Feed back tube	24	Liquid meter inside cover

Material of major parts

Item\Model	GFR200	GFR300	GFR400	GFR600	Item\Model	GFR200	GFR300	GFR400	GFR600
TR body	Aluminum alloy				Pressure knob	POM			
Umbrella baffle	POM				Adjusting seat	POM		Aluminum alloy	
Air guider	POM				Adjusting spindle	HPB59-1			
Filter element	40 μ : Tin copper; 5 μ : Fiber				Diaphragm	SUS304 covered with rubber			
Drain bowl	PC		Aluminum alloy		Spring	Stainless steel			
Leak post	POM				Bowl guard	-	SPCC		Aluminum alloy
Pressure spring	Stainless steel								

O-ring list

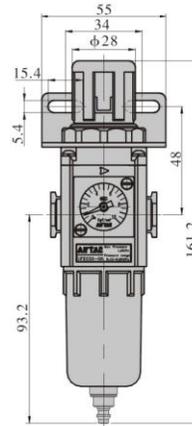
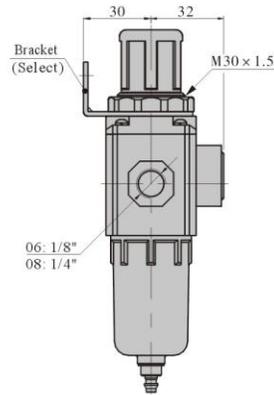
Item\Model	GFR200	GFR300	GFR400	GFR600
Drain bowl O-ring	GOR150315N75	GPS39N75	GOR24053N75	GOR310719N75
Spool O-ring	GPS4N75	GPS4N75	GPSS5N75	GPS5N75
Cover O-ring	GOR180025N75	GOR180025N75	GOR180025N75	GOR180025N75
Pressure pull O-ring	GPS6N75	GPP10N75	GOR20011N75	GPP20N75
Semiauto drain O-ring 1	GOR15006N75	GOR15006N75	GOR15009N75	GPAS014N75
Semiauto drain O-ring 2	GOR15007N75	GOR15009N75	GPAS014N75	GOR15009N75
Manual drain post O-ring	-	GOR110028N75	GPSSN75	GPS5N75
Manual drain seat O-ring	-	GOR15009N75	GPAS014N75	GPAS014N75

FILTER AND REGULATOR GFR SERIES



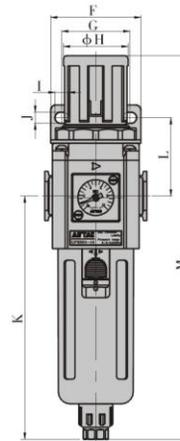
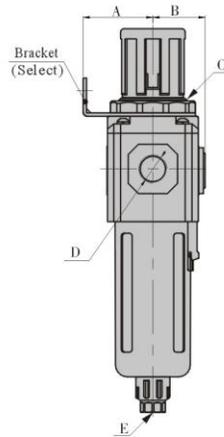
■ Dimensions

GFR200



GFR 300

GFR 400



Model/Item	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
GFR300-08	41	31	M40 x 1.5	1/4"	BSPP1/8	53	40	38	8	6.5	143	46	225.5
GFR300-10	41	31	M40 x 1.5	3/8"	BSPP1/8	53	40	38	8	6.5	143	46	225.5
GFR300-15	41	31	M40 x 1.5	1/2"	BSPP1/8	53	40	38	8	6.5	143	46	225.5
GFR400-10	50	40	M55 x 2.0	3/8"	BSPP1/4	72	55	52	11	8.5	165.5	53	270.5
GFR400-15	50	40	M55 x 2.0	1/2"	BSPP1/4	72	55	52	11	8.5	165.5	53	270.5

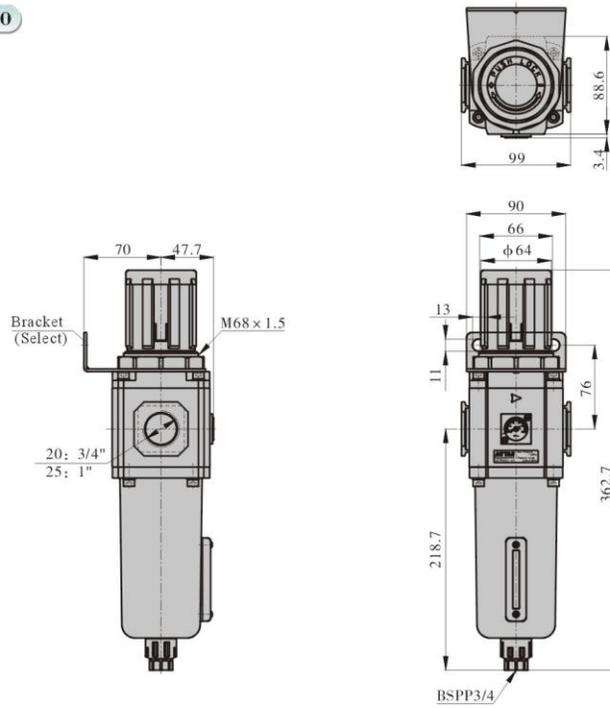


FILTER AND REGULATOR

GFR SERIES

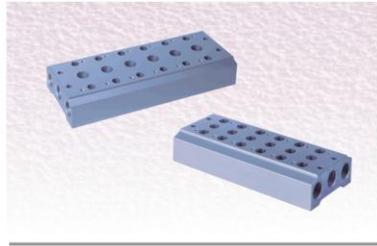
AIRTAC

GFR600



BASE DE ELECTROVÁLVULAS

AIR VALVE(Accessories) MANIFOLD



Ordering code

100M

F

Model

Number of stations

100M: 100 Series manifold
200M: 200 Series manifold
300M: 300 Series manifold
400M: 400 Series manifold

100M: 1-16 Stations
200M: 1-16 Stations
300M: 1-12 Stations
400M: 1-7 Stations

Manifold for choosing list

Manifold/Valve type	4A100	4A200	4A300	4A400
100M	●			
200M		●		
300M			●	
400M				●

Ordering code for blanking plate

200M

B

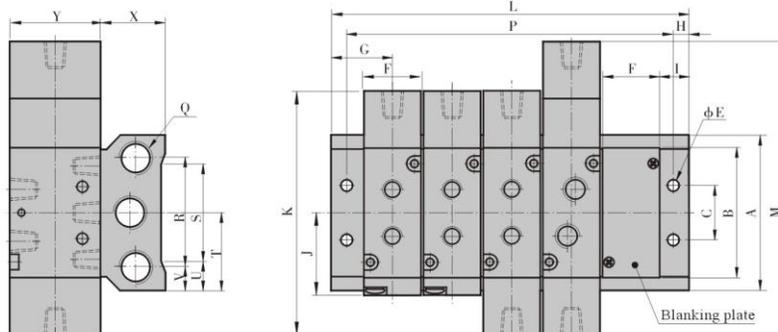
Model

Code

100M: 100 Series
200M: 200 Series
300M: 300 Series
400M: 400 Series

B: Blanking plate for manifold

Dimensions



Type/Item	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L															
											1F	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F	12F	13F	14F	15F	16F
100M□F	58	43.2	20	4.5	18.3	19	5	10	28.2	81	38	57	76	95	114	133	152	171	190	209	228	247	266	285	304	323
200M□F	61	50.7	21	4.5	22.4	23	6	12	31.7	92	46	69	92	115	138	161	184	207	230	253	276	299	322	345	368	391
300M□F	75	64.8	26	4.5	27.3	27	6	13.5	40	111	54	82	110	138	166	194	222	250	278	306	334	362	-	-	-	-
400M□F	104	94.5	32	5.5	34.3	31.5	7	14.5	57	142	71	98	133	168	203	238	273	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Type/Item	M	P																Q	R	S	T	U	V	X	Y
		1F	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F	12F	13F	14F	15F	16F								
100M□F	96	28	47	66	85	104	123	142	161	180	199	218	237	256	275	294	313	PT1/4	40	30	29	14	9	25	27
200M□F	111	34	57	80	103	126	149	172	195	218	241	264	287	310	333	356	379	PT1/4	43	32	30.5	14.5	9	26	35
300M□F	130	42	70	98	126	154	182	210	238	266	294	322	350	-	-	-	-	PT3/8	53	48	37.5	13.5	11	30	40
400M□F	163	49	84	119	154	189	224	259	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PT1/2	68	67	52	18.5	18	38	50

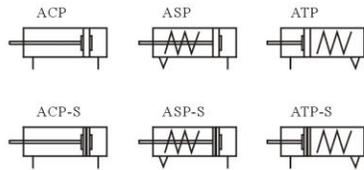


CILINDRO SIMPLE EFECTO

COMPACT CYLINDER

ACP、ASP、ATP SERIES

Symbol



Specification

Bore size (mm)	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	
Action	Double acting type										
	Single acting-Push type					Single acting-Pull type					
Fluid	Air (to be filtered by 40u filter element)										
Pressure range	Double acting	1.0~9.0bar(0.1~0.9MPa)(15~130Psi)									
	Single acting	2.0~9.0bar(0.2~0.9MPa)(30~130Psi)									
Proof pressure	15.0bar(1.5MPa)(213Psi)										
Temperature range °C	-5~70										
Speed range mm/s	Double acting	30~500					30~350			30~250	
	Single acting	30~500					30~350				
Cushion type	Bumper										
Port size*	M5 x 0.8					1/8			1/4"		

*Note: PT , BSPP , NPT thread are available.

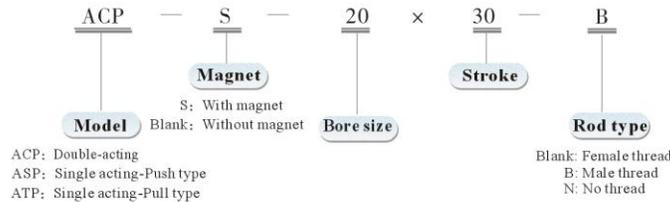
*Refer to PVI-16-V-47 for detail information of sensor switch.

Stroke list

Bore size (mm)		Standard stroke	Max.Stroke
12	Double acting type	5 10 15 20 25 30 35 40 45 50	200
	Single acting type	5 10	-
16	Double acting type	5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60	200
	Single acting type	5 10	-
20, 25	Double acting type	5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 110 120	200
	Single acting type	5 10 15 20 25	-
32, 40	Double acting type	5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 110 120	300
	Single acting type	5 10 15 20 25	-
50, 63	Double acting type	5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 110 120	400
	Single acting type	5 10 15 20 25	-

Contact us if any special requirement.

Ordering code



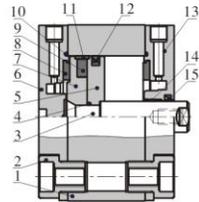
COMPACT CYLINDER

ACP, ASP, ATP SERIES



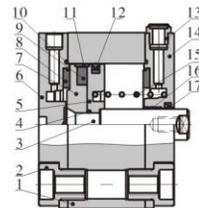
Inner structure

ACP-S



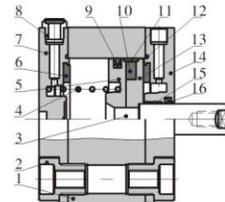
NO.	Item	NO.	Item
1	Body	9	Magnet
2	Screw	10	O-ring
3	Piston rod	11	Wear ring
4	O-ring	12	Piston O-ring
5	Piston	13	Front cover
6	Back cover	14	Bushing
7	Magnet holder	15	O-ring
8	Bumper		

ASP-S



NO.	Item	NO.	Item
1	Body	10	O-ring
2	Screw	11	Wear ring
3	Piston rod	12	Piston O-ring
4	O-ring	13	Silencer
5	Piston	14	Front cover
6	Back cover	15	Spring
7	Magnet holler	16	Bushing
8	Bumper	17	O-ring
9	Magnet		

ATP-S



NO.	Item	NO.	Item
1	Body	9	Piston O-ring
2	Screw	10	Magnet
3	Piston rod	11	Wear ring
4	Spring	12	O-ring
5	Piston	13	Magnet holler
6	Bumper	14	Front cover
7	Back cover	15	Bushing
8	Silencer	16	O-ring

Material of major parts

Item/Bore size	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
Back cover	Aluminum alloy									
Piston	Aluminum alloy									
Body	Aluminum alloy									
Spring holler	Aluminum	POM								
Magnet holler	alloy				Aluminum alloy					
Front cover	Aluminum alloy									
Bumper	TPU									
O-ring	NBR									
O-ring	NBR									
Piston rod	Stainless steel				Carbon steel with 20u chrome plated					
Wear ring					PTFE+Graphite					
Bushing					Wearable material					
Spring	SWPB									
Magnet	Sintered metal(Neodymium-Iron-Boron)					Plastic				

CILINDRO DE GIRO

Twist Clamp Cylinder

AIRTAC

ACK Series



Specification

Bore size	mm	25	32	40	50	63
Action	Double acting type					
Fluid	Air (to be filtered by 40 μ m filter element)					
Pressure range	0.15-1.0MPa (23-145psi)					
Proof pressure	1.5MPa (213psi)					
Temperature	°C -5-70					
Speed range	mm/s 30-300			30-200		
Cushion type	No					
Port size	M5 x 0.8			PT 1/8		

Note: Please use throttle device to throttle if without the cushion.

Ordering Code

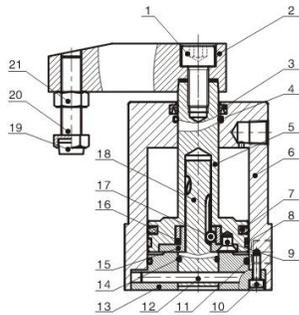
ACK	L	25	x	90
Model	Rotation direction L: Push and turn Left R: Push and turn right	Bore size		Rotary angle
ACK: Double acting type				90: 90° 180: 180°
ACKD: Double push plate type (only for 90°)				

Stroke

Unit: mm

Bore size(mm)	Stroke's type	90°	180°	Total stroke(90°/180°)
25、32	Rotation stroke	14	20	26
	Clamping stroke	12	6	
40	Rotation stroke	15	21	27
	Clamping stroke	12	6	
50、63	Rotation stroke	15	21	29
	Clamping stroke	14	8	

Inner Structure



NO.	Item	NO.	Item	NO.	Item
1	Screw	8	Wear ring	15	Push block
2	Rocker	9	Screw	16	Bushing
3	Rod packing	10	Screw	17	Steel ball
4	O-ring	11	O-ring	18	Rotation axis
5	Piston rod	12	Fixed pin	19	Bumper
6	Body	13	Back cover	20	Screw
7	Piston O-ring	14	O-ring	21	Nut

Material of Major Parts

Bore size (mm)	25	32	40	50	63
Body	Aluminum alloy				
Back cover	Aluminum alloy				
Rocker	Steel				
Rod packing	NBR				
Piston O-ring	NBR				
O-ring	NBR				
Bumper	PTFE				
Fixed pin	S45C				
Piston rod	S45C				
Rotation axis	SCR440				
Wear ring	PTFE+Graphite				

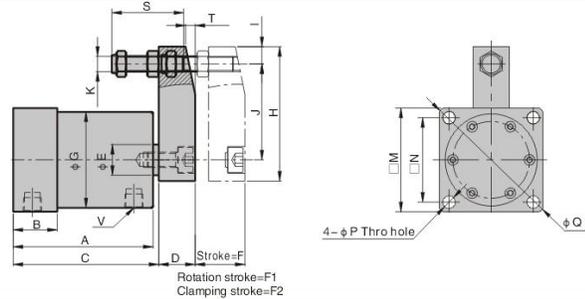
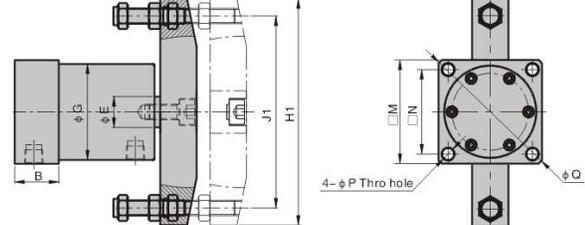
Clamping Force

Bore size (mm)	25	32	40	50	63	
Rod size (mm)	14	16	16	20	20	
Operating pressure (MPa)	0.1	-	60.3	105.6	164.9	280.3
	0.2	67.4	120.6	211.1	329.9	560.6
	0.3	101.1	181.0	316.7	494.8	840.9
	0.4	134.8	241.3	422.2	659.7	1121.2
	0.5	168.5	301.6	527.8	824.7	1401.5
	0.6	202.2	361.9	633.3	989.6	1681.9
	0.7	235.9	422.2	738.9	1154.5	1962.2

Definition of Rotate Direction

<p>Left turn</p>  <p>Push and turn counter-clockwise Ordering code is L.</p>	<p>Right turn</p>  <p>Push and turn clockwise Ordering code is R.</p>
--	---

Dimensions

<p>ACK Series</p> <p>Symbol</p> 	 <p>Rotation stroke=F1 Clamping stroke=F2</p>																																																																																																																																																						
<p>ACKD Series</p> <p>Symbol</p> 	 <p>4-φ P Thro hole</p>																																																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Bore size/Item</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>G</th> <th>H</th> <th>H1</th> <th>I</th> <th>J</th> <th>J1</th> <th>K</th> <th>M</th> <th>N</th> <th>P</th> <th>Q</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25</td> <td>65</td> <td>23</td> <td>69</td> <td>16</td> <td>14</td> <td>35</td> <td>48</td> <td>76</td> <td>8</td> <td>30</td> <td>60</td> <td>M6 × 1.0</td> <td>40</td> <td>30</td> <td>4.5</td> <td>52</td> </tr> <tr> <td>32</td> <td>73</td> <td>23</td> <td>76</td> <td>19</td> <td>16</td> <td>50</td> <td>70</td> <td>118</td> <td>9</td> <td>50</td> <td>100</td> <td>M8 × 1.25</td> <td>54</td> <td>44</td> <td>6.5</td> <td>74</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>74</td> <td>26</td> <td>78</td> <td>19</td> <td>16</td> <td>55</td> <td>70</td> <td>118</td> <td>9</td> <td>50</td> <td>100</td> <td>M8 × 1.25</td> <td>58</td> <td>48</td> <td>6.5</td> <td>79</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>80</td> <td>26</td> <td>84</td> <td>25.4</td> <td>20</td> <td>60</td> <td>93</td> <td>160</td> <td>10</td> <td>70</td> <td>140</td> <td>M10 × 1.5</td> <td>68</td> <td>55</td> <td>8.5</td> <td>91</td> </tr> <tr> <td>63</td> <td>86</td> <td>30</td> <td>90</td> <td>25.4</td> <td>20</td> <td>70</td> <td>93</td> <td>160</td> <td>10</td> <td>70</td> <td>140</td> <td>M10 × 1.5</td> <td>82</td> <td>64</td> <td>8.5</td> <td>108</td> </tr> </tbody> </table>	Bore size/Item	A	B	C	D	E	G	H	H1	I	J	J1	K	M	N	P	Q	25	65	23	69	16	14	35	48	76	8	30	60	M6 × 1.0	40	30	4.5	52	32	73	23	76	19	16	50	70	118	9	50	100	M8 × 1.25	54	44	6.5	74	40	74	26	78	19	16	55	70	118	9	50	100	M8 × 1.25	58	48	6.5	79	50	80	26	84	25.4	20	60	93	160	10	70	140	M10 × 1.5	68	55	8.5	91	63	86	30	90	25.4	20	70	93	160	10	70	140	M10 × 1.5	82	64	8.5	108	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Bore size/Item</th> <th>F(90°/180°)</th> <th>F1(90°)</th> <th>F2(90°)</th> <th>F1(180°)</th> <th>F2(180°)</th> <th>S</th> <th>V</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25</td> <td>26</td> <td>14</td> <td>12</td> <td>20</td> <td>6</td> <td>29.5</td> <td>M5 × 0.8</td> </tr> <tr> <td>32</td> <td>26</td> <td>14</td> <td>12</td> <td>20</td> <td>6</td> <td>37.5</td> <td>PT1/8</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>27</td> <td>15</td> <td>12</td> <td>21</td> <td>6</td> <td>37.5</td> <td>PT1/8</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>29</td> <td>15</td> <td>14</td> <td>21</td> <td>8</td> <td>45</td> <td>PT1/8</td> </tr> <tr> <td>63</td> <td>29</td> <td>15</td> <td>14</td> <td>21</td> <td>8</td> <td>45</td> <td>PT1/8</td> </tr> </tbody> </table>	Bore size/Item	F(90°/180°)	F1(90°)	F2(90°)	F1(180°)	F2(180°)	S	V	25	26	14	12	20	6	29.5	M5 × 0.8	32	26	14	12	20	6	37.5	PT1/8	40	27	15	12	21	6	37.5	PT1/8	50	29	15	14	21	8	45	PT1/8	63	29	15	14	21	8	45	PT1/8
Bore size/Item	A	B	C	D	E	G	H	H1	I	J	J1	K	M	N	P	Q																																																																																																																																							
25	65	23	69	16	14	35	48	76	8	30	60	M6 × 1.0	40	30	4.5	52																																																																																																																																							
32	73	23	76	19	16	50	70	118	9	50	100	M8 × 1.25	54	44	6.5	74																																																																																																																																							
40	74	26	78	19	16	55	70	118	9	50	100	M8 × 1.25	58	48	6.5	79																																																																																																																																							
50	80	26	84	25.4	20	60	93	160	10	70	140	M10 × 1.5	68	55	8.5	91																																																																																																																																							
63	86	30	90	25.4	20	70	93	160	10	70	140	M10 × 1.5	82	64	8.5	108																																																																																																																																							
Bore size/Item	F(90°/180°)	F1(90°)	F2(90°)	F1(180°)	F2(180°)	S	V																																																																																																																																																
25	26	14	12	20	6	29.5	M5 × 0.8																																																																																																																																																
32	26	14	12	20	6	37.5	PT1/8																																																																																																																																																
40	27	15	12	21	6	37.5	PT1/8																																																																																																																																																
50	29	15	14	21	8	45	PT1/8																																																																																																																																																
63	29	15	14	21	8	45	PT1/8																																																																																																																																																

ANEXO VI

PROGRAMACIÓN EN TWIDOSUITE