



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN  
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

**“DISEÑO, DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN  
DIDÁCTICA DE PRESIONADO CON MÚSCULO NEUMÁTICO”**

**TESIS DE GRADO**

**Previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES  
INDUSTRIALES**

**Presentado por:**

**JONATHAN ALEXANDER PAUCAR TENORIO**

**GUIDO LENIN QUINLLAY RAMOS**

**Riobamba – Ecuador**

**2013**

A nuestro tutor Ing. Jorge Paucar,  
profesores Ing. Bernardo Barba e Ing. Marco  
Viteri, quienes con humildad y vocación han  
sabido guiarnos en la realización de éste  
proyecto con sus valiosas sugerencias y  
aportes para la culminación del mismo.

A Dios por guiarme, protegerme y fortalecerme, por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía en el transcurso de mi carrera universitaria, a mis hermanos Maritza y Paul mis tías Mercedes y Julia Ramos mis abuelitos mi suegra María Ojeda y a mi esposa Jomayra quienes han estado conmigo brindándome su apoyo incondicional, siendo el pilar principal de mi superación

A mis padres Rosa Ramos y Segundo Quinllay por darme la oportunidad de prepararme académicamente, por su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos por su amor, dedicación y consejos que me ayudaron y fortalecieron a ser constante y disciplinado.

Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

**Guido**

Primeramente a Dios que es quien nos permite vivir y nos da fuerzas para superar cada obstáculo, a mis Padres Luis y Sandra quienes me han apoyado con el único propósito de preparación profesional, dando su mayor esfuerzo en buenos y malos momentos, por saberme instruir con buenos principios que me han ayudado en este extenso camino académico, es un gran honor ser su hijo.

Este es el resultado de sus esfuerzos mis queridos padres para ustedes con todo mi amor y orgullo.

**Jonathan**

## FIRMAS DE RESPONSABLES Y NOTA

NOMBRE	FIRMA	FECHA
<b>Ing. Iván Menes DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA</b>	.....	.....
<b>Ing. Paúl Romero DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES</b>	.....	.....
<b>Ing. Jorge Paucar DIRECTOR DE TESIS.</b>	.....	.....
<b>Ing. Bernardo Barba MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	.....	.....
<b>DIRECTOR DPTO DOCUMENTACIÓN</b>	.....	.....
<b>NOTA DE LA TESIS</b>	.....	

**TEXTO DE  
RESPONSABILIDAD**

“Nosotros **GUIDO LENIN QUINLLAY RAMOS Y JONATHAN ALEXANDER PAUCAR TENORIO**, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**”.

.....  
**GUIDO LENIN QUINLLAY RAMOS**

.....  
**JONATHAN ALEXANDER PAUCAR TENORIO**

## INDICE DE ABREVIATURAS

<b>ARM</b>	Advanced RISC Machine
<b>CAD/CAM</b>	Computer-aided design/ Computer-aided manufacturing
<b>CETOP</b>	Comité Europeo de Transmisiones Oleo-hidráulicas y Neumáticas
<b>CN</b>	Control Numérico
<b>CPU</b>	Unidad Central de Procesamiento
<b>DIN</b>	Instituto Alemán de Normalización
<b>DGO</b>	Linear driver
<b>DRQD</b>	Twin-piston Rotary Drive of Modular Design.
<b>DSMP</b>	Músculos neumáticos con conexiones prensadas.
<b>ED</b>	Entradas Digitales
<b>EDS</b>	Event-Driven System
<b>E/S</b>	Entradas/Salidas
<b>FBD</b>	Diagramas de Bloques Funcionales
<b>F[N]</b>	Fuerza en Newton
<b>HMI</b>	Human-Machine Interface
<b>I/O</b>	Input/Output
<b>LDR</b>	Light-Dependent Resistor
<b>mA</b>	MiliAmperes
<b>MB</b>	Mega bytes
<b>MC</b>	Cerrado en un lado
<b>MO</b>	Abierto en ambos lados
<b>MPS</b>	Modular production system
<b>ms</b>	Milisegundo
<b>NTC</b>	Negative temperature coefficient
<b>PC</b>	Personal Computer

<b>PCB</b>	Printed Circuit Board
<b>PD</b>	Proportional-Derivative controller
<b>PI</b>	Proportional-Integral controller
<b>PID</b>	Proportional-Integral-Derivative controller
<b>P2P</b>	Peer to Peer
<b>PLC</b>	Programmable Logic Controller
<b>PTC</b>	Positive temperature coefficient
<b>Q</b>	Caudal
<b>RAM</b>	Memoria de Acceso Aleatorio
<b>RTU</b>	Remote Terminal Unit
<b>SCADA</b>	Supervisory control and data acquisition
<b>SD</b>	Secure Digital
<b>SIM</b>	Simulador
<b>SYSLINK</b>	Link system
<b>TRIAC</b>	Tríodo para Corriente Alterna
<b>USB</b>	Universal Serial Bus
<b>VAC</b>	Voltaje de corriente alterna
<b>VDC</b>	Voltaje de corriente continua

## ÍNDICE GENERAL

### CAPÍTULO I

1	MARCO REFERENCIAL .....	20
1.1	ANTECEDENTES.....	20
1.2	OBJETIVOS .....	21
1.2.1	OBJETIVO GENERAL .....	21
1.2.2	OBJETIVO ESPECÍFICOS .....	21
1.3	JUSTIFICACIÓN .....	21
1.4	PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS .....	22

### CAPÍTULO II

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	23
2.1	SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.....	23
2.2	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MODULAR (MPS) .....	24
2.2.1	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MODULAR PROLOG FACTORY .....	25
2.3	EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL .....	28
2.3.1	EVOLUCIÓN .....	28
2.3.2	EVOLUCIÓN FUTURA DE LOS SISTEMAS DE CONTROL .....	29
2.4	SISTEMAS Y TIPOS DE CONTROL .....	31
2.4.1	INTRODUCCIÓN .....	31
2.4.2	COMPONENTES BÁSICOS DE UN SISTEMA DE CONTROL .....	32
2.4.2.1	ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL .....	33
2.4.3	VARIABLES DE LOS SISTEMAS DE CONTROL .....	34
2.4.4	CARACTERÍSTICA DE LOS SISTEMAS DE CONTROL .....	35
2.4.5	TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL.....	37
2.4.5.1	SISTEMAS EN LAZO ABIERTO .....	37
2.4.5.2	SISTEMAS EN LAZO CERRADO .....	39
2.4.5.3	SISTEMAS DISCRETOS.....	40
2.4.6	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL .....	40
2.4.7	ESTABILIDAD .....	43
2.4.7.1	SISTEMA ESTABLE .....	43
2.4.7.2	SISTEMA INESTABLE.....	43

### CAPÍTULO III

3	ACTUADORES, ELEMENTOS DE MANDO Y SENSORES .....	45
---	---	----

3.1	MÚSCULO NEUMÁTICO .....	45
3.1.1	INTRODUCCIÓN .....	45
3.1.2	UTILIDAD Y VENTAJAS.....	46
3.1.3	ELEMENTOS FUNCIONALES Y CONEXIONES .....	48
3.1.4	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....	49
3.1.5	MÉTODO DE FUNCIONAMIENTO Y APLICACIÓN .....	49
3.1.6	DIMENSIONAMIENTO .....	50
3.1.7	CURVAS CARACTERISTICAS .....	55
3.1.8	EJEMPLOS DE APLICACIONES .....	57
3.1.8.1	FUERZA Y DINAMISMO.....	57
3.1.8.2	MOVIMIENTOS SIN TIRONES .....	59
3.1.8.3	SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO SENCILLOS .....	60
3.1.8.4	ENTORNOS INDUSTRIALES DIFÍCILES .....	61
3.2	ACTUADOR GIRATORIO DRQD .....	62
3.2.1	INTRODUCCIÓN .....	62
3.2.2	FUNCIONAMIENTO Y APLICACIÓN.....	64
3.2.3	ELEMENTOS INTERNOS DEL ACTUADOR GIRATORIO .....	66
3.2.4	CURVAS CARACTERÍSTICAS .....	67
3.3	ACTUADOR LINEAL DGO .....	67
3.3.1	INTRODUCCIÓN .....	67
3.3.2	CONSUMO DE AIRE EN CILINDROS.....	68
3.3.3	FUNCIONAMIENTO DEL ACTUADOR LINEAL DGO.....	69
3.3.4	CURVAS CARACTERÍSTICAS DE DIFERENTES MODELOS .....	71
3.4	I/O TERMINAL.....	72
3.5	PLACA PERFILADA DE ALUMINIO .....	73
3.6	MESA RODANTE .....	74
3.7	PINZA ANGULAR DHWS.....	75
3.7.1	CARACTERÍSTICAS .....	75
3.7.2	CONSIDERACIONES SOBRE LAS PINZAS NEUMÁTICAS .....	77
3.7.3	SELECCIÓN DE UNA PINZA .....	77
3.7.4	VALORES CARACTERÍSTICOS DE LA CARGA ESTÁTICA EN LAS MORDAZAS .....	79
3.8	JUEGO DE PIEZAS "CUERPOS" .....	79
3.9	UNIDAD DE MANTENIMIENTO NEUMÁTICA.....	82

3.9.1	INTRODUCCIÓN .....	82
3.9.2	FILTRO DE AIRE COMPRIMIDO CON REGULADOR DE PRESIÓN .....	83
3.9.3	FUNCIONAMIENTO.....	83
3.9.4	REGULADORES DE PRESIÓN.....	85
3.9.5	REGULADOR DE PRESIÓN CON ORIFICIO DE ESCAPE .....	85
3.9.6	LUBRICADOR DE AIRE COMPRIMIDO .....	87
3.10	VÁLVULAS .....	88
3.10.1	GENERALIDADES .....	88
3.10.2	VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS .....	88
3.10.3	VÁLVULAS DE BLOQUEO.....	90
3.10.4	VÁLVULAS DE REGULACIÓN DE CAUDAL .....	90
3.10.5	VÁLVULAS DE CIERRE.....	91
3.10.6	ACCIONAMIENTO DE LAS VÁLVULAS.....	91
3.11	SENSORES.....	93
3.11.1	QUÉ ES UN SENSOR.....	93
3.11.2	CLASIFICACIÓN DE LOS SENSORES.....	94
3.11.3	CLASIFICACIÓN SEGÚN EL FUNCIONAMIENTO .....	94
3.11.4	CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TIPO DE SEÑAL QUE GENERAN .....	95
3.11.5	CLASIFICACIÓN SEGÚN EL RANGO DE VALORES DE SALIDA .....	96
3.11.6	CLASIFICACIÓN SEGÚN EL NIVEL DE INTEGRACIÓN.....	97
3.11.7	CLASIFICACIÓN SEGÚN LA VARIABLE FÍSICA MEDIDA .....	98

#### **CAPÍTULO IV**

4	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE .....	103
4.1	GENERALIDADES .....	103
4.2	CAMPOS DE APLICACIÓN.....	103
4.3	VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN EL EMPLEO DE LOS PLC.....	104
4.4	ESTRUCTURA INTERNA .....	105
4.5	FUNCIONES BÁSICAS DEL PLC .....	109
4.6	CLASIFICACIÓN DE PLC.....	110
4.6.1	PLC NANO.....	110
4.6.2	PLC COMPACTO .....	111
4.6.3	PLC MODULAR .....	112
4.7	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) MODICON M340.....	114
4.7.1	DESCRIPCIÓN.....	114

4.7.2	RACKS MODICON M340.....	116
4.7.3	FUENTES DE ALIMENTACIÓN .....	117
4.7.4	LOS PROCESADORES Y TARJETAS DE MEMORIA .....	118
4.7.5	PROTOCOLOS SOPORTADOS .....	120
4.7.6	TARJETA DE MEMORIA PARA CPU .....	121
4.7.7	UNIDAD CENTRAL DE PROCESO .....	123
4.7.8	MÓDULOS DE E/S DIGITALES .....	125
4.7.9	MÓDULOS DE E/S ANALÓGICAS .....	127
4.8	SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN PARA PLC MODICOM M340 .....	131
4.8.1	SOFTWARE UNITY PRO - SCHNEIDER .....	131
4.8.2	DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS .....	131
4.8.3	ESTANDARIZACIÓN PROGRAMACIÓN DE CONTROL INDUSTRIAL. 132	
4.8.4	TIPOS DE VARIABLES, DIRECCIONES Y PALABRAS DE SISTEMAS . 137	
4.8.5	SIMULADOR DE UNITY PRO EN COMPARATIVA CON EL PLC .....	140
4.8.6	DIFERENCIAS ENTRE UN SISTEMA SCADA Y UN SIMULADOR .....	142

## **CAPÍTULO V**

5	DISEÑO, DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN.....	144
5.1	INTRODUCCIÓN. ....	144
5.2	DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA .....	144
5.2.1	DETERMINACIÓN DE LOS COMPONENTES .....	144
5.2.2	LISTADO DE MATERIALES Y DISPOSITIVOS PRINCIPALES .....	145
5.3	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	146
5.4	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS.....	149
5.5	DIMENSIONAMIENTO DE ACTUADORES .....	154
5.5.1	DIMENSIONAMIENTO DEL MÚSCULO NEUMÁTICO.....	154
5.5.2	DIMENSIONAMIENTO DEL CILINDRO SIN VÁSTAGO.....	155
5.5.3	DIMENSIONAMIENTO DE LA UNIDAD GIRATORIA.....	157
5.5.4	DIMENSIONAMIENTO DE LA PINZA NEUMÁTICA.....	159
5.6	DISEÑO DE LA PARTE NEUMÁTICA .....	160
5.6.1	DESCRIPCIÓN.....	160
5.6.2	ESQUEMA NEUMÁTICO .....	161
5.7	SISTEMA DE CONTROL .....	162
5.7.1	PROGRAMACIÓN DEL PLC MODICON M340.....	162
5.8	PROGRAMACIÓN DE LA PANTALLA DEL OPERADOR .....	164

## **CAPÍTULO VI**

6	PRUEBAS Y RESULTADOS.....	170
6.1	ANÁLISIS Y PRUEBAS.....	170
6.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	178

## **CONCLUSIONES**

## **RECOMENDACIONES**

## **RESUMEN**

## **SUMMARY**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II- 1 Evolución futura de los sistemas de control .....	31
Figura II- 2 Diagrama de un sistema de control.....	32
Figura II- 3 Diagrama de boques de un sistema de control.....	33
Figura II- 4 Variables de un sistema de control .....	35
Figura II- 5 Elementos de un sistema de control en lazo abierto .....	38
Figura II- 6 Sistema de volumen .....	38
Figura II- 7 Sistema en lazo cerrado .....	39
Figura II- 8 Sistema de control de nivel de líquido.....	40
Figura II- 9 Condición de estabilidad.....	43
Figura II- 10 Inestabilidad de un sistema .....	44
Figura III- 1 Tracción del músculo neumático que tira una carga .....	46
Figura III- 2 Tracción del músculo neumático como muelle .....	47
Figura III- 3 Tipos y accesorios del músculo neumático .....	48
Figura III- 4 Funcionamiento y aplicación.....	50
Figura III- 5 Margen de funcionamiento del músculo neumático de 20mm de diámetro .....	51
Figura III- 6 Diagrama fuerza-recorrido .....	52
Figura III- 7 Definición de la aplicación.....	53
Figura III- 8 Definición de la carga.....	53
Figura III- 9 Introducción de parámetros del sistema .....	54
Figura III- 10 Selección de accesorios .....	54
Figura III- 11 Lista de piezas a utilizar .....	55
Figura III- 12 Margen de funcionamiento DMSP-10-100N-... ..	56
Figura III- 13 Margen de funcionamiento DMSP-20-200N-... ..	56
Figura III- 14 Margen de funcionamiento DMSP-40-400N-... ..	57
Figura III- 15 Actuador de una punzadora.....	58
Figura III- 16 Sistema de parada de emergencia de rodillos.....	58
Figura III- 17Freno en un equipo de rebobinado .....	59
Figura III- 18 Alineación de una bobina en procesos de enrollado.....	60
Figura III- 19 Sistema elevador para la manipulación de baldosas de hormigón .....	60
Figura III- 20 Ajuste del ancho en cintas de transporte .....	61
Figura III- 21 Tensor de cintas de transporte .....	62
Figura III- 22 Vibrador para desatascar un depósito de alimentación por gravedad.....	62
Figura III- 23 Diferentes módulos de un actuador giratorio .....	63
Figura III- 24 Piñón y cremallera del QRQD.....	64
Figura III- 25 Amortiguador hidráulico del QRQD .....	65
Figura III- 26 Modulo de posición intermedia del QRQD .....	65
Figura III- 27 Ranura para sensores .....	66
Figura III- 28 Características y vista de sección del actuador QRQD .....	66
Figura III- 29 Curvas características del actuador QRQD .....	67
Figura III- 30 Vista en sección y completa del cilindro neumático DGO.....	69
Figura III- 31 Montaje del cilindro neumático DGO .....	70

Figura III- 32 Fijación de las cargas axial/horizontal .....	71
Figura III- 33 Velocidad vs masa.....	72
Figura III- 34 Syslink.....	73
Figura III- 35 Placa de Perfil.....	74
Figura III- 36 Mesa rodante .....	75
Figura III- 37 Vista en Sección Pinza neumática.....	76
Figura III- 38 Consideraciones como no se debe utilizar una Pinza neumática.....	77
Figura III- 39 Valores de la carga estática en las mordazas .....	79
Figura III- 40 Juego de piezas "Cuerpos" .....	80
Figura III- 41 Pieza para insertar "Termómetro" .....	80
Figura III- 42 Pieza para insertar "Reloj" .....	81
Figura III- 43 Pieza para insertar "Higrómetro".....	81
Figura III- 44 Vista de sección y símbolo de la unidad de mantenimiento.....	82
Figura III- 45 Partes principales de la unidad de mantenimiento .....	84
Figura III- 46 Regulador de presión con orificio de escape .....	86
Figura III- 47 Lubricador de aire comprimido .....	88
Figura III- 48 Vías de una válvula neumática.....	89
Figura III- 49 Representación esquemática de válvulas distribuidoras.....	90
Figura III- 50 Válvula de bloqueo.....	90
Figura III- 51 Válvula de regulación de caudal.....	91
Figura III- 52 Válvula de cierre .....	91
Figura III- 53 Accionamientos directos .....	92
Figura III- 54 Accionamientos indirectos pilotaje neumático con retorno por muelle .....	93
Figura III- 55 Electroválvula servo pilotada biestable .....	93
Figura III- 56 Ejemplo de sensor analógico .....	95
Figura III- 57 Ejemplo de sensor temporal .....	96
Figura III- 58 Ejemplo de sensor de medida.....	97
Figura III- 59 Ejemplo de sensor discreto.....	97
Figura III- 60 Ejemplo de sensor integrado .....	98
Figura III- 61 Ejemplo de sensor inteligente.....	99
Figura III- 62 Ejemplo de sensor mecánico .....	99
Figura III- 63 Ejemplo de sensor eléctrico.....	100
Figura III- 64 Ejemplo de sensor magnético.....	101
Figura III- 65 Ejemplo de sensor ultrasónico.....	102
Figura IV- 1 Diagrama de bloque del PLC .....	106
Figura IV- 2 Estructura Interna del PLC.....	109
Figura IV- 3 PLC Nano.....	111
Figura IV- 4 Estructura de PLC Compacto .....	112
Figura IV- 5 Estructura de PLC Modular .....	113
Figura IV- 6 Ciclo de escaneo de PLC.....	114
Figura IV- 7 PLC .....	115
Figura IV- 8 Tipos de Racks Modicon M340 .....	116
Figura IV- 9 Descripción de Fuente de Alimentación .....	118

Figura IV- 10 Descripción de BMX P342010 .....	119
Figura IV- 11 Descripción de Comunicación Modbus .....	120
Figura IV- 12 Descripción de Comunicación CANopen .....	121
Figura IV- 13 Procesador y Tarjeta de Memoria .....	122
Figura IV- 14 Descripción de LEDs en Varios BMX.....	123
Figura IV- 15 Descripción de Datos Salvados .....	124
Figura IV- 16 Descripción de Cargar Programa .....	124
Figura IV- 17 Descripción de Programa Salvado .....	125
Figura IV- 18Conectores de 20, 40 y 2x40 Pines .....	126
Figura IV- 19 Descripción de Módulos I/O .....	127
Figura IV- 20 Modulo BMX AMI 0410 .....	128
Figura IV- 21Módulo BMX ART 0414 .....	128
Figura IV- 22 Módulo BMX ART 0814 .....	129
Figura IV- 23 Módulo BMX AMO 0210.....	130
Figura IV- 24 Módulo BMX AMM 0600 .....	131
Figura IV- 25 Lenguajes IEC-1131-3 .....	134
Figura IV- 26 Representación bloque de función en LD y ST.....	136
Figura IV- 27 Representación diagrama SFC .....	137

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II- I Origen y evolución histórica.....	30
Tabla II- II Elementos de un sistema de control .....	34
Tabla III- III Elementos funcionales y conexiones .....	49
Tabla III- IV Especificaciones técnicas del músculo neumático .....	49
Tabla IV- V Tipos de BMX CPS .....	117
Tabla V- VI Datos técnicos de tarjetas de E/S señales al PLC .....	117
Tabla V- VII Tabla de símbolos de esquema neumático .....	117
Tabla V- VIII Tabla de E/S del PLC .....	117

## INTRODUCCIÓN

La automatización industrial ha pasado de ser una herramienta de trabajo deseable a una herramienta indispensable para competir en el mercado globalizado que exige el desarrollo y empleo de nuevos actuadores que brinden mayor confiabilidad y eficacia, a su vez contribuyan a lograr ventajas competitivas para todas las partes involucradas.

Los sistemas neumáticos desempeñan un papel clave en aquellos procesos en los que la higiene y la precisión son de suma importancia tal es el caso del prensado neumático que ha ido desarrollando e innovando sus técnicas y procesos permitiendo gran flexibilidad, velocidad y exactitud a medida de sus necesidades.

El módulo está conformado de elementos que permiten a los estudiantes experimentar hoy la tecnología de automatización industrial del mañana como son el músculo neumático, el actuador semigiratorio DRQD<sup>1</sup> con posición media ajustable, actuadores relativamente nuevos que ofrecen claras ventajas en determinadas aplicaciones.

Los músculos neumáticos producen un movimiento lineal utilizando aire a presión, pero no utilizan pistones como los actuadores neumáticos e hidráulicos habituales, funciona como un músculo humano y es capaz de generar una fuerza de tracción inicial más grande que la de los cilindros neumáticos convencionales, el uso del mismo permite secuencias de desplazamientos que se aproximan al movimiento humano no sólo en términos de cinemática, la velocidad y la fuerza, sino también en la sensibilidad. El músculo neumático puede ejercer diez veces la fuerza de un cilindro de tamaño comparable, es muy robusto, e incluso se puede utilizar en condiciones extremas, como en arena o polvo.

---

<sup>1</sup> DRQD: Actuadores giratorios con piñón y cremallera

La estación de Prensado con Músculo Neumático, inserta piezas en cuerpos. El actuador giratorio/lineal mueve la carcasa con el inserto bajo la prensa. El músculo neumático realiza la acción de prensado. La pieza acabada, a continuación es trasladada a la posición de transferencia utilizando el actuador giratorio/lineal. Un sensor óptico se fija a la pinza del actuador para detectar la pieza. La velocidad de prensado y la profundidad pueden ser reguladas tanto manualmente a través del regulador de flujo o el regulador de presión.

## **CAPÍTULO I**

### **1 MARCO REFERENCIAL**

#### **1.1 ANTECEDENTES**

Los nuevos sistemas de proceso de automatización en máquinas y sistemas, requieren de elaborados sistemas de montaje, producción y control, con variados sistemas de actuadores.

La implementación con tecnología en sistema tradicional exige por cada articulación de la máquina, varios elementos para lograr sus movimientos, causando dificultades en la producción y control, debido en muchos casos a la limitación de espacio y consumo de energía.

El aumento de la competitividad y la necesidad de mantener costos bajos, afectando a todas las áreas involucradas en la producción, obligándonos a explotar de mejor manera los recursos técnicos. Entre estos recursos se encuentran actuadores desarrollados para optimizar el espacio disponible y han demostrado ser una herramienta muy útil en

procesos de automatización, mejorando los tiempos de puesta en marcha, mantenimiento y modificación de sistemas automáticos.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar, dimensionar e implementar una estación didáctica de presionado con músculo neumático.

### **1.2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS**

- Establecer las características diseño y dimensionamiento de una estación didáctica de presionado con músculo neumático.
- Estudiar y seleccionar los dispositivos necesarios en la implementación de la estación didáctica de presionado con músculo neumático.
- Implementar un sistema de visualización con la estación de presionado con músculo neumático.
- Implementar la estación didáctica de presionado con músculo neumático en el Laboratorio de Automatización Industrial para el sistema de producción modular.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

El montaje de los componentes, mediante sistemas neumáticos flexibles es una opción mucho más rentable y confiable debido a que:

- Se reducen los fallos, o incluso pueden ser eliminados.
- Los elementos pueden situarse fácilmente en cualquier ubicación y conectarse mediante tuberías, proporcionando una estructura flexible ideal para aplicar los conceptos de optimización y competitividad actuales.
- La identificación de elementos es simple, no es necesario identificar la forma de los componentes sino la presencia de ellos.
- La estandarización permite que un integrador de sistemas neumáticos pueda escoger dispositivos de múltiples fabricantes.
- El objeto de investigación puede dar como resultado un producto terminado de alta calidad.

#### **1.4 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS**

El diseño, dimensionamiento e implementación de una estación didáctica de presionado con músculo neumático, fortalecerá el proceso de aprendizaje en sistemas de automatización industrial a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales.

## **CAPÍTULO II**

### **2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **2.1 SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

Es el conjunto de métodos y procedimientos para el reemplazo del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas, aplicando la automática al control de procesos industriales.

Por proceso, se entiende aquella parte del sistema en que, a partir de la entrada de material, energía e información, se genera una transformación sujeta a perturbaciones del entorno, que permite transformar el material en un producto. Los procesos industriales se conocen como procesos continuos, procesos discretos y procesos batch<sup>2</sup>.

Los procesos continuos se caracterizan por la salida del proceso en forma de flujo continuo de material, como por ejemplo un sistema de calefacción.

Los procesos discretos contemplan la salida del proceso en forma de unidades o número finito de piezas, siendo el ejemplo más relevante el ensamblado de autos.

---

<sup>2</sup> Batch: Sistema por lotes

Finalmente, los procesos batch son aquellos en los que la salida del proceso se lleva a cabo en forma de cantidades o lotes de material, como por ejemplo plantas productoras de cerveza, acero o productos farmacéuticos.

En relación a la expresión control de procesos industriales, ésta comprende, desde un punto de vista académico, la teoría de control básica de realimentación y acción PID, la instrumentación de control (sensores, actuadores, dispositivos electrónicos, etc.), la aplicación a procesos industriales (por ejemplo, en una refinería), las diversas arquitecturas de control (centralizado, distribuido), las estructuras de control (feedback, feedforward, cascada, etc.) y la teoría de control avanzada (control predictivo, control multivariable, etc.).

## **2.2 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MODULAR (MPS)**

Es una área determinada (14), de trabajo donde se manufactura un producto, se trabaja en equipo con flujo continuo, procesando pieza por pieza en los distintos módulos de producción, hasta su empaque final.

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

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

- Manejo de nuevos dispositivos de control
- Aprendizaje en sistemas de visualización

### **2.2.1 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MODULAR PROLOG FACTORY**

Es un sistema (12), para quienes conceden especial importancia a la formación realista en Logística, técnicas de Comunicación, Mecatrónica, técnicas de automatización, Robótica e Ingeniería Industrial.

Los procesos y el flujo de materiales de la instalación de formación ProLog Factory<sup>3</sup> representan la producción real incluyendo la logística y el envío de los productos intermedios, almacenes para las piezas en bruto y un almacén automático para los productos individuales.

#### **Línea de producción**

Los productos se fabrican en la línea de producción. En las estaciones individuales se proporcionan las piezas en bruto. El sistema comprueba, mecaniza y monta las piezas en bruto para convertirlas en productos. En el almacén de estanterías altas se guardan temporalmente las piezas acabadas hasta que vuelven a utilizarse.

#### **Estación de preparación de envíos**

En la estación de preparación de envíos se compilan los pedidos. Un robot industrial de brazo articulado prepara el envío en palets<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> ProLog Factory : Plataforma didáctica de productos de Festo Didactic.

<sup>4</sup> Palets: Armazón de madera, plástico u otros materiales empleado en el movimiento de carga

## **Área logística**

El área logística sirve de almacén intermedio en palets hasta la distribución de los pedidos.

## **Robots móviles autónomos**

Los robots móviles tienen cada vez mayor importancia en la producción automatizada. En la instalación de formación ProLog es posible experimentar y practicar esta nueva tendencia de forma realista.

Los robots móviles disponen de una horquilla telescópica y funcionan como carretillas elevadoras para alcanzar todas las posiciones en el almacén.

## **Robótica**

La célula completa contiene una aplicación con tareas de manipulación y de paletización. El robot dispone de una pinza neumática. Los diferentes módulos automatizados están conectados entre sí en la célula y conforman un entorno didáctico típico de robotización. Opcionalmente, la célula puede dotarse de diferentes robots de 6 ejes.

## **Mecatrónica**

Las estaciones MPS de la instalación de formación ProLog incluyen:

- Todo lo necesario para la formación en materia de PLC
- Una gran selección de diferentes componentes de manipulación
- Técnica de vacío

- Técnica de sensores
- Técnica del accionamiento

### **Motivación para investigar y aprender**

Además de trabajar en competencias profesionales, con ProLog Factory se practican también las habilidades relacionadas de forma realista:

- Capacidad de trabajo en equipo
- Capacidad de cooperación
- Capacidad de aprendizaje
- Independencia
- Capacidad de organización

Las herramientas de programación y de simulación Robotino View<sup>5</sup>, Robotino SIM<sup>6</sup> y CIROS Robotics<sup>7</sup> incrementan el éxito en los estudios y la eficiencia didáctica de la instalación de formación.

### **HMI y técnica de comunicación**

En la ProLog Factory se ponen en práctica principios de integración en red y de comunicación muy diferentes.

La aplicación SCADA incluye:

- Visualización del estado del sistema completo y de las estaciones individuales
- Comunicación con las estaciones

---

<sup>5</sup> Robotino View: Entorno de programación gráfico intuitivo de Robotino.

<sup>6</sup> Robotino SIM: Software de Windows que permite elaborar simulaciones 3D de Robotino

<sup>7</sup> CIROS Robotics: Es un entorno virtual de aprendizaje de robótica.

- Mensajes de alarma
- Historiales de alarma
- Control de sistema
- Adquisición de datos
- Entrada de pedidos
- Aplicación de la base de datos
- Gestión de pedido

## **2.3 EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL.**

### **2.3.1 EVOLUCIÓN**

El Control Automático según Dorf (1), ha tenido un rápido desarrollo en los últimos años. Aproximadamente, en el año 300 antes de Cristo, los griegos empezaron a tener la necesidad de medir empíricamente el tiempo, continuando en etapas tan importantes como lo fueron la Revolución Industrial y las Guerras Mundiales.

Cuando la máquina de vapor fue inventada y se dio inicio a la Revolución Industrial, se inició paralelamente la necesidad de realizar un sistema de control para poder manipular los diferentes parámetros de esta máquina. Un ejemplo de esto fue el desarrollo del regulador de presión con el fin de controlar este parámetro en el sistema.

Tanto en la Primera como en la Segunda Guerra Mundial, la necesidad de implementar diferentes controles para barcos, aviones y demás, motivó y, a su vez, provocó que diferentes personas se vieran involucradas en el desarrollo de los mismos, dándose en estas etapas un gran aporte al desarrollo del Control Automático.

Con el advenimiento de la era espacial, se dio otro nuevo impulso a la ingeniería de control. Fue necesario diseñar sistemas de control complejos y altamente precisos para proyectiles y sondas espaciales. Además, la necesidad de minimizar el peso de los satélites y de controlarlos con gran precisión ha estimulado el importante campo del control óptimo. Recientes teorías de control óptimo desarrolladas por L. S. Pontryagin en Rusia y R. Bellman en Estados Unidos, así como estudios actuales en sistemas robustos, han contribuido al interés en los métodos en el dominio del tiempo. Hoy en día, resulta evidente que la ingeniería de control debe considerar simultáneamente tanto el dominio-tiempo como el dominio-frecuencia, el análisis y diseño de sistemas de control. (Ver Tabla II- I)

### **2.3.2 EVOLUCIÓN FUTURA DE LOS SISTEMAS DE CONTROL**

El objetivo continuado de los sistemas de control según Dorf (1), es proporcionar una gran flexibilidad y un elevado nivel de autonomía. Dos conceptos de sistemas se aproximan a este objetivo por diferentes caminos de evolución, tal como se muestra en la Figura II-1. Los robots industriales actualmente tienen características bastante autónomas, debido a sus limitaciones sensoriales, estos sistemas robóticos tienen una flexibilidad limitada para adaptarse a cambios en el entorno de trabajo que es la motivación de la investigación de visión por computador.

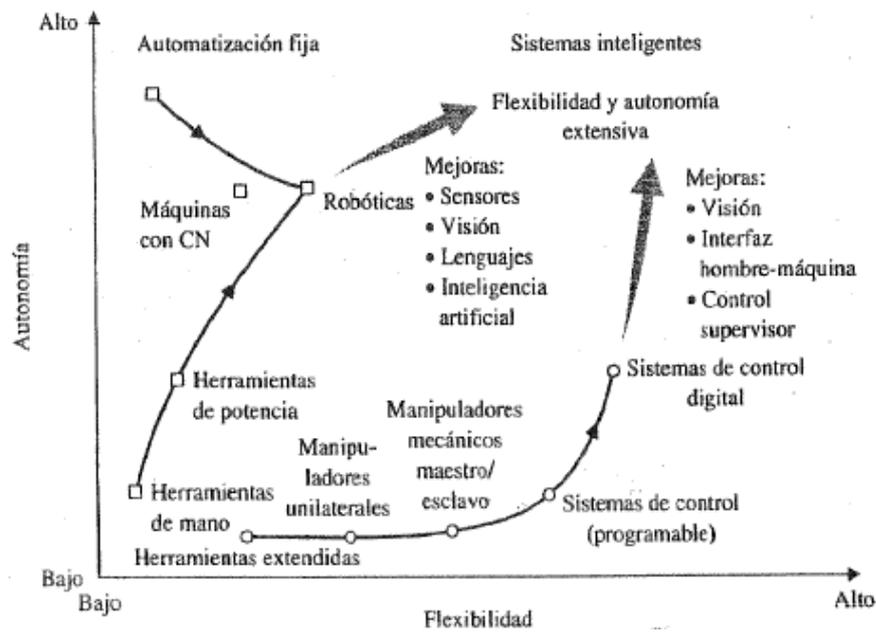
El sistema de control es muy adaptable, pero aun interviene la supervisión humana. Los sistemas robóticos están intentando conseguir la adaptabilidad a sus tareas a través de una realimentación sensorial mejorada. Las áreas de investigación se concentran en inteligencia artificial, integración sensorial, visión por computador y programación CAD/CAM fuera de línea que harán los sistemas más universales y económicos.

Siglo XVI	Inglaterra - Sistema de lazo cerrado para mantener los molinos
1769	Máquina de vapor y controlador desarrollado por James Watt. La máquina de vapor se utiliza frecuentemente para marcar el comienzo de
1800	El concepto de Eli Whitney de fabricación de piezas intercambiables se demostró en la producción de fusiles. El desarrollo de Whitney se
1868	J. C. Maxwell formula un modelo matemático para el controlador de la máquina de vapor.
1913	Introducción de la máquina de ensamblaje mecanizado de Henry Ford para la producción de automóviles.
1927	H. W. Bode analiza los amplificadores realimentados.
1932	H. Nyquist desarrolla un método para analizar la estabilidad de sistemas.
1952	Control numérico (CN) desarrollado en el Massachusetts Institute of Technology para el control de ejes de máquinas de herramientas.
1954	George Devol desarrolla el concepto de Tránsito de artículos programados considerado como el primer diseño de robot industrial.
1960	Primer Robot Unimate, basados en los diseños de Devol. Unimate se instaló en 1961 para atender máquinas de fundición.
1968	Primer PLC.
1970	Desarrollados los modelos de variables de estado y control óptimo.
1980	Estudios amplios sobre el diseño de sistemas de control robusto.
1990	Empresas de fabricación orientadas a la exportación apuestan por la
1994	Uso generalizado de los sistemas de control con realimentación en los automóviles. En los procesos de fabricación se demandan sistemas fiables
1997	El primer vehículo de exploración autónoma, conocido como Sojourner.
1998 -2003	Avances en micro y nanotecnología. Se desarrollan el primer micro-máquina y nano-máquinas inteligentes.
2010 -2013	Desarrollo en líneas de sistemas híbridos, modelos estocásticos de control predictivo y oportunidades y retos en el tráfico aéreo.

**Tabla II- I Origen y evolución histórica**

**Fuente:** Dorf Richard; 2005

Los sistemas de control están avanzando hacia operaciones autónomas, como un perfeccionamiento al control humano. Muchas actividades de investigación son comunes en la robótica, automatización y a los sistemas de control y están orientados a reducir los costes de implementación y a ampliar el dominio de aplicación. Estos incluyen métodos de comunicación mejorados y lenguajes de programación avanzados así como también modernos y avanzados actuadores.



**Figura II- 1 Evolución futura de los sistemas de control**

**Fuente:** Dorf Richard; 2005

## 2.4 SISTEMAS Y TIPOS DE CONTROL

### 2.4.1 INTRODUCCIÓN

La ingeniería trata de comprender y controlar los materiales y fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad. El ingeniero en sistemas de control está interesado en el control de una parte de su medio, frecuentemente denominado sistema, con el fin de

proporcionar productos económicos útiles para a sociedad. Los objetivos de comprender y controlar son complementarios ya que, para poder controlar más efectivamente, se precisa que los sistemas sean entendidos y modelados. Además, la ingeniería de control con frecuencia debe controlar sistemas poco conocidos, como los procesos químicos. El desafío actual para los ingenieros de control es el modelado y control de sistemas interrelacionados modernos y complejos, tales como los sistemas de control de tráfico, procesos químicos, sistemas robóticos y sistemas de automatización industriales.

#### 2.4.2 COMPONENTES BÁSICOS DE UN SISTEMA DE CONTROL

Desde el punto de vista de la teoría de control, un sistema o proceso está formado según Kuo (3), por un conjunto de elementos relacionados entre sí que ofrecen señales de salida en función de señales o datos de entrada.

Los componentes básicos de un sistema de control se pueden describir mediante:

- Objetivos
- Elementos del sistema de control
- Resultados o salidas



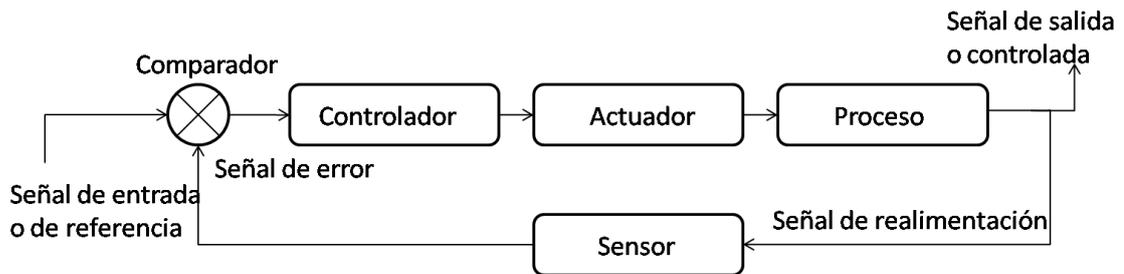
**Figura II- 2 Diagrama de un sistema de control**

**Fuente:** Los Autores

### 2.4.2.1 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL

Esquemáticamente, se puede representar cualquier sistema por medio de un diagrama de bloques, en el cual intervienen los siguientes elementos.

- Comparador
- Controlador
- Actuador
- Proceso
- Sensor



**Figura II- 3 Diagrama de boques de un sistema de control**

**Fuente:** Los Autores

### DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL

Comparador	Elemento que compara la señal de referencia proveniente del selector de referencia, con la señal realimentada de la salida.
Controlador	Es el elemento más importante de un sistema de control. Condiciona la acción del elemento “actuador”, en función del error obtenido. Su acción de control puede ser: proporcional (p), derivativa (d), integral (i), o una combinación de éstas tres ( PD,PI,PDI).

Actuador	Elemento final del sistema de control. Actúa directamente sobre el proceso ó sobre la salida
Proceso	Es el conjunto de elementos físicos o químicos susceptibles de ser controlados.
Sensor	Dispositivo (sensor) utilizado en el bloque de realimentación. Acondiciona la señal de salida para introducirla en el comparador.

**Tabla II- II Elementos de un sistema de control**

**Fuente:** Katsuhiko Ogata; 1998

### 2.4.3 VARIABLES DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

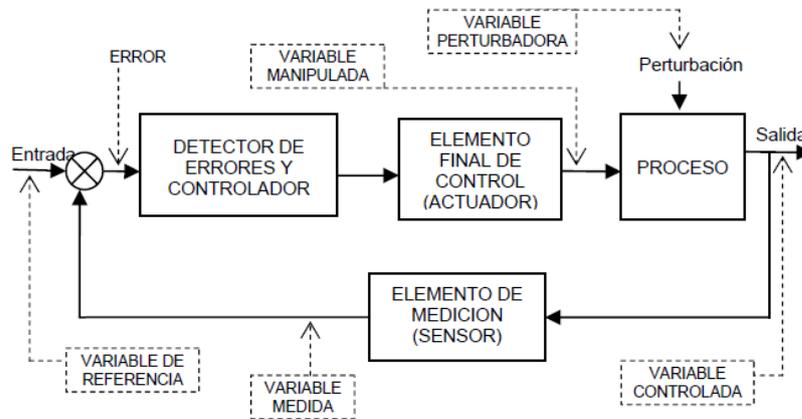
Son las magnitudes que se someten a control y que definen su comportamiento.

- **Variable de referencia:** Variables de excitación que influyen sobre el sistema desde el exterior. Pueden ser elegidas libremente.
- **Variable manipulada:** Magnitud o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada. Son las entradas del proceso.
- **Variable perturbadora:** Las perturbaciones son generalmente de desconocidas. Las más importantes son las aportaciones extras debidas a las lluvias y las extracciones ilegales. Normalmente, estas perturbaciones no se pueden medir, pero sus efectos sobre las variables medidas permiten detectar su presencia.
- **Variable controlada:** Es aquella que busca mantener constante la variable que controla, su valor debe tratar de ir igual con el set-point<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> Set-point: Valor al que se desea mantener una variable de proceso

- **Variable medida:** Es toda variable adicional, cuyo valor es necesario registrar y monitorear, pero que no es necesario controlar.



**Figura II- 4 Variables de un sistema de control**

**Fuente:** [http://www.uhu.es/prochem/wiki/index.php/H-\\_Equipos](http://www.uhu.es/prochem/wiki/index.php/H-_Equipos)

#### 2.4.4 CARACTERÍSTICA DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

Las características más importantes de un sistema de control son:

- Estabilidad
- Exactitud
- Velocidad de respuesta

##### **Estabilidad**

La condición de estabilidad es fundamental; todo sistema de control deberá ser estable para prestar alguna utilidad. La condición de estabilidad significa que, estando el sistema en un punto de equilibrio y sometido a la acción de una perturbación, o a una variación del valor de referencia, presentará una respuesta que tenderá a un nuevo estado de equilibrio. En cambio, un sistema inestable iniciará una oscilación de

amplitud creciente alrededor del valor de equilibrio, o se saturará en alguno de sus valores extremos.

Aun siendo estable, un sistema puede presentar un grado de estabilidad insuficiente. Esto significa que, para llegar a un nuevo punto de equilibrio, produce oscilaciones amortiguadas de excesiva duración antes de estabilizarse en los valores definitivos. La medición del grado de estabilidad de los sistemas tiene que ver con ciertas características de las ecuaciones diferenciales que describen su comportamiento, y existen técnicas que permiten variar el grado de estabilidad para obtener una respuesta satisfactoria.

### **Exactitud**

Implica mantener las variables controladas dentro de un cierto entorno tolerable alrededor de sus valores de referencia, en otras palabras, tener un error suficientemente pequeño para los fines a los que está destinado el sistema. La exactitud constituye un factor importante en la determinación de la proyección del costo de un sistema de control automático, y por lo tanto no debe pretenderse obtener más de lo necesario.

### **Velocidad de respuesta**

Similares consideraciones se aplican al diseño de la velocidad de respuesta de un sistema de control automático. La velocidad de respuesta indica la rapidez con que el sistema se adapta a nuevas condiciones de equilibrio, ya sea por perturbaciones o por que se varían los valores de referencia. Así, pues, si la exactitud nos indica una condición más bien estática, la velocidad de respuesta nos ilustra sobre la capacidad de adecuación dinámica del sistema a requisitos cambiantes. Sea cual fuere el origen de las variaciones (perturbaciones o modificación de los valores de referencia), el diseño del

sistema en lo que hace a su velocidad de respuesta se efectuará estimando la máxima velocidad de variación de las variables, y en base al máximo retardo tolerable en la respuesta.

#### **2.4.5 TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL**

Los sistemas de control se pueden clasificar según Kuo (2), en:

- **Sistemas de bucle o lazo abierto:** Son aquellos en los que la acción de control es independiente de la salida.
- **Sistemas de bucle o lazo cerrado:** Son aquellos en los que la acción de control depende en cierto modo, de la salida, convenientemente tratada, se realimenta introduciéndose de nuevo en el sistema como una entrada más.
- **Sistemas discretos:** Los sistemas discretos son aquellos que realizan el control cada cierto tiempo.

##### **2.4.5.1 SISTEMAS EN LAZO ABIERTO**

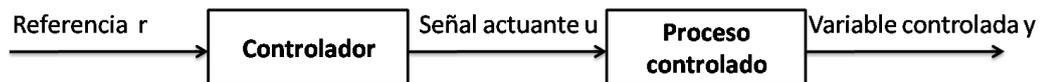
Los elementos de un sistema de control en Lazo abierto se pueden dividir según Kuo (2), en dos partes:

- El controlador
- Proceso controlado

Como se puede apreciar en la Figura II-5, una señal de entrada ( $r$ ) se aplica al controlador, cuya salida actúa como señal actuante ( $u$ ); la señal actuante controla el proceso, controlado de tal forma que la variable controlada se desempeñe de acuerdo con estándares preestablecidos.

En los casos más simples, el controlador puede ser un amplificador, unión mecánica, filtro, u otro elemento de control. En los casos más complejos, el controlador puede ser una computadora o un microprocesador.

Debido a la simplicidad y economía de los sistemas de control en lazo abierto, se les encuentra en muchas aplicaciones no críticas.



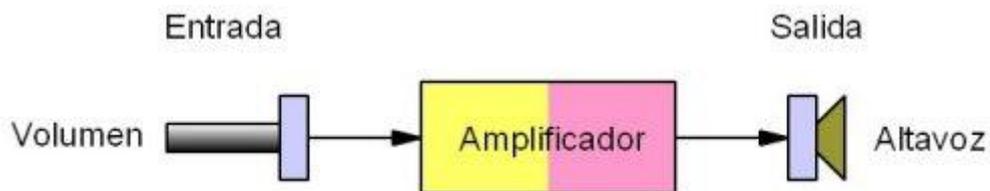
**Figura II- 5 Elementos de un sistema de control en lazo abierto**

**Fuente:** Los Autores

Estos sistemas se caracterizan por:

- Ser sencillos y de fácil concepto.
- Nada asegura su estabilidad ante una perturbación.
- La salida no se compara con la entrada.
- Ser afectado por las perturbaciones.
- Éstas pueden ser tangibles o intangibles.
- La precisión depende de la previa calibración del sistema.

### **Ejemplo de sistema de control en lazo abierto**



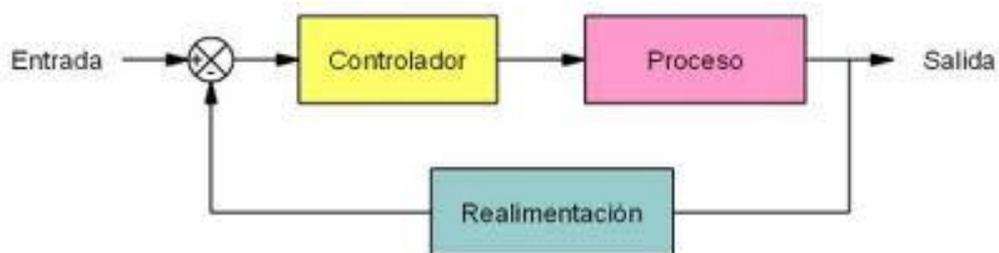
**Figura II- 6 Sistema de volumen**

**Fuente:** [http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web\\_robot\\_3/robot\\_indice.html](http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_robot_3/robot_indice.html)

### 2.4.5.2 SISTEMAS EN LAZO CERRADO

En este método interviene según Kuo (2), un sistema de realimentación que sirve para que el mismo sea más exacto y más adaptable. Para obtener un control más exacto, la señal controlada debe ser realimentada y comparada con la entrada de referencia, y se debe enviar una señal actuante proporcional a la diferencia de la entrada y salida a través del sistema para corregir el error. Un sistema con una o más trayectorias de realimentación como el que se acaba de describir se denomina sistema en lazo cerrado.

**Control realimentado** se refiere a una operación que, en presencia de perturbaciones, tiende a reducir la diferencia entre la salida de un sistema y alguna entrada de referencia y lo continúa haciendo con base en esta diferencia. A través de este control podemos manejar las perturbaciones impredecibles, dado que las perturbaciones predecibles o conocidas siempre pueden compensarse dentro del sistema.



**Figura II- 7 Sistema en lazo cerrado**

**Fuente:** [http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web\\_robot\\_3/robot\\_indice.html](http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_robot_3/robot_indice.html)

Sus características son:

- Ser complejos, pero amplios en cantidad de parámetros.
- La salida se compara con la entrada y le afecta para el control del sistema.
- Su propiedad de retroalimentación.

- Ser más estable a perturbaciones y variaciones internas.

### Ejemplo de un sistema de control en lazo cerrado

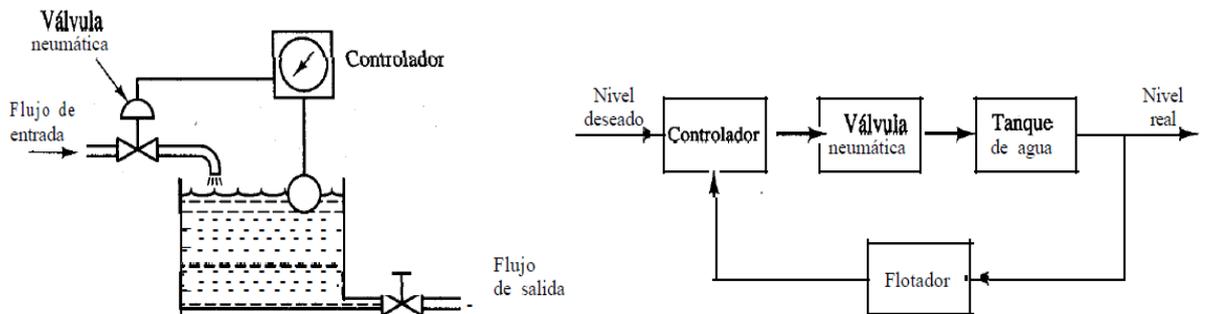


Figura II- 8 Sistema de control de nivel de líquido

Fuente: Katsuhiko Ogata; 1998

#### 2.4.5.3 SISTEMAS DISCRETOS

En la actualidad se utilizan sistemas digitales para el control, siendo el ordenador el más utilizado, por su fácil programación y versatilidad.

El control en los robots generalmente corresponde con sistemas discretos en lazo cerrado, realizado por computador.

El ordenador toma los datos de los sensores y activa los actuadores en intervalos lo más cortos posibles del orden de milisegundos.

#### 2.4.6 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

- **Causalidad:** Los sistemas de control se pueden clasificar atendiendo a diferentes propiedades.

Se dice que un sistema es causal si existe una relación de causalidad entre entradas y salidas. Los sistemas físicos existentes en la Naturaleza son siempre causales. Atendiendo a esta propiedad tenemos:

- Sistemas causales
- Sistemas no causales
- **Número de Variables:** Un sistema se denomina monovariante cuando tiene una única variable de entrada y una única variable de salida. En los demás casos se llama multivariante. Tenemos así :
  - Sistemas monovariantes
  - Sistemas multivariantes
- **Linealidad:** Según que las ecuaciones diferenciales sean lineales o no.
  - Sistemas lineales
  - Sistemas no lineales
- **Evolución en el tiempo**
  - **Sistemas de tiempo continuo:** Son aquellos en que las magnitudes se representan por funciones continuas de la variable real tiempo
  - **Sistemas de tiempo discreto:** En los sistemas de tiempo discreto las magnitudes solo pueden tomar un número finito de valores y son funciones de la variable discreta tiempo
  - **Sistemas de eventos discretos:** Llamados sistemas comandados por eventos (EDS) o sistemas reactivos, son los que están comandados esencialmente por señales eventuales. Esto es, no existe un período que marque las transiciones de las variables sino que estas evolucionan

únicamente cuando en el sistema suceden ciertos sucesos o eventos con ellas relacionados.

- **Invariancia de los parámetros**

- **Sistemas estacionarios:** Es aquel cuyos parámetros no varían con el tiempo. La respuesta de un sistema estacionario es independiente del instante de tiempo en el que se aplique la entrada y los coeficientes de la ecuación diferencial que rige el funcionamiento del sistema son constantes.
- **Sistemas no estacionarios:** Es el que tiene uno o más parámetros que varían con el tiempo. El instante de tiempo en que se aplica la entrada al sistema debe conocerse y los coeficientes de su ecuación diferencial dependen del tiempo.

- **Determinismo :** Según la evolución del sistema, si puede o no ser determinado con antelación:

- **Sistemas Estocásticos:** Cuando el sistema contiene variables aleatorias.
- **Sistemas Deterministas:** Cuando dentro de ciertos límites, su comportamiento futuro es predecible y repetible.

- **Localización de los parámetros**

- **Sistemas de parámetros concentrados:** Los parámetros están concentrados en puntos concretos del sistema.
- **Sistemas de parámetros distribuidos:** Los parámetros están distribuidos espacialmente.

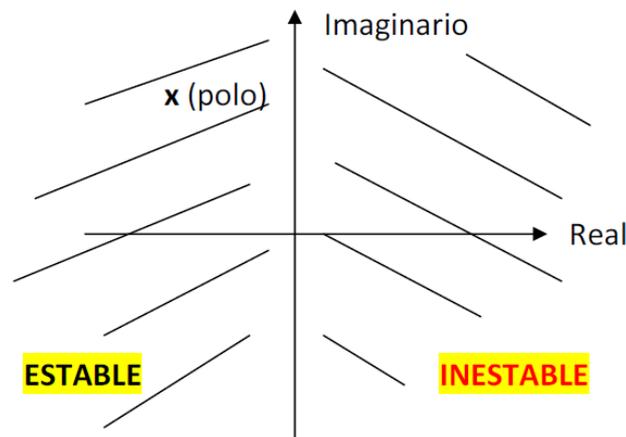
## 2.4.7 ESTABILIDAD

### 2.4.7.1 SISTEMA ESTABLE

La estabilidad de un sistema puede pensarse como una continuidad en su comportamiento dinámico. Si se presenta un cambio pequeño en las entradas o condiciones iniciales, un sistema estable presentara modificaciones pequeñas en su respuesta perturbada, en otras palabras es aquel que permanece en reposo a no ser que se excite por una fuente externa, en cuyo caso alcanzará de nuevo el reposo una vez que desaparezcan las excitaciones.

#### Condición de estabilidad

Para que el sistema sea estable, las raíces de su ecuación característica (sus polos) deben estar situadas en la parte negativa del plano complejo de Laplace<sup>9</sup>.



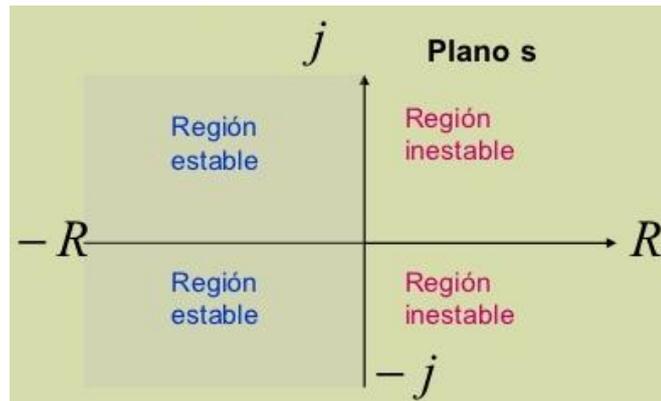
**Figura II- 9 Condición de estabilidad**

**Fuente:** Los Autores

### 2.4.7.2 SISTEMA INESTABLE

<sup>9</sup> Laplace : Ley física que relaciona el cambio de presiones en la superficie que separa dos fluidos de distinta naturaleza con las fuerzas de línea debidas a efectos moleculares

En un sistema inestable cualquier perturbación, por más pequeña que sea, llevará a los estados y/o salidas a crecer sin límite o hasta que el sistema se quemé, se desintegre o saturé, en otras palabras si alguno de los polos de la ecuación característica se encuentra en el semiplano derecho el sistema es inestable.



**Figura II- 10 Inestabilidad de un sistema**

**Fuente:** Los Autores

## **CAPÍTULO III**

### **3 ACTUADORES, ELEMENTOS DE MANDO Y SENSORES**

#### **3.1 MÚSCULO NEUMÁTICO**

##### **3.1.1 INTRODUCCIÓN**

El músculo neumático (8), "Fluidic Muscle" <sup>10</sup> es un actuador completamente neumático único en su género, desarrollado por Festo.

Los músculos biónicos constan fundamentalmente de un cilindro hueco de elastómero con fibras embutidas de aramida. Cuando se ingresa aire al músculo neumático, su diámetro aumenta y su longitud se contrae. Esto permite un movimiento fluido-elástico.

El músculo neumático es capaz de desarrollar movimientos similares a los que realiza el ser humano respecto a su cinética, velocidad, fuerza y precisión, es muy robusto, al no tener partes mecánicas móviles este no produce fricción externa.

---

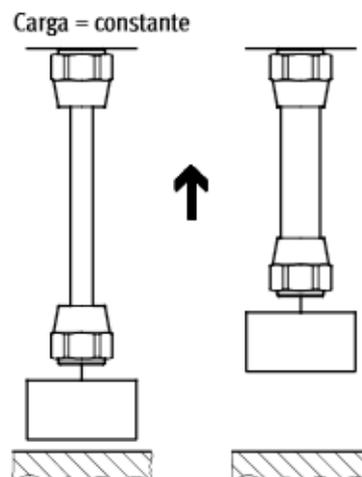
<sup>10</sup> Fluidic Muscle: Siglas en Ingles de músculo neumático

Se puede utilizar como actuador para diversas tareas y ofrece características determinantes en ciertas aplicaciones donde es necesario disponer de un actuador de gran fuerza y poca carrera, sin movimientos a tirones, de gran dinamismo, para uso en zonas polvorientas o sucias y de poco peso.

### 3.1.2 UTILIDAD Y VENTAJAS

La aplicación más sencilla consiste en utilizar el músculo neumático como actuador de tracción que tira de una carga. Si la carga en cuestión está sujeta de modo fijo al músculo, éste avanzará si está expandido y si no está sometido a presión. Este estado es óptimo considerando las propiedades técnicas del músculo, ya que si se aplica presión a un músculo que se encuentra en ese estado, su fuerza y capacidad dinámica son máximas, con lo que consume la menor cantidad de aire.

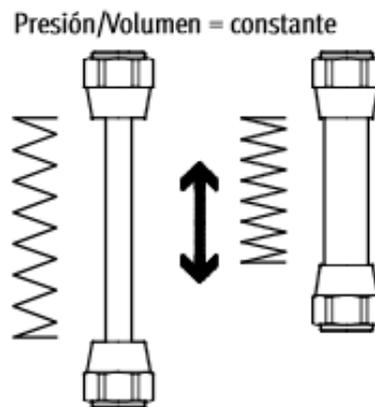
Además, en esa disposición también es máxima la carrera útil. Si se desea que el regreso de la carga a su estado original se realice rápidamente cuando el músculo se halla sin presión, es necesario generar una fuerza de retorno para devolver la carga a su posición original, lo cual significa que la fuerza disponible para mover la carga será menor



**Figura III- 1 Tracción del músculo neumático que tira una carga**

**Fuente:** <http://www.festo.com>

Aplicando una fuerza externa, el músculo se comporta como un muelle, es decir, el músculo cede ante la fuerza que se le aplica. El músculo neumático permite ajustar tanto la pre-tensión como la rigidez de este "muelle neumático". Actuando como muelle, es posible hacerlo funcionar con una presión o un volumen constantes. De esta manera se obtienen curvas características diferentes, lo que significa que es posible adaptar el muelle de modo óptimo a cada aplicación



**Figura III- 2 Tracción del músculo neumático como muelle**

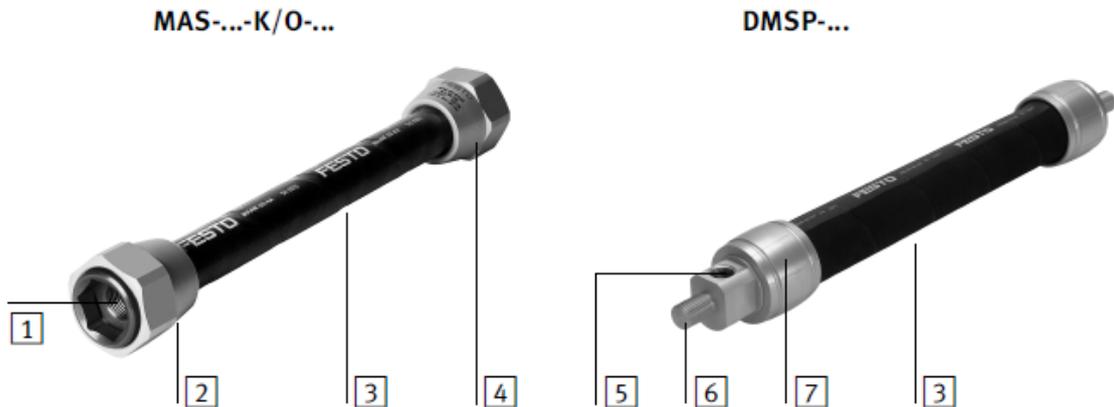
**Fuente:** <http://www.festo.com>

Las ventajas que distinguen al músculo neumático son:

- Fuerza inicial hasta 10 veces superior a la de un cilindro convencional del mismo diámetro
- Gran dinamismo, incluso con grandes cargas
- Sin partes mecánicas móviles en sentidos opuestos
- Sin tirones, también al ejecutar movimientos muy lentos
- Accionamiento sencillo mediante presión, sin detector de recorrido
- Separación entre el fluido de funcionamiento y la atmósfera
- Ideal para aplicaciones expuestas a polvo y suciedad

- Estructura robusta
- Sin fugas
- Buena relación entre el peso y el rendimiento
- Sin mantenimiento

**3.1.3 ELEMENTOS FUNCIONALES Y CONEXIONES**



**Figura III- 3 Tipos y accesorios del músculo neumático**

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

ASIGNACIÓN	CARACTERÍSTICA	MAS	DSMP
1	Rosca para adaptador de conexión (sólo con MAS-...-K/O-...) Con MAS-...-MO.. Abierto en ambos lados Con MAS-...-MC.. Cerrado en un lado	X	
2	Bloqueo por fricción dentro de la brida de conexión	X	
3	Membrana de contracción (tubo de fibra)	X	X
4	Brida de conexión con hexágono externo	X	
5	Rosca para la conexión de aire comprimido		X
6	Rosca de conexión		X
7	Brida de conexión con casquillo a presión		X

**Tabla III- III Elementos funcionales y conexiones**

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

### 3.1.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Tamaño	10	20	30
Modo de funcionamiento	De simple efecto, tracción		
Longitud nominal [mm]	40 ... 9000	60 ... 9000	120 ... 9000
Contracción máxima admisible	25% de la longitud nominal		
Estiramiento inicial máximo	3%	4%	5%
Fuerza teórica a la presión de funcionamiento máxima admisible	630 [N]	1500 [N]	6000 [N]
Presión de funcionamiento [bar]	0 ... 8	0 ... 6	0 ... 6

**Tabla III- IV Especificaciones técnicas del músculo neumático**

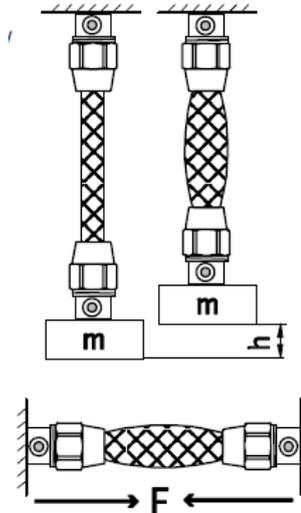
**Fuente:** <http://www.festo.com>

### 3.1.5 MÉTODO DE FUNCIONAMIENTO Y APLICACIÓN

Cuando se aplica aire comprimido, la membrana retráctil del músculo neumático tipo DMSP/MAS se expande en circunferencia. Con ello se produce una fuerza de tracción, así como un movimiento de contracción en sentido longitudinal. El DMSP/ MAS es un cilindro de simple efecto. El movimiento es transferido a la carga con ayuda de los elementos de conexión que se hallan atornillados en la rosca, según "Accesorios" (con DMSP el adaptador ya está montado). No hay limitación de fuerza integrada en la brida de conexión del MAS. Si la carga sobrepasa un cierto nivel, un sistema de seguridad descarga el exceso de aire.

El músculo neumático tipo DMSP/ MAS, está diseñado para:

- Elevación y descenso de cargas
- Transmisión de fuerzas (p. ej. fijación de dos placas)
- Utilización como muelle neumático.



**Figura III- 4 Funcionamiento y aplicación**

**Fuente:** <http://www.festo.com>

El DMSP/ MAS es sencillamente un actuador por tracción que no puede transmitir fuerzas de compresión y que carece de guía. La fuerza de tracción es la máxima al inicio de la contracción y cae casi linealmente al final de la carrera. La expansión en sentido radial no puede utilizarse, por ejemplo, para tareas de sujeción, ya que el rozamiento dañaría la superficie.

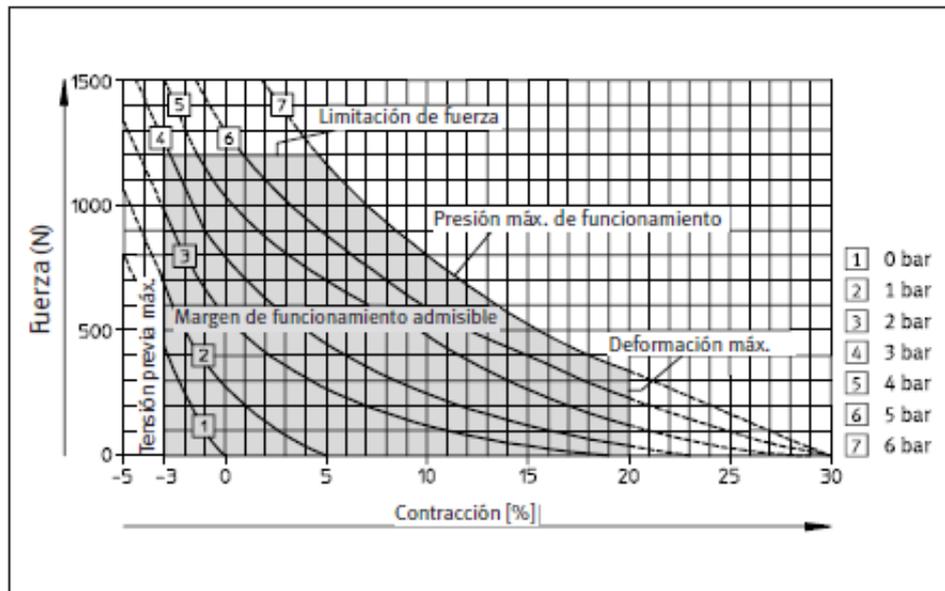
### 3.1.6 DIMENSIONAMIENTO

Se puede dimensionar el musculo neumático mediante el diagrama de fuerza-recorrido pero los diagramas sólo muestran músculos con longitud normalizada (longitud normalizada =10x diámetro interior), los factores que inciden en la relación

fuerza/recorrido (por ejemplo, propiedades del material, oscilaciones en el proceso de fabricación y longitudes nominales) no son considerados en estos diagramas. Por ello es posible que la fuerza teórica sea superior en hasta un diez por ciento. Las desviaciones pueden compensarse mediante la adaptación de la presión (hasta la presión de funcionamiento máxima admisible).

El margen de funcionamiento del músculo neumático se ve reflejado en el diagrama de fuerza y contracción, el margen de aplicación depende del diámetro y está determinado por los siguientes límites:

- Límite de la tensión previa máxima admisible (línea izquierda vertical)
- Límite de la fuerza máxima posible (línea superior horizontal)
- Límite de la presión de funcionamiento máxima (línea derecha descendente)
- Límite de la deformación máxima (línea derecha vertical)

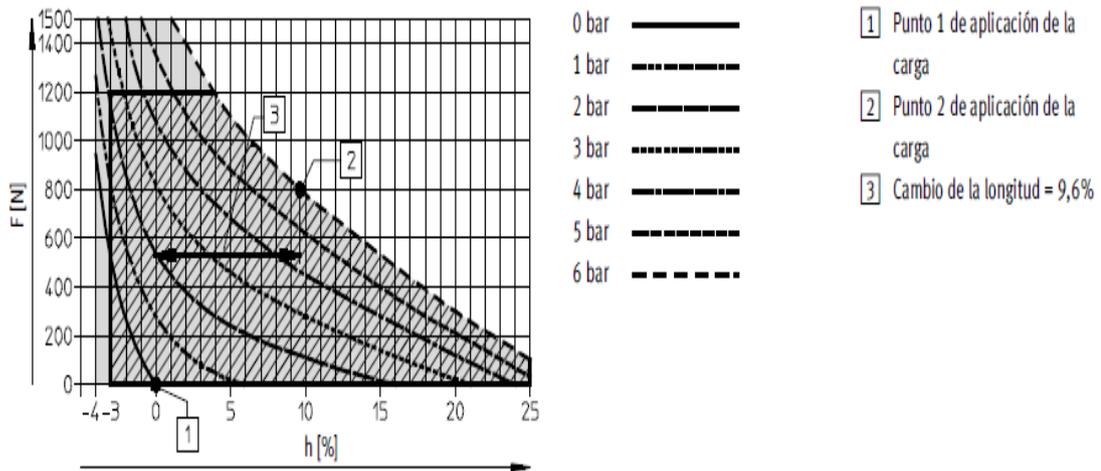


**Figura III- 5 Margen de funcionamiento del músculo neumático de 20mm de diámetro**

**Fuente:** <http://es.scribd.com/doc/97079046/El-musculo-neumatico-y-sus-aplicaciones>

Para seleccionar un músculo neumático debe tenerse en cuenta que los puntos de aplicación de la carga se encuentren dentro del margen de funcionamiento admisible.

La Figura III- 6 muestra el diagrama de fuerza-recorrido para la elevación de 100 mm de una carga constante de 80 Kg a 6 bares.



**Figura III- 6 Diagrama fuerza-recorrido**

**Fuente:** <http://www.festo.com>

Otra manera y recomendada de dimensionar el músculo neumático es utilizar el software MuscleSIM.

Para determinar la longitud del músculo neumático utilizando el software de simulación MuscleSIM se debe seguir los siguientes pasos:

- 1) Definir la aplicación. (Ver Figura III- 7 )
- 2) Seleccionar parámetros iniciales (Carga). (Ver Figura III- 8 )
- 3) Introducción de los parámetros del sistema. (Ver Figura III- 9)
- 4) Configuración y selección de accesorios

5) Lista de piezas. (Ver Figura III- 11)

### Defina la aplicación

Cargar proyecto  [Abrir proyecto memorizado...](#)

Temperatura ambiente 20° C

**Elija la aplicación** El músculo neumático puede utilizarse como actuador de tracción de simple efecto. En la modalidad de experto, adicionalmente como muelle neumático de tracción.

**Cálculo simplificado (recomendado)**

Actuador (dos estados)

**Elevar una carga partiendo de una superficie de apoyo**  
El acoplamiento sin esfuerzo es posible únicamente si la carga que se moverá descansa sobre una superficie fija. En ese estado, el músculo no está extendido ni contraído.





- Homepage
- Introducción
- Aplicación**
- Parámetros iniciales
- Simulación
- configuración
- Lista de piezas
- Guardar Imprimir

**Figura III- 8 Definición de la aplicación**

Fuente: MuscleSIM, Software

**Carga, caso simplificado**  
**Seleccionar parámetros iniciales**

↓ Calcular el resultado para:

**n - Longitud nominal de fábrica**

F - Fuerza necesaria

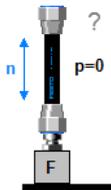
La longitud nominal es la longitud con la membrana sin carga ni presión, tal como viene de fábrica. La longitud total (longitud de montaje) es el resultado de la longitud nominal más sistema de fijación y accesorios.

Tener en cuenta que el músculo neumático, si está en el estado 1, NO está estirado, es decir que no está sometido a presión y no está expuesto a una carga.



- Homepage
- Introducción
- Aplicación
- Parámetros iniciales**
- Simulación
- configuración
- Lista de piezas
- Guardar Imprimir

**Estado 1**  
sin presión, sin carga



**Estado 2**  
contraído



**Figura III- 9 Definición de la carga**

Fuente: MuscleSIM, Software

### Introducir los parámetros Simulación del sistema

**Espacio longitudinal real para el montaje (incluyendo accesorios)**

Estado de suministro: 276 mm  
contraído: 248 mm  
30 mm

**Valores que pueden introducirse:** [Reponer](#)

Carrera deseada	30	mm
Presión ajustada	6	bar
Fuerza necesaria	500	N

**- Ø - Elija el diámetro del músculo**

La fuerza de tracción del músculo neumático dependen del diámetro interior. El MAS-20 puede generar una fuerza de tracción de hasta 1200 N (~120 kg).

10 mm - MAS 10 - N..

20 mm - MAS 20 - N..

40 mm - MAS 40 - N..

**Resultados de MAS-20-193N-AA-MC-O**

Longitud nominal de fábrica	192,6	mm
Consumo de aire por carrera	0,66	l
Grado de contracción	16 %	

Carga por encima del promedio en la membrana del músculo. Zona no rentable de trabajo del músculo, sin relación óptima entre la presión y la fuerza.

FESTO

- Homepage
- Introducción
- Aplicación
- Parámetros iniciales
- Simulación**
- configuración
- Lista de piezas
- Guardar Imprimir

**Figura III- 10 Introducción de parámetros del sistema**

Fuente: MuscleSIM, Software

### Configuración del músculo neumático Selección de accesorios

Adaptadores

- Sin Abierto -

Adaptadores    Accesorios

- Sin Cerrado -

**Código de identificación**

534202 MAS-20-193N-AA-MC-O

Ejecución con limitación de fuerza

**Tener en cuenta**

El músculo neumático es una unidad de tracción únicamente para fuerzas longitudinales. Desviaciones máximas admisibles:

a) ángulo de +/- 1° entre los ejes

b) desviación de paralelismo de 3,9 mm siendo 193 mm la longitud nominal

FESTO

- Homepage
- Introducción
- Aplicación
- Parámetros iniciales
- Simulación
- configuración**
- Lista de piezas
- Guardar Imprimir

**Figura III- 11 Selección de accesorios**

Fuente: MuscleSIM, Software

### Lista de piezas para incluir en el catálogo de productos

	Nº de art.	Tipo	Denominación	Longitud nomin	Cantidad
1	534202	MAS-20-193N-AA-MC-O	Músculo neumático	193 mm	1


[Homepage](#)
[Introducción](#)
[Aplicación](#)
[Parámetros  
iniciales](#)
[Simulación](#)
[configuración](#)
[Lista de piezas](#)
[Guardar Imprimir](#)

Exportar lista de piezas

▶ [Exportar lista de piezas como Archivo](#)

**Figura III- 12 Lista de piezas a utilizar**

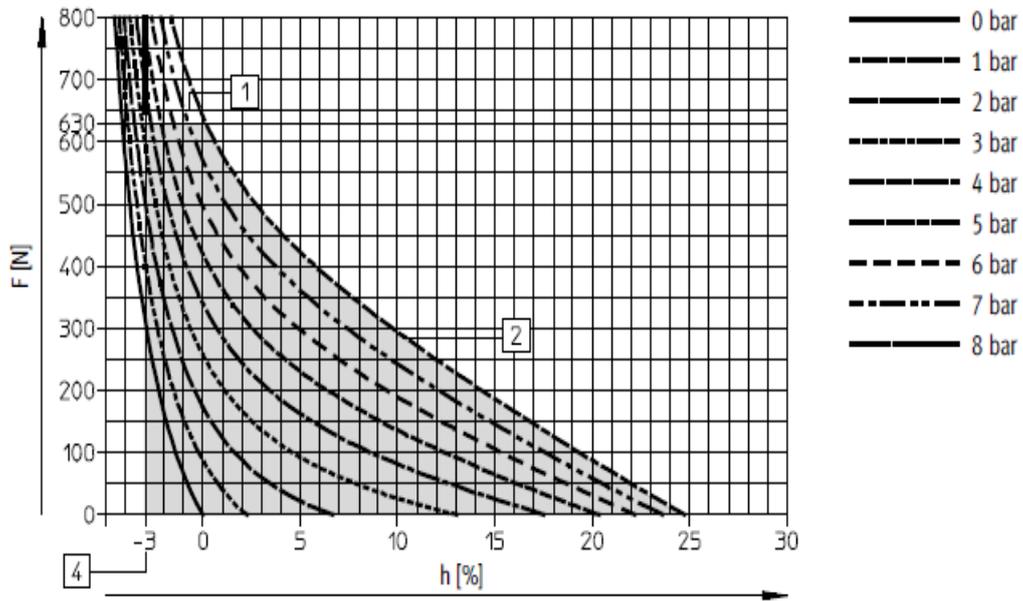
**Fuente:** MuscleSIM, Software

#### 3.1.7 CURVAS CARACTERÍSTICAS

Fuerza permitida  $F[N]$  en relación al factor de contracción  $h$  [% de la longitud nominal] longitud nominal (Es igual al margen visible de la membrana retráctil sin deformación).

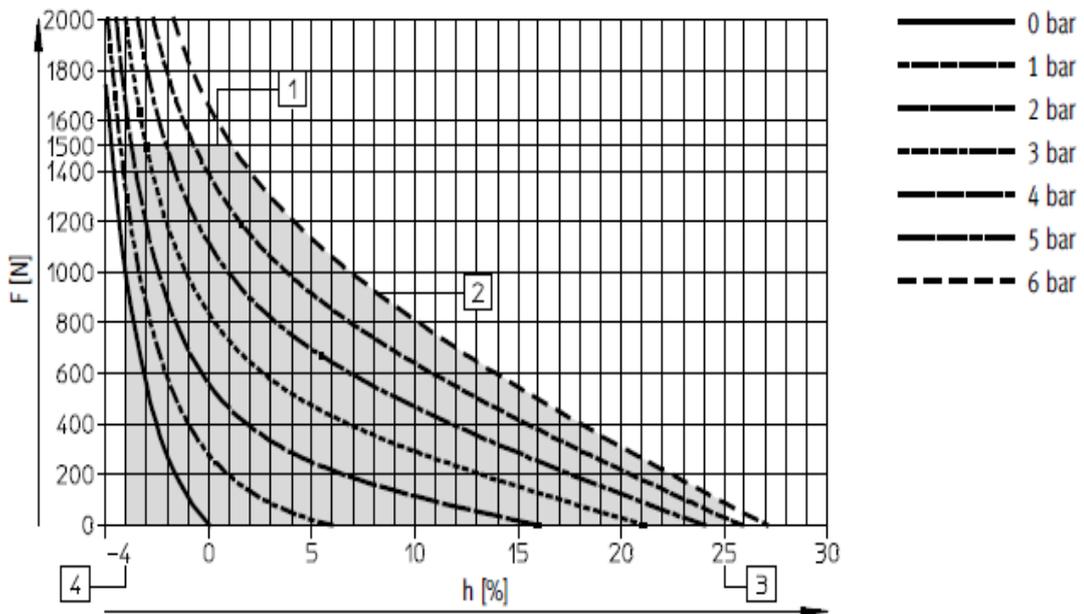
El valor real de la fuerza en función de la contracción, puede variar según las propiedades del producto. Estas son, por ejemplo, propiedades del material, fluctuaciones de fabricación a la longitud nominal. Pueden producir, por lo tanto, una desviación de la fuerza teórica de hasta un diez por ciento.

La desviación puede compensarse si la presión se adapta hasta la presión de funcionamiento máxima permitida. (Ver Figura III- 12 a Figura III- 14)



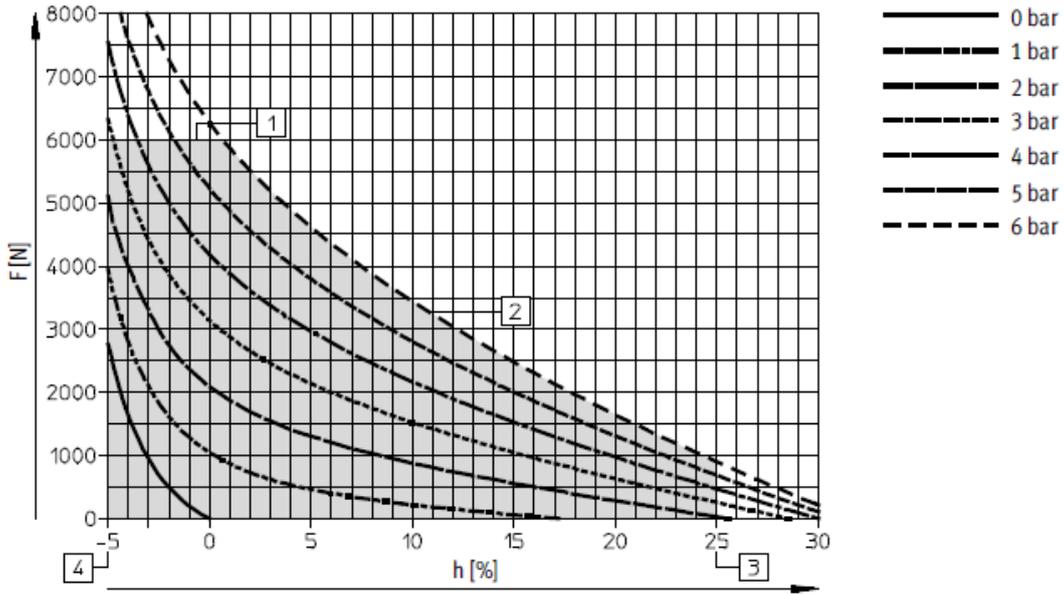
**Figura III- 13 Margen de funcionamiento DMSP-10-100N-...**

**Fuente:** [http://www.festo.com/cms/es\\_es/17652\\_17656.htm#id\\_17656](http://www.festo.com/cms/es_es/17652_17656.htm#id_17656)



**Figura III- 14 Margen de funcionamiento DMSP-20-200N-...**

**Fuente:** [http://www.festo.com/cms/es\\_es/17652\\_17656.htm#id\\_17656](http://www.festo.com/cms/es_es/17652_17656.htm#id_17656)



**Figura III- 15 Margen de funcionamiento DMSP-40-400N-...**

**Fuente:** [http://www.festo.com/cms/es\\_es/17652\\_17656.htm#id\\_17656](http://www.festo.com/cms/es_es/17652_17656.htm#id_17656)

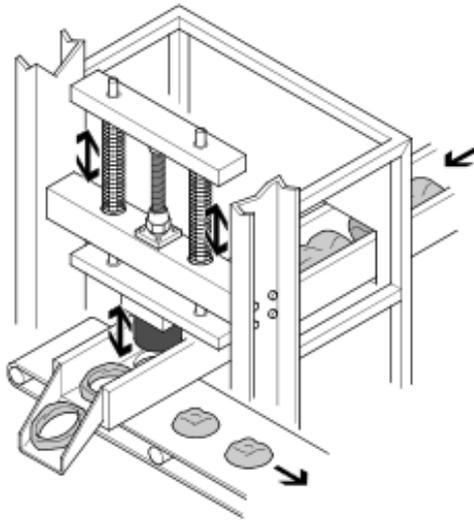
### 3.1.8 EJEMPLOS DE APLICACIONES

#### 3.1.8.1 FUERZA Y DINAMISMO

##### ACTUADOR DE UNA PUNZUNADORA

El músculo neumático funciona con ciclos muy cortos. Por un lado porque pesa muy poco, por otro lado porque no tiene partes móviles (por ejemplo, no tiene émbolo).

La estructura sencilla del músculo pretensado mediante dos muelles puede sustituir un complicado sistema de sujeción mediante palanca articulada con cilindros. De esta manera es posible aumentar la frecuencia de 3 a 5 Hz. Así se pueden ejecutar más de 10 millones de movimientos. (Ver Figura III- 15)

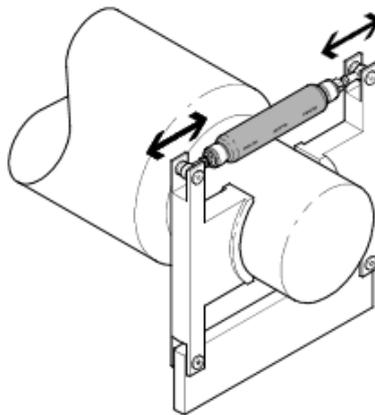


**Figura III- 16 Actuator de una punzadora**

**Fuente:** [http://xdki.festo.com/xdki/data/doc\\_ES/PDF/ES/DMSP-MAS\\_ES.PDF](http://xdki.festo.com/xdki/data/doc_ES/PDF/ES/DMSP-MAS_ES.PDF)

#### **SISTEMA DE PARADA DE EMERGENCIA DE RODILLOS**

El músculo neumático es la referencia en aplicaciones que exigen reacciones muy rápidas. La aplicación de parada de emergencia de rodillos exige reacciones rápidas y mucha fuerza. Con esta función es posible evitar tiempos prolongados de improductividad de las máquinas.

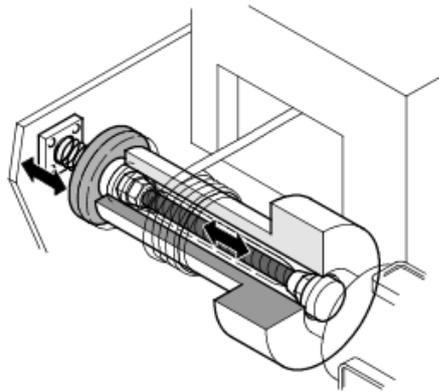


**Figura III- 17 Sistema de parada de emergencia de rodillos**

**Fuente:** [http://xdki.festo.com/xdki/data/doc\\_ES/PDF/ES/DMSP-MAS\\_ES.PDF](http://xdki.festo.com/xdki/data/doc_ES/PDF/ES/DMSP-MAS_ES.PDF)

## **FRENO EN UN EQUIPO DE REBOBINADO**

El músculo neumático ejecuta los movimientos sin fricción, por lo que es posible frenar suavemente el tambor. Ello significa que la operación de bobinado es extremadamente precisa ya que el movimiento es constante. El control está a cargo de una válvula proporcional, cuyas señales se regulan mediante detectores de la fuerza



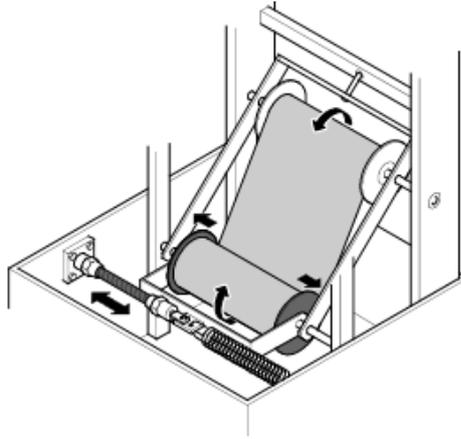
**Figura III- 18Freno en un equipo de rebobinado**

**Fuente:** [http://xdki.festo.com/xdki/data/doc\\_ES/PDF/ES/DMSP-MAS\\_ES.PDF](http://xdki.festo.com/xdki/data/doc_ES/PDF/ES/DMSP-MAS_ES.PDF)

### **3.1.8.2 MOVIMIENTOS SIN TIRONES**

#### **ALINEACIÓN DE UNA BOBINA EN PROCESOS DE ENROLLADO**

La tarea: enrollar de modo homogéneo papel, folios o productos textiles. Los requisitos: utilización de un actuador exento de fricciones y de respuesta inmediata. La solución: el músculo neumático. El tambor montado en un bastidor móvil se desplaza por acción de un músculo neumático apenas se detecta un error de alineación. De este modo, el canto del material siempre es exacto al 100%.



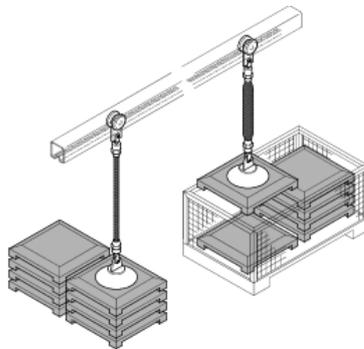
**Figura III- 19 Alineación de una bobina en procesos de enrollado**

**Fuente:** [http://xdki.festo.com/xdki/data/doc\\_ES/PDF/ES/DMSP-MAS\\_ES.PDF](http://xdki.festo.com/xdki/data/doc_ES/PDF/ES/DMSP-MAS_ES.PDF)

### 3.1.8.3 SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO SENCILLOS

#### SISTEMA ELEVADOR PARA LA MANIPULACIÓN DE BALDOSAS DE HORMIGÓN

Es muy sencillo avanzar hasta posiciones intermedias regulando la presión: con una válvula de palanca manual se aumenta o reduce la presión dentro del músculo neumático, con lo que las piezas pueden elevarse o descenderse hasta alturas indistintas. Con músculos de hasta 9 metros de largo es posible encontrar soluciones óptimas para muchas aplicaciones.

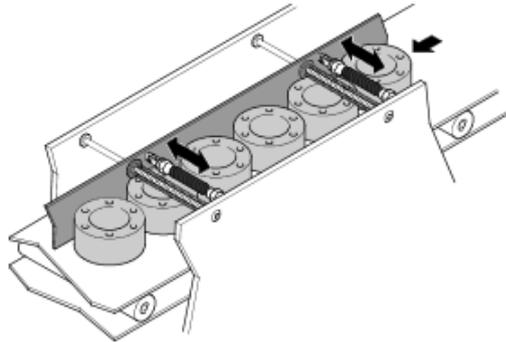


**Figura III- 20 Sistema elevador para la manipulación de baldosas de hormigón**

**Fuente:** [http://xdki.festo.com/xdki/data/doc\\_ES/PDF/ES/DMSP-MAS\\_ES.PDF](http://xdki.festo.com/xdki/data/doc_ES/PDF/ES/DMSP-MAS_ES.PDF)

### **AJUSTE DEL ANCHO EN CINTAS DE TRANSPORTE**

Tratándose de lotes pequeños, suele ser necesario adaptar las máquinas a piezas de tamaños diferentes. En los casos en los que es suficiente realizar un ajuste aproximado, el músculo neumático es la solución más apropiada y sencilla.



**Figura III- 21 Ajuste del ancho en cintas de transporte**

**Fuente:** [http://xdki.festo.com/xdki/data/doc\\_ES/PDF/ES/DMSP-MAS\\_ES.PDF](http://xdki.festo.com/xdki/data/doc_ES/PDF/ES/DMSP-MAS_ES.PDF)

### **3.1.8.4 ENTORNOS INDUSTRIALES DIFÍCILES**

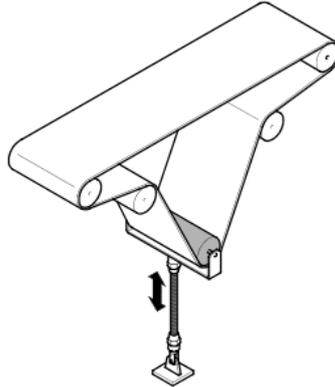
#### **TENSOR DE CINTAS DE TRANSPORTE**

En entornos polvorientos y sucios, el músculo neumático ofrece ventajas evidentes en comparación con actuadores convencionales. El músculo no tiene juntas que pueden desgastarse. El robusto músculo es muy resistente, apropiado, por ejemplo, para la difícil utilización en la industria del cemento. (Ver Figura III- 21)

#### **VIBRADOR PARA DESATASCAR UN DEPÓSITO DE ALIMENTACIÓN POR GRAVEDAD**

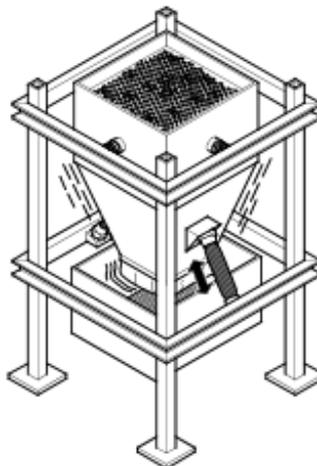
En depósitos o silos suelen surgir problemas porque se atascan las piezas. Con la ayuda del músculo neumático es posible conseguir que un vibrador neumático alcance una

frecuencia desde 10 hasta 90 Hz. De este modo las piezas avanzan de modo continuo y fiable. (Ver Figura III- 22)



**Figura III- 22 Tensor de cintas de transporte**

**Fuente:** [http://xdki.festo.com/xdki/data/doc\\_ES/PDF/ES/DMSP-MAS\\_ES.PDF](http://xdki.festo.com/xdki/data/doc_ES/PDF/ES/DMSP-MAS_ES.PDF)



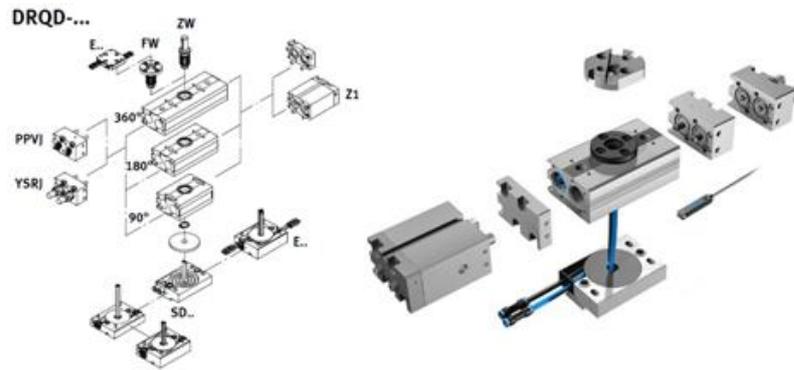
**Figura III- 23 Vibrador para desatascar un depósito de alimentación por gravedad**

**Fuente:** [http://xdki.festo.com/xdki/data/doc\\_ES/PDF/ES/DMSP-MAS\\_ES.PDF](http://xdki.festo.com/xdki/data/doc_ES/PDF/ES/DMSP-MAS_ES.PDF)

## 3.2 ACTUADOR GIRATORIO DRQD

### 3.2.1 INTRODUCCIÓN

El diseño modular de DRQD (5), de accionamiento giratorio, se compone de módulos individuales que se pueden combinar entre sí. La variante particular puede ser identificado por la designación en la placa de características.



**Figura III- 24 Diferentes módulos de un actuador giratorio**

**Fuente:** [http://www.festo.com/cat/es\\_es/data/doc\\_es/PDF/ES/DRQD-B\\_ES.PDF](http://www.festo.com/cat/es_es/data/doc_es/PDF/ES/DRQD-B_ES.PDF)

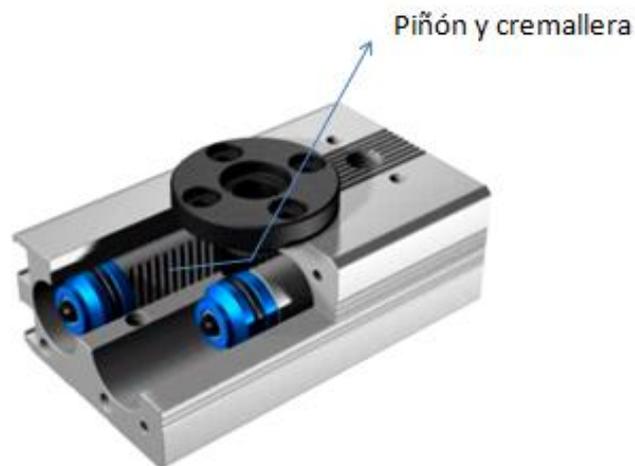
## CARACTERÍSTICAS

- Sistema de piñón y cremallera
- Gran precisión
- Gran rigidez
- Mayor velocidad sin holguras
- Diámetro del émbolo 6 ... 50 mm
- Diámetro de giro 0, 16 ... 50 mm
- Ángulo de giro 0 ... 360°
- Conexiones definidas
- Ajuste de posiciones finales -60° ...+6°
- Ajuste de posiciones finales con amortiguación final P1J -320° ... +6°

- Conexión de aire comprimido en un solo lado
- Montaje variable
- Ideal para tareas de manipulación

### 3.2.2 FUNCIONAMIENTO Y APLICACIÓN

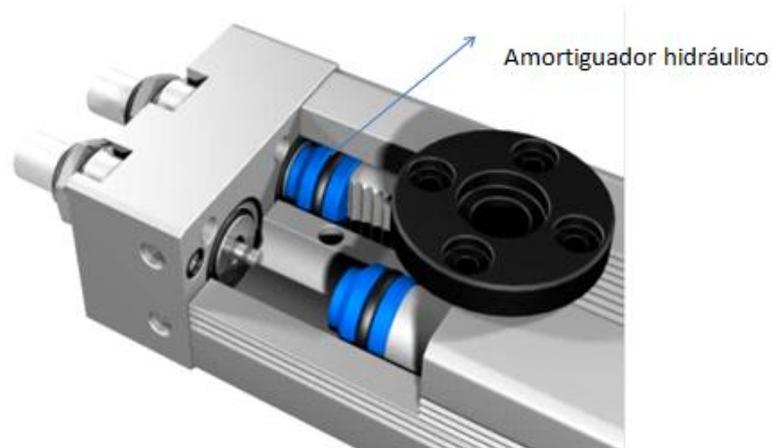
El actuador DRQD es un motor rotativo de doble pistón de doble efecto. Cuando se aplica aire comprimido alternativamente a una conexión y luego hacia la otra, los dos pistones se mueven en paralelo hasta llegar hacia atrás y hacia adelante en direcciones opuestas entre sí. El movimiento lineal se convierte en un movimiento de rotación por medio de un piñón y se transfiere al eje de accionamiento.



**Figura III- 25 Piñón y cremallera del DRQD**

**Fuente:** [http://www.festo.com/animationen/DRQD\\_en/](http://www.festo.com/animationen/DRQD_en/)

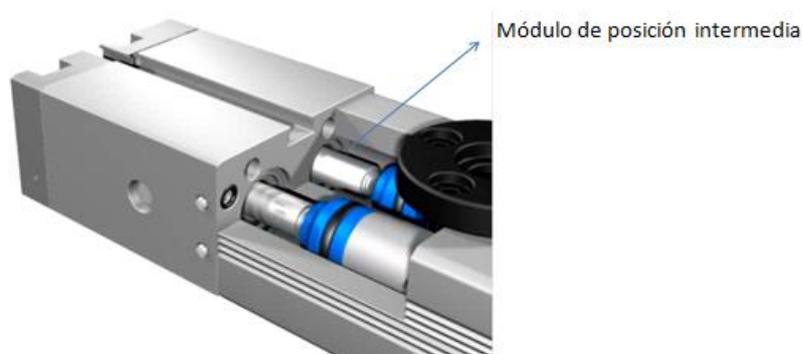
Al final de la posición el DRQD tiene una amortiguación que se lleva a cabo neumáticamente, posee amortiguadores hidráulicos con ajuste en las posiciones finales



**Figura III- 26 Amortiguador hidráulico del QRQD**

**Fuente:** [http://www.festo.com/animationen/DRQD\\_en/](http://www.festo.com/animationen/DRQD_en/)

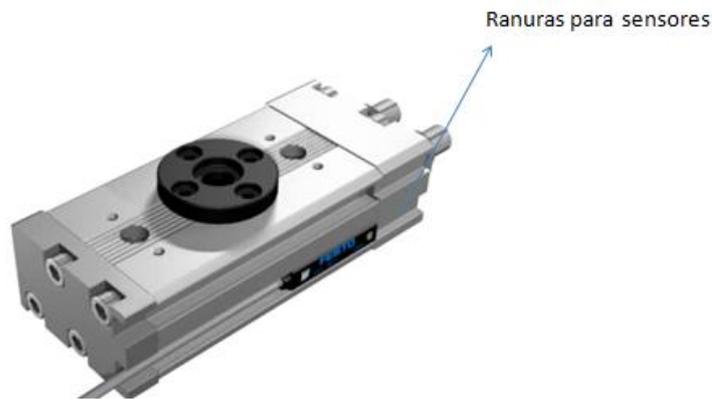
El accionamiento de giro con el módulo de posición intermedia DRQD, permite que el eje del accionador pueda ser colocado en posición intermedia entre las posiciones finales.



**Figura III- 27 Modulo de posición intermedia del QRQD**

**Fuente:** [http://www.festo.com/animationen/DRQD\\_en/](http://www.festo.com/animationen/DRQD_en/)

El controlador giratorio está diseñado para girar o girar una carga de trabajo que debe realizar un movimiento angular definido. A su vez cuenta con ranuras propias en el dispositivo para sensores que permitan controlar la posición deseada.

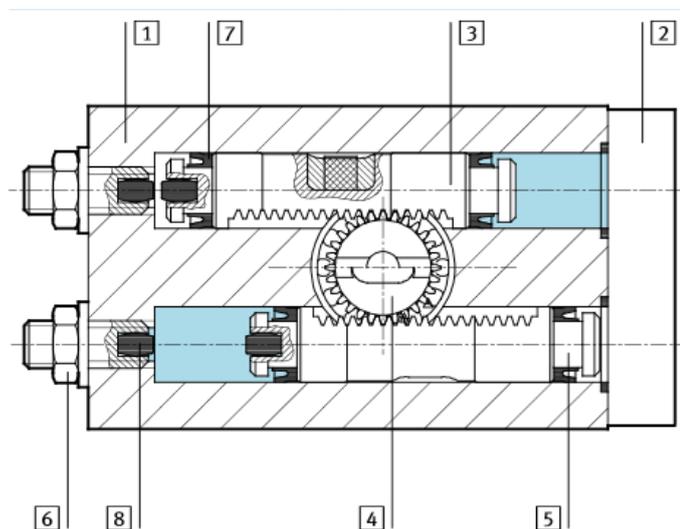


**Figura III- 28 Ranura para sensores**

**Fuente:** [http://www.festo.com/animationen/DRQD\\_en/](http://www.festo.com/animationen/DRQD_en/)

Es muy utilizado en tareas de manipulación y montaje en ingeniería mecánica y técnicas de fabricación, también en pequeños tamaños para el uso en la industria electrónica y técnica médica.

### 3.2.3 ELEMENTOS INTERNOS DEL ACTUADOR GIRATORIO



**Figura III- 29 Características y vista de sección del actuador QRQD**

**Fuente:** [http://www.festo.com/cat/es\\_es/data/doc\\_es/PDF/ES/DRQD-B\\_ES](http://www.festo.com/cat/es_es/data/doc_es/PDF/ES/DRQD-B_ES)

- 1) Camisa del cilindro (Parte central)

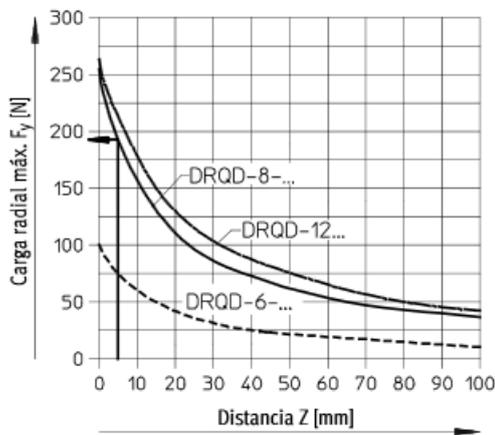
- 2) Culata lado amortiguación
- 3) Cremallera
- 4) Acoplamientos
- 5) Émbolo
- 6) Perno roscado, tuercas hexagonales
- 7) Segmento
- 8) Topes para la amortiguación en las posiciones finales

### 3.2.4 CURVAS CARACTERÍSTICAS

#### Carga radial estática máxima admisible

##### Diagrama 1

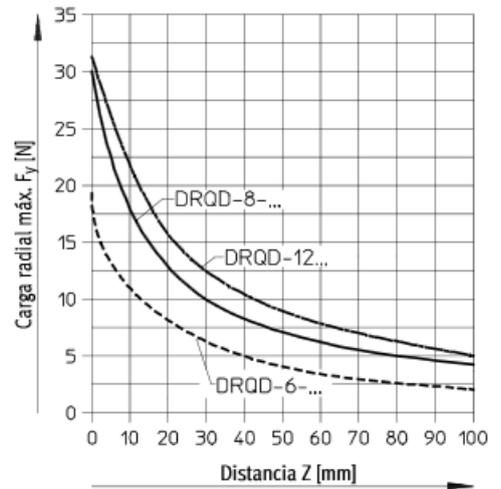
$$F_{Y, \text{máx. (estática)}} = f(z)$$



#### Carga radial dinámica máxima admisible

##### Diagrama 2

$$F_{Y, \text{máx. (dinámica)}} = f(z)$$



**Figura III- 30** Curvas características del actuador QRQD

Fuente: [http://www.festo.com/cat/es\\_es/data/doc\\_es/PDF/ES/DRQD-B\\_ES.PDF](http://www.festo.com/cat/es_es/data/doc_es/PDF/ES/DRQD-B_ES.PDF)

## 3.3 ACTUADOR LINEAL DGO

### 3.3.1 INTRODUCCIÓN

Los cilindros neumáticos (4), son unidades que transforman la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o en fuerzas prensoras. Básicamente consisten en un recipiente cilíndrico provisto de un émbolo o pistón. Al introducir un determinado caudal de aire comprimido, éste se expande dentro de la cámara y provoca un desplazamiento lineal. Si se acopla al embolo un vástago rígido, este Mecanismo es capaz de empujar algún elemento, o simplemente sujetarlo. La fuerza de empuje es proporcional a la presión del aire y a la superficie del pistón.

### 3.3.2 CONSUMO DE AIRE EN CILINDROS

El cálculo del consumo de aire en cilindros neumáticos es muy importante cuando se requiere conocer la capacidad del compresor necesario para abastecer a la demanda de una instalación. Puede calcularse con la siguiente fórmula, o mediante el ábaco adjunto:

$$Q = (\pi / 4) \cdot d^2 \cdot c \cdot n \cdot P \cdot N \cdot 10^{-6}$$

dónde: Q = Consumo de aire (NI/min)

d = Diámetro del cilindro (mm)

c = Carrera del cilindro (mm)

n = Número de ciclos completos por minuto

P = Presión absoluta=Presión relativa de trabajo + 1 bar

N = Número de efectos del cilindro

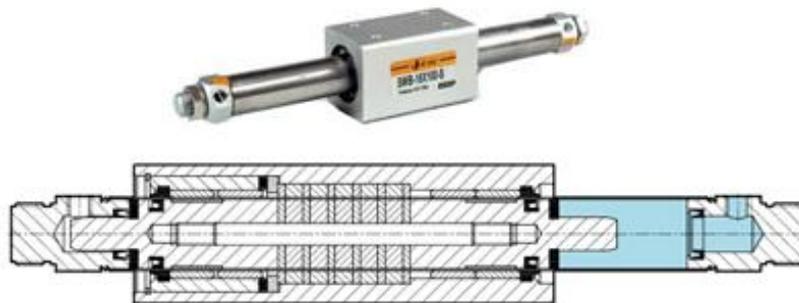
(N=1 para simple efecto, N=2 para doble efecto)

### 3.3.3 FUNCIONAMIENTO DEL ACTUADOR LINEAL DGO

Al aplicar alternativamente aire comprimido a las conexiones del cilindro el pistón transmite el movimiento a la carga a través de un carro acoplado mecánicamente al pistón mediante un exclusivo sistema patentado. Un sistema de cintas garantiza un doble sellado y evita el ingreso de impurezas al interior del cilindro. Variantes constructivas de éste incluyen guías externas de diversos tipos.

#### TECNOLOGÍA

El movimiento (15), se transmite al cursor exterior de modo directo a través del acoplamiento magnético. En consecuencia, la unidad no dispone de vástago. Este actuador es más corto que los cilindros neumáticos convencionales. La cámara del cilindro es hermética ya que No existe una conexión mecánica con el cursor. Por ello no se producen fugas.



**Figura III- 31 Vista en sección y completa del cilindro neumático DGO**

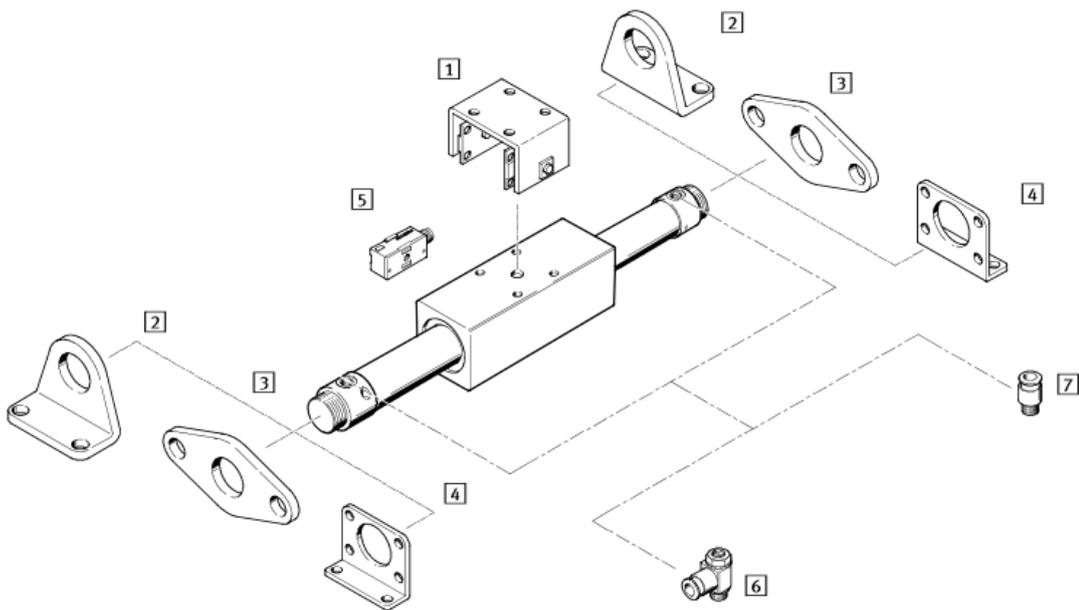
**Fuente:** [http://www.festo.com/cat/es\\_es/data/doc\\_es/PDF/ES/DGO\\_ES.PDF](http://www.festo.com/cat/es_es/data/doc_es/PDF/ES/DGO_ES.PDF)

#### CARACTERÍSTICAS

- De doble efecto

- Transmisión magnética de la fuerza sin conexión mecánica
- La cámara del lado del émbolo es hermética con respecto al cursor exterior
- Sistema hermético y sin fugas
- Sin penetración de suciedad o polvo
- Montaje en espacios reducidos para carreras largas
- Para la detección de posiciones sin contacto
- Con regulación de la amortiguación en ambos lados (no con émbolo de 12 mm de diámetro)

### CUADRO GENERAL DE PERIFÉRICOS



**Figura III- 32 Montaje del cilindro neumático DGO**

**Fuente:** [http://www.festo.com/cat/es\\_es/data/doc\\_es/PDF/ES/DGO\\_ES.PDF](http://www.festo.com/cat/es_es/data/doc_es/PDF/ES/DGO_ES.PDF)

- 1) Arrastrador
- 2) Pie de fijación
- 3) Fijación por brida para diámetros de 12 ... 25 mm

- 4) fijación por brida para diámetros de 32 ... 40 mm
- 5) Detectores de posición
- 6) Válvula de estrangulamiento y anti retorno
- 7) Racor rápido roscado

### 3.3.4 CURVAS CARACTERÍSTICAS DE DIFERENTES MODELOS

Fijación de la carga a desplazar:

- Coloque la carga de forma que el par de giro de la fuerza  $F_{ax}$  paralela al eje de movimiento y el brazo de palanca "a" sean bajos
- Observe los valores máximos para la fuerza radial  $F_{rad}$ .

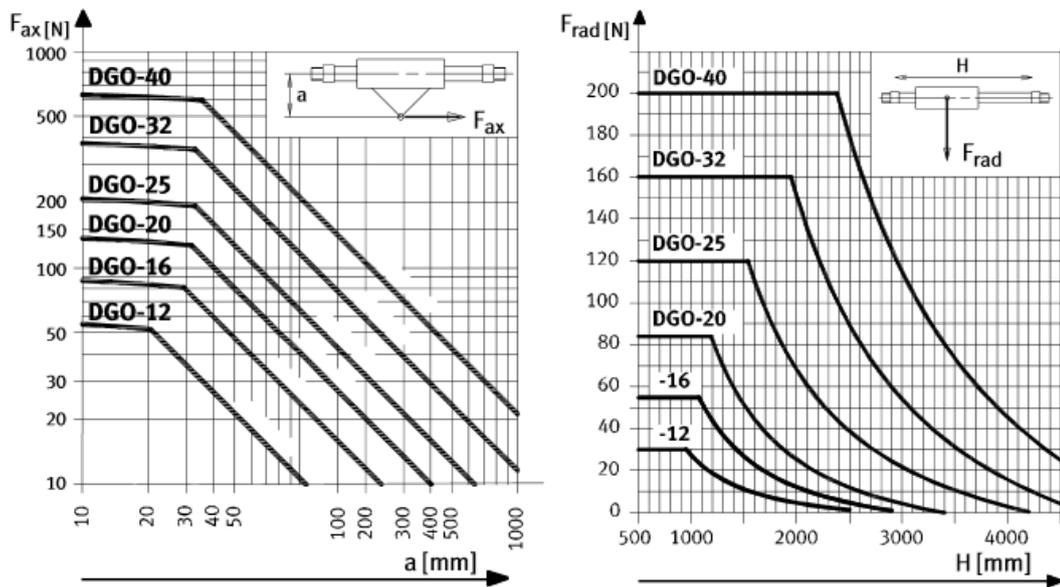
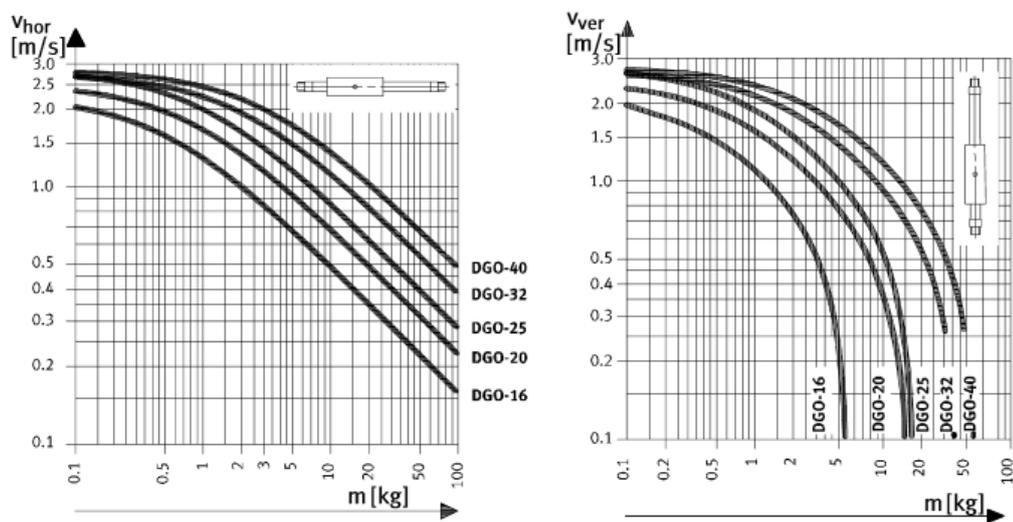


Figura III- 33 Fijación de las cargas axial/horizontal

Fuente: [http://www.festo.com/cat/es\\_es/data/doc\\_es/PDF/ES/DGO\\_ES.PDF](http://www.festo.com/cat/es_es/data/doc_es/PDF/ES/DGO_ES.PDF)

Con cargas elevadas y velocidades medias o altas de la corredera:

- Asegúrese de que la energía de la carga y su velocidad queda dentro de los márgenes permitidos
- Con cargas que sobrepasan los valores máximos especificados se debe usar amortiguadores adicionales externos o topes fijos de tamaño suficiente.
- Dependiendo del tamaño de la masa, el DGO soportara velocidades máximas como muestra el siguiente diagrama: (Ver Figura III- 33)



**Figura III- 34 Velocidad vs masa**

**Fuente:** [http://www.festo.com/cat/es\\_es/data/doc\\_es/PDF/ES/DGO\\_ES.PDF](http://www.festo.com/cat/es_es/data/doc_es/PDF/ES/DGO_ES.PDF)

### 3.4 I/O TERMINAL

Un buen módulo (6), se caracteriza por interfaces claramente definidas: mecánicas, eléctricas e informáticas. Con ellas es posible adaptarse a nuevas aplicaciones. Para llevar un proyecto con éxito a la práctica, es muy importante que el sistema de aprendizaje sea flexible. Gracias a la elevada modularidad, las estaciones y los módulos permanecen claramente dispuestos como puestos de aprendizaje y se ajustan de este modo a los distintos niveles de aprendizaje.

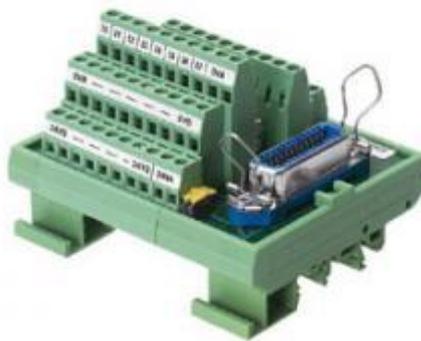
## MECÁNICAS

Intercambio perfecto de piezas entre los distintos módulos y estaciones gracias a puntos de entrega definidos homogéneamente: en el plano horizontal gracias al patrón de la placa perfilada, en el plano vertical gracias a la adaptación de todos los puntos de entrega a la altura del sistema de cinta.

Con el panel de prácticas perfilado como sistema portante, el MPS® también puede conectarse con los paquetes de entrenamiento de nuestro sistema de aprendizaje.

## ELÉCTRICAS

Para la conexión de las entradas y salidas digitales hemos concebido la interface SysLink. Esta interface es el elemento de unión en el sistema de aprendizaje (lado E/S).



**Figura III- 35 Syslink**

**Fuente:** <http://www.festo-didactic.com/es-es/productos>

### 3.5 PLACA PERFILADA DE ALUMINIO

La placa perfilada (10), en aluminio anodizado forma la base de todos los equipos de formación de Festo Didactic. Todos los componentes se fijan de forma segura en las

ranuras de la placa perfilada. Hay ranuras en cada laso y, si es necesario, pueden montarse componentes en ambos lados. Las ranuras son compatibles con el sistema de perfiles ITEM. Dimensiones de retícula: 50 mm.



**Figura III- 36 Placa de Perfil**

**Fuente:** <http://www.festo-didactic.com/es-es/productos>

Para instalación sobre mesas, recomendamos usar los correspondientes pies de goma. Tamaños 350 x 1100 mm y 350 x 250 mm suministradas sin tapetes laterales (alto x ancho).

### **3.6 MESA RODANTE**

La mesa rodante (7), convierte una estación MPS en una unidad móvil y compacta. Es fácil montar la estación en la mesa rodante. También puede montarse un 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 se suministra completa, con ruedas. (Ver Figura III- 36)

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



**Figura III- 37 Mesa rodante**

**Fuente:** <http://www.festo-didactic.com/es-es/productos>

### **3.7 PINZA ANGULAR DHWS**

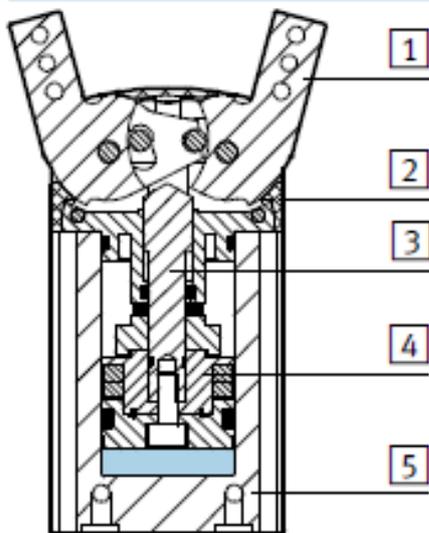
Una pinza neumática (9), es un elemento de amarre, fijación o sujeción destinada a ser incorporada o integrada en sistemas de manipulación, por lo tanto los datos o características esenciales a aportar en su definición son:

- FUERZA a realizar
- La CARRERA necesaria
- La MASA

#### **3.7.1 CARACTERÍSTICAS**

- Guiado optimizado de los dedos

- Guiado mediante correderas
- Máxima precisión de repetición
- Muelle de aseguramiento de la fuerza de fijación
- Estrangulación interna fija
- Múltiples posibilidades de adaptación a los actuadores
- Detectores:
  - Detectores de posición adaptables a las pinzas pequeñas
  - Detectores de proximidad integrables en las pinzas medianas y grandes
- Utilización indistinta de pinzas de simple y de doble efecto
- Con muelle para apoyar o asegurar las fuerzas de sujeción
- Apropriada para la utilización como pinza de sujeción interior o exterior



**Figura III- 38 Vista en Sección Pinza neumática**

**Fuente:** [http://www.festo.com/cat/es\\_es/data/doc\\_es/PDF/ES/DHWS\\_ES.PDF](http://www.festo.com/cat/es_es/data/doc_es/PDF/ES/DHWS_ES.PDF)

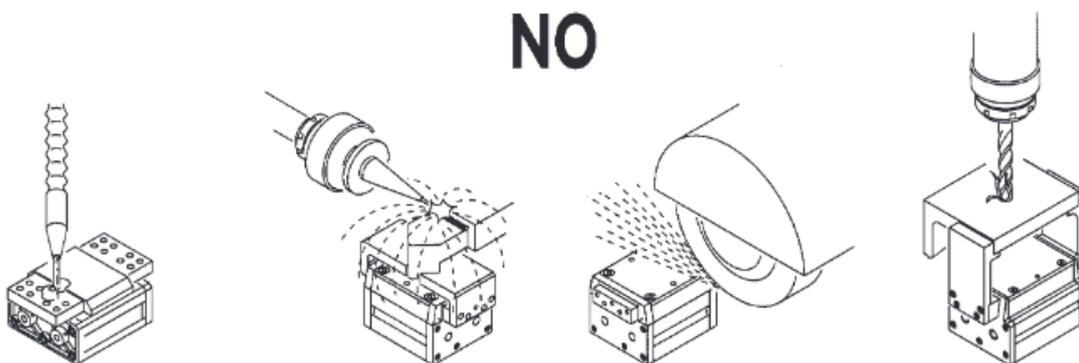
- 1) Dedos
- 2) Tapón ciego

- 3) Placa colisa
- 4) Embolo
- 5) Cuerpo

### 3.7.2 CONSIDERACIONES SOBRE LAS PINZAS NEUMÁTICAS

Nunca debe de ser considerada una pinza neumática como un elemento destinado al amarre, fijación o sujeción de objetos en los cuales se pretenda realizar operaciones de mecanización (taladrado, fresado, rectificado, etc.), de soldadura u otras análogas.

Tampoco se deben de exponer a la acción de líquidos y menos si estos llevan partículas sólidas de suspensión o productos agresivos que puedan dañar a la pinza.



**Figura III- 39 Consideraciones como no se debe utilizar una Pinza neumática**

**Fuente:** [http://www.festo.com/cat/es\\_es/data/doc\\_es/PDF/ES/DHWS\\_ES.PDF](http://www.festo.com/cat/es_es/data/doc_es/PDF/ES/DHWS_ES.PDF)

### 3.7.3 SELECCIÓN DE UNA PINZA

Se debe de tener presente la morfología de la pinza y del objeto que se pretende manipular con ella, con el fin de seleccionarla correctamente, los parámetros que son necesarios conocer para optimizar la selección y el empleo de una pinza son:

Características del objeto a manipular:

- Masa
- Forma
- Posición del centro de gravedad
- Coeficiente de rozamiento entre el objeto y los adaptadores de la pinza
- Fragilidad
- Temperatura.

Características del dispositivo que proporciona el movimiento a la pinza (manipulador):

- Aceleración al arranque, a la frenada y en situación de emergencia
- Presión del posicionado

Condiciones ambientales:

- Tipo de atmósfera
- Temperatura
- Humedad
- Polvo y suciedad

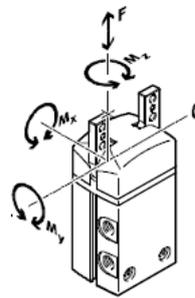
Características de la pinza

- Fuerza de amarre (apertura y cierre)
- Carrera
- Masa
- Tipo (paralela, angular, etc.)
- Número de dedos
- Rigidez

- Precisión
- Grado de protección
- Tipo de material

### 3.7.4 VALORES CARACTERÍSTICOS DE LA CARGA ESTÁTICA EN LAS MORDAZAS

Las fuerzas y momentos admisibles se refieren a un dedo. Los valores indicados incluyen la fuerza de palanca, las fuerzas debido al peso de la pieza u ocasionadas por dedos externos y, además, las fuerzas ocasionadas por la aceleración durante la ejecución del movimiento. Al efectuar el cálculo de los momentos debe tenerse en cuenta el punto 0 del sistema de coordenadas (guiado de los dedos).



Tamaño		10	16	25	32	40
Fuerza $F_z$ máxima admisible	[N]	25	50	90	120	200
Momento $M_x$ máximo admisible	[Nm]	0,6	1,6	3,6	6	13
Momento $M_y$ máximo admisible	[Nm]	0,6	1,6	3,6	6	13
Momento $M_z$ máximo admisible	[Nm]	0,6	1,6	3,6	6	13

**Figura III- 40 Valores de la carga estática en las mordazas**

**Fuente:** [http://www.festo.com/cat/es\\_es/data/doc\\_es/PDF/ES/DHWS\\_ES.PDF](http://www.festo.com/cat/es_es/data/doc_es/PDF/ES/DHWS_ES.PDF)

## 3.8 JUEGO DE PIEZAS "CUERPOS"

El juego de piezas comprende 4 cuerpos de material sintético negro, 4 cuerpos de material sintético rojos y 4 cuerpos de aluminio. En los cuerpos pueden montarse el "Reloj", el "Termómetro" y el "Higrómetro".

- Diámetro exterior: 40 mm
- Diámetro interior: 30 mm
- Altura: 23 mm



**Figura III- 41 Juego de piezas "Cuerpos"**

**Fuente:** <http://www.festo-didactic.com/es-es/productos>

Termómetro insertable para montar en un cuerpo

- Diámetro exterior: 40 mm
- Diámetro de montaje: 30 mm



**Figura III- 42 Pieza para insertar "Termómetro"**

**Fuente:** <http://www.festo-didactic.com/es-es/productos>

Reloj de cuarzo insertable para montar en un cuerpo

- Diámetro exterior: 40 mm
- Diámetro de montaje: 30 mm



**Figura III- 43 Pieza para insertar "Reloj"**

**Fuente:** <http://www.festo-didactic.com/es-es/productos>

Higrómetro insertable para montar en un cuerpo

- Diámetro exterior: 40 mm
- Diámetro de montaje: 30 mm



**Figura III- 44 Pieza para insertar "Higrómetro"**

**Fuente:** <http://www.festo-didactic.com/es-es/productos>

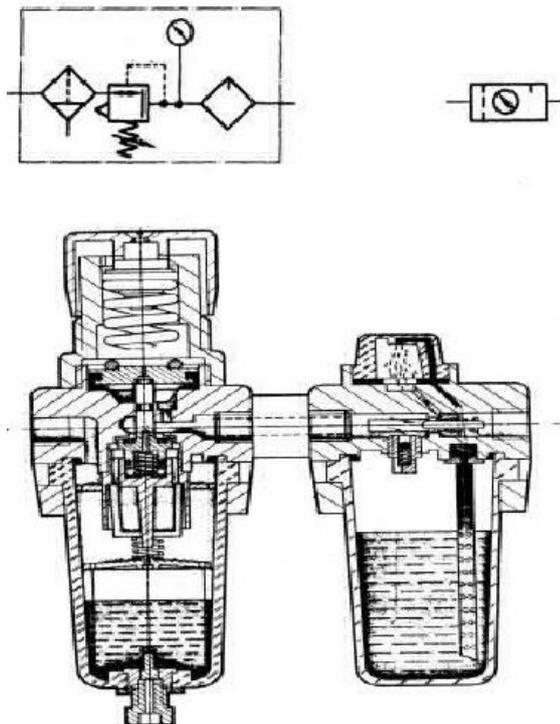
### 3.9 UNIDAD DE MANTENIMIENTO NEUMÁTICA

#### 3.9.1 INTRODUCCIÓN

La unidad de mantenimiento (16) representa una combinación de los siguientes elementos:

- Filtro de aire comprimido
- Regulador de presión
- Lubricador de aire comprimido

La presión de trabajo no debe sobrepasar el valor estipulado en la unidad, y la temperatura no deberá ser tampoco superior a 50 C (valores máximos para recipiente de plástico).



**Figura III- 45 Vista de sección y símbolo de la unidad de mantenimiento**

**Fuente:** <http://es.scribd.com/doc/35079386/Unidad-de-mantenimiento-Neumatica>

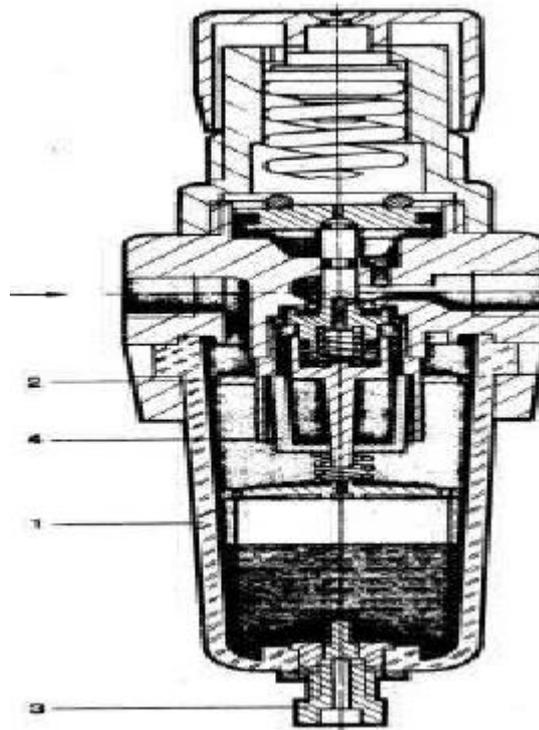
### **3.9.2 FILTRO DE AIRE COMPRIMIDO CON REGULADOR DE PRESIÓN**

El filtro extrae todas las impurezas y el agua condensada del aire comprimido circulante. En los procesos de automatización neumática cada vez se tiende a miniaturizar los elementos para optimizar el espacio de trabajo, fabricarlos con materiales y procedimientos con los que se pretende el empleo cada vez menor de los lubricadores. Consecuencia de esto es que cada vez tenga más importancia el conseguir un mayor grado de pureza en el aire comprimido, para lo cual se crea la necesidad de realizar un filtraje que garantice su utilización.

### **3.9.3 FUNCIONAMIENTO**

Para entrar en el recipiente (1), el aire comprimido tiene que atravesar la chapa deflectora (2) provista de ranuras directrices. Como consecuencia se somete a un movimiento de rotación. Los componentes líquidos y las partículas grandes de suciedad se desprenden por el efecto de la fuerza centrífuga y se acumulan en la parte inferior del recipiente. En el filtro sintetizado (4) [ancho medio de poros, 40 mm] sigue la depuración del aire comprimido. Dicho filtro (4) separa otras partículas de suciedad. Debe ser sustituido o limpiado de vez en cuando, según el grado de ensuciamiento del aire comprimido. El aire comprimido limpio pasa entonces por el regulador de presión y llega a la unidad de lubricación y de aquí a los consumidores. Los filtros se fabrican en diferentes modelos y deben tener drenajes accionados manualmente, semiautomática o automáticamente. Los depósitos deben construirse de material irrompible y transparente. Generalmente pueden limpiarse con cualquier detergente. Generalmente trabajan siguiendo el siguiente proceso: El aire entra en el depósito a través de un deflector direccional, que le obliga a fluir en forma de remolino. Consecuentemente, la

fuerza centrífuga creada arroja las partículas líquidas contra la pared del vaso y éstas se deslizan hacia la parte inferior del mismo, depositándose en la zona de calma. La pantalla separadora evita que con las turbulencias del aire retornen las condensaciones. El aire continúa su trayecto hacia la línea pasando a través del elemento filtrante que retiene las impurezas sólidas. Al abrir el grifo son expulsadas al exterior las partículas líquidas y sólidas en suspensión. El agua no debe pasar del nivel marcado que normalmente traen los elementos, puesto que en la zona turbulenta el agua sería de nuevo arrastrada por el aire. La condensación acumulada en la parte inferior del recipiente (1) se deberá vaciar antes de que alcance la altura máxima admisible, a través del tornillo de purga (3). Si la cantidad que se condensa es grande ,conviene montar una purga automática de agua.



**Figura III- 46 Partes principales de la unidad de mantenimiento**

**Fuente:** <http://es.scribd.com/doc/35079386/Unidad-de-mantenimiento-Neumatica>

### **3.9.4 REGULADORES DE PRESIÓN**

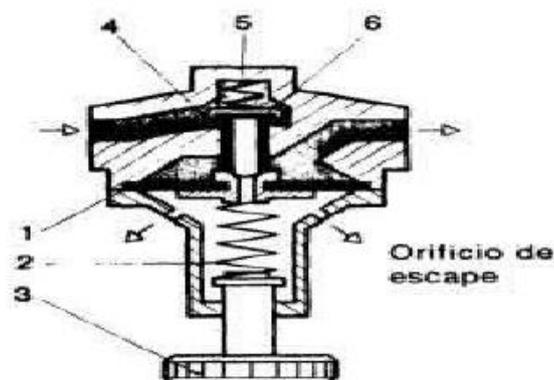
Los reguladores de presión son aparatos de gran importancia en aplicaciones neumáticas. Normalmente son llamados mano reductores, que son en realidad reguladores de presión.

Para su aplicación en materia neumática debemos entender su funcionamiento y comportamiento ante las variaciones bruscas de presión de salida o frente a demandas altas de caudal.

- Al ingresar el aire a la válvula, su paso es restringido por el disco en la parte superior.
- La estrangulación se regula por acción del resorte inferior.
- El pasaje de aire reducido determina que la presión en la salida o secundario tenga un valor inferior.
- La presión secundaria a su vez actúa sobre la membrana de manera tal que cuando excede la presión del resorte se dobla y el disco superior baja hasta cerrar totalmente el paso de aire desde el primario.
- Si el aumento de presión es suficientemente alto, la flexión de la membrana permitirá destapar la perforación central con lo cual el aire tendrá la posibilidad de escapar a la atmósfera aliviando la presión secundaria.
- Cuando la presión vuelve a su nivel normal la acción del resorte nuevamente abre la válvula y la deja en posición normal

### **3.9.5 REGULADOR DE PRESIÓN CON ORIFICIO DE ESCAPE**

El regulador tiene la tarea de mantener la presión de trabajo (secundaria) lo más constante posible, independientemente de las variaciones que sufra la presión de red (primaria) y del consumo de aire. La presión primaria siempre ha de ser mayor que la secundaria. Es regulada por la membrana (1), que es sometida, por un lado, a la presión de trabajo, y por el otro a la fuerza de un resorte (2), ajustable por medio de un tornillo (3). A medida que la presión de trabajo aumenta, la membrana actúa contra la fuerza del muelle. La sección de paso en el asiento de válvula (4) disminuye hasta que la válvula cierra el paso por completo. En otros términos, la presión es regulada por el caudal que circula. Al tomar aire, la presión de trabajo disminuye y el muelle abre la válvula. La regulación de la presión de salida ajustada consiste, pues, en la apertura y cierre constantes de la válvula. Al objeto de evitar oscilaciones, encima del platillo de válvula (6) hay dispuesto un amortiguador neumático o de muelle (5). La presión de trabajo se visualiza en un manómetro. Cuando la presión secundaria aumenta demasiado, la membrana es empujada contra el muelle. Entonces se abre el orificio de escape en la parte central de la membrana y el aire puede salir a la atmósfera por los orificios de escape existentes en la caja.



**Figura III- 47 Regulador de presión con orificio de escape**

**Fuente:** <http://es.scribd.com/doc/35079386/Unidad-de-mantenimiento-Neumatica>

### 3.9.6 LUBRICADOR DE AIRE COMPRIMIDO

El lubricador tiene la tarea de lubricar los elementos neumáticos en medida suficiente.

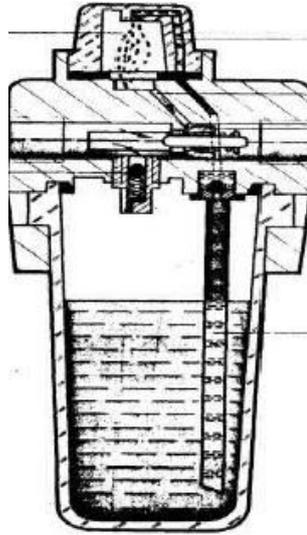
El lubricante previene un desgaste prematuro de las piezas móviles, reduce el rozamiento y protege los elementos contra la corrosión. Son aparatos que regulan y controlan la mezcla de aire-aceite. Los aceites que se emplean deben:

- Muy fluidos
- Contener aditivos antioxidantes
- Contener aditivos antiespumantes
- No perjudicar los materiales de las juntas
- Tener una viscosidad poco variable trabajando entre 20 y 50° C

No pueden emplearse aceites vegetales ( Forman espuma) los lubricadores trabajan generalmente según el principio "Venturi"<sup>11</sup>. La diferencia de presión  $A_p$ . (caída depresión) entre la presión reinante antes de la tobera y la presión en el lugar más estrecho de ésta se emplea para aspirar líquido (aceite) de un depósito y mezclarlo con el aire. El lubricador no trabaja hasta que la velocidad del flujo es suficientemente grande. Si se consume poco aire, la velocidad de flujo en la tobera no alcanza para producir una depresión suficiente y aspirar el aceite del depósito. (Ver Figura III- 47)

---

<sup>11</sup> Venturi: Consiste en que un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión al aumentar la velocidad después de pasar por una zona de sección menor.



**Figura III- 48 Lubricador de aire comprimido**

**Fuente:** <http://es.scribd.com/doc/35079386/Unidad-de-mantenimiento-Neumatica>

### **3.10 VÁLVULAS**

#### **3.10.1 GENERALIDADES**

Las válvulas (17), son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión del aire. Según norma DIN 24300<sup>12</sup> y recomendaciones CETOP<sup>13</sup>, se subdividen en cinco grupos:

- Válvulas de vías o distribuidores
- Válvulas de bloqueo
- Válvulas que regulan el caudal
- Válvulas que regulan la presión.

#### **3.10.2 VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS**

<sup>12</sup> DIN 24300: Consiste en un sistema de normas para la representación de elementos de circuitos hidráulicos y neumáticos.

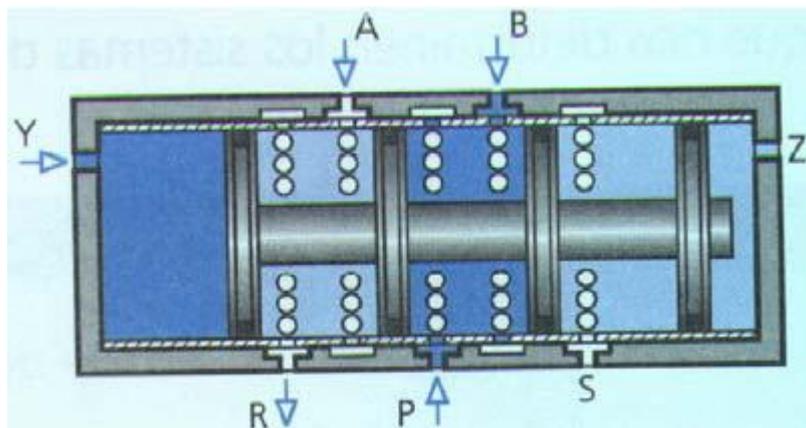
<sup>13</sup> CETOP: Comité Europeo de Transmisiones Oleo-hidráulicas y Neumáticas

Son las encargadas de distribuir el aire comprimido en los diferentes actuadores neumáticos. Se pueden clasificar de varias maneras:

- Por su construcción interna
- Por su accionamiento
- Por el número de vías y posiciones.

La clasificación más importante es por el número de vías y posiciones, aunque en este tipo de clasificación no se tiene presente su construcción ni el pilotaje que lleva.

Se denomina vía a cada uno de los orificios a través de los cuales puede circular el aire en su proceso de trabajo o evacuación.



**Figura III- 49 Vías de una válvula neumática**

**Fuente:** [http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/8\\_valvulas\\_distribuidoras.pdf](http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/8_valvulas_distribuidoras.pdf)

En válvulas dotadas de pilotaje neumático, la conexión que permite la entrada de aire para el control de la válvula no se considera vía, ya que se trata de un sistema de accionamiento. (Ver Figura III- 49)

Símbolo	Forma constructiva	Función	Aplicación
		Función de conexión 2/2 ON/OFF sin escape.	Motores de aire y sopladores neumáticos.
		3/2 Normalmente cerrada. NC	Cilindros de simple efecto y señales neumáticas.
		3/2 Normalmente abierta. NO	Cilindros de simple efecto y señales neumáticas inversas.
		4/2 Conexión entre utilidades A y B con escape común.	Cilindros de doble efecto.
		5/2 Conexión entre utilidades A y B con escapes separados.	Cilindros de doble efecto.

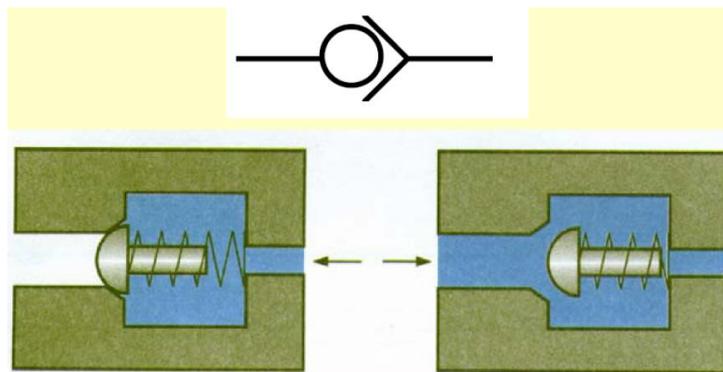
Símbolo	Forma constructiva	Función	Aplicación
		5/3 Centro abierto. Como 5/2, pero con utilidades A y B a escape en posición central.	Cilindro de doble efecto, con posibilidad de ser despresurizado.
		5/3 Centro cerrado. Como 5/2, pero con todas las vías cerradas en posición central.	Cilindro de doble efecto, que se ha de detener en cualquier posición.
		5/3 Centro presurizado. Como 5/2, pero con presión en las vías de utilización en posición central.	Aplicaciones especiales. Cilindros con unidad de bloqueo.

**Figura III- 50 Representación esquemática de válvulas distribuidoras**

**Fuente:** [http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/8\\_valvulas\\_distribuidoras.pdf](http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/8_valvulas_distribuidoras.pdf)

### 3.10.3 VÁLVULAS DE BLOQUEO

Las válvulas de bloqueo o anti retorno, son válvulas que permiten el paso de aire en un solo sentido.

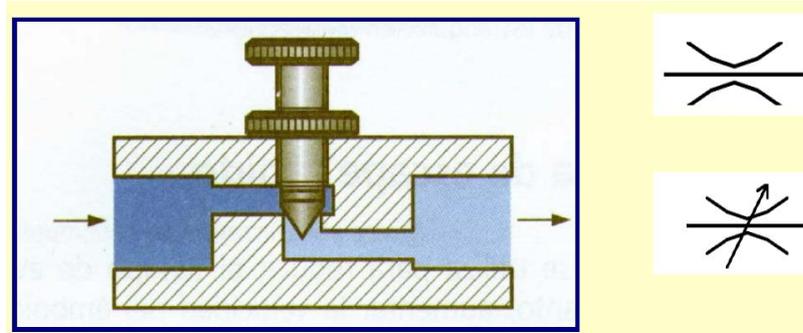


**Figura III- 51 Válvula de bloqueo**

**Fuente:** [http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/8\\_valvulas\\_distribuidoras.pdf](http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/8_valvulas_distribuidoras.pdf)

### 3.10.4 VÁLVULAS DE REGULACIÓN DE CAUDAL

Regulan la cantidad de fluido que las atraviesa por unidad de tiempo (caudal).



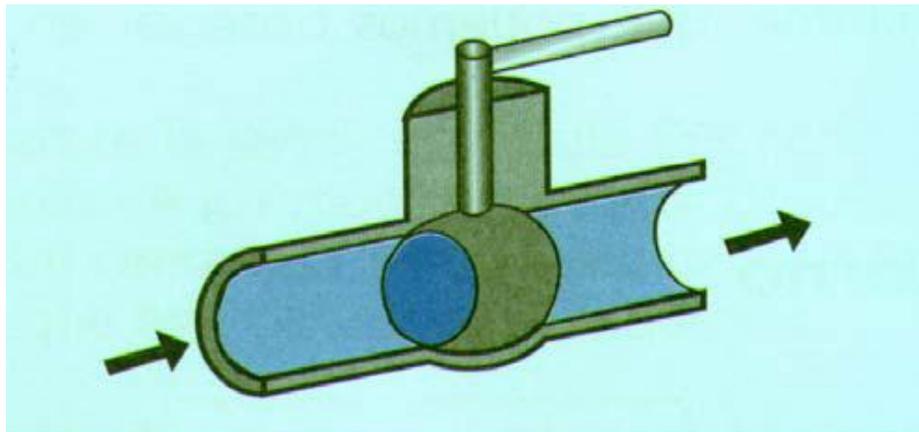
**Figura III- 52 Válvula de regulación de caudal**

**Fuente:** [http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/8\\_valvulas\\_distribuidoras.pdf](http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/8_valvulas_distribuidoras.pdf)

Es una válvula que produce un estrechamiento en la conducción, de forma que origina una disminución del caudal que la atraviesa.

### 3.10.5 VÁLVULAS DE CIERRE

Permiten estrangular completamente el paso del aire comprimido.



**Figura III- 53 Válvula de cierre**

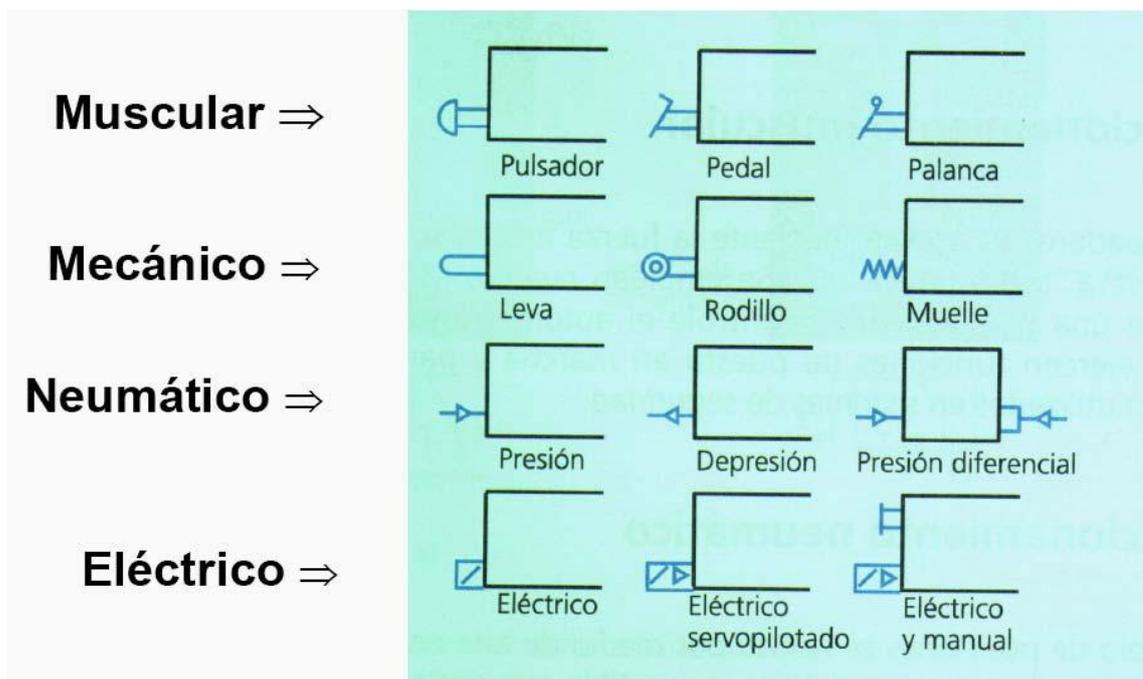
**Fuente:** [http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/8\\_valvulas\\_distribuidoras.pdf](http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/8_valvulas_distribuidoras.pdf)

### 3.10.6 ACCIONAMIENTO DE LAS VÁLVULAS

**Accionamiento directo:** el órgano de mando está directamente montado sobre la válvula y actúa sobre su sistema de apertura o cierre.

Se dividen en:

- 1) Mecánicos
- 2) Musculares
- 3) Neumáticos
- 4) Eléctricos.

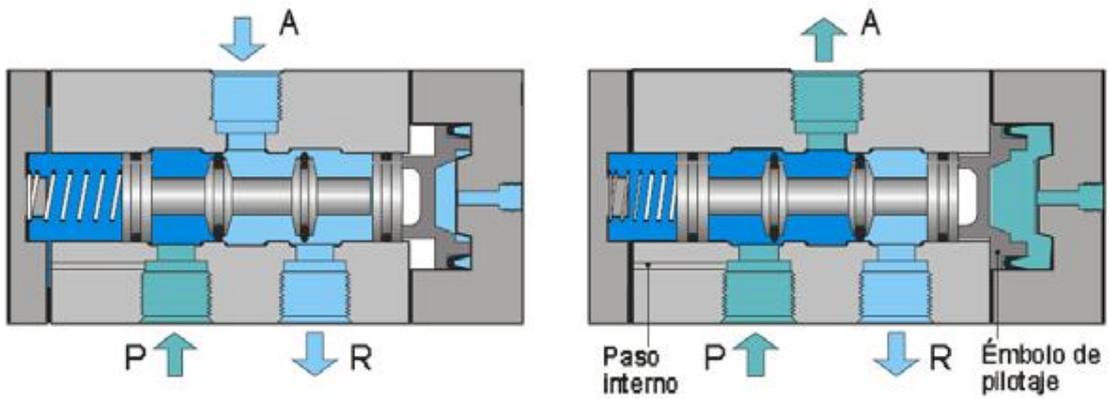


**Figura III- 54 Accionamientos directos**

**Fuente:** [http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/8\\_valvulas\\_distribuidoras.pdf](http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/8_valvulas_distribuidoras.pdf)

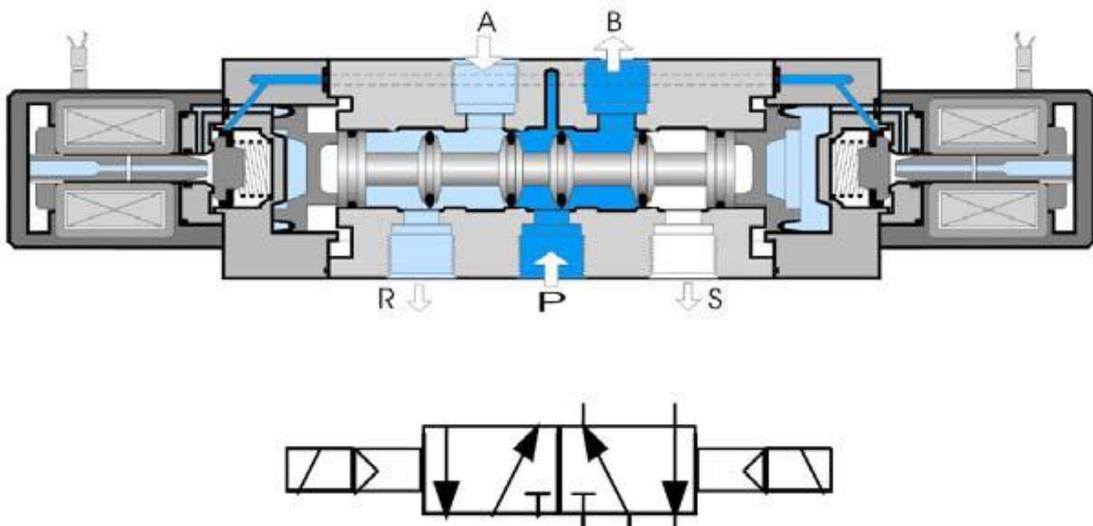
**Accionamiento indirecto:** el sistema de accionamiento actúa sobre un elemento auxiliar que transmite la señal a la válvula.

- 1) Servo pilotaje
- 2) Pilotaje diferencial
- 3) Pilotaje por depresión.



**Figura III- 55 Accionamientos indirectos pilotaje neumático con retorno por muelle**

**Fuente:** [http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/8\\_valvulas\\_distribuidoras.pdf](http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/8_valvulas_distribuidoras.pdf)



**Figura III- 56 Electroválvula servo pilotada biestable**

**Fuente:** [http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/8\\_valvulas\\_distribuidoras.pdf](http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/8_valvulas_distribuidoras.pdf)

### 3.11 SENSORES

#### 3.11.1 QUÉ ES UN SENSOR

Un sensor (13), es 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.

### **3.11.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SENSORES**

- Su principio de funcionamiento
- El tipo de señal de salida
- El rango de valores de salida
- El nivel de integración
- EL tipo de variable medida

### **3.11.3 CLASIFICACIÓN SEGÚN EL FUNCIONAMIENTO**

Se encuentran dos tipos de sensores:

- Sensores activos
- Sensores pasivos

#### **Sensores activos**

Son aquellos que generan señales representativas de las magnitudes a medir en forma autónoma, sin requerir de fuente alguna de alimentación.

### **Sensores pasivos**

Son aquellos que generan señales representativas de las magnitudes a medir por intermedio de una fuente auxiliar.

#### **3.11.4 CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TIPO DE SEÑAL QUE GENERAN**

### **Sensores digitales**

Son aquellos que frente a un estímulo pueden cambiar de estado ya sea de cero a uno o viceversa (en términos de lógica digital) en este caso no existen estados intermedios y valores de tensión que se obtienen son únicamente dos, 5V y 0V.

### **Sensores análogos**

Es aquel que, como salida, emite una señal comprendida por un campo de valores instantáneos que varían en el tiempo, y son proporcionales a los efectos que se están midiendo.

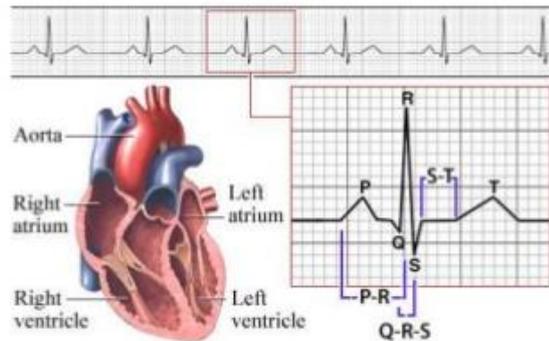


**Figura III- 57 Ejemplo de sensor analógico**

**Fuente:** <http://www.slideshare.net/Edw1a/clasificacion-de-sensores>

### **Sensores Temporales**

Son aquellos que entregan una señal variable en el tiempo la cual puede ser una onda sinusoidal, triangular o cuadrada.



**Figura III- 58 Ejemplo de sensor temporal**

**Fuente:** <http://www.slideshare.net/Edw1a/clasificacion-de-sensores>

### 3.11.5 CLASIFICACIÓN SEGÚN EL RANGO DE VALORES DE SALIDA

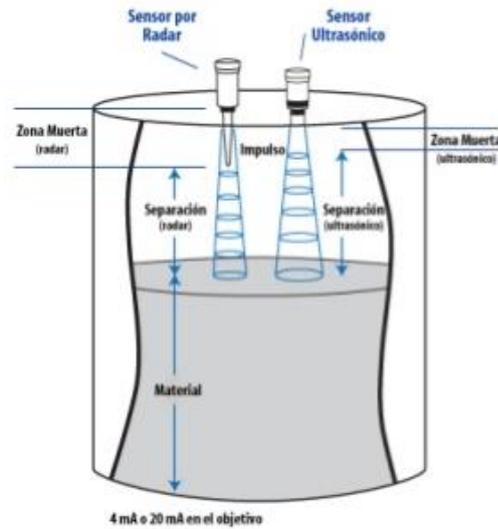
#### Sensores ON/OFF

También conocidos como sensores 0-1, son en general dispositivos mecánicos simples, los más comunes son:

- Interruptores Reed que se conectan por la proximidad de un imán
- Interruptor de péndulo, donde un peso cuelga de un hilo conductor dentro de un anillo metálico y las vibraciones o movimiento del anillo producen el cierre del circuito.

#### Sensores de medida

En estos sensores se obtiene una señal proporcional a la señal de entrada.



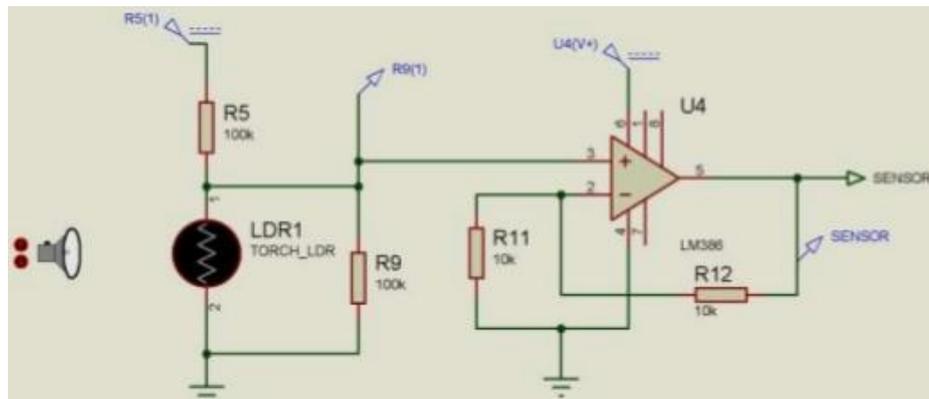
**Figura III- 59 Ejemplo de sensor de medida**

**Fuente:** <http://www.slideshare.net/Edw1a/clasificacion-de-sensores>

### 3.11.6 CLASIFICACIÓN SEGÚN EL NIVEL DE INTEGRACIÓN

#### Sensores discretos

Sensor en el que el circuito de acondicionamiento se realiza mediante componentes electrónicos separados e interconectados entre sí.



**Figura III- 60 Ejemplo de sensor discreto**

**Fuente:** <http://www.slideshare.net/Edw1a/clasificacion-de-sensores>

### Sensores integrados

Elemento sensor y circuito acondicionador (al menos este último) construidos en un único circuito integrado, monolítico o híbrido.



**Figura III- 61 Ejemplo de sensor integrado**

Fuente: <http://www.slideshare.net/Edw1a/clasificacion-de-sensores>

### Sensores inteligentes

Realiza al menos una de las siguientes funciones: (Ver Figura III- 61)

- Cálculos numéricos
- Comunicación en red no una P2P<sup>14</sup>.
- Auto calibración y autodiagnóstico
- Múltiples medidas con identificación del sensor

### 3.11.7 CLASIFICACIÓN SEGÚN LA VARIABLE FÍSICA MEDIDA

#### Sensores mecánicos

---

<sup>14</sup> P2P: Comunicación punto a punto



**Figura III- 62 Ejemplo de sensor inteligente**

**Fuente:** <http://www.slideshare.net/Edw1a/clasificacion-de-sensores>

Son dispositivos que cambian su comportamiento bajo la acción de una magnitud física que pueden directa o indirecta. (Ver Figura III- 62)



**Figura III- 63 Ejemplo de sensor mecánico**

**Fuente:** <http://www.slideshare.net/Edw1a/clasificacion-de-sensores>

Los sensores mecánicos son utilizados para medir:

- Desplazamiento
- Posición
- Tensión
- Movimiento
- Presión
- Flujo

## Sensores eléctricos

Un sensor eléctrico es un dispositivo capaz de detectar magnitudes física o químicas, llamadas variables de instrumentación y transformarlas en variables eléctricas

Las variables de instrumentación pueden ser:

- Temperatura
- Intensidad
- Lumínica
- Distancia
- Presión
- Fuerza
- Desplazamiento
- Humedad
- Movimiento
- pH, etc.

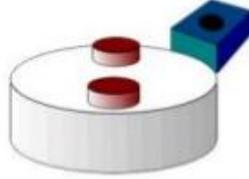


**Figura III- 64 Ejemplo de sensor eléctrico**

**Fuente:** <http://www.slideshare.net/Edw1a/clasificacion-de-sensores>

## Sensores magnéticos

Se sirven del efecto Hall para la medición de campos magnéticos corrientes a para la determinación de la posición.



**Figura III- 65 Ejemplo de sensor magnético**

**Fuente:** <http://www.slideshare.net/Edw1a/clasificacion-de-sensores>

### **Sensores térmicos**

Se usan para la medición precisa de la temperatura, proporcionan una indicación visual o una señal de realimentación mecánica o eléctrica que puede ser utilizada en un sistema de lazo cerrado para permitir el control automático de procesos térmicos.

Existen varios tipos como son:

- Sensores termo resistivos
- Sensores termoeléctricos
- Sensores monolíticos o de silicio
- Sensores piro eléctricos

### **Sensores ultrasónicos**

Son interruptores electrónicos que trabajan sin contacto. La parte emisora genera pulsos de sonidos muy fuertes dentro del rango del ultrasonido.



**Figura III- 66 Ejemplo de sensor ultrasónico**

**Fuente:** <http://www.slideshare.net/Edw1a/clasificacion-de-sensores>

### **Sensores químicos**

Los sensores químicos están formados por un receptor que se encarga de reconocer selectivamente a la especie química a detectar y un transductor que se encarga de convertir la señal química en señal eléctrica.

## **CAPÍTULO IV**

### **4 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**

#### **4.1 GENERALIDADES**

Un **PLC** (Programmable Logic Controller ó Controlador Lógico Programable), también se utiliza el término de **Autómatas Programables** (11), es un dispositivo digital electrónico, que manipula una memoria programable para guardar la información o instrucciones, a fin de realizar funciones específicas tales como lógica combinatoria, control secuencial, temporización, etc., referidas al control de maquinarias y sistemas automáticos a nivel industrial.

Mediante el uso de PLCs se busca obtener mejoras en los procesos asociados, alcanzando así mismo una mayor versatilidad del sistema, dada la facilidad para programarlos.

#### **4.2 CAMPOS DE APLICACIÓN**

La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su uso es principalmente donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

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

### **4.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN EL EMPLEO DE LOS PLC**

Cabe aclarar que aunque se puede automatizar cualquier proceso con un PLC, no se debe de caer en la tentación de convertirlo en el remedio de todos los problemas que se nos puedan presentar.

La utilización de un PLC debe ser justificada para efectos de optimizar sobre todo los recursos económicos que en nuestros días son muy importantes y escasos.

#### **Ventajas**

- Control más preciso.
- Mayor rapidez de respuesta.

- Flexibilidad Control de procesos complejos.
- Facilidad de programación.
- Seguridad en el proceso.
- Empleo de poco espacio.
- Fácil instalación.
- Menos consumo de energía.
- Mejor monitoreo del funcionamiento.
- Menor mantenimiento.
- Detección rápida de averías y tiempos muertos.
- Menor tiempo en la elaboración de proyectos.
- Posibilidad de añadir modificaciones sin elevar costos.
- Menor costo de instalación, operación y mantenimiento.
- Posibilidad de gobernar varios actuadores con el mismo autómata

### **Desventajas**

- Mano de obra especializada
- Centraliza el proceso
- Condiciones ambientales apropiadas
- Mayor costo para controlar tareas muy pequeñas o sencillas

## **4.4 ESTRUCTURA INTERNA**

Los PLCs constan principalmente de un CPU, área de memoria, y circuitería apropiada de entrada /salida de datos. Se puede considerar al PLC como una caja llena de cientos o

miles de Relés independientes, contadores, temporizadores y locaciones para almacenamiento de datos.



Figura IV- 1 Diagrama de bloque del PLC

Fuente: Google, Imágenes

Estos contadores, temporizadores, y demás, no existen físicamente pero en vez de eso son simulados y se pueden considerar como contadores, temporizadores, etc., hechos a nivel de software. También los Relés internos son simulados mediante bits en registros del hardware del PLC.

- **Relés de entrada**

Están conectados al mundo externo. Físicamente existen y reciben señal de los switches, sensores, etc. Típicamente no son relés pero si son transistores que funcionan como relés estáticos.

- **Relés internos**

Estos no reciben señal desde el mundo exterior ni existe físicamente. Ellos son relés simulados y permiten al PLC eliminar los relés externos. También hay relés especiales que el PLC usa para realizar una tarea única. Algunos están siempre

activados mientras que otros su estado normal es estar desactivados. Algunos se activan solamente durante el ciclo de arranque y son usados para la iniciación de los datos que fueron almacenados.

- **Contadores**

Estos no existen físicamente. Son contadores simulados mediante software y pueden ser programados para contar pulsos. Típicamente estos contadores cuentan en forma ascendente y descendente. Dado que estos contadores son simulados mediante software, su velocidad de conteo está limitada. Algunos PLC incluyen también contadores de alta velocidad basados en hardware, es decir que son contadores que existen físicamente y cuentan ascendentemente, descendentemente, o en ambas direcciones.

- **Temporizadores**

Estos no existen físicamente. Son de varios tipos (reposo, trabajo, etc.) y de varias resoluciones de temporización. Los tipos más comunes son los temporizadores al trabajo. Otros menos comunes son los temporizadores con retención. En general la resolución de temporización va desde 1 ms hasta 1 segundo.

- **Relés de salida**

Estos se conectan del mundo exterior al PLC. Físicamente existen y funcionan enviando señales de encendido / apagado a solenoides, luces, etc. Basados en hardware, pueden estar contruidos con transistores, relés electromecánicos o TRIACS, según el modelo que se escoja.

- **Almacenamiento de datos**

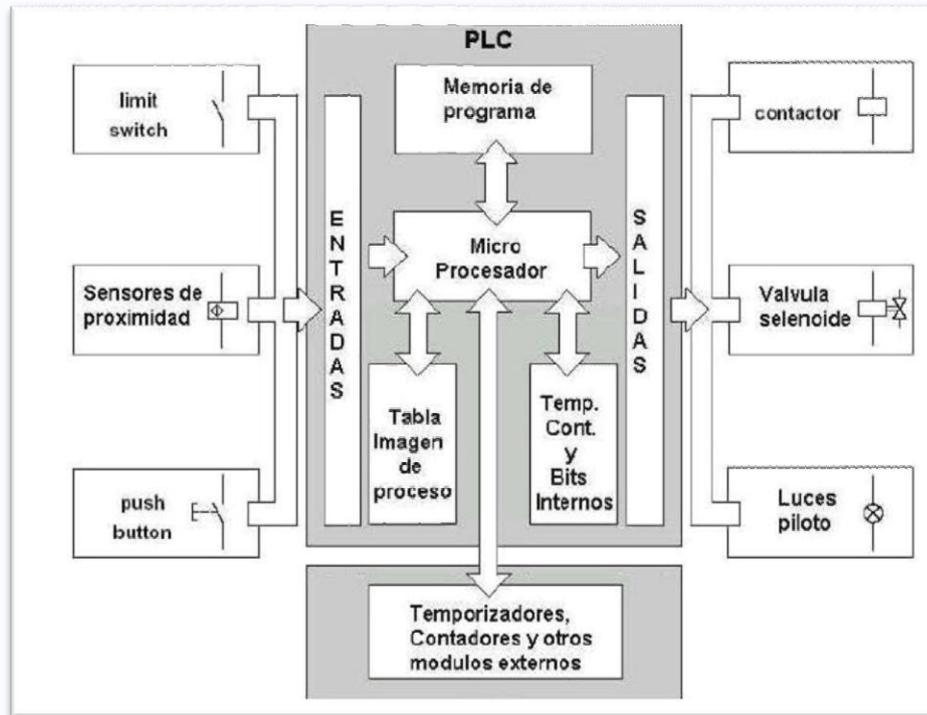
Típicamente hay registros del PLC que están asignados al simple almacenamiento de datos. Usualmente se usan para almacenamiento temporal para manipulación matemática o de datos. También son usados para almacenar datos cuando se corta el suministro de energía al PLC. Una vez regresa la energía, los registros disponen de los mismos datos que tenían cuando se cortó la energía.

- **Unidad Central de procesamiento (CPU)**

Está formada por la unidad de control, la tabla imagen de proceso, y por los temporizadores, contadores y bits internos. La CPU se encarga del tratamiento de los datos internamente (sumas, operaciones lógicas, transferencias, etc.), busca o escribe operadores en la memoria, lee o escribe datos en las unidades de entrada y salida, etc.

- **Memoria**

Es la circuitería electrónica capaz de almacenar el programa de aplicación escrito por el usuario, y los datos provenientes de la máquina o proceso controlado. También es la encargada de almacenar las variables internas generadas por la CPU y las variables de salida a ser transferidas a los periféricos.



**Figura IV- 2 Estructura Interna del PLC**

**Fuente:** Google, Imágenes

#### 4.5 FUNCIONES BÁSICAS DEL PLC

- **Redes de comunicación**

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

- **Sistemas de supervisión**

También los autómatas permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.

- **Control de procesos continuos**

Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómatas llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómata.

- **Entradas- Salidas distribuidas**

Los módulos de entrada salida no tienen por qué estar en el armario del autómata. Pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómata mediante un cable de red.

- **Buses de campo**

Mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional. El autómata consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el estado de los accionadores.

## **4.6 CLASIFICACIÓN DE PLC**

### **4.6.1 PLC NANO**

Generalmente es un PLC de tipo compacto (es decir, que integra la fuente de alimentación, la CPU, entradas y salidas) que puede manejar un conjunto reducido de entradas y salidas, generalmente en un número inferior a 100.



**Figura IV- 3 PLC Nano**

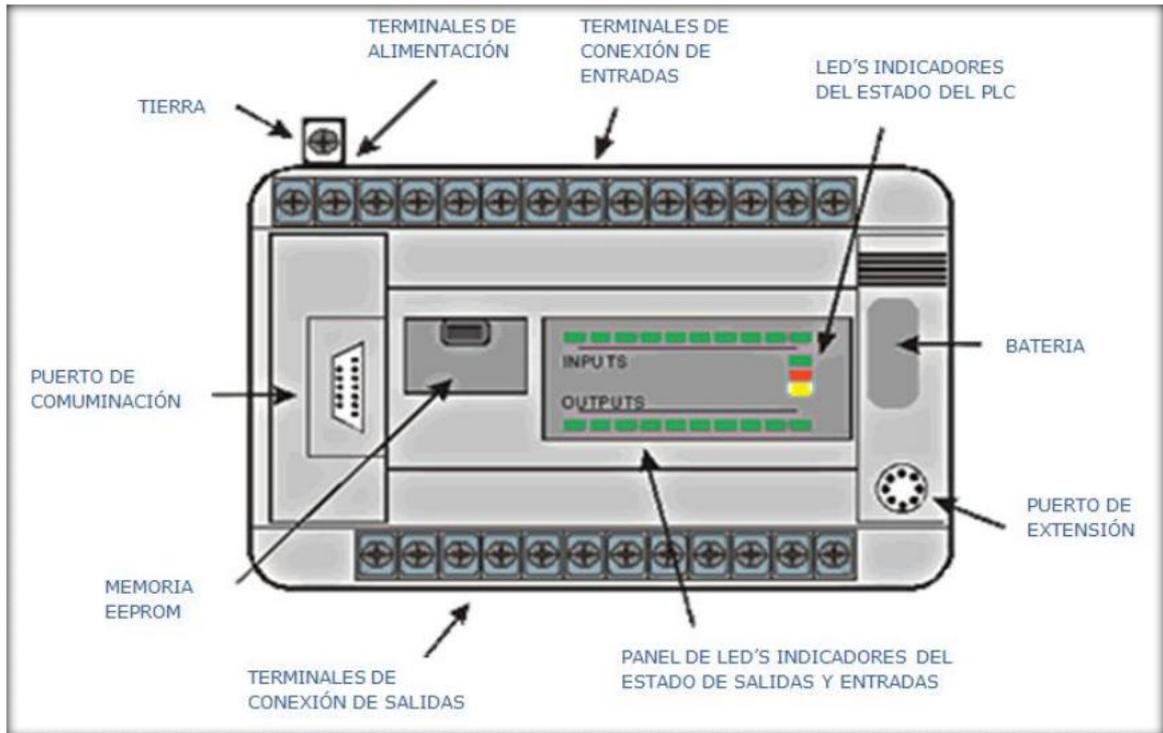
**Fuente:** Google, Imágenes

Este PLC permite manejar entradas y salidas digitales y algunos módulos especiales.

#### 4.6.2 PLC COMPACTO

Estos PLC tienen incorporada la fuente de alimentación, su CPU y los módulos de entrada y salida en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas entradas y salidas hasta varios cientos (alrededor de 500 entradas y salidas), su tamaño es superior a los PLC tipo Nano y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como:

- Entradas y salidas análogas
- Módulos contadores rápidos
- Módulos de comunicaciones
- Interfaces de operador
- Expansiones de entrada y salida



**Figura IV- 4 Estructura de PLC Compacto**

**Fuente:** Google, Imágenes

#### 4.6.3 PLC MODULAR

Estos PLC se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final, estos son:

- El Rack
- La fuente de alimentación
- La CPU
- Los módulos de entrada y salida

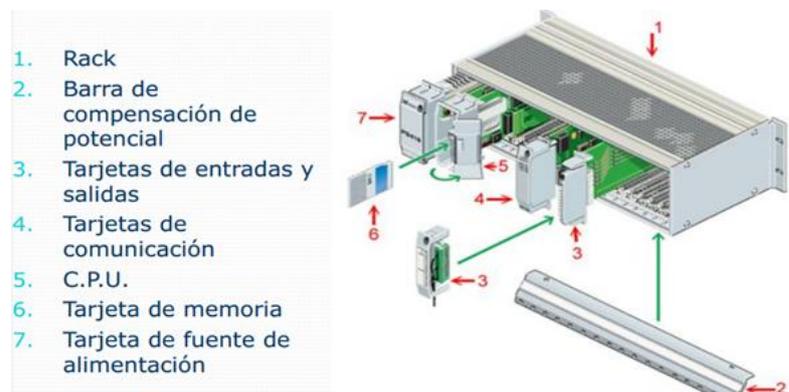
Se divide en:

**Estructura Americana.-** En la cual se separan los módulos de entrada/salida del resto del PLC.

**Estructura Europea.-** Cada módulo realiza una función específica; es decir, un módulo es el CPU, otro la fuente de alimentación, etc.

En ambos casos, tenemos la posibilidad de fijar los distintos módulos (Estructura Modular) o el PLC (Estructura Compacta) en rieles normalizados.

De estos tipos de PLC existen desde los denominados Micro-PLC que soportan gran cantidad de entradas y salida, hasta los PLC de grandes prestaciones que permiten manejar miles de entradas y salidas.



**Figura IV- 5 Estructura de PLC Modular**

Fuente: Google, Imágenes

### Ciclo de SCAN de un PLC

1. En primer lugar lee todas las entradas y almacena el estado de cada una de ellas
2. En segundo lugar ejecuta las operaciones del programa siguiendo el orden en que se han grabado
3. En tercer lugar escribe el resultado de las operaciones en las salidas.
4. Una vez escritas todas las salidas (activando o desactivando las que el resultado de las operaciones así lo requieran) vuelve al paso 1.

Este ciclo de Scan se realiza indefinidamente hasta que pasemos el conmutador de la CPU a la posición STOP.



**Figura IV- 6 Ciclo de escaneo de PLC**

Fuente: Google, Imágenes

## 4.7 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) MODICON M340

### 4.7.1 DESCRIPCIÓN

El PLC Modicon M340 es un autómata modular, de alto rendimiento y ampliable. Está especialmente diseñado para maquinaria compleja e infraestructuras de tamaño medio. El procesador del Modicon M-340 dispone de un procesador ARM de 32 bits, con una memoria RAM interna de 4 MB, 256 KB de datos y SD para backups<sup>15</sup> de 8 MB. Dispone de múltiples variantes y ampliaciones para adaptarlo a nuestras necesidades “productivas”. El cable de programación es Standard USB (USB-PC y mini USB-PLC). Software de programación Unity-Pro.

<sup>15</sup> Backup: Respaldo de información



**Figura IV- 7 PLC**

**Fuente:** Instituto Schneider Electric de Formación Septiembre 2007

#### Características

- Óptimo para medianas y pequeñas configuraciones
- Tamaño pequeño
- Alta densidad
- Puertos de comunicación integrados
- Arquitectura basad en Rack, Alta robustez
- Todos los módulos se pueden quitar y poner en tensión con la CPU en RUN, excepto la fuente de alimentación y la CPU
- Talla reducida
  - Montaje en armario de baja profundidad (<150 mm) Todas las CPU y I/Os en formato simple

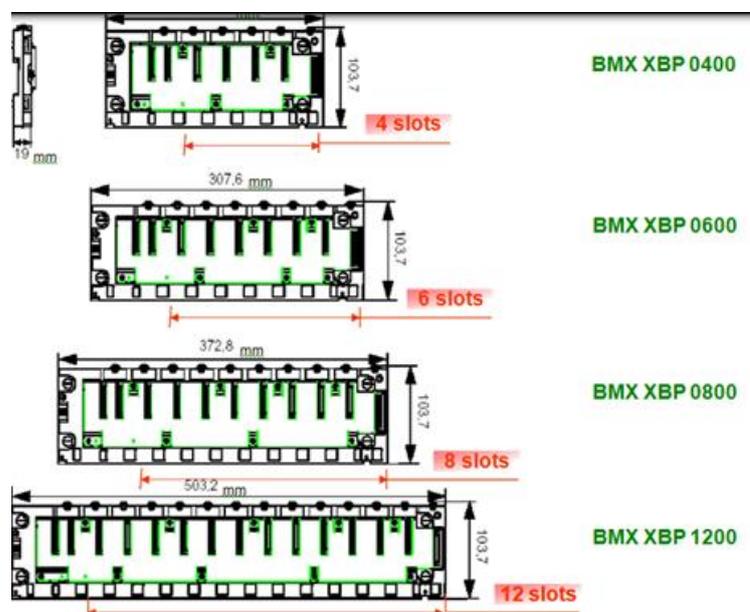
#### Especificaciones de sistema

- Restricciones mecánicas

- Choques: 50g
- Vibraciones: 5g
- Temperatura
- Ambiente: 0 a 60 °C (sobre 2000 m límite 55° C)
- Altitud
- Restricciones de seguridad para 4000 metros

#### 4.7.2 RACKS MODICON M340

Como los diferentes módulos (fuente de alimentación, procesadores, E/S discretas, etc.) se enfrían por convección natural, es obligatorio instalar los diferentes Racks horizontalmente.



**Figura IV- 8 Tipos de Racks Modicon M340**

**Fuente:** Instituto Schneider Electric de Formación Septiembre 2007

### 4.7.3 FUENTES DE ALIMENTACIÓN

BMX CPS. Los módulos de alimentación están diseñados para alimentar cada rack BMX XBP... y sus módulos. El módulo de alimentación se selecciona de acuerdo a la distribución de red (continua o alterna) y la potencia requerida.

Hay 4 tipos de módulos de alimentación. Funciones auxiliar de los módulos de alimentación

Cada módulo de alimentación tiene funciones auxiliares, como un panel de visualización, un relé de alarma, un botón de reset que al presionar, simula un corte de alimentación y provoca un arranque en frío de la aplicación y un suministro de 24 VDC (solamente en los módulos alimentados en alterna).

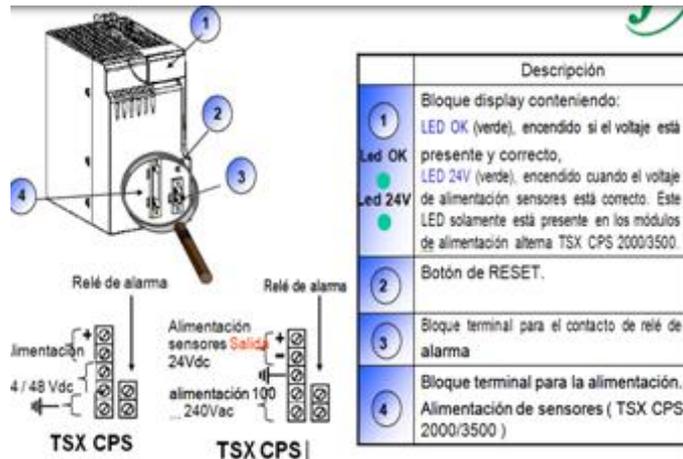
Tipos	BMX CPS 2000	BMX CPS 3500	BMX CPS 2010	BMX CPS 3020
Descripción	20 Watts 115 a 230 Vac Fuente de Alimentación	36 Watts 115 a 230 Vac Fuente de alimentación	16 Watts 24 Vdc Fuente de alimentación	31 Watts 24 y 48 Vdc Fuente de alimentación
Protección	Sobrecarga si Cortocircuito: si Sobretensión : si	Sobrecarga si Cortocircuito : si Sobretensión : si	Sobrecarga si Cortocircuito : si Sobretensión : si	Sobrecarga Si Cortocircuito : si Sobretensión : si
Máx. salida 24Vdc	0.45 Amperios	0.9 Amperios	.	.

**Tabla IV- V Tipos de BMX CPS**

**Fuente:** Instituto Schneider Electric de Formación Septiembre 2007

- Cuando pulsamos el botón de RESET:

- El INIT\_BAC está activado y se resetean todos los módulos en el Rack<sup>16</sup>.
- El relé de alarma se fuerza OPEN.
- El LED OK se apaga
- La acción sobre el botón de RESET es igual a un ARRANQUE EN FRIO.



**Figura IV- 9 Descripción de Fuente de Alimentación**

**Fuente:** Instituto Schneider Electric de Formación Septiembre 2007

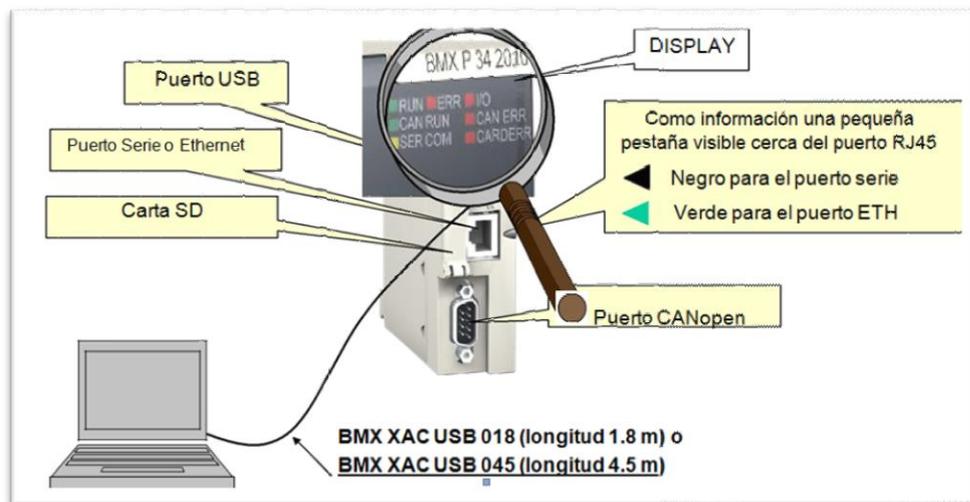
#### 4.7.4 LOS PROCESADORES Y TARJETAS DE MEMORIA

Las CPU MODICON M340 BMX P34 son procesadores de la plataforma de automatización diseñados para controlar módulos de entradas / salidas discretas, módulos de entradas / salidas analógicas y módulos de aplicaciones específicas.

Estos se conectarán sobre el rack. Un módulo procesador está siempre instalado sobre el rack BMX XBP con dirección 0 y en posición 00.

Los procesadores Estándar y Avanzados BMX P34 1000 / 2010 de formato simple incluyen en la parte frontal: (Ver Figura IV- 10)

<sup>16</sup> Rack: Soporte metálico destinado a alojar equipamiento electrónico, informático y de comunicaciones



**Figura IV- 10 Descripción de BMX P342010**

**Fuente:** Instituto Schneider Electric de Formación Septiembre 2007

1. Tornillo de seguridad para enclavamiento del módulo en su emplazamiento (referencia 0) del rack.
2. Un bloque de visualización que dispone, según el modelo de 5 o 7 pilotos:
  - Piloto RUN (verde): procesador en funcionamiento (ejecución del programa).
  - Piloto ERR (rojo): fallo del procesador o fallo del sistema.
  - Piloto E / S (rojo): fallo procedente de los módulos de entradas / salidas.
  - Piloto SER COM (amarillo): actividad en el enlace serie Modbus.
  - Piloto CARD ERR (rojo): ausencia o fallo de la tarjeta de memoria.

Además, para el modelo BMX P34 2010:

- Piloto CAN RUN (verde): bus máquina/instalación integrado operativo.
- Piloto CAN ERR (rojo): fallo del bus máquina/instalación integrado.

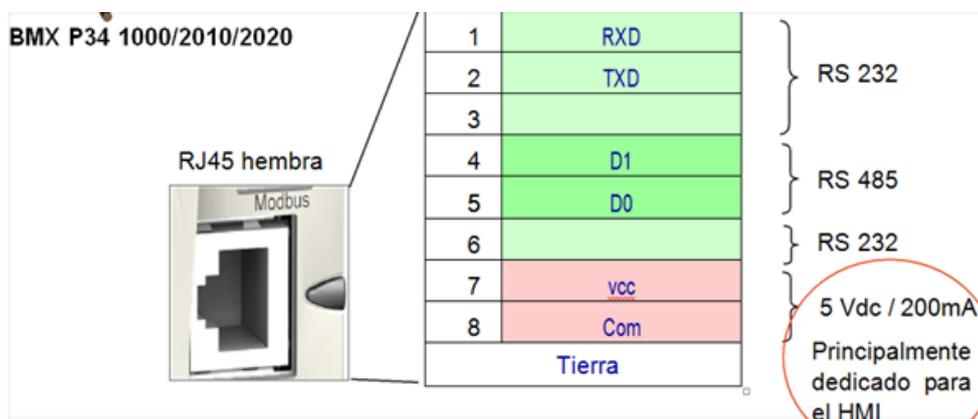
Un conector tipo USB mini B para la conexión de un terminal de programación (o de un terminal de diálogo de operario Magelis XBT GT).

Un emplazamiento equipado con una tarjeta de memoria Flash para la copia de seguridad de la aplicación. Un piloto, situado por encima de este emplazamiento indica el reconocimiento o el acceso a la tarjeta de memoria.

#### 4.7.5 PROTOCOLOS SOPORTADOS

Un conector tipo RJ45 para enlace serie Modbus o el enlace de modo caracteres (RS 232C/RS 485, 2 hilos, sin aislar).

- **Modbus (ASCII y RTU)**



**Figura IV- 11 Descripción de Comunicación Modbus**

**Fuente:** Instituto Schneider Electric de Formación Septiembre 2007

- **Comunicación Ethernet** (Ver Figura IV- 11)



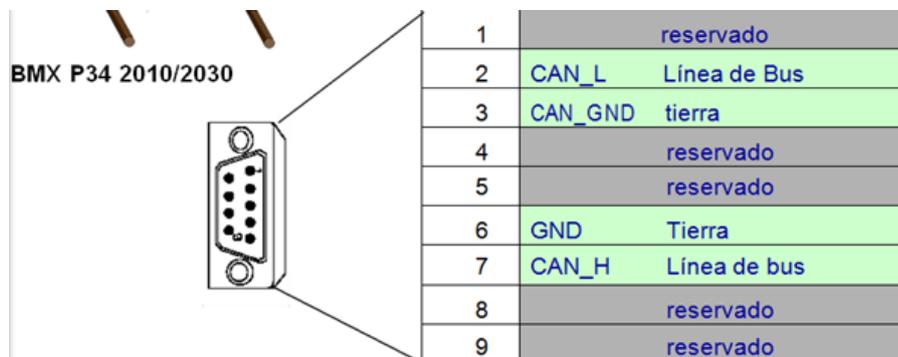
### Descripción de Comunicación Ethernet

**Fuente:** Instituto Schneider Electric de Formación Septiembre 2007

- **CANopen**

Además, para el modelo BMX P34 2010:

Un conector de tipo SUB-D 9 contactos para el bus de máquina e instalaciones CANopen maestro.



**Figura IV- 12 Descripción de Comunicación CANopen**

**Fuente:** Instituto Schneider Electric de Formación Septiembre 2007

#### 4.7.6 TARJETA DE MEMORIA PARA CPU

Los procesadores CPU BMX P34 xxx de MODICON M340 usan una tarjeta de memoria BMX RMS 008MPx.

Una tarjeta de memoria BMX RMS 008 MP se entrega con cada procesador.

Las tarjetas de memoria BMX RMS 008MPx están formateadas para ser usadas con el M340, no es posible usar una tarjeta de memoria estándar (cámara de foto, pocket, pc). La tarjeta de memoria se utiliza para descargar una aplicación al procesador.

- Cuando se da tensión al procesador la operación de descarga se hace automáticamente.

Con el bit sistema %S66 es posible forzar la transferencia entre el procesador a la tarjeta de memoria.

- Si se conecta una tarjeta de memoria en el procesador sin quitar tensión, la memoria (%MW) se carga por la aplicación en la tarjeta



**Figura IV- 13 Procesador y Tarjeta de Memoria**

**Fuente:** Instituto Schneider Electric de Formación Septiembre 2007

Los LEDs en el panel frontal del procesador permiten un rápido diagnóstico del status del PLC.

Status del procesador

Comunicación serie

Status carta de memoria

Comunicación CANopen

Módulos de comunicación

Comunicación ETHERNET



**Figura IV- 14 Descripción de LEDs en Varios BMX**

**Fuente:** Instituto Schneider Electric de Formación Septiembre 2007

#### 4.7.7 UNIDAD CENTRAL DE PROCESO

##### Datos salvados

Al quitar alimentación todos los datos direccionados y no direccionados y el buffer de diagnóstico se salvarán en la Memoria Flash Interna automáticamente (Ver Figura IV- 15).

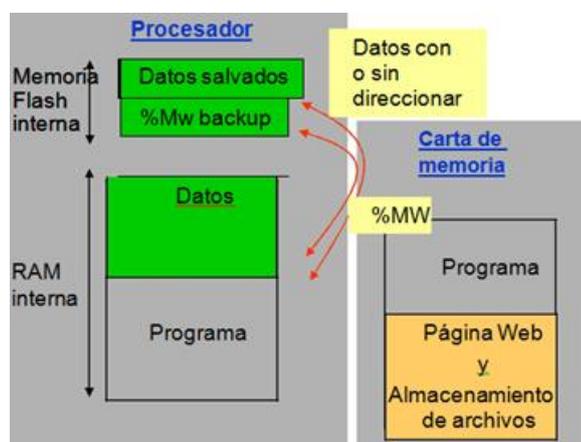
Se restauran después de un arranque en caliente %MW backup.

Los valores de las %Mwi se pueden salvar en la memoria Flash interna usando el %SW96.

Estos valores se restaurarán al arrancar en frío, incluyendo la descarga de la aplicación, si la opción "Inicialización de %MW al arranque en frío" no está marcada en la pantalla de configuración del procesador

**El programa se salva en la tarjeta de memoria**

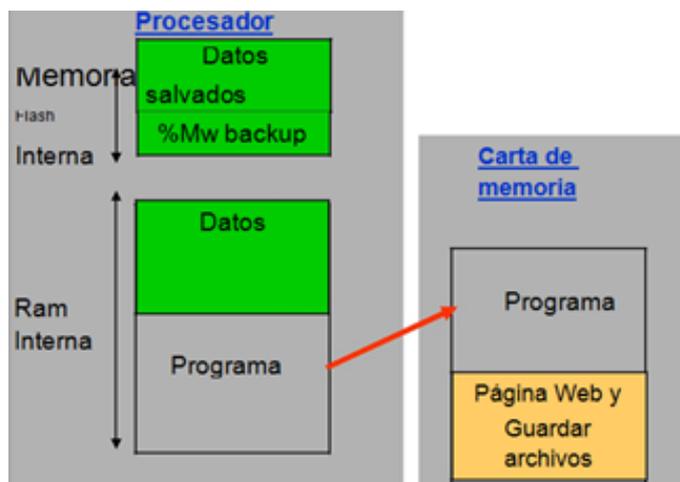
Automáticamente, después una descarga: si la carta de memoria está presente y no tiene protegida la escritura Modificación Online: si la carta de memoria está presente y no tiene protegida la escritura.



**Figura IV- 15 Descripción de Datos Salvados**

**Fuente:** Instituto Schneider Electric de Formación Septiembre 2007

Detección del bit sistema %S66 (flanco ascendente). Manualmente, con el comando PLC backup de proyecto. Guardamos Backup.



**Figura IV- 16 Descripción de Cargar Programa**

**Fuente:** Instituto Schneider Electric de Formación Septiembre 2007

## El programa se copia desde la carta de memoria a la memoria interna

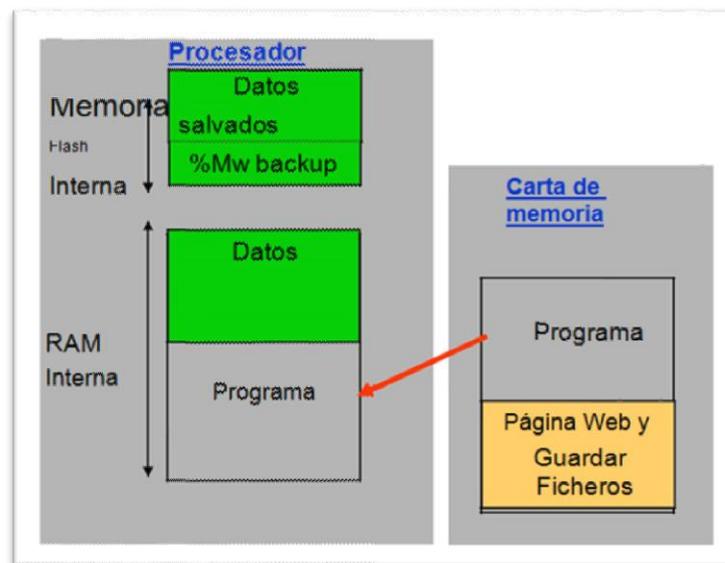
Automáticamente después de:

- Un arranque en caliente.
- Un arranque en frío.

Manualmente:

Con el comando: PLC ➔ Backup de proyecto ➔ Restaurar Backup.

**Nota:** Cuando tú insertas la tarjeta de memoria en el modo run o stop, Se ha de esperar un tiempo de alimentación para restaurar el proyecto en el PLC



**Figura IV- 17 Descripción de Programa Salvado**

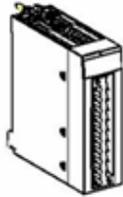
**Fuente:** Instituto Schneider Electric de Formación Septiembre 2007

### 4.7.8 MÓDULOS DE E/S DIGITALES

Los módulos de I/O discretas del MODICON M340 son de formato estándar (ocupando un slot), equipado con conector de 40 pines, o un bloque terminal con 20 pines. Para

todos los módulos, los Telefast están disponibles y permiten conectar rápidamente a las partes operacionales.

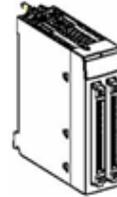
**Conectores 20 pines**



**Conectores 40 pines**



**Conectores 2x40 pines**



**Figura IV- 18 Conectores de 20, 40 y 2x40 Pines**

**Fuente:** Instituto Schneider Electric de Formación Septiembre 2007

### **Entradas**

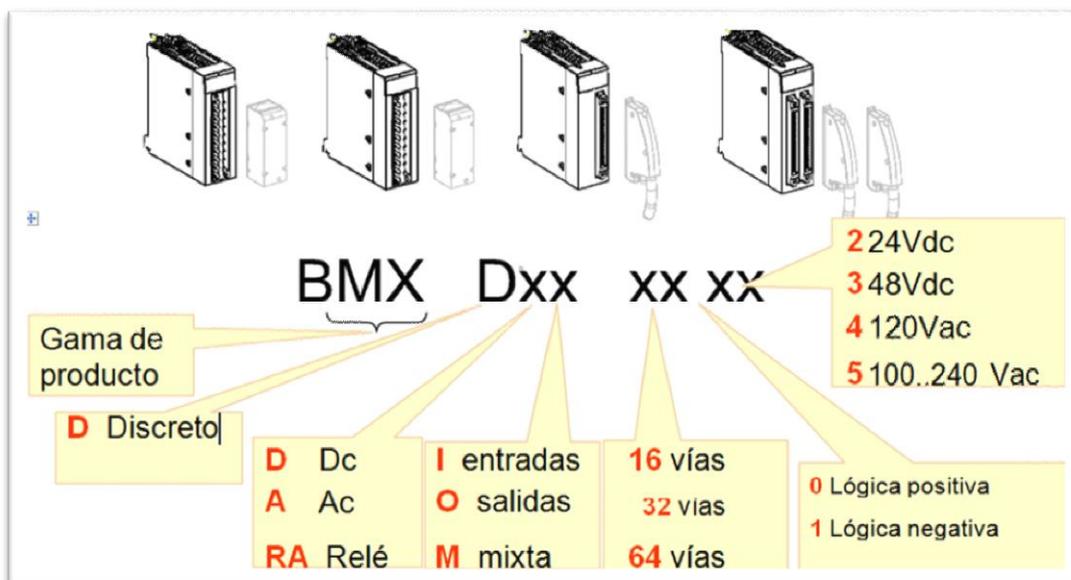
Recibe señales de entrada desde los sensores y dispone de las siguientes funciones:

- Adquisición, adaptación, aislamiento galvánico, filtraje.
- Protección contra interferencias.

### **Salidas**

Almacena las salidas de las órdenes dadas por el procesador, mandar el control de pre-actuadores.

El objetivo es conectar el bloque terminal con el módulo asociado para evitar un mal cableado. (Ver Figura IV- 19)



**Figura IV- 19 Descripción de Módulos I/O**

**Fuente:** Instituto Schneider Electric de Formación Septiembre 2007

#### 4.7.9 MÓDULOS DE E/S ANALÓGICAS

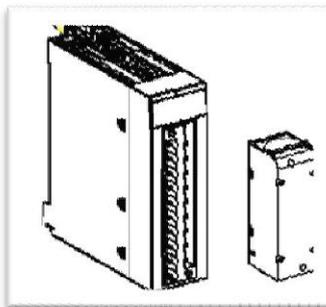
##### Módulo de Entrada Analógicas

- 4 vías para el módulo BMX AMI 0410

El módulo BMX AMI 0410 ofrece el siguiente rango para cada entrada, según la selección hecha durante la configuración:

- +/-10 V,
- 0...10 V,
- 0...5 V / 0...20 mA,
- 1...5 V / 4...20 mA,
- +/- 5 V +/- 20 mA

Incluye cuatro resistencias conectables al bloque de terminales para las entradas en corriente.

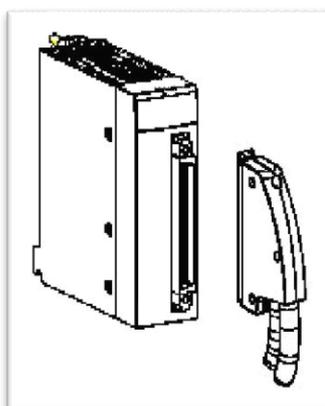


**Figura IV- 20 Modulo BMX AMI 0410**

**Fuente:** Instituto Schneider Electric de Formación Septiembre 2007

- **4 vías para el módulo BMX ART 0414**

El módulo BMX ART 0414 es un dispositivo de adquisición multi-rango con cuatro entradas aisladas entre ellas. Este módulo ofrece el siguiente rango para cada entrada según a la selección hecha en la configuración:



**Figura IV- 21Módulo BMX ART 0414**

**Fuente:** Instituto Schneider Electric de Formación Septiembre 2007

- Pt100/Pt1000 en 2,3 o 4 cables
- US/JIS Pt100/Pt1000 en 2, 3 o 4 cables

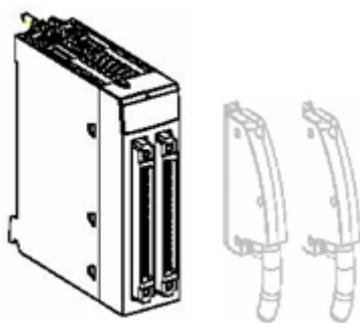
- BMX ART 0414 Cu10, Ni100/Ni1000 en 2, 3 o 4 cables termopar B, E, J, K, L, N, R, S, T, U
- Tensión +/- 40 mV a +/- 1.28 V.

### **8 vías para el módulo BMX ART 0814**

El módulo BMX ART 0814 es un dispositivo de adquisición multirango con ocho entradas aisladas entre ellas.

Este módulo ofrece el siguiente rango para cada entrada, según la selección hecha en la configuración:

- Pt100/Pt1000 en 2,3 o 4 cables
- US/JIS Pt100/Pt1000 en 2, 3 o 4 cables
- Cu10, Ni100/Ni1000 en 2, 3 o 4 cables
- Termopar B, E, J, K, L, N, R, S, T, U
- Tensión +/- 40 mV a +/- 1.28 V.
- BMX ART 0814

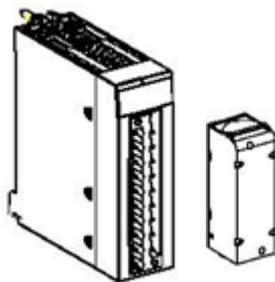


**Figura IV- 22 Módulo BMX ART 0814**

**Fuente:** Instituto Schneider Electric de Formación Septiembre 2007

### Módulo de salidas analógicas

Los módulos analógicos son módulos de formato estándar: 2 vías para el módulo BMX AMO 0210.



**Figura IV- 23 Módulo BMX AMO 0210**

**Fuente:** Instituto Schneider Electric de Formación Septiembre 2007

El BMX AMO 0210 es un módulo con dos salidas analógicas aisladas unas de otras.

Ofrece los siguientes rangos para cada salida:

- BMX AMO 0210 Voltaje +/-10 V
- Corriente 0...20 mA y 4...20 mA

Los módulos analógicos son módulos de formato estándar: 2 salidas analógicas y 4 entradas analógicas para el módulo BMX AMM 0600, 2 salidas analógicas no aisladas.

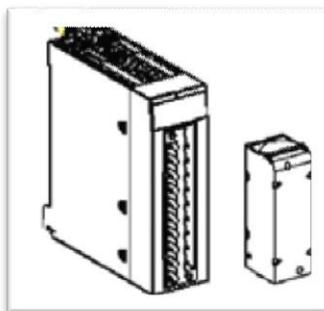
Ofrecen los siguientes rangos para cada salida:

- Voltaje +/-10 V
- Corriente 0...20 mA y 4...20 mA

Menos 4 entradas analógicas ofrecen los siguientes rangos para cada entrada:

- +/-10 V, 0..10 V,

- 0.5 V / 0..20 mA,
- 1..5 V / 4..20 mA,
- +/- 5 V +/- 20 mA



**Figura IV- 24 Módulo BMX AMM 0600**

**Fuente:** Instituto Schneider Electric de Formación Septiembre 2007

## **4.8 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN PARA PLC MODICOM M340**

### **4.8.1 SOFTWARE UNITY PRO - SCHNEIDER**

El funcionamiento general del software Unity Pro XL, a continuación veremos su descripción y sus características principales. Se hace un repaso de la estandarización de la programación del control industrial y en el cumplimiento de la norma IEC 61131<sup>17</sup>. También se comentará todas las posibilidades que ofrece la utilización de las variables, direcciones y bits de palabras y sistemas.

### **4.8.2 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS**

El software de programación Unity Pro XL, es un software de última generación y de reciente implantación en el campo de la automatización industrial. Ante tal eventualidad, se va a entrar en detalles sobre su modo de operación.

---

<sup>17</sup> IEC 61131 : Es un conjunto de normas e informes técnicos publicados por la Comisión Electrotécnica Internacional con el objetivo de estandarizar los autómatas programables

Dentro del software Unity Pro XL podemos generar proyectos en varias familias de autómatas, como son Modicom M340, Premium, Quantum y Atrium. Todos ellos dentro de la marca Schneider Electric.

Las características del software industrial son las mencionadas a continuación:

- Está basado en formatos estándares, reduciendo sensiblemente las actividades de familiarización y capacitación.
- Presenta las herramientas necesarias para la creación, depuración y puesta en marcha de las aplicaciones.
- El entorno de ejecución de los programas es Windows 98/2000/NT/XP/7, estando adaptado a su funcionamiento gráfico y orientado a objetos.
- Su utilización es intuitiva.

La principal ventaja de este software de programación es la estandarización de sus códigos gracias al cumplimiento de la norma IEC 61131-3, con la cual se consigue que Unity Pro proponga un conjunto completo de funcionalidades y de herramientas que permiten calcar la aplicación en la estructura del proceso o de la máquina.

#### **4.8.3 ESTANDARIZACIÓN EN LA PROGRAMACIÓN DE CONTROL INDUSTRIAL**

La norma IEC 61131-3 persigue la estandarización de los lenguajes en la programación del control industrial. Algunos de estos beneficios son:

- Se reduce el gasto en recursos humanos, formación, mantenimiento y consultoría.

- Evita las fuentes habituales de problemas por el alto nivel de flexibilidad y reusabilidad del software.
- Las técnicas de programación son utilizables en amplios sectores (control industrial en general).
- Combinan adecuadamente diferentes elementos que pueden provenir de diferentes fabricantes, programas, proyectos...
- Incrementa la conectividad y comunicación entre los distintos departamentos y compañías.

Bajo esta norma, se definen cuatro lenguajes de programación normalizados. Esto significa que su sintaxis y semántica ha sido definida, no permitiendo particularidades distintivas (dialectos).

Los lenguajes consisten en dos de tipo literal y dos de tipo gráfico:

Literales:

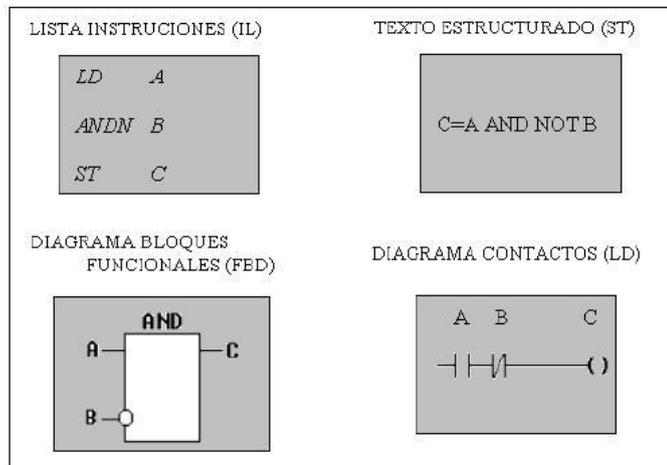
- Lista de Instrucciones (“*InstructionList*”, “*IL*”).
- TextoEstructurado (“*Structured Text*”, “*ST*”).

Gráficos:

- Diagrama de contactos (“*DiagramLadder*”, “*LD*”).
- Diagrama de bloques funcionales (“*Function Block Diagram*”, “*FBD*”).

En la Figura IV- 25, se muestran cuatro programas que describen la misma acción. El uso de uno u otro depende de los conocimientos del programador, el problema a tratar, el nivel de descripción del proceso o la estructura del sistema de control. Los cuatro lenguajes están interrelacionados y permiten su empleo para resolver conjuntamente un

problema común según la experiencia del usuario.



**Figura IV- 25 Lenguajes IEC-1131-3**

**Fuente:** Simulación de la automatización de Procesos con Unity Pro

- **Lista de Instrucciones (IL)** es el modelo de lenguaje ensamblador basado en un acumulador simple; procede del alemán *Anweisungsliste*, *AWL*.
- **El lenguaje Texto estructurado (ST)** es un lenguaje de alto nivel con orígenes en ADA, Pascal, y 'C'; puede ser utilizado para codificar expresiones complejas e instrucciones anidadas; este lenguaje dispone de estructuras para bucles (*REPEAT-UNTIL*; *WHILE-DO*), ejecución condicional (*IF-THEN-ELSE*; *CASE*), funciones (*SQRT*, *SIN*, etc.)
- **El Diagrama de contactos (LD)** está basado en la presentación gráfica de la lógica de relés.
- **El Diagramas de Bloques Funcionales (FBD)** es muy común en aplicaciones que implican flujo de información o datos entre componentes de control. Las funciones y bloques funcionales aparecen como circuitos integrados y es ampliamente utilizado en Europa.

La norma también permite dos formas de desarrollar el programa de control: de arriba a abajo (Top-down) y de abajo a arriba (bottom-up). Se puede especificar inicialmente la aplicación completa y dividirla en partes, declarar las variables, etc. También se puede comenzar la programación desde abajo, por ejemplo, por medio de funciones y bloque funcionales.

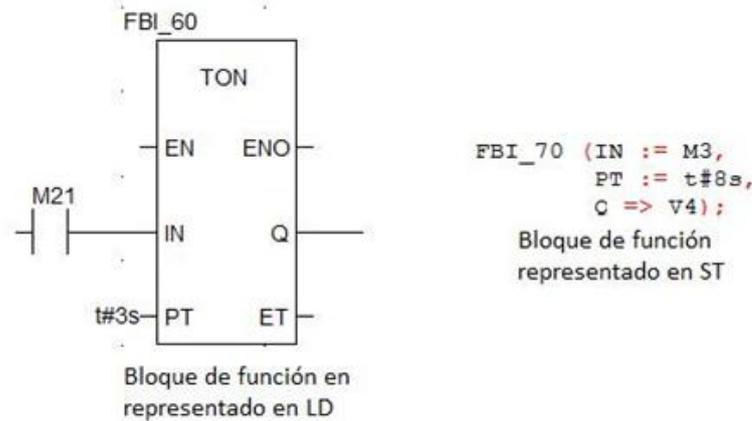
En los lenguajes de programación *LD*, *ST*, *FBD* e *IL* es posible insertar bloques de función.

Centrando la atención en los lenguajes utilizados para la realización del proyecto, el bloque función aparece en formato de bloque en el lenguaje gráfico *LD* y en formato texto/estructura en el lenguaje de tipo de texto *ST*. Los bloques de función vienen de un conjunto de librerías y dentro de cada librería se encuentran familias.

En *LD*, un bloque función se representa como una trama de bloques con entradas y una salida. Las entradas siempre aparecen a la izquierda de la trama y las salidas a la derecha. El nombre de la función, por ejemplo el tipo de función, se muestra en el centro de la trama. En *ST*, un bloque función se representa como una estructura de datos con el nombre de la instancia y entre paréntesis sus entradas y sus salidas. (Ver Figura IV- 26).

Adicionalmente, el estándar IEC 1131-3 incluye una forma de programación orientada a objetos llamada Sequential Function Chart (SFC). SFC es a menudo categorizado como un lenguaje IEC 1131-3, pero éste es realmente una estructura organizacional que coordina los cuatro lenguajes estándares de programación (*LD*, *FBD*, *IL* y *ST*).

La estructura del SFC tuvo sus raíces en el primer estándar francés de Grafcet.



**Figura IV- 26 Representación bloque de función en LD y ST**

**Fuente:** Simulación de la automatización de Procesos con Unity Pro

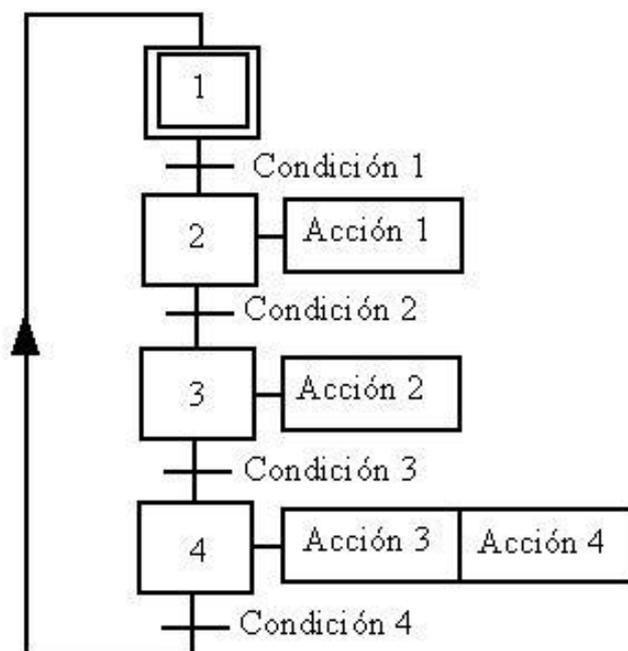
Es un “lenguaje” gráfico que provee una representación diagramática de secuencias de control en un programa. Básicamente, SFC es similar a un diagrama de flujo, en el que se puede organizar los subprogramas o subrutinas (programadas en LD, FBD, IL y/o ST) que forman el programa de control. SFC es particularmente útil para operaciones de control secuencial, donde un programa fluye de un punto a otro una vez que una condición ha sido satisfecha (cierta o falsa).

El marco de programación de *SFC* contiene dos principales elementos que organizan el programa de control:

- Pasos (etapas)
- Transiciones (condiciones)

El programa irá activando cada una de las etapas y desactivando la anterior conforme se vayan cumpliendo cada una de las condiciones. Las acciones se realizarán en función de la etapa activa a la que están asociadas.

Por ejemplo, en la Figura IV- 27, la etapa 1 activa tras arrancar el programa, al cumplirse la "Condición 1", se activará la etapa 2, se desactivará la 1, y se realizará la "Acción 1":



**Figura IV- 27 Representación diagrama SFC**

**Fuente:** Simulación de la automatización de Procesos con Unity Pro

#### 4.8.4 TIPOS DE VARIABLES, DIRECCIONES, BITS Y PALABRAS DE SISTEMAS

##### Variables

Los tipos de variable que se pueden definir en Unity Pro son diversos. Es necesario definir las variables tanto de entrada como de salida. Las posibilidades de variables más destacadas entre las que se puede elegir son las siguientes.

- **BOOL:** Sigla del tipo Booleano. Se trata del elemento de datos de base informática. Una variable de tipo BOOL posee uno de estos valores: 0 (FALSE) o 1 (TRUE). Un Bit extraído de la palabra es de tipo BOOL, por ejemplo: %MW10.4.
- **EBOOL:** Sigla del tipo Extended Boolean (booleano extendido). Una variable de tipo EBOOL posee el valor 0 (FALSE) o 1 (TRUE), pero igualmente los flancos ascendentes o descendentes y las funciones de forzado. Una variable de tipo EBOOL ocupa un byte de memoria.
- **INT:** Sigla del formato single Integer (entero simple) (codificado en 26 bits). Los límites inferior y superior figuran a continuación: de  $-2^{15}$  a  $2^{15}$ .

### **Direcciones**

Cuáles son los tipos y características de cada una de las direcciones son las que se van a enumerar a continuación. De esta manera se puede llegar a implementar mejor el desarrollo del programa de forma que se pueda reducir el tiempo de ciclo y por tanto optimizar el rendimiento de la instalación.

- **%I:** Indica un objeto de lenguaje de entrada binario.
- **%W:** Indica un objeto de lenguaje de entrada analógico.
- **%KW:** Indica un objeto de lenguaje de palabra constante.
- **%M:** Indica un objeto de lenguaje de bit de memoria.
- **%MW:** Indica un objeto de lenguaje de palabra de memoria.
- **%Q:** Indica un objeto de lenguaje de salida binaria.
- **%QW:** Indica un objeto de lenguaje de salida analógica.

Lo primero que cabe destacar es la nomenclatura a seguir para definir las direcciones. Todas empiezan por el símbolo % seguidas de una letra inicial según el tipo de dirección que se vaya a gestionar. Todos los tipos de variables están definidas según la norma IEC 61131-3, como anteriormente se ha detallado.

Se puede observar que el grupo de tipos de variables se distinguen básicamente en dos según el área de memoria que necesita el autómata para procesarla. Por una parte están las direcciones puramente digitales cuyo valor es binario, solo puede tener dos posiciones 1 ó 0. Y por otro lado están las palabras cuya dimensión es de 16 bits, las cuales pueden ser por ejemplo una entrada analógica para expresa un valor numérico.

### **Bits y palabras de sistema**

Existen unos bits y palabras del sistema que son de gran utilidad e importancia a la hora tanto de programar como de depurar la programación en busca de errores y estados del autómata. Los autómatas Modicon M340, Premium, Atrium y Quantum utilizan bits de sistema %S<sub>i</sub> que indican los estados del autómata o que permiten controlar el funcionamiento de éste. Dichos bits pueden probarse en el programa del usuario con el fin de detectar cualquier evolución de funcionamiento que conlleve un procedimiento de procesamiento establecido. Algunos de estos bits deben volver a su estado inicial o normal por programa. No obstante, los bits de sistema que vuelven a su estado inicial o normal a través del sistema, no deben hacerlo a través del programa ni del terminal.

Los bits de sistema, funcionan como un diagnóstico de errores. Entre otros, el bit de arranque en frío %S0, está normalmente en 0. Este bit se define a 1 durante el primer ciclo completo de restauración del PLC en modalidad RUN o STOP, pero no en caso de modo simulación. Es el botón “Reinicializar” del simulador, el cual puede restablecer el

PLC simulado; exactamente equivale a un arranque en frío del PLC, se interrumpe la conexión entre Unity Pro y el simulador, se reinician todas las variables del proyecto y el simulador pasa al estado RUN (si el arranque automático está activado) o STOP (si el arranque automático está desactivado). En realidad, el botón Reiniciar hace el papel del botón de restablecimiento de una CPU real. Este es uno de los bits de sistema que encuentran su función limitada al funcionar con el simulador, y es una clara desventaja frente al uso de PLC.

De entre todos los bits de sistema, uno de los más prácticos y usado por su potente funcionalidad es el watchdog<sup>18</sup>. Es un concepto de protección usado para volver a reiniciar el programa cuando éste "se pierde" o realiza una acción no prevista. Su funcionamiento es exactamente igual al de un microprocesador: cuenta cada cierto pulso de reloj en un determinado tiempo esperando algún evento generado por el programa. Si no le llega tal, el watchdog se activa y hace que todo empiece de nuevo. Si le llega el evento, no hace nada porque todo funciona como se espera.

#### **4.8.5 SIMULADOR DE UNITY PRO EN COMPARATIVA CON EL PLC**

##### **Simulador**

Una novedad dentro del software de programación de Schneider Electric es un simulador del autómata integrado. Reproduce fielmente el comportamiento del programa en el PC. Gran parte de las herramientas de puesta a punto se pueden utilizar en simulación para aumentar la calidad antes de la instalación. Por tanto, gracias a este simulador se puede llevar el código pre-depurado a la instalación, con lo cual se reduce el tiempo de puesta en marcha del proceso. Entre las funciones que se pueden

---

<sup>18</sup> Watchdog: En español Perro guardián es un mecanismo de seguridad que provoca un reset del sistema en caso de que éste se haya bloqueado.

desarrollar con el simulador, destaca:

- Ejecución del programa paso a paso.
- Punto de parada y de visualización
- Animaciones dinámicas para visualizar el estado de las variables y la lógica que se está ejecutando.

### **Simulador Vs PLC**

Si se compara el simulador con un PLC real, se observan algunas diferencias descritas a continuación:

- El simulador del PLC simula un proyecto completo con todas sus tareas de usuario. No obstante, el comportamiento de tiempo de ejecución del simulador no es equiparable al comportamiento de tiempo de ejecución de un PLC real.
- El simulador de PLC no admite ninguna forma de Entrada/Salida (E/S). Aunque la simulación contiene los componentes del proyecto para E/S, el simulador de PLC no los procesa. A las entradas y salidas sólo se puede acceder desde el proyecto o a través de las funciones online de Unity Pro (leer, escribir, forzar, animar, etc.).
- El simulador no soporta algunos bits de sistema como el PLC. Entre otros, el bit de arranque en frío %S0, está normalmente en 0. Este bit, como se ha comentado anteriormente, se define a 1 durante el primer ciclo completo de restauración del PLC en modalidad RUN o STOP, pero no en caso de modo simulación.
- En cuanto a los servicios del SO del PLC, el simulador de PLC admite la mayoría de los servicios de sistemas operativos de PLC en diversas plataformas. Dichos servicios sólo se aplican como servicios ficticios. Esto significa que

pueden utilizarse funciones y bloques de funciones en el proyecto cargado, pero no funcionan como deberían o devuelven un mensaje de error. Esto afecta principalmente a las funciones y bloques de funciones que accedieron a plataformas especiales, como bloques de E/S y funciones específicas de hardware y comunicación.

#### **4.8.6 DIFERENCIAS ENTRE UN SISTEMA SCADA Y UN SIMULADOR**

Un sistema Scada (Supervisor y Control And Data Acquisition) se define como un sistema, basado en computadores, que permite supervisar y controlar variables de proceso a distancia, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo. Además, controla el proceso de forma automática por medio de un software especializado. A diferencia de un simulador que reproduce un sistema que no está ocurriendo en tiempo real, el sistema Scada provee de toda la información que se genera en el proceso a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros usuarios supervisores dentro del sistema.

La mayor diferencia entre ambos, es que en el simulador se simulan las variables configuradas y durante la simulación, es posible manipular, activar y desactivar dichas variables. En el Scada se puede supervisar las tareas de otros individuos, aunque esto último no significa que tenga el control sobre ellos, sino que el objetivo principal es correctivo. Para que dicha modificación sea posible, además, el sistema Scada puede tener realimentación. El proceso de compartir observaciones, preocupaciones y sugerencias, con la intención de recabar información, a nivel individual o colectivo, puede mejorar o modificar diversos aspectos del funcionamiento de una organización.

La realimentación tiene que ser bidireccional de modo que la mejora continua sea posible.

La manera de integrar un sistema Scada en Unity Pro, es comunicando un sistema de control mediante redes o buses. Se trata de conseguir una aplicación gráfica que reproduzca en la pantalla el proceso que se va a automatizar, distinta de la que puede ofrecer el simulador mediante la herramienta “Pantalla del operador” como se verá más adelante. Una manera posible es mediante “Entorno Vijeo Citect<sup>19</sup>”.

En el caso que se quisiera unir el PLC con el Scada, sería necesaria previamente configurar el HW necesario que realizará la configuración de la red Ethernet a la que estará conectada el PC o PLC. Por lo tanto habría que realizar la definición de la red Ethernet, así como su asignación al puerto Ethernet de la CPU.

---

<sup>19</sup> Entorno Vijeo Citect: Software de configuración SCADA

## **CAPÍTULO V**

### **5 DISEÑO, DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN.**

#### **5.1 INTRODUCCIÓN.**

En el presente capítulo se realizará una descripción de las diferentes etapas de desarrollo del proyecto, como son la planificación, diseño, dimensionamiento e implementación de la misma, así como también, contempla características generales del sistema.

#### **5.2 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA**

##### **5.2.1 DETERMINACIÓN DE LOS COMPONENTES**

El sistema consta de los siguiente :

- Módulo de prensa con músculo neumático
- Módulo giratorio/lineal
- Placa de perfil
- Mesa rodante
- Consola de control
- Placa de PLC
- Dispositivos neumáticos y electrónicos

- HMI

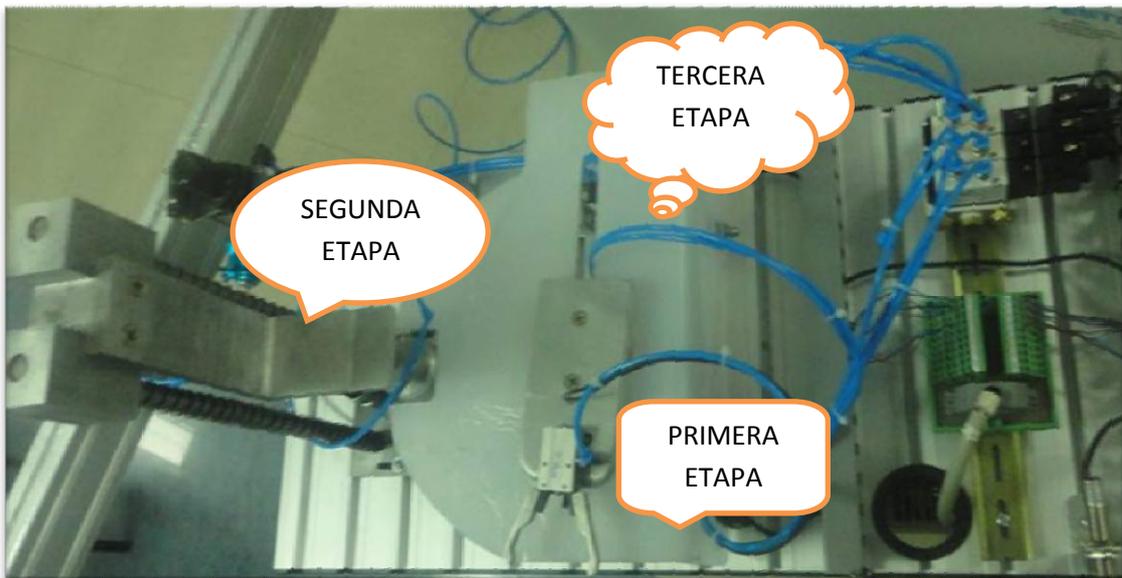
### **5.2.2 LISTADO DE MATERIALES Y DISPOSITIVOS PRINCIPALES**

Para la implementación del proyecto se utilizó:

- Sensor emisor
- Sensor receptor
- Sensor de fibra óptica
- Sensor de proximidad
- Músculo neumático tipo DMSP
- Cilindro sin vástago
- Pinza neumática
- Syslink (I/O)
- Interfaces de comunicación PLC-I/O
- Actuador giratorio
- Unidad de mantenimiento
- Resortes
- Una fuente de alimentación 24 V DC, 5 A
- Conectores paralelos
- Válvulas 5/2
- Pulsadores y luces piloto 24V
- Riel Din
- Aluminio y Acrílico
- Mesa Rodante

- Placa de perfil de aluminio
- Suministro de aire comprimido de 5 bar (75 PSI),
- Etiquetas para cables
- Manguera
- PLC
- PC

### 5.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO



**Figura V- 1 Módulo con cada una de sus Etapas**

**Fuente:** Los Autores

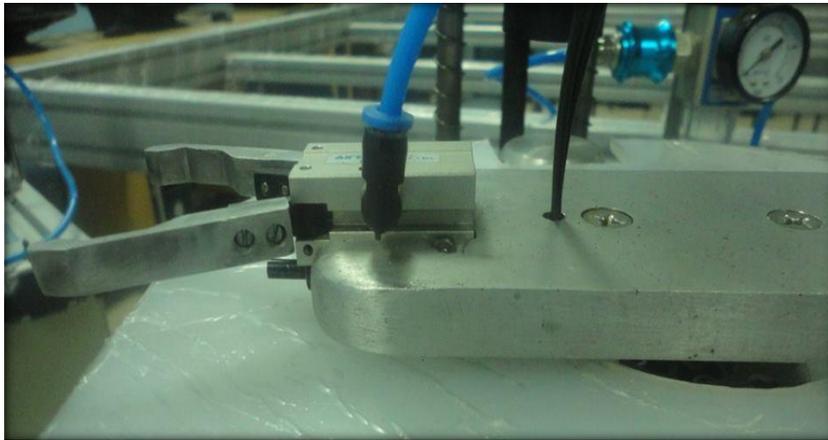
El Módulo a automatizar en este proyecto está diseñado para sujetar y ensamblar manómetros mediante prensado con músculo neumático, el proceso se divide en tres etapas:

- Etapa de Sujeción.
- Etapa de Prensado.

- Etapa de Traslado.

### **Etapa de sujeción**

La primera etapa, tiene por objetivo el censado de la pieza para posicionarle dentro de la pinza mediante el sensor de fibra óptica ubicado debajo de la pinza neumática, una vez censada la pieza de dial, la pinza neumática sujeta la misma para seguir a la siguiente etapa.



**Figura V- 2 Módulo de Fijación**

Fuente: Autor

### **Etapa de prensado**

Una vez sujeta la pieza de trabajo, entra en acción el actuador giratorio, produciéndose un giro de 90°, en este momento se ejecuta el sistema de prensado a través del músculo neumático DMSP, esta etapa tiene por objetivo el prensado de la pieza, es un proceso discreto que realiza lo siguiente:

- Realiza el prensado con el músculo neumático, con la fuerza o profundidad preestablecida.
- Espera un tiempo determinado para estabilizar el prensado.

- Restablece la posición de la prensa a su posición inicial.

Los valores de prensado tanto la profundidad, fuerza y presión con que actúa el músculo pueden ajustarse manualmente a través de un regulador de presión ubicado en el punto de conexión del musculo neumático.



**Figura V- 3 Módulo de Presionado**

**Fuente:** Los Autores

### **Etapa de traslado**

Una vez culminado la etapa de prensado el actuador giratorio se mueve 90° más, en donde trabaja la etapa de traslado, esta funciona con un cilindro sin vástago, el cual conduce la pieza hasta el final de su recorrido y luego regresa a su posición inicial para volver a seleccionar otra pieza. (Ver Figura V- 4)



**Figura V- 4 Módulo de traslado**

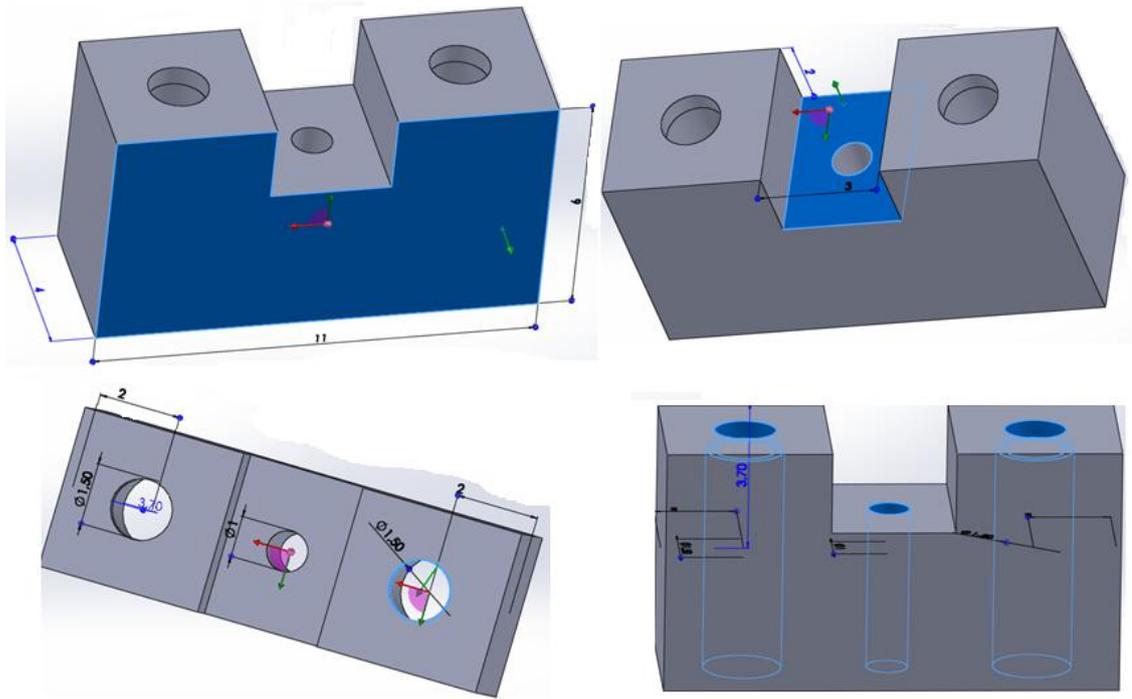
**Fuente:** Los Autores

#### **5.4 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS**

Para el diseño de las partes que conforman el módulo del músculo neumático, el módulo lineal/giratorio se utilizó el software **SolidWorks 2012 SP2**, es un programa de diseño asistido por computadora para modelado mecánico desarrollado en la actualidad por la empresa SolidWorks Corp.

##### **Diseño de las partes principales de la estación**

Se realizó el dibujo computarizado de acuerdo a medidas similares a la estación didáctica de presionado de la empresa **Festo**, la empresa es líder tecnológico en el área de la técnica de automatización y líder del mercado en el campo de la formación y perfeccionamiento técnicos a nivel mundial, dentro de sus productos estrellas, han desarrollado una plataforma didáctica para logística, técnica de comunicación, Mecatrónica, Robótica e Ingeniería Industrial llamada Prolog Factory. En la Figura V- 5 se aprecia las medidas utilizadas para la parte superior donde va fijado el músculo neumático.

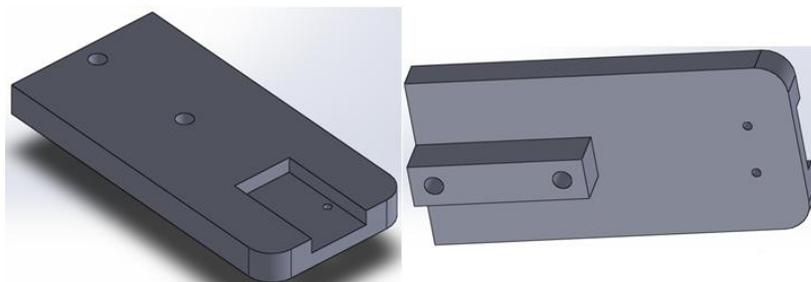


**Figura V- 5 Pieza superior donde se fija el musculo**

**Fuente:** Los Autores

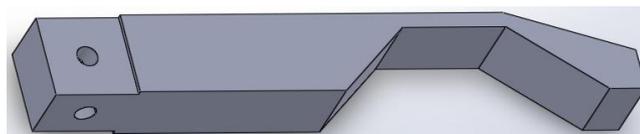
Las piezas fueron fundidas en aluminio para posteriormente darle el acabado en un torno-fresador.

También se realizó el diseño de las partes donde se fija la pinza neumática como muestra la Figura V- 6, los dedos de extensión de la pinza mostrados en la Figura V- 7 y los soportes para sensores que se muestran en la Figura V- 8.



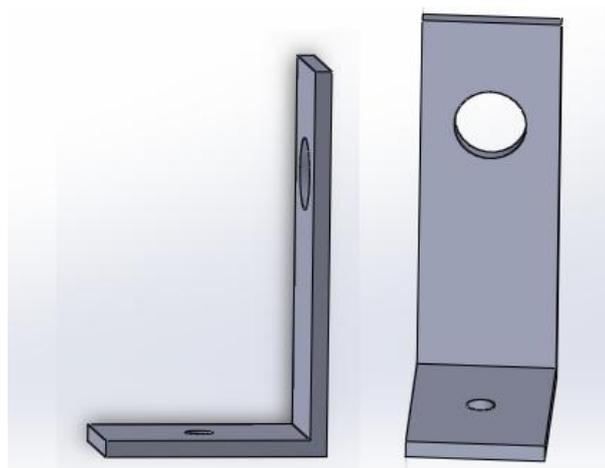
**Figura V- 6 Pieza para encaje de pinza**

**Fuente:** Los Autores



**Figura V- 7 Dedos de la pinza**

**Fuente:** Los Autores



**Figura V- 8 Soporte para sensores**

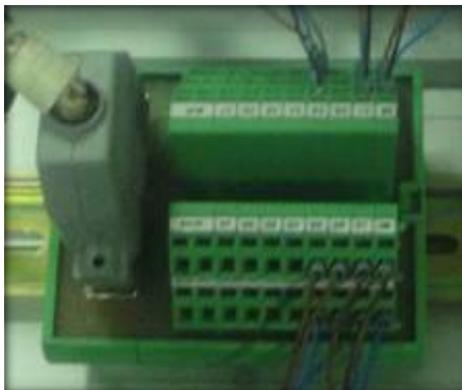
**Fuente:** Los Autores

### **Diseño de Interfaces I/O de los sensores**

Los bornes ubicados en la tarjeta electrónica están dedicadas para 8 entradas y 8 salidas con sus respectivos indicadores led de estado, adicionalmente esta interfaz incluye bornes de distribución para dos voltajes de alimentación de 0 V y 24 V para los sensores, actuadores, tarjetas electrónicas, PLC y electroválvulas. El cuerpo o base se puede montar en perfiles 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.

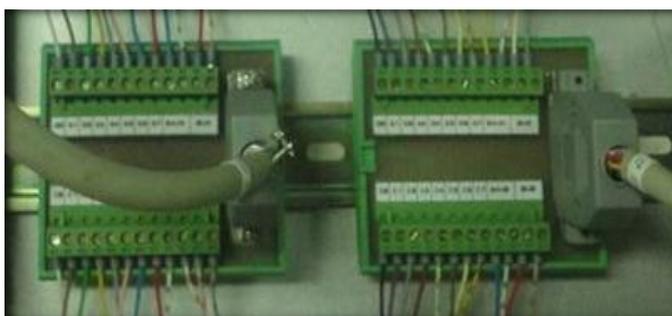


**Figura V- 9 Interfaz de entrada/Salida de señales al PLC**

**Fuente:** Los Autores

### **Funcionamiento**

El terminal E/S dispone de 8 entradas y 8 salidas, 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.



**Figura V- 10 Interfaz del PLC**

**Fuente:** Los Autores

Utilizamos una interfaz para los sensores y PLC, y otra interfaz para el Panel de control y PLC, la interfaz para de E/S comunican el estado de los actuadores y sensores

mientras que la interfaz para el Panel de control comunica el estado de indicadores y pulsadores del mismo.

**Datos técnicos**

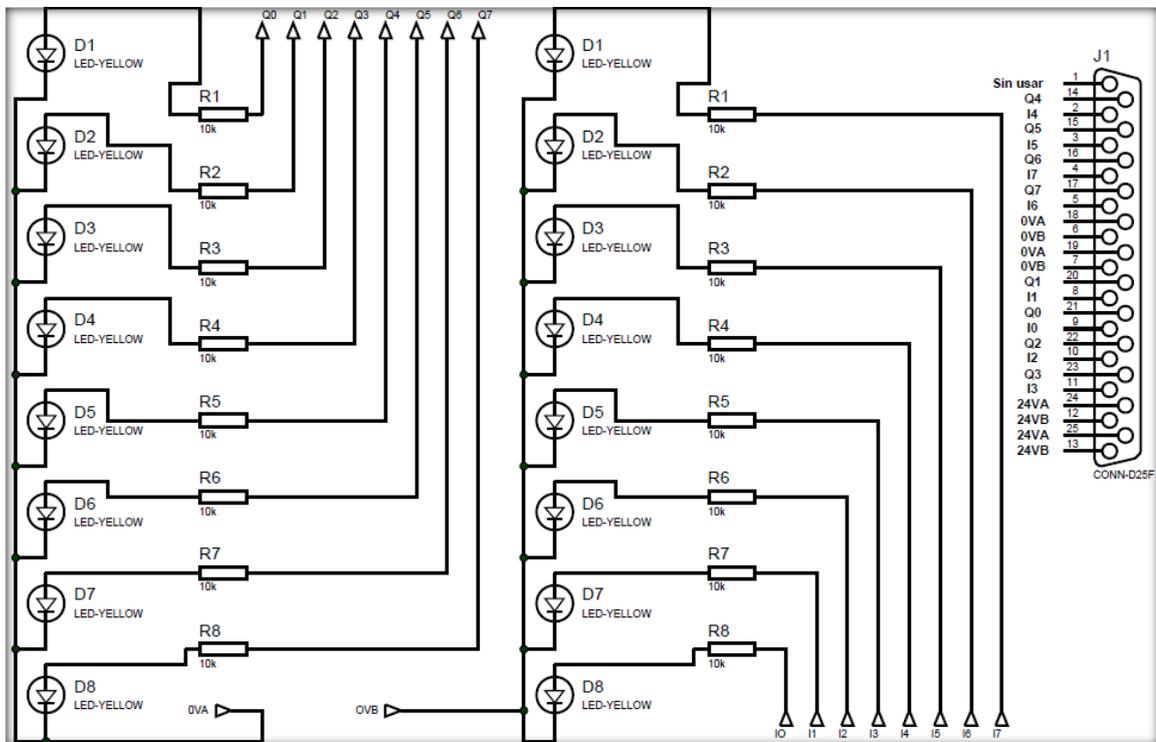
PARTE ELÉCTRICA DE TERMINAL DE E/S	
Cantidad de entradas con LED	8
Cantidad de salidas con LED	8
Cantidad de bornes de 0V total	22
Cantidad de bornes de 24V total	12

**Tabla V- VI Datos técnicos de tarjetas de E/S señales al PLC**

**Fuente:** Los Autores

Cabe recalcar que la tarjeta electrónica admite conexiones de sensores de tipo PNP (de conexión a positivo).

**Diseño del diagrama**



**Figura V- 11 Diseño del circuito I/O para el PLC**

**Fuente:** Los Autores

## Diseño del PCB

El diseño del circuito se lo realizó en el software **Proteus**, este software es muy utilizado en el campo electrónico para diseño, simulación y creación de circuitos impresos de calidad profesional.

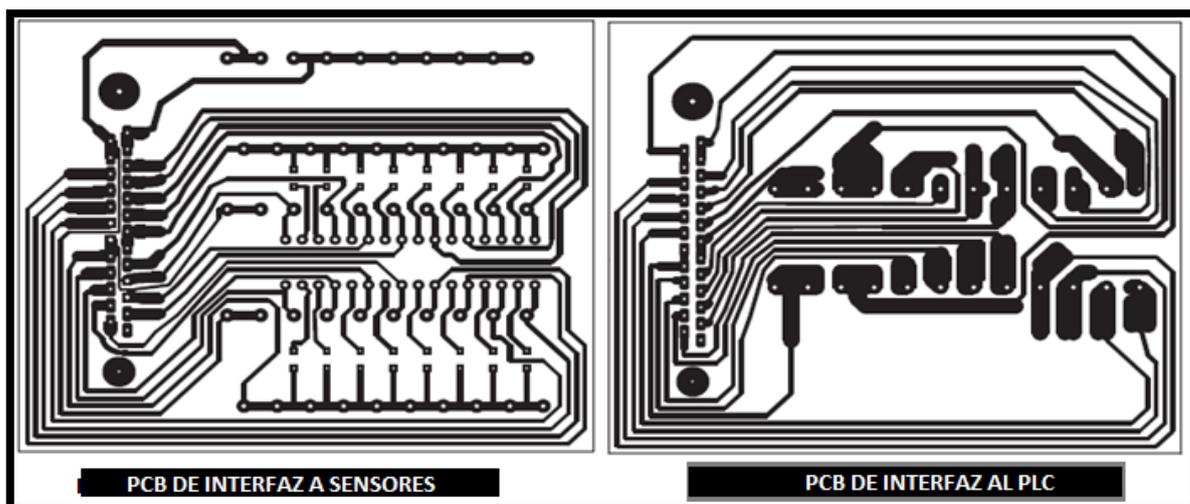


Figura V- 12 Diseño del PCB de I/O para el PLC

Fuente: Los Autores

## 5.5 DIMENSIONAMIENTO DE ACTUADORES

### 5.5.1 DIMENSIONAMIENTO DEL MÚSCULO NEUMÁTICO

En la etapa de Presionado es la que exige un poco más de fuerza en comparación con las otras etapas ya que debemos asegurarnos de que el sellado se lo realice correctamente, para ello, en el dimensionamiento de nuestro músculo hemos utilizado el software **Festo MuscleSIM**, de la empresa Festo, es un programa muy sencillo de utilizar y útil a la vez.

Nuestra incógnita es la longitud nominal del musculo que deseamos adquirir en el mercado, La longitud nominal es la longitud con la membrana sin carga ni presión, tal como viene de fábrica.

Parámetros deseados:

- Presión 5 Bares,
- Carrera que deseamos que se contraiga en nuestro caso 40 mm
- Fuerza, 500 N aproximadamente (no se requiere una gran fuerza)

Resultado

- Un músculo de Longitud nominal de Fábrica de 300 mm
- Consumo de aire por carrera de 0.844 l
- Grado de contracción de 13%.

La fuerza de tracción del músculo neumático depende del diámetro interior, entonces procedemos a la obtención del músculo MAS-20 debido a que puede aplicar una fuerza de 1200N (120Kg), dando como resultado poca carga en la membrana del músculo con óptima relación entre presión y la fuerza. (Ver figura V- 13)

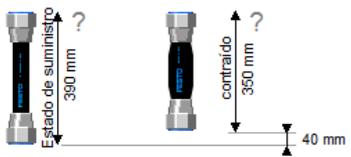
### **5.5.2 DIMENSIONAMIENTO DEL CILINDRO SIN VÁSTAGO**

En la etapa de Desplazamiento Lineal necesitamos una fuerza que pueda movilizar una carga de 5Kg ya que debe movilizar la unidad giratoria y la unidad de fijación, asegurando de que el desplazamiento se lo realice correctamente para ello, en el dimensionamiento de nuestro cilindro sin vástago nos hemos basado en el software de

**Festo**, GSED, es un programa muy sencillo de utilizar y útil a la vez, el inconveniente es que no es descargable sino es online.

### Introducir los parámetros Simulación del sistema

**Espacio longitudinal real para el montaje**  
(incluyendo accesorios) ?



**- Ø - Elija el diámetro del músculo**

La fuerza de tracción del músculo neumático dependen del diámetro interior. El MAS-20 puede generar una fuerza de tracción de hasta 1200 N (~120 kg).

Ø 10 mm - MAS 10 - N.. 

Ø 20 mm - MAS 20 - N.. 

Ø 40 mm - MAS 40 - N.. 

**Valores que pueden introducirse:** [Reponer](#)

Carrera deseada	40	mm
Presión ajustada	5	bar
Fuerza necesaria	500	N

**Resultados de MAS-20-305N-AA-MC-O**

Longitud nominal de fábrica	305,3	mm
Consumo de aire por carrera	0,844	l
Grado de contracción	13 %	

Poca carga en la membrana del músculo.  
Zona rentable de trabajo del músculo, con óptima relación entre la presión y la fuerza.

**Figura V- 13 Resultados del Dimensionamiento del Musculo**

**Fuente:** Los Autores

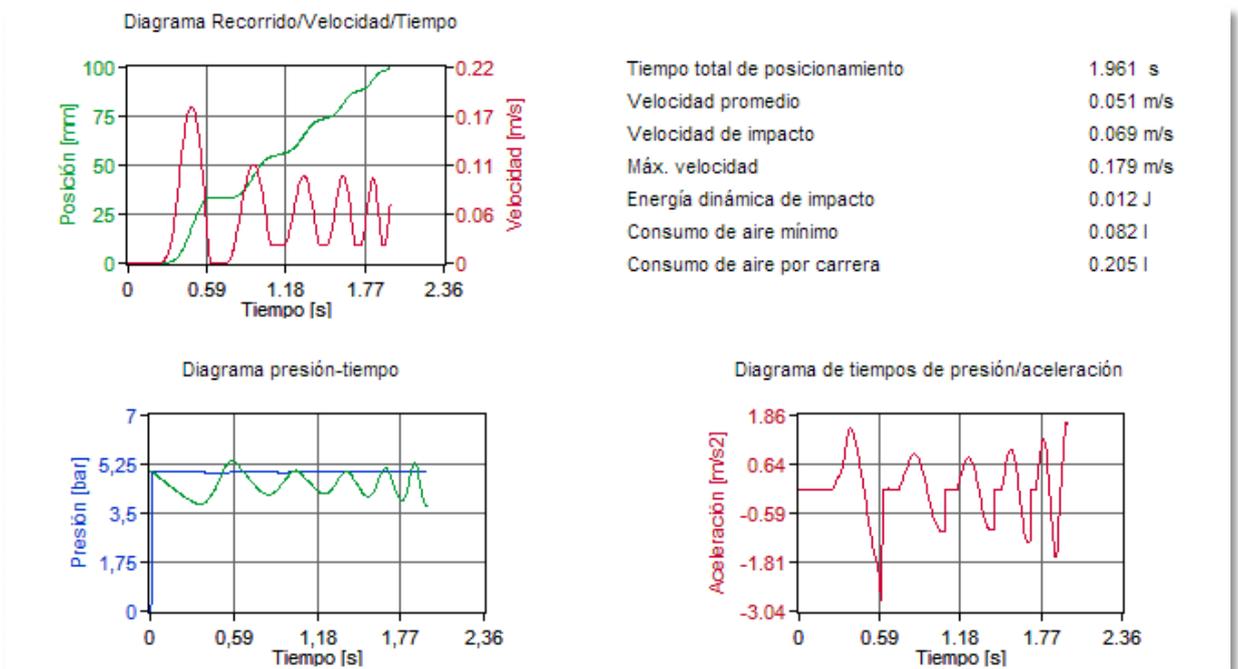
Nuestra incógnita es la longitud nominal del cilindro que deseamos adquirir en el mercado, La longitud nominal es la longitud que va a recorrer el cilindro en el módulo.

Parámetros deseados:

- Presión 5 Bares.
- Tiempo de posicionamiento esperado 2 seg.
- Longitud de carrera requerida 100 mm.
- Ángulo de instalación 0 deg.
- Masa de movimiento 5 Kg.
- Largo de la Unidad de Mantenimiento a válvula 0.5 m.

- Largo de la válvula al cilindro 0.5 m.

Luego de ingresar estos parámetros seleccionamos accionamiento sin vástago y elegimos el diámetro que deseamos de nuestro cilindro en nuestro caso es el de 20 mm.



**Figura V- 14 Resultado de dimensionamiento del cilindro sin vástago.**

**Fuente:** Los Autores

Se aprecia que cumple con los parámetros requeridos en el tiempo ya que nos dio como resultado 1.961 segundos, y un consumo de aire considerable.

### 5.5.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA UNIDAD GIRATORIA

En la etapa de Desplazamiento Circular necesitamos una fuerza que pueda movilizar una carga de 2 Kg ya que debe movilizar la unidad de fijación, asegurando de que el desplazamiento se lo realice correctamente para ello, en el dimensionamiento de nuestra unidad lineal nos hemos basado en el software de Festo “Dimensionamiento neumático

con GSED”, es un programa muy sencillo de utilizar y útil a la vez, el único inconveniente es que el software no es descargable.

Parámetros deseados

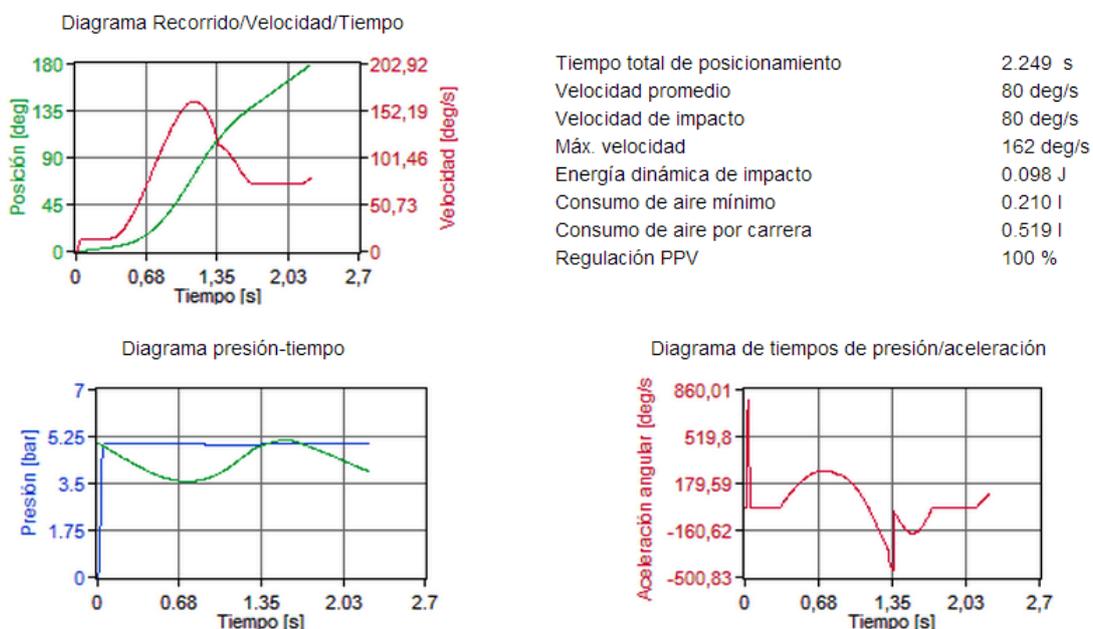
- Presión 5 Bares.
- Tiempo de posicionamiento esperado 2 seg.
- Momento de inercia de la masa 0.5 Kg.m<sup>2</sup>
- Ángulo inicial 0 deg
- Ángulo final 180 deg.
- Largo de la Unidad de Mantenimiento a válvula 0.5 m.
- Largo de la válvula al cilindro 0.5 m.

## GSED Resultado de la simulación

Imprimir

< Atrás

Seguir



**Figura V- 15 Resultado del dimensionamiento de la unidad de Giro**

**Fuente:** Los Autores

Se puede visualizar que los resultados están dentro del rango de 2 segundos con una regulación del 100% y un consumo considerable de aire por carrera.

#### **5.5.4 DIMENSIONAMIENTO DE LA PINZA NEUMÁTICA**

En la etapa de Fijación necesitamos una fuerza que pueda movilizar una carga de 250 g ya que debe sujetar la pieza y soportar el peso de los dedo de aluminio, asegurando de que el desplazamiento se lo realice correctamente para ello, en el dimensionamiento de nuestra unidad lineal nos hemos vasado en el software de Festo “*Selección de pinza angular*”, es un programa muy sencillo de utilizar y útil a la vez, el único inconveniente que tiene es que viene solo online.

Parámetros deseados:

- Presión 5 Bares.
- Distancia desde línea 0 a centro de gravedad 150 mm.
- Peso del Objeto 250 g.
- Ángulo de abertura necesario 30°.
- Peso de UNO de los dedos de la pinza 25 g.
- Distancia desde línea 0 al centro de gravedad del dedo 50 mm.
- Aceleración lineal máxima  $2 \text{ m/s}^2$
- Posición de la Pinza horizontal
- Sentido del pinzado cerrado
- Coeficiente friccional 0.5
- Factor de seguridad 2.

Type	Resultados			Máx. posible	
Fuerza de sujeción estática necesaria	4.9	N		114%	4.29 N
Fuerza de sujeción dinámica necesaria	5.9	N		137%	4.29 N
Distancia intermedia del punto de presión	35	mm		87%	40 mm
<u>Fuerza longitudinal dinámica en los dedos de pinzado</u>	0.3	N			25 N
Fuerza longitudinal dinámica Mx	0	Nm			0.6 Nm
Fuerza transversal dinámica My	0.2	Nm		32%	0.6 Nm
Momento transversal dinámico Mz	0	Nm			0.6 Nm

**Figura V- 16 Resultado del Dimensionamiento de la Pinza**

**Fuente:** Los Autores

Cumple con un buen porcentaje en lo que corresponde a Fuerza de sujeción estática y dinámica, fuerza transversal y la distancia intermedia del punto de presión, con respecto a la fuerza longitudinal está entre 0.3 N y 25 N, misma que es suficiente para la eficiencia de fijación en el módulo.

## 5.6 DISEÑO DE LA PARTE NEUMÁTICA

### 5.6.1 DESCRIPCIÓN

Una de las partes primordiales para el movimiento del módulo didáctico, es el sistema neumático. Este sistema permite el funcionamiento del diferente elemento neumático de la estación de fijación, presionado, desplazamiento lineal, las electroválvulas, cilindros neumáticos sin vástago y músculo neumático simple efecto para la secuencia.

Se debe tener mucho cuidado al momento de realizar el montaje neumático, principalmente se debe tener en cuenta las distancias de la carrera de los actuadores neumáticos.

El sistema puede trabajar con presión de aire de hasta 6 bares según las características de los elementos, para evitar daños se recomienda trabajar con 5 bares de presión.

### 5.6.2 ESQUEMA NEUMÁTICO

Para el proceso el sistema neumático se lo adecuó para que realice el movimiento de la mesa giratoria, expulsión de la pieza y el control de la cantidad de aire que suministra la válvula para regular la presión.

El sistema consta de los siguientes elementos.

SIMBOLOS DEL ESQUEMA NEUMÁTICO	
DESIGNACIÓN	COMPONENTE
A	PINZA NEUMÁTICA DE SUJECIÓN
B	CILINDRO SIN VÁSTAGO
C	UNIDAD GIRATORIA
D	MUSCULO NEUMÁTICO
V1	VÁLVULA DISTRIBUIDORA 5/2
V2	VÁLVULA DISTRIBUIDORA 5/2
V3	VÁLVULA DISTRIBUIDORA 5/3
V4	VÁLVULA DISTRIBUIDORA 5/2
V5	VÁLVULA ESTRANGULADORA
-	UNIDAD DE MATENIMIENTO
-	FUENTE DE AIRE COMPRIMIDO

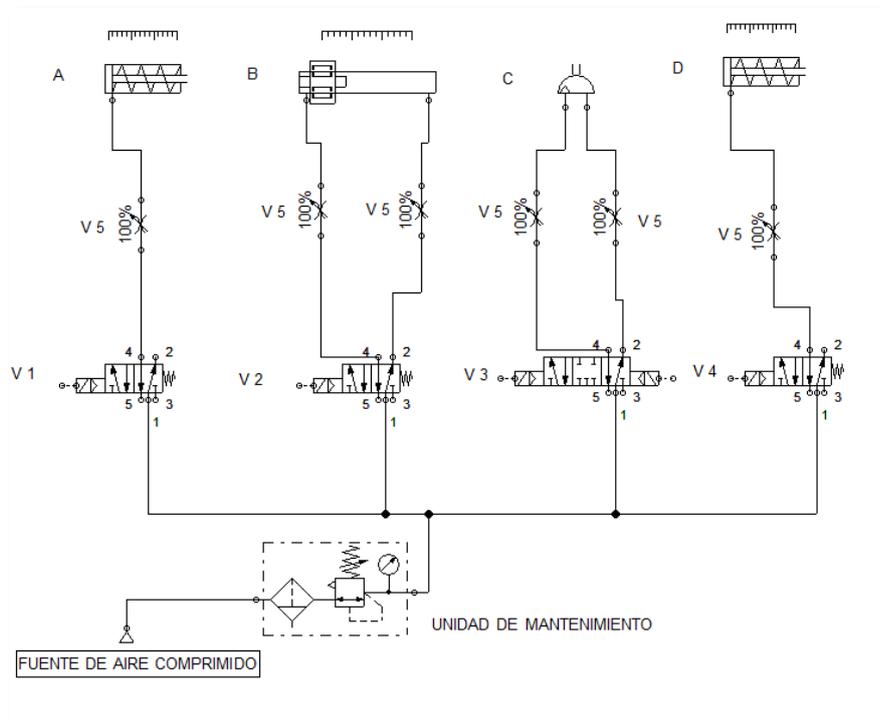
**Tabla V- VII** Tabla de símbolos de esquema neumático

**Fuente:** Los Autores

Parte neumática simulado en Fluidsim<sup>20</sup>. (Ver Figura V- 17)

## NOTA

Como el músculo neumático no se encuentra en el software de simulación de FluidSIM procedemos solo a simularlo como un cilindro de simple efecto debido a que realizan el mismo trabajo, se diferencian en la tecnología de desarrollo.



**Figura V- 17 Esquema de sistema neumático**

**Fuente:** Los Autores

## 5.7 SISTEMA DE CONTROL

### 5.7.1 PROGRAMACIÓN DEL PLC MODICON M340

#### Descripción

<sup>20</sup> Fluidsim: Es una aplicación pensada para la creación, simulación, instrucción y estudio electropneumático, electrohidráulico y de circuitos digitales.

La programación del Modicon M340 se realizó con el software Unity Pro, que está especialmente diseñado para programar autómatas Telemecanique como es el caso. Este software soporta programación en los lenguajes LD (lenguaje de contactos), DFB (bloque de funciones derivados), IF (Funciones de Instrucciones), ST (testo estructurado) y FBD (diagrama de bloque de función). El lenguaje en que se desarrolló el proyecto fue en LD.

Para realizar la programación del PLC, se analiza el funcionamiento de todas las etapas, sus tipos de señales a controlar y transiciones, haciendo que todas las operaciones del sistema trabajen autónoma y manualmente.

### **Señales de entrada/salida al PLC Modicon M340**

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 memorias, su tipo de señal y su función para realizar una respectiva conexión y poder desarrollar el programa de control en el software y se le asigna nombres que vaya relacionado a la función que realicen. (Ver Tabla V- VIII)

### **Implementación de la secuencia en el Unity Pro.**

La secuencia a seguir es la siguiente:

- 1) Si se detecta una pieza de trabajo en el dispositivo de agarre y el botón START ha sido accionado, la pieza de trabajo se sujeta por la pinza neumática.
- 2) La pieza de trabajo se transporta a la prensa 90°.
- 3) El inserto de la pieza de trabajo se presiona en la carcasa.
- 4) La pieza de trabajo se gira otros 90°.

- 5) El accionamiento lineal se desplaza, a la izquierda hacia la otra estación
- 6) La pinza neumática libera la pieza de trabajo
- 7) El accionamiento lineal se retrae.
- 8) El dispositivo de agarre gira a la posición inicial a espera de otra pieza.

Teniendo bien en claro las secuencias de trabajo y realizado el Graficet correspondiente, se realiza el paso al lenguaje Ladder (LD) el cual será cargado en el PLC que controle la secuencia automáticamente.

## **5.8 PROGRAMACIÓN DE LA PANTALLA DEL OPERADOR**

La programación de la pantalla del operador se la realizó en el mismo UNITY PRO ya que como vimos anteriormente es un sistema completo de programación y puesta a punto de controladores y pantallas HMI.

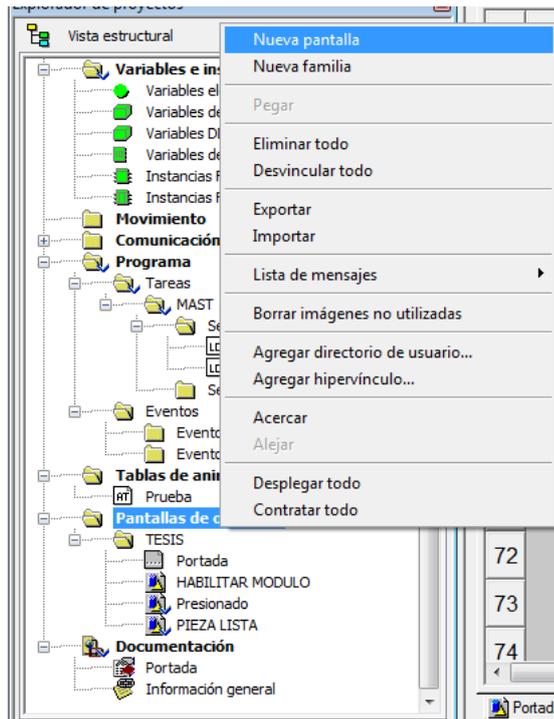
Para incorporar el panel al proyecto se procede a dar clic derecho sobre Pantalla Del Operador y luego, agregar nueva pantalla y a continuación se muestra un cuadro de diálogo que permite seleccionar las configuraciones de pantalla. (Ver Figura V- 18)

Ahora la pantalla se encuentra lista para ingresar botones, gráficos, imágenes que controlen nuestro proceso. Por lo tanto las variables HMI usadas son las mismas variables que fueron creadas en el dispositivo Modicon M340, las imágenes que se mostrarán depende en todo momento en la etapa que se encuentren, es decir la activación/desactivación de determinadas pantallas depende de la transición o activación de la etapa en el controlador. (Ver Figura V- 19)

<b>TABLA DE VARIABLES DEL PLC</b>		
<b>SEÑALES DE ENTRADA</b>		
<b>NOMBRE</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>FUNCIÓN</b>
Fibra	%I0.1.3	Detecta la presencia de la pieza
Sensor_0	%I0.2.4	Detecta cuando la pinza esta en 0º
Sensor_90	%I0.2.5	Detecta cuando la pinza esta en 90º
Sensor_180	%I0.2.6	Detecta cuando la pinza esta en 180º
Inicio	%I0.1.12	Es el pulsador para iniciar el modulo
Lideal_Der	%I0.1.1	Detecta cuando el cilindro sin vástago está a la derecha del modulo
Lideal_Izq	%I0.1.0	Detecta cuando el cilindro sin vástago está a la izquierda del modulo
Llave	%I0.1.15	Selecciona entre Manual y Automático
Paro	%I0.1.13	Para todo el sistema
Receptor	%I0.1.2	Es para comunicación entre Módulos Adyacentes
Reset	%I0.1.14	Reinicia todo el sistema
I4	%I0.1.9	Entrada 4
I5	%I0.1.8	Entrada 5
I6	%I0.1.10	Entrada 6
I7	%I0.1.11	Entrada 7
<b>SEÑALES DE SALIDA</b>		
Emisor	%Q0.2.3	Es para comunicación entre Módulos Adyacentes
Lineal	%Q0.2.2	Activa el cilindro sin vástago
Giratprio_1	%Q0.2.4	Activa la unidad giratoria en sentido horario
Giratprio_2	%Q0.2.5	Activa la unidad giratoria en sentido anti horario
Musculo	%Q0.2.0	Acciona al Músculo Neumático
Pinza	%Q0.2.8	Acciona la Pinza Neumática
Rojo	%Q0.2.13	Activa un led de color rojo
Verde	%Q0.2.12	Activa un led de color verde
Q4	%Q0.2.8	Activa un led referente a la salida 4
Q5	%Q0.2.9	Activa un led referente a la salida 5
Q6	%Q0.2.15	Activa un led referente a la salida 6
Q7	%Q0.2.14	Activa un led referente a la salida 7

**Tabla V- VIII Tabla de E/S del PLC**

**Fuente:** Los Autores



**Figura V- 18 Inserción de nueva pantalla en el proyecto**

**Fuente: Los Autores**

Nombre	Tipo	Dirección	Valor	Comentario	Marcas de tiempo
● Llave	EBOOL	%I0.15			Ninguno
● M1	BOOL				Ninguno
● M2	BOOL				Ninguno
● M3	BOOL				Ninguno
● M4	BOOL				Ninguno
● M5	BOOL				Ninguno
● M6	BOOL				Ninguno
● M7	BOOL				Ninguno
● M8	BOOL				Ninguno
● M9	BOOL				Ninguno
● M10	BOOL				Ninguno
● M11	BOOL				Ninguno
● M12	BOOL				Ninguno
● M13	BOOL				Ninguno
● M14	BOOL				Ninguno
● M15	BOOL				Ninguno
● M20	BOOL				Ninguno
● M21	BOOL				Ninguno
● M22	BOOL				Ninguno
● M23	BOOL				Ninguno
● M24	BOOL				Ninguno
● M25	BOOL				Ninguno
● M26	BOOL				Ninguno
● M27	BOOL				Ninguno
● M28	BOOL				Ninguno
● Musculo	EBOOL	%Q0.2.0			Ninguno
● Paso	EBOOL	%I0.1.13			Ninguno
● Pinza	EBOOL	%Q0.2.1			Ninguno
● Q4	EBOOL	%Q0.2.8			Ninguno
● Q5	EBOOL	%Q0.2.9			Ninguno
● Q6	EBOOL	%Q0.2.15			Ninguno
● Q7	EBOOL	%Q0.2.14			Ninguno
● Receptor	EBOOL	%I0.1.2			Ninguno
● Reset	EBOOL	%I0.1.14			Ninguno
● Rsg	EBOOL	%Q0.2.13			Ninguno
● T_1	EBOOL				Ninguno
● T_2	EBOOL				Ninguno
● T_3	BOOL				Ninguno
● T_4	BOOL				Ninguno
● T_5	BOOL				Ninguno
● T_6	BOOL				Ninguno
● T_7	BOOL				Ninguno

**Figura V- 19 Inserción de nueva pantalla en el proyecto**

**Fuente: Los Autores**

## Pantallas

- Pantalla de Inicio o habilitación del módulo completo. El botón HABILITAR MODULO habilita todas las funciones y etapas del proceso, y direcciona hacia la pantalla de etapa de sujeción. (Ver Figura V- 20)



**Figura V- 20 Pantalla de inicio**

**Fuente:** Los Autores

- Pantalla de etapa de sujeción, se activa únicamente cuando la pieza se encuentra en la pinza, posee indicadores para los sensores de fibra óptica, para cuando la pinza se accione, para identificar si la pinza está en la posición correcta, utilizamos las señales de los sensores lineal y giratorio.



**Figura V- 21 Pantalla de etapa de sujeción**

**Fuente:** Los Autores

- Pantalla de etapa de prensado, aparece esta pantalla después de presionar el botón en la etapa de sujeción, cuando la pieza se encuentre en el módulo de presionado, tiene indicadores que nos muestra la posición actual de la pieza, para saber en qué lugar está la unidad giratoria y si la pieza fue presionada correctamente.



**Figura V- 22 Pantalla de etapa de sujeción**

**Fuente:** Los Autores

- La pantalla de etapa de traslado aparece cuando se acciona el botón traslado en la etapa de prensado, tenemos indicadores que nos muestra si se está desplazando la pinza y cuando llega a su destino de expulsión.



**Figura V- 23 Pantalla de etapa de Traslado**

**Fuente:** Los Autores

## CAPÍTULO VI

### 6 PRUEBAS Y RESULTADOS

#### 6.1 ANÁLISIS Y PRUEBAS

##### Análisis de aceptación del Módulo

Para comprobar la aceptación del módulo se recurrió a realizar una encuesta a docentes y estudiantes de Octavo y Noveno semestre de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, siendo los más indicados, puesto que en estos niveles se aborda cátedras relacionadas con Neumática, Electroneumática y Control de Procesos.

##### Selección de la Muestra

Para seleccionar una muestra nos basamos en las siguientes formulas tomando en cuenta de que vamos a emplear universos pequeños finitos:

$$n_0 = \left(\frac{z}{\varepsilon}\right)^2 * p * q \quad \text{Ecuación (1)}$$

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \quad \text{Ecuación(2)}$$

Dónde:

**$n_0$** : Cantidad teórica de elementos de la muestra.

**n:** Cantidad real de elementos de la muestra a partir de la población asumida o de los estratos asumidos en la población.

**N:** Número total de elementos que conforman la población, o número de estratos totales de la población.

**z:** Valor estandarizado en función del grado de confiabilidad de la muestra calculada.

Algunos valores estandarizados (z) en función de grado de confiabilidad asumido:

Valor de Z	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2,24	2,58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	97,5%	99%

**€:** Error asumido en el cálculo.

Toda expresión que se calcula contiene un error de cálculo debido a las aproximaciones decimales que surgen en la división por decimales, proponemos los siguientes valores óptimos del error para el cálculo del número de estratos de una muestra:

- Para  $3 \leq N \leq 10$  ----- Se asume  $\epsilon = 0.1$  (un error del 10 %).
- Para  $N > 10$  ----- Se asume  $\epsilon = 0.05$  (un error del 5 %).

**q:** Probabilidad de la población que no está de acuerdo.

Este es un parámetro muy importante, debido a que mediante el mismo se asume qué por ciento o proporción de la muestra no puede presentar las mismas características de la población, debido a diversos factores subjetivos y objetivos de las personas que conforman la población.

De la investigación realizada proponemos los siguientes valores:

- Para  $3 \leq N \leq 19$  ----- Se asume  $q = 0,01$  (un 1 %).
- Para  $20 \leq N \leq 29$  ----- Se asume  $q = 0,01$  hasta  $0,02$  (del 1 al 2 %).
- Para  $30 \leq N \leq 79$  ----- Se asume  $q = 0,02$  hasta  $0,05$  (del 2 al 5 %).
- Para  $80 \leq N \leq 159$  ----- Se asume  $q = 0,05$  a  $0,10$  (del 5 al 10 %).
- Para  $N \geq 160$  ----- Se asume  $q = 0,05$  a  $0,20$  (del 5 al 20 %).

**p:** Probabilidad de la población que está de acuerdo.

Dicho de una forma más comprensible, es la probabilidad que tiene la muestra en poseer las mismas cualidades de la población y está determinada por:

$$p + q = 1 \text{ (Probabilidad máxima)}$$

### **Cálculo de la Muestra**

- a) Para nuestro cálculo se asumió un grado de confiabilidad de un 95 %, por lo tanto:  $z = 1,96$
- b) Asumimos un error del 5 % (0,05) para una población de 50 individuos entre estudiantes y profesores de octavo y noveno semestre de la escuela de ingeniería electrónica en control y redes industriales, por lo que.
- c) Del análisis anterior, aplicando la tabla para los valores de  $q$ , se asume trabajar con el 3 %, es decir;  $q = 0.03$ .
- d) Determinado el valor de  $q$  (probabilidad de la proporción que no presenta las características), se puede determinar  $p$  mediante la expresión:

$$p = 1 - q$$

$$p = 1 - q$$

$$p = 1 - 0,01 = 0,99$$

$$p = 0,99$$

En la ecuación (1) se sustituyen los valores de cada variable y se determina el valor de  $n_0$  por:

$$n_0 = \left(\frac{Z}{\varepsilon}\right)^2 * p * q$$

$$n_0 = \left(\frac{1.96}{0.05}\right)^2 * 0.97 * 0.03$$

$$n_0 = 1536.64 * 0.97 * 0.03$$

$$n_0 = 44.72$$

Con esta muestra teórica encontrada procedemos a calcular la muestra real por medio de la ecuación 2:

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

$$n = \frac{44.72}{1 + \frac{44.72}{50}}$$

$$n = \frac{44.72}{1 + 0.89}$$

$$n = \frac{44.72}{1.89}$$

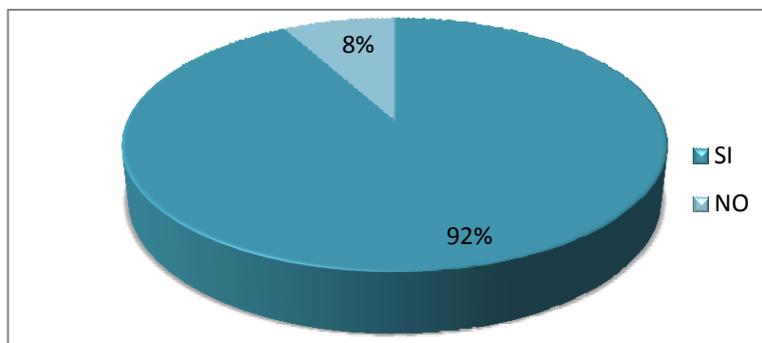
$$n = 23.61$$

$$n \approx 24 \text{ individuos}$$

### **Tabulación de Encuestas**

- 1. ¿Considera usted que la formación práctica dentro de la carrera de control y redes industriales es importante para fortalecer los conocimientos impartidos en clases?**

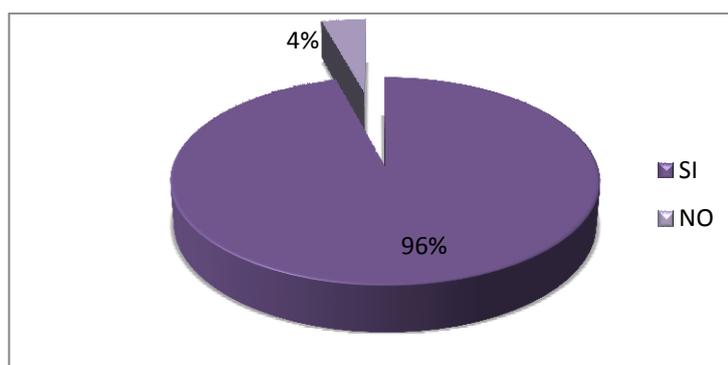
Respuesta	# de encuestados
SI	22
NO	2



**Análisis:** El resultado refleja que el 100% de las personas participantes considera que la práctica es muy importante porque pueden visualizar los elementos de una manera real además de asimilar de una mejor manera los conocimientos, adquiriendo una mejor perspectiva para posteriormente desempeñarse en el campo industrial.

**2. ¿Piensa usted que un módulo didáctico de automatización, permite al estudiante y profesor tener un método de aprendizaje interactivo y visual?**

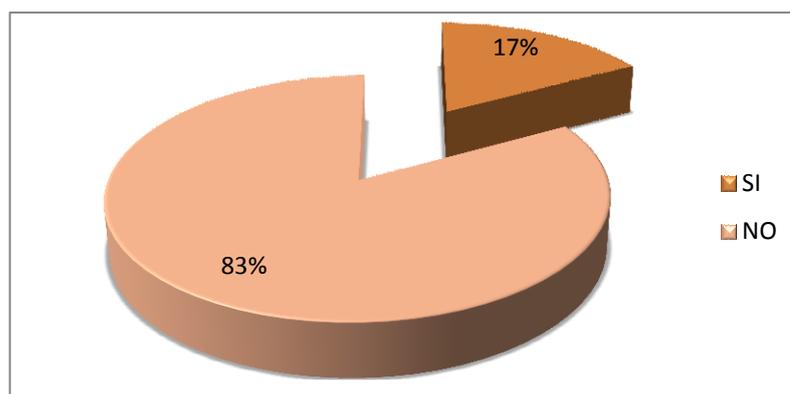
Respuesta	# de encuestados
SI	23
NO	1



**Análisis:** El 96%, es decir 23 de los encuestados afirman que este módulo didáctico aportaría para el aprendizaje interactivo y visual, y solo un 4%, es decir 1 encuestado no comparten esta idea.

3. **¿Ha realizado anteriormente prácticas en el área de la Electroneumática con sistemas que utilizan musculo neumáticos y unidades giratorias neumáticas?**

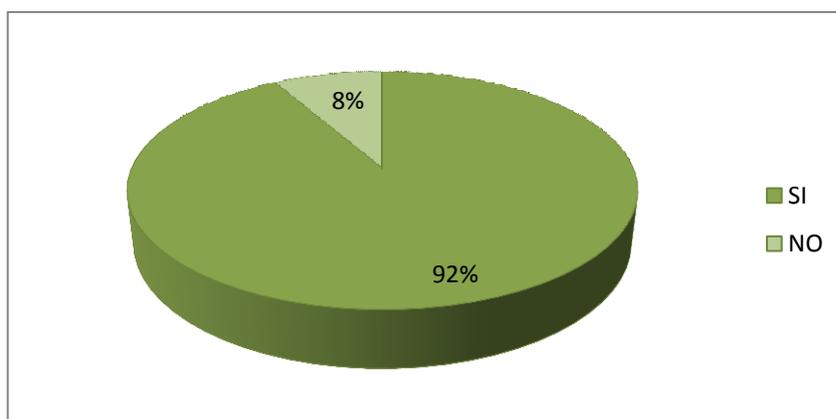
Respuesta	# de encuestados
SI	4
NO	20



**Análisis:** El 83% de los participantes, es decir 20 personas no han realizado anteriormente prácticas en el área de la Electroneumática con elementos como musculo neumático y unidad giratoria neumática, y apenas el 17%, es decir 4 personas si han tenido la oportunidad de realizar estas prácticas lo que significa que nuestro modulo va permitir que la mayoría de los estudiantes y profesores adquieran conocimientos sobre estas nuevas tecnologías en la neumática.

4. **¿Considera usted que el Módulo Didáctico “DISEÑO, DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE PRESIONADO CON MÚSCULO NEUMÁTICO”, fortalece los conocimientos de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería en Control y Redes Industria?**

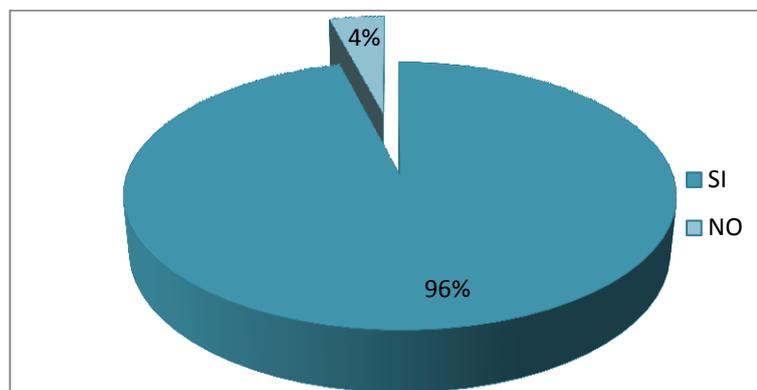
Respuesta	# de encuestados
SI	22
NO	2



**Análisis:** El 92% de los participantes consideran que el Módulo Didáctico “DISEÑO, DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE PRESIONADO CON MÚSCULO NEUMÁTICO” fortalecerá los conocimientos en los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales puesto que consideran que de esta manera tienen a disposición elementos reales y actuales para reforzar los conocimientos teóricos y el 8% no comparten con esta propuesta.

5. **¿Considera que este tipo de módulos se debe implementar en la Escuela de Ingeniería en Control y Redes Industriales?**

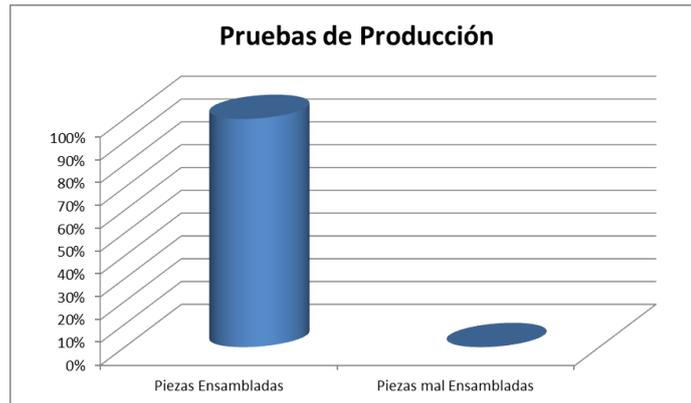
Respuesta	# de encuestados
SI	23
NO	1



**Análisis:** El 96% de los participantes consideran que este tipo de módulos se debería implementar en la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales para tener un lugar donde adquirir conocimientos prácticos y el 4% no comparten con esta disposición.

### **Pruebas de Funcionamiento**

Después de la implementación de la prensa neumática se procedió a poner en marcha el sistema realizándose pruebas de precisión y ensamblaje para verificar la eficacia de la prensa neumática, se tomó una muestra de 24 piezas de un universo de 50 piezas existentes en laboratorio de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales para verificar el presionado, tomando los mismos valores de la muestra anteriormente explicado en las encuestas, estos valores se ven reflejados en la siguiente figura.



Se obtuvo un 100% en el ensamblado de las piezas ensambladas, es decir; las 24 piezas que ingresamos para ser presionadas, se obtuvo en la etapa final del módulo las mismas 24 piezas con excelente presionado dando como resultado piezas bien ensambladas.

## 6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Mediante las encuestas realizadas y los datos tabulados obtenidos se determinó aproximadamente un 90% de aceptación del Módulo Didáctico “DISEÑO, DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DIDÁCTICA DE PRESIONADO CON MÚSCULO NEUMÁTICO” esta estación servirá como apoyo en el proceso de enseñanza y aprendizaje en la Escuela de Ingeniería Electrónica, Control y Redes Industriales de la ESPOCH.
- Después de haber realizado las comparaciones de las piezas que ingresan al sistema con las que salen del mismo, se concluye que el sistema de producción modular realiza el presionado en un 100% a los manómetros que se encuentran mal ensamblados en la línea de producción, permitiendo que solo los manómetros correctamente ensamblados avancen a la siguiente estación. Por lo tanto el sistema de producción modular es óptimo y confiable.

## CONCLUSIONES

- Mediante la utilización de software de simulación, se logró tener una proyección del comportamiento aproximado de cada uno de los dispositivos neumáticos escogidos así como también se pudo observar y corregir posibles fallos obteniéndose un sistema seguro, versátil y óptimo a la hora del consumo de recursos neumáticos.
- Antes de seleccionar las partes y dispositivos, se estudió cada uno de ellos facilitándonos la obtención de información de características tanto económicas como de trabajo, misma que nos permitió optimizar los recursos utilizados en el presente proyecto.
- El sistema de monitorización implementado, ayuda a determinar el deterioro o daños en los elementos controlados así como también la visualización en tiempo real de la ejecución de los distintos procesos que se ejecutan en la estación de presionado.
- Se ha logrado el principal objetivo como es el de implementar un proceso controlado con músculo neumático el cual forma parte de un completo sistema de ensamblaje, dotado de un sistema de monitoreo donde se puede interactuar directamente con cada etapa del proceso, permitiendo al estudiante y profesor tener un método de aprendizaje interactivo y visual que facilita en gran medida la comprensión de todos sus aspectos, desde del diseño y características de los componentes hasta el dimensionado y puesta en marcha del equipo.

## RECOMENDACIONES

- 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.
- Para tener una precisión en las 3 posiciones de la unidad giratoria es recomendable realizar el respectivo ajuste cuando exista presión en el actuador.
- Tener cuidado durante la conexión de la alimentación de los dispositivos electrónicos ya que estos son muy sensibles y ante malas conexiones podrían dañarse.
- Siempre tener muy en cuenta las especificaciones de cada fabricante y el manual aquí descrito, acerca del montaje, instalación y puesta en marcha de la estación.
- El músculo neumático es un actuador que ejerce únicamente una fuerza de tracción. La expansión del diámetro no se puede aprovechar para operaciones de sujeción, ya que la membrana sufriría daños por fricción exterior.
- La estación de presionado con músculo neumático es en gran parte libre de mantenimiento. Sin embargo es recomendable limpiar periódicamente con un paño suave los lentes de los sensores ópticos, la superficie activa del sensor de proximidad, no se debe usar productos de limpieza agresivos ni abrasivos.
- Si bien es recomendable utilizar dispositivos propuestos por el estudio de diseño y dimensionamiento, muchos de estos pueden exceder el alcance económico, por tal motivo se puede recurrir a dispositivos que realicen un trabajo equivalente o similar.

## **RESUMEN**

Se realizó el diseño, dimensionamiento e implementación de una estación de presionado con músculo neumático junto con un sistema de visualización (HMI) para el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

El método inductivo, técnicas de lógica cableada y control automático, nos ayudaron a realizar la programación y cableado de los dispositivos utilizados.

La estación de prensa Neumática, inserta piezas en cuerpos. El actuador giratorio/lineal (dispositivo de transferencia) mueve la carcasa con el inserto bajo la prensa. El músculo neumático realiza la operación de prensado. La pieza acabada es transportada a la posición de transferencia utilizando el actuador giratorio/lineal. Un sensor de fibra óptica fijada al brazo del actuador detecta la pieza. La presión, velocidad y profundidad de prensado pueden ajustarse manualmente a través de un regulador de presión, el sistema es controlado por un PLC Modicon M 340, la programación tanto del PLC como del HMI se la realizó en el software Unity Pro.

Luego de la implementación de la prensa neumática se realizaron pruebas a 50 piezas para verificar el presionado, obteniéndose un 100% en el ensamblado, también se efectuaron encuestas a alumnos y profesores obteniéndose un 90% en la aceptación del proyecto.

Se concluye que esta estación fortalecerá el proceso de aprendizaje de los alumnos de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales.

Se recomienda que asistentes del laboratorio brinden mantenimiento periódico a la prensa neumática.

## **SUMMARY**

The design, dimensioning and implementation of a pneumatic muscle pressing plant with a visualization system (HMI) has been designed for the laboratory of Electronics Engineering School in Control and Industrial Networks at Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

The inductive method, wiring logic techniques and automatic control were useful to carry out the programming and wiring of the used devices.

The pneumatic press plant attaches pieces in bodies. The linear/rotary actuators (transference device) move the framework with the attachment under the press. The pneumatic muscle carries out the pressing operation. The ended piece is carried to the transference position using the linear/rotary actuator. A fiber optic sensor attached to the actuator arm detects the piece. The pressure, speed and depth of pressing can adjust manually by a pressure regulator, the system is controlled by PLC (Programmable Logic Controller) Modicon M340; PLC and HMI (Human Machine Interface) programming was carried out in the Unity Pro software.

Tests to 80 pieces were carried out after implementing the pneumatic press in order to verify the pressing, getting 100% in the assembly, surveys applied to students and teachers were also used and 100% of project acceptance was gotten.

It is concluded that this plant will strengthen the student's learning process at the school mentioned above.

It is recommended that laboratory assistants give regular maintenance to the pneumatic press.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. **DORF, R.**, Introducción a los sistemas de control., 10a. ed., Madrid-España., University of California., 2005., Pp. 2- 36
2. **KUO, B.**, Sistemas de control automático., 7a. ed., Naucalpan de Juárez-Mexico., Prentice-hall hispanoamericana S.A., 1996., Pp. 1-16.
3. **KATSUHIKO, O.**, Variables de los sistemas de control., 3a. ed., Naucalpan de Juárez-Mexico., Prentice-hall hispanoamericana S.A., 1998., Pp. 1-13.
4. **ACTUADOR LINEAL**  
<http://www.microautomacion.com>  
2013-08-5
5. **ACTUADOR GIRATORIO**  
[http://www.festo.com/cat/es\\_es/data/doc\\_es](http://www.festo.com/cat/es_es/data/doc_es)  
2013-07-25
6. **I/O TERMINAL**  
<http://www.festo-didactic.com/es-es/productos>  
2013-08-5
7. **MESA RODANTE**

<http://www.festo-didactic.com/es-es/productos/sistema>

2013-08-15

## **8. MÚSCULO NEUMÁTICO**

- [http://www.festo.com/cms/es\\_es](http://www.festo.com/cms/es_es)

2013-07-22

- <http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual>

2013-07-23

## **9. PINZA NEUMÁTICA**

[http://www.festo.com/cat/es\\_es/data/doc\\_es](http://www.festo.com/cat/es_es/data/doc_es)

2013-08-22

## **10. PLACA PERFILADA DE ALUMINIO**

<http://www.festo-didactic.com/es-es/productos/equipos>

2013-08-15

## **11. PLC**

<http://instrumentacionycontrol.net>

2013-10-22

## **12. PROLOG FACTORY**

<http://www.festo-didactic.com/es-es>

2013-07-22

## **13. SENSORES**

<http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia>

2013-08-2

## **14. SISTEMA DE PRODUCCIÓN MODULAR**

<http://www.festo-didactic.com>

2013-07-21

## **15. TECNOLOGÍA**

[http://www.festo.com/net/es\\_es/SupportPortal](http://www.festo.com/net/es_es/SupportPortal)

2013-08-5

## **16. UNIDAD DE MANTENIMIENTO**

<http://es.scribd.com/doc/35079386>

2013-08-22

## **17. VÁLVULAS NEUMÁTICAS**

- <http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/>

2013-08-23

- <http://sitioniche.nichese.com/valvulas.html>

2013-08-23

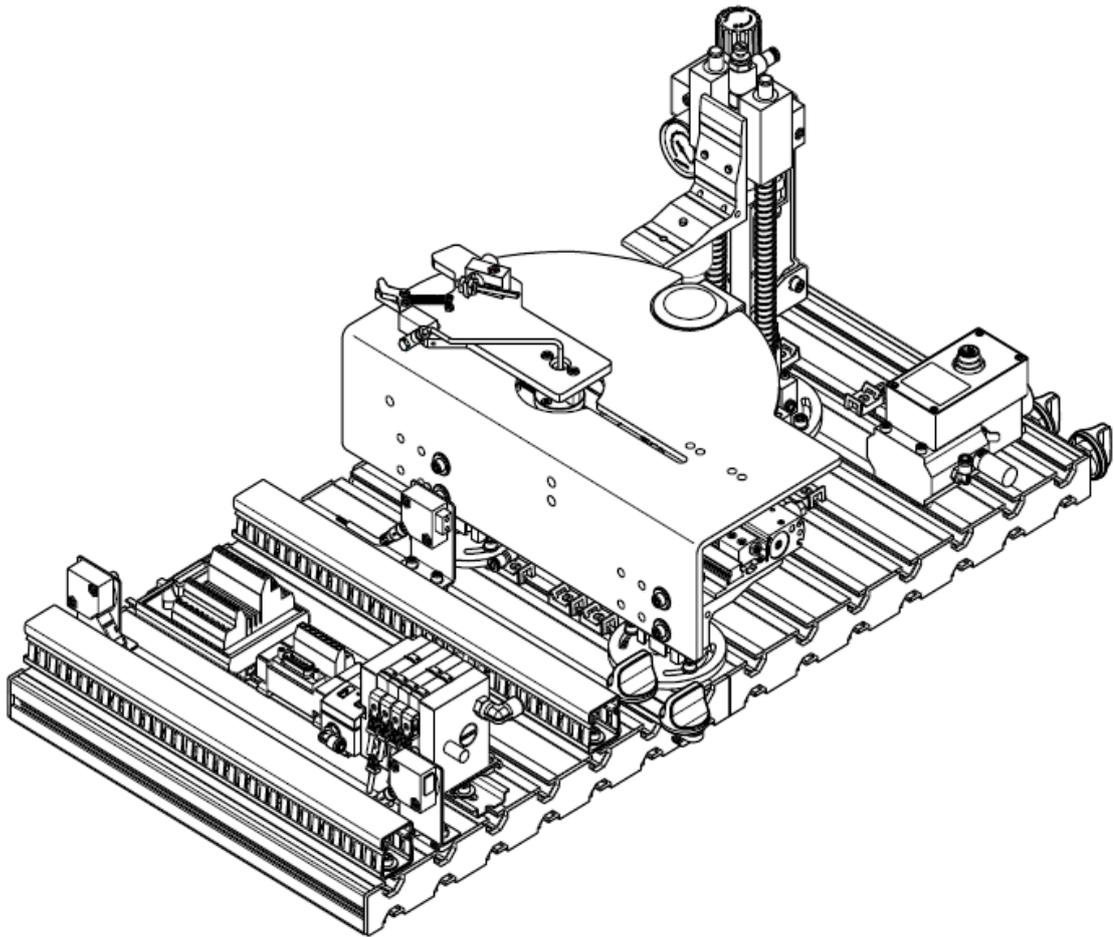
# **ANEXOS**

# **ANEXO 1**

## **MANUAL DE USUARIO**

## **PRENSA CON MÚSCULO NEUMÁTICO**

El sistema de presionado con músculo neumático ha sido concebido exclusivamente para la formación y el perfeccionamiento tanto profesional como académico en materia de sistemas y técnicas de automatización industrial. Por otra parte, la formación puede ser proporcionada para inculcar el espíritu de equipo, la disposición a cooperar y habilidades de organización. Los docentes a cargo deberán velar por que se adopten las medidas de seguridad descritas en el presente manual y que establecen las normas legales institucionales.



## Contenido

1	INDICACIONES DE SEGURIDAD .....	- 1 -
2	DESCRIPCIÓN BREVE .....	- 2 -
3	DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO .....	- 3 -
3.1	Función.....	- 3 -
3.2	Descripción de la secuencia .....	- 3 -
4	VISTAS Y HERRAMIENTAS.....	- 4 -
4.1	Herramientas para el montaje y la puesta en marcha .....	- 5 -
5	MONTAJE DE LA ESTACIÓN.....	- 6 -
5.1	Paso 1. Placa de perfil .....	- 6 -
5.2	Paso 2. Montaje de la placa de perfil y la consola de control .....	- 7 -
5.3	Paso 3. Conductos para cables .....	- 7 -

5.4	Paso 4: Sistema de montaje eléctrico .....	- 9 -
5.5	Paso 5: Componentes y módulos .....	- 10 -
5.5.1	Armado del musculo neumático.....	- 11 -
5.6	Paso 7: Montaje completo.....	- 13 -
6	PUESTA EN MARCHA.....	- 14 -
6.1	Estación de trabajo .....	- 14 -
6.2	Inicio de la secuencia .....	- 15 -
7	COMBINACIÓN DE ESTACIONES .....	- 16 -
8	MANTENIMIENTO.....	- 16 -

## **INDICACIONES DE SEGURIDAD**

En aras de su propia seguridad, tenga en cuenta las siguientes instrucciones de seguridad:



### **General**

- Los alumnos sólo deben trabajar en una estación bajo la supervisión de un instructor.
- Tenga en cuenta la información de las hojas de datos de los componentes individuales, en particular todas las instrucciones de seguridad

### **Eléctrico**

- Las conexiones eléctricas deben ser conectadas o desconectadas sólo cuando la fuente de alimentación esté apagada
- Utilice sólo extra-baja-tensiones de hasta máx. 24 V DC.

### **Neumático**

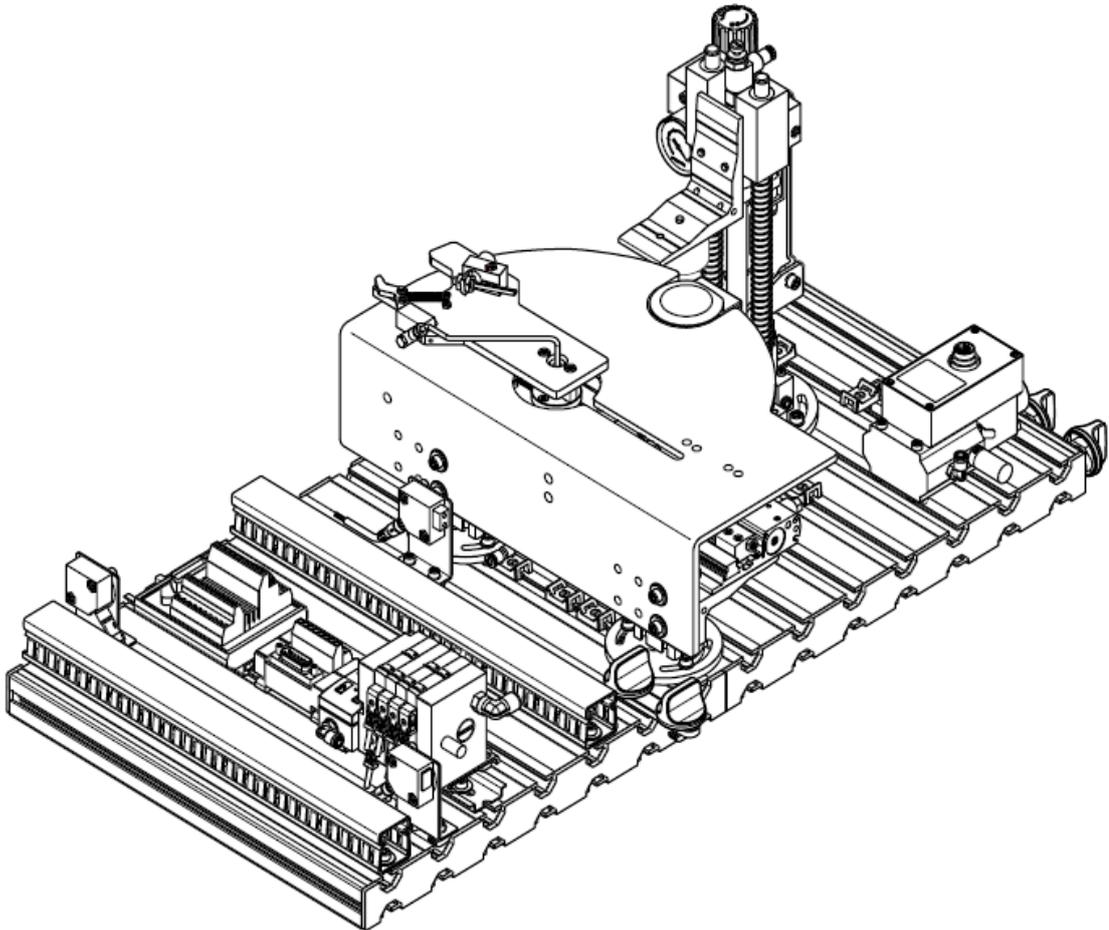
- No exceda la presión máxima permisible de 5bar (75 PSI).
- No conectar el suministro de aire comprimido hasta que haya establecido y asegurado todas las conexiones de las mangueras.
- No desconecte las líneas de aire con presión.
- Especial cuidado, debe ser tomado al conectar el suministro de aire comprimido. Los cilindros pueden avanzar o retraer cuando el aire comprimido está encendido

### **Mecánico**

- Conecte todos los componentes de forma segura en la placa de montaje.

- No hay intervención manual se llevará a cabo a menos que la máquina esté en reposo.

## DESCRIPCIÓN BREVE



La estación de Presionado con músculo neumático es un dispositivo de ajuste forzado automatizado.

Las piezas de ensamblaje son: un reloj, un termómetro y un higrómetro.

La estación de presionado con músculo neumático contiene lo siguiente:

- Módulo de prensa con músculo neumático
- Módulo giratorio/lineal
- Placa de perfil
- Mesa rodante
- Consola de control

- Placa de PLC

## **DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO**

### **Función**

La estación, termina de colocar piezas de dial o carátula de dispositivos indicadores en cuerpos base. El actuador giratorio/lineal (dispositivo de transferencia) mueve la carcasa con el inserto bajo la prensa. El músculo neumático realiza la operación de prensado. La pieza acabada es transportada a la posición de transferencia utilizando el actuador giratorio/lineal. Un sensor de fibra óptica fijada al brazo del actuador detecta la pieza. La presión, velocidad y profundidad de prensado pueden ajustarse manualmente a través de un regulador de presión, el sistema es controlado por un PLC Modicon M 340, la programación y HMI es realizado en el software Unity Pro.

### **Descripción de la secuencia**

#### **Posición inicial**

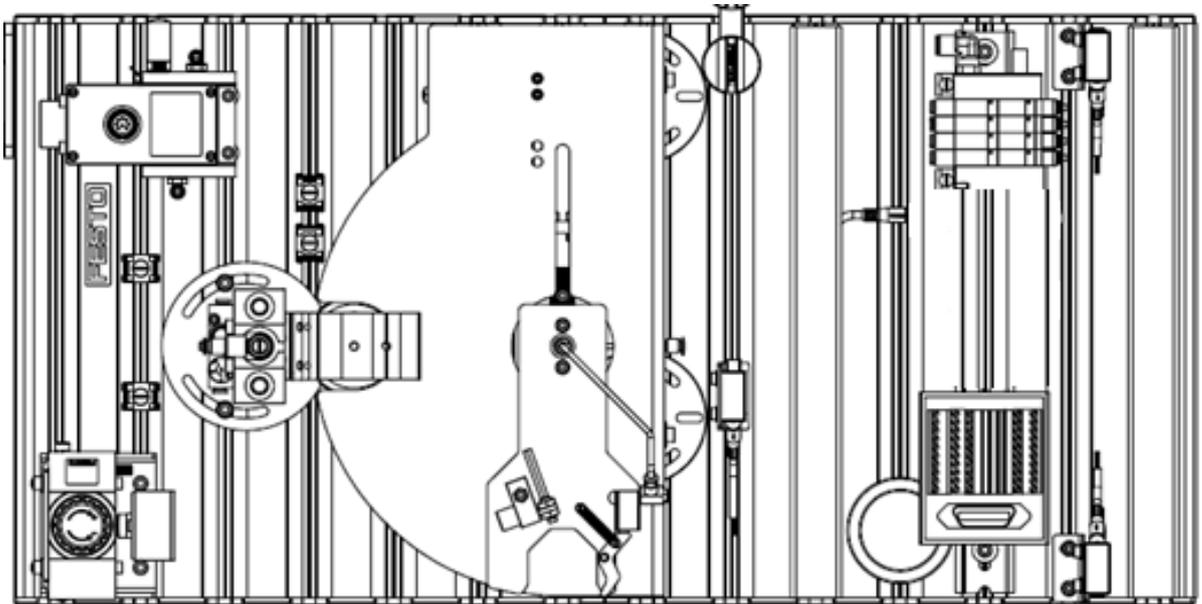
- Accionamiento lineal retraído
- Unidad de Rotación en la posición de espera (Frente a la estación que envía el material a procesar)
- Músculo neumático arriba

#### **Secuencia**

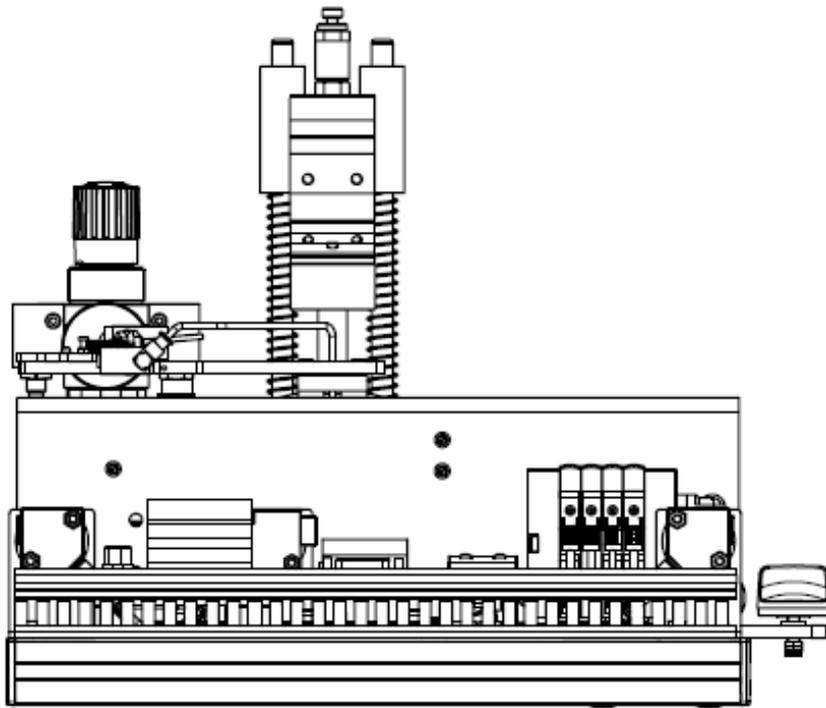
- 9) Si se detecta una pieza de trabajo en el dispositivo de agarre y el botón START ha sido accionado, la pieza de trabajo se sujeta por la pinza neumática.
- 10) La pieza de trabajo se transporta a la prensa 90°.
- 11) El inserto de la pieza de trabajo se presiona en la carcasa.
- 12) La pieza de trabajo se gira otros 90°.
- 13) El accionamiento lineal se desplaza, a la izquierda hacia la otra estación
- 14) La pinza neumática libera la pieza de trabajo

- 15) El accionamiento lineal se retrae.
- 16) El dispositivo de agarre gira a la posición inicial a espera de otra pieza.

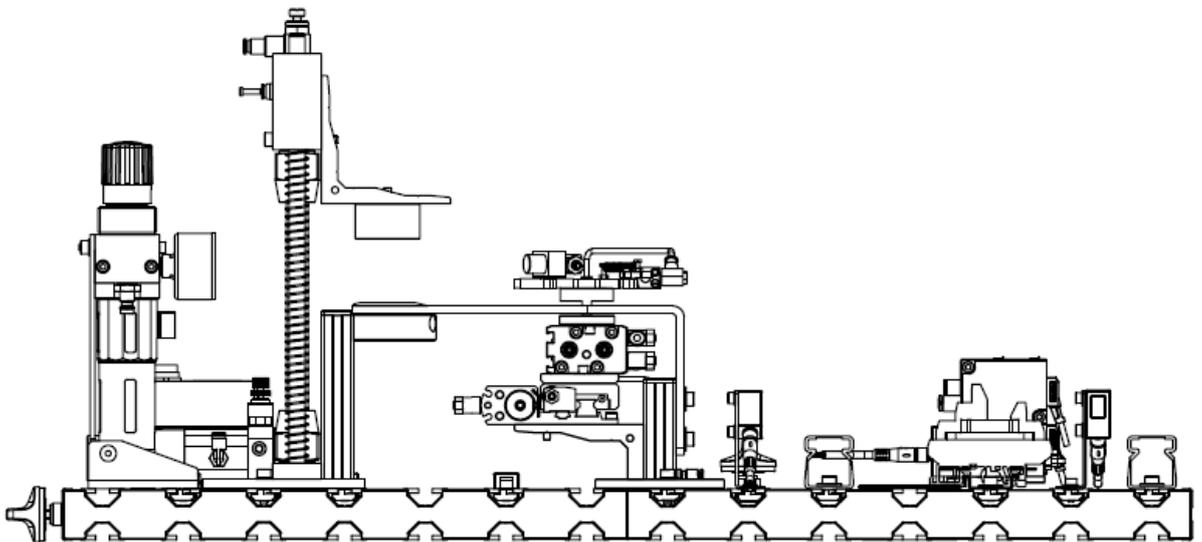
## VISTAS Y HERRAMIENTAS



Vista en planta



Vista lateral



Vista frontal

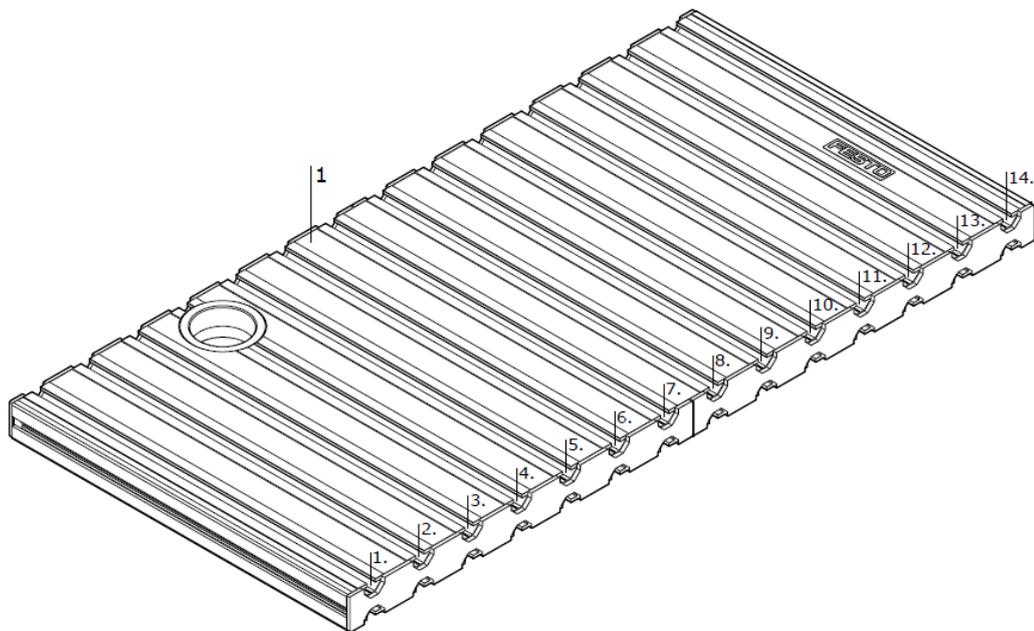
### Herramientas para el montaje y la puesta en marcha

- Llaves de boca, 7 mm x 8 mm, 9 mm x 10 mm, 12 mm x 13 mm, 22 mm x 24 mm
- Llave inglesa ajustable
- Tubo Llave 9 mm x 10 mm

- Llaves Allen de 3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm
- Destornillador PZ 2
- Destornillador plano 2,5 mm, 4 mm
- Destornillador de 1,2 mm
- Alicates de corte de alambre
- Corta tubería
- Cortador de cable de fibra óptica

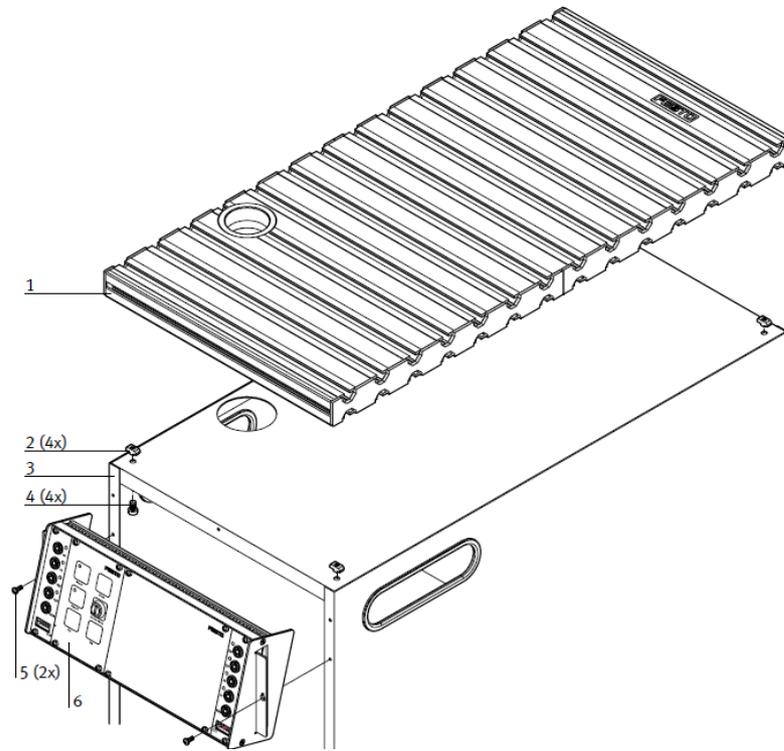
## MONTAJE DE LA ESTACIÓN

### Paso 1. Placa de perfil



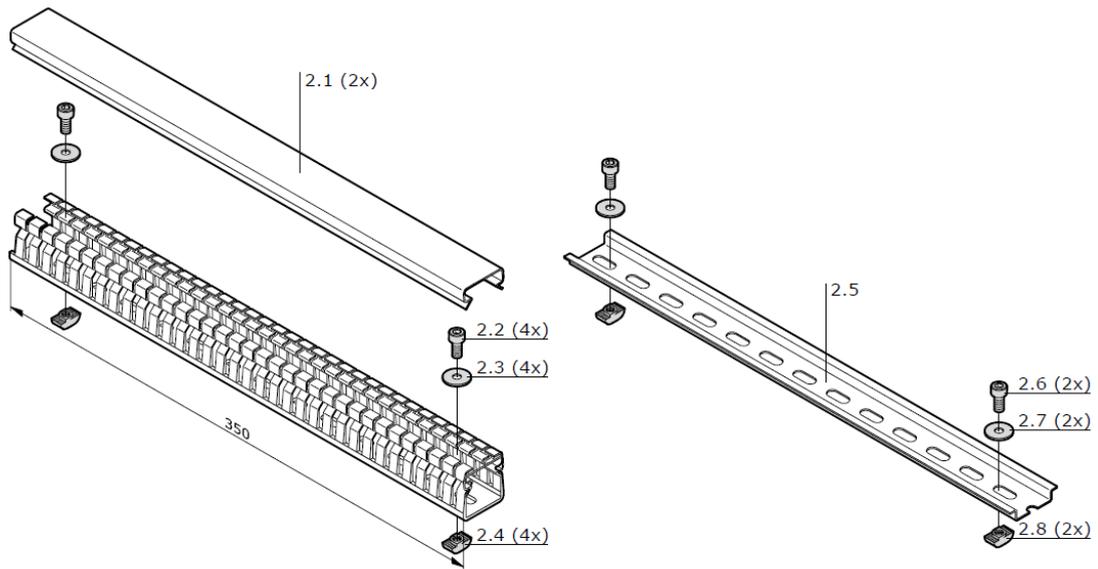
1	Placa de Perfil
1.-14.	Ranuras

## Paso 2. Montaje de la placa de perfil y la consola de control



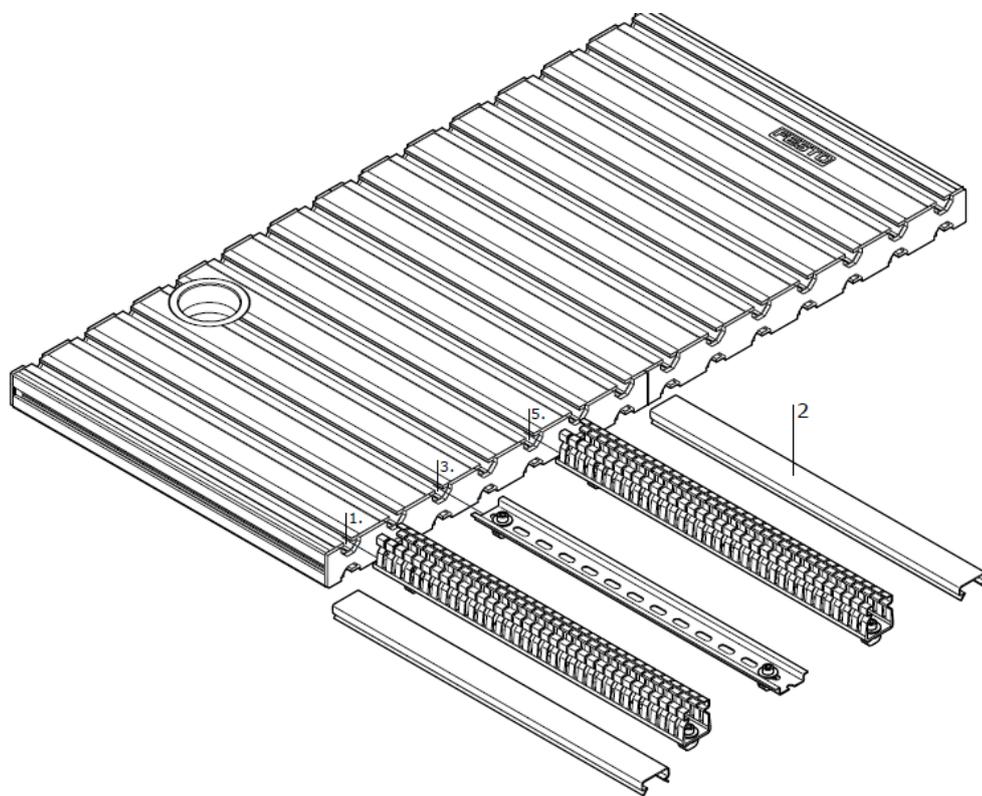
1	Placa de perfil
2	Tuerca con cabeza M6 x 32 (4x)
3	Mesa rodante
4	Tornillo M6x10 (4x)
5	Tornillo 3.5x9 (2x)
6	consola de control

## Paso 3. Conductos para cables



2.1	Canaleta
2.2	Cabeza del tornillo M5 x 10
2.3	Arandela
2.4	Tuerca con cabeza M5-32
2.5	Perfil de montaje
2.6	Cabeza del tornillo M5 x 10
2.7	Arandela
2.8	Tuerca con cabeza M5-32

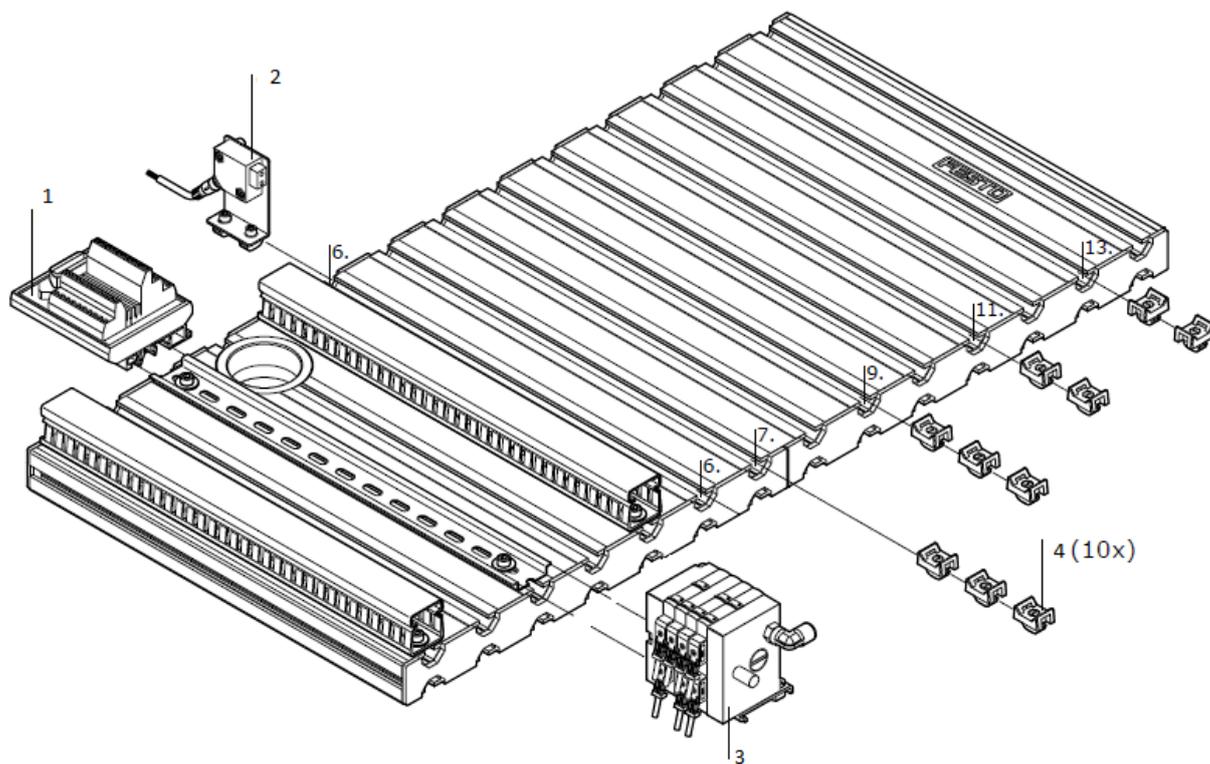
### Paso 4: Sistema de montaje eléctrico



2	Tapa de canaleta
---	------------------

### Paso 5: Componentes y módulos

Para ajuste de sensores se debe tener en cuenta la distancia de actuación de los mismos.

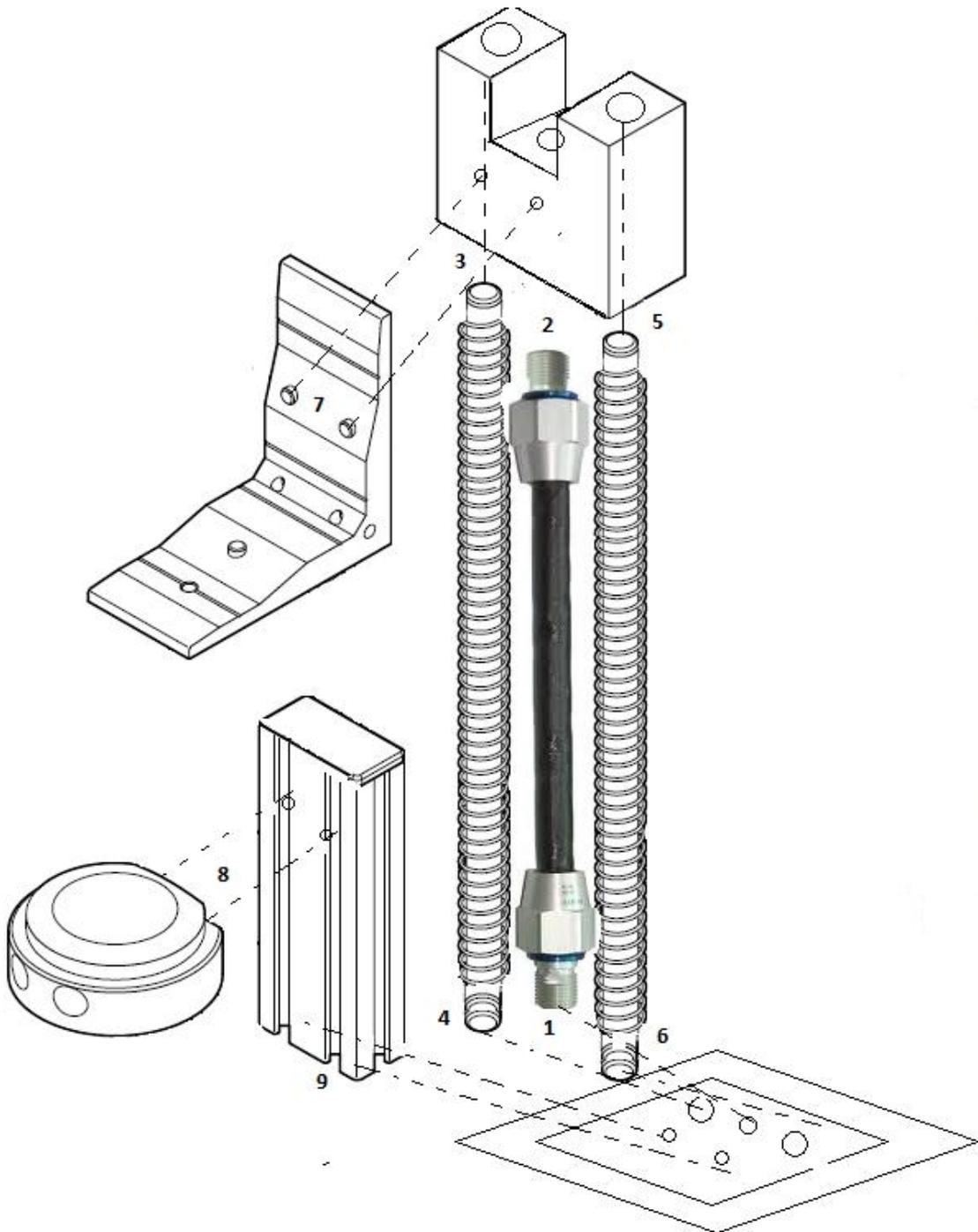


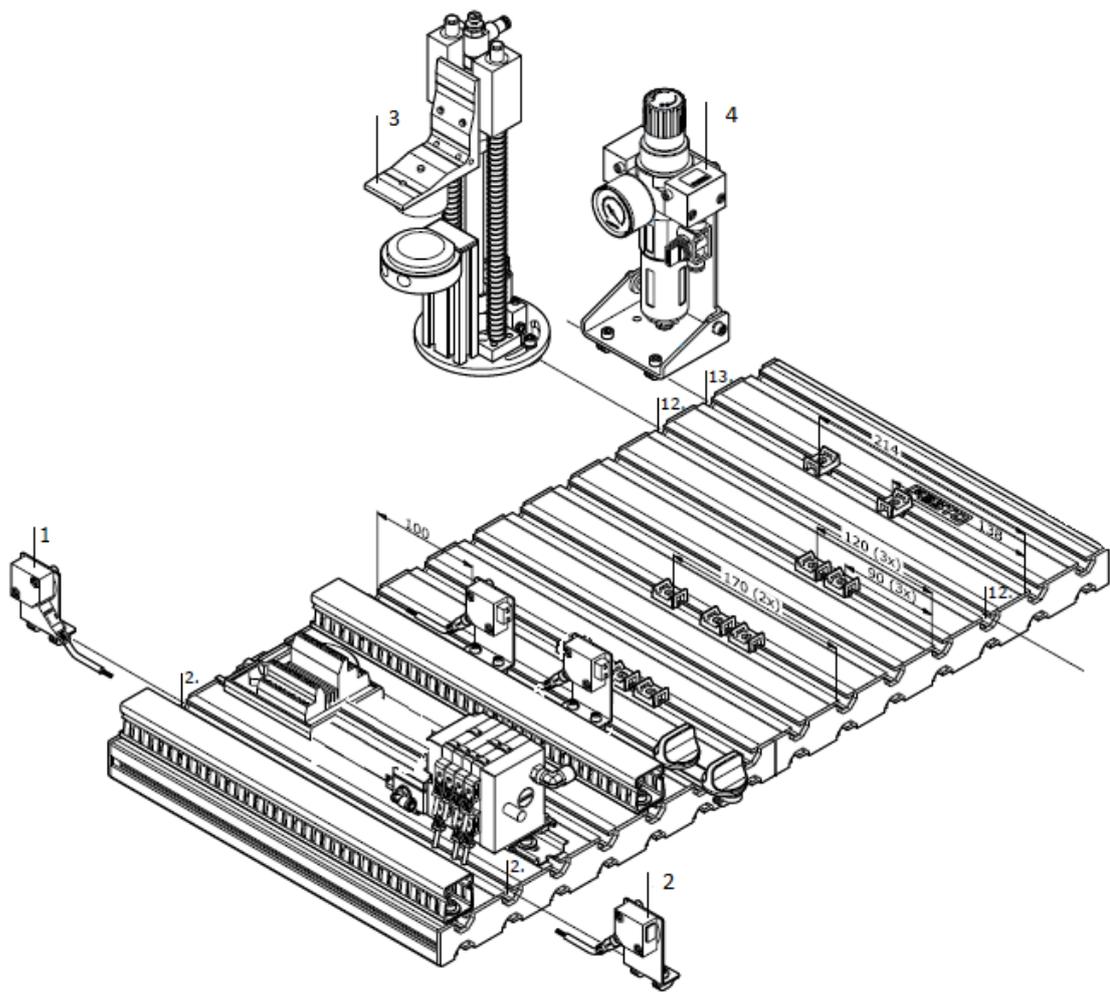
1	Interfaz I/O
2	Sensor para el actuador lineal
3	Válvulas
4	Soporte para ajuste de cables

### Armado del músculo neumático

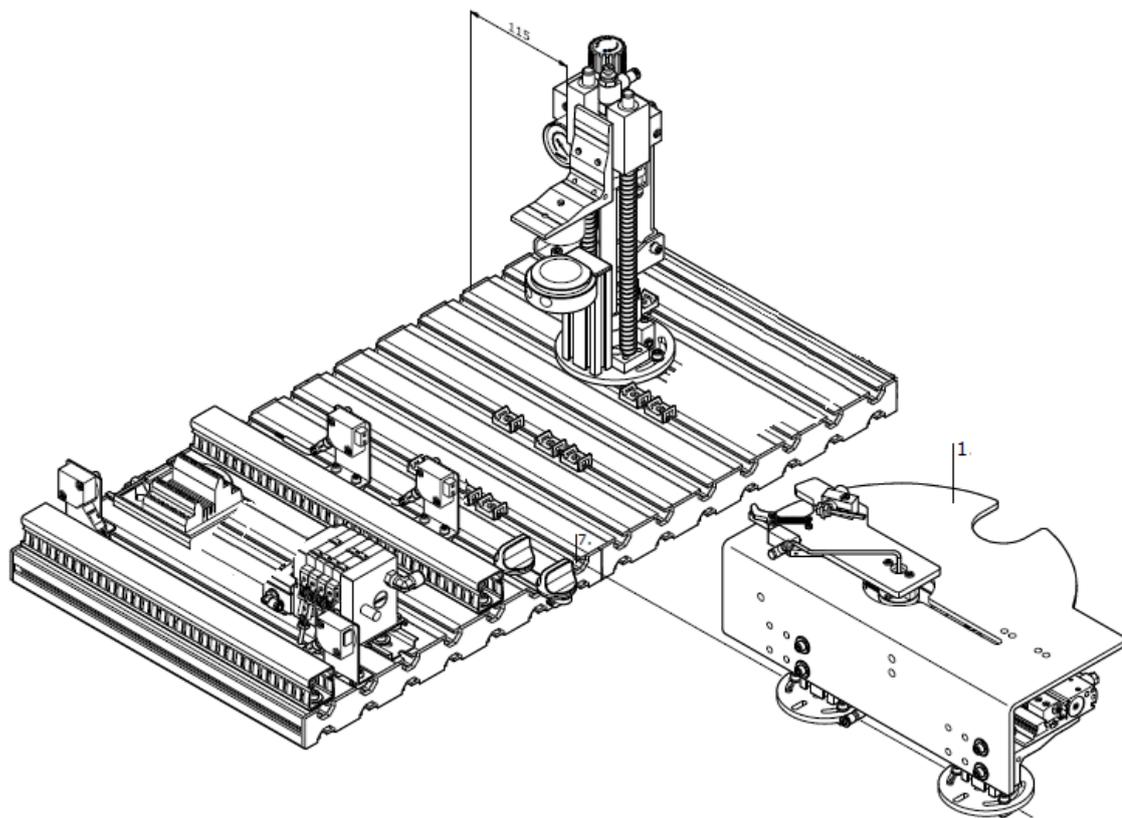
Para el ensamblado del módulo de músculo neumático se recomienda hacerlo en el siguiente orden:

Excepto el punto 3 y 5, todos los demás puntos tienen rosca en su terminal de conexión.



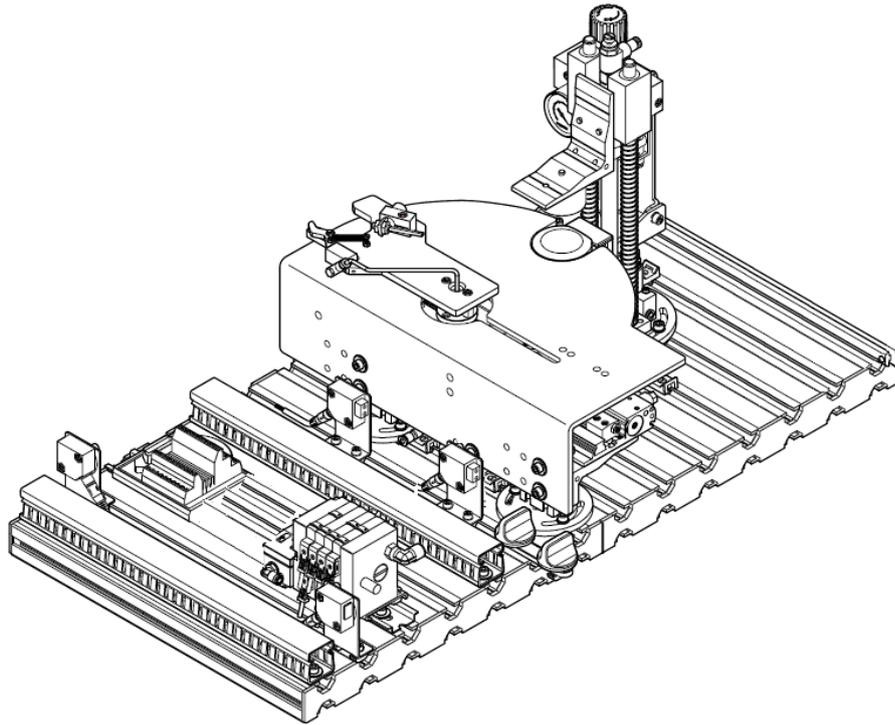


1	Sensor emisor
2	Sensor receptor
3	Módulo Músculo neumático
4	Unidad de mantenimiento



1	Módulo giratorio lineal
---	-------------------------

**Paso 7: Montaje completo**



## **PUESTA EN MARCHA**

Antes de poner en marcha la estación, deberá comprobar:

- Las conexiones eléctricas
- La instalación correcta y el estado de las conexiones de aire comprimido.
- Los componentes mecánicos por defectos visuales (lágrimas, conexiones sueltas, etc.)

Todos los componentes, mangueras y cableado están claramente marcados por lo que todas las conexiones se pueden restablecer fácilmente.

**Nota:** Elimine cualquier daño detectado antes de poner en marcha la estación

## **Estación de trabajo**

Se requiere lo siguiente para trabajar con la estación de prensa neumática:

- La estación de prensa ensamblada y ajustada
- Una consola de control
- Un tablero de PLC
- Una fuente de alimentación 24 V DC, 5 A
- Un suministro de aire comprimido de 6 bar (600 kPa), aprox. capacidad de aspiración de 50 l / min
- Un PC con el software de programación PLC instalado

**Nota:** Si las estaciones se combinan los cambios de la mecánica de configuración y la posición y el ajuste de los sensores pueden ser necesarios.

## **6.2 Inicio de la secuencia**

- 1) Compruebe la tensión de alimentación y de suministro de aire comprimido.
- 2) Retire las piezas en los puntos de transferencia de módulos o estaciones antes del reinicio manual.
- 3) Llevar a cabo la secuencia de restablecimiento. La secuencia de restablecimiento se restablece por un pulsador de RESET.
- 4) Iniciar la secuencia de la estación de prensa de músculo neumático. El inicio se activa con el botón START.

## **Notas**

La secuencia se puede interrumpir en cualquier momento pulsando el botón de parada de emergencia o presionando el botón STOP.

Con el interruptor AUTO / interruptor de llave Manual, usted puede seleccionar el ciclo continuo (AUTO) o ciclo único (MAN).

Lo siguiente se aplica en el caso de una combinación de varias estaciones: Las estaciones individuales se restablecen contra el flujo de material.

## **7 COMBINACIÓN DE ESTACIONES**

Las estaciones están vinculadas con sensores ópticos. Este tipo de enlace se conoce como StationLink, que utiliza transmisores y receptores del sensor de haz pasante como sensores. El transmisor StationLink está montado en el lado del material entrante y el receptor StationLink en el lado del material saliente. Mediante el encendido o apagado del transmisor StationLink, la estación en curso indica a la estación que envía material, si puede o no recibir una nueva pieza de trabajo.

Los sensores para enlazar varias estaciones deben estar dispuestos frente a frente, alineados y a una distancia máxima de 5 mm. Las estaciones de enlaces deben estar firmemente interconectadas por medio de tornillos de cabeza de martillo.

## **8 MANTENIMIENTO**

La estación de presionado con músculo neumático es en gran parte libre de mantenimiento. A continuación se debe limpiar periódicamente con un paño o un cepillo suave y sin pelusas:

- Los lentes de los sensores ópticos.
- La superficie activa del sensor de proximidad
- La estación completa

No utilice productos de limpieza agresivos ni abrasivos.

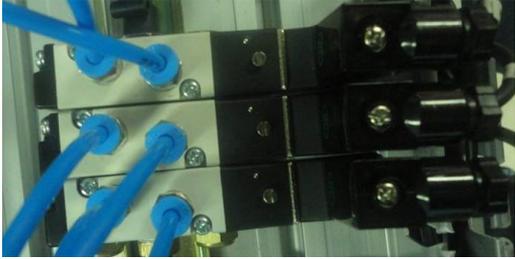
## **ANEXO 2**

# **MANUAL DE MANTENIMIENTO**

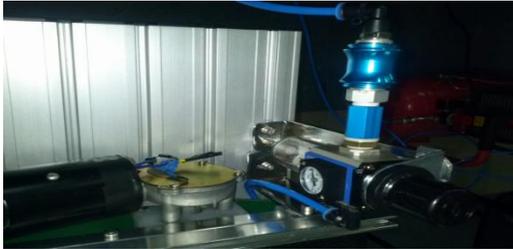
# ESTACIÓN DE PRESIONADO CON MÚSCULO NEUMÁTICO

## MANUAL DE MANTENIMIENTO



PARTE	DESCRIPCIÓN	TIEMPO
<p>➤ <b>ELECTROVALVULAS</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza de impurezas y re ajustamiento de los racores.</li> <li>• Ajuste y revisión de los cables de las electroválvulas en el syslink. Para evitar errores al momento de ejecutar los procesos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semanal</li> <li>• Diario</li> </ul>
<p>➤ <b>SENSORES</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar las conexiones de los sensores que estén conectados a las entradas de la tarjeta del sislink para evitar daños.</li> <li>• Verificar que llegue el voltaje adecuado a los sensores para garantizar un buen funcionamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mensual</li> <li>• Mensual</li> </ul>
<p>➤ <b>RACORES</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar que los racores estén bien ajustados para evitar fugas de aire.</li> <li>• Verificar las conexiones de las mangueras y adicionalmente a esto, la dimensión de las mangueras son de 4 pulgadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semanal</li> <li>• Trimestral</li> </ul>

➤ **UNIDAD DE MANTENIMIENTO**



- Sacar las impurezas de la unidad de mantenimiento para un mejor filtrado.
- Verificar la conexión de los racores y la sujeción de las mangueras para evitar una fuga de aire inesperado.

- Mensual
- Semanal

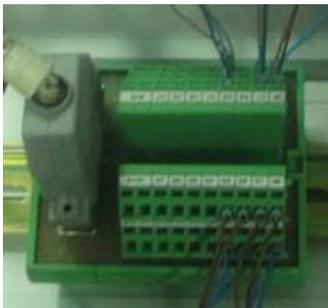
➤ **CILINDRO SIN VASTAGO**



- Verificar las mangueras de la unidad giratoria estén bien colocadas en los racores, para conservar su buen funcionamiento.
- Verificar la existencias de polvo o cualquier otro material que pueda hacer resistencia al desplazamiento normal de la unidad

- Semanal
- Semanal

➤ **SYSLINK**



- Comprobar que las luces indicadoras del syslynk se enciendan de manera que se pueda comprobar que está en buen estado.
- Verificar que las borneras se encuentren en buen estado ya que se puede producir contacto entre los cables de conexión.

- Semanal
- Mensual

➤ UNIDAD GIRATORIA



- Verificar las mangueras de la unidad giratoria estén bien colocadas en los racores, para conservar su buen funcionamiento.
- Verificar la existencias de polvo o cualquier otro material que pueda hacer resistencia al desplazamiento normal de la unidad

- Semanal
- Semanal



- Verificar que las bases estén bien sujetadas al tablero ya que los tornillos tienden aflojarse.

- Trimestral

➤ FUENTE



- Verificar la fuente de alimentación que este encendida para que pueda ser alimentado nuestros dispositivos.
- Antes de cada práctica que se los vaya a realizar es recomendable medir el voltaje ya que es de mucha importancia para evitar cualquier tipo de daño interno en los dispositivos.

- Semanal
- Semanal

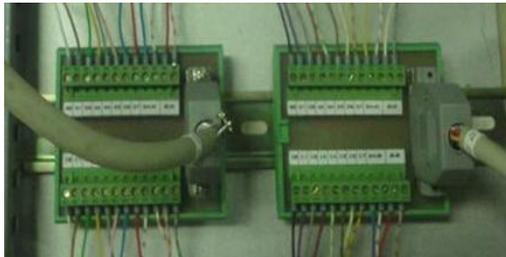
➤ **PLC**



- Verificar el led que este en color (verde) que corresponde al power para constatar el encendido.
- Verificar el Led que este en color (verde) correspondiente al RUN para constatar que el programa se esté ejecutando y simulando.
- Verificar los cables que se encuentran conectados al PLC tanto entradas como salidas.

- Semanal
- Semanal
- Mensual

➤ **PLACAS (S/E) PLC**



- Verificar las conexiones en las tarjetas de las salidas y las entradas del PLC.
- Verificar las conexiones de los cables DB25(machos) ya que de la manipulación puede ocurrir algún tipo de contacto.
- Reajustar las borneras de las entradas y las salidas de las tarjetas porque estas tienden aflojarse.

- Mensual
- Mensual
- Semanal

➤ **PANEL DE CONTROL**



- Verificar los pulsadores del tablero ya que de tanto usar se puede quedar retenidos.
- Revisar las conexiones posteriores ya que se puede producir algún tipo de contacto.

- Semanal
- Mensual

➤ **MUSCULO NEUMÁTICO**



- Verificar las mangueras de la unidad giratoria estén bien colocadas en los racores, para conservar su buen funcionamiento.
- Verificar la existencias de polvo o cualquier otro material que pueda hacer resistencia al desplazamiento normal de del módulo de aluminio

- Semanal
- Semanal

➤ **PINZA NEUMÁTICA**



- Verificar que las mangueras de la unidad giratoria estén bien colocadas en los racores, para conservar su buen funcionamiento.
- Verificar la existencias de polvo o cualquier otro material que pueda hacer resistencia al desplazamiento normal de la unidad

- Semanal
- Semanal

## **MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

<b>SINTOMAS</b>	<b>CAUSA</b>	<b>EFECTO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cilindro sin Vástago no se desplaza</li> <li>• Cilindro de Giro no se mueve</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de aire en las válvulas</li> <li>• Falta de aire en las Válvulas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encender el compresor</li> <li>• Encender el compresor</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funcionamiento sin pieza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor óptico de fibra no detecta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibrar el Sensor</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de Movimiento en el musculo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de aire en las válvulas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encender el compresor</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Envió de piezas erróneas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de Detección del Sensor</li> <li>• El cilindro de Giro este en mala posición</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibración del Sensor</li> <li>• Ubicar el cilindro de giro en su posición inicial</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proceso no se Ejecute</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desconectado el Módulo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encender el Módulo</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atascos al recorrer la Parte Lineal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aflojamiento del Material de soporte de acrílico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Re ajustamiento de los tornillos</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No exista aire en las Válvulas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se encuentra cerrada de válvula de Paso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrir la válvula de paso hacia la unidad de mantenimiento.</li> </ul>

**ANEXO 3**

**ENCUESTA**



"Saber para ser"

**ESPOCH**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

## FACULTA DE INFORMATICA Y ELECTRONICA

Objetivo:

Determinar si a través del Módulo Didáctico *"DISEÑO, DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE PRESIONADO CON MÚSCULO NEUMÁTICO"* se dispone de una herramienta que apoye en el proceso de aprendizaje de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales en el área de control de procesos industriales de la ESPOCH

---

1. ¿Considera usted que la práctica dentro de la carrera de control y redes industriales es importante para fortalecer los conocimientos impartidos en clases?

SI

NO

2. ¿Piensa Ud. que un módulo didáctico de automatización, permite al estudiante y profesor tener un método de aprendizaje interactivo y visual?

SI

NO

3. ¿Ha realizado anteriormente prácticas en el área de electroneumática con sistemas que utilizan músculos y unidades giratorias neumáticas?

SI

NO

4. ¿Considera que el Módulo Didáctico *"DISEÑO, DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE PRESIONADO CON MÚSCULO NEUMÁTICO"*,

fortalecerá los conocimientos en sistemas de automatización industrial de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería en Control y Redes Industriales?

SI

NO

5. ¿Considera que este tipo de módulos se debe implementar en la Escuela de Ingeniería en Control y Redes Industriales?

SI

NO