



IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULOS PARA LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS  
BÁSICAS EN ELECTRO-NEUMÁTICA, AUTOMATIZACIÓN, COMUNICACIÓN,  
CONTROL DE MOVIMIENTO Y DISEÑO DE LA RED ELÉCTRICA,  
COMUNICACIONES, ILUMINACIÓN Y AIRE EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO  
PASCUAL BRAVO INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA.

GRUPO 1 DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

INSTITUTO TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2012

IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULOS PARA LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS  
BÁSICAS EN ELECTRO-NEUMÁTICA, AUTOMATIZACIÓN, COMUNICACIÓN,  
CONTROL DE MOVIMIENTO Y DISEÑO DE LA RED ELÉCTRICA,  
COMUNICACIONES, ILUMINACIÓN Y AIRE EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO  
PASCUAL BRAVO INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA.

GRUPO 1 DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Proyecto de grado para optar por el título de ingeniero en eléctrica

Asesor(a):

Mónica Isabel Narváez Patiño

Ingeniera Electricista

INSTITUTO TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2012

## INTEGRANTES

Este proyecto fue realizado por los estudiantes del grupo 1 de ingeniería eléctrica del “Instituto Tecnológico Pascual Bravo, Institución Universitaria”, el cual está integrado por:

NOMBRE	CÉDULA	CARNET
BIBIANA ANDREA TORRES QUINTERO		2009214009
CESAR AUGUSTO HOYOS HENAO	71.277.263	2009214021
DANILO VALENCIA VÁSQUEZ	1.017.150.862	2009214078
DAVID FERNANDO MONTOYA CÉSPEDES	98.668.876	2009214075
DIEGO FERNANDO GIRALDO GIRALDO	78.299.155	2009214057
EDISON BETANCUR VILLA	71.212.201	2009214019
EDWIN MORENO ZABALA	71.783.078	2009214054
ELKIN DE JESÚS GALLEGO	98.580.833	2009214066
HÉCTOR RAÚL ORTIZ MARROQUÍN	71.651.244	2009214036
JAIME ALBERTO RODRÍGUEZ ARANGO	15.511.803	2009214006
JAIME ALEJANDRO LOPERA ORTIZ	71.383.344	2009214024
JIOVANNI MONTOYA ZULETA	98.637.606	2009214071
JOHN ESTEBAN HURTADO AGUIRRE	8.129.244	2009214002
JOHN FREDY MESA ARISTIZABAL	98.661.597	2009214073
JOHNNY ANDRÉS JIMÉNEZ	15.371.307	2009214004
JORGE IVÁN PELÁEZ LEZCANO	71.751.028	2009214052
JORGE MARIO GUZMÁN LOAIZA	71.723.356	2009214047
JOSÉ ORLANDO SALAZAR VALCÁRCEL	71.729.896	2009214049
JUAN ARBEY ORREGO ZAPATA	98.594.361	2009214069
JUAN CAMILO GRISALES GRAJALES	71.266.550	2009214020
JUAN ENRIQUE MAZO ROJAS	71.744.848	2009214051
JUAN FELIPE SALAZAR ORTIZ	71.372.489	2009214023
JULIÁN ANDRÉS OSORIO RAGA	94.473.654	2011114043
LETICIA PALACIO ARANGO		2010204065
LIBORIO DE JESÚS ATEHORTUA NIEBLES	15.307.642	2011114007
LUIS FELIPE CAMINO	98.671.353	2009214076
LUIS GUILLERMO ZULUAGA CUSPOCA	71.611.923	2009214030
LUIS MANUEL PATERNINA DUMAR	1.069.465.885	2009214080
OSCAR ARIEL PÉREZ AGUILAR	71.663.553	2009214037
RAFAEL SIBAJA DÍAZ	78.733.765	2009214058
ROGER DE JESÚS GARCÍA	71.643.066	2009214035
SAMUEL EDUARDO ARIAS MARÍN	8.407.918	2011114070
WILLS FERNANDO ESTRADA RODRÍGUEZ	98.662.334	2009214074

## **PÁGINA DE ACEPTACIÓN**

## **DEDICATORIAS**

A todas aquellas personas que hicieron posible este proyecto, las cuales nos acompañaron durante los triunfos y las derrotas que se vivieron en el transcurso de la carrera. A los familiares, amigos, hijos, compañeros de estudio, profesores y a todos aquellos que de una u otra manera aportaron para alcanzar este triunfo. A todos ellos va dedicado este proyecto.

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer muy especialmente a nuestra asesora técnica, la ingeniera, “Mónica Isabel Narváez Patiño”, por sus valiosos aportes y especial dedicación en el desarrollo del proyecto.

Al ingeniero “Diego León Ruiz Tamayo”, por su acompañamiento en la parte del montaje.

A la empresa “MICRO Pneumatic S.A.” en cabeza de su representante, el ingeniero “Andrés Romero”, por sus valiosos aportes durante la capacitación y el montaje del proyecto.

Al “Instituto Tecnológico Pascual Bravo, Institución Universitaria”, por el aporte académico ofrecido durante toda la carrera y por facilitar sus instalaciones para el montaje del proyecto.

Al ingeniero “Bayron Álvarez Arboleda” por apoyar nuestra idea, a nuestra asesora metodológica la profesora “Alba Nidia Ocampo” y a todas las personas que participaron e hicieron posible el desarrollo de este proyecto.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	45
1 PROBLEMA .....	46
2 JUSTIFICACIÓN .....	47
3 OBJETIVOS .....	48
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	48
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	48
4 MARCO TEÓRICO .....	49
4.1 LA ELECTRO-NEUMÁTICA.....	49
4.2 ELECTROVÁLVULAS.....	52
4.3 VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS .....	52
4.3.1 Clasificación de los distribuidores por el número de vías y posiciones, representación simbólica.....	53
4.3.2 Clasificación de las válvulas distribuidoras según sus accionamientos designados de los distribuidores .....	59
4.3.3 Clasificación de las válvulas en función de su construcción interna .....	63
4.3.3.1 Válvulas 2/2.....	65
4.3.3.2 Válvulas 3/2.....	71
4.3.3.3 Válvulas 4/2 y 5/2.....	77
4.3.3.4 Válvulas de tres posiciones.....	80
4.3.4 Clasificación de las válvulas distribuidoras según la misión que desempeñan .....	82



4.3.5	Selección de los distribuidores.....	82
4.3.5.1	Determinación del número de vías y posiciones .....	83
4.3.5.2	Selección del sistema de accionamiento .....	87
4.3.5.3	Determinación de la capacidad de un distribuidor.....	87
4.3.5.4	Factor de flujo de válvulas en serie y en paralelo .....	90
4.3.5.5	Cálculo del caudal en función del Kv del equipo .....	91
4.3.5.6	Características de los racores de entrada.....	93
4.4	CILINDROS.....	94
4.4.1	Cilindros de simple efecto .....	94
4.4.2	Cilindros de doble efecto.....	96
4.4.2.1	La amortiguación.....	99
4.5	SENSORES .....	100
4.5.1	Sensores de presión .....	100
4.6	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.....	103
4.6.1	Elementos mecánicos .....	103
4.6.1.1	Columna de líquido .....	103
4.6.1.2	Cisterna.....	104
4.6.1.3	Barómetro .....	105
4.6.1.4	Tubo inclinado.....	106
4.6.1.5	Tubo de bourdon.....	107
4.6.1.6	Diafragma.....	109
4.6.1.7	Fuelle .....	110
4.6.1.8	Algunos manómetros en la industria .....	111

4.6.1.9	Medición de la presión en módulos electro- neumáticos con un manómetro .....	112
4.6.1.10	Aplicaciones .....	112
4.6.1.11	Sellos .....	113
4.6.2	Elementos electromecánicos .....	114
4.6.2.1	Resistivos.....	114
4.6.2.2	Inductancia variable .....	115
4.6.2.3	Reluctancia variable.....	116
4.6.2.4	Capacitivos.....	117
4.6.2.5	Galgas extenso métricas.....	118
4.6.3	Elementos electrónicos .....	121
4.6.3.1	Sensor capacitivo.....	121
4.6.3.2	Sensor hall .....	122
4.6.3.3	Sensor piezoresistivo .....	122
4.6.3.4	Sensor monolítico .....	123
4.6.3.5	Térmicos .....	123
4.6.3.6	Bimetálico.....	124
4.6.3.7	Filamento caliente .....	124
4.6.3.8	Cátodo frío .....	124
4.6.3.9	Radiación .....	125
4.6.4	Sensor diferencial .....	125
4.6.5	Disco de ruptura.....	128
4.6.5.1	Normativas para el uso de discos .....	128
4.6.5.2	Tipos de discos .....	128

4.6.6	Sensor magnético .....	130
4.6.6.1	Ventaja.....	132
4.6.6.2	Pickups magnéticos (sensores inductivos).....	133
4.6.6.3	Sensores por "Efecto Hall" .....	135
4.7	PRESÓSTATOS .....	138
4.7.1	Sistemas de presóstatos.....	138
4.7.2	Tipos fundamentales.....	138
4.7.3	Conceptos de presóstatos.....	140
4.8	AIRE COMPRIMIDO .....	142
4.8.1	Propiedades del aire comprimido.....	143
4.8.2	Propiedades adversas .....	145
4.8.3	Acumuladores de aire comprimido.....	145
4.9	DISTRIBUCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO.....	147
4.9.1	Descripción de una red de aire .....	148
4.9.2	Diseño de una red de aire .....	150
4.9.2.1	Cálculo de pérdidas en conductos lineales .....	152
4.9.2.2	Cálculo de pérdidas de carga en elementos singulares .....	154
4.9.2.3	Cálculo de pérdidas de carga en la instalación completa .....	156
4.9.3	Medición de la presión .....	159
4.9.4	Impurezas .....	159
4.9.5	Mantenimiento.....	160
4.9.5.1	Que sucede con la elevación de la temperatura del aire .....	161
4.9.5.2	Temperatura del compresor.....	161

4.10	LA AUTOMATIZACIÓN.....	163
4.10.1	Sistemas automatizados .....	164
4.10.2	Objetivos de la automatización .....	165
4.10.3	Clasificación de la automatización .....	166
4.10.4	Campos de aplicación.....	166
4.11	EL PLC.....	167
4.11.1	Historia del PLC .....	169
4.11.2	Como funciona el PLC .....	172
4.11.3	Cómo funciona la CPU.....	173
4.11.4	Programar la memoria de un PLC.....	174
4.12	EL SERVOMOTOR.....	175
4.12.1	Tipos de servomotores.....	175
4.12.2	Cálculos .....	177
4.12.3	Funcionamiento del servo .....	178
4.12.4	Modificaciones de los servos .....	180
4.12.5	Aplicaciones .....	180
4.13	REDES DE COMUNICACIONES.....	181
4.13.1	Topología de las redes.....	182
4.13.1.1	Topología jerárquica (tipo árbol) .....	183
4.13.1.2	Topología horizontal (tipo bus).....	183
4.13.1.3	Topología en estrella.....	183
4.13.1.4	Topología en anillo.....	184
4.13.1.5	Topología en malla.....	184

4.13.2	Clasificación de las redes de datos.....	184
4.13.2.1	Por el propietario de la red.....	185
4.13.2.2	Por el área geográfica.....	185
4.13.3	Arquitectura de red.....	186
4.13.4	Métodos de transporte en redes de área local.....	187
4.13.4.1	Redes ETHERNET.....	187
4.13.4.2	Redes ETHERNET de 10 Mbps.....	187
4.13.4.3	Redes ETHERNET de 100 Mbps (100 baseT).....	189
4.13.4.4	Tipos de cables usados en redes ETHERNET de 100 Mbps.....	190
4.13.4.5	Par trenzado.....	191
4.13.4.6	Par trenzado categoría 5.....	191
4.13.4.7	Fenómenos que afectan la transmisión de datos en un cable UTP.....	192
4.13.5	Protocolo tcp/ip.....	193
4.13.6	El concentrador o hub.....	194
4.13.7	El swithc.....	195
4.13.8	El router.....	197
4.13.8.1	Componentes del router.....	198
4.13.8.2	Funciones del router.....	200
4.14	PROFIBUS.....	202
4.14.1	Comienzos.....	202
4.14.2	Situación actual.....	203
4.14.3	Versiones compatibles.....	204
4.14.4	Estructura de la red.....	206

4.14.4.1	Medio físico .....	206
4.14.4.2	Elementos del bus.....	207
4.14.4.3	Topología .....	208
4.14.4.4	Estructura lógica .....	210
4.14.4.5	Tecnología de transmisión .....	211
4.14.5	Protocolo .....	214
4.14.5.1	Arquitectura protocolar .....	214
4.14.5.2	Trama.....	218
4.14.5.3	Mensajes cíclicos y acíclicos.....	218
4.14.6	Versiones compatibles de la familia PROFIBUS.....	221
4.14.6.1	Profibus PA .....	221
4.14.6.2	Profibus DP.....	225
4.14.6.3	Profibus FMS .....	236
5	METODOLOGÍA .....	249
5.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	249
5.2	TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	249
5.2.1	Primarias .....	249
5.2.2	Secundarias .....	249
5.3	PROCEDIMIENTO.....	249
5.4	ASPECTOS ADMINISTRATIVOS.....	250
5.4.1	Recursos humanos .....	250
5.4.2	Recursos técnicos.....	251
5.4.3	Recursos institucionales .....	251

5.4.4	Recursos financieros.....	251
6	DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO.....	254
6.1	MÓDULOS DIDÁCTICOS ELECTRO-NEUMÁTICOS .....	254
6.2	PLC SIEMENS S7-1200 .....	260
7	RESULTADOS DEL PROYECTO.....	267
7.1	RESEÑA HISTÓRICA DEL PROYECTO .....	267
7.2	PRÁCTICAS DE LABORATORIO.....	270
7.2.1	Ejercicio 1: Limpieza de piezas por chorro de arena.....	270
7.2.2	Ejercicio 2: Unidad de montaje.....	273
7.2.3	Ejercicio 3: Selladora .....	276
7.2.4	Ejercicio 4: Termoformado .....	279
7.2.5	Ejercicio 5: Estampadora .....	282
7.3	RED DE AIRE .....	284
7.4	RED DE DATOS .....	290
7.5	RED ELÉCTRICA .....	292
7.5.1	Caída de voltaje en un alambre de cobre (temperatura 25 °C) .....	294
7.6	ESTUDIO DE ILUMINACIÓN.....	297
7.6.1	Estado del salón antes del estudio de iluminación.....	297
7.6.2	Resultados del estudio de iluminación .....	298
7.6.3	Luminarias propuestas.....	299
7.6.4	Resumen del proyecto .....	302
7.6.5	Isolíneas (E) en la superficie de trabajo .....	310
7.6.6	Isolíneas (E) en el suelo.....	313

8	CONCLUSIONES .....	315
9	RECOMENDACIONES .....	317
	BIBLIOGRAFÍA.....	318
	ANEXOS .....	320



## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Código de las vías de una válvula .....	58
Tabla 2. Tipos de accionamiento .....	61
Tabla 3. Perfil de rosca en válvulas neumáticas .....	93
Tabla 4. Coeficiente de pérdidas para distintos elementos.....	154
Tabla 5. Longitud de tubería equivalente para elementos utilizados en conducciones .....	155
Tabla 6. Caída de presión de aire [lib/pulg <sup>2</sup> ] (por cada 100 pie/s de tubería a P = 100) .....	157
Tabla 7. Ejemplos de algunos valores usados en un servomotor .....	177
Tabla 8. Características técnicas de algunas marcas de servos .....	178
Tabla 9. Distancias máximas sin repetidor, según medio físico.....	207
Tabla 10. Distancias basadas en la velocidad de transmisión .....	212
Tabla 11. Características básicas de PROFIBUS DP.....	226
Tabla 12. Costos del Proyecto .....	252
Tabla 13. Valor de la propuesta .....	256
Tabla 14. Detalle de componentes del banco didáctico .....	257
Tabla 15. Estructura en perfil de aluminio.....	259
Tabla 16. Pérdidas de carga por fricción en accesorios de tuberías.....	287
Tabla 17. Valores de deslumbramiento según UGR.....	301
Tabla 18. Índices de reflectancia e Iluminancia .....	304
Tabla 19. Lista de piezas (Luminarias) .....	304

Tabla 20. Reflectancias y medidas del salón .....	306
Tabla 21. Resultados luminotécnicos .....	308
Tabla 22. Isolíneas.....	309
Tabla 23. Área de tarea 1 y área circundante .....	310
Tabla 24. Isolíneas área de tarea 1 .....	312
Tabla 25. Isolíneas en el área circundante .....	313
Tabla 26. Isolíneas en el área del suelo .....	314
Tabla 27. Mantenimiento preventivo en FRL .....	321
Tabla 28. Mantenimiento preventivo en cilindros neumáticos.....	324
Tabla 29. Mantenimiento preventivo en válvulas y electroválvulas .....	327

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema de electro-neumática .....	51
Figura 2. Válvula distribuidora accionando un cilindro doble efecto.....	53
Figura 3. Válvula de 3 vías / 2 posiciones.....	54
Figura 4. Representación de las posiciones en una válvula .....	54
Figura 5. Representación de una válvula.....	55
Figura 6. Representación de una válvula con circulación de aire en ambos sentidos.....	55
Figura 7. Representación de las tuberías de conducción en una válvula.....	56
Figura 8. Representación incorrecta de las tuberías de conducción en una válvula (1) .....	56
Figura 9. Representación incorrecta de las tuberías de conducción en una válvula (2) .....	56
Figura 10. Representación de la vía que se conecta a la red en una válvula.....	57
Figura 11. Representación de un escape sin conexión de rosca en una válvula.....	57
Figura 12. Representación de un escape con rosca de conexión .....	58
Figura 13. Representación del pilotaje 12 y 14 en una válvula .....	58
Figura 14. Representación de las líneas que transportan aire.....	59
Figura 15. Mando directo .....	60
Figura 16. Mando indirecto o servopilotado .....	60

Figura 17.	Representación de los símbolos de los accionamientos en una válvula.....	60
Figura 18.	Clasificación de las válvulas en función de su construcción interna.....	63
Figura 19.	Distribución del aire en una válvula de corredera .....	64
Figura 20.	Distribución del aire en una válvula de asiento .....	65
Figura 21.	Distribución del aire en una válvula de disco .....	65
Figura 22.	Válvula de asiento de dos vías (orificios 1 y 2) y dos posiciones.....	66
Figura 23.	Válvula de asiento 2/2 NA accionamiento manual.....	67
Figura 24.	Válvula de corredera 2/2 NA, accionamiento manual (1).....	67
Figura 25.	Válvula de corredera 2/2 NA, accionamiento manual (2).....	68
Figura 26.	Cilindro simple efecto gobernado con una válvula 2/2.....	68
Figura 27.	Cilindro simple efecto gobernado con dos válvula 2/2 NC.....	69
Figura 28.	Válvula 2/2 NC y 2/2 NA unidas por las correderas.....	69
Figura 29.	Válvula 2/2 NC y 2/2 NA unidas en un solo conjunto.....	70
Figura 30.	Cilindro simple efecto gobernado con una válvula 3/2.....	70
Figura 31.	Válvula 3/2 NC, accionamiento eléctrico.....	71
Figura 32.	Válvula de asiento de tres vías (orificios 1,2 y 3) y 2 posiciones.....	72
Figura 33.	Válvula 3/2 NA, accionamiento por rodillo .....	72
Figura 34.	Válvulas que forman un conjunto.....	73
Figura 35.	Dibujo simplificado de una válvula 3/2.....	73
Figura 36.	Válvula 3/2 de memoria .....	74

Figura 37.	Cilindro doble efecto gobernado por dos válvulas 3/2 .....	75
Figura 38.	Cilindro doble efecto gobernado por dos válvulas 3/2 unidas por la corredera, las presiones y los escapes.....	75
Figura 39.	Cilindro doble efecto gobernado por una válvula 4/2.....	75
Figura 40.	Cilindro doble efecto gobernado por dos válvulas 3/2 unidas por la corredera y las presiones.....	76
Figura 41.	Cilindro doble efecto gobernado por una válvula 5/2.....	76
Figura 42.	Válvula de asiento servo-pilotada.....	77
Figura 43.	Distribuidor (Joucomatic) de 5 vías, con placa base de orificios laterales y con diferentes posibilidades de pilotaje .....	78
Figura 44.	Distribuidor 5/2 con pilotaje neumático directo .....	78
Figura 45.	Distribuidor con pilotaje electro-neumático .....	78
Figura 46.	Distribuidor monoestable .....	79
Figura 47.	Distribuidor con pilotaje electro-neumático con alimentación externa para la electroválvula .....	79
Figura 48.	Distribuidor con pilotaje electro-neumático sin alimentación externa para la electroválvula .....	80
Figura 49.	Distribuidor de tres posiciones con pilotaje neumático .....	80
Figura 50.	Distribuidor 5/3, centro abierto, pilotaje neumático .....	81
Figura 51.	Distribuidor 5/3, centro cerrado, pilotaje neumático.....	81
Figura 52.	Diferentes tipos de válvulas .....	81
Figura 53.	Determinación del número de vías en una válvula o distribuidor .....	83
Figura 54.	Determinación del número de posiciones en una válvula o distribuidor .....	84

Figura 55.	Circulación del aire en una válvula .....	85
Figura 56.	Válvulas de 3 posiciones y 4 vías .....	86
Figura 57.	Pilotaje neumático de una válvula biestable .....	87
Figura 58.	Aplicación de la ecuación de Bernoulli.....	88
Figura 59.	Elementos en serie .....	90
Figura 60.	Elementos en paralelo .....	91
Figura 61.	Simbología de cilindros de simple efecto.....	95
Figura 62.	Corte longitudinal de cilindro de simple efecto.....	96
Figura 63.	Simbología de cilindros de doble efecto .....	98
Figura 64.	Corte longitudinal de cilindro de doble efecto .....	98
Figura 65.	Presión media.....	101
Figura 66.	Columna tipo U .....	104
Figura 67.	Columna tipo cisterna .....	105
Figura 68.	Barómetro de mercurio .....	106
Figura 69.	Columna Inclínada .....	107
Figura 70.	Manómetro de Bourdon .....	109
Figura 71.	Diafragma .....	110
Figura 72.	Fuelle .....	110
Figura 73.	Transducción resistiva .....	115
Figura 74.	Transducción Inductiva .....	116
Figura 75.	Transducción magnética.....	116
Figura 76.	Estructura capacitivo.....	118
Figura 77.	Transducción capacitiva .....	118

Figura 78.	Cinta extenso métrica en forma de rosetón .....	119
Figura 79.	Esquemas de conexión interna de sensor de presión, con compensación de temperatura .....	120
Figura 80.	Elementos de conmutación electromagnética .....	120
Figura 81.	Sensor hall.....	122
Figura 82.	Sensor piezoresistivo.....	123
Figura 83.	Sensor monolítico .....	123
Figura 84.	Sensor diferencial .....	125
Figura 85.	Sensor magnético.....	130
Figura 86.	Sensores magnéticos en la detección de movimientos .....	133
Figura 87.	Partes de los sensores inductivos .....	134
Figura 88.	Efecto Hall .....	135
Figura 89.	Presóstato con punto de contacto fijo .....	139
Figura 90.	Presóstato con punto de contacto variable.....	140
Figura 91.	Partes de un presóstato.....	142
Figura 92.	Acumulador de aire comprimido .....	146
Figura 93.	Componentes de una red de aire .....	149
Figura 94.	Ejemplo de una red de aire comprimido .....	149
Figura 95.	Disipación de calor con carcasa .....	162
Figura 96.	Disipación de calor con aceite .....	163
Figura 97.	Estructura de un controlador lógico programable .....	168
Figura 98.	Ciclo de un PLC.....	173
Figura 99.	Partes de un servo motor.....	176
Figura 100.	Ejemplos de posicionamiento de un servo.....	179

Figura 101. Áreas de aplicación de PROFIBUS .....	204
Figura 102. La familia PROFIBUS .....	206
Figura 103. Estructura física incluyendo repetidores para expansión del bus.....	209
Figura 104. Estructura lógica .....	210
Figura 105. Arquitectura protocolar de PROFIBUS .....	215
Figura 106. Organización del protocolo basado en una estructura de 3 niveles.....	217
Figura 107. Distintos formatos de trama .....	218
Figura 108. Trama de difusión para intercambios cíclicos .....	220
Figura 109. Secuencia de telegramas en un intercambio cíclico .....	220
Figura 110. Comparación de técnicas de transmisión .....	221
Figura 111. Transmisión de datos con PROFIBUS PA en el bus .....	223
Figura 112. Modelo de bloque de funciones en PROFIBUS PA.....	224
Figura 113. Diagrama de los parámetros de un transmisor de presión con PROFIBUS PA.....	225
Figura 114. Sistema mono-maestro PROFIBUS DP.....	230
Figura 115. Sistema multi-maestro PROFIBUS DP .....	230
Figura 116. Transmisión de datos de usuario con PROFIBUS DP .....	232
Figura 117. Dispositivo de campo virtual. ....	238
Figura 118. Servicios de PROFIBUS FMS .....	241
Figura 119. Ejecución de un servicio FMS.....	242
Figura 120. Servicios de FMA7.....	246
Figura 121. Esquema del circuito neumático del ejercicio 1 .....	271



Figura 122.	Esquema del circuito eléctrico del ejercicio 1 .....	272
Figura 123.	Esquema del circuito neumático del ejercicio 2 .....	274
Figura 124.	Esquema del circuito eléctrico del ejercicio 2 .....	275
Figura 125.	Esquema del circuito neumático del ejercicio 3 .....	277
Figura 126.	Esquema del circuito eléctrico del ejercicio 3 .....	278
Figura 127.	Esquema del circuito neumático del ejercicio 4 .....	280
Figura 128.	Esquema del circuito eléctrico del ejercicio 4 .....	281
Figura 129.	Esquema del circuito neumático del ejercicio 5 .....	283
Figura 130.	Esquema del circuito eléctrico del ejercicio 5 .....	284
Figura 131.	Luminaria utilizada .....	299
Figura 132.	Índices de Iluminancia del salón .....	303
Figura 133.	Plano básico del laboratorio.....	305
Figura 134.	Ubicación de las luminarias .....	306
Figura 135.	Lugares de trabajo.....	307
Figura 136.	Rendering procesado en 3D.....	308
Figura 137.	Isolíneas (E) – plano útil .....	309
Figura 138.	Situación de la superficie en el local.....	309
Figura 139.	Área de tarea 1 y área circundante.....	310
Figura 140.	Isolíneas en el área de tarea 1 (valores en luxes) .....	311
Figura 141.	Punto marcado en el área de tarea 1 .....	311
Figura 142.	Isolíneas en el área circundante (valores en luxes).....	312
Figura 143.	Punto marcado en el área circundante .....	312
Figura 144.	Isolíneas en el suelo .....	313

Figura 145. Punto marcado en el área del suelo ..... 314

Figura 146. Filtros ..... 324

Figura 147. Diseño típico de una automatización con SIMOTION D ..... 334

## LISTA DE FOTOS

	Pág.
Foto 1. Cilindro simple efecto .....	96
Foto 2. Cilindro doble efecto .....	98
Foto 3. Manómetro estándar .....	111
Foto 4. Manómetro de baja presión.....	111
Foto 5. Manómetro digital modelo " <i>Mano Record</i> " .....	111
Foto 6. Aspecto físico del sensor de proximidad magnético .....	132
Foto 7. Sensor inductivo o "pickup magnético" .....	134
Foto 8. Sensores contruidos en una cápsula de tipo circuito integrado.....	137
Foto 9. Aplicaciones en robótica .....	181
Foto 10. Módulos didácticos MICRO .....	256
Foto 11. FRL .....	320
Foto 12. Cilindro neumático .....	325
Foto 13. Electroválvula.....	327
Foto 14. SIMOTION D410.....	341
Foto 15. SIMOTION D410 y la placa de montaje .....	342

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Mantenimiento preventivo en el punto de utilización	320
Anexo B. Especificaciones del sistema servo SIMOTION	330
Anexo C. Especificaciones y generalidades del microcontrolador CPU 1214C	371
Anexo D. Lista de chequeo para instalaciones electro-neumáticas	377
Anexo E. Lista de chequeo para instalaciones eléctricas de uso final	379

## GLOSARIO

**ACTUADOR:** es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. (Millán Teja, 1995).

**AIRE LIBRE:** medición del caudal de aire en dm<sup>3</sup>/s a STP (1 013mbar y 21°C) (ISO R554). Todos los caudales de aire son convertidos para facilitar la medición del sistema. (Norgren S.A., 2011).

**ALEACIÓN:** producto homogéneo, de propiedades metálicas, compuesto de dos o más elementos, uno de los cuales, al menos, debe ser un metal. (Millán Teja, 1995)

**AMBIENTE:** las condiciones del entorno del equipo, normalmente de temperatura, bajo circunstancias de trabajo normales. (Norgren S.A., 2011).

**ARQUITECTURA DE BACKBONE COLAPSO:** (fís) unidad de presión o tensión equivalente a la ejercida por la atmósfera al nivel del mar, y que es igual a la presión de una columna de mercurio de 760 mm de alto. (Arredondo Arango, Hincapié Noreña, & Salazar Valcárcel, 2002).

**AUI (ATTACHMENT UNIT INTERFACE):** es el nombre del cable que conecta al computador con el transceiver, Backbones, Concentradores, etc. Es un cable de 9 conductores de cobre con conectores a ambos extremos DB-15, es decir con conectores de 15 pines tipo D y la longitud máxima de este cable es 50 metros. (Arredondo Arango, Hincapié Noreña, & Salazar Valcárcel, 2002)

**ATMÓSFERAS:** (fís) unidad de presión o tensión equivalente a la ejercida por la atmósfera al nivel del mar, y que es igual a la presión de una columna de mercurio de 760 mm de alto. (Millán Teja, 1995).

**AUTÓMATA PROGRAMABLE:** es un sistema secuencial, aunque en ocasiones la palabra es utilizada también para referirse a un robot. Puede definirse como un equipo electrónico programable en lenguaje no informático y diseñado para controlar, en tiempo real y en ambiente industrial, procesos secuenciales. Sin embargo, la rápida evolución de los autómatas hace que esta definición no esté cerrada. (Millán Teja, 1995).

**BIESTABLE:** es un multivibrador capaz de permanecer en uno de dos estados posibles durante un tiempo indefinido en ausencia de perturbaciones. El paso de un estado a otro se realiza variando sus entradas.<sup>1</sup>

**BAUDIO:** unidad de velocidad de transmisión de información por segundo. Si el código utilizado para la transmisión es el binario equivale a bits por segundo (bps). (Arredondo Arango, Hincapié Noreña, & Salazar Valcárcel, 2002).

**BOBINA:** una bobina o inductor es un componente pasivo del circuito eléctrico que incluye un alambre aislado, el cual se arrolla en forma de hélice. Esto le permite almacenar energía en un campo magnético a través de un fenómeno conocido como autoinducción.<sup>2</sup>

**BRIDGES (PUENTES):** son usados para unir dos o más redes IEEE 802.3 Ethernet, creando una red mucho más grande. Con el uso de los Bridges, se puede establecer una red que exceda los límites impuestos por las especificaciones del estándar IEEE 802.3 Ethernet. Además de la capacidad de crecimiento de la red, los bridges pueden proveer algunos medios de manejo de tráfico de datos. Primero, un algoritmo permite al bridge leer la dirección de cada dispositivo instalado en la red, sobre ambos lados del bridge. Una vez que este proceso ha sido completado y entendido, el Bridge pasará sólo la información al cual es destinado, al otro lado del Bridge. El resto de la información no es tomada

---

<sup>1</sup> Extraído de <http://mx.answers.yahoo.com/question/index?qid=20070428185450AAuYNfU>

<sup>2</sup> Extraído de <http://definicion.de/bobina/>

en cuenta. A este proceso se le denomina Transparent Bridging. (Arredondo Arango, Hincapié Noreña, & Salazar Valcárcel, 2002).

BUS: topología LAN en la que todos los nodos se conectan a un solo cable. Todos los nodos son considerados iguales y reciben todas las transmisiones del medio.<sup>3</sup>

BYTE: unidad de datos de ocho bits.<sup>4</sup>

CAÍDA DE CAUDAL: caudal máximo a través de un mecanismo a una presión determinada con la válvula abierta al máximo. (Norgren S.A., 2011).

CAÍDA DE PRESIÓN: cantidad de pérdida de presión provocada por el caudal de aire a través de un sistema. (Norgren S.A., 2011).

CARACTERÍSTICAS DE REGULACIÓN: característica de un regulador de presión que muestra la variación de la presión de salida mediante la modificación de la presión de entrada a un nivel constante de caudal. (Norgren S.A., 2011).

CARACTERÍSTICAS DE CAUDAL: característica de un regulador de presión que muestra la variación en la presión de salida con las variaciones del caudal de salida a una presión de suministro constante. (Norgren S.A., 2011).

CILINDRO: geométrico limitado por una superficie lateral no plana, cuyo desarrollo es un rectángulo, y por dos bases circulares iguales y paralelas.<sup>5</sup>

CILINDRO DOBLE EFECTO: cilindro que entrega su fuerza a tensión y a compresión en ambos sentidos de su carrera.<sup>6</sup>

---

<sup>3</sup> Extraído de [http://www.consulintel.es/Html/Tutoriales/Lantronix/guia\\_et\\_p1.html](http://www.consulintel.es/Html/Tutoriales/Lantronix/guia_et_p1.html)

<sup>4</sup> Extraído de [http://www.consulintel.es/Html/Tutoriales/Lantronix/guia\\_et\\_p1.html](http://www.consulintel.es/Html/Tutoriales/Lantronix/guia_et_p1.html)

<sup>5</sup> Extraído de <http://definicionesde.com/e/cilindro/>

<sup>6</sup> [http://www.unicilindros.com.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6:cilindros-hidraulicos&catid=3:boletin-tecnico&Itemid=7](http://www.unicilindros.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=6:cilindros-hidraulicos&catid=3:boletin-tecnico&Itemid=7)

CILINDRO HIDRÁULICO: elemento que transforma la energía hidráulica en energía mecánica y realiza movimientos axiales y simultáneamente transmite fuerzas.<sup>7</sup>

CILINDRO NEUMÁTICO: es el elemento que realiza el trabajo, su función es la de transformar la energía neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo, que consta de carrera de avance y carrera de retroceso.<sup>8</sup>

CILINDRO SIMPLE EFECTO: cilindro que entrega su fuerza a tensión o a compresión según sea su aplicación y se retro posiciona por fuerzas externas por resorte o por el propio peso del pistón o émbolo.<sup>9</sup>

COALESCENTE: acción que provoca la unión de pequeñas partículas transformándolas en otras de mayor tamaño. (Norgren S.A., 2011).

COMPACTO: denso, condensado.<sup>10</sup>

COMPRIMIDO: aire cuyo volumen ha sido reducido para aumentar su presión y aprovecharla como energía al expulsarse. (Millán Teja, 1995).

CONCENTRADOR: llamado también Repetidor o Hub. Es un dispositivo que extiende la longitud física máxima de los segmentos de red. También es conocido como repetidor multipuerto. Permite la realización de la topología estrella. (Arredondo Arango, Hincapié Noreña, & Salazar Valcárcel, 2002).

CONTROL: regulación, manual o automática, sobre un sistema. (Millán Teja, 1995).

---

<sup>7</sup> Idip.

<sup>8</sup> Extraído de [www.guillesime.galeon.com/index\\_archivos/Page780.htm](http://www.guillesime.galeon.com/index_archivos/Page780.htm)

<sup>9</sup> [http://www.unicilindros.com.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6:cilindros-hidraulicos&catid=3:boletin-tecnico&Itemid=7](http://www.unicilindros.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=6:cilindros-hidraulicos&catid=3:boletin-tecnico&Itemid=7)

<sup>10</sup> Extraído de <http://buscon.rae.es/drael/>



**CORRIENTE ELÉCTRICA:** la corriente o intensidad eléctrica es el flujo de carga por unidad de tiempo que recorre un material. Se debe al movimiento de los electrones en el interior del material.<sup>11</sup>

**CORROSIÓN:** (quím) destrucción paulatina de los cuerpos metálicos por acción de agentes externos, persista o no su forma.<sup>12</sup>

**CULATA:** extremo de un cilindro hidráulico o neumático.<sup>13</sup>

**DEPÓSITO DE PURGA:** mecanismo para eliminar el agua condensada de un sistema. Generalmente van montados con válvulas de purga automática. (Norgren S.A., 2011).

**DESECANTE** material absorbente utilizado en algunos secadores. Muchos de ellos son regenerativos, pues utilizan una parte de su energía para secar el material, haciéndolo re-utilizable. (Norgren S.A., 2011).

**DIAFRAGMA:** separación, generalmente movible, que intercepta la comunicación entre dos partes de un aparato o de una máquina. (Millán Teja, 1995).

**DILATACIÓN:** aumento de longitud, superficie o volumen de un cuerpo por separación de sus moléculas con disminución de su densidad. (Millán Teja, 1995).

**ELECTROIMÁN:** un tipo de imán en el que el campo magnético se produce mediante el flujo de una corriente eléctrica, desapareciendo en cuanto cesa dicha corriente. (Millán Teja, 1995).

**ELECTROVÁLVULA:** válvula accionada por un electro imán, que regula un circuito hidráulico o neumático.<sup>14</sup>

---

<sup>11</sup> Extraído de [http://es.wikipedia.org/wiki/Corriente\\_el%C3%A9ctrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Corriente_el%C3%A9ctrica)

<sup>12</sup> Extraído de <http://buscon.rae.es/drae/>

<sup>13</sup> Extraído de <http://es.thefreedictionary.com/culata>

<sup>14</sup> Extraído de <http://www.significadode.org/electrov%E1lvula.htm>

**ELEMENTO DE CONMUTACIÓN ELÉCTRICA:** de un presóstato es el que abre o cierra un circuito eléctrico en respuesta a la fuerza causante que recibe del elemento sensor de presión. (Millán Teja, 1995).

**ELEMENTO SENSOR DE PRESIÓN:** es la parte del presóstato que se mueve debido a un cambio de presión. (Millán Teja, 1995).

**EMBOLO:** barra cuyos movimientos se encuentran limitados a una sola dirección como consecuencia del empleo de guías. Solamente está sometido a esfuerzos de tracción y compresión.<sup>15</sup>

**EMULSIÓN:** Mezcla de aceite y agua. (Norgren S.A., 2011).

**ESFERA:** sólido terminado por una superficie curva cuyos puntos equidistan todos de otro interior llamado centro.<sup>16</sup>

**ESPIRAL:** curva plana que da indefinidamente vueltas alrededor de un punto, alejándose de él más en cada una de ellas.<sup>17</sup>

**ETHERNET:** la tecnología de LAN más popular actualmente. La norma IEEE 802.3 define las reglas para configurar una red Ethernet. Es una red CSMA/CD de banda base a 10 Mbps, que funciona con cableado coaxial fino y grueso, par trenzado y fibra óptica.<sup>18</sup>

**FAST ETHERNET:** fast Ethernet describe el estándar para transferir datos a 100 Mbit/s. Fast Ethernet utiliza para ello el estándar 100 Base-T.<sup>19</sup>

**FIN DE CARRERA:** son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, como por ejemplo una cinta

---

<sup>15</sup> Extraído de <http://www.buenastareas.com/ensayos/Bombas-Embolo-Diafragma-Bombas-Reciprocantes/2249951.html>

<sup>16</sup> Extraído de <http://buscon.rae.es/drael/>

<sup>17</sup> Idip

<sup>18</sup> Extraído de [http://www.consulintel.es/Html/Tutoriales/Lantronix/guia\\_et\\_p1.html](http://www.consulintel.es/Html/Tutoriales/Lantronix/guia_et_p1.html)

<sup>19</sup> Idip

transportadora, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. (Millán Teja, 1995).

**FLUCTUACIÓN:** diferencia entre el valor instantáneo de una cantidad fluctuante y su valor normal.<sup>20</sup>

**FLUIDO:** se denomina fluido a un conjunto de sustancias donde existe entre sus moléculas poca fuerza de atracción, cambiando su forma, lo que ocasiona que la posición que toman sus moléculas varía, ante una fuerza aplicada sobre ellos, pues justamente fluyen. Los líquidos toman la forma del recipiente que los aloja, manteniendo su propio volumen, mientras que los gases carecen tanto de volumen como de forma propios. Las moléculas no cohesionadas se deslizan en los líquidos, y se mueven con libertad en los gases. Los fluidos están conformados por los líquidos y los gases, siendo los segundos mucho menos viscosos (casi fluidos ideales).<sup>21</sup>

**FRAME RELAY:** conmutador de cuadro o trama. Protocolo de conmutación de paquetes de alta velocidad que proporciona una transmisión más rápida y eficiente que el protocolo X.25. Es más adecuado para la transferencia de datos, voz y video. Adecuado para redes ATM. (Arredondo Arango, Hincapié Noreña, & Salazar Valcárcel, 2002).

**FULL-DÚPLEX:** completo o simultáneo, bidireccional, doble completo. Transmisión y recepción simultánea. En redes digitales puras, esto se realiza con dos pares de alambres. En redes analógicas o redes digitales que usan portadoras, se consigue dividiendo el ancho de banda de la línea en dos frecuencias, una para emitir, otra para recibir. (Arredondo Arango, Hincapié Noreña, & Salazar Valcárcel, 2002).

**GATEWAY:** es una utilidad o herramienta, implementada a nivel de hardware y software, que conecta a dos redes LAN que operan con distintos protocolos,

---

<sup>20</sup> Extraído de <http://buscon.rae.es/drael/>

<sup>21</sup> Extraído de <http://es.wikipedia.org/wiki/Fluido>

produciendo mensajes entre ellos y comunicándose entre sí, dispositivos e información de ambas redes. (Arredondo Arango, Hincapié Noreña, & Salazar Valcárcel, 2002).

HELICOIDAL: en figura de hélice. Superficie alabeada engendrada por una recta que se mueve apoyándose en una hélice y en el eje del cilindro que la contiene, con el cual forma constantemente un mismo ángulo.<sup>22</sup>

HUMEDAD RELATIVA: cantidad de vapor de agua existente en un determinado volumen de aire, en relación a la cantidad de vapor de agua necesario para saturar el mismo volumen de aire a igual temperatura. (Norgren S.A., 2011)

HALF DÚPLEX (SEMIDÚPLEX): transmisión de datos en ambas direcciones, pero sólo una dirección por vez. (Arredondo Arango, Hincapié Noreña, & Salazar Valcárcel, 2002).

INCONEL: llamado también a veces ICONEL o INCO, es una marca registrada de Special Metals Corporation, para referirse a la familia de súper aleaciones basadas en níquel y cromo. Este material conserva la resistencia mecánica aun a elevadas temperaturas, por lo que se usa en alabes de turbinas, para uso automotriz (en los turbocargadores), industrial y aeronáutico. El metal inconel contiene 80% de níquel, 15% de cromo, y 5% de hierro. Resiste a la corrosión y es fácilmente soldable.<sup>23</sup>

INDUCCIÓN: producción de una fuerza electromotriz en un circuito por la variación de la corriente que circula por otro.<sup>24</sup>

---

<sup>22</sup> Idip

<sup>23</sup> Extraído de <http://www.fullmecanica.com/i/iconel>

<sup>24</sup> Extraído de <http://buscon.rae.es/drael/>

INDUCTANCIA: es una medida de la oposición a un cambio de corriente de un inductor o bobina que almacena energía en presencia de un campo magnético.<sup>25</sup>

INTERNET: serie de redes locales, regionales, nacionales e internacionales interconectadas, unidas usando TCP/IP. Internet une muchos gobiernos, universidades y centros de investigación. Proporciona E-mail, Login remotos y servicios de transferencia de archivos.<sup>26</sup>

LAN (Local Área Network): un grupo de computadoras conectadas, que se comunican y que comparten dispositivos periféricos dentro de un área pequeña. (Arredondo Arango, Hincapié Noreña, & Salazar Valcárcel, 2002).

LATENCIA: tiempo que demora un dato en pasar por un equipo de comunicación, como un hub, router o switch. (Arredondo Arango, Hincapié Noreña, & Salazar Valcárcel, 2002).

MECÁNICO: ejecutado por un mecanismo o máquina.<sup>27</sup>

MICRA: unidad de longitud equivalente a la millonésima parte del metro. (Norgren S.A., 2011)

MOCRO-FOG: suspensión de partículas de aceite ligeras en el aire, normalmente inferiores a 2µm, que pueden recorrer largas distancias. (Norgren S.A., 2011)

MODEM: equipo que permite convertir señales digitales en señales analógicas y viceversa. Se utiliza principalmente para la conexión de computadoras a la red telefónica. (Arredondo Arango, Hincapié Noreña, & Salazar Valcárcel, 2002).

---

<sup>25</sup> Idip

<sup>26</sup> Extraído de [http://www.consulintel.es/Html/Tutoriales/Lantronix/guia\\_et\\_p1.html](http://www.consulintel.es/Html/Tutoriales/Lantronix/guia_et_p1.html)

<sup>27</sup> Extraído de <http://buscon.rae.es/drael/>

MONOESTABLE: es un circuito multivibrador que realiza una función secuencial consistente en que al recibir una excitación exterior, cambia de estado y se mantiene en él durante un periodo que viene determinado por una constante de tiempo. Transcurrido dicho periodo de tiempo, la salida del monoestable vuelve a su estado original. Por tanto, tiene un estado estable (de aquí su nombre) y un estado casi estable.<sup>28</sup>

MUELLE: resorte, pieza elástica helicoidal de metal u otro material.<sup>29</sup>

NEUMÁTICO: que funciona con aire u otro gas.<sup>30</sup>

NIC (Network Interface Card): son todas las tarjetas de interfase para red que se instalan en las computadoras. Estas tarjetas vienen con conectores BNC, AUI, RJ45, FC (Fibra óptica) o conectores RJ-45. (Arredondo Arango, Hincapié Noreña, & Salazar Valcárcel, 2002).

NODO (NODE): punto de empalme o conexión en una red. (Arredondo Arango, Hincapié Noreña, & Salazar Valcárcel, 2002)

OLI-FOG: suspensión de partículas de aceite en el aire, más pesadas y grandes que Micro-Fog, adecuadas para la lubricación heavy duty. (Norgren S.A., 2011)

PAQUETE: serie de bits que contienen datos e información de control, incluyendo la dirección del nodo fuente y destino, estructurados para su transmisión de un nodo a otro.<sup>31</sup>

PATRÓN: modelo que sirve de muestra para sacar otra cosa igual.<sup>32</sup>

---

<sup>28</sup> Extraído de <http://mx.answers.yahoo.com/question/index?qid=20070428185450AAuYNfU>

<sup>29</sup> Extraído de <http://buscon.rae.es/drael/>

<sup>30</sup> Idip

<sup>31</sup> Extraído de [http://www.consulintel.es/Html/Tutoriales/Lantronix/guia\\_et\\_p1.html](http://www.consulintel.es/Html/Tutoriales/Lantronix/guia_et_p1.html)

<sup>32</sup> Extraído de <http://buscon.rae.es/drael/>

**PERDIDA INICIAL:** cantidad de pérdida de presión en un regulador de presión cuando pasa de un caudal (estático) determinado a un caudal (dinámico) menor. (Norgren S.A., 2011).

**PIEZOELECTRICIDAD:** es un fenómeno presentado por determinados cristales que al ser sometidos a tensiones mecánicas adquieren una polarización eléctrica en su masa, apareciendo una diferencia de potencial y cargas eléctricas en su superficie. (Millán Teja, 1995).

**PIEZORESISTIVIDAD:** es la propiedad de algunos materiales conductores y semiconductores, cuya resistencia cambia cuando se los somete a un esfuerzo mecánico (tracción o compresión) que los deforma. (Millán Teja, 1995).

**PRESIÓN DE TRABAJO O RANGO DE OPERACIÓN:** es el rango de presión que un interruptor puede captar en condiciones de trabajo normales. Esto se conoce, comúnmente, como rango ajustable. (Millán Teja, 1995).

**PRESIÓN DEL SISTEMA:** es la presión calculada de un sistema hidráulico o neumático, que no incluye las sobrecargas máximas que puede encontrar el sistema. (Millán Teja, 1995).

**PRESIÓN VARIABLE:** es la presión fluctuante que tiene características de una magnitud suficiente para hacer funcionar un interruptor accionado por presión. Esta presión es, generalmente, la que capta un presóstato. (Millán Teja, 1995).

**PRESÓSTATO:** también es conocido como interruptor de presión. Es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido.<sup>33</sup>

**PROFINET:** en el contexto de la Totally Integrated Automation (TIA) PROFINET es la continuación consecuente de PROFIBUS DP, el ya acreditado bus de campo, e

---

<sup>33</sup> Extraído de <http://es.wikipedia.org/wiki/Presostato>

Industrial Ethernet, el bus de comunicación para el nivel de célula. La experiencia de ambos sistemas ha sido y está siendo integrada en PROFINET. PROFINET como estándar de automatización basado en Ethernet de la PROFIBUS International (la entonces organización de usuarios PROFIBUS Nutzerorganisatione.V.) define así un modelo abierto de comunicación, automatización e ingeniería.<sup>34</sup>

PROTOCOLO: conjunto de normas y reglas utilizadas para el establecimiento de una comunicación. (Arredondo Arango, Hincapié Noreña, & Salazar Valcárcel, 2002).

PUERTO: el conector físico de un dispositivo que permite hacer la conexión.<sup>35</sup>

PUNTO DE ACTUACIÓN: punto de referencia, que se expone por medio de la presión puntual a la cual se maniobrara el interruptor de disparo, ya sea para abrir o cerrar el circuito eléctrico, esto de acuerdo con la forma como el interruptor está conectado. (Millán Teja, 1995).

RANGO AJUSTABLE: rango de actuación dentro del cual se puede ajustar el punto de actuación de un interruptor accionado por presión.<sup>36</sup>

REDES: es el medio que proporciona el ambiente necesario para que los usuarios, desde diferentes lugares, tengan acceso en condiciones similares a la información. En este concepto se incluyen el hardware, el cableado de interconexión y el software de administración propia de las comunicaciones. (Arredondo Arango, Hincapié Noreña, & Salazar Valcárcel, 2002).

---

<sup>34</sup> Extraído de [http://www.consulintel.es/Html/Tutoriales/Lantronix/guia\\_et\\_p1.html](http://www.consulintel.es/Html/Tutoriales/Lantronix/guia_et_p1.html)

<sup>35</sup> Idip

<sup>36</sup> Extraído de [http://www.nsscomunicacion.com.ar/winters/index.php?option=com\\_content&task=view&id=19&Itemid=37](http://www.nsscomunicacion.com.ar/winters/index.php?option=com_content&task=view&id=19&Itemid=37)



REFRIGERADOR: intercambiador de calor montado en la salida del compresor para extraer el calor de la compresión. (Norgren S.A., 2011).

REGULADOR DE PRESIÓN: mecanismo conectado a un sistema para que su presión se mantenga constante mediante el control del caudal de salida a la atmósfera. (Norgren S.A., 2011).

REGULADOR PILOTADO: regulador cuya presión de salida está controlada por la presión de salida de otro regulador de presión. (Norgren S.A., 2011).

RELUCTANCIA: resistencia que ofrece un circuito al flujo magnético.<sup>37</sup>

REPARTIDOR: son usados para continuar con la señal de un segmento a otro segmento de la red, en cualquier topología. Los repetidores permiten incrementar la longitud del segmento del cable, pero deberá tomarse en cuenta que la data, no debe pasar por más de dos repetidores, antes de alcanzar su destino final. (Arredondo Arango, Hincapié Noreña, & Salazar Valcárcel, 2002).

ROBÓTICA: técnica que aplica la informática al diseño y empleo de aparatos que, en sustitución de personas, realizan operaciones o trabajos, por lo general en instalaciones industriales.<sup>38</sup>

SECADOR DELICUESCENTE: secador con un material que absorbe el vapor de agua hasta que dicho material se disuelve en el agua absorbida. (Norgren S.A., 2011).

SENSOR: dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc. y la transmite adecuadamente.<sup>39</sup>

---

<sup>37</sup> Extraído de <http://buscon.rae.es/drael/>

<sup>38</sup> Idip

<sup>39</sup> Extraído de <http://buscon.rae.es/drael/>

SEÑAL ANALÓGICA: señal en forma de onda eléctrica. Puede tener un número infinito de valores en un determinado intervalo. (Arredondo Arango, Hincapié Noreña, & Salazar Valcárcel, 2002).

SEÑAL DIGITAL: señal que puede alcanzar un número finito de valores en un cierto intervalo. Una señal digital típica es una señal binaria que puede tener dos valores representados por 0 y 1. (Arredondo Arango, Hincapié Noreña, & Salazar Valcárcel, 2002).

SEÑAL ELÉCTRICA: s un tipo de señal generada por algún fenómeno electromagnético. Estas señales pueden ser analógicas, si varían de forma continua en el tiempo, o digitales si varían de forma discreta (con valores dados como 0 y 1).<sup>40</sup>

SERVIDOR DE RUTA (Route Server): dispositivo que ayuda a crear, mantener y diseminar información en rutas a través de una red conmutada. (Arredondo Arango, Hincapié Noreña, & Salazar Valcárcel, 2002).

SNMP: Simple Network Management Protocol. Protocolo simple de administración de redes. Protocolo utilizado para reunir la información acerca de las actividades en una red TCP/IP para propósitos de supervisión y estadísticas. (Arredondo Arango, Hincapié Noreña, & Salazar Valcárcel, 2002).

SOLENOIDE: conductor arrollado en forma de hélice, y que, recorrido por una corriente, posee las propiedades de un campo magnético cuya dirección coincide con el eje del solenoide y cuyo sentido depende del que lleva la corriente.<sup>41</sup>

SWITCH LAN VIRTUAL: ofrece a cada usuario conectarse a su propia red LAN dedicada (conocida como LAN-per-port). También permite crear grupos de trabajo

---

<sup>40</sup> Extraído de [http://es.wikipedia.org/wiki/Se%C3%B1al\\_el%C3%A9ctrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Se%C3%B1al_el%C3%A9ctrica)

<sup>41</sup> Extraído de <http://es.thefreedictionary.com/solenoid>

lógicos o virtuales. (Arredondo Arango, Hincapié Noreña, & Salazar Valcárcel, 2002).

TACÓMETRO: aparato que mide el número de revoluciones de un eje.<sup>42</sup>

TEMPERATURA: Magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente. Su unidad en el Sistema Internacional es el kelvin (K).<sup>43</sup>

TOLERANCIA: Variación normal en presóstatos de producción con las mismas especificaciones. Afecta el valor de actuación y el punto de reactuación y no la precisión del punto de referencia.<sup>44</sup>

TOMA INTERMEDIA: mecanismo modular con varias salidas de caudal de aire y una entrada principal. (Norgren S.A., 2011).

TOPOLOGÍA: es la configuración física de la conectividad de una red. (Arredondo Arango, Hincapié Noreña, & Salazar Valcárcel, 2002).

TRANSDUCTOR: dispositivo que transforma el efecto de una causa física, como la presión, la temperatura, la dilatación, la humedad, etc., en otro tipo de señal, normalmente eléctrica.<sup>45</sup>

UNIDAD DE MANTENIMIENTO: la unidad de mantenimiento representa una combinación de filtro de aire comprimido, regulador de presión y lubricador de aire comprimido.<sup>46</sup>

UTP: par trenzado no apantallado, uno o más pares de cable rodeados por un aislamiento. UTP normalmente se usa como cable telefónico.<sup>47</sup>

---

<sup>42</sup> Extraído de <http://buscon.rae.es/drael/>

<sup>43</sup> Extraído de <http://buscon.rae.es/drael/>

<sup>44</sup> Extraído de [http://www.nsscomunicacion.com.ar/winters/index.php?option=com\\_content&task=view&id=19&Itemid=37](http://www.nsscomunicacion.com.ar/winters/index.php?option=com_content&task=view&id=19&Itemid=37)

<sup>45</sup> Extraído de <http://buscon.rae.es/drael/>

<sup>46</sup> Extraído de <http://es.scribd.com/doc/35079386/Unidad-de-mantenimiento-Neumatica>

VACÍO: extraer el aire u otro gas contenidos en un recipiente cerrado.<sup>48</sup>

VÁLVULA DE ARRANQUE PROGRESIVO: mecanismo que durante la presurización inicial del sistema permite que la presión aumente lentamente hasta un nivel intermedio predeterminado, antes de que la presión de la línea llegue al máximo. (Norgren S.A., 2011).

VÁLVULA DE CONTROL: mecanismo que permite al caudal ir en una única dirección. (Norgren S.A., 2011).

VÁLVULA DE DESCARGA: válvula conectada a la atmósfera que permite una rápida descarga de la presión del sistema. (Norgren S.A., 2011).

VÁLVULA DE REDUCCIÓN DE PRESIÓN: mecanismo utilizado para disminuir la presión de aire en un sistema neumático hasta el nivel de trabajo requerido. (Norgren S.A., 2011).

VÁSTAGO: barra que, sujeta al centro de una de las dos caras del émbolo, sirve para darle movimiento o transmitir el suyo a algún mecanismo. (Millán Teja, 1995).

WAN: red que va más allá de la extensión de una red local y que permite la comunicación en red, Ej. Más allá de los límites de un continente. El control jurídico no está en manos del usuario, sino del proveedor de las redes de transmisión.<sup>49</sup>

ZONA MUERTA: diferencia entre el punto de actuación y el punto de reactuación en un interruptor accionado por presión. (Millán Teja, 1995).

---

<sup>47</sup> Extraído de [http://www.consulintel.es/Html/Tutoriales/Lantronix/guia\\_et\\_p1.html](http://www.consulintel.es/Html/Tutoriales/Lantronix/guia_et_p1.html)

<sup>48</sup> Extraído de <http://buscon.rae.es/drael/>

<sup>49</sup> Extraído de [http://www.consulintel.es/Html/Tutoriales/Lantronix/guia\\_et\\_p1.html](http://www.consulintel.es/Html/Tutoriales/Lantronix/guia_et_p1.html)

## INTRODUCCIÓN

Los últimos siglos han estado dominados cada uno de ellos, por una característica tecnológica. El siglo XVIII fue la época de los grandes sistemas mecánicos que acompañaron a la revolución industrial. El siglo XIX fue la era de las máquinas de vapor. En el siglo XXI el surgimiento de las tecnologías básicas, es la clave para engranar una serie de áreas que convergen en un desarrollo común y es el de fomentar la aplicación de procesos en nuestro caso como la electro-neumática, el control de movimiento, procesamiento y distribución de la información, desarrollando equipos eléctricos, neumáticos y electrónicos con excelente capacidad de almacenamiento, procesamiento, transporte, velocidad y seguridad al momento de su interacción.

Para que todo esto sea posible, paralelamente se han alcanzado grandes progresos en la implementación de módulos, donde los usuarios sin importar si se encuentran dentro de un mismo edificio o a muchos kilómetros de distancia, puedan realizar las prácticas asignadas.

Se espera que con las prácticas implementadas en los módulos, se pueda explicar ampliamente el comportamiento de los elementos que se encuentran en el medio laboral. Además, ponerlos en operación dentro de una pequeña red dotada con equipos electrónicos tales como el PLC, que permitirán evaluar técnicamente el funcionamiento de los medios mencionados y además se tendrá la posibilidad de hacer chequeos de parámetros básicos y avanzados.

## 1 PROBLEMA

Actualmente en el Instituto Tecnológico Pascual Bravo, institución Universitaria, ubicado en la ciudad de Medellín, no cuenta con un laboratorio de tecnologías básicas en electro-neumática, automatización, control de movimiento y comunicaciones que le brinde al estudiante la posibilidad de incursionar en otras áreas, donde logre aplicar sus conocimientos y desarrollar prácticas de laboratorios, capacitaciones, cursos y eventos especiales.

La falta de este recurso les ha dificultado a los estudiantes la oportunidad de profundizar más sobre los últimos adelantos en tecnologías básicas; además de tener un contacto directo con elementos como los son: válvulas, dispositivos electrónicos, sensores, temporizadores, reguladores de flujo, cilindros, protocolos de comunicaciones y otras aplicaciones con las que contarían dichos módulos.

La carencia de estos equipos en la Institución, no ha permitido la aplicación de los conocimientos adquiridos por parte de los estudiantes en las diferentes áreas anteriormente planteadas, dejando al estudiante con falencias en sus competencias laborales, ya que actualmente en el medio, las tendencias tecnológicas predominantes se desarrollan con base en estos modelos; lo cual, margina a la institución de entrar en la era de las nuevas tecnologías, desmejorando así la calidad de la formación de sus profesionales y afectando la adecuación de los espacios físicos, para la realización las diversas aplicaciones con las que cuentan los laboratorios.

## 2 JUSTIFICACIÓN

Con este proyecto el Instituto Tecnológico Pascua Bravo, Institución Universitaria, busca mejorar la calidad en la formación de sus profesionales en las diferentes áreas básicas planteadas en el proyecto; aportando una herramienta de gran utilidad, tanto a estudiantes como a docentes, donde se les posibilitará interactuar con los elementos que encontraran en el medio. En este módulo los estudiantes podrán simular situaciones y/o configurar casos propuestos por el docente, además de diseñar, crear, modelar e innovar sobre procesos ya preestablecidos, buscando estar a la vanguardia con las nuevas tecnologías.

La puesta en operación de un módulo para laboratorios de tecnologías básicas en electro-neumática, automatización y control de movimiento, en el Instituto Tecnológico Pascual Bravo, Institución Universitaria, busca satisfacer las necesidades que tiene la institución en lo relacionado con la tecnología.

La implementación de dichos módulos, ayudara a la Institución a desarrollar un laboratorio integral de tecnologías básicas, que cumpla con los protocolos y requisitos exigidos por entes certificadores.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Implementar módulos para el laboratorio de tecnologías básicas en electro-neumática, automatización, comunicación, control de movimiento y diseño de la red eléctrica, comunicaciones, iluminación y aire en el Instituto Tecnológico Pascual Bravo Institución Universitaria.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el montaje de 2 módulos didácticos electro-neumáticos para prácticas de automatización, los cuales servirán para la capacitación del personal de laboratorio, docentes y alumnos del Instituto Tecnológico Pascual Bravo, Institución Universitaria.
- Acondicionar un sistema de control de movimiento, con sistema servo con control de dos ejes, para prácticas de posicionamiento.
- Diseñar una red eléctrica trifásica, una red neumática, una red de comunicaciones para 3 PC's y PLC's, un sistema de iluminación y una red de aire acorde con la normatividad exigida.
- Elaborar un manual que servirá como guía para consultar todos los aspectos técnicos del módulo, equipos utilizados en el trabajo de grado, y documentar las prácticas propuestas.



## 4 MARCO TEÓRICO

### 4.1 LA ELECTRO-NEUMÁTICA

La neumática básica o pura, produce la fuerza mediante los actuadores o motores neumáticos, lineales o rotativos, pero además, el gobierno de éstos y la introducción de señales, fines de carrera, sensores y captadores, se efectúa mediante válvulas exclusivamente neumáticas, es decir el mando, la regulación y la automatización, se realiza de manera totalmente neumática. Pues bien, esta manera de proceder se reserva a circuitos neumáticos muy sencillos y a casos en que, por cuestiones de seguridad, no se pueden admitir elementos eléctricos.

En la electro-neumática los actuadores siguen siendo neumáticos, los mismos que en la neumática básica, pero las válvulas de gobierno mandadas neumáticamente son sustituidas por electroválvulas activadas con electroimanes en lugar de pilotadas con aire comprimido. Las electroválvulas son convertidores electro-neumáticos que transforman una señal eléctrica en una actuación neumática. Por otra parte los sensores, fines de carrera y captadores de información son elementos eléctricos, con lo que la regulación y la automatización son, por tanto, eléctricas o electrónicas. Las ventajas de la electro-neumática sobre la neumática pura son obvias y se concretan en la capacidad que tienen la electricidad y la electrónica para emitir, combinar, transportar y secuenciar señales, que las hacen extraordinariamente idóneas para cumplir tales fines. Se suele decir que la neumática es la fuerza y la electricidad los nervios del sistema.

Teniendo en cuenta lo anterior se puede definir la electro-neumática, como la tecnología que trata sobre la producción y transmisión de movimientos y esfuerzos mediante el aire comprimido y su control por medios eléctricos y electrónicos.

La electro-neumática es un paso intermedio entre la neumática básica y los autómatas programables, donde éstos por sí solos controlan el sistema con las ventajas singulares que conllevan.

No es estrictamente necesario saber electricidad y electrónica para entender la electro-neumática, pues basta tomar los elementos eléctricos como cajas negras, de los que se conoce que con unos determinados estímulos proporciona unas respuestas concretas, es decir, que ciertas entradas producen tales salidas. Sin embargo, saber electricidad y electrónica es extraordinariamente útil, pues la electro-neumática es una simbiosis donde se mezcla la neumática y la automática, con cierta preponderancia de ésta sobre aquella.

En la electro-neumática, la energía eléctrica (energía de mando y de trabajo) es introducida, procesada y cursada por elementos muy determinados. Por razones de simplicidad y vistosidad estos elementos figuran en los esquemas como símbolos que facilitan el diseño, la instalación y el mantenimiento.

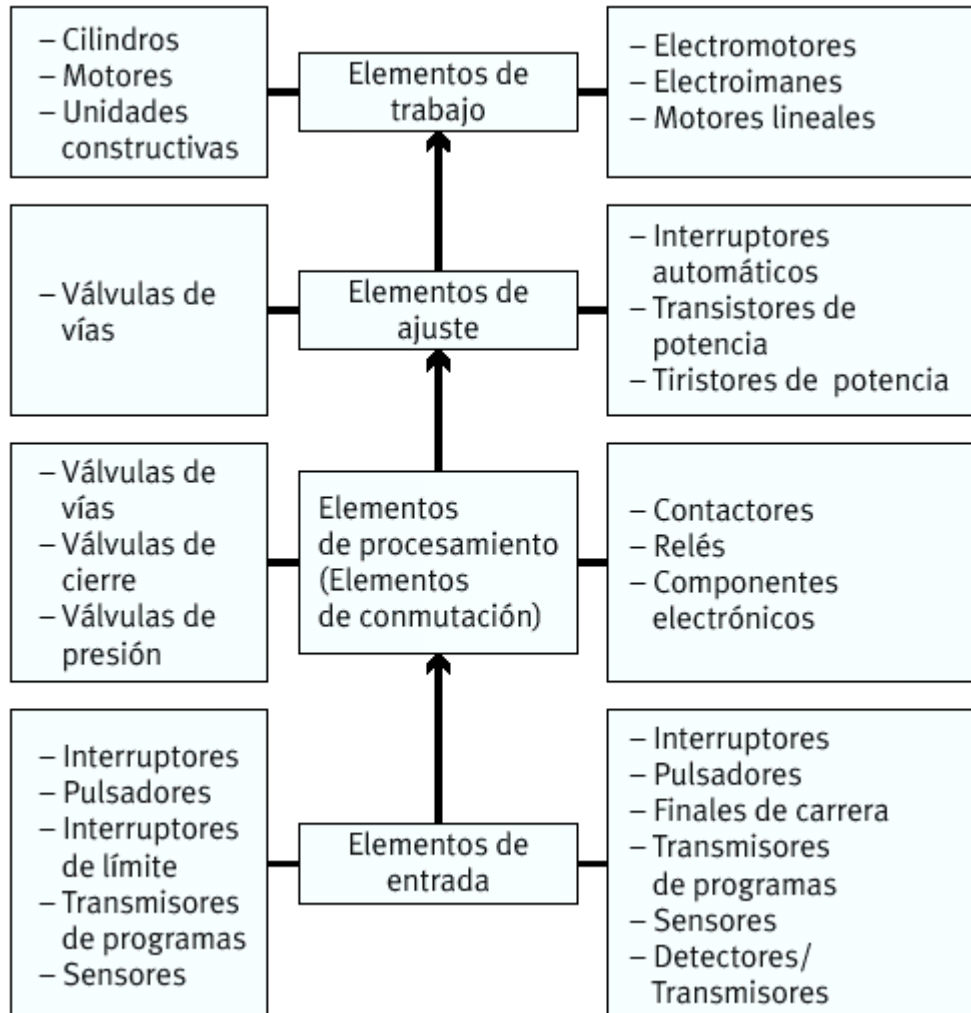
Pero no es suficiente sólo la comprensión de los símbolos existentes en los esquemas de los circuitos electro-neumáticos y el funcionamiento de los elementos que en él figuran para garantizar el correcto dimensionado de mandos y la rápida localización de errores o anomalías cuando aparecen, sino que el especialista en mandos debe conocer también las cuestiones y elementos más importantes y usuales de la electricidad y la electrónica.

Un sistema electro-neumático consta de un circuito neumático simple y en paralelo circuitos eléctricos, en ocasiones bastantes complejos, donde tiene una gran importancia la forma de representación de cada elemento. El circuito eléctrico está formado por:

- Elementos eléctricos para la entrada de señales
- Elementos eléctricos o electrónicos para el procesamiento de señales

En la electro-neumática, se introducen elementos eléctricos y electrónicos en la cadena de mando, según el siguiente esquema.<sup>50</sup>

**Figura 1. Esquema de electro-neumática**



Fuente: [http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/3192176/Apuntes-de-Automatizacion\\_-Electroneumatica\\_-etc\\_.html](http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/3192176/Apuntes-de-Automatizacion_-Electroneumatica_-etc_.html)

[<sup>50</sup>] 22Guillo22, Apuntes de Automatización, Electro-neumática, etc. [online]. Publicado el 16 de agosto 2009, Consultado el 14 de Octubre de 2011. [http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/3192176/Apuntes-de-Automatizacion\\_-Electroneumatica\\_-etc\\_.html](http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/3192176/Apuntes-de-Automatizacion_-Electroneumatica_-etc_.html)

## **4.2 ELECTROVÁLVULAS**

Con el nombre genérico de válvulas, se conoce a una serie de órganos de mando, que tiene la misión de regular y distribuir la energía neumática hacia los actores (cilindro o motores).

El “CETOP” (Comité Europeo de Trasmisiones Oleo hidráulicas) divide las válvulas de regulación y distribución en los siguientes grupos:

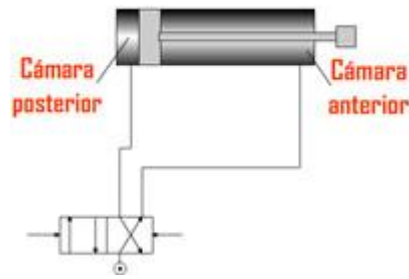
- Distribuidores.
- De bloqueo.
- De presión.
- De caudal.
- De aislamiento.

Los elementos de mando (válvulas), se caracterizan porque la energía necesaria para su accionamiento es muy pequeña, debido a que la resistencia a vencer es baja y el recorrido del elemento móvil es muy corto. Podemos decir, que el mando es un dispositivo que utiliza pequeñas energías para el gobierno de grandes energías.

## **4.3 VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS**

Si se desea que el cilindro de doble efecto de la Figura 2, realice la carrera de salida del vástago, es necesario introducir aire comprimido en la cámara posterior y a la vez, evacuar el aire comprimido de la cámara anterior. Para realizar la carrera de retroceso se necesita enviar aire comprimido de la cámara anterior y evacuar el aire comprimido de la cámara posterior. Pues bien, el elemento encargado de realizar dichas funciones es una válvula distribuidora.

**Figura 2. Válvula distribuidora accionando un cilindro doble efecto**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

Los distribuidores también se utilizan para el mando de otros distribuidores, siendo su misión la de comunicar la cámara de pilotaje del distribuidor, con aire comprimido o con la atmósfera.

Por tanto, los distribuidores se pueden definir como aquellos elementos de mando, que tienen la misión de comunicar las tuberías de los actuadores, o de pilotaje de los distribuidores, con aire a presión o con la atmósfera.

Las válvulas distribuidoras se pueden clasificar en función de los siguientes conceptos:

- Por el número de vías y posiciones.
- Por el tipo de accionamiento.
- Por la misión que desempeña.
- En función de su construcción interna.

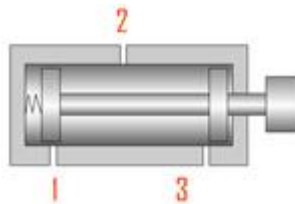
#### **4.3.1 Clasificación de los distribuidores por el número de vías y posiciones, representación simbólica**

Es la clasificación más importante que se realiza de los distribuidores, e indica el funcionamiento de la válvula, sin tener en cuenta para ello, ni su construcción ni su pilotaje.

Se entiende por número de vías, el número de orificios de conexión externas que tiene la válvula, sin contar los orificios de purga, ni los orificios de pilotaje de las válvulas gobernadas neumáticamente.

Se entiende por número de posiciones, el número de combinaciones de conexión interna que entre las distintas vías de la válvula se puedan realizar. Así por ejemplo, la válvula de la Figura 3 tiene tres vías (orificios 1, 2 y 3) y dos posiciones, vía 1 obturada y la vía 2 unida con la 3; o vía 1 unida con la 2 y la vía 3 obturada.

**Figura 3. Válvula de 3 vías / 2 posiciones**



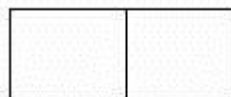
Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

En los circuitos las válvulas se representan mediante símbolos, los cuales dependen del número de vías y posiciones de las válvulas, pero son independientes del sistema de construcción de las mismas.

La representación simbólica de los distribuidores, según CETOP e ISO, se realiza en base a las siguientes directrices:

- 1º - El distribuidor está compuesto de tantos cuadros yuxtapuestos como posiciones pueda optar. Para la válvula de la Figura 3 se tendrá:

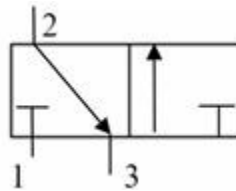
**Figura 4. Representación de las posiciones en una válvula**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

- 2º - En cada posición (cuadrado), las vías que se encuentran conectadas se unen mediante una línea recta y una flecha que indica el sentido de circulación del aire. Las vías que se encuentran cerradas se representan mediante una línea transversal. En la válvula de la Figura 3, se tiene:

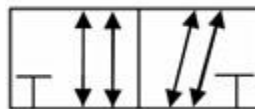
**Figura 5. Representación de una válvula**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

Si entre dos vías el aire puede circular en ambos sentidos, se indican éstos mediante las flechas respectivas.

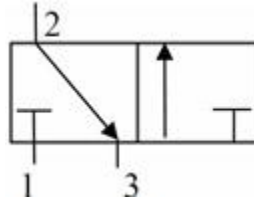
**Figura 6. Representación de una válvula con circulación de aire en ambos sentidos**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

- 3º - Las líneas que representan las tuberías de conducción (conexiones externas), se representan en la posición de reposo de la válvula; en el caso de que ésta posición no exista, se representa en la posición inicial. Por tanto, las conexiones nos indican la posición que ocupa la válvula en ese instante. Se entiende por posición de reposo, lo que ocupa la válvula cuando no está montada en el circuito y por posición inicial, la que ocupa la válvula en la posición de reposo o arranque del circuito.

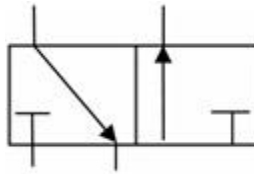
**Figura 7. Representación de las tuberías de conducción en una válvula**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

Las tuberías que se unen a las vías, sólo se representan en una de las posiciones indicadas, pues las vías de una válvula se encuentran en el cuerpo de la misma y son comunes a todas las posiciones.

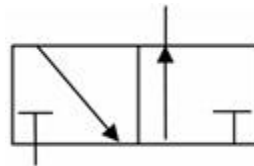
**Figura 8. Representación incorrecta de las tuberías de conducción en una válvula (1)**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

Tampoco pueden representarse unas conexiones en una posición y otras en otra, pues la válvula adopta una posición determinada y no parte de varias posiciones.

**Figura 9. Representación incorrecta de las tuberías de conducción en una válvula (2)**

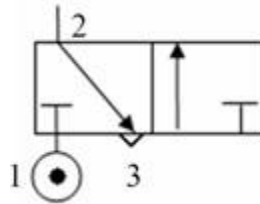


Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)



- 4º - Se representa la vía que se encuentra conectada con la red de aire comprimido, para lo que se emplea el siguiente símbolo (⊙). No se dibujan todas las tuberías de la conexión a la red con el fin de simplificar el circuito.

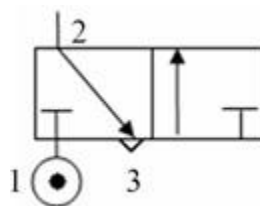
**Figura 10. Representación de la vía que se conecta a la red en una válvula**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

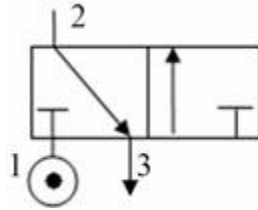
- 5º - La vía por la que se produce el escape del aire comprimido a la atmósfera se señala mediante un triángulo, que si se dibuja adyacente al cuadrado indica que dicha vía no tiene rosca de conexión y si se encuentra separado mediante una línea indica que la vía de escape tiene rosca de conexión. La rosca se necesita para el montaje de los silenciadores.

**Figura 11. Representación de un escape sin conexión de rosca en una válvula**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

**Figura 12. Representación de un escape con rosca de conexión**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

- 6º - Las vías se designan mediante números (antiguamente por letras mayúsculas), que se disponen únicamente en la posición que esté ocupando la válvula. Los números utilizados para cada vía son los siguientes.

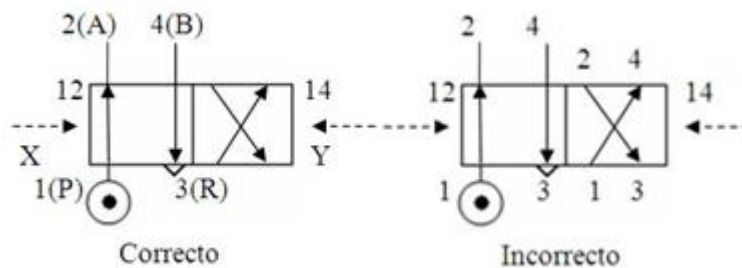
**Tabla 1. Código de las vías de una válvula**

Designación antigua	Vía o conexión	Designación moderna
A, B, C	De trabajo o utilización	2,4,6
P	Presión	1
R, S, T	Escape o descarga	3, 5, 7
X, Y, Z	Pilotaje	12, 14...

Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

El pilotaje 12 indica que con él se consigue unir la vía 1 con la 2 y el pilotaje 14 la 1 con la 4. Es decir, los dos números del pilotaje indican con que vía de utilización se une la vía de presión.

**Figura 13. Representación del pilotaje 12 y 14 en una válvula**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

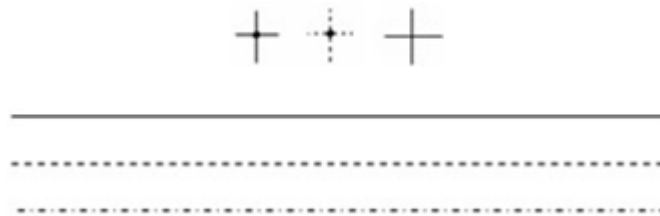
- 7º - En los circuitos las líneas que representan la conducción del aire comprimido hacia los actuadores, se llaman líneas de suministro de caudal o de trabajo, y se representan mediante una línea continua.

Las líneas que transportan aire para el mando de las válvulas se denominan líneas de pilotaje y se representan mediante una línea de trazos.

La conexión de dos líneas se representa mediante un punto.

Las líneas que se cruzan se representan mediante un cruce.

**Figura 14. Representación de las líneas que transportan aire**



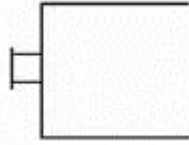
Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

Para representar que varios elementos de un plano forman un conjunto se utiliza línea de punto y raya.

#### **4.3.2 Clasificación de las válvulas distribuidoras según sus accionamientos designados de los distribuidores**

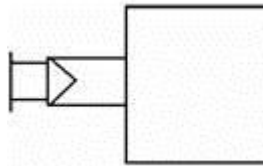
Atendiendo a la energía utilizada los accionamientos de las válvulas se pueden clasificar de acuerdo con la Tabla 2. A su vez, dependiendo de que la energía utilizada sea la que produce el cambio de posición de la válvula; o sea, lo que abre el paso a otro tipo de energía que es la que realmente produce el cambio de posición, las válvulas se pueden clasificar en:

**Figura 15. Mando directo**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

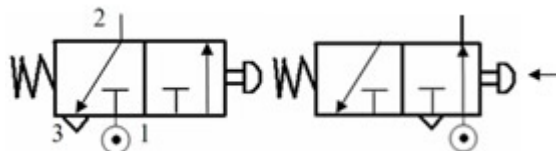
**Figura 16. Mando indirecto o servopilotado**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

Los símbolos de los accionamientos se dibujan en el centro de las caras menores del rectángulo formado por los diversos cuadrados yuxtapuestos, de modo que cada accionamiento se dibuja al lado de la posición que adquiere la válvula cuando el accionamiento es activado. En la válvula de la Figura 17 el muelle hace que la vía de presión se encuentre cerrada y que la vía 2 se encuentre comunicada con el escape. Cuando se acciona manualmente, la vía 1 se une con la 2 y el escape se cierra.

**Figura 17. Representación de los símbolos de los accionamientos en una válvula**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)










En el servopilotaje del ejemplo, la energía humana abre una válvula piloto que es la que acciona la válvula principal.

Cuando se acciona una válvula, las tuberías no se desplazan, ni el cuerpo de la válvula, lo único que sufre un desplazamiento es el órgano móvil (corredera u obturador) de la misma, por tanto se puede decir, que el símbolo representa las conexiones internas establecidas por el órgano móvil de la válvula.

Si en la posición de reposo se encuentra obturada, se dice que la válvula es normalmente cerrada (NC) y si en la posición de reposo la vía de presión se encuentra comunicada se dice que la válvula es normalmente abierta (NA). Esta denominación no tiene sentido en válvulas 4/2 y 5/2, ni en válvulas 2/2 y 3/2 que no tengan retorno por muelle.

Según CETOP, las válvulas distribuidoras se designan mediante dos números separados por una barra inclinada, de modo que el primero de ellos indica el número de vías y el segundo el número de posiciones. Para precisar más la designación, se indican a continuación los sistemas de accionamiento de la válvula. La válvula Figura 17 se designará: válvula 3/2 NC con pilotaje manual.

**Tabla 2. Tipos de accionamiento**

Tipo de energía	Símbolo	Denominación
Humana		Símbolo general de accionamiento humano
		Pulsador manual.
		Palanca basculante o rotatoria.
		Pedal.
		Enclavamiento.
Mecánica		Pivote, leva o pulsador mecánico.
		Muelle o resorte.
		Rodillo.
		Rodillo abatible o escamoteable. La válvula conmuta cuando el rodillo se

Tipo de energía		Símbolo	Denominación
Humana			Símbolo general de accionamiento humano
			Pulsador manual.
			Palanca basculante o rotatoria.
			Pedal.
			Enclavamiento.
			acciona en un sentido y no continua cuando se acciona en el otro sentido.
Eléctrica			Electroimán con una sola bobina activa.
			Electroimán con dos bobinas activas actuando en el mismo sentido.
			Electroimán con dos bobinas activas de sentidos opuestos de actuación.
			Motor eléctrico.
Neumática	Directo		Por presión.
			Por depresión
			Por diferencia de superficies.
	Indirecto o servopilotaje		Servopilotaje por presión.
			Servopilotaje por depresión.
			Por vías de mando situadas en el interior de la válvula.
Pilotaje combinados		Electroimán "y" distribuidor piloto. El distribuidor piloto es accionado por el electroimán.	
		Electroimán "o" servopilotada. Puede ser accionada por cualquiera de los dos procedimientos.	

Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

### 4.3.3 Clasificación de las válvulas en función de su construcción interna

Atendiendo a su construcción interna las válvulas distribuidoras se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- De corredera
- De asiento
- De disco

**Figura 18. Clasificación de las válvulas en función de su construcción interna**



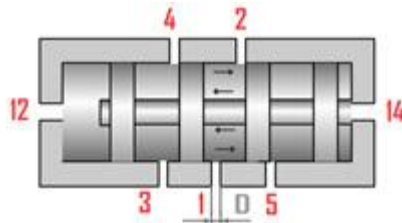
Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

En las válvulas de corredera, la distribución del aire comprimido, se logra mediante el desplazamiento de un émbolo interno que se mueve en dirección perpendicular al flujo de la corriente. Son válvulas normalmente utilizadas ya que su construcción es muy simple al presentar un solo órgano móvil. Sus características son:

- Recorrido mayor o igual al diámetro de la vía, para que la válvula presente toda su capacidad de flujo Figura 19
- Fuerza reducida, pues la corredera se encuentra equilibrada, por lo que sólo hay que vencer los rozamientos. Además, el cambio de sentido del flujo entre vías no suele comportar ningún problema.

- Admiten el montaje sobre bases, lo que permite la reparación del distribuidor sin desconectar tuberías.

**Figura 19. Distribución del aire en una válvula de corredera**



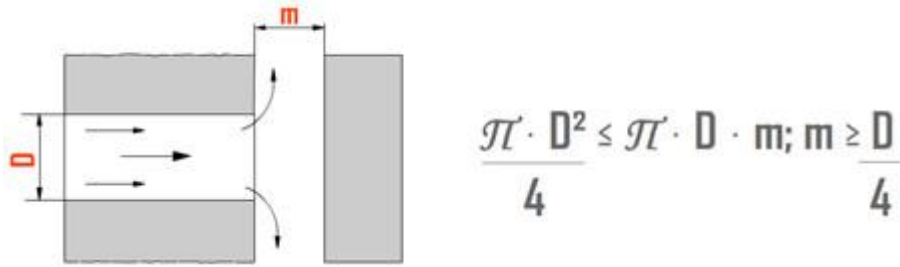
Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

En las válvulas de asiento, la distribución del aire comprimido se logra mediante un obturador que se mueve en la misma dirección que el flujo de la corriente. Son las válvulas utilizadas para caudales muy grandes o muy pequeños y presentan las siguientes características:

- Recorrido mayor o igual que  $1/4$  del diámetro de la vía, pues al producirse el flujo lateralmente, la superficie lateral tendrá que ser igual a la superficie frontal de la vía.
- Fuerza de actuación relativamente grande, pues normalmente habrá que vencer la fuerza de un muelle más la ejercida por la presión sobre el obturador.
- El cambio del sentido del flujo entre vías puede originar problemas.
- Tiempo de respuesta muy corto.
- Insensibilidad a la suciedad
- El desgaste se compensa automáticamente por lo que presentan una gran acumulación.



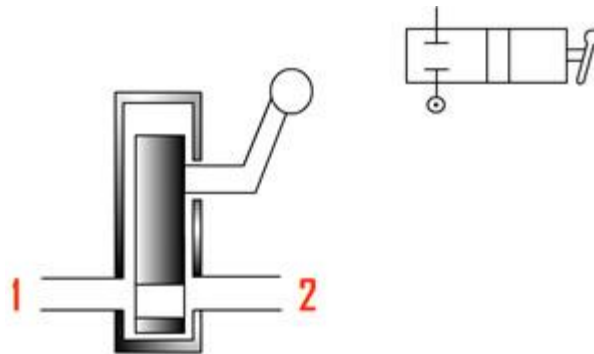
**Figura 20. Distribución del aire en una válvula de asiento**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

En las válvulas de disco, Figura 20, la distribución del aire comprimido se logra mediante un disco que tiene agujeros, que cuando estos coinciden con las vías de distribución dejan pasar el aire. Estas válvulas presentan la ventaja de que permiten regular el caudal del aire abriendo principalmente el paso del mismo, pero tienen el inconveniente de que su accionamiento es manual.

**Figura 21. Distribución del aire en una válvula de disco**



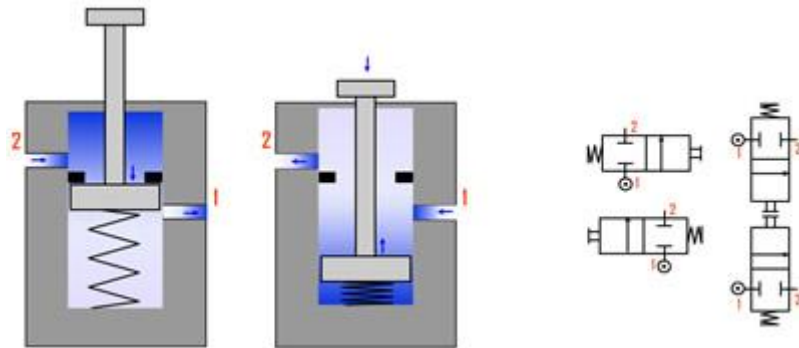
Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

#### 4.3.3.1 Válvulas 2/2

La Figura 22 muestra una válvula de asiento de dos vías (orificios 1 y 2) y dos posiciones. En la posición de reposo los orificios 1 y 2 se encuentran comunicados debido a la acción del resorte. Al accionar el pulsador, venciendo la fuerza del muelle y la ejercida por la presión del aire comprimido, se establece la

comunicación entre las vías 1 y 2. Al soltar el pulsador el resorte lleva la válvula a la posición de reposo.

**Figura 22. Válvula de asiento de dos vías (orificios 1 y 2) y dos posiciones**

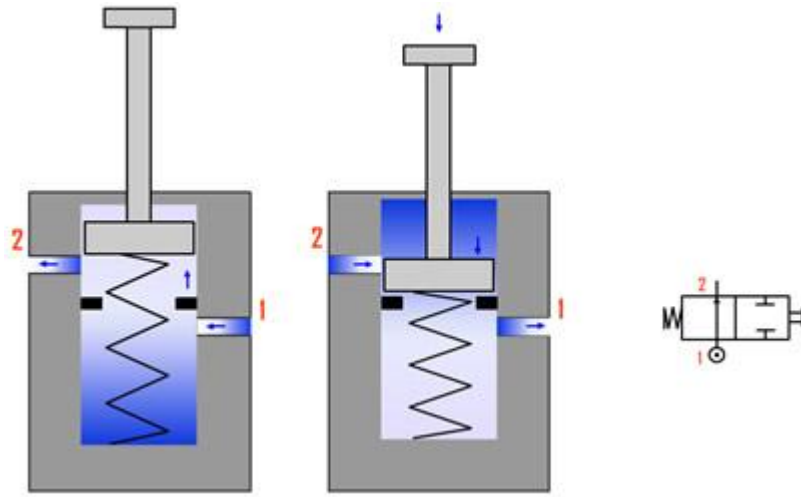


Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

Como la normativa CETOP no establece que la posición cerrada se encuentra a la derecha o izquierda, arriba o abajo, cualquiera de las representaciones mostradas son correctas, pues lo único importante en la representación de la válvula, es indicar las diferentes posiciones y accionamientos, mediante los que se consigue con cada una de ellas. Lo dicho es válido para todas las válvulas.

La Figura 23 muestra una válvula de asiento plano de dos vías (orificios 1 y 2) y dos posiciones. En la posición de reposo los orificios 1 y 2 se encuentran comunicados debido a la acción del resorte. Al accionar el pulsador venciendo la fuerza del muelle y la ejercida por la acción del aire comprimido, se corta la comunicación entre 1 y 2, al soltar el pulsador el resorte lleva la válvula a la posición de reposo.

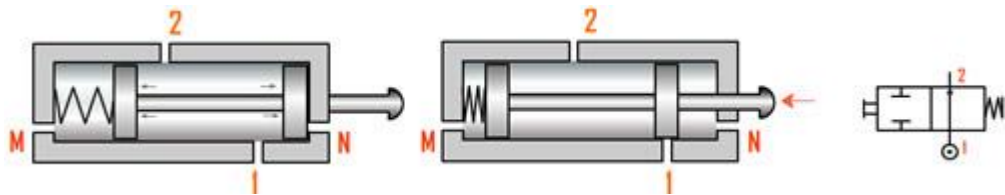
**Figura 23. Válvula de asiento 2/2 NA accionamiento manual**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

La Figura 24 muestra una válvula de corredera de dos vías (orificios 1 y 2) t dos posiciones. En la posición de reposo las vías 1 y 2 se encuentran comunicadas debido a la acción que ejerce el soporte sobre la corredera. Al accionar la válvula, venciendo la fuerza del muelle, se corta la comunicación entre las vías 1 y 2. Nótese que la corredera se encuentra equilibrada por lo que únicamente hay que vencer la fuerza del resorte.

**Figura 24. Válvula de corredera 2/2 NA, accionamiento manual (1)**

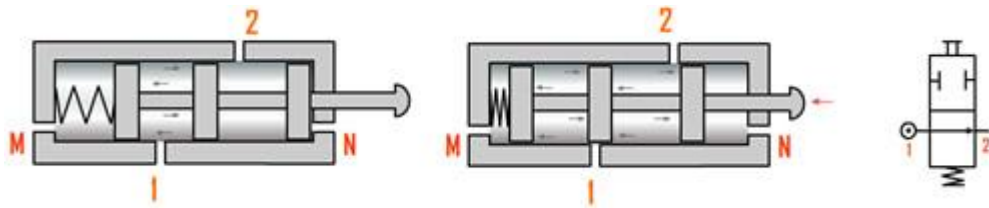


Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

Los orificios M y N son orificios para purgar el aire que por fugas pudiera pasar a dichas cámaras, y que con el tiempo podría impedir el accionamiento de las válvulas. Estos orificios de purga no se representan en la simbología de la válvula.

La válvula de la Figura 25 Muestra un distribuidor de corredera de dos vías (orificios 1 y 2) y dos posiciones. En la posición de reposo las vías 1 y 2 se encuentran incomunicadas debido a la acción que ejerce el muelle. Al accionar las válvulas venciendo la acción del resorte, se establece la comunicación entre las vías 1 y 2.

**Figura 25. Válvula de corredera 2/2 NA, accionamiento manual (2)**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

Las válvulas 2/2 se utilizan como válvulas de paso. Veamos lo que ocurre si con una válvula 2/2 se intenta gobernar un cilindro de simple efecto Figura 26.

**Figura 26. Cilindro simple efecto gobernado con una válvula 2/2**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

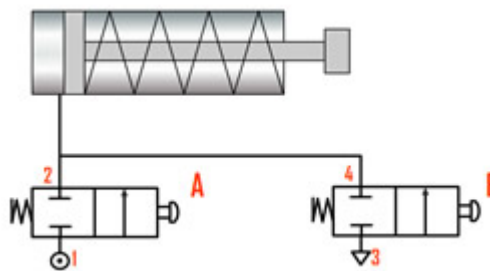
Si se pone un válvula 2/2 NC, al activar la vía 1 se une con la 2 y el vástago del cilindro sale. Al desactivar el vástago queda extraído, pues el aire a presión que había entrado en la cámara posterior, queda atrapado con ella, por lo que el cilindro ya no ejerce más movimientos, por mucho que activemos y desactivemos la válvula.

Para que el cilindro pudiera realizar su trabajo mediante válvulas 2/2, se tendría que utilizar otro distribuidor 2/2 NC, que ponga la cámara posterior del cilindro en conmutación de la atmósfera. Figura 27.

De esta forma al activar el distribuidor A, se pone en comunicación la vía 1 con la 2 y el vástago sale. Si desactivamos A y activamos B, el vástago del cilindro regresa, al comunicarse 4 con 3 del distribuidor B. si se pulsan A y B a la vez, el aire comprimido se va directamente a la atmósfera.

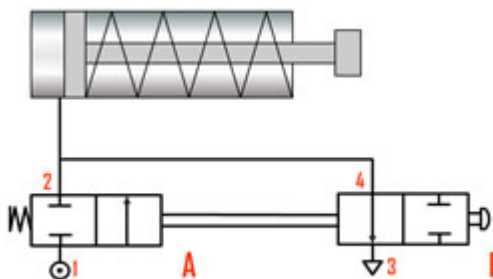
El montaje de la Figura 27 tiene el inconveniente de que hay que usar dos pulsadores para que el cilindro realice sus movimientos. Para evitarlo imaginemos que se uniesen las correderas de una válvula 2/2 NC y otra 2/2 NA, entonces se podría hacer que con un solo pulsador el cilindro realice su trabajo Figura 28.

**Figura 27. Cilindro simple efecto gobernado con dos válvula 2/2 NC**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

**Figura 28. Válvula 2/2 NC y 2/2 NA unidas por las correderas**



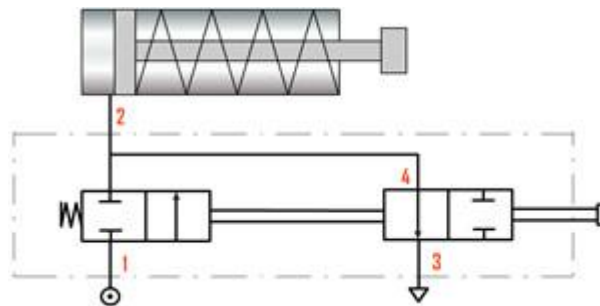
Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

En el montaje de la Figura 28, al activar el sistema, la vía 1 se comunica con la 2, mientras que se obturan 4 y 3, por lo que el vástago del cilindro sale. Al soltar el pulsador, el aire de la cámara posterior se pone en comunicación con la

atmósfera, mientras que la vía 1 se cierra, por lo que el vástago del cilindro retorna.

Imaginemos ahora que las dos válvulas anteriores las montamos en un solo conjunto Figura 29. Los orificios de conexión externa del mismo serían las vías 1, 2 y 3, de modo que en posición de reposo la vía 1, se encuentra cerrada y la vía 2 comunicada con la 3. Si se activa el conjunto, la vía 1 se comunica con la 2 y la 3 se cierra.

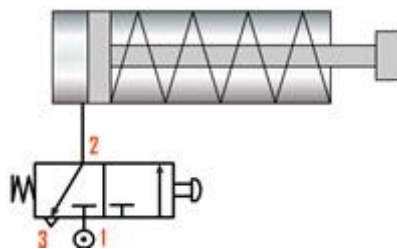
**Figura 29. Válvula 2/2 NC y 2/2 NA unidas en un solo conjunto**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

Por tanto, se puede concluir que el gobierno de un cilindro de simple efecto necesita de una válvula 3/2 Figura 30. Figura 30

**Figura 30. Cilindro simple efecto gobernado con una válvula 3/2**

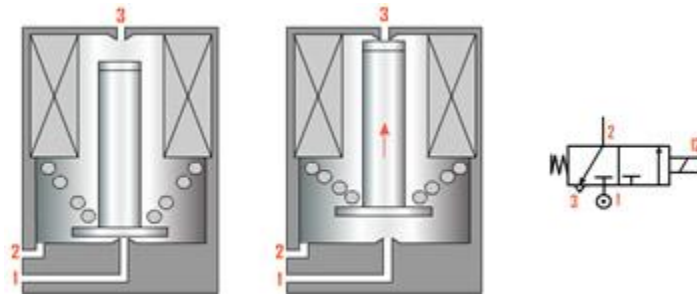


Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

#### 4.3.3.2 Válvulas 3/2

La Figura 31 muestra una válvula de asiento de tres vías (orificios 1,2 y 3) y 2 posiciones. En la posición de reposo, el núcleo móvil del electroimán es mantenido en la parte inferior por la acción de un resorte, obturando la vía de presión (1), y estableciendo la comunicación entre la vía de utilización (2) y la vía de escape (3). Al excitar el electroimán, el núcleo es atraído por la acción del campo magnético creado por la bobina, poniendo en comunicación la vía (1) con la (2) y obturando la (3). La construcción de la figura tiene el inconveniente de que entre una posición y la otra existe un período transitorio, durante el cual el aire de la vía de presión (1) escapa directamente a la atmósfera por (3) sin haber realizado trabajo alguno.

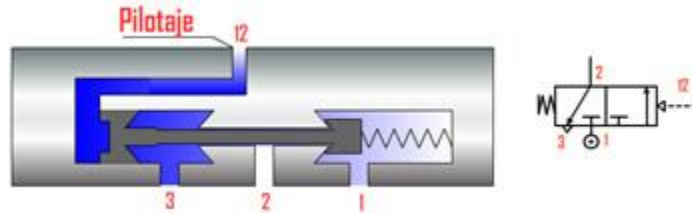
**Figura 31. Válvula 3/2 NC, accionamiento eléctrico**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

La Figura 32 muestra una válvula de asiento de tres vías (orificios 1,2 y 3) y 2 posiciones. En la posición de reposo la vía de presión (1) se encuentra cerrada, mientras que la vía de utilización (2) se encuentra comunicada con el escape (3). Al excitar neumáticamente la válvula por 12, se comunica la vía 1 con la 2 y se cierra la vía 3. La construcción de la figura tiene el mismo problema que la válvula anterior.

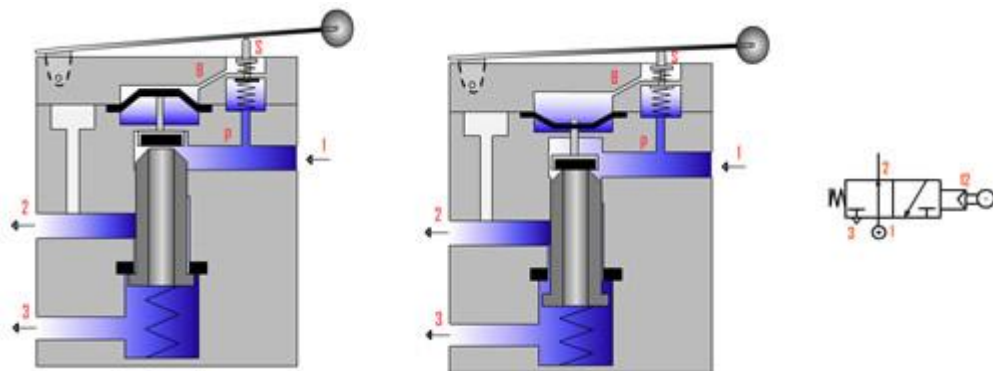
**Figura 32. Válvula de asiento de tres vías (orificios 1,2 y 3) y 2 posiciones**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

La Figura 33 muestra una válvula de asiento de tres vías (orificios 1,2 y 3) y 2 posiciones servo-pilotadas. En la posición de reposo la vía de presión (1) de la válvula principal se encuentra comunicada con la vía de utilización (2) y la vía (3) se encuentra cerrada. A su vez la vía (P) de la válvula piloto se encuentra cerrada, mientras que la vía (B) se encuentra comunicada con el escape (S). Al excitar mecánicamente el distribuidor, se levanta el asiento de la válvula piloto, que establece la comunicación entre las vías P y B a la vez que cierra el escape S. El aire que penetra por B actúa en la membrana que en primer lugar hace descender el asiento que cierra la vía (1) y a continuación hace descender otro asiento que pone en comunicación las vías 2 y 3. Por tanto esta válvula no tiene período transitorio que comunica la presión con el escape.

**Figura 33. Válvula 3/2 NA, accionamiento por rodillo**

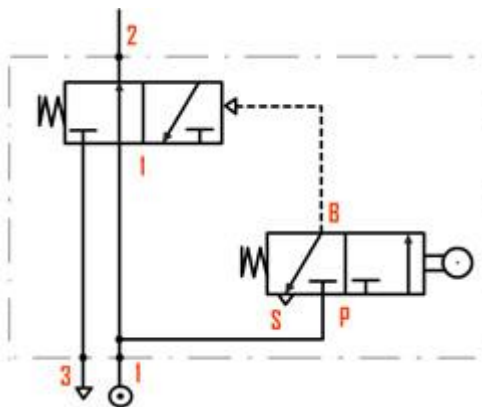


Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)



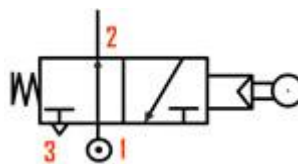
El servo-pilotaje tiene la misión de disminuir el esfuerzo necesario para el accionamiento de la válvula. Si el pilotaje se hiciese directamente sobre la válvula principal, se tendría que vencer la fuerza de un resorte fuerte y la ejercida por la presión del aire comprimido sobre el asiento que comunica las vías 2 y 3. Con el servo-pilotaje solo hay que vencer la fuerza de un muelle ligero de la válvula piloto y la ejercida por la presión sobre el asiento de pequeñas dimensiones de la misma, la cual abre paso a una membrana elástica de grandes dimensiones sobre la que actúa el aire comprimido, que es el que realmente produce el pilotaje de la válvula principal. La Figura 34 muestra el símbolo de las válvulas que forman el conjunto y la Figura 35 el símbolo simplificado que se emplea en los circuitos.

**Figura 34. Válvulas que forman un conjunto**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

**Figura 35. Dibujo simplificado de una válvula 3/2**

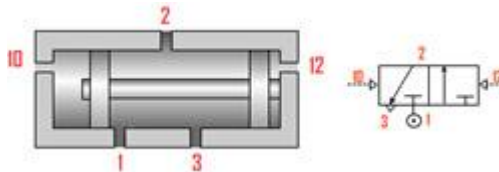


Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

La válvula de la Figura 33 se convierte en 3/2 NC, intercambiando las vías de presión y escape y girando 180° la cabeza de la misma.

La Figura 36 muestra una válvula de corredera de tres vías (orificios 1,2 y 3) y dos posiciones: vía de presión (1) cerrada y vía de utilización (2), comunicada con el escape (3) o vía 1 comunicada con 2 y 3 cerrada.

**Figura 36. Válvula 3/2 de memoria**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

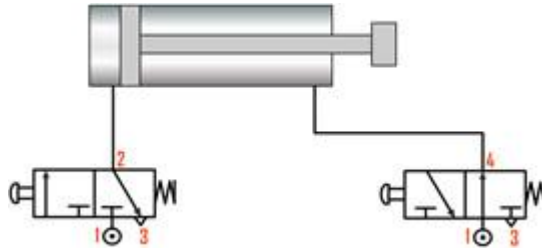
En esta válvula ya no cabe hablar de posición de reposo, ya que puede adoptar de forma estable cualquiera de las posiciones cuando la válvula se encuentra sin conectar al circuito.

Estas válvulas que no tienen muelle de reposición se denominan biestables, de memoria o de impulsos. Biestables porque pueden ocupar cualquiera de las posiciones en la situación de reposo de la válvula. De memoria porque retienen la posición adquirida por la última orden recibida. De impulso porque basta con un impulso (eléctrico o neumático) para adquirir y mantener la posición obtenida con la orden dada.

Las válvulas 3/2 se utilizan en aquellas aplicaciones en las que se requiera gobernar el flujo de aire en una sola tubería, como el gobierno de cilindros de simple efecto o el gobierno del pilotaje neumático de válvulas.

Para el gobierno de un cilindro de doble efecto se necesitan dos válvulas 3/2 tal como se muestra en la Figura 37. En ella, al activar ambas válvulas, se comunica la cámara posterior con presión y la anterior con el escape con lo que el vástago del cilindro sale. Al desactivarlas el vástago del cilindro regresa.

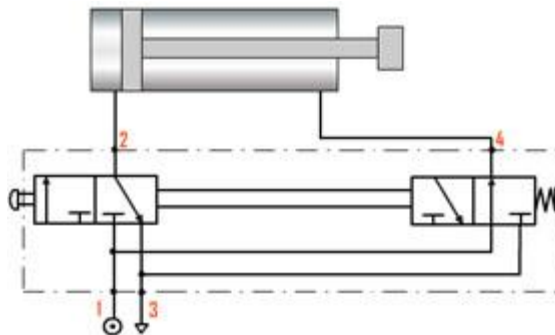
**Figura 37. Cilindro doble efecto gobernado por dos válvulas 3/2**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

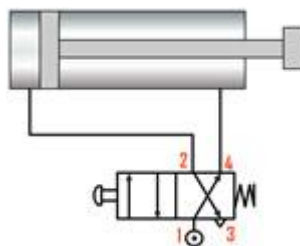
Si uniésemos las correderas de ambas válvulas, las presiones, los escapes y todo ello lo englobásemos en un conjunto resultaría la Figura 38, cuyo funcionamiento es idéntico a la Figura 39.

**Figura 38. Cilindro doble efecto gobernado por dos válvulas 3/2 unidas por la corredera, las presiones y los escapes**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

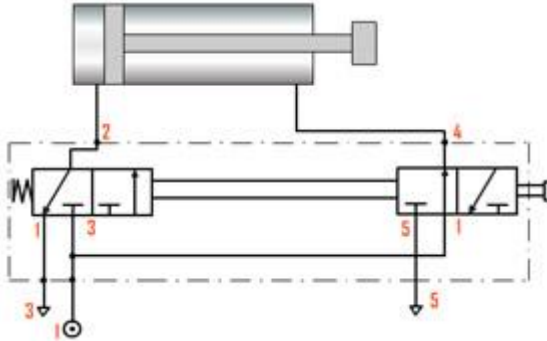
**Figura 39. Cilindro doble efecto gobernado por una válvula 4/2**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

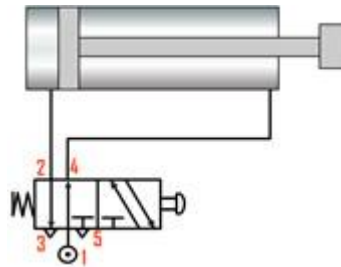
Si uniésemos las correderas de las válvulas de la Figura 37, las presiones y todo ello lo englobásemos en un conjunto, resultaría la Figura 40, cuyo funcionamiento es idéntico al de la Figura 41

**Figura 40. Cilindro doble efecto gobernado por dos válvulas 3/2 unidas por la corredera y las presiones**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

**Figura 41. Cilindro doble efecto gobernado por una válvula 5/2**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

Podemos concluir diciendo, que el gobierno de un cilindro de doble efecto, se puede realizar con una válvula 4/2 ó 5/2, es decir, ambas válvulas tienen la misma función, diferenciándose, únicamente, en que la válvula 4/2 presenta un escape común para las dos vías de utilización, mientras que la válvula 5/2 presenta un escape para cada vía. En hidráulica se suele utilizar la válvula 4/2, pues el empleo de una sola vía de tanque supone un ahorro de material y una simplicidad en el montaje. Sin embargo en neumática se suele utilizar la válvula 5/2, pues el

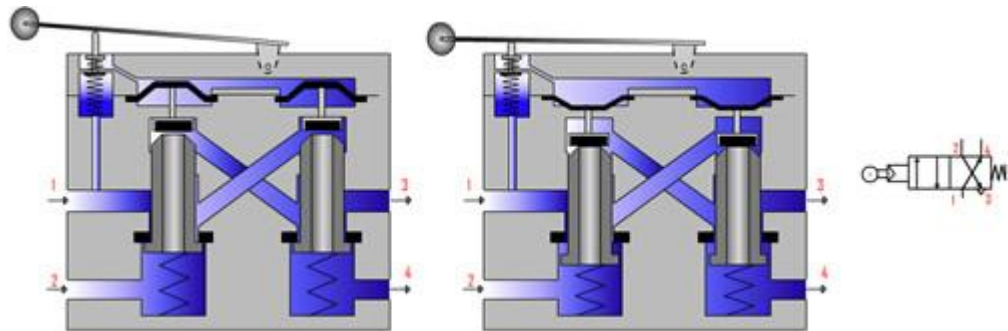
empleo, de un escape para cada vía supone un ahorro en la construcción de la válvula.

#### 4.3.3.3 Válvulas 4/2 y 5/2

Estas válvulas permiten alimentar alternativamente dos canalizaciones, de forma que cuando alimenta una, pone en escape la otra y viceversa.

La Figura 42 muestra una válvula de asiento servo-pilotada, de cuatro vías (orificios 1, 2, 3 y 4) y dos posiciones. Posición de reposo: orificio de presión (1) unido con la vía de utilización (4) y vía de utilización (2) unida con el escape 3. Posición activada: vía 1 unida con 2 y 4 con 3.

**Figura 42. Válvula de asiento servo-pilotada**

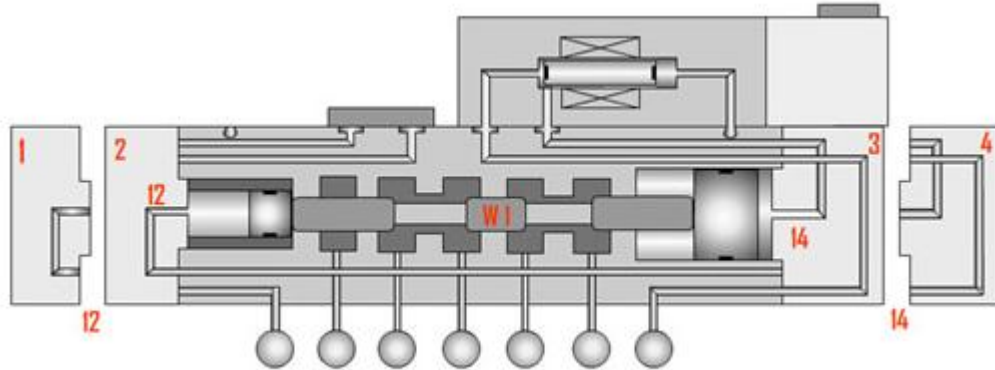


Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

Se trata de una válvula monoestable, pues la posición de reposo es la definida. En las válvulas de 4 vías ya no cabe la denominación de NC o NA, pues la vía de presión siempre está comunicada con alguna de las vía de utilización.

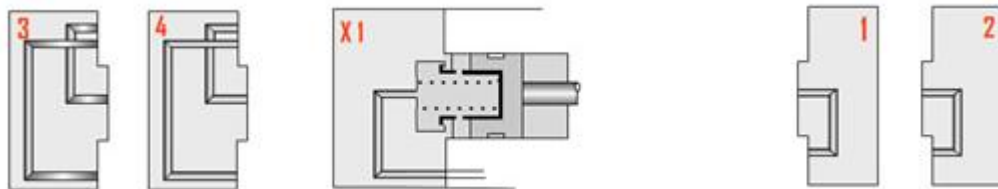
La Figura 43 muestra un distribuidor (Joucomático) de 5 vías, con placa base de orificios laterales y con diferentes posibilidades de pilotaje:

**Figura 43. Distribuidor (Joucomático) de 5 vías, con placa base de orificios laterales y con diferentes posibilidades de pilotaje**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

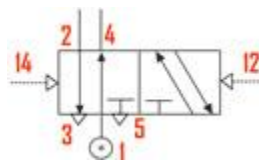
**Figura 44. Distribuidor 5/2 con pilotaje neumático directo**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

Si se ponen ambos pilotajes las tapas numeradas con (1) se obtiene un distribuidor 5/2 con pilotaje neumático directo (Figura 44)

**Figura 45. Distribuidor con pilotaje electro-neumático**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

Si en el pilotaje 12 se monta la tapa (2), se obtiene un distribuidor monoestable, pues se une la vía de presión (1) con el pilotaje (12) por lo que en esta cámara siempre habrá presión y como su superficie es menor que la del pilotaje 14, la

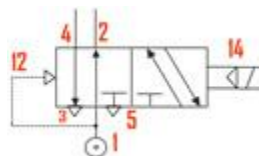
válvula cambiará de posición cuando se pilotee por éste, y recuperará la posición inicial en el momento que se retire la orden (14). Por tanto la tapa (2) realizará la misma función que un muelle mecánico, pero con la ventaja de que en este caso el efecto se consigue mediante aire comprimido. Con las tapas de la Figura 43, la representación del distribuidor será la Figura 46.

Con las tapas (3) se consigue un pilotaje electro-neumático, teniendo que conectar los orificios 12 y 14 directamente con presión para que la válvula piloto disponga de aire comprimido (Figura 45).

Mediante las tapas (4) se consigue un pilotaje electro-neumático, pero en este caso no hace falta alimentar la electroválvula externamente, ya que estas tapas unen la vía de presión (1) con la electroválvula (Figura 48).

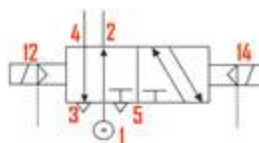
Mediante las tapas X1, se consigue un distribuidor de tres posiciones, centro cerrado, centro por muelles y con pilotaje neumático (Figura 49)

**Figura 46. Distribuidor monoestable**



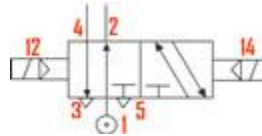
Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

**Figura 47. Distribuidor con pilotaje electro-neumático con alimentación externa para la electroválvula**



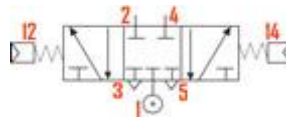
Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

**Figura 48. Distribuidor con pilotaje electro-neumático sin alimentación externa para la electroválvula**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

**Figura 49. Distribuidor de tres posiciones con pilotaje neumático**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

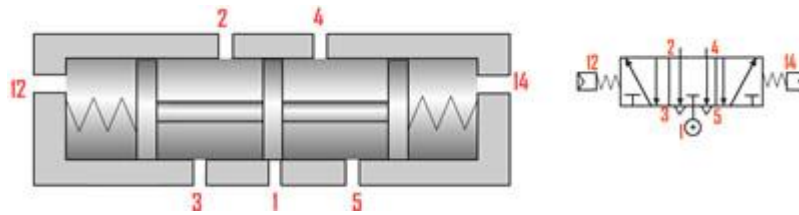
#### 4.3.3.4 Válvulas de tres posiciones

La mayoría de los distribuidores de carrera 5/2 se pueden convertir en 5/3, sin más que colocar dos muelles exactamente iguales en los extremos de la corredera. De este modo se consiguen tres posiciones en el recorrido de la misma, de tal forma que cuando el distribuidor esté en reposo (sin pilotaje por 12 ni por 14) la corredera quedará en la zona central de su recorrido. Mandando el distribuidor por sus pilotajes, se consigue el mismo funcionamiento que con la válvula 5/2, pero aquellos tienen otra posibilidad, como puede ser, dejar ambas cámaras del cilindro sin presión, por ejemplo para la reparación del mismo, dejar el cilindro bloqueado en una posición, etc.

La Figura 50 muestra un distribuidor 5/3 de centro abierto y la Figura 51 un distribuidor 5/3 de centro cerrado. Estos distribuidores suelen tener correderas intercambiables, para con un mismo cuerpo, poder conseguir diferentes posiciones centrales.

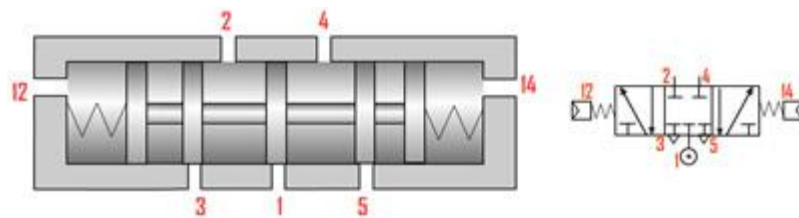


**Figura 50. Distribuidor 5/3, centro abierto, pilotaje neumático**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

**Figura 51. Distribuidor 5/3, centro cerrado, pilotaje neumático**

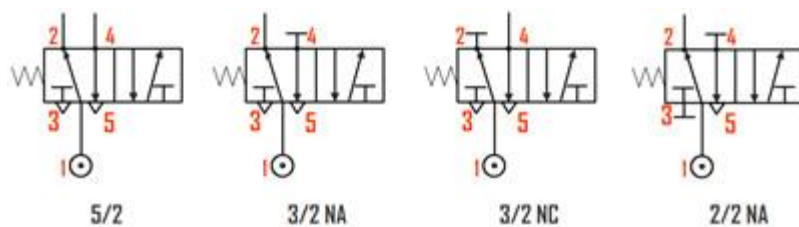


Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

La designación de un distribuidor de 3 ó más posiciones se realizan indicando el número de vías y posiciones, el tipo de centro en posición de reposo y el pilotaje utilizado para la adquisición de las diferentes posiciones.

Por último decir, que de un distribuidor con un determinado número de vías, siempre se puede obtener otro de menor número de vías, para lo cual se habrá que obturar las vías que se precisen (Figura 52).

**Figura 52. Diferentes tipos de válvulas**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

#### **4.3.4 Clasificación de las válvulas distribuidoras según la misión que desempeñan**

De acuerdo con la misión desarrollada por los distribuidores en los circuitos, se puede hacer la siguiente clasificación de los mismos:

- Distribuidores principales o de potencia: Son aquellos que gobiernan en los circuitos, los movimientos de los actuadores, es decir, aquellos que sus vías de utilización están conectadas con las vías de los actuadores.
- Distribuidores finales de carrera: Son aquellos que gobiernan los movimientos de los actuadores, es decir, aquellos que sus vías de utilización están conectadas con las vías de los actuadores.
- Distribuidores auxiliares: Son todos aquellos distribuidores, que participando en el mando, no pertenecen a ninguno de los grupos anteriores.

#### **4.3.5 Selección de los distribuidores**

La selección del distribuidor adecuado para una aplicación determinada, conlleva;

- Determinar el número de vías y posiciones que debe tener para el desarrollo de la función encomendada.
- Determinar el sistema de accionamiento.
- Obtener el distribuidor que nos dé una relación  $Q/\Delta P$  que haga que el cilindro pueda desarrollar su trabajo en el tiempo previsto.
- Conocer las características de los racores del distribuidor.

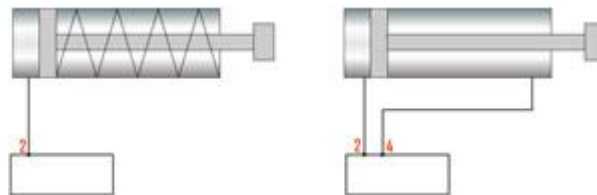
#### 4.3.5.1 Determinación del número de vías y posiciones

Para determinar el número de vías y posiciones que debe tener un distribuidor, para el cumplimiento de cierta función, nos debemos fijar en los siguientes aspectos:

- Tuberías que debe gobernar.
- Sentido de circulación del aire por dichas tuberías
- Sistema de regulación de velocidad del cilindro.

El número de tuberías a gobernar, nos determina el número mínimo de vías de utilización o de trabajo del distribuidor. Así por ejemplo, Figura 53, para el gobierno de un cilindro de simple efecto, necesitamos de una sola vía de trabajo, pues sólo tenemos que gobernar una tubería. Para el gobierno de un cilindro de doble efecto necesitamos de dos vías de trabajo al tener que gobernar dos tuberías.

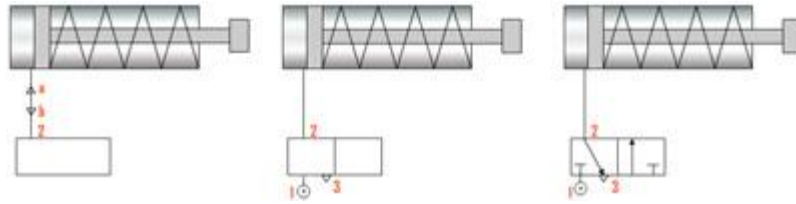
**Figura 53. Determinación del número de vías en una válvula o distribuidor**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

El sentido del aire nos determina las vías que no son de utilización, así como el número mínimos de posiciones que debe tener el distribuidor.

**Figura 54. Determinación del número de posiciones en una válvula o distribuidor**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

Así por ejemplo, en un cilindro de simple efecto, necesitamos inducir presión para que el vástago salga (sentido de circulación a), Figura 54 y necesitamos extraer el aire comprimido para que el vástago retorne (sentido b). Por tanto el distribuidor correspondiente debe tener una vía de presión (1) y otra de escape (3).

Ahora bien, para que el vástago salga, es necesario que la vía 1 se encuentre unida con la (2) y que la (3) se encuentre cerrada. Para que el vástago retorne, se necesita que la vía (2) se encuentre unida con la (3), mientras que la (1) debe estar cerrada. Por tanto se necesita como mínimo de un distribuidor con dos posiciones.

La Figura 54 muestra los pasos descritos para la determinación del número de vías y posiciones del distribuidor.

Cualquier distribuidor que tenga más de tres vías es válido para la función encomendada, lo único que tendríamos que hacer es taponar las vías de utilización sobrantes.

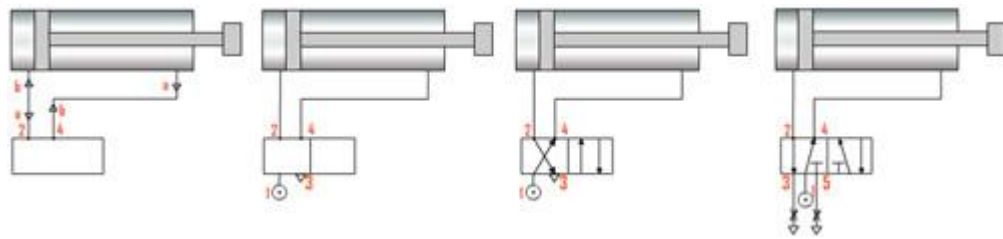
Un distribuidor de tres posiciones, centro cerrado, nos permitirá parar el cilindro en posiciones intermedias. Otro tipo de centro en este caso no tiene sentido pues realizará las mismas funciones que las posiciones extremas.

Si en vez de gobernar un cilindro de simple efecto gobernásemos neumáticamente una válvula monoestable, que tiene una sola tubería de pilotaje, el resultado

obtenido sería el mismo, por lo que podemos concluir diciendo: para el gobierno de una tubería se necesita una válvula 3/2.

Analicemos del mismo modo lo que ocurre cuando se trata de gobernar un cilindro de doble efecto, tal como muestra la Figura 55.

**Figura 55. Circulación del aire en una válvula**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

Las flechas (a), nos determina el sentido de circulación del aire para que el vástago pueda salir y las flechas (b) para que pueda entrar. Por tanto necesitamos como mínimo de una vía de presión (1) y otra de escape (3).

Ahora bien, para que el vástago salga, se necesitan los sentidos de circulación (a), lo que se logra uniendo 1 con 2 y 4 con 3. Para que el vástago retorne habrá que lograr los sentidos (b) de circulación, lo que se obtiene uniendo las vías 1 con 4 y 2 con 3. Por tanto se necesita como mínimo de un distribuidor con dos posiciones.

En el caso expuesto las dos vías de utilización tienen escape común. Si se pone escape diferente para cada vía, se necesita de un distribuidor 5/2, que como se sabe hace la misma función que el 4/2. Únicamente nos veríamos obligados a poner 5 vías en el caso de que la regulación de velocidad se hiciese independiente para cada carrera y colocando los estranguladores en los escapes. En todos los demás casos es indiferente utilizar 4/2 ó 5/2.

El número de posiciones será superior a 2, cuando se necesite parar el cilindro en situaciones intermedias, y los tipos de centros más utilizados serán (Figura 56):

**Figura 56. Válvulas de 3 posiciones y 4 vías**



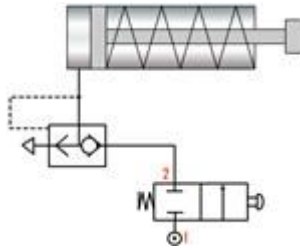
Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

- El centro se utiliza para detener el cilindro en posiciones intermedias.
- El centro abierto a escape permite mover manualmente el cilindro.
- El centro abierto a presión permite detener un cilindro ó que éste avance, dependiendo de la diferencia de secciones de las cámaras y de la carga que transporte.

Si en vez de gobernar un cilindro de doble efecto, se gobernase neumáticamente una válvula biestable, que tiene dos tuberías de pilotaje, el resultado obtenido sería el mismo, por lo que se puede concluir, diciendo: Para el gobierno de dos tuberías se necesita como mínimo un distribuidor 4/2 ó 5/2.

El sistema de regulación de la velocidad del cilindro, influye cuando se utilizan escapes rápidos para obtener la máxima velocidad en su carrera. Así por ejemplo, hemos dicho que para el gobierno de un cilindro de simple efecto se necesita de un distribuidor 3/2, excepto cuando se desea la máxima velocidad en la carrera de retroceso, en cuyo caso no se necesita escape en la válvula que gobierna el cilindro. Figura 57.

**Figura 57. Pilotaje neumático de una válvula biestable**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

#### **4.3.5.2 Selección del sistema de accionamiento**

Al activar una válvula, damos un orden que puede ser que deseemos que permanezca o desaparezca al cesar la excitación de la misma.

Cuando deseamos que desaparezca, introduciremos un sistema de muelle (mecánico o neumático) que retorne la válvula a la posición de reposo. Cuando deseamos que la orden permanezca la válvula no llevará muelle.

El mando neumático se utilizará solamente en máquinas muy simples, que no forman parte de un sistema de producción integrado o cuando por el tipo de producto, el mando eléctrico entrañe riesgo de explosión o incendio.

En todos los demás casos se utilizará mando eléctrico por ser más barato y más rápido.

#### **4.3.5.3 Determinación de la capacidad de un distribuidor**

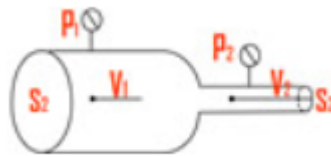
Muchas veces la selección de un distribuidor se hace en función de los racores del mismo, cuando en realidad dos distribuidores de idéntica función y con los mismos racores de entrada, pueden tener diferentes secciones de paso interior, así como diferente resistencia al paso del fluido.

Por tanto, es importante conocer algún factor que nos de la capacidad de flujo para unas condiciones determinadas y además, disponer de relaciones

matemáticas, que a través de dicho factor, nos permitan calcular la capacidad de flujo para otras condiciones.

La capacidad de flujo de un distribuidor se determina para el agua, considerando esto como un fluido no viscoso, por lo que aplicando la ecuación de Bernoulli entre las secciones S1 y S2 de una tubería horizontal, Figura 58 se tiene:

**Figura 58. Aplicación de la ecuación de Bernoulli**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

$$(Ecuación 1) \quad P_1 + \rho * \left(\frac{V_1^2}{2}\right) = P_2 + \rho * \left(\frac{V_2^2}{2}\right)$$

Operamos la (Ecuación 1)

$$(Ecuación 2) \quad \Delta P = P_1 - P_2 = \frac{\rho}{2} (V_2^2 - V_1^2)$$

Aplicando la ecuación de continuidad entre las secciones S1 y S2 se tiene:

$$(Ecuación 3) \quad Q = S_1 * V_1 = S_2 * V_2$$

$$(Ecuación 4) \quad V_2 = \frac{S_1}{S_2} * V_1$$

Introduciendo la (Ecuación 4) en la (Ecuación 2) tenemos que:

$$(Ecuación 5) \quad \Delta P = \frac{\rho}{2} \left\{ \left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2 - 1 \right\} * V_1^2$$

Despejando  $V_1$ :



$$(Ecuación 6) \quad V_1 = \sqrt{\frac{2 * \Delta P}{\rho \left\{ \left( \frac{S_1}{S_2} \right)^2 - 1 \right\}}}$$

Llevando  $V_1$  a la ecuación de continuidad se obtiene:

$$(Ecuación 7) \quad Q = S_1 * V_1 = \frac{S_1 * 2}{\sqrt{\left( \frac{S_1}{S_2} \right)^2 - 1}} * \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$$

Expresión que nos dice que el caudal depende de la restricción, de la caída de presión en la misma y del líquido que por ella circula.

En la práctica la constante de restricción se da bajo un factor  $K_v$ , denominado factor de flujo, que se determina experimentalmente, por lo que el caudal de agua de un aparato viene dado por la siguiente expresión:

$$(Ecuación 8) \quad Q = K_V * \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$$

En ella:

$Q = U \text{ min}$

$\Delta P = \text{Caída de presión en Kg/cm}^2$

$\rho = \text{Densidad en Kg/dm}^3$

Por tanto se puede definir el valor  $K_V$  de una válvula, como el caudal de agua ( $\rho=1$ ) de la misma en l/min que provoca una caída de presión de 1 Kg/cm<sup>2</sup>.

En América se utiliza el factor  $C_v$ , de tal forma que:

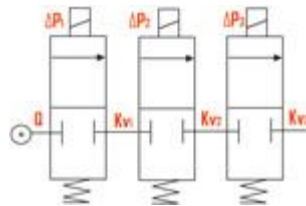
$$(Ecuación 9) \quad IC_V = 0,007 K_V$$

#### 4.3.5.4 Factor de flujo de válvulas en serie y en paralelo

Cuando varios elementos se encuentran en serie, el caudal de paso por todos ellos es el mismo y la pérdida de presión total es la suma de las pérdidas de presión en cada aparato, es decir (Figura 6.36)

$$(Ecuación 10) \quad \Delta P_{Total} = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3$$

Figura 59. Elementos en serie



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

Ahora bien, de la (Ecuación 8) se obtiene:

$$(Ecuación 11) \quad \Delta P = \frac{Q^2 * \rho}{K_V^2}$$

Por lo que la ecuación anterior quedaría:

$$(Ecuación 12) \quad \frac{Q^2 * \rho}{K_{V_{Total}}^2} = \frac{Q^2 * \rho}{K_{V_1}^2} + \frac{Q^2 * \rho}{K_{V_2}^2} + \frac{Q^2 * \rho}{K_{V_3}^2}$$

Simplificando:

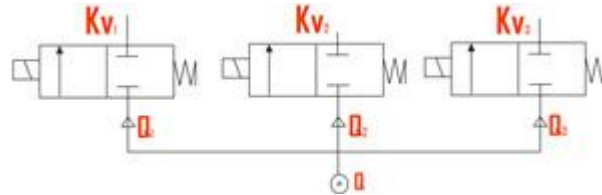
$$(Ecuación 13) \quad \frac{1}{K_{V_{Total}}^2} = \frac{1}{K_{V_1}^2} + \frac{1}{K_{V_2}^2} + \frac{1}{K_{V_3}^2}$$

Cuando varios elementos se encuentran en paralelo el caudal se distribuye de modo que la caída de presión en todos los aparatos es la misma, y el caudal total será la suma de los caudales que circulan por cada aparato (Figura 60)

$$(Ecuación 14) \quad Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Que sustituidos por la (Ecuación 8) nos queda

**Figura 60. Elementos en paralelo**



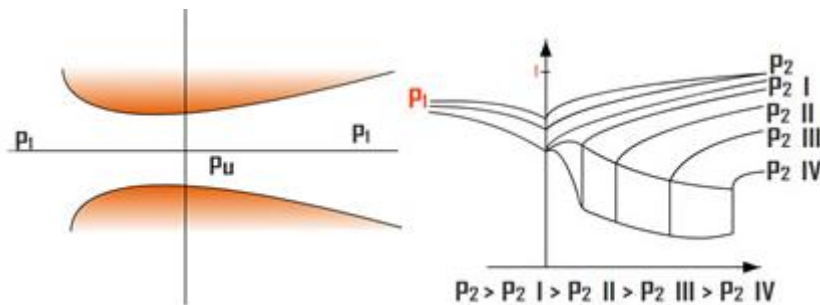
Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

$$(Ecuación 15) \quad K_{V_{Total}} = K_{V1} + K_{V2} + K_{V3}$$

#### 4.3.5.5 Cálculo del caudal en función del Kv del equipo

La Gráfico 1 muestra el comportamiento del flujo del aire en el interior de una tobera al variar la presión de salida en la misma. En ella se observa que si  $P_2 > 0,5 P_1$  o  $\Delta P < 0,5 P_1$  que la presión  $P_u$  en la estrangulación decrece respecto de  $P_2$  y  $P_1$ , pero la velocidad en la restricción no alcanza la velocidad del sonido. En estas condiciones el flujo se denomina subsónico y el caudal de aire viene dado por la siguiente expresión empírica.

**Gráfico 1. Comportamiento del flujo del aire en el interior de una tobera**



Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

$$(Ecuación 16) \quad Q_n = 30,8 * K_v * \sqrt{\frac{\Delta P * P_2}{\gamma_n * T}}$$

Ahora bien, cuando  $P_2 \leq 0,5 P_1$  o  $\Delta P \geq 0,5 P_1$  entonces, la presión en la restricción, y en una zona cercana a ella y que será tanto mayor cuanto menor sea  $P_2$ , disminuye rápidamente. En estas condiciones se alcanza y sobrepasa la velocidad del sonido. Al finalizar esta zona hay una conversión de energía de velocidad, en energía de presión y la velocidad del aire vuelve a ser inferior a la velocidad del sonido.

Cuando  $P_2 \leq 0,5 P_1$  el flujo se denomina supersónico y el caudal de aire viene dado por la siguiente expresión.

$$(Ecuación 17) \quad Q_n = 30,8 * K_V * \frac{\Delta P_1}{2 * \sqrt{\gamma_N * T}}$$

En el flujo supersónico, cuando  $P_2$  es igual a la presión atmosférica, la presión en la restricción es inferior a la atmosférica. Esta depresión produce un enfriamiento del aire que da lugar a condensaciones, si el aire no está tratado convenientemente.

Las unidades en las expresiones (Ecuación 16) y (Ecuación 17) con las siguientes:

- $Q_n$  = caudal del aire en condiciones normales (Nm<sup>3</sup>/h).
- $\Delta P$  = caída de presión en Kp/cm<sup>2</sup>.
- $P_1$  = presión absoluta de entrada en Kp/cm<sup>2</sup>.
- $P_2$  = presión absoluta de salida en Kp/cm<sup>2</sup>.
- $\gamma_n$  = peso específico en Kg/m<sup>3</sup> a 20°C.
- $T = 273 + t$ , t = temperatura ambiente en °C.

De las expresiones (Ecuación 15)(Ecuación 16) (Ecuación 16) y (Ecuación 17) se obtienen las siguientes conclusiones:

- En el flujo subsónico el caudal de aire de la válvula aumenta al aumentar la presión de salida y la diferencia entre la presión de entrada y salida.
- En el flujo supersónico el caudal de aire es independiente de la presión de salida y de la caída de presión, de modo que aumenta al aumentar la presión de entrada.

El Gráfico 1 sirve para determinar el Kv o el Qn de una válvula, en función de los parámetros citados. En la parte derecha del diagrama aparece una línea inclinada que nos determina la separación entre el flujo subsónico y supersónico. A la izquierda de dicha línea se encuentran las condiciones de flujo subsónico y a la derecha, las de flujo supersónico, en la que se observa que el Qn depende solamente de P1 y para nada de  $\Delta P$ .

#### 4.3.5.6 Características de los racores de entrada

Las vías se distinguen por el diámetro de la rosca ISO 228 utilizada. Estas roscas se designan mediante la letra G seguida de la medida nominal. La Tabla 3 muestra el perfil de rosca y las dimensiones de las utilizadas normalmente en válvulas neumáticas.

**Tabla 3. Perfil de rosca en válvulas neumáticas**

Medida Nominal	Hilos (por pulgada)	d en mm	d 1 en mm	Diámetro exterior del tubo en mm	Peso en mm
1/8"	28	9'728	8'566	10	0'907
1/4"	19	13'157	11'445	13	1'337
3/8"	19	16'662	14'950	17	1'337
1/2"	14	20'995	18'631	21	1'814
3/4"	14	26'441	24'117	26	1'814
1"	11	33'249	30'291	33	2'309
1 1/4"	11	41'910	38'952	42	2'309
1 1/2"	11	47'803	44'845	48	2'309
2"	11	59'614	56'565	60	2'309

Fuente: [http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)

## 4.4 CILINDROS

Los cilindros neumáticos son, por regla general, los elementos que realizan el trabajo. Su función es la de transformar la energía neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo, que consta de carrera de avance y carrera de retroceso.

Generalmente, el cilindro neumático está constituido por un tubo circular cerrado en los extremos mediante dos tapas, entre las cuales desliza un émbolo que separa dos cámaras. Al émbolo va unido a un vástago que, saliendo a través de una o ambas tapas, permite utilizar la fuerza desarrollada por el cilindro en virtud de la presión del fluido que actúan sobre las superficies del émbolo.

Los dos volúmenes de aire en que queda dividido el cilindro por émbolo reciben el nombre de cámaras. Si la presión de aire se aplica en la cámara posterior de un cilindro, el émbolo y el vástago se desplazan hacia adelante (carrera de *avance*). Si la presión de aire se aplica en la cámara anterior del cilindro, el desplazamiento se realiza en sentido inverso (carrera de *retroceso*).

Existen diferentes tipos de cilindros neumáticos. Según la forma en que se realiza el retroceso del vástago, los cilindros se dividen en dos grupos:

### 4.4.1 Cilindros de simple efecto

El cilindro de simple efecto sólo puede realizar trabajo en un único sentido, es decir, el desplazamiento del émbolo por la presión del aire comprimido tiene lugar en un solo sentido, pues el retorno a su posición inicial se realiza por medio de un muelle recuperador que lleva el cilindro incorporado o bien mediante la acción de fuerzas exteriores, El resorte incorporado se calcula de modo que haga regresar el émbolo a su posición inicial a una velocidad suficientemente grande.

En la práctica existen varios tipos. Los más empleados son los cilindros de émbolo. El movimiento, de trabajo es efectuado por el aire a presión que obliga a

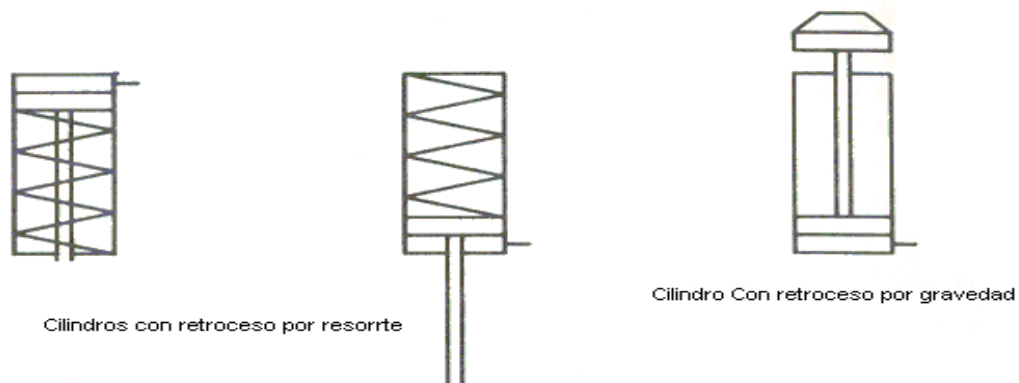
desplazarse al embolo comprimiendo el muelle y, al desaparecer la presión, el muelle hace que regrese a su primitiva posición de reposo.

Por eso los cilindros de simple efecto se utilizan cuando el trabajo debe realizarse en una sola dirección. Hay que tener presente que existe aire a la presión atmosférica en la cámara opuesta, pero puede escaparse a la atmósfera a través de un orificio de escape.

Según la disposición del muelle, los cilindros de simple efecto pueden aplicarse para trabajar a compresión (vástago recogido en reposo y muelle en cámara anterior), o para trabajar a tracción (vástago desplazado en reposo y muelle en cámara posterior).

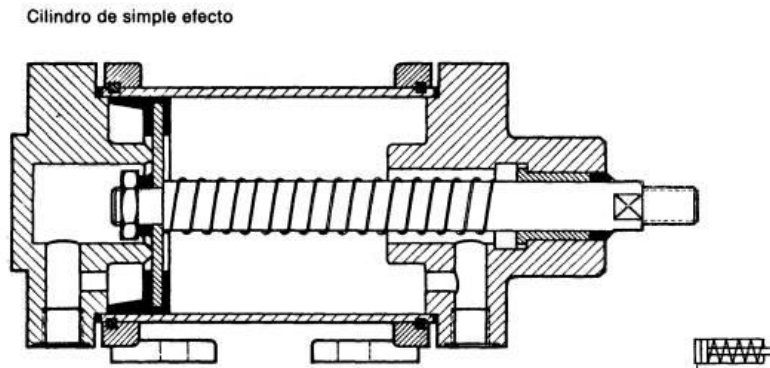
Mediante el resorte recuperador incorporado, queda limitada la carrera de los cilindros de simple efecto; por regla general la longitud de la carrera no supera los 100 mm. Por razones prácticas, son de diámetro pequeño y la única ventaja de estos cilindros es su reducido consumo de aire, por lo que suelen aplicarse como elementos auxiliares en las automatizaciones.

**Figura 61. Simbología de cilindros de simple efecto**



Fuente: [http://www.guillesime.galeon.com/index\\_archivos/Page780.htm](http://www.guillesime.galeon.com/index_archivos/Page780.htm)

**Figura 62. Corte longitudinal de cilindro de simple efecto**



Fuente: <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica7.htm>

**Foto 1. Cilindro simple efecto**



Fuente: [http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-g/cilindro-neumatico-redondo-430497.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/cilindro-neumatico-redondo-430497.jpg)

En los cilindros de simple efecto con muelle incorporado, la longitud se utilizan principalmente para sujetar, expulsar, apretar, levantar, alimentar, etc.

#### **4.4.2 Cilindros de doble efecto**

Doble efecto en los cilindros significa que tanto el movimiento de salida como el de entrada son debidos al aire comprimido, es decir, el aire comprimido ejerce su



acción en las dos cámaras del cilindro, de esta forma puede realizar trabajo en los dos sentidos del movimiento.

El campo de aplicación de los cilindros de doble efecto es mucho más extenso que el de los cilindros de simple efecto; incluso si no es necesario ejercer una fuerza en los dos sentidos, el cilindro de doble efecto es preferible al cilindro de simple efecto con muelle de retorno incorporado.

El cilindro de doble efecto se construye siempre en forma de cilindro de émbolo y posee dos tomas para el aire comprimido situadas a ambos lados del émbolo.

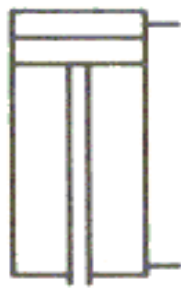
Al aplicar aire a presión en la cámara posterior y comunicar la cámara anterior con la atmósfera a través de una válvula, el cilindro realiza carrera de avance.

La carrera de retroceso se efectúa introduciendo aire a presión en cámara anterior y comunicando la cámara posterior con la atmósfera, igualmente a través de una válvula para la evacuación del aire contenido en esa cámara de cilindro.

Para una presión determinada en el circuito, el movimiento de retroceso en un cilindro de doble efecto desarrolla menos fuerza que el movimiento de avance, ya que la superficie del émbolo se ve ahora reducido por la sección transversal del vástago. Normalmente, en la práctica no requieren fuerzas iguales en los dos movimientos opuestos.

Los cilindros de doble efecto pueden ser sin amortiguación o con amortiguación.

**Figura 63. Simbología de cilindros de doble efecto**



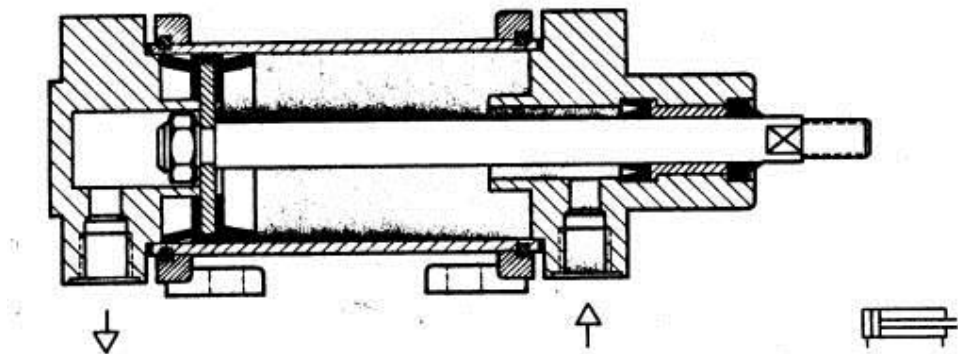
Cilindro de doble efecto



Cilindro de doble efecto con doble vástago

Fuente: [http://www.guillesime.galeon.com/index\\_archivos/Page780.htm](http://www.guillesime.galeon.com/index_archivos/Page780.htm)

**Figura 64. Corte longitudinal de cilindro de doble efecto**



Fuente:

<http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica7.htm>

**Foto 2. Cilindro doble efecto**



Fuente: suministrada por el ingeniero Andrés Romero de Micro S.A.

En la práctica, el empleo de unos u otros depende de factores como carga y la velocidad de desplazamiento. Por ejemplo, cuando la carga viene detenida por topes externos pueden aplicarse los cilindros sin amortiguación. Sin embargo, cuando la carga no viene detenida por tales topes se debe recurrir a la utilización de los cilindros con amortiguación.

Los cilindros de doble efecto presentan las siguientes ventajas sobre los cilindros de simple efecto:

- Posibilidad de realizar trabajo en los dos sentidos.
- No se pierde fuerza para comprimir el muelle.
- No se aprovecha toda la longitud del cuerpo del cilindro con carrera útil.
- Por el contrario, tienen el inconveniente de que consumen doble cantidad de aire comprimido que un cilindro de simple efecto.

#### **4.4.2.1 La amortiguación**

La amortiguación puede ser interna, o externa.

La amortiguación interna más extendida es la amortiguación neumática, esta se consigue de la siguiente manera: Se añade al émbolo un pistón de amortiguación que no cambia su área útil. Durante el movimiento del émbolo, el aire puede escaparse a la atmósfera normalmente, justo hasta antes del fin de carrera.

La amortiguación externa se logra mediante amortiguadores hidráulicos, muelles, sistemas de estrangulamiento de los conductos de escape que se conectan a partir de un determinado punto de la carrera, etc.

La energía liberada al impacto intentara deformar la cabeza (tapa) en cuestión e incluso romperla, a fin de evitarlo se debe disminuir la cantidad de energía que actúa contra las tapas, esto se consigue con la amortiguación al final de la carrera.

El pistón de amortiguación cierra la salida libre y el escapa a la atmósfera a través de una restricción regulable. El aire remanente es comprimido por el émbolo aún en movimiento. Este aire comprimido produce una resistencia progresiva que se opone al movimiento del émbolo. Este cojín de aire absorbe el golpe. El tornillo de ajuste puede regularse externamente con objeto de controlar la amortiguación. En la práctica este tornillo se ajusta para una velocidad determinada del émbolo y para una carga dada. Para conseguir, desde el principio del suministro de aire, un inicio del movimiento contrario fuerte y uniforme, existe una válvula anti retorno permitiendo que el aire a presión actúe sobre toda el área del émbolo.

Se puede concluir que:

- Mientras mayor sea la velocidad de un cuerpo, aumenta así la energía cinética de este. Como el vástago y el embolo al ser impulsados avanzan con velocidad a través del cilindro (Carrera), se puede presentar un choque con la tapa anterior o posterior al desarrollar su trabajo.
- El campo de aplicación de los cilindros de doble efecto es mucho más extenso que el de los cilindros de simple efecto; incluso si no es necesario ejercer una fuerza en los dos sentidos, el cilindro de doble efecto es preferible al cilindro de simple efecto con muelle de retorno incorporado.

## **4.5 SENSORES**

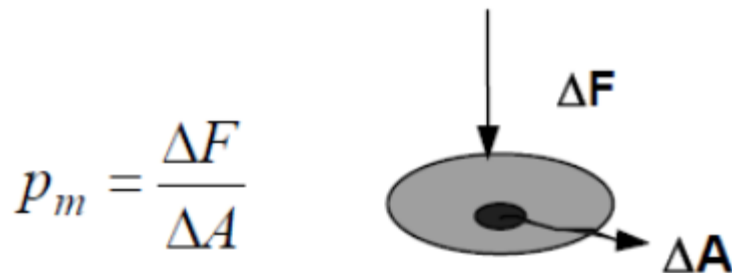
### **4.5.1 Sensores de presión**

Presión: La presión es una fuerza que se ejerce sobre un área determinada, y se mide en unidades de fuerzas por unidades de área. Esta fuerza se puede aplicar a un punto en una superficie o distribuirse sobre esta. Cada vez que se ejerce se produce una deflexión, una distorsión o un cambio de volumen o dimensión.

Las mediciones de presión pueden ser desde valores muy bajos que se consideran un vacío, hasta miles de toneladas por unidad de área.

Se define presión media como la razón entre la fuerza normal que actúa sobre un área plana y dicha área.<sup>51</sup>

**Figura 65. Presión media**



Fuente: [www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material\\_docente/](http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material_docente/)

La fuerza que ejerce un fluido en equilibrio sobre un cuerpo sumergido en cualquier punto es perpendicular a la superficie del cuerpo. La presión es una magnitud escalar y es una característica del punto del fluido en equilibrio, que dependerá únicamente de sus coordenadas.

Es importante tener en cuenta la presión que se mide, ya que pueden distinguirse los siguientes tipos:

- Presión absoluta: Presión comparada con el valor cero del vacío absoluto ( $P_{abs} = 0$ ).
- Presión Atmosférica (Presión Barométrica): Es la Presión ejercida por la atmósfera terrestre. Varía ligeramente con las condiciones meteorológicas y decrece con la altitud. Al nivel del mar la presión

---

<sup>51</sup> HESSE, Stefan, Extraído del Documento "Sensores en la técnica de Fabricación", Blue Digeston Automation. consultado el 10/9/2011  
[www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material\\_docente/](http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material_docente/)

atmosférica es de 1.033 [kp/cm<sup>2</sup>], 101.3 [kPa], 760 [mm de Hg] o 1 [atmósfera]. Estos valores se conocen como los de presión atmosférica normal.

- Presión diferencial: Presión que representa la diferencia entre dos presiones absolutas ( $p_1 - p_2$ )
- Sobrepresión (Presión Relativa, Positiva): Presión en función de la presión atmosférica, considerándose esta como valor cero. Los detectores que miden esta presión se llaman sensores de presión relativa.
- Vacío (Presión Negativa Relativa): El vacío es la diferencia de presiones entre la presión atmosférica y la presión absoluta, cuando esta es menor a la atmosférica. Así se puede concluir:

$$P. Absoluta = P. Manométrica + P. Atmosférica$$

Evidentemente es imposible una presión absoluta negativa. Por lo común los manómetros se diseñan para medir intensidades de presión por encima o por debajo de la presión atmosférica, que se emplea como base.

Las presiones medidas en este modo se denominan presiones relativas o manométricas. Las presiones manométricas negativas indican la cantidad de vacío y en condiciones normales; al nivel del mar; son posible presiones de hasta  $-14,7$  litros por pulgadas cuadradas (pero no más bajos) ( $-1$  atmósfera).<sup>52</sup>

---

<sup>52</sup> HESSE, Stefan, Extraído del Documento "Sensores en la técnica de Fabricación", Blue Digeston Automation. consultado el 10/9/2011  
[www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material\\_docente/](http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material_docente/)

## **4.6 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN**

### **4.6.1 Elementos mecánicos**

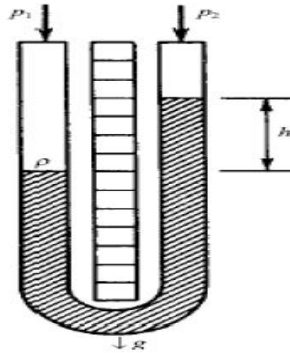
Podemos clasificarlos en dos tipos:

- Elementos primarios que miden la presión comparándola con la ejercida por un líquido de densidad y altura conocida.
  - Manómetro de tubo U
  - Manómetro de Tubo inclinado
  - Manómetro de toro pendular
  - Manómetro de Campana.
  - Barómetro de Cubeta.
- Elementos primarios elásticos que se deforman por la presión interna del fluido que contienen.
  - Tubo Bourdon
  - Elemento en Espiral
  - Elemento Helicoidal
  - Diafragma Fuelle

#### **4.6.1.1 Columna de líquido**

Es el instrumento de medición de presión más antiguo, y de los más exactos en los rangos de alcance, de 500[Pa] a 200[kPa]. La selección de la configuración de la columna y del fluido manométrico permite la medición de todos los tipos de presión. La ventajas de éste instrumento es su versatilidad.

**Figura 66. Columna tipo U**



Fuente: [www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material\\_docente](http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material_docente)

La ecuación que rige la medición de presión con este tipo de columnas es:

$$(Ecuación 18) \quad p_1 = \rho gh + p_2$$

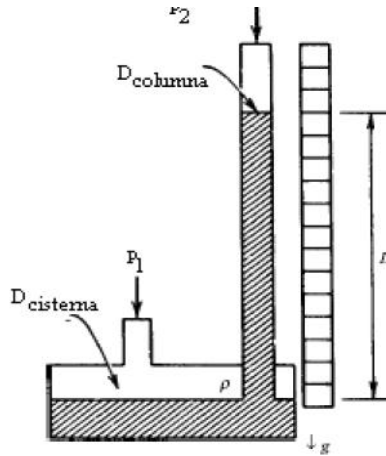
Si la columna de fluido en el nivel superior está abierta a la atmósfera ( $p_2 =$  presión barométrica) tendremos que  $p_1$  es una presión relativa. Si la columna es sometida a vacío ( $p_2$  es cero absoluto), entonces  $p_1$  es la presión absoluta (teniéndose un barómetro). El manómetro en forma de "U" conforma, según se especificó, un sistema de medición más bien absoluto y no depende, por lo tanto, de calibración. Esta ventaja lo hace un artefacto muy común. Su desventaja principal es la longitud de tubos necesarios para una medición de presiones altas y, desde el punto de vista de la instrumentación de procesos, no es trivial transformarlo en un sistema de transmisión remota de información sobre presión.

#### **4.6.1.2 Cisterna**

Fluido manométrico normalmente de mercurio y agua con alcances de 150 a 3000 [mm] de altura utilizando reglas con división mínima de 1[mm] a 0,1[mm]. Se utiliza para la medición de presión relativa y negativa. Las columnas de tipo cisterna requieren que la regla esté compensada para corregir la fracción de altura que se mueve con respecto a la posición inicial y que no es posible reajustar cuando la cisterna es opaca. La corrección resulta:



**Figura 67. Columna tipo cisterna**



Fuente: [www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material\\_docente](http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material_docente)

$$(Ecuación 19) \quad p_1 - p_2 = \rho g L \left( 1 + \left( \frac{D_{columna}}{D_{cisterna}} \right)^2 \right)$$

#### 4.6.1.3 Barómetro

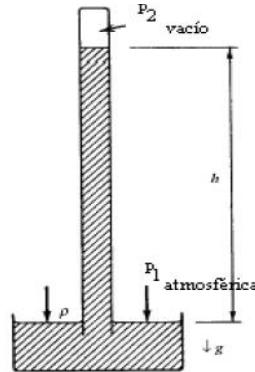
El barómetro de mercurio consiste de un tubo largo de vidrio cerrado en un extremo, evacuado y lleno de mercurio. Existen básicamente dos tipos de barómetros de mercurio, el tipo Kew y el tipo Fortín. En el tipo Kew se requiere de llenar el tubo con una cantidad exacta de mercurio dado que es posible observar solamente el menisco en la columna de medición, mientras que el menisco en la cisterna queda oculto, lo cual inhabilita el ajuste por diferencias de cantidad de Mercurio. En el barómetro tipo Fortín es posible ajustar el nivel en el menisco inferior a través de la cisterna que es transparente, el barómetro de mercurio tipo Fortín es el más exacto y difundido.

El barómetro es un altímetro, a medida que se va ascendiendo en altitud, la presión atmosférica va disminuyendo. Los barómetros de mercurio miden la presión atmosférica local, no la informada a nivel del mar (que oscila alrededor de los 1013,25[Pa] ó 760[mmHg]) y que es la utilizada en la calibración de altímetros

y en las estaciones meteorológicas. Para conocer la corrección barométrica se requiere aplicar una corrección por altura.

(Ecuación 20)  $P_{\text{barométrica}} = P_{\text{Atmosférica}} + P_{\text{altitud}}$

**Figura 68. Barómetro de mercurio**

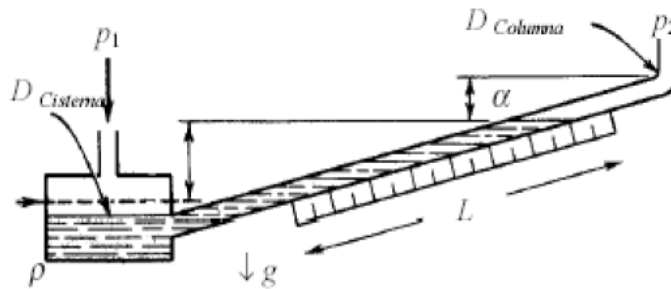


Fuente: [www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material\\_docente](http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material_docente)

#### 4.6.1.4 Tubo inclinado

Se utilizan con aceite (con densidad relativa menor al agua (<1)) para aumentar la sensibilidad de la medición en alcances de 25 a 100 [mm] y división mínima hasta de 1[mm]. En el ámbito industrial se les conoce como manómetros de tiro, dado que son utilizados para medir la presión de combustión a las calderas que arrastran gases quemados hacia el exterior a través de la chimenea. Cuentan con un nivel, con el propósito de ajustar el ángulo de inclinación  $\alpha$ , para el cual fue diseñada la columna.

**Figura 69. Columna Inclined**



Fuente: [www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material\\_docente](http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material_docente)

La ecuación que rige la correlación que se aplica en la columna inclinada es

$$(Ecuación 21) \quad p_1 - p_2 = \rho g l \left( 1 + \left( \frac{D_{columna}}{D_{cisterna}} \right)^2 \right) \sin(\alpha)$$

#### 4.6.1.5 Tubo de bourdon

El método más usual para medir presiones es por medio del barómetro de bourdon, que consiste en un tubo aplanado de bronce o acero curvado en arco. A medida que se aplica presión al interior del tubo, éste tiende a enderezarse, y éste movimiento se transmite a un cuadrante por intermedio de un mecanismo amplificador adecuado. Los tubos bourdon para altas presiones se hacen de acero. Puesto que la exactitud del aparato depende en gran parte del tubo, sólo deben emplearse tubos fabricados de acuerdo con las normas más rigurosas y envejecidas cuidadosamente por el fabricante.

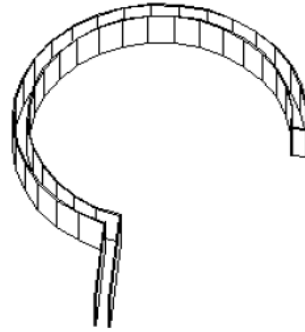
Es costumbre utilizar los manómetros para la mitad de la presión máxima de su escala, cuando se trata de presión fluctuante, y para los dos tercios de ella, cuando la presión es constante. Si un tubo bourdon se somete a presión superior a la de su límite y a presiones mayores que las que actuó sobre él en el proceso de envejecimiento, puede producirse una deformación permanente que haga necesaria su calibración.

Los manómetros en uso continuo, y especialmente los sometidos a fluctuaciones rápidas y frecuentes de presión, deben verificarse repetidas veces. Un procedimiento cómodo para hacerlo consiste en tener un manómetro patrón exacto que pueda conectarse en cualquier punto de la tubería en la que está unido el manómetro regular y efectuar comparaciones. A intervalos regulares debe confrontarse el manómetro patrón con el manómetro de peso directo o contrapesos. El manómetro de bourdon es completamente satisfactorio para presiones hasta de unas 2000 atm, siempre que sea suficiente una exactitud de 2 a 3 por ciento. Estos manómetros se encuentran en el comercio con lecturas máximas en sus escalas de unos 7000 Kg / cm<sup>2</sup>.

Para cualquier tipo de carga, la relación entre la carga y la deformación es una constante del material, conocida como el módulo de Young:  $E=Carga/e$ . Por ende, si la constante de deformación es conocida, se puede obtener la carga según:  
Carga = E\*e

Al aplicar una presión al interior del tubo (se le infla, por ejemplo) la fuerza generada en la superficie (área) exterior de la "C" es mayor que la fuerza generada en la superficie interior, de modo que se genera una fuerza neta que deforma la "C" hacia una "C" más abierta. Esta deformación es una medición de la presión aplicada y puede trasladarse a una aguja indicadora tanto como a un sistema de variación de resistencia o campos eléctricos o magnéticos.

**Figura 70. Manómetro de Bourdon**



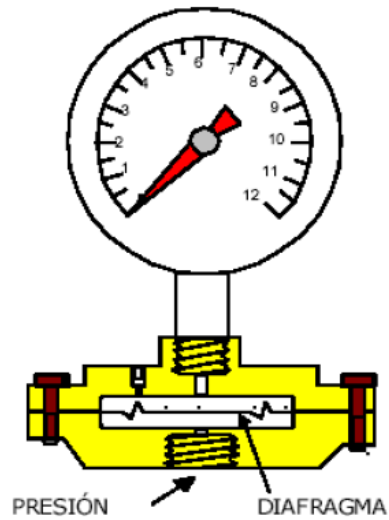
Fuente: [www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material\\_docente](http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material_docente)

El tubo Bourdon es un tubo de sección elíptica que forma un anillo casi completo y el tubo se encuentra cerrado en un extremo. Al aumentar la presión dentro del tubo, este se deforma, y el movimiento se transmite a la aguja indicadora. Empíricamente se halla el tubo adecuado al rango de presión deseado. El elemento en espiral se forma arrollando el tubo Bourdon en forma de espiral alrededor de un eje común. En el helicoidal se aplica el mismo concepto, pero sólo que en forma de hélice. Con estas características se obtiene una mayor longitud de desplazamiento de la aguja indicadora, favoreciendo su aplicación a sistemas registradores.

#### **4.6.1.6 Diafragma**

El manómetro diafragma consiste en una o varias cápsulas circulares conectadas rígidamente entre sí por soldadura, de forma que al aplicar la presión, cada cápsula se deforma y la suma de los pequeños desplazamientos es amplificada por un juego de palancas. El material del diafragma es normalmente aleación de níquel o inconel. Se utiliza en pequeñas presiones.

**Figura 71. Diafragma**

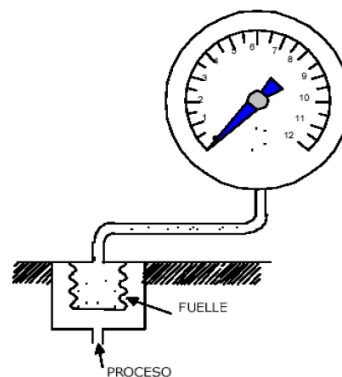


Fuente: [www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material\\_docente](http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material_docente)

#### **4.6.1.7 Fuelle**

El fuelle es parecido al diafragma compuesto, pero de una sola pieza flexible axialmente y puede dilatarse o contraerse con un desplazamiento considerable. Los elementos de fuelle se caracterizan por su larga duración. El material empleado es bronce ferroso. Se emplean para bajas presiones.

**Figura 72. Fuelle**



Fuente: [www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material\\_docente](http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material_docente)

#### 4.6.1.8 Algunos manómetros en la industria

Foto 3. Manómetro estándar



Fuente: <http://manometrosesa.com.mx/baja.htm>

Foto 4. Manómetro de baja presión



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

Foto 5. Manómetro digital modelo “Mano Record”



Fuente: [www.pipepetrol.blogspot.com](http://www.pipepetrol.blogspot.com)

#### **4.6.1.9 Medición de la presión en módulos electro- neumáticos con un manómetro**

Hay 3 pasos sencillos en la medición de la presión en modulo electro- neumático con un medidor de presión:

- Ponerse en una posición firme para aplicar el manómetro a la válvula.
- Aplicar la medida, formando un buen sellado entre el indicador y el tallo y la liberación de aire de la llanta en el medidor. Hay que notar cómo el pasador en el interior de las prensas de calibre en contra de la aguja de la válvula interior del vástago de la válvula para liberar el aire de los neumáticos.
- Aplicar el manómetro, sellando perfectamente la conexión entre el manómetro, el vapor y el aire liberado de la llanta al manómetro. Se debe notar como el alfiler del mismo presiona contra el alfiler de la válvula de vapor para liberar el aire de la llanta.<sup>53</sup>

#### **4.6.1.10 Aplicaciones**

Algunas aplicaciones más cotidianas suelen ser:

- En el buceo
- En la medicina
- En frigoríficos
- En el compresor de aire

---

<sup>53</sup> Extraído de <http://es.wikipedia.org/wiki/Man%C3%B3metro#Bibliograf.C3.ADa>



- En la unidad FRL (Filtro regulador mas lubricador) o unidad de mantenimiento.

#### **4.6.1.11 Sellos**

En la medición de fluidos Corrosivos se utilizan elementos primarios elásticos con materiales especiales en contacto directo con el fluido. Sin embargo resulta más económico cuando el fluido es altamente viscoso y obtura el elemento, utilizar un fluido de sello, o bien cuando las temperaturas son demasiado altas. Se emplean entonces sellos volumétricos de diafragma y de fuelle con líquidos incompresibles para la transmisión de la presión.

Es necesario utilizar sellos entre el instrumento y el fluido cuando:

- El fluido de proceso es corrosivo para el dispositivo de medición.
- El fluido es un gas o vapor con posibilidad de condensación por disminución de la temperatura durante la medición, por ejemplo: vapor de agua.
- El fluido es un líquido con sólidos en suspensión.
- El fluido es un líquido pastoso.
- El fluido tiende a cristalizarse con la variación de temperatura al ser aplicado al medidor, por ejemplo: petróleo, asfalto.
- El fluido no puede depositarse sobre el dispositivo de medición, por ejemplo: medicamentos, alimentos.
- El fluido es peligroso.

## **4.6.2 Elementos electromecánicos**

Los elementos electromecánicos utilizan un elemento mecánico elástico combinado con un elemento transductor eléctrico que genera la señal correspondiente.

Por el principio de transducción se pueden agrupar en:

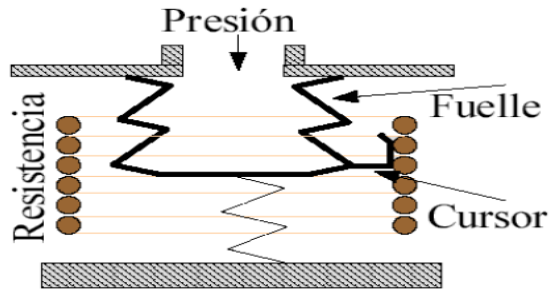
- Equilibrio de Fuerzas.
- Resistivos
- Magnéticos
- Capacitivos
- Extenso métricos
- Piezoeléctricos

### **4.6.2.1 Resistivos**

La variación de movimiento del elemento mecánico (normalmente un tubo bourdon) se combina con un sistema de variación de resistencia por potenciómetro. Este puede ser una barra continua o un arrollamiento en bobina. El material utilizado como resistencia puede ser el grafito. Generalmente esta resistencia forma parte de un puente de wheatstone.

Estos transductores son simples y permiten el manejo de potencias de señal suficientes para no usar amplificadores. Sin embargo no poseen una alta resolución y son sensibles a vibraciones y a las condiciones ambientales. El rango de trabajo está definido por el transductor mecánico.

**Figura 73. Transducción resistiva**



Fuente: [www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material\\_docente](http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material_docente)

Las ecuaciones que rigen este comportamiento resulta de:

$$(Ecuación 22) \quad P = \frac{kx}{A}$$

$$(Ecuación 23) \quad R(x) = rx$$

Donde:

$k$  = Constante del fuelle.

$A$  = Sección del fuelle

$k$  = Elongación del fuelle.

$r$  = Variación de resistencia [ $\Omega/\text{mm}$ ]

Valores usuales de error: 1- 2% span

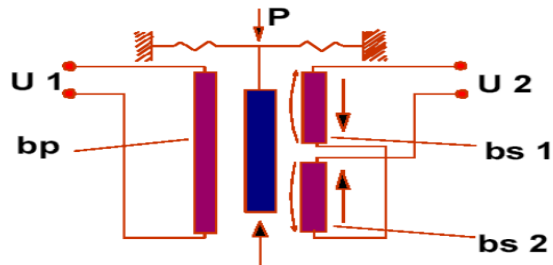
Rango: 0 a 300 Kg/cm<sup>2</sup>

#### **4.6.2.2 Inductancia variable**

Una aplicación usual es la de un LVDT (transformador diferencial de variación lineal), en el cuál el núcleo está vinculado a un diafragma. Cuando este se deforma por efecto de la presión, mueve el núcleo y varía el nivel de acoplamiento

entre el primario y los secundarios. Con esto se aprovecha todas las ventajas de los LVDT: pequeños, robustos y buena resolución Error usual 1[%] span.

**Figura 74. Transducción Inductiva**

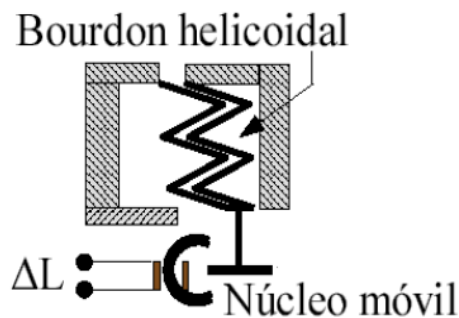


Fuente: [www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material\\_docente](http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material_docente)

#### 4.6.2.3 Reluctancia variable

Se componen de un electroimán o de un imán permanente y un núcleo ferro magnético móvil. Este núcleo puede ser desplazado por medio del tubo Bordoun o un diafragma, variando la reluctancia del circuito magnético y por ende la inductancia de una bobina presente en el circuito. Error usual 0.5 [%] span.

**Figura 75. Transducción magnética**



Fuente: [www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material\\_docente](http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material_docente)

Las ecuaciones que rigen este comportamiento son:

$$(Ecuación 24) \quad P = \frac{ka}{A}$$

$$(Ecuación 25) \quad L(\alpha) = \frac{N^2}{R} = \frac{N^2 A \mu_0 \mu_r}{l_b}$$

$$(Ecuación 26) \quad \mu_r = m\alpha$$

$$(Ecuación 27) \quad P = \frac{kL(\alpha)I_b}{N^2 A^2 \mu_0 m}$$

$\alpha$  = Angulo de giro del núcleo

$m$  = Es la variación de permeabilidad relativa por cada grado de giro.

#### 4.6.2.4 Capacitivos

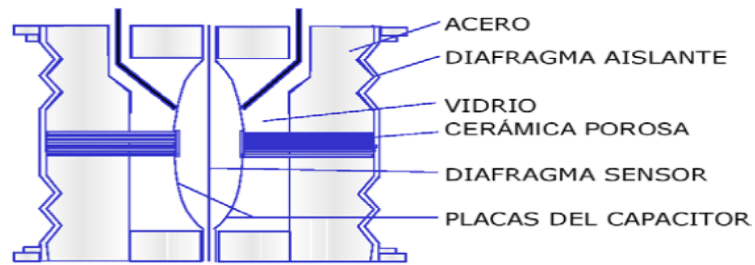
Se basan en la variación de capacidad que se produce en un condensador al desplazarse una de sus placas por la aplicación de presión. La placa móvil tiene forma de diafragma y está entre dos placas fijas. De este modo se tienen dos condensadores, uno de capacidad fija y otro variable.

$$(Ecuación 28) \quad C = \frac{\epsilon A}{d}$$

Los transductores capacitivos se caracterizan por su pequeño tamaño y construcción robusta. Su señal de salida es débil por lo que precisan de amplificadores con el riesgo de introducir ruidos.

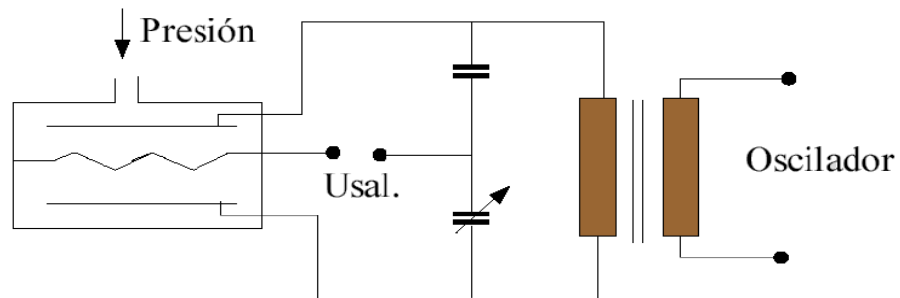
Así también son sensibles a las variaciones de temperatura y oscilaciones mecánicas.

**Figura 76. Estructura capacitivo**



Fuente: [www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material\\_docente](http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material_docente)

**Figura 77. Transducción capacitiva**



Fuente: [www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material\\_docente](http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material_docente)

#### 4.6.2.5 Galgas extenso métricas

Una galga de extensión se construye sobre un metal de coeficiente de elasticidad dado, adosándole un alambre, una tira semiconductor o pistas conductoras. Al deformarse el soporte de la galga, se "estira" o se "comprime" el sensor, variando así su resistencia. El cambio de resistencia será, precisamente, el reflejo de la deformación sufrida. En términos de su caracterización, dada la resistencia  $R$  sin deformación, la aplicación de una fuerza  $F$  deformante producirá un cambio de resistencia,  $\Delta R$ , cuya medición permite calcular la fuerza mediante:

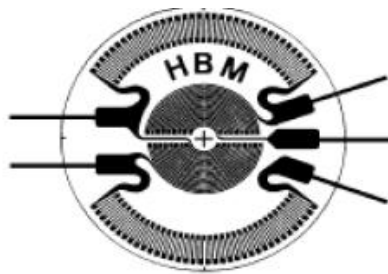
$$(Ecuación 29) \quad F = AE\varepsilon = \frac{AE}{G} \frac{\Delta R}{R}$$

Donde se ha definido una constante "G", conocido como la constante de la galga y que suele variar entre 2 y 2,2 para galgas de soporte metálico.

Naturalmente, la posibilidad de medir fuerza permite construir, con estas galgas, balanzas electrónicas tanto como sistemas de medición de presión.

Habitualmente se utilizan circuitos en puentes, diseñados para los valores típicos de estas galgas (resistencias nominales de 120W, 350W, 600W y 1000W) utilizando corrientes que no excedan los 10 mA. Las tecnologías modernas permiten una fabricación económica de los sensores de presión con cinta extenso métrica. Disponiendo de una membrana circular (membrana de medición, por lo general de acero fino) que hace las veces de cuerpo deformable, es posible utilizar una cinta extenso métrica en forma de rosetón.

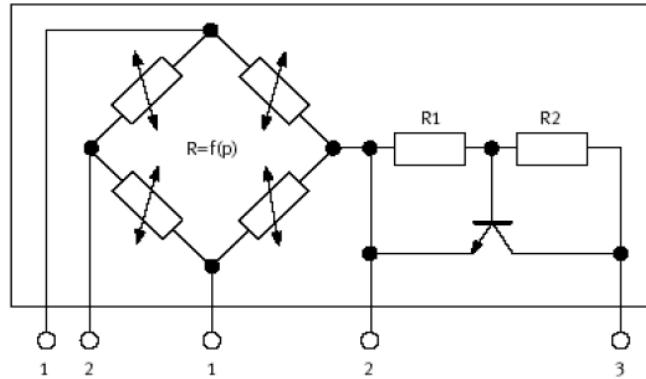
**Figura 78. Cinta extenso métrica en forma de rosetón**



Fuente: [www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material\\_docente](http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material_docente)

En la Figura 79 se muestran las conexiones de un sensor de película gruesa. Las cintas extenso métricas forman un puente de medición de la presión. Además, se conecta un circuito sencillo de compensación de temperatura (R1, R2).

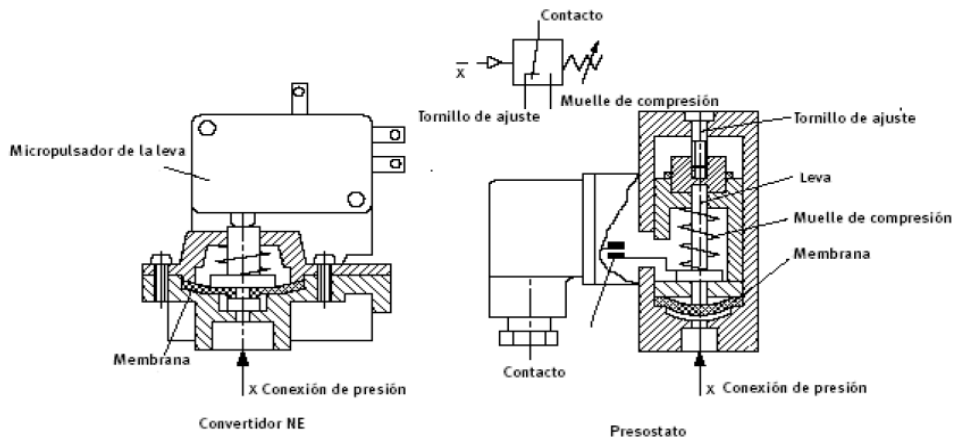
**Figura 79. Esquemas de conexión interna de sensor de presión, con compensación de temperatura**



Fuente: [www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material\\_docente](http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material_docente)

No obstante, en la mayoría de los casos es suficiente contar con un presóstato o vacuostato o con un convertidor neumático-eléctrico (NE). Este se encarga de convertir una señal neumática en una señal eléctrica y por lo general se trata de un contacto conmutador. Mediante la utilización de una membrana de mayor superficie puede aumentarse la fuerza de accionamiento por presión. Si el convertidor permite ajustar la presión de conmutación, se trata de un presóstato.

**Figura 80. Elementos de conmutación electromagnética**



Fuente: [www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material\\_docente](http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material_docente)



El elemento mecánico puede ser un tubo de Bourdon, espiral, hélice, diafragma o fuelle o combinaciones de todos estos.

### **4.6.3 Elementos electrónicos**

Por ejemplo, equipos con membranas de silicio, de acero fino o con materiales dilatables de otras formas.

También existen elementos electrónicos de vacío clasificados como sigue:

- Mecánicos
- McLeod
- Térmicos
- Ionización

#### **4.6.3.1 Sensor capacitivo**

Basado en tecnología del silicio, se evalúa el cambio capacitivo de una membrana de cerámica, ocasionado por la flexión en relación con un contra electrodo paralelo.

Ello significa que la membrana hace las veces de placa de condensador. El elemento de detección no debe estar cubierto por el fluido.

En los sensores de presión capacitivos con membrana cerámica y procesamiento de señales se utilizan las siguientes microtecnologías:

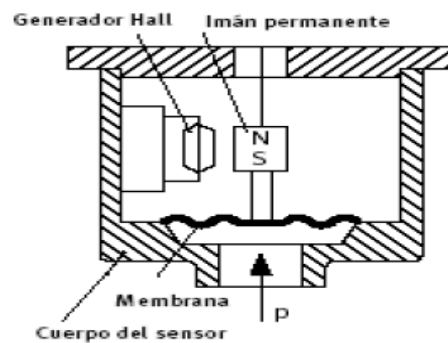
- Técnica de películas delgadas para los electrodos
- Técnica de películas gruesas para el híbrido de procesamiento de señales

- Técnica de micro montaje para la membrana de cerámica
- ASIC para el procesamiento de señales

#### 4.6.3.2 Sensor hall

En los sensores de presión con elemento hall, un imán permanente pequeño (que está unido a una membrana) provoca un cambio de la tensión Hall.

**Figura 81. Sensor hall**

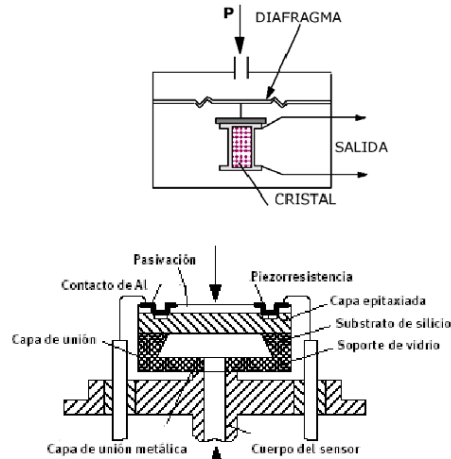


Fuente: [www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material\\_docente](http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material_docente)

#### 4.6.3.3 Sensor piezoresistivo

El sensor de presión piezoresistivo tiene un elemento de medición en forma de placa con resistencias obtenidas por difusión o implantación de iones. Si estas placas se someten a una carga, cambia su resistencia eléctrica.

**Figura 82. Sensor piezoresistivo**

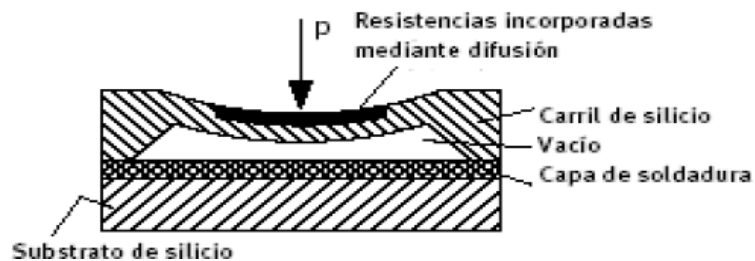


Fuente: [www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material\\_docente](http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material_docente)

#### 4.6.3.4 Sensor monolítico

Lo mismo se aplica en el caso de los sensores de presión monolíticos, obtenidos mediante la cauterización gradual de silicio. En la Figura 83 se muestra un ejemplo de este tipo de sensor (en este caso, un sensor de presión absoluta).

**Figura 83. Sensor monolítico**



Fuente: [www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material\\_docente](http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material_docente)

#### 4.6.3.5 Térmicos

Se basan en el principio de la proporcionalidad entre la energía disipada desde la superficie caliente de un filamento calentado por una corriente constante y la presión del gas ambiente cuando el gas está bajo presiones absolutas.

El transductor térmico de termopar contiene un filamento en V que lleva incorporado un pequeño termopar. La F.E.M., del termopar indica la temperatura del filamento y por lo tanto señala el vacío del ambiente.

#### **4.6.3.6 Bimetálico**

Utiliza espiral bimetálica calentada por una fuente de tensión estabilizada. Cualquier cambio en la presión produce una deflexión de la espiral, que a su vez está acoplada a un índice que señala en la escala el vacío. Su intervalo de medida es de  $1 - 10^{-3}$  [mmHg].

Transductores de Ionización: Se basan en la formación de los iones que se producen en las colisiones que existen entre moléculas y electrones (o bien partículas alfa en el tipo de radiación). La velocidad de formación de estos iones, es decir la corriente iónica, varía directamente con la presión.

#### **4.6.3.7 Filamento caliente**

Consiste en un tubo electrónico con un filamento de tungsteno rodeado por una rejilla en forma de bobina, la cual a su vez está envuelta por una placa colectora. Los electrones emitidos por el filamento caliente se aceleran hacia la rejilla positiva, pasan a su través y, en su camino hacia la placa colectora de carga negativa, algunas colisionan con moléculas de gas.

#### **4.6.3.8 Cátodo frío**

Se basa en el principio de la medida de una corriente iónica producida por una descarga de alta tensión.

Los electrones desprendidos del cátodo toman un movimiento en espiral al irse moviendo a través de un campo magnético en su camino hacia el ánodo. El movimiento en espiral da lugar a que en el camino libre medido entre electrones sea mayor que la distancia entre electrodos.

#### 4.6.3.9 Radiación

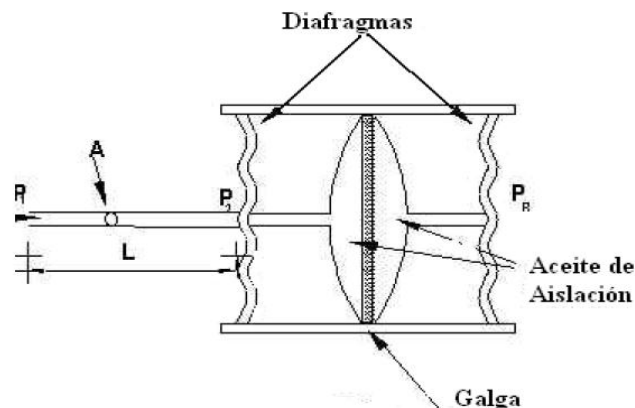
En el transductor de radiación, una fuente de radio sellada, produce partículas alfa que ionizan las moléculas del gas en la cámara de vacío y que por lo tanto, es proporcionada la presión total del sistema.

#### 4.6.4 Sensor diferencial

Los sistemas discutidos antes, para medición de Presión (Bourdon, Tubos en "U" de líquidos de alta densidad, Galgas extensiométrica [strain gauges], entre otros) miden, en general, la presión relativa a la presión atmosférica (si bien tanto  $P_1$  como  $P_2$  en el manómetro en "U" podrían ser parte de un proceso). A menudo es necesario conocer la presión relativa entre dos puntos; tales sistemas se conocen como sensores (o manómetros) de presión diferencial.

La Figura 84 describe un sensor de presión diferencial, basado en una galga de extensión.

**Figura 84. Sensor diferencial**



Fuente: [www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material\\_docente](http://www.u-cursos.cl/ingenieria/2005/2/EL53A/1/material_docente)

Las señales de presión,  $P_1$  y  $P_R$ , se entregan a dos diafragmas aislantes, que impiden que el fluido ingrese a la cámara sensible. La presión es transmitida a la sección sensible (la galga) mediante capilares, que están llenos de un fluido adecuado (usualmente aceite de silicona). Existen dos cámaras separadas por la

galga en el centro, conocida como el diafragma sensor, cuyo único requisito es que impida el paso del fluido interno de un lado hacia el otro.

Uno de los diafragmas de aislación puede ser sujeto a una presión constante de referencia, de modo que la posición del diafragma de referencia será una función de la presión aplicada en un sólo lado.

Similarmente, se pueden aplicar dos presiones y la posición del diafragma sensor será una función de la presión diferencial. Para introducir el análisis del comportamiento dinámico de este sensor, se considerará que un lado está a presión constante, de referencia, denotado PR. De acuerdo a la nomenclatura de la Figura 84, un cambio en la presión P1 (en algún punto del proceso), producirá un cambio en la presión P2, al final del tubo capilar (serán idénticos en estado estacionario). El balance de fuerzas en el capilar resulta en:

$$\left[ \begin{array}{l} \text{Fuerza de la presión de proceso} \\ P1 \text{ sobre la punta de entrada del} \\ \text{capilar de conexión el sensor} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{l} \text{Fuerza de la presión} \\ P2 \text{ sobre el final del} \\ \text{capilar} \end{array} \right] = \begin{array}{l} \text{Masa} \\ X \\ \text{Aceleración} \end{array}$$

Es decir:

$$(Ecuación 30) \quad p_1 * A - p_2 * A = \frac{A * L * \rho}{g_c} * \frac{d^2 x}{dt^2}$$

$A$  = área de corte del capilar de conexión

$L$  = longitud del capilar de conexión

$\rho$  = densidad del líquido en el tubo capilar

$x$  = desplazamiento del fluido o desplazamiento del diafragma de aislación.

La fuerza sobre el diafragma de aislación,  $p_2 * A$  establece un segundo equilibrio de fuerzas

$$P_2 * A = \left[ \begin{array}{c} \text{Efecto resorte de} \\ \text{la Galga} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{c} \text{Fuerza viscosa} \\ \text{del fluido} \end{array} \right]$$

Es decir:

$$(Ecuación 31) \quad p_2 * A = K * x + C \frac{dx}{dt}$$

Donde  $K$  es la constante de Hooke de la galga y  $C$  el coeficiente de amortiguamiento del líquido viscoso en frente del diafragma.

Por remplazos y despejes:

$$(Ecuación 32) \quad \left( \frac{A * L * p}{K * g_c} \right) * \frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{C}{K} * \frac{dx}{dt} + x = \frac{A}{k} p_1$$

Ecuación que, finalmente, indica que la respuesta del sensor (es decir, el desplazamiento,  $x$ , del diafragma) sigue una dinámica de segundo orden, para cualquier cambio en la presión de proceso  $P_1$ .

Si se define un tiempo de respuesta

$$(Ecuación 33) \quad t = \frac{A * L * r}{K * g_c}$$

Un grupo de amortiguación

$$(Ecuación 34) \quad 2 \zeta t = \frac{C}{k}$$

Una ganancia

$$(Ecuación 35) \quad KP = \frac{A}{K}$$

Se puede obtener la función de transferencia en el campo complejo:

$$(Ecuación 36) \quad \frac{\bar{X}(s)}{\bar{P}(s)} = \frac{K_P}{r^2 s^2 + 2\epsilon r s + 1}$$

#### 4.6.5 Disco de ruptura

Es un dispositivo de alivio de presión para sistemas cerrados que provee apertura instantánea a una presión predeterminada. Su función es proteger frente a sobrepresiones a un sistema que pueda estar sujeto a presiones excesivas causadas por el mal funcionamiento del equipo mecánico, reacciones fuera de control, y fuegos internos o externos.

##### 4.6.5.1 Normativas para el uso de discos

La división 1 de la sección VII de la ASME informa sobre la normas para el uso de discos de rupturas en la protección de sobrepresiones. Fike dispone de una serie de Boletines Técnicos como referencia rápida a estas normas (en inglés).

- TB8100 – ASME Code and Rupture Disc
- TB8102 – Rupture Disc Sizing
- TB8103 – Certified Combination Capacity Factories (Rupture Disc/SRV Combination)
- TB8104 – Certified Kg Flow Values (for Fike Rupture Disc)

##### 4.6.5.2 Tipos de discos

Los discos de ruptura de Fike se dividen en tres tipos:

- Discos de elevado rendimiento:

Este tipo de disco puede cumplir cualquier de las siguientes características:



- Ratio operativo del 90[%]
- No - fragmentable, (Excelente para el aislamiento de válvulas de seguridad)
- Servicios para líquidos o vapores
- Resistencia al vacío
- Servicio pulsante o cíclico
- Servicio higiénico

- Discos de rendimiento estándar

Estos discos económicos cumplen con las siguientes características:

- Ratio operativo del 70[%]
- Fragmentación aceptable (no válido para aplicaciones con válvula de seguridad)
- Servicios para líquidos o vapores.

- Discos de Rupturas de Injerencia

Los discos de rupturas de injerencias se utilizan en aplicaciones en la que los discos de rupturas convencionales no son suficientes. Por ejemplo en el caso de unidades muy pequeñas y/o frágiles, al igual que los dispositivos con tolerancias extremadamente justas. Estos dispositivos comprenden una o más de las siguientes características:

- Diseño de cabezales no estándar
- Discos de rupturas de elevado rendimiento

- Materiales poco comunes
- Maquinaria especial y técnica de soldado
- Amplia documentación y procedimiento para test.

#### 4.6.6 Sensor magnético

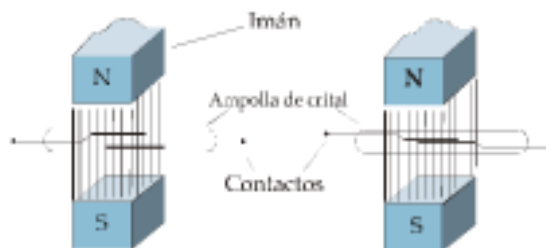
Los detectores magnéticos se emplean para la detección sin contacto y sin desgaste de posiciones en el sector de las tecnologías de control. Se utilizan en todas aquellas aplicaciones en las cuales los detectores inductivos llegan a sus límites.<sup>54</sup>

El principio de funcionamiento se basa en el efecto que produce un par de láminas dentro de un campo magnético. Los contactos se colocan dentro de una ampolla de vidrio en la que se ha practicado el vacío.

Existen dos tipos, en uno de ellos los contactos permanecen abiertos cuando no está próximo al campo magnético, si se aproxima un imán las laminas se unen cerrando los contactos.

El segundo tipo es todo lo contrario, dentro del campo magnético los contactos están normalmente abiertos y al separado del imán se unen.

**Figura 85. Sensor magnético**



Fuente: [www.slideshare.net/federicoblanco2009/05-sensores](http://www.slideshare.net/federicoblanco2009/05-sensores)

<sup>54</sup> Extraído de [http://www.ifm.com/ifmes/web/pinfo1\\_10\\_20\\_40.htm](http://www.ifm.com/ifmes/web/pinfo1_10_20_40.htm) 17 de Oct. De 2011

El sensor de proximidad es un transductor que detecta objetos o señales que se encuentran cerca del elemento sensor. Existen varios tipos de sensores de proximidad según el principio físico que utilizan.

Entre los sensores de proximidad se encuentran:

- Sensor capacitivo.
- Sensor inductivo.
- Sensor fin de carrera.
- Sensor infrarrojo.
- Sensor ultrasónico.
- Sensor magnético.
- Sensores de humedad.

Los sensores de proximidad magnéticos son caracterizados por la posibilidad de conmutación a grandes distancias. Detectan los objetos magnéticos (imanes generalmente permanentes) que se utilizan para accionar el proceso de la conmutación. Los campos magnéticos pueden pasar a través de muchos materiales no magnéticos, el proceso de la conmutación se puede también accionar sin la necesidad de la exposición directa al objeto. Usando los conductores magnéticos (ejemplo: hierro), el campo magnético se puede transmitir sobre mayores distancias para, por ejemplo, poder llevarse la señal de áreas de alta temperatura.<sup>55</sup>

---

<sup>55</sup> [www.sensoresdeproximidad.galeon.com/](http://www.sensoresdeproximidad.galeon.com/), Consultado en Octubre 11 de 2011

**Foto 6. Aspecto físico del sensor de proximidad magnético**



Fuente: [www.sensoresdeproximidad.galeon.com/](http://www.sensoresdeproximidad.galeon.com/)

#### **4.6.6.1 Ventaja**

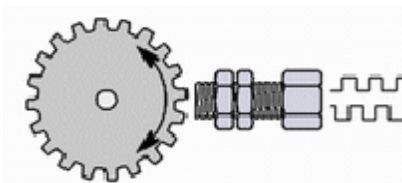
Los detectores magnéticos disponen, a diferencia de los detectores inductivos, de un alcance notablemente mayor conservando al mismo tiempo un diseño compacto. Los alcances de hasta 70 milímetros son habituales. Con imanes adecuados se pueden conseguir incluso alcances de 90 milímetros. Única condición: El objeto que se va a detectar debe estar dotado de un imán, ya que sólo ante éste reaccionará el sensor. Dado que los campos magnéticos atraviesan todos los materiales no magnetizables, los sensores detectan imanes, por ejemplo: a través de superficies de metal no ferroso, de acero inoxidable, de aluminio, de plástico o de madera. De esta forma se utilizan a menudo detectores magnéticos, por ejemplo, en la industria alimentaria en combinación con limpia tubos (aparatos de limpieza que pasan por la parte interior de las tuberías). Con ayuda de los detectores se puede detectar desde fuera y de forma precisa la posición de estos aparatos a través del tubo de acero inoxidable.

Basan su principio de funcionamiento en que al acercarse un imán, el sensor detecta. Internamente, poseen un Reed switch, que es el que provoca la detección. Son extremadamente económicos, pero poseen una vida más limitada que cualquier otro tipo de sensor (poseen una lámina metálica que tiene movimiento mecánico, con el tiempo se daña), pero rinde muchísimas más operaciones que un microswitch mecánico estándar.

Los detectores magnéticos se emplean para la detección sin contacto y sin desgaste de posiciones en el sector de las tecnologías de control. Se utilizan en todas aquellas aplicaciones en las cuales los detectores inductivos llegan a sus límites.<sup>56</sup>

En robótica, algunas situaciones de medición del entorno pueden requerir del uso de elementos de detección sensibles a los campos magnéticos. En principio, si nuestro robot debe moverse en ambientes externos a un laboratorio, una aplicación importante es una brújula que forme parte de un sistema de orientación para nuestro robot. Otra aplicación es la medición directa de campos magnéticos presentes en las inmediaciones, que podrían volverse peligrosos para el "cerebro" de nuestro robot si su intensidad es importante. Una tercera aplicación es la medición de sobre corrientes en la parte motriz (detectando la intensidad del campo magnético que genera un conductor en la fuente de alimentación). También se podrán encontrar sensores magnéticos en la medición de movimientos, como el uso de detectores de "cero movimiento" y tacómetros basados en sensores por efecto Hall o pickups magnéticos.

#### **Figura 86. Sensores magnéticos en la detección de movimientos**



Fuente: [http://robots-argentina.com.ar/Sensores\\_magnetismo.htm](http://robots-argentina.com.ar/Sensores_magnetismo.htm)

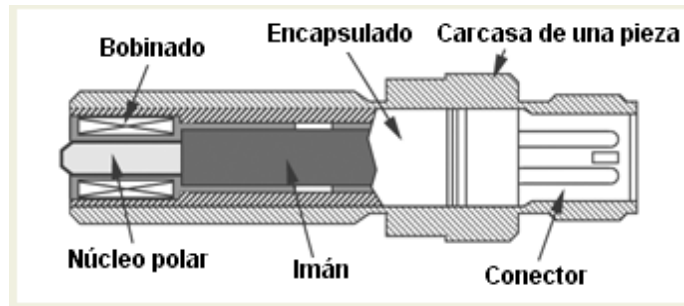
#### **4.6.6.2 Pickups magnéticos (sensores inductivos)**

Entre los sensores de proximidad industriales de uso frecuente se encuentran los sensores basados en un cambio de inductancia debido a la cercanía de un objeto metálico.

---

<sup>56</sup> [www.elindar.com/sensores\\_magneticos.html](http://www.elindar.com/sensores_magneticos.html) Consultado en Octubre 11 de 2011

**Figura 87. Partes de los sensores inductivos**



Fuente: [http://robots-argentina.com.ar/Sensores\\_magnetismo.htm](http://robots-argentina.com.ar/Sensores_magnetismo.htm)

En la Figura 87 muestra el esquema de un sensor inductivo o "pickup magnético", que consiste en una bobina devanada sobre un imán permanente, ambos insertos en un receptáculo o cápsula de soporte.

**Foto 7. Sensor inductivo o "pickup magnético"**



Fuente: [http://robots-argentina.com.ar/Sensores\\_magnetismo.htm](http://robots-argentina.com.ar/Sensores_magnetismo.htm)

Si se coloca el núcleo del sensor en proximidad de un material ferro magnético, se produce un cambio en la posición de las líneas de flujo del imán permanente. En condiciones estáticas, no hay movimiento en las líneas de flujo y, por consiguiente, no se induce corriente en la bobina. Sin embargo, cuando un objeto ferro magnético ingresa en el campo del imán y/o lo abandona, el cambio que resulta en las líneas de flujo induce un impulso de corriente, cuya amplitud y forma son proporcionales a la velocidad de cambio del flujo.

La tensión que se mide sobre la bobina varía como función de la velocidad a la que se introduce el material ferro magnético en el campo del imán. La polaridad de

la tensión depende de que el objeto esté ingresando en el campo o abandonándolo.

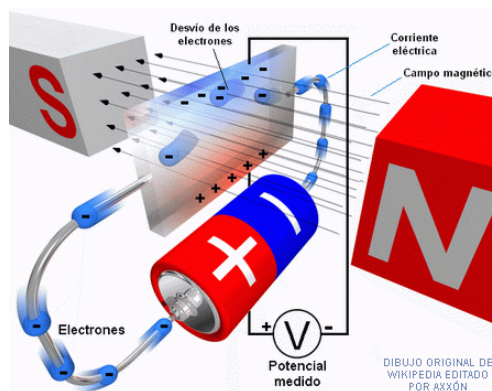
También existe una relación entre la amplitud de la tensión y la distancia sensor-objeto. La sensibilidad cae rápidamente al aumentar la distancia. El sensor es eficaz a un milímetro o menos.

#### 4.6.6.3 Sensores por "Efecto Hall"

En el mercado existe gran cantidad de sensores industriales para diversos usos, basados en el efecto que descubrió el científico Edwin Herbert Hall. El nombre de Hall, físico norteamericano, ha pasado a la posteridad debido a una singularidad electromagnética que descubrió por casualidad en el curso de un montaje eléctrico: el "Efecto Hall".

Cuando por una placa metálica circula una corriente eléctrica y ésta se halla situada en un campo magnético perpendicular a la dirección de la corriente, se desarrolla en la placa un campo eléctrico transversal, es decir, perpendicular al sentido de la corriente. Este campo, denominado Campo de Hall, es la resultante de fuerzas ejercidas por el campo magnético sobre las partículas de la corriente eléctrica, sean positivas o negativas.

**Figura 88. Efecto Hall**



Fuente: [http://robots-argentina.com.ar/Sensores\\_magnetismo.htm](http://robots-argentina.com.ar/Sensores_magnetismo.htm)

Este fenómeno tiene dos consecuencias principales. La primera es que la acumulación de cargas en un lado de la placa, en el campo así creado, implica que el otro lado tiene una carga opuesta, creándose entonces una diferencia de potencial; la segunda es que la carga positiva posee un potencial superior al de la carga negativa. La medida del potencial permite, por tanto, determinar si se trata de un campo positivo o negativo.

En la mayor parte de los metales, la carga es negativa, pero en algunos metales como el hierro, el zinc, el berilio y el cadmio es positiva, y en los semiconductores es positiva y negativa al mismo tiempo. Hay una desigualdad entre los intercambios negativos y los positivos; también en este caso, la medida del potencial permite saber cuál domina, el positivo o el negativo.

Los sensores basados en efecto Hall suelen constar de un elemento conductor o semiconductor y un imán. Cuando un objeto ferro magnético se aproxima al sensor, el campo que provoca el imán en el elemento se debilita. Así se puede determinar la proximidad de un objeto, siempre que sea ferro magnético.

- Aplicaciones de sensores por efecto Hall

Una de las aplicaciones de los sensores por efecto Hall que más se ha instalado en la industria, en especial en la automotriz, es como reemplazo del sensor inductivo o pickup magnético que describimos más arriba (basado en un imán permanente y una bobina). Dado que en este caso el sensor, por estar implementado por un semiconductor, tiene la capacidad de poseer electrónica integrada, la señal que sale de los sensores por efecto Hall para uso como detectores de proximidad por lo general ya está amplificada y condicionada, de modo que su utilización es mucho más directa, fácil y económica.

Otra aplicación es la medición de la corriente que circula por un conductor, con lo que se pueden implementar medidores de seguridad



sin necesidad de insertarlos en el circuito eléctrico de un sistema donde se maneja potencia.

Los sensores pueden estar contruidos en una cápsula de tipo circuito integrado o una de transistor , o también pueden tener una carcasa con un orificio por el que pasará el cable cuya corriente se va a medir.

Se utilizan también chips por efecto Hall como interruptores accionados por el campo magnético de un imán. Un caso concreto es en los sensores de los sistemas de alarma (aquellos que se colocan en puertas y ventanas, para detectar su apertura). Estos interruptores tienen la ventaja de no sufrir fricción al ser accionados, ya que el único elemento que toma contacto es el campo magnético. Son utilizados en teclados de alta eficiencia, y estos mismos interruptores se pueden usar como sensores de choque (contacto físico), posición de un mecanismo, cuentavueltas, límite de carrera y otras detecciones mecánicas dentro y en el exterior de un robot.

**Foto 8. Sensores contruidos en una cápsula de tipo circuito integrado**



Fuente: [http://robots-argentina.com.ar/Sensores\\_magnetismo.htm](http://robots-argentina.com.ar/Sensores_magnetismo.htm)

## **4.7 PRESÓSTATOS**

Presóstato o un interruptor de presión es un dispositivo de uso general que opera cuando la presión medida alcanza cierto valor máximo o cierto valor mínimo predeterminado, se requiere de una alarma que haga sonar una advertencia o de una luz para dar una señal o que active un sistema de control auxiliar para energizarse o desenergizarse, este es un equipo de control por medio de la presión ejercida por un agente externo comprimido como un gas o el aire, entre otros, por medio del cual se puede intervenir elementos de un proceso.

Los presóstatos también llamados transductores P/E, tienen por misión transformar una señal neumática de entrada en una señal de salida eléctrica.

En resumen un presóstato es un instrumento que capta automáticamente un cambio en la presión y abre o cierra un elemento de conmutación eléctrica cuando se llega a un punto de presión predeterminado.

### **4.7.1 Sistemas de presóstatos**

- De membrana: la variación de presión, en un sistema neumático o hidráulico, produce la deformación de una membrana. Esta deformación se transmite a un pistón, el cual a su vez, desplaza los contactos eléctricos que tiene el presóstato.
- Sistema tubular: Funciona gracias a un tubo ondulado (a manera de fuelle metálico), el cual manobra los contactos eléctricos del presóstato de acuerdo con las variaciones de presión.

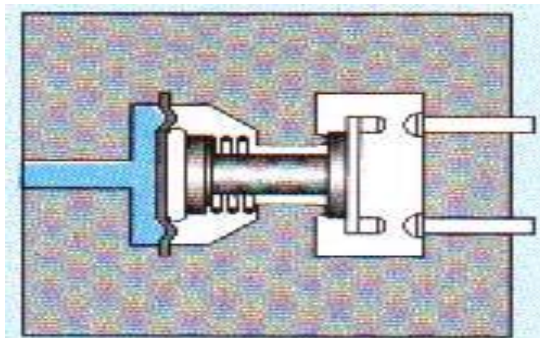
### **4.7.2 Tipos fundamentales**

El más simple es el de tipo unipolar con una posición y disparo rápido o presóstato con punto de contacto fijo: (single-pole, single-throw, quick-acting), cuenta con una presión de contacto fija y determinada, que depende del rango de

presiones empleado. En general dentro del rango de presiones normales están calibrados entre 1 a 3 bar. Este interruptor está compuesto por una caja de metal que contiene una cubierta extraíble, una conexión eléctrica, y una conexión de medición de presión. El interruptor contiene fuelles metálicos sin costura situados en su cubierta. Los cambios en la presión medida hacen que los fuelles trabajen contra un resorte ajustable. Éste resorte determina la presión requerida para accionar el interruptor. A través de un enganche diseñado, el resorte hace los contactos abran o cierran el circuito eléctrico automáticamente cuando la presión de funcionamiento baja, o se eleva por encima de un valor especificado. Un imán permanente en el mecanismo del interruptor proporciona un broche de presión positivo tanto en la apertura y como el cierre de los contactos. El interruptor se encuentra energizado constantemente. Sin embargo, es el cierre de los contactos que energiza el circuito eléctrico entero.

Muchas veces los presóstatos cuentan además con un accionamiento manual auxiliar, para realizar pruebas de test, o bien realizar, en caso que sea necesario, un accionamiento de emergencia que permita la entrega de una señal.

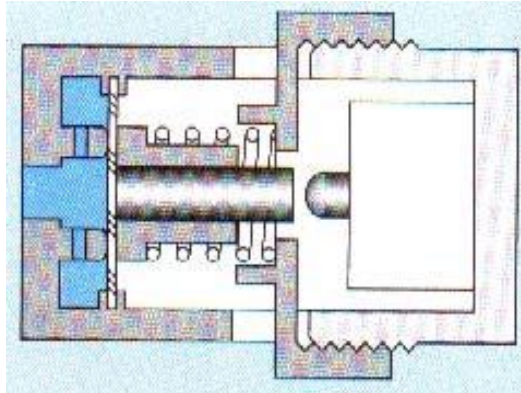
**Figura 89. Presóstato con punto de contacto fijo**



Fuente: <http://www.ives.edu.mx/bibliodigital/Ingenierias/LIBROS%20Ingenieria/Fac%20Mec%C3%A1nica%201/>

Presóstatos con punto de contacto variable: Estos elementos permiten una regulación sin escala de rango de presiones y según el tipo de construcción y los materiales empleados, también para usarlos con distintos medios.

**Figura 90. Presóstato con punto de contacto variable**



Fuente: <http://www.ives.edu.mx/bibliodigital/Ingenierias/LIBROS%20Ingenieria/Fac%20Mec%C3%A1nica%201/>

### **4.7.3 Conceptos de presóstatos**

**Punto de actuación de un presóstato o punto de referencia:** Es el punto de acción se enuncia por medio de la presión puntual a la cual se maniobrara el interruptor de disparo, ya sea para abrir o cerrar el circuito eléctrico, esto de acuerdo con la forma como el interruptor está conectado.

**Rango ajustable:** Es la Condición de ejecución dentro del cual se puede ajustar el punto de actuación de un interruptor accionado por presión.

**Zona muerta:** Es la diferencia entre el punto de actuación y el punto de reactivación en un interruptor accionado por presión, por ejemplo: si se establece un presóstato para que funcione a 200 psi con una presión en aumento, el interruptor se cerrará cuando la presión llegue a dicho punto. Cuando la presión baja a 190, el interruptor se abre (este es el punto de reactivación). La zona muerta del interruptor es 10 psi (la diferencia entre la posición de ajuste de 200 y el punto de reactivación de 190 psi).

**Elemento de conmutación eléctrica:** En un presóstato abre o cierra un circuito eléctrico en respuesta a la fuerza actuante que recibe del elemento sensor de presión.

Elemento sensor de presión: Es la parte del presóstato que se mueve debido a un cambio de presión.

Repetitividad (Precisión): Es la capacidad que tiene un presóstato de funcionar en forma repetitiva en sus puntos de referencia. Por ejemplo, si un presóstato, configurado para actuar a 200 psi, actúa en forma repetitiva entre 199 y 201 psi, se considera repetible dentro más o menos un 1 %.

Presión del sistema: Es la presión calculada de un sistema hidráulico o neumático, que no incluye las sobrecargas máximas que puede encontrar el sistema.

Tolerancia: Es la variación normal en presóstato de producción con las mismas especificaciones. Afecta el valor de actuación y el punto de reactuación y no la precisión del punto de referencia.

Presión de trabajo o rango operativo: Es el rango de presión que un interruptor puede captar en condiciones de trabajo normales. Esto se conoce, comúnmente, como rango ajustable.

Presión variable: Es la presión fluctuante que tiene características de una magnitud suficiente para hacer funcionar un interruptor accionado por presión. Esta presión es, generalmente, la que capta un presóstato<sup>57</sup>.

Aplicaciones:

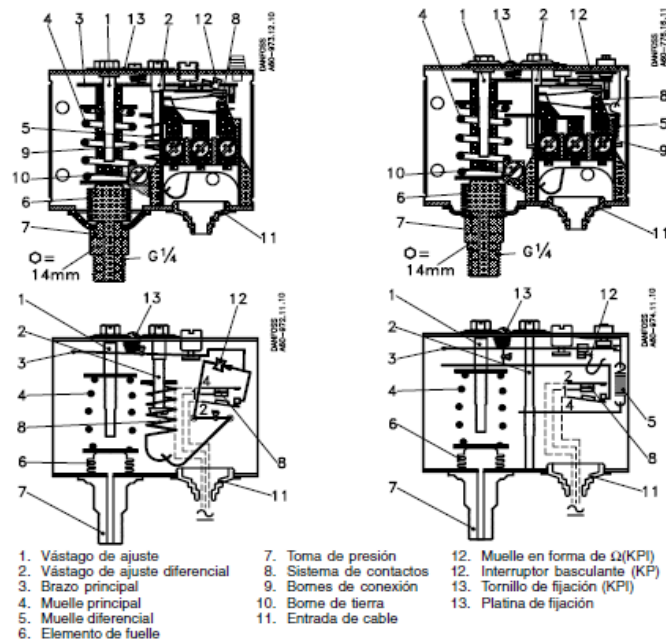
- Tanques y compresores
- Sistemas hidráulicos
- Control de bombeo

---

<sup>57</sup> CONTROLES Y AUTOMATISMOS ELÉCTRICOS, Teoría y prácticas, Luís Flower Leiva, Séptima edición, Panamericana Formas e Impresiones SA. 2001 páginas 21-42.

- Controles de estaciones de elevación
- Bueno para altas y bajas temperaturas
- Estaciones de bombeo
- Tanques múltiples o bombas
- Alarmas

**Figura 91. Partes de un presóstato**



Fuente: <http://www.ives.edu.mx/bibliodigital/Ingenierias/LIBROS%20Ingenieria/Fac%20Mec%C3%A1nica%201/>

## 4.8 AIRE COMPRIMIDO

El aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas que conoce el hombre y aprovecha para reforzar sus recursos físicos. El descubrimiento consciente del aire como medio que nos rodea se remonta a muchos siglos, lo mismo que un trabajo más o menos consciente con dicho medio.

Aunque los rasgos básicos de la neumática se cuentan entre los más antiguos conocimientos de la humanidad, no fue sino hasta el siglo pasado cuando empezaron a investigarse sistemáticamente su comportamiento y sus reglas. Sólo desde aproximadamente 1950 se puede hablar de una verdadera aplicación industrial de la neumática en los procesos de fabricación.

A pesar de que esta técnica fue rechazada en un inicio, debido en la mayoría de los casos a falta de conocimiento y de formación, fueron ampliándose los diversos sectores de aplicación.

En la actualidad, ya no se concibe una moderna explotación industrial sin el aire comprimido. Este es el motivo de que en los ramos industriales más variados se utilicen aparatos neumáticos cuya alimentación continua y adecuada de aire garantizará el exitoso y eficiente desempeño de los procesos involucrados en la producción.

El diseño y mantenimiento adecuado de redes de aire comprimido y sus respectivos accesorios, juega un papel decisivo en los procesos productivos involucrados cuya energía utilizada es el aire.

#### **4.8.1 Propiedades del aire comprimido**

Causará asombro el hecho de que la neumática se haya podido expandir en tan corto tiempo y con tanta rapidez. Esto se debe, entre otras cosas, a que la solución de algunos problemas de automatización no puede disponerse de otro medio que sea más simple y más económico.

- Abundante: Está disponible para su compresión prácticamente en todo el mundo y en cantidades ilimitadas.
- Transporte: El aire comprimido puede ser fácilmente transportado por tuberías, incluso a grandes distancias. No es necesario disponer de tuberías de retorno.

- Almacenable: No es preciso que un compresor permanezca continuamente en servicio. El aire comprimido puede almacenarse en depósitos y tomarse de estos. Además puede almacenarse en recipientes (botellas).
- Temperatura: El aire comprimido es insensible a las variaciones de temperatura, garantiza un trabajo seguro incluso en temperaturas extremas.
- Antideflagrante: No existe ningún riesgo de explosión o incendio, por lo tanto, no es necesario disponer de instalaciones antideflagrantes, ya que son costosas.
- Limpio: El aire comprimido es limpio y, en caso de faltas de estanqueidad en elementos, no produce ningún tipo de ensuciamiento. Esto es muy importante por ejemplo, en industrias alimenticias, de la madera, textiles y de cuero.
- Constitución de los Elementos: La concepción de los elementos de trabajo es simple si, por lo tanto, precio económico.
- Velocidad: Es un medio de trabajo muy rápido, y por eso, permite obtener velocidades de trabajo muy elevadas. (La velocidad de trabajo de cilindros neumáticos puede regularse sin escalones).
- A Prueba de Sobrecargas: Las herramientas y elementos de trabajo neumáticos pueden hasta su parada completa soportar sin riesgo alguno de sobrecargas.



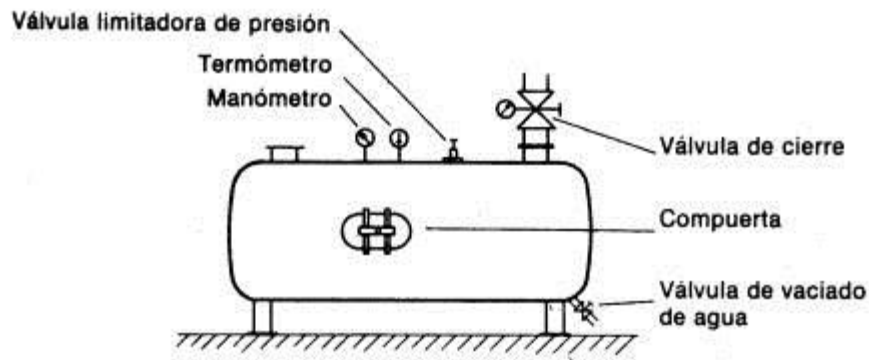
#### **4.8.2 Propiedades adversas**

- Preparación: El aire comprimido debe ser preparado, antes de su utilización. Es preciso eliminar impurezas y humedad (Al objeto de evitar un desgaste prematuro de los componentes).
- Compresible: Con aire comprimido no es posible obtener para los émbolos velocidades uniformes y constantes.
- Fuerza: El aire comprimido es económico solo hasta cierta fuerza. Condicionado por la presión de servicio normalmente usual de 700 KPa (7 Bar), el límite, también en función de la carrera y la velocidad, es de 20.000 a 30.000 N (2000 a 3000 kp).
- Escape: El escape de aire produce ruido. No obstante, este problema ya se ha resuelto en gran parte, gracias al desarrollo de materiales insonorizantes.
- Costos: El aire comprimido es una fuente de energía relativamente costosa, este elevado costo se compensa en su mayor parte por los elementos de precio económico y el buen rendimiento (cadencias elevadas).

#### **4.8.3 Acumuladores de aire comprimido**

El acumulador o depósito sirve para estabilizar el suministro del aire comprimido. Compensa las oscilaciones de presión en la red de tuberías a medida que se consume el aire comprimido. Gracias a la gran superficie del acumulador, el aire se refrigera adicionalmente. Por este motivo, el acumulador desprende directamente una parte de la humedad del aire en forma de agua.

**Figura 92. Acumulador de aire comprimido**



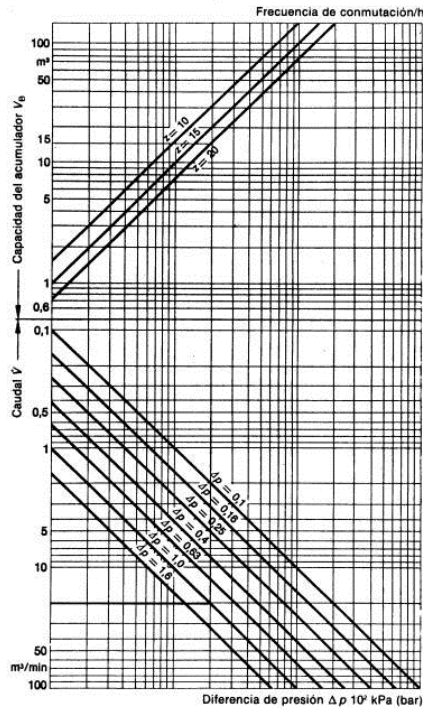
Fuente: <http://www.sapiensman.com/neumatica/index.htm>

El tamaño del acumulador de aire comprimido depende:

- Del caudal de suministro del compresor.
- Del consumo de aire.
- De la red de tuberías (volumen suplementario).
- Del tipo de regulación.
- De la diferencia de presión admisible en el interior de la red.

A modo de ejemplo, para una instalación en la que el caudal requerido sea de 20 m<sup>3</sup>/min, la frecuencia de conmutación del compresor sea de 20 h<sup>-1</sup> y la diferencia de presión sea de 1 bar (100 KPa), obtendríamos lo siguiente: Entrando en el Gráfico 2, por el eje de ordenadas (20 m<sup>3</sup>/min), nos movemos horizontalmente hasta cortar con la línea correspondiente a la caída de presión (1bar). Una vez ahí, subimos verticalmente hasta la línea correspondiente a la frecuencia de conmutación (20 h<sup>-1</sup>), y después horizontalmente hallamos la capacidad del depósito de nuevo en el eje de ordenadas, con lo que el volumen para el depósito resulta ser de 15 m<sup>3</sup>.

**Gráfico 2. Diagrama para el cálculo de depósitos.**



Fuente: [http://maqlab.uc3m.es/NEUMATICA/Capitulo2/C2\\_apartado3.htm](http://maqlab.uc3m.es/NEUMATICA/Capitulo2/C2_apartado3.htm)

#### 4.9 DISTRIBUCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO

Como resultado de la racionalización y la automatización de los dispositivos de fabricación, las empresas precisan continuamente una mayor cantidad de aire. Cada máquina y mecanismo necesita una determinada cantidad de aire, siendo abastecida por un compresor, a través de una red de tuberías.

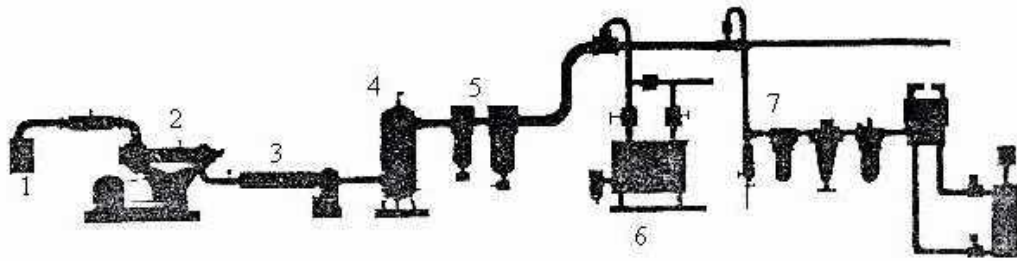
El diámetro de las tuberías debe elegirse de manera que si el consumo aumenta, la pérdida de presión entre el depósito y el consumidor no sobrepase 10 kPa (0.1 bar). Si la caída de presión excede de este valor, la rentabilidad del sistema estará amenazada y el rendimiento disminuirá considerablemente. En la planificación de instalaciones nuevas debe preverse una futura aplicación de la demanda de aire, por cuyo motivo deberán dimensionarse generosamente las tuberías. El montaje posterior de una red más importante supone costos dignos de medición.

#### **4.9.1 Descripción de una red de aire**

En general una red de aire comprimido de cualquier industria cuenta con los siguientes 7 dispositivos mostrados en la Figura 93.

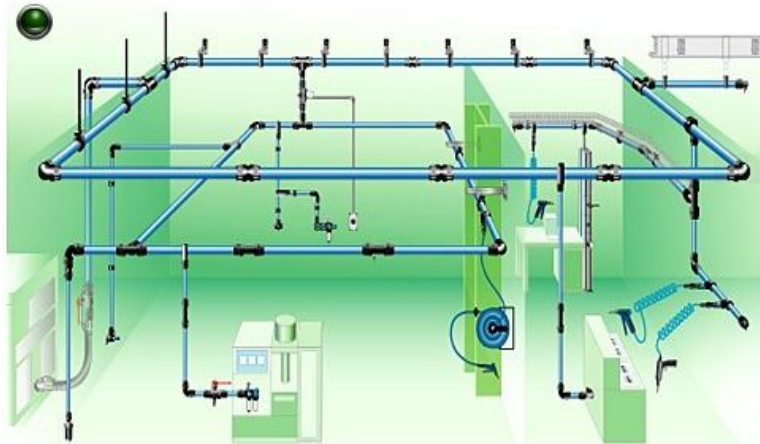
- Filtro del compresor: Este dispositivo es utilizado para eliminar las impurezas del aire antes de la compresión con el fin de proteger al compresor y evitar el ingreso de contaminantes al sistema.
- Compresor: Es el encargado de convertir la energía mecánica, en energía neumática comprimiendo el aire. La conexión del compresor a la red debe ser flexible para evitar la transmisión de vibraciones debidas al funcionamiento del mismo.
- Postenfriador: Es el encargado de eliminar gran parte del agua que se encuentra naturalmente dentro del aire en forma de humedad.
- Tanque de almacenamiento: Almacena energía neumática y permite el asentamiento de partículas y humedad.
- Filtros de línea: Se encargan de purificar el aire hasta una calidad adecuada para el promedio de aplicaciones conectadas a la red.
- Secadores: Se utilizan para aplicaciones que requieren un aire supremamente seco, aplicaciones con sus purgas, unidades de mantenimiento (Filtro, reguladores de presión y lubricador) y secadores adicionales.

**Figura 93. Componentes de una red de aire**



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos16/redes-de-aire/redes-de-aire.shtml>

**Figura 94. Ejemplo de una red de aire comprimido**



Fuente: <http://www.parkertransair.com/jahia/Jahia/filiale/spain/lang/es/home/TechnicalCenter/CompressedAirPipeSystem>

- Tubería principal

Es la línea que sale del conjunto de compresores y conduce todo el aire que consume la planta. Debe tener la mayor sección posible para evitar pérdidas de presión y prever futuras ampliaciones de la red con su consecuente aumento de caudal. La velocidad máxima del aire en la tubería principal es de 8m/s

- Tubería secundaria

Se derivan de la tubería principal para conectarse con las tuberías de servicio. El caudal que por allí circula es el asociado a los elementos alimentados exclusivamente por esta tubería. También en su diseño se debe prever posibles ampliaciones en el futuro. La velocidad del aire en ellas no debe superar 8m/s

- Tubería de servicio

Son las que surten en sí los equipos neumáticos. En sus extremos tienen conectores rápidos y sobre ellas se ubican las unidades de mantenimiento. Debe procurarse no sobre pasar de tres el número de equipos alimentados por una tubería de servicio. Con el fin de evitar obstrucciones se recomiendan diámetros mayores de 1/2" en la tubería. Puesto que generalmente son segmentos cortos las pérdidas son bajas y por tanto la velocidad del aire en las tuberías de servicio puede llegar hasta 15m/s

#### **4.9.2 Diseño de una red de aire**

Para el diseño de la red se recomiendan las siguientes observaciones:

- Diseñar la red con base en la arquitectura del edificio y de los requerimientos de aire.
- Procurar que la tubería sea lo más recta posible con el fin de disminuir la longitud de tubería, número de codos, t's, y cambios de sección que aumentan la pérdida de presión en el sistema.
- La tubería siempre deber ir instalada aéreamente. Puede sostenerse de techos y paredes. Esto con el fin de facilitar la instalación de accesorios, puntos de drenaje, futuras ampliaciones, fácil inspección y accesibilidad para el mantenimiento. Una tubería empotrada (enterrada) no es

práctica, dificulta el mantenimiento e impide la evacuación de condensados.

- La tubería no debe entrar en contacto con los cables eléctricos y así evitar accidentes.
- En la instalación de la red deberá tenerse en cuenta cierta libertad para que la tubería se expanda o se contraiga ante variaciones de la temperatura. Si esto no se garantiza es posible que se presentes “combas” con su respectiva acumulación de agua.
- Antes de implementar extensiones o nuevas demandas de aire en la red debe verificarse que los diámetros de la tubería si soportan el nuevo caudal.
- Un buen diámetro de la tubería principal evita problemas ante una ampliación de la red. La línea principal deberá tener una leve inclinación en el sentido de flujo del aire para instalar sitios de evacuación de condensados.
- Para el mantenimiento es esencial que se ubiquen llaves de paso frecuentemente en la red. Con esto se evita detener el suministro de aire en la red cuando se hagan reparaciones de fugas o nuevas instalaciones.
- Todo cambio brusco de dirección o inclinación es un sitio de acumulación de condensados. Allí se deben ubicar válvulas de evacuación.
- Las conexiones de tuberías de servicio o bajantes deben hacerse desde la parte superior de la tubería secundaria para evitar el descenso de agua por gravedad hasta los equipos neumáticos y su deterioro asociado.

#### 4.9.2.1 Cálculo de pérdidas en conductos lineales

A continuación, sabiendo los datos del caudal que llega a cada actuador y teniendo definidas las dimensiones de los mismos, se puede dimensionar los conductos. Se deben considerar las fugas de caudal y las pérdidas de carga. Para las fugas de caudal no existe una regla general. En todo circuito, el mantenimiento para asegurar la estanqueidad es muy importante, pero siempre un porcentaje del aire se acabará escapando.

Además, los posibles cambios de temperatura a lo largo de la instalación pueden modificar la cantidad total de aire requerido. Porcentajes del 10%-20% pueden ser habituales en circuitos neumáticos. En cuanto a las pérdidas de carga, se han de obtener tanto las pérdidas lineales (longitud de los conductos), como las pérdidas singulares (codos, bifurcaciones, válvulas, etc.). Para el cálculo de las pérdidas, se utilizan las condiciones estándar dadas al principio del capítulo. Para las pérdidas lineales, si no se dispone de medidas experimentales, se puede utilizar la fórmula de Darcy-Weisbach.

$$(Ecuación 37) \quad h_{pl} = f * \frac{L*V^2}{D*2g} = \frac{8*f*L}{g*\pi^2*D^2} * Q^2$$

Donde:

$L$ : Longitud de la tubería

$V$ : Velocidad del fluido

$D$ : Diámetro de la tubería

$g$ : Aceleración de la gravedad

$f$ : Coeficiente de fricción



Para calcular el coeficiente de fricción se puede utilizar el diagrama de Moody (aparece en cualquier libro de mecánica de fluidos) o una ecuación aproximada, como la de Barr.

$$(Ecuación 38) \quad \frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{\varepsilon}{3.7 * D} + \frac{5.1286}{Re^{0.89}} \right)$$

En cuanto a la rugosidad, necesaria para entrar en el diagrama de Moody, depende del tipo de material. Para el acero está entre 0,02 y 0,05 (oxidado puede llegar a 2), para el Aluminio 0,015 y para el plástico 0,002. El número de Reynolds para flujo en conductos circulares es:

$$(Ecuación 39) \quad Re = \frac{\rho * V * D}{\mu}$$

Para la viscosidad dinámica, se suele utilizar la expresión:

$$(Ecuación 40) \quad \frac{\mu}{\mu_0} = \left( \frac{T}{293} \right)^n$$

$$(Ecuación 41) \quad \Delta p = f * V^{1.85} * Li(d^5 - \rho_m)$$

Dónde:

$\Delta p$ : Es la caída de presión en bar.

f: Es el Donde la temperatura ha de introducirse en Kelvin. Lógicamente, las pérdidas de carga tienen un efecto aditivo aguas abajo, produciendo incrementos en la presión de trabajo del compresor. Respecto al diámetro de los conductos, utilizando elementos de acero al carbono (SPG), se tienen normalizados valores que son fracciones de pulgada, desde 1/16.

#### 4.9.2.2 Cálculo de pérdidas de carga en elementos singulares

Hay que determinar la longitud equivalente desde el compresor al punto más alejado de la instalación. Para ello, a la longitud real se le ha de sumar la longitud equivalente que aportan las pérdidas singulares. Con este procedimiento, el grado de obstrucción al flujo se convierte en una longitud lineal equivalente para facilitar los cálculos.












**Tabla 4. Coeficiente de pérdidas para distintos elementos**

Elemento	Diámetro (pulgadas)	$\xi$ (-)
Válvulas	1	5.00
	2	4.00
	4	3.00
	8	2.00
Codo 90°	1	0.50
	2	0.39
	4	0.30
	8	0.26
Bifurcaciones	1	0.50
	2	0.40
	4	0.30
	8	0.30

Fuente: [http://maqlab.uc3m.es/NEUMATICA/Capitulo2/C2\\_apartado3.htm](http://maqlab.uc3m.es/NEUMATICA/Capitulo2/C2_apartado3.htm)

En la Tabla 5 vemos las longitudes equivalentes para diferentes elementos según su diámetro (tamaño).

**Tabla 5. Longitud de tubería equivalente para elementos utilizados en conducciones**

TIPO DE ELEMENTO	Longitud de tubería equivalente en m										
	Diámetro interior de tubería en mm										
	25	40	50	80	100	125	150	200	250	300	400
Válvula de compuerta 	0.35	0.58	0.610	1.015	1.320	1.625	1.930	2.640	3.250	3.960	5.280
Válvula de diafragma 	1.5	2.5	3.0	4.5	6	8	10	-	-	-	-
Válvula acodada 	4	6	7	12	15	18	32	30	36	-	-
Válvula esférica 	7.5	12	15	24	30	36	45	60	-	-	-
Válvula anti retorno pivotante 	2.0	3.2	4.0	6.4	8.0	10	12	16	20	24	32
Codo curvado R=2d 	0.3	0.5	0.6	1.0	1.2	1.5	1.6	2.4	3.0	3.6	4.8
Codo curvado R=d 	0.4	0.6	0.8	1.3	1.6	2.0	2.4	3.2	4.0	4.8	6.4
Ángulo 90° 	1.5	2.4	3.0	4.6	6.0	7.5	9	12	15	18	24
T lado recto 	0.5	0.8	1.0	1.6	2.0	2.5	3	4	5	6	8
T salida angular 	1.5	2.4	3.0	4.8	6.0	7.5	9	12	15	18	24
Reductor 	0.5	0.7	1.0	2.0	2.5	3.1	3.6	4.8	6.0	7.2	9.6

Fuente: [http://maqlab.uc3m.es/NEUMATICA/Capitulo2/C2\\_apartado3.htm](http://maqlab.uc3m.es/NEUMATICA/Capitulo2/C2_apartado3.htm)

Obtenida la longitud equivalente de todos los elementos singulares de la instalación, podemos pasar al cálculo de las pérdidas de carga en la instalación completa.

#### 4.9.2.3 Cálculo de pérdidas de carga en la instalación completa

Una vez conocida la longitud equivalente de la instalación, se determina la pérdida de carga asociada a esa longitud. Para ello se emplea la ya conocida fórmula de Darcy-Weisbach:

$$(Ecuación 42) \quad h_L = f \frac{LV^2}{D2g} = \frac{8fLQ^2}{gD^5\pi^2}$$

Dónde:

$f$ : Factor de fricción de Darcy-Weisbach

$L$ : Longitud del tubo

$D$ : Diámetro

$V$ : Velocidad media

$g$ : Aceleración de la gravedad

$Q$ : Caudal

Fórmula para determinar las pérdidas de energía por fricción.

Ecuación racional, desarrollada analíticamente aplicando procedimientos de análisis dimensional.

Derivada de las ecuaciones de la Segunda Ley de Newton.

Es la fórmula más utilizada en Europa para calcular pérdidas de cabeza.

La pérdida por fricción está expresada en función de las siguientes variables: longitud de la tubería, velocidad media de flujo (la que se puede expresar también en términos del caudal), diámetro de la tubería y depende también de un factor o coeficiente de fricción  $f$ .

El coeficiente de fricción de Darcy – Weisbach es, a su vez, función de la velocidad, el diámetro del tubo, la densidad y viscosidad del fluido y la rugosidad interna de la tubería. Agrupando variables, se obtiene que f es función del número de Reynolds, así:

$$(Ecuación 43) \quad f = F \left( \frac{V * D * \rho}{\mu} * \frac{\varepsilon}{D} \right) = F \left( Re \frac{\varepsilon}{D} \right)$$

Otra forma de calcularla es utilizando tablas que ya incorporan los cálculos que se derivan de esta ecuación. La tabla siguiente calcula la pérdida de carga (en lb/pulg 2) para tuberías de diversos diámetros, siendo éstas de una longitud de 100 pies, para aire suministrado a 100 psi (690 kPa, o también 6.9 bar) y 16°C [40].

**Tabla 6. Caída de presión de aire [lib/pulg2] (por cada 100 pie/s de tubería a P = 100)**

Pie cúbico de aire libre a 60°F, y 14.6 psia	Tamaño de la tubería (NPS)									
	½	¾	1	1 ¼	1½	2	2 ½	3	4	5
1	.007									
2	.014									
3	.031									
4	.055	.012								
5	.086	.019								
6	.124	.028								
8	.220	.050	.013							
10	.345	.078	.021							
15	.775	.175	.046	.011						
20	1.375	.311	.082	.020						
25	1.153	.486	.128	.031	.014					
30	3.101	.700	.185	.045	.020					
40	5.512	1.244	.328	.079	.035					
50	8.613	1.943	.513	.124	.055	.015				
60	12.402	2.799	.739	.179	.079	.021				
70		3.809	1.006	.243	.107	.029	.012			
80		4.975	1.314	.318	.140	.038	.016			
90		6.297	1.663	.402	.177	.048	.020			
100		7.774	2.053	.497	.219	.060	.025			
125		12.147	3.207	.776	.342	.093	.038	.012		
150			4.619	1.118	.492	.134	.055	.018		
175			6.287	1.522	.670	.183	.075	.024		
200			8.211	1.987	.875	.239	.098	.031		
250			12.830	3.105	1.367	.373	.153	.049	.011	
300				4.471	1.968	.537	.221	.071	.016	
350				6.086	2.678	.731	.301	.096	.022	
400				7.949	3.498	.955	.393	.125	.029	
450				10.061	4.428	1.209	.497	.159	.036	.011
500				12.421	5.466	1.493	.614	.196	.045	.014
550					6.614	1.806	.743	.237	.054	.016
600					7.871	2.150	.884	.282	.064	.020

Fuente: [http://maqlab.uc3m.es/NEUMATICA/Capitulo2/C2\\_apartado3.htm](http://maqlab.uc3m.es/NEUMATICA/Capitulo2/C2_apartado3.htm)

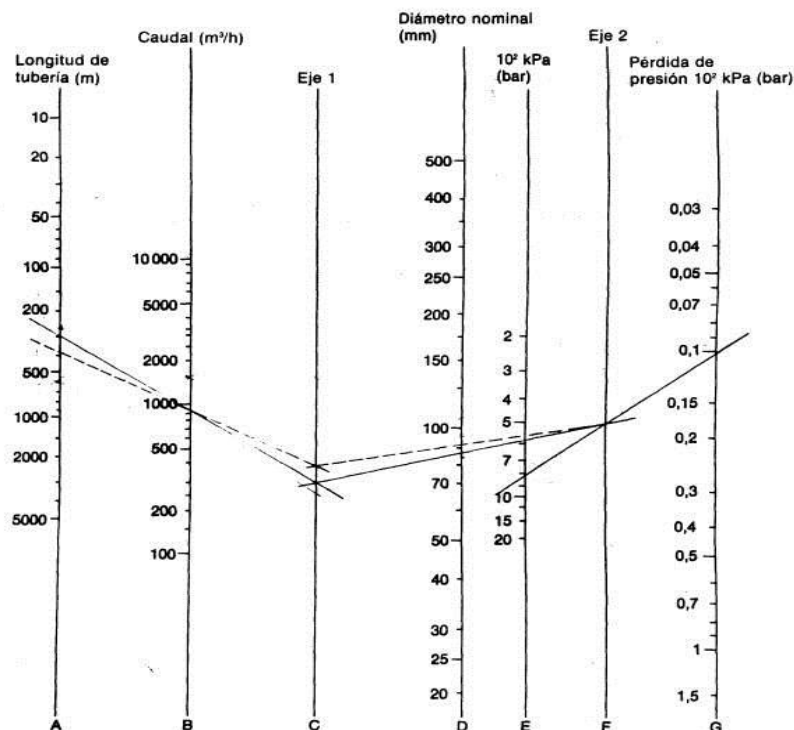
Es práctica habitual permitir que el 10% de la presión a la cual trabaje el sistema se emplee en hacer frente a las pérdidas (el resto es la energía que se descargará en los orificios de trabajo). Así, para un sistema que trabaje a 7 bares, es normal fijar un valor de pérdidas máximo de 0.7 bar a lo largo de las conducciones. Otro criterio que se emplea es el de fijar un máximo de 6 a 10 m/s de velocidad de aire comprimido por las tuberías. Por último, para los puntos finales de consumo, se pueden emplear los siguientes valores como característicos:

Filtros en puntos finales de consumo: 0.5 a 2 psi de pérdidas.

Conexiones rápidas: 4 psi de pérdidas.

Tubo de drenaje: 1 a 2 psi de pérdidas.

**Gráfico 3. Caudal en función del diámetro de paso y de la presión**



Fuente: <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica4.htm>

### **4.9.3 Medición de la presión**

Cuando se usa en sentido técnico, la presión es definida como la cantidad de fuerza por unidad de área. Para tener significado universal, consistente y definitivo, las unidades estándar de medición son usadas para expresar presión. En los Estados Unidos, la libra es la unidad de medición usada para la fuerza, y la pulgada cuadrada es la unidad de área. Esto es comparable a la unidad de medición usada para la velocidad: la milla es la unidad de medición de distancia, y la hora es la medición de tiempo.

Una medición de presión es siempre expresada en términos de ambas unidades de medición según lo explicado: Cantidad de fuerza y unidad de área. Sin embargo, sólo una de estas unidades, la cantidad de fuerza, es variable. La pulgada cuadrada es usada sólo en singular, nunca más o menos de una pulgada cuadrada.

Una medición de presión dada puede ser citada en tres modos diferentes y aún significar la misma cosa. Por lo tanto, 50 psi de presión, 50 libras de presión y 50 psi tienen el mismo significado.

### **4.9.4 Impurezas**

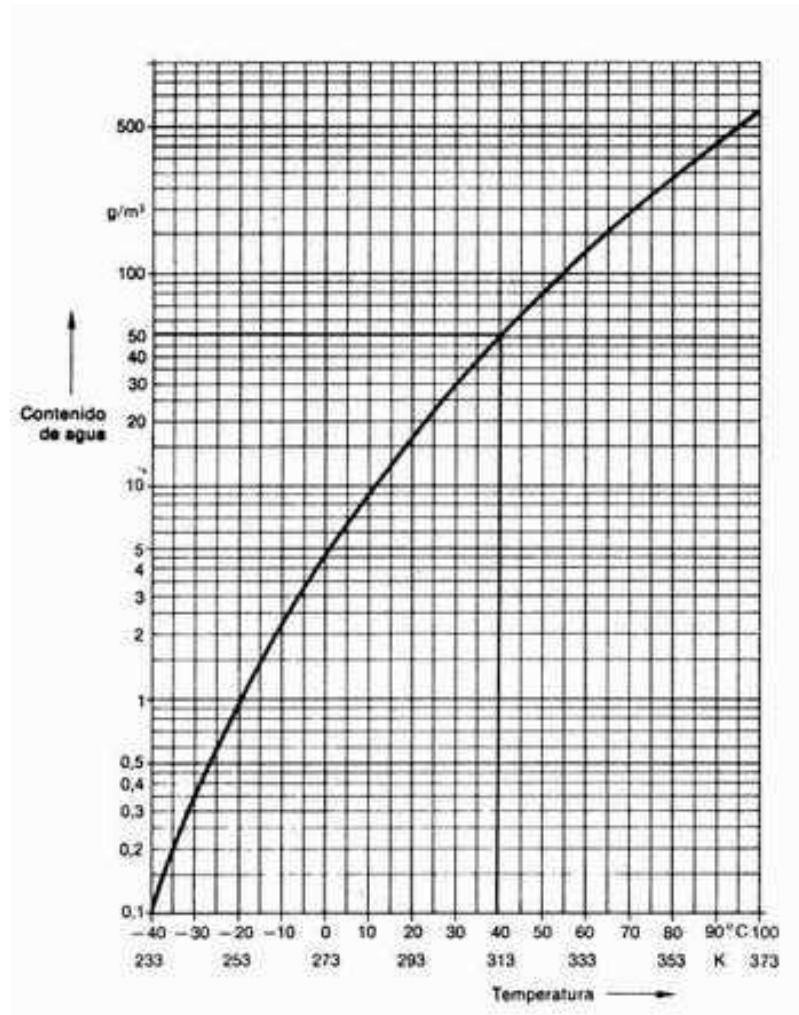
Hay que dedicar especial atención a la humedad que contiene el aire comprimido.

El agua (humedad) llega al interior de la red con el aire que aspira el compresor. La cantidad de humedad depende en primer lugar de la humedad relativa del aire, que a su vez depende de la temperatura del aire y de las condiciones climatológicas.

La humedad absoluta es la cantidad de agua contenida en un m<sup>3</sup> de aire. El grado de saturación es la cantidad de agua que un m<sup>3</sup> de aire puede absorber, como máximo, a la temperatura considerada. La humedad es entonces del 100%, como máximo (temperatura del punto de rocío).

El diagrama del Gráfico 4 muestra la saturación del aire en función de la temperatura.

**Gráfico 4. Características del punto de rocío**



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos16/redes-de-aire/redes-de-aire.shtml>

#### 4.9.5 Mantenimiento

Comprobar los secadores de aire y controladores. El mantenimiento incorrecto de este sistema implica un incremento del consumo de energía que puede ascender hasta un 30%.



#### **4.9.5.1 Que sucede con la elevación de la temperatura del aire**

Por estar en continuo movimiento, las moléculas poseen energía cinética que es la verdadera indicación de temperatura, por ende el calor es la energía cinética de las moléculas.

Por lo anterior se concluye que cuando las moléculas quedan inmóviles tendrían temperatura de cero absoluto, el cual es el punto de partida para las escalas termodinámicas o absolutas de temperatura.

Cero absoluto =  $-273.15^{\circ}\text{C}$  =  $-460^{\circ}\text{F}$

A recordar las escalas absolutas son: grados Rankine ( $^{\circ}\text{R}$ ) o grados Kelvin (K).

De otra forma el cero absoluto es aquella temperatura que se presentaría en el caso de que todo el calor se remueva del material (energía cinética es cero) o la temperatura, a la cual teóricamente el volumen del gas sería cero.

#### **4.9.5.2 Temperatura del compresor**

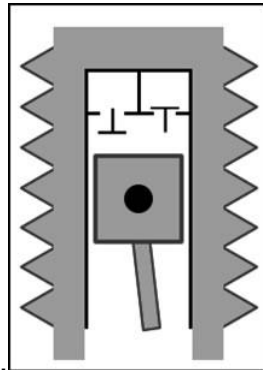
Hay un fenómeno físico que debemos tratar, al menos, con la importancia que tiene la temperatura en la neumática.

El incremento de la temperatura sobre el aire comprimido, comienza en el medio ambiente que envuelve o rodea a las instalaciones neumáticas, para éstos casos concretos, tenemos soluciones ya conocidas, como son los refrigeradores. Se instalan en conjunto con las unidades de mantenimiento en cada sub-instalación o estación neumática, depende como queramos llamarlo.

Sin embargo, la temperatura del aire comprimido no solo puede aumentar con el medio ambiente. También puede hacerlo por la fricción de los elementos o dispositivos anexos a la instalación neumática. Por ejemplo, la fricción que efectúa un vástago dentro de un cilindro, siempre que su actuación sea muy repetitiva, influirá en el aumento de temperatura del aire comprimido, pero en este caso, este

aumento de temperatura podemos desestimarlos porque el aire entra y sale con frecuencia de las cámaras del cilindro, además se puede considerar que el aire está destinado a maniobrar el cilindro. ¿Pero qué sucede cuando el aire está destinado a alimentar todo el circuito neumático? Sin duda, estamos hablando del compresor, es el único dispositivo importante destinado a este fin. Los compresores, sobre todo, si tienen que generar un gran caudal o altas presiones, generan a su vez, calor. Este calor se puede disipar, por ello los fabricantes comercializan los compresores con refrigeradores o con sistemas de disipación, según el caso.

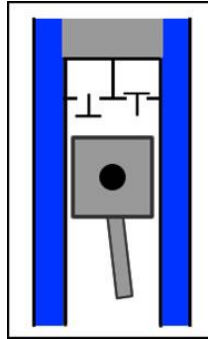
**Figura 95. Disipación de calor con carcasa**



Fuente: <http://sitioniche.nichese.com/temperatura.html>

Como podemos observar en la Figura 95, se utiliza un elemento envolvente en el compresor en forma de lengüetas, al modo de un disipador de una CPU. En un compresor de pistón, el calor generado puede llegar a hacer ineficaz al propio compresor.

**Figura 96. Disipación de calor con aceite**



Fuente: <http://sitioniche.nichese.com/temperatura.html>

En este caso, (Figura 96), la disipación del calor se realiza mediante agua, normalmente tratada químicamente para evitar la congelación de la misma. Pero también lo podemos encontrar con aceite. Por lo general, los compresores están dotados de elementos de purga y de refrigeración. Aparte de poder controlar electrónicamente, la presión y el caudal, al menos, los modernos. Los antiguos son otra historia aparte. Hay que tener en cuenta la ubicación del compresor, siempre se colocará en un lugar fresco, como si fuese un medicamento, es decir, que no le dé el sol.

#### **4.10 LA AUTOMATIZACIÓN**

La automatización se define con “Uso de sistemas o elementos computarizados para controlar maquinarias y/o procesos industriales substituyendo a operadores humanos”<sup>58</sup>

Con el paso de los años, la industria en general ha alcanzado un alto grado de automatización. Este proceso ha sido impulsado por un nivel mayor de competitividad del mercado que ha obligado a las empresas a buscar modos de disminuir costos y a responder a la demanda. Sin embargo, el principal objetivo de

---

<sup>58</sup> Extractado de [http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL\\_10\\_MEC01.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_10_MEC01.pdf)

la automatización “producir el mejor producto a un costo más bajo” exige que las distintas funciones de una planta trabajen juntas como si fueran una sola entidad. Hasta hace poco, los sistemas de automatización eran sistemas cerrados, buenos en el control individual de los procesos pero incapaces de optimizar el funcionamiento de la planta. Por eso, actualmente se tiende a elaborar sistemas abiertos, que sean capaces de integrar las funciones de un sistema de control distribuido basado en autónomas u otros elementos programables con sistemas de gestión de alto nivel.

La ingeniería de la automatización industrial ha efectuado un enorme progreso en la última década. Elementos de hardware cada vez más potentes, la incorporación de nuevas funcionalidades, y el desarrollo de las redes de comunicación industriales, permiten realizar excelentes sistemas de automatización industrial en tiempos mínimos.

En la industria actual, la mayor parte de los procesos de fabricación son los automatizados. En estos sistemas la decisión, la inteligencia que realiza las acciones de fabricación no la realiza el ser humano. La inteligencia del proceso está contenida en la unidad de control o mando del sistema de fabricación.

La realización tecnológica de esa inteligencia, ha adoptado diferentes formas o implementaciones a lo largo de la historia industrial. Desde automatismos puramente mecánicos, hasta los autónomas programables actuales.

En resumen, la automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

#### **4.10.1 Sistemas automatizados**

Se estudian desde la división en Parte de Mando y Parte Operativa

La Parte Operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Forman parte de ella los accionadores de las maquinas como son motores de cc, de ca, cilindros neumáticos, accionadores hidráulicos compresores bombas, etc.

La Parte de Mando suele ser un autómeta programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómeta programable esta en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

#### **4.10.2 Objetivos de la automatización**

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción
- Reducir la mano de obra
- Simplificar el trabajo

- Mayor eficiencia
- Disminución de piezas defectuosas
- Mayor Calidad
- Incremento de la productividad y competitividad
- Control de calidad más estrecho
- Integración con sistemas empresariales

#### **4.10.3 Clasificación de la automatización**

Automatización de fábrica

- Empaquetadoras
- Clasificadoras
- Ensambladoras
- Automatización de procesos
  - Ingenios azucareros
  - Petroleras
  - Explotación de minas

#### **4.10.4 Campos de aplicación**

- Embotelladoras
- Empacadoras
- Cementeras

- Industria azucarera
- Generadoras
- Ensambladoras de partes
- Industrial del plástico
- Plantas de producción en general

#### **4.11 El PLC**

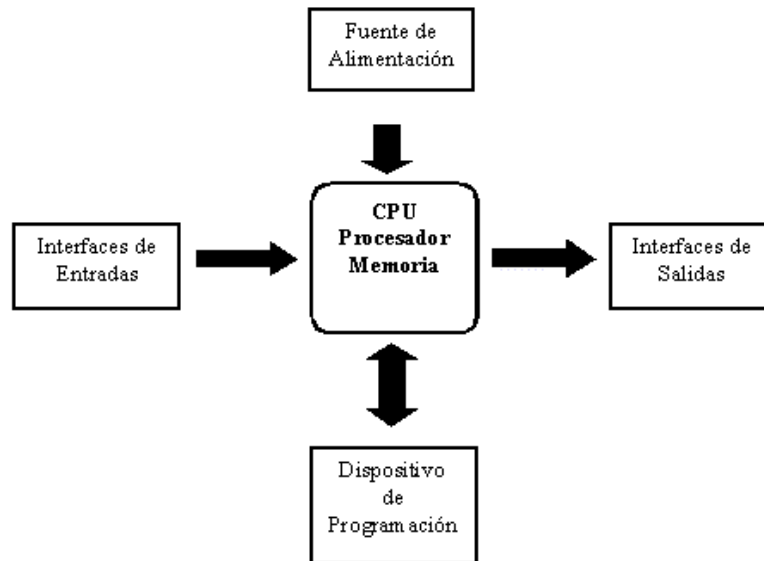
El PLC significa Controlador Lógico Programable; Un PLC se puede definir como un sistema basado en un microprocesador. Sus partes fundamentales son la Unidad Central de Proceso (CPU), la Memoria y el Sistema de Entradas y Salidas (E/S). La CPU se encarga de todo el control interno y externo del PLC y de la interpretación de las instrucciones del programa. En base a las instrucciones almacenadas en la memoria y en los datos que lee de las entradas, genera las señales de las salidas. La memoria se divide en dos, la memoria de solo lectura o ROM y la memoria de lectura y escritura o RAM.

La memoria ROM almacena programas para el buen funcionamiento del sistema. La memoria RAM está conformada por la memoria de datos, en la que se almacena la información de las entradas y salidas y de variables internas y por la memoria de usuario, en la que se almacena el programa que maneja la lógica del PLC.

El sistema de Entradas y Salidas recopila la información del proceso (Entradas) y genera las acciones de control del mismo (salidas). Los dispositivos conectados a las entradas pueden ser pulsadores, interruptores, finales de carrera, termostatos, presostatos, detectores de nivel, detectores de proximidad, contactos auxiliares,

etc. Al igual, los dispositivos de salida son también muy variados: Pilotos, relés, contactores, drives o variadores de frecuencia, válvulas, etc.

**Figura 97. Estructura de un controlador lógico programable**



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

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

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

Las entradas y salidas (E/S) de un PLC son digitales, analógicas o especiales. Las E/S digitales se identifican por presentar dos estados diferentes: on u off, presencia o ausencia de tensión, contacto abierto o cerrado, etc. Los niveles de



tensión de las entradas más comunes son 5 VDC, 24 VDC, 48 VDC y 220 VAC. Los dispositivos de salida más frecuentes son los relés.

Las E/S análogas se encargan de convertir una magnitud analógica (tensión o corriente) equivalente a una magnitud física (temperatura, flujo, presión, etc.) en una expresión binaria. Esto se realiza mediante conversores analógico-digitales (ADC's). Por último, las E/S especiales se utilizan en procesos en los que con las anteriores E/S vistas son poco efectivas, bien porque es necesario un gran número de elementos adicionales, bien porque el programa necesita de muchas instrucciones o por protocolos especiales de comunicación que se necesitan para poder obtener el dato requerido por el PLC (HART, Salidas de trenes de impulso, motores paso a paso).<sup>59</sup>

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

Evidentemente, las interfaces de entrada y salida se encargan de adaptar las señales internas a niveles de la CPU. Por ejemplo, cuando la CPU ordena la activación de una salida, la interfaz adapta la señal y acciona un componente (transistor, relé, etc.)<sup>60</sup>

#### **4.11.1 Historia del PLC**

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

---

<sup>59</sup> Extraído de [http://www.rocatek.com/forum\\_plc2.php](http://www.rocatek.com/forum_plc2.php)

<sup>60</sup> Extraído de <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/plc/PLC.html>

El PLC fue inventado en respuesta a las necesidades de la industria automotriz Norteamericana. Antes del PLC, el control, las secuencias, y los permisivos en la lógica para la manufactura de automóviles era realizada utilizando relevadores, temporizadores, y controladores dedicados de lazo cerrado. El proceso para actualizar dichas instalaciones para la industria cambiante año con año era muy costosa y consumía mucho tiempo, así como los sistemas basados en relevador tenían que ser recableados por electricistas especializados. En 1968 GM Hydramatic (la división de transmisiones automáticas de General Motors) realizó un requerimiento para una propuesta para un reemplazo electrónico para los sistemas cableados.

La propuesta ganadora vino de Bedford Asociados de Boston, Massachusetts. El primer PLC designado el 084, debido a que fue el proyecto ochenta y cuatro de Bedford Asociados. Bedford Asociados iniciaron una nueva compañía dedicada al desarrollo, manufactura, venta y servicio para este nuevo producto: Modicon (Controlador Digital Modular). Una de las personas que trabajó en ese proyecto fue Dick Morley, el que es considerado como “padre” del PLC. El marca Modicon fue vendida en 1977 a Gould Electronics, y posteriormente adquirida por la compañía Alemana AEG y más tarde por Schneider Electric, el actual dueño.

Uno de los primeros modelos 084 que se construyeron se encuentra mostrado en el corporativo de Modicon en el Norte de Andover, Massachusetts. Fue regalado a Modicon por GM, cuando la unidad fue retirada tras casi veinte años de servicio ininterrumpido.

La industria automotriz es todavía una de las más grandes usuarias de PLCs, y Modicon todavía numera algunos de sus modelos de controladores con la terminación ochenta y cuatro. Los PLCs son utilizados en muchas diferentes industrias y máquinas tales como máquinas de empaquetado y de semiconductores. Algunas marcas con alto prestigio son ABB Ltd., Koyo, Honeywell, Siemens,

Schneider Electric, Omron, Rockwell (Allen-Bradley), General Electric, Tesco Controls, Panasonic (Matsushita), Mitsubishi e Isi Matrix machines.

Los PLC's están bien adaptados para un amplio rango de tareas de automatización. Estos son típicamente procesos industriales en la manufactura donde el costo de desarrollo y mantenimiento de un sistema de automatización es relativamente alto contra el costo de la automatización, y donde existirán cambios al sistema durante toda su vida operacional. Los PLC's contienen todo lo necesario para manejar altas cargas de potencia; se requiere poco diseño eléctrico y el problema de diseño se centra en expresar las operaciones y secuencias en la lógica de escalera (o diagramas de funciones). Las aplicaciones de PLC son típicamente sistemas a la medida, por lo que el costo del PLC es bajo comparado con el costo de la contratación del diseñador para un diseño específico de una sola vez. Por otro lado, en caso de productos de alta producción, los sistemas de control a la medida rápidamente se pagan por si solos debido a los ahorros en los componentes, lo cual puede ser elegido de manera óptima en vez de una solución "genérica".

Sin embargo, debe ser notado que algunos PLCs ya no tienen un precio alto. Los PLCs actuales tienen capacidades completas por algunos cientos de dólares.

Para un alto volumen o una simple tarea de automatización, diferentes técnicas son utilizadas. Por ejemplo, una lavadora de trastes de uso doméstico puede ser controlada por un temporizador CAM electromecánico costando algunos cuantos dólares en cantidades de producción.

Un diseño basado en un microcontrolador puede ser apropiado donde cientos o miles de unidades pueden ser producidas y entonces el costo de desarrollo (diseño de fuentes de poder y equipo de entradas y salidas) puede ser dividido sobre muchas ventas, donde el usuario final no tiene necesidad de alterar el control. Aplicaciones automotrices son un ejemplo, millones de unidades son vendidas cada año, y pocos usuarios finales alteran la programación de estos

controladores. (Sin embargo, algunos vehículos especiales como son camiones de pasajeros para tránsito urbano se utilizan PLC's en vez de controladores de diseño propio, debido a que los volúmenes son bajo y el desarrollo no sería económico.)

Algunos procesos de control complejos, como los que son utilizados en la industria química, pueden requerir algoritmos y desempeño más allá de la capacidad de PLC's de alto desempeño. Controladores de alta velocidad también requieren de soluciones a la medida; por ejemplo, controles para vuelo de aviones.

#### **4.11.2 Como funciona el PLC**

Cuando se pone en marcha el PLC lo primero que este realiza es una lista de chequeos internos para permitir que todo desde el inicio este en buenas condiciones y todo esté debidamente conectado (Power Supply, conexiones de entradas y salidas).

Una vez efectuadas estas comprobaciones y son aprobadas, la CPU inicia la exploración del programa y reinicializa. Esto último si el autómata se encuentra en modo RUN (marcha), ya que de estar en modo STOP (paro) aguardaría, sin explorar el programa, hasta la puesta en RUN.

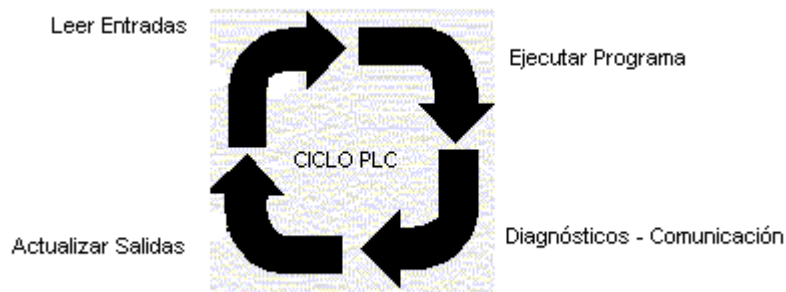
Al producirse el paso al modo STOP o si se interrumpe la tensión de alimentación durante un tiempo lo suficientemente largo, la CPU detiene la exploración del programa y luego pone a cero, es decir, desactiva todas las salidas. Mientras se está ejecutando el programa, la CPU realiza en intervalos continuos de tiempo distintas funciones de diagnóstico (watch-dog). Cualquier singularidad que se detecte se mostrará en los indicadores de diagnóstico del procesador y dependiendo de su importancia se generará un código de error o se parará totalmente el sistema. El tiempo total del ciclo de ejecución viene determinado por los tiempos empleados en las distintas operaciones. El tiempo de exploración del programa es variable en función de la cantidad y tipo de las instrucciones así

como de la ejecución de subrutinas. El tiempo de exploración es uno de los parámetros que caracteriza a un PLC y generalmente se suele expresar en milisegundos por cada mil instrucciones. Para reducir los tiempos de ejecución, algunas CPU's constan de dos o más procesadores que operan simultáneamente y están dedicados a funciones específicas.<sup>61</sup>

#### 4.11.3 Cómo funciona la CPU

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

**Figura 98. Ciclo de un PLC**



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

Las ventajas en el uso del PLC comparado con sistemas basados en relé o sistemas electromecánicos son:

- Flexibilidad: Posibilidad de reemplazar la lógica cableada de un tablero o de un circuito impreso de un sistema electrónico, mediante un programa que corre en un PLC.

<sup>61</sup> Extraído de [http://www.rocatek.com/forum\\_plc2.php](http://www.rocatek.com/forum_plc2.php)

- Tiempo: Ahorro de tiempo de trabajo en las conexiones a realizar, en la puesta en marcha y en el ajuste del sistema.
- Cambios: Facilidad para realizar cambios durante la operación del sistema.
- Confiabilidad
- Espacio
- Modularidad
- Estandarización

#### **4.11.4 Programar la memoria de un PLC**

Al programar un PLC se necesita una interfaz entre el operador y el PLC para introducir en la memoria de usuario el programa con las instrucciones que definen las secuencias de control. Normalmente esta interfaz se realiza a través de software instalados en computadores personales (PC). Dependiendo del tipo de PLC, el equipo de programación produce unos códigos de instrucción directamente ejecutables por el procesador o bien un código intermedio, que es interpretado por un programa residente en el procesador (firmware).

Las funciones que estos equipos o software de programación son la edición y modificación del programa, detección de errores, archivamiento de programas (discos duros) y monitoreo en línea de variables. La conexión del PC al PLC comúnmente se realiza mediante una conexión en serie (generalmente la RS-232C o la RS-422). Hoy en día existen distintos puertos disponibles según la marca del PLC.<sup>62</sup>

---

<sup>62</sup> Extractado de [http://www.rocatek.com/forum\\_plc2.php](http://www.rocatek.com/forum_plc2.php)

## **4.12 EL SERVOMOTOR**

Un servomotor (también llamado Servo) es un dispositivo similar a un motor de corriente continua, que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición. Está conformado por un motor, una caja reductora y un circuito de control. Los servos se utilizan frecuentemente en sistemas de radio control y en robótica, pero su uso no está limitado a estos. Es posible modificar un servomotor para obtener un motor de corriente continua que, si bien ya no tiene la capacidad de control del servo, conserva la fuerza, velocidad y baja inercia que caracteriza a estos dispositivos.

Un servo normal o Standard tiene 3kg por cm. de torque que es bastante fuerte para su tamaño. También potencia proporcional para cargas mecánicas. Un servo, por consiguiente, no consume mucha energía.

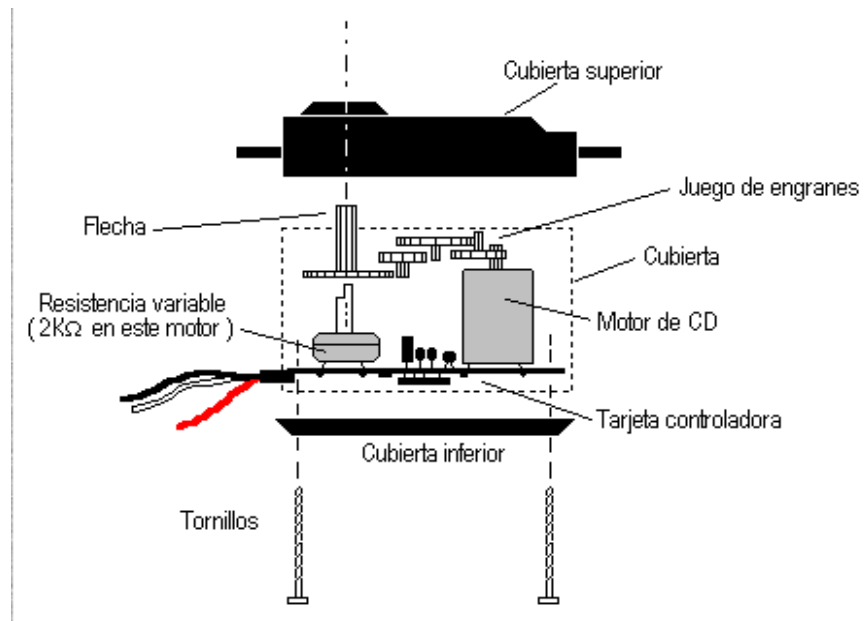
La corriente que requiere depende del tamaño del servo.

### **4.12.1 Tipos de servomotores**

Hay tres tipos de servomotores:

- Servomotores de CC
- Servomotores de AC
- Servomotores de imanes permanentes o Busheles.

**Figura 99. Partes de un servo motor**



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos60/servo-motores/servo-motores2.shtml>

- Motor de corriente continua

Es el elemento que le brinda movilidad al servo. Cuando se aplica un potencial a sus dos terminales, este motor gira en un sentido a su velocidad máxima. Si el voltaje aplicado sus dos terminales es inverso, el sentido de giro también se invierte.

- Engranajes reductores

Se encargan de convertir gran parte de la velocidad de giro del motor de corriente continua en torque.

- Circuito de control

Este circuito es el encargado del control de la posición del motor. Recibe los pulsos de entrada y ubica al motor en su nueva posición dependiendo de los pulsos recibidos.



Un servo normal se usa para controlar un movimiento angular de entre 0 y 180 grados. Un servo normal no es mecánicamente capaz de retornar a su lugar, si hay un mayor peso que el sugerido por las especificaciones del fabricante.

#### 4.12.2 Cálculos

Dependiendo del modelo del servo, la tensión de alimentación puede estar comprendida entre los 4 y 8 voltios. El control de un servo se reduce a indicar su posición mediante una señal cuadrada de voltaje. El ángulo de ubicación del motor depende de la duración del nivel alto de la señal. Cada servo motor, dependiendo de la marca y modelo utilizado, tiene sus propios márgenes de operación. Para el servomotor futaba S3003, los valores posibles de la señal en alto están entre 0,3 y 2,1 ms, que posicionan al motor en ambos extremos de giro (0° y 180°, respectivamente). El valor 1,2 ms indica la posición central, y otros valores de duración del pulso dejarían al motor en la posición proporcional a dicha duración.

Es sencillo notar que, para el caso del motor anteriormente mencionado, la duración del pulso alto para conseguir un ángulo de posición  $\theta$  estará dada por la fórmula.

$$(Ecuación 44) \quad t = 0,3 + \frac{\theta}{100}$$

Donde t está dada en milisegundos y  $\theta$  en grados.

**Tabla 7. Ejemplos de algunos valores usados en un servomotor**

Duración del nivel alto [ms]	Ángulo [grados]
0,3	0
1,2	90
2,1	180
0,75	45

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos60/servo-motores/servo-motores2.shtml>

Para bloquear el servomotor en una posición, es necesario enviarle continuamente una señal con la posición deseada. De esta forma el servo conservará su posición y se resistirá a fuerzas externas que intenten cambiarlo de posición. Si los pulsos no se envían, el servomotor queda liberado, y cualquier fuerza externa puede cambiarlo de posición fácilmente.

**Tabla 8. Características técnicas de algunas marcas de servos**

Fabricante	Duración del pulso [ms]			Frec. [Hz]	Color de los cables		
	Mínima (0°)	Neutral (90°)	Máxima (180°)		Positivo	Negativo	Control
Futaba	0.9	1.5	2.1	50	Rojo	Negro	Blanco
Hitech	0.9	1.5	2.1	50	Rojo	Negro	Amarillo
Graupner/Jr	0.8	1.5	2.2	50	Rojo	Marrón	Naranja
Multiplex	1.05	1.6	2.15	40	Rojo	Negro	Amarillo
Robbe	0.65	1.3	1.95	50	Rojo	Negro	Blanco
Simprop	1.2	1.7	2.2	50	Rojo	Azul	Negro

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos60/servo-motores/servo-motores2.shtml>

#### 4.12.3 Funcionamiento del servo

La modulación por anchura de pulso, PWM (Pulse Width Modulation), es una de los sistemas más empleados para el control de servos. Este sistema consiste en generar una onda cuadrada en la que se varía el tiempo que el pulso está a nivel alto, manteniendo el mismo período (normalmente), con el objetivo de modificar la posición del servo según se desee.

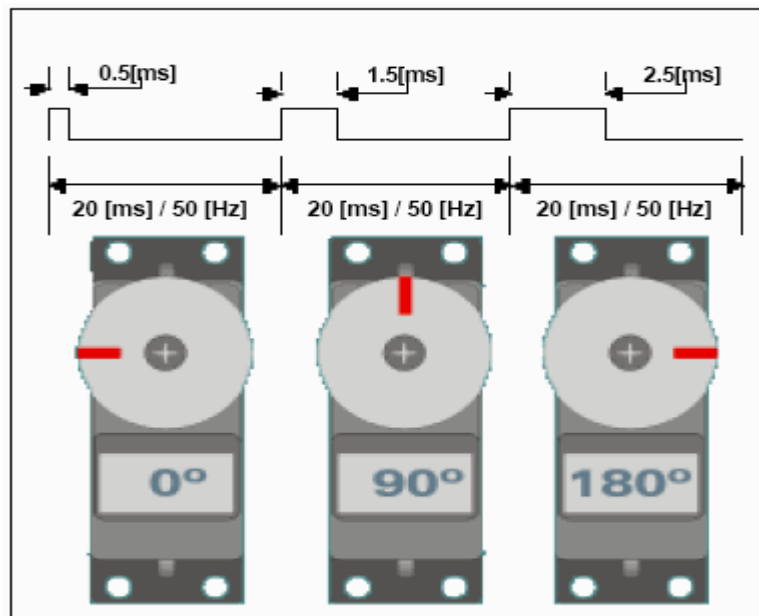
**Gráfico 5. Modulación por anchura de pulso**



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos60/servo-motores/servo-motores2.shtml>

El sistema de control de un servo se limita a indicar en qué posición se debe situar. Esto se lleva a cabo mediante una serie de pulsos tal que la duración del pulso indica el ángulo de giro del motor. Cada servo tiene sus márgenes de operación, que se corresponden con el ancho del pulso máximo y mínimo que el servo entiende. Los valores más generales se corresponden con pulsos de entre 1 ms y 2 ms de anchura, que dejarían al motor en ambos extremos (0° y 180°). El valor 1.5 ms indicaría la posición central o neutra (90°), mientras que otros valores del pulso lo dejan en posiciones intermedias. Estos valores suelen ser los recomendados, sin embargo, es posible emplear pulsos menores de 1 ms o mayores de 2 ms, pudiéndose conseguir ángulos mayores de 180°. Si se sobrepasan los límites de movimiento del servo, éste comenzará a emitir un zumbido, indicando que se debe cambiar la longitud del pulso. El factor limitante es el tope del potenciómetro y los límites mecánicos constructivos.

**Figura 100. Ejemplos de posicionamiento de un servo**

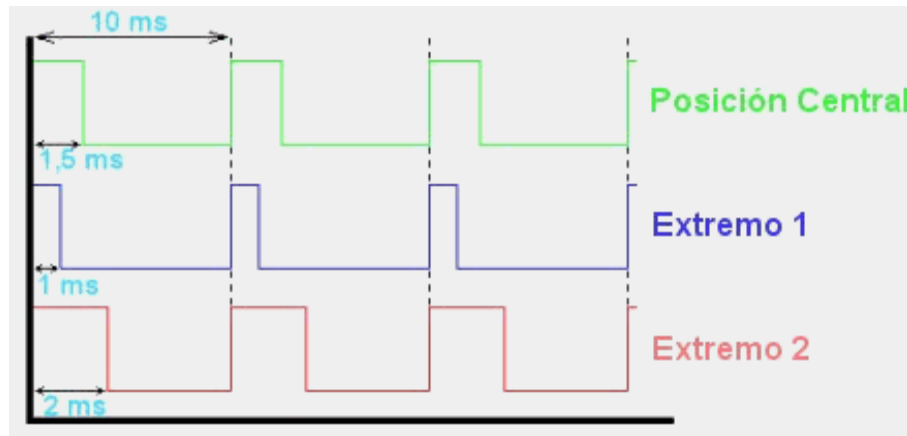


Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos60/servo-motores/servo-motores2.shtml>

El período entre pulso y pulso (tiempo de OFF) no es crítico, e incluso puede ser distinto entre uno y otro pulso. Se suelen emplear valores ~ 20 ms (entre 10 ms y

30 ms). Si el intervalo entre pulso y pulso es inferior al mínimo, puede interferir con la temporización interna del servo, causando un zumbido, y la vibración del eje de salida. Si es mayor que el máximo, entonces el servo pasará a estado dormido entre pulsos. Esto provoca que se mueva con intervalos pequeños.

**Gráfico 6. Tren de pulsos para control del servo**



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos60/servo-motores/servo-motores2.shtml>

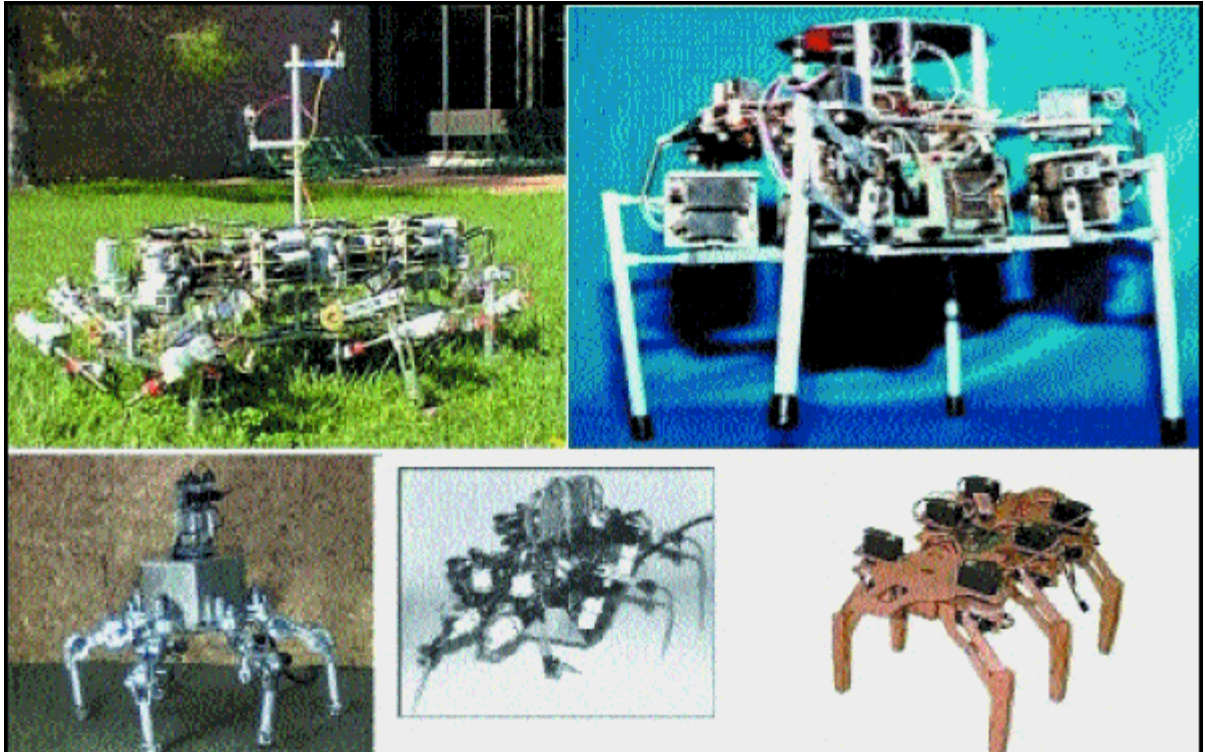
#### 4.12.4 Modificaciones de los servos

Es posible modificar un servo motor para eliminar su restricción de giro y permitirle dar giros completos. Esto, sin embargo, convierte al servo motor en un motor de corriente continua normal, pues es necesario eliminar el circuito de control. Debido que los engranajes reductores se conservan luego de la modificación, el motor obtenido mantiene la fuerza y velocidad que tenían servo inicial. Además, poseen la ventaja de que tienen menos inercia que los motores de corriente continua comerciales, lo que los hace útiles para ciertas aplicaciones.

#### 4.12.5 Aplicaciones

En la práctica, se usan servos para posicionar superficies de control como el movimiento de palancas, pequeños ascensores y timones. Ellos también se usan en radio control, títeres, robótica, sistemas de dosificación y sistemas de empaque.

**Foto 9.      Aplicaciones en robótica**



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos60/servo-motores/servo-motores2.shtml>

### **4.13 REDES DE COMUNICACIONES**

Una Red de Computadoras, llamada también Red de datos, es el conjunto de computadoras, terminales y dispositivos que se comunican entre sí proporcionando el entorno necesario para que los usuarios desde diferentes ubicaciones (local, remota, etc.), tengan acceso, en condiciones similares, a la información y a compartir recursos tales como impresoras, acceso a redes públicas etc. Por lo tanto, el proceso de toma de decisiones adquiere una mayor velocidad y es más confiable, lo que redundará en el incremento de la eficiencia de las personas y como consecuencia, el de las organizaciones.

Las redes de datos tienen una finalidad específica, intercambiar datos entre computadoras y periféricos. Este intercambio de datos que permite funcionar a los

múltiples servicios informáticos considerados ya como parte de nuestra vida: cajeros automáticos, terminales de punto de venta (POS), cajas registradoras, servicios de impresión, etc.

Mediante una RED se puede conseguir que los usuarios de computadores intercambien información, y que los programas, datos e inclusive la voz, estén al alcance de todos los miembros de una organización pública, una organización corporativa, departamental, grupos de trabajo, etc., a escala local o nacional.

La conectividad o interconexión de computadoras permite que varias máquinas compartan los mismos recursos, la gran flexibilidad de las redes en los entornos laborales, permite la opción de poder trabajar desde cualquier punto, conectados con su oficina principal.

El empleo de las redes hace posible la reducción de los costos de producción de los bienes que consumimos, mejoran los servicios de las Organizaciones y en general, mejoran nuestra forma de trabajo y nuestra calidad de vida.

#### **4.13.1 Topología de las redes**

Es la forma física o la estructura de interconexión entre los distintos equipos (dispositivos de comunicación y computadoras) de la red.

Para establecer una topología de red se debe tener en cuenta lo siguiente:

- **Fiabilidad:** Proporciona la máxima fiabilidad y seguridad posible, para garantizar la recepción correcta de toda la información que soporta la red.
- **Costos:** Proporciona el tráfico de datos más económico entre el transmisor y receptor en una red.
- **Respuesta:** Proporciona el tiempo de respuesta óptimo y un caudal eficaz o ancho de banda, que sea máximo.

#### **4.13.1.1 Topología jerárquica (tipo árbol)**

Es una de las más extendidas en la actualidad, el software de manejo es Sencillo, las tareas de control están concentradas en la jerarquía o nivel más elevado de la red y hoy en día incorpora en su operación el trabajo descentralizado en los niveles inferiores para reducir la carga de trabajo de la jerarquía superior.

A pesar de ser fácil de controlar, tiene como desventajas, la posibilidad de cuellos de botella, la centralización, la saturación de datos, la opción a que falle la parte principal, con lo cual toda la red dejaría de funcionar.

#### **4.13.1.2 Topología horizontal (tipo bus)**

Muy frecuente en redes de área local (LAN = Local Área Network). Permite que todas las computadoras conectadas en red, llamadas estaciones de trabajo o terminales, reciban todas las transmisiones.

La desventaja de esta topología está en el hecho de que suele existir un solo canal de comunicación para todos los dispositivos de la red, en consecuencia si falla un tramo de la red, toda la Red deja de funcionar, esta topología se recomienda cuando la red de datos a implementar es menor o igual a cuatro estaciones de trabajo, tiene poca seguridad.

#### **4.13.1.3 Topología en estrella**

Cuando varias estaciones de trabajo se interconectan a través de un nodo central, este nodo puede actuar como un distribuidor de la información generada por un terminal hacia todas las demás estaciones de trabajo o puede hacer funciones de conmutación.

Los nodos son implementados mediante equipos llamados concentradores o Switches, este tipo de topología se recomienda para redes que tienen cinco o más estaciones de trabajo. Son más seguras que la topología en bus y su costo de

implementación es intermedio entre la topología en bus y la topología en anillo. En este tipo de configuración puede suceder que, si una estación de trabajo no tiene comunicación en la red las otras estaciones pueden estar trabajando normalmente.

#### **4.13.1.4 Topología en anillo**

Se llama así por la forma de anillo que asume y su uso está bastante extendido.

En esta topología son raros los embotellamientos y su software es sencillo, una de las ventajas del Token Ring es la redundancia, si falla un módulo del sistema, o incluso si se corta el cable, la señal se retransmitirá y seguirá funcionando, la desventaja más saltante, radica en que el cableado es más caro y complejo que el de los otros sistemas y es más difícil localizar averías.

#### **4.13.1.5 Topología en malla**

Muy empleada en las redes de área amplia (WAN), por su ventaja frente a problemas de tráfico y averías, debido a su multiplicidad de caminos o rutas y la posibilidad de orientar el tráfico por trayectorias opcionales.

La desventaja radica en que su implementación es cara y compleja, pero aún así, muchos usuarios la prefieren por su confiabilidad. Ejemplo de esta red, es el Internet, llamada justamente la Telaraña Mundial o red de redes.

### **4.13.2 Clasificación de las redes de datos**

La naturaleza de los elementos que se combinan y la forma de hacerlo, hace que exista un número ilimitado de redes, siendo difícil, por tanto, hacer una clasificación de las mismas. La clasificación de las redes depende mucho del criterio aplicado. Los que se usan habitualmente son:



#### **4.13.2.1 Por el propietario de la red**

- Redes Públicas

Son las que pertenecen a un ente público, típicamente dependiente del gobierno o centros oficiales. Predominan en Europa, siendo gestionadas por las administraciones de los diferentes países.

- Redes Privadas

Son las gestionadas por los propios usuarios de las mismas o por organizaciones de naturaleza privada.

#### **4.13.2.2 Por el área geográfica**

- Redes de área extensa (WAN: WIDE AREA NETWORKS)

Abarcan un área geográfica amplia, desde el equivalente a un país, un continente, incluso varios continentes. Ejemplo: Internet, Bitnet, otros.

- Redes de área metropolitana (MAN: METROPOLITAN AREA NETWORKS)

Abarcan redes que tienen una cobertura o extensión al nivel de ciudades. Ejemplo: Algunas cadenas de tiendas comerciales, varias oficinas dispersas en una ciudad, sucursales bancarias.

- Redes de área local (LAN: LOCAL AREA NETWORK)

El área que abarcan se ciñe a una sala, un edificio o grupo de edificios cercanos, es una red de comunicaciones que interconectan dispositivos de cómputo dentro de un área geográfica limitada (tal como el edificio, un ministerio, una empresa, un aeropuerto, etc.) Su empleo va en

aumento debido al mayor uso y accesibilidad de las computadoras y equipos de comunicación.

El instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos (IEEE, organismo internacional) ha establecido subcomités con el fin de desarrollar estándares para redes de área local, con la denominación de IEEE-802.

- 802.1 Gestión y Niveles Superiores (Internetworking)
- 802.2 Control Lógico de Enlaces (Logical Link Control=LLC)
- 802.3 CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)
- 802.4 Token Bus
- 802.5 Token Ring
- 802.6 Redes Metropolitanas (MAN= Metropolitan Area Network)

#### **4.13.3 Arquitectura de red**

Una arquitectura de red, incluye las especificaciones y descripciones de los componentes en los sistemas de comunicación de datos. Las rutas de transmisión, protocolos, medidas de seguridad y métodos de interconexión se detallan en la arquitectura. También se reparten entre los componentes (hardware y software) las responsabilidades de las funciones de comunicación. Ejemplos de arquitectura tenemos:

- Arquitectura de red de DEC (DECnet, de la Digital Equipment Corporation).
- Red de sistemas distribuidos (DSN, de Hewlett-Packard)
- Arquitectura de red de sistemas (SNA, de IBM)

- Arquitectura de red distribuida (DNA, de NCR Corporation)
- Arquitectura de expansión ininterrumpida (Tandem Corp.)

#### **4.13.4 Métodos de transporte en redes de área local**

Los métodos de transporte más comunes en redes LAN son:

- Ethernet
- Profinet

Cada método de transporte difiere en la velocidad de transmisión de datos, topología, métodos de acceso en red, requerimientos de medios de transmisión, limitaciones y alcances.

##### **4.13.4.1 Redes ETHERNET**

En una red ETHERNET, cada estación de trabajo incluye una parte emisora y una parte receptora para manejar el tráfico de datos que entran y salen. El lado emisor se invoca cuando el usuario desea enviar datos a otro en la red y él receptor, cuando el cable transporta las señales dirigidas a las estaciones de la red.

La red de área local ETHERNET, fue codesarrollada por DEC, INTEL y XEROX, En 1983 el comité de la IEEE adoptó la especificación original, creando el estándar 802.3. Las más recientes implementaciones de ethernet son actualmente basadas sobre el estándar IEEE 802.3.

De acuerdo a la velocidad de transmisión de datos, las redes ETHERNET se clasifican:

##### **4.13.4.2 Redes ETHERNET de 10 Mbps**

Las redes ETHERNET de 10 Mbps, presentan las siguientes características:

- Ancho de Banda: el ancho de banda, en un red de datos, viene a ser la capacidad de transmisión de la red, expresado en bits por segundo (bps). Así la red ETHERNET t posee un ancho de banda de 10 Mbps (Megabits por segundo) de naturaleza compartida y en half-duplex. También existen redes Ethernet con un ancho de banda de 100 Mbps, enmarcados dentro de la Tecnología Fast Ethernet (Ethernet Veloz).
- Acceso: el IEEE 802.3 ETHERNET, establece cómo un dispositivo de acceso a la red y la velocidad a la cual opera. El esquema de acceso dictado por la IEEE 802.3 es el protocolo Carrier Sense Múltiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) o Acceso Múltiple por Escucha de Portadora con detección de portadora (colisión). Portadora es una señal eléctrica de alta frecuencia, sobre la cual viaja la información. CSMA/CD es definido como:
  - Carrier Sense (CS): Un dispositivo escucha primero por un canal limpio antes de transmitir. Si el canal está en uso (o una portadora es censada), entonces el dispositivo retardará su transmisión.
  - Múltiple Acces (MA): Muchas estaciones pueden ser interconectadas a un cable común y todas tienen acceso al cable cuando el canal está limpio.
  - Collision Detection (CD): Dado que es posible para más de un dispositivo, censar un canal limpio y empezar la transmisión en el mismo tiempo, entonces ocurrirán colisiones de datos. Cuando una colisión ocurre, el dispositivo, que puede ser una tarjeta de red en una PC, detecta esta colisión y luego detiene su transmisión. En este punto, cada dispositivo opera un tiempo al azar y luego intenta retransmitir.

- Topología: En las redes ETHERNET se emplean las topologías en bus y en estrella. Las redes Ethernet presentan bajo costo en soluciones para grupos de trabajo, ancho de banda adecuado (10 Mbps), para aplicaciones basadas en caracteres. El método de acceso se afecta bajo cargas fuertes, haciéndose la red lenta. La segmentación para reducir los dominios de colisión es una solución probada. El empleo de la Tecnología Switching es muy recomendada, como se explicará más adelante. La red puede ser administrable usando la tecnología de tubo concentrador inteligente.

#### **4.13.4.3 Redes ETHERNET de 100 Mbps (100 baseT)**

Las redes ETHERNET de 100 Mbps, se encuentran estandarizadas por la IEEE, constituyendo el estándar 100Base-T. Presentan las siguientes características:

- Ancho de Banda: Similar a las redes ETHERNET de 10 Mbps, sólo que la velocidad de transmisión de los datos es de 100Mbps, es decir, 10 veces más rápido que en el estándar 10Base-T.
- Acceso: El Control de Acceso al Medio (MAC= Médium Access Control), sigue empleando el protocolo CSMA-CD, descrito anteriormente.
- Topología: Las redes ETHERNET 100Base-T, se implementan con topología en estrella, similar al estándar 10Base-T. En 100Base-T no es necesaria la conversión de los paquetes a transmitir, su costo es bajo hoy en día, para redes LAN de 100Mbps. Muchos fabricantes dan soporte a este estándar, constituyendo la tecnología Fast ETHERNET.

El método de acceso es variable bajo carga fuerte de transmisión. Se están implementando métodos que permitan asegurar niveles de calidad de servicio. Si se desea migrar de 10Base-T a 100Base-T, se tendrá que cambiar todos los adaptadores y concentradores. La distancia

máxima usada en esta red es de 220 metros. Los cables deberán ser de cuatro pares, de acuerdo a la categoría 5.

#### **4.13.4.4 Tipos de cables usados en redes ETHERNET de 100 Mbps**

En la implementación de redes 100Base-T, se usan cables con especificaciones de categoría 3,4, o 5 UTP, STP y fibra óptica, que permiten una flexibilidad para migrar a redes de 100 Mbps. Las especificaciones de cable para 100Base-T son:

- 100 Base TX: Soporta transmisión full-dúplex a 100 Mbps. Los cables usados son de categoría 5 UTP y Tipo I STP, tiene dos pares de líneas de datos por cable. La especificación 100Base-TX se basa en la especificación FDDI (fiber distributed data Interfase = Interfase para datos de fibra distribuida) de ANSI. En los extremos de los cables se conectan conectores RJ-45, que aceptan dos pares de línea de data del cable UTP, Categoría 5. Los cables deben tener una distancia máxima por segmento de 100 metros.
- 100 Base FX: Se refiere al uso de la fibra óptica tipo multimodo, de acuerdo a la especificación FDDI del Instituto Nacional Americano de Estándares (ANSI: American National Standards Institute).
- 100 Base T4: Los cables empleados son de Categoría 3, 4 y 5 UTP. Cables que presentan cuatro pares de líneas de datos. Usan conectores RJ-45. Aceptan cuatro pares en Categorías 3, 4 y 5 UTP a una velocidad de transmisión de 100 Mbps. La distancia máxima por segmento es de 100 metros.

La fibra óptica a usar deberá ser de 62.5/125 microm del tipo multimodo especificado por la asociación de Industria de Telecomunicaciones (TIA= Telecommunications Industry Association).

Los cables deben tener una distancia máxima de 412 metros, de un elemento a otro de la red. Ideal para estaciones que se encuentren alejadas de su centro de trabajo.

#### **4.13.4.5 Par trenzado**

Un par trenzado consiste en dos alambres de cobre aislado, por lo general de 1mm de grueso. Los alambres se trenzan en forma helicoidal, el propósito de entorchar los alambres es reducir la interferencia eléctrica de pares similares cercanos. Ejemplo: 2 alambres paralelos constituyen una antena; un par trenzado no. Los pares trenzados se pueden usar tanto para transmisión analógica como digital. El ancho de banda depende del grosor del cable y de la distancia, pero en muchos casos se pueden lograr varios megabits/seg durante algunos kilómetros.

#### **4.13.4.6 Par trenzado categoría 5**

Es similar al cable categoría 3, está conformado por 8 hilos de cobre, calibre 24 AWG, esto equivale a 0.5 mm, agrupados en pares dentro de una chaqueta de polietileno. Este posee la característica de tener más vueltas de entorchado por centímetro y con aislamiento de teflón, lo cual produce menor interferencia y una señal de mejor calidad a distancias más largas. Esto lo hace el cable ideal para la comunicación de computadoras de alta velocidad. Son más conocidos como UTP, Unshielded Twisted Pair, (Par trenzado sin blindaje).

Existen en la actualidad 2 tipos de cable que han mejorado sus características técnicas ofreciendo mejores anchos de banda, el tradicional UTP categoría 5 tiene un ancho de banda de 100 MHz. El cable UTP categoría 5E, extiende su ancho de banda hasta 160 MHz y el cable UTP categoría 6 ofrece un ancho de banda de 250 MHz, los dos últimos toleran transmisiones de datos hasta 1.2 Giga Pbs.

La tarjeta de red de las estaciones de trabajo, deberán poseer un conector hembra RJ-45. El conector RJ-45, es similar al telefónico, pero algo más grande y con

capacidad para ocho contactos o hilos. El conector RJ-45, debe existir en cada extremo del cable de par trenzado. Para conectar el cable a la tarjeta, colocar el conector de forma que la patilla de plástico quede en línea con la ranura de la hembra y empuje el conector hasta escuchar un clic (el conector es similar al enchufe de plástico que se utiliza para conectar un cordón telefónico con un enchufe telefónico de pared). El Cable Ethernet de par trenzado, puede ser bien Par Trenzado sin Pantalla (UTP-Unshielded Twisted).

#### **4.13.4.7 Fenómenos que afectan la transmisión de datos en un cable UTP**

- **Atenuación:** se define como la pérdida de señal en el medio, sumada a los accesorios de conexión utilizados para la instalación del cable, la máxima atenuación permitida para un cable categoría 5 a una frecuencia de 100 MHz es de 21.6 dB. Entre los fenómenos que pueden afectar la atenuación están la temperatura y la humedad relativa.
- **Diafonía (NEXT):** es la interferencia de señal que un par puede incidir en el otro, esto debido a las propiedades electromagnéticas que poseen las señales eléctricas que llevan la información a través del cable, la máxima diafonía permitida para un cable categoría 5 a una frecuencia de 100 MHz es de 29.3 dB.
- **Pérdidas de Retorno:** es una medición de la energía reflejada, causada por malos acoples de impedancia o diferencias de impedancia dentro del mismo cable, se caracteriza por un retraso en la propagación de la señal a través del medio, esta medida desde que se transmite hasta que se recibe. El máximo valor permitido para un cable categoría 5 es de 538 ns en una distancia de 100 m a una frecuencia de 100 MHz.



#### 4.13.5 Protocolo tcp/ip

TCP/IP (Transported Control Protocol/Internet Protocol) son protocolos de comunicaciones usados en redes, para ser más precisos, son un conjunto de protocolos. El conjunto de protocolos TCP/IP consta de cuatro (4) estratos:

- Estrato físico
- Estrato de envío
- Estrato de servicio
- Estrato de aplicación

En el Estrato Físico de TCP/IP, no está especificado, el usuario tiene la libertad de utilizar cualquier transmisión física (LAN, WAN, MAN). Recuerde que cuando hablamos de las redes bajo especificaciones IEEE 802, éstas tienen que ver sólo con los estratos físicos y de enlace de datos del modelo referencial OSI, donde el subestrato del Control de Enlace Lógico (LLC) ofrece acceso estandarizado al estrato de red y es aquí donde comienza TCP/IP. El Protocolo Internet (IP) de TCP/IP es más o menos equivalente al estrato de red del modelo referencial OSI, y TCP (Transmission Control Protocol) es más o menos equivalente al estrato de transporte y también, en cierto sentido, a los estratos de transporte y presentación del modelo referencial OSI. Los protocolos internacionales son:

OSI 8473 Connectionless - Mode Network Service: Servicio a redes en modo sin conexión para el Estrato de Red. La inclusión de direcciones origen y destino dentro de cada paquete de información a ser transmitida, de forma que no se necesite la conexión o la sesión establecida entre nodos.

OSI 8073 Connection Oriented Transport Protocol Specification: Especificación del protocolo de transporte orientado a conexiones, para el estrato de Transporte. Es la necesidad de una conexión directa o de una sesión establecida entre dos nodos para la transmisión. El enrutamiento IP es "Connectionless", todos los mensajes necesitan

información de ruta. TCP, da la confiabilidad al enlace, en "connection oriented", retransmite los paquetes que no son confirmados. TCP/IP tiene clases de servicios para diferentes tipos de tráfico (transacción, impresión, procesos por lotes o batch, etc). Los otros protocolos asociados con TCP/IP, se relacionan con el estrato de aplicación e incluye el protocolo de transferencia de archivos (FTP), el protocolo simple de transferencia, de correspondencia (SMTP) y los protocolos de emulación de terminales (TELNET).

El protocolo de comunicación TCP/IP es el protocolo base usado en la Red Mundial llamada Internet, que conecta a más de 40 millones de usuarios a escala mundial en el ámbito de la educación, la investigación, el desarrollo, etc. Este protocolo está permitiendo la Globalización de la Información, conjuntamente con el Lenguaje Java, son los nuevos idiomas en esta Sociedad de la Información.

#### **4.13.6 El concentrador o hub**

Equipo base para la implementación de redes con topología en estrella, desde la más simple hasta la más compleja. La selección de un Hub es un factor estratégico para implementar una red de datos hoy en día.

El hub define la infraestructura de la red, es un equipo perteneciente a la capa física o layer de la OSI. La capacidad del hub la determina la disponibilidad de la red, el nivel de control y la administración de la misma. El diseño de los hubs pueden hacer que el crecimiento de la red, así como su migración a niveles mejores de servicio sea sencillo o con dificultades.

Existen diferentes tipos de hubs:

- Homogéneos o Heterogéneos
- Inteligentes o no inteligentes, administrables o no administrables por software desde cualquier estación.

- Chasis con un solo segmento o múltiples segmentos.

#### **4.13.7 El switche**

Los switches son de alta velocidad, tienen capacidad de auto-aprendizaje en el modo de bridges multipuerto, es decir tienen características de un sistema experto. Los switches son dispositivos de segmentación ideales, es decir, permiten mejorar el ancho de banda de transmisión en una red con topología en estrella.

En una red típica ETHERNET de 10 Mbps, por ejemplo con 2 servidores, 24 clientes y cuatro concentradores de 8 puertos cada uno, todas las estaciones (clientes y servidores) comparten los 10 Mbps, lo que significa que a mayor número de estaciones la velocidad de la red baja. En cambio, con el uso de un conmutador y los cuatro concentradores anteriores, las estaciones pueden agruparse en segmentos, a cada uno de los cuales estará asociado un repetidor o concentrador.

Entonces, cada servidor puede estar conectado directamente al puerto del conmutador, lo que equivale a conectarse a un segmento dedicado y podrá recibir los 10 Mbps completos e inclusive, elevarlo a 20 Mbps usando tarjetas de red full-dúplex. Los 24 clientes se separan en cuatro segmentos, cada segmento asociado a un concentrador, y un puerto del concentrador estará conectado a un puerto del switching (puede ser un conmutador de ocho puertos), de esta forma los 10 Mbps son compartidos sólo por seis estaciones y ya no por los 24 clientes y dos servidores, como era en la red típica anterior. Mejorando el ancho de banda de la red y con ello creando cuatro Redes Virtuales (VLANs).

El uso de switches de 10 Mbps y 100 Mbps permite implementar cuatro tipos de redes:

- Redes de 100 Mbps dedicados
- Redes de 100 Mbps compartidos

- Redes de 10 Mbps dedicados
- Redes de 10 Mbps compartidos

La aplicación de switches, conexiones de fibra óptica y modos de transmisión full-dúplex, permite el despliegue de redes grandes. La Tecnología Switching es una evolución hacia las redes ATM. Existen dos tipos de Tecnología Switching:

- Packet switch - cut-through (Recibe y Transmite): mueve la información por tramas hacia el puerto de salida, después de recibir la dirección de destino en la cabecera. La ventaja que presenta es que la latencia (tiempo que demora un dato en pasar por el switching) es extremadamente baja (menos de 50 microsegundos). La desventaja es que puede dejar pasar tramas con error.
- Packet switch - store-forward (Recibe, Almacena y Transmite): recibe la trama entera antes de moverla hacia el puerto de destino. La ventaja que presenta es que no pasará las tramas con errores de datos. La desventaja presentada es que la latencia es mayor que el switch cut-through y no soporta modo de transferencia full-dúplex.
- Cell Switching (Conmutación de Celdas): tecnología base para la implementación de redes ATM. Las características básicas son las siguientes:
  - Ancho de Banda: de 20 a 200 Mbps, puede ser dedicado y compartido. Es escalable por estación, es decir el ancho de banda puede incrementarse independientemente por estación de trabajo. Transmisión full-dúplex
  - Acceso: modo asíncrono, soporta tráfico isócrono, buena calidad

- Networking: integración transparente de redes LAN y WAN, alta disponibilidad en rutas conmutadas, permite la creación de redes virtuales (VLANs, VWANs, VICs), proporciona el medio base o backbone para las redes LANs existentes.
- Soporte de Aplicación: soporta aplicaciones existentes vía la utilidad LAN Emulation, soporte total para requerimientos de calidad de servicios, soporte al modo isócrono de operación.
- Seguridad: el medio es dedicado y la trama no es vista por otras estaciones
- Ventajas: es escalable, es dedicado, transmisión full-dúplex, ancho de banda en crecimiento, permite creación de redes ATM, la multimedia en red.

#### **4.13.8 El router**

Equipo base para implementar redes remotas MANs y WANs. Permite enlazar físicamente una red de área local (LAN) con una o más redes LAN remotas, para esto, por lo general en cada red LAN, la entrada del router va conectado al servidor y su salida está conectada a un modem de alta velocidad (64 a 128 kbps) y el modem a su vez, a una línea telefónica dedicada.

El router soporta diferentes protocolos de comunicación, siendo el más usado el TCP/IP. Puede conectarse dos módems, dependiendo del tipo de router y del fabricante, en este caso, se conectará a dos redes LAN remotas. El router es configurado por software y muchas veces no es sencillo.

El router mira la dirección destino de la red LAN remota, busca en su tabla de rutas, previamente configurada, si esa dirección está especificada en el router, pasa el paquete desde la red local hasta la red remota. En la red remota para

recibir este paquete, su router deberá tener en su tabla, en forma similar, la dirección de la red que origino la transmisión.

#### **4.13.8.1 Componentes del router<sup>63</sup>**

- CPU: La unidad central de procesamiento (CPU) ejecuta las instrucciones del sistema operativo. Estas funciones incluyen la inicialización del sistema, las funciones de enrutamiento y el control de la interfaz de red. La CPU es un microprocesador. Los grandes routers pueden tener varias CPU.
- RAM: La memoria de acceso aleatorio (RAM) se usa para la información de las tablas de enrutamiento, el caché de conmutación rápida, la configuración actual y las colas de paquetes. En la mayoría de los routers, la RAM proporciona espacio de tiempo de ejecución para el software IOS de Cisco y sus subsistemas. El contenido de la RAM se pierde cuando se apaga la unidad. En general, la RAM es una memoria de acceso aleatorio dinámica (DRAM) y puede actualizarse agregando más módulos de memoria en línea doble (DIMM).
- Memoria flash: La memoria flash se utiliza para almacenar una imagen completa del software IOS de Cisco. Normalmente el router adquiere el IOS por defecto de la memoria flash. Estas imágenes pueden actualizarse cargando una nueva imagen en la memoria flash. El IOS puede estar comprimido o no. En la mayoría de los routers, una copia ejecutable del IOS se transfiere a la RAM durante el proceso de arranque. En otros routers, el IOS puede ejecutarse directamente desde la memoria flash. Agregando o reemplazando los Módulos de memoria

---

<sup>63</sup> Extraído de <http://aprenderedes.com/2006/07/componentes-principales-de-hardware-de-un-router/>

en línea simples flash (SIMMs) o las tarjetas PCMCIA se puede actualizar la cantidad de memoria flash.

- NVRAM: La memoria de acceso aleatorio no volátil (NVRAM) se utiliza para guardar la configuración de inicio. En algunos dispositivos, la NVRAM se implementa utilizando distintas memorias de solo lectura programables, que se pueden borrar electrónicamente (EEPROM). En otros dispositivos, se implementa en el mismo dispositivo de memoria flash desde donde se cargó el código de arranque. En cualquiera de los casos, estos dispositivos retienen sus contenidos cuando se apaga la unidad.
- Buses: La mayoría de los routers contienen un bus de sistema y un bus de CPU. El bus de sistema se usa para la comunicación entre la CPU y las interfaces y/o ranuras de expansión. Este bus transfiere los paquetes hacia y desde las interfaces.

La CPU usa el bus para tener acceso a los componentes desde el almacenamiento del router. Este bus transfiere las instrucciones y los datos hacia o desde las direcciones de memoria especificadas.

- ROM: La memoria de solo lectura (ROM) se utiliza para almacenar de forma permanente el código de diagnóstico de inicio (Monitor de ROM). Las tareas principales de la ROM son el diagnóstico del hardware durante el arranque del router y la carga del software IOS de Cisco desde la memoria flash a la RAM. Algunos routers también tienen una versión más básica del IOS que puede usarse como fuente alternativa de arranque. Las memorias ROM no se pueden borrar. Sólo pueden actualizarse reemplazando los chips de ROM en los tomas.
- Interfaces: Las interfaces son las conexiones de los routers con el exterior. Los tres tipos de interfaces son la red de área local (LAN), la

red de área amplia (WAN) y la Consola/AUX. Las interfaces LAN generalmente constan de uno de los distintos tipos de Ethernet o Token Ring. Estas interfaces tienen chips controladores que proporcionan la lógica necesaria para conectar el sistema a los medios. Las interfaces LAN pueden ser configuraciones fijas o modulares.

Las interfaces WAN incluyen la Unidad de servicio de canal (CSU) integrada, la RDSI y la serial. Al igual que las interfaces LAN, las interfaces WAN también cuentan con chips controladores para las interfaces. Las interfaces WAN pueden ser de configuraciones fijas o modulares.

Los puertos de Consola/AUX son puertos seriales que se utilizan principalmente para la configuración inicial del router. Estos puertos no son puertos de networking. Se usan para realizar sesiones terminales desde los puertos de comunicación del computador o a través de un módem.

- Fuente de alimentación: La fuente de alimentación brinda la energía necesaria para operar los componentes internos. Los routers de mayor tamaño pueden contar con varias fuentes de alimentación o fuentes modulares. En algunos de los routers de menor tamaño, la fuente de alimentación puede ser externa al router.

#### **4.13.8.2 Funciones del router**

La primera función de un router, la más básica, es, como ya hemos indicado, saber si el destinatario de un paquete de información está en nuestra propia red o en una remota. Para determinarlo, el router utiliza un mecanismo llamado "máscara de subred". La máscara de subred es parecida a una dirección IP (la identificación única de un ordenador en una red de ordenadores, algo así como su nombre y apellido) y determina a que grupo de ordenadores pertenece uno en



concreto. Si la máscara de subred de un paquete de información enviado no se corresponde a la red de ordenadores de por ejemplo, nuestra oficina, el router determinará, lógicamente que el destino de ese paquete está en alguna otra red.

A diferencia de un Hub o un switch del tipo layer 2, un router inspecciona cada paquete de información para tomar decisiones a la hora de encaminarlo a un lugar a otro. Un switch del tipo "layer 3" si tiene también esta funcionalidad.

Cada PC conectado a una red (bien sea una local o a la red de redes - Internet-) tiene lo que llamamos una tarjeta de red. La tarjeta de red gestiona la entrada y salida de información y tiene una identificación propia llamada identificación MAC. A esta identificación MAC la podríamos llamar identificación física, sería como las coordenadas terrestres de nuestra casa. Es única, real y exacta. A esta identificación física le podemos asociar una identificación lógica, la llamada IP. Siguiendo con el ejemplo de la casa, la identificación física (MAC) serian sus coordenadas terrestres, y su identificación lógica sería su dirección (Calle Pepe nº3). La identificación lógica podría cambiar con el tiempo (po ejemplo si cambian de nombre a la calle) pero la identificación física no cambia.

Pues bien, el router asocia las direcciones físicas (MAC) a direcciones lógicas (IP). En comunicaciones informáticas, una dirección física (Mac) puede tener varias direcciones lógicas (IP). Podemos conocer las direcciones Mac e IP de nuestro PC tecleando, desde una ventana de DOS, "winipcfg" (en Windows 98) o "ipconfig" (en Windows 2000 / XP).

Una vez nos identificamos en internet por nuestras direcciones lógicas, los routers entre nosotros y otros puntos irán creando unas tablas que, por decirlo de algún modo localizan donde estamos. Los routers crean unas tablas de como se suele ir a donde. Si hay un problema, el router prueba otra ruta y mira si el paquete llega al destino, si no es así, prueba otra, y si esta tiene éxito, la almacena como posible ruta secundaria para cuando la primera (la más rápida no funcione). Toda esta

información de rutas se va actualizando miles de veces por segundo durante las 24 horas del día.<sup>64</sup>

#### **4.14 Profibus**

Los buses de campo se usan en la actualidad de forma prioritaria como un sistema de comunicación para el intercambio de información entre sistemas de automatización y sistemas de campo distribuidos. Miles de pruebas satisfactorias han demostrado de manera impresionante que el uso de la tecnología de los buses de campo puede ahorrar un 40% en costes por cableado, mantenimiento, etc. si lo comparamos con las tecnologías tradicionales. Solamente se usan dos líneas para transmitir toda la información relevante (es decir, datos de entrada y salida, parámetros, diagnósticos, programas y modos de operación para distintos dispositivos de campo).

En el pasado era muy normal la utilización de buses de campo incompatibles entre marcas. Afortunadamente en la actualidad todos los sistemas responden a unas características standards. Por tanto, el usuario no está “atado” a un único vendedor y es capaz de seleccionar el producto que mejor se adapte a sus necesidades dentro de una amplia gama.

##### **4.14.1 Comienzos**

En el año 1987, las firmas alemanas Bosch, Klöckner Möeller y Siemens iniciaron un proyecto de desarrollo de una arquitectura de comunicaciones industriales que permitiera la interconexión de equipos de distintos fabricantes. Esta fue la base de un grupo de trabajo al que se integraron otras grandes empresas tales como ABB, AEG, Landis&Gir, etc., algunas universidades y organizaciones técnicas estatales, entre ellas la propia VDE y el Ministerio Federal de Investigación Alemán.

---

<sup>64</sup> Extraído de [http://html.rincondelvago.com/router\\_1.html](http://html.rincondelvago.com/router_1.html)

Se formaron varios grupos de trabajo en distintas áreas, cuya tarea esencial fue la de desarrollar un sistema abierto de comunicaciones apto para integrar desde los sencillos transductores y elementos de campo, pasando por los autómatas y controles numéricos hasta llegar al nivel de los miniordenadores para diseño y gestión de la producción.

El primer objetivo fue sólo el diseño de un bus de campo con una estructura abierta y un protocolo compatible que permitiera enlazar con una red adoptada como base en los niveles superiores (MAP).

A partir del año 1990 se abrió la posibilidad para cualquier usuario o empresa de integrarse en un consorcio denominado PROFIBUS Nutzerorganisation, que a través de diversos comités sigue desarrollando y dando soporte al nivel de aplicación y certificación de productos.

#### **4.14.2 Situación actual**

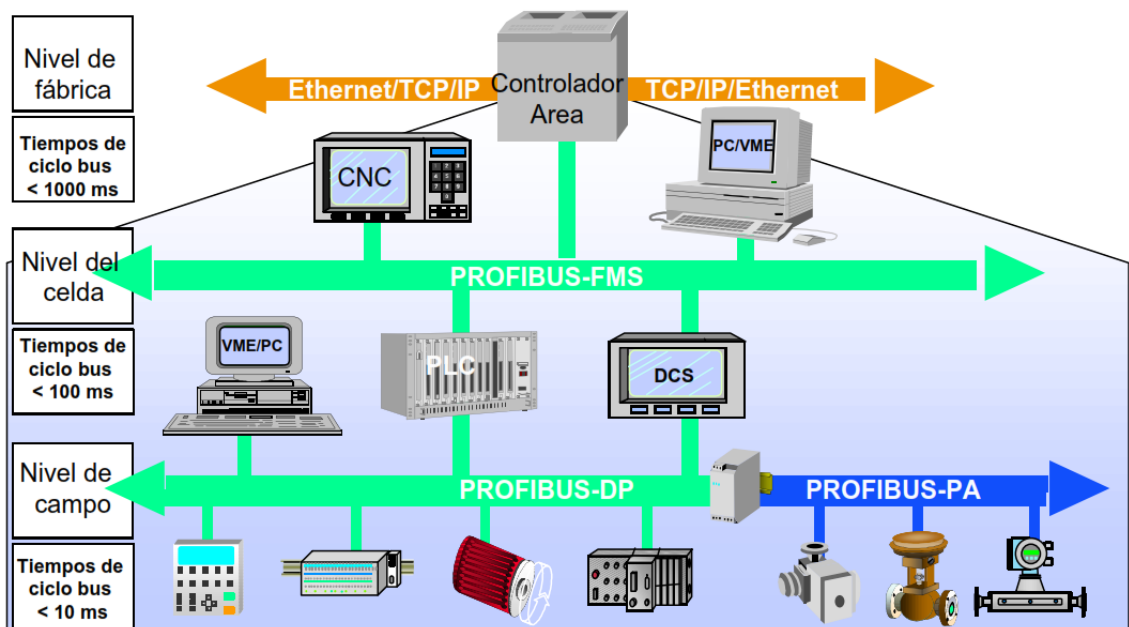
PROFIBUS es actualmente el líder de los sistemas basados en buses de campo en Europa y goza de una aceptación mundial. Sus áreas de aplicación incluyen manufacturación, automatización y generación de procesos. PROFIBUS es un bus de campo normalizado internacional que fue estandarizado bajo la norma EN 50 170. Esto asegura una protección óptima tanto a los clientes como a los vendedores y asegura la independencia de estos últimos.

Hoy en día, todos los fabricantes líderes de tecnología de automatización ofrecen interfaces PROFIBUS para sus dispositivos. La variedad de productos existentes incluye más de 1500 elementos y servicios, de los cuales 400 están certificados, asegurando un funcionamiento sencillo y correcto incluso en redes de diferentes fabricantes. PROFIBUS ha sido usado satisfactoriamente en alrededor de 200000 aplicaciones en todo el mundo y se han instalado más de 2000000 dispositivos.

### 4.14.3 Versiones compatibles

PROFIBUS es un bus de campo standard que acoge un amplio rango de aplicaciones en fabricación, procesamiento y automatización. La independencia y franqueza de los vendedores está garantizada por la norma EN 50 170. Con PROFIBUS los componentes de distintos fabricantes pueden comunicarse sin necesidad de ajustes especiales de interfaces. PROFIBUS puede ser usado para transmisión crítica en el tiempo de datos a alta velocidad y para tareas de comunicación extensas y complejas. Esta versatilidad viene dada por las tres versiones compatibles que componen la familia PROFIBUS (ver Figura 101):

**Figura 101. Áreas de aplicación de PROFIBUS**



Fuente: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comic\\_Ind/pdfs/Tema%208.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comic_Ind/pdfs/Tema%208.pdf)

Algunas de las características más sobresalientes de estas versiones se exponen a continuación:

- PROFIBUS PA:
  - Diseñado para automatización de procesos.
  - Permite la conexión de sensores y actuadores a una línea de bus común incluso en áreas especialmente protegidas.
  - Permite la comunicación de datos y energía en el bus mediante el uso de 2 tecnologías (norma IEC 1158-2).
  
- PROFIBUS DP:
  - Optimizado para alta velocidad.
  - Conexiones sencillas y baratas.
  - Diseñada especialmente para la comunicación entre los sistemas de control de automatismos y las entradas/salidas distribuidas.
  
- PROFIBUS FMS:
  - Solución general para tareas de comunicación a nivel de célula.
  - Gran rango de aplicaciones y flexibilidad.
  - Posibilidad de uso en tareas de comunicaciones complejas y extensas.

**Figura 102. La familia PROFIBUS**



Fuente: <http://www.etitudela.com/profesores/mpm/profibusomron/profibus/caracteristicas/index.html>

Puede decirse sin lugar a dudas que PROFIBUS ha conseguido definir toda una red de comunicación industrial, desde el nivel físico hasta el de aplicación, integrando al máximo las técnicas de comunicación previamente definidas y consolidadas y habiendo superado en un primer momento poca disponibilidad de información en inglés, lo que dificultaba su divulgación a nivel de fabricantes no germanos. En la actualidad la estructura es tal que los grupos de los 20 países más industrializados ofrecen un soporte en su idioma para el resto del mundo. Todos los grupos de usuarios se unen bajo la Organización PROFIBUS International (PI), que con más de 750 miembros es la organización de buses de campo más grande del mundo.

#### **4.14.4 Estructura de la red**

##### **4.14.4.1 Medio físico**

La tecnología de transmisión más usada es la RS 485, conocida habitualmente como H2. Su área de aplicación comprende aquellas aplicaciones donde prima su simplicidad, la velocidad de transmisión y lo barato de la instalación. Se usa un par diferencial con cable trenzado, previsto para comunicación semidúplex, aunque también puede implementarse con fibra óptica y enlaces con estaciones remotas

vía módem o vía radio. La velocidad de transmisión varía entre 9.6Kbits/s y 12Mbits/s, dependiendo del medio físico, como se indica en la Tabla 9:

**Tabla 9. Distancias máximas sin repetidor, según medio físico**

Medio físico	Velocidad (Kbits/s)				
	9,6 - 93,75	167,5	500	1500	2000
RS 485 0,22 (24 AWG)	1200 m	600 m	200 m	100 m	50 m
RS 485 0.52 (20 AWG)	2400 m	1200 m	400 m	200 m	100 m
F. Opt. Cuarzo 62,5 - 125mm	1400 m	1400 m	1400 m	1400 m	1400 m
F. Opt. Plástico					
0-40°C	5 - 25 m	5 - 25 m	5 - 25 m	5 - 25 m	5 - 25 m
0-50°C	10 - 20 m	10 - 20 m	10 - 20 m	10 - 20 m	10 - 20 m

Fuente: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Tema%208.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%208.pdf)

Al conectar varias estaciones, hay que comprobar que el cable de las líneas de datos no sea trenzado. El uso de líneas apantalladas es absolutamente esencial para el logro de una alta inmunidad del sistema en ambientes con emisiones altas de electromagnetismo (como en la fabricación de automóviles). El apantallamiento se usa para mejorar la compatibilidad electromagnética (CEM).

#### 4.14.4.2 Elementos del bus

El elemento esencial del bus es el nodo. PROFIBUS prevé la existencia de dos tipos de nodos:

- Activos: son nodos que pueden actuar como maestro del bus, tomando enteramente el control del bus

- Pasivos: son nodos que únicamente pueden actuar como esclavos y, por tanto, no tienen capacidad para controlar el bus. Estos nodos pueden dialogar con los nodos activos mediante un simple mecanismo de pregunta-respuesta, pero no pueden dialogar directamente entre sí.

Aparte de estos dos tipos de nodos, existen otros dos bloques esenciales en la arquitectura del bus:

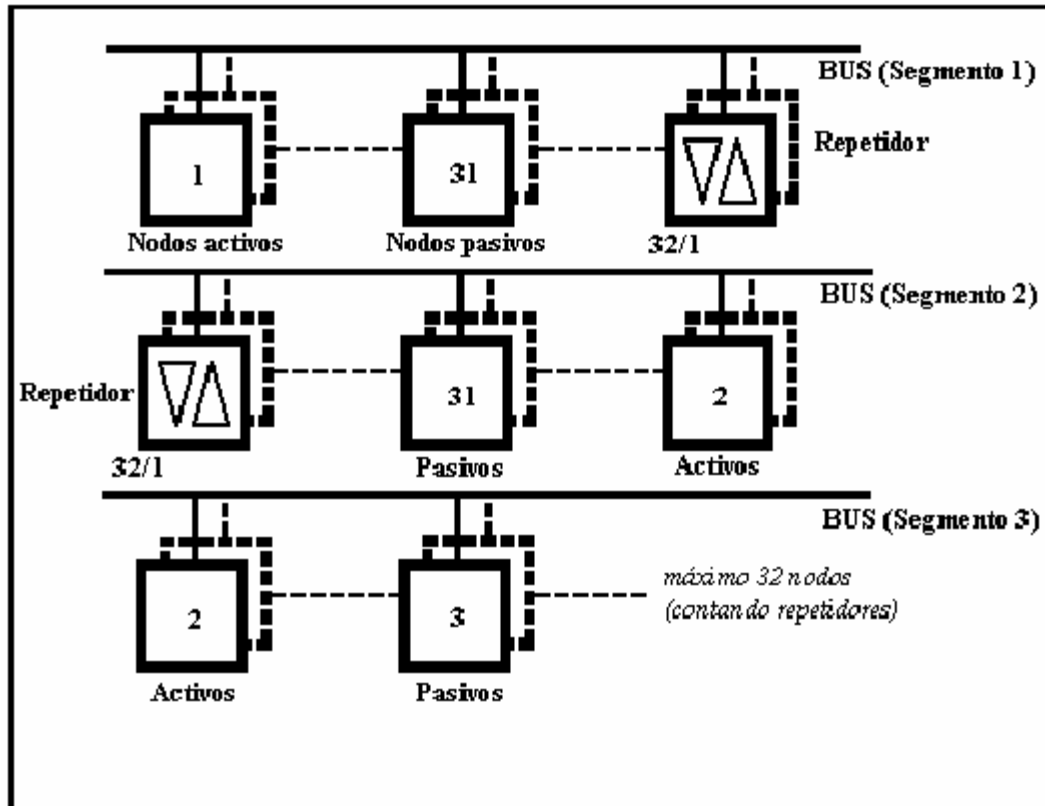
- Expansiones E/S: este tipo de bloques constituyen la interfaz con las señales de proceso y pueden estar integrados tanto en un nodo activo como en un nodo pasivo.
- Repetidores: los repetidores ejecutan el papel de simples transceptores bidireccionables para regenerar la señal. Su diferencia esencial con los estudiados en el caso del BITBUS es que no se requieren señales de control (RTS+, RTS-) para conmutar el sentido de la línea de datos, ya que el sistema de codificación en PROFIBUS es del tipo NRZ (por niveles) y las velocidades son más bajas.

#### **4.14.4.3 Topología**

La topología puede ser simplemente en forma de bus lineal o en forma de árbol, en el que los repetidores constituyen el nodo de partida de una expansión del bus (Figura 103).



Figura 103. Estructura física incluyendo repetidores para expansión del bus



Fuente: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Tema%208.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%208.pdf)

En este caso, la estructura en árbol es puramente una impresión de dibujo, ya que, como se verá, el PROFIBUS admite una estructura lógica de maestro flotante y una estación activa, ejerciendo el papel de maestro, que puede estar físicamente conectada a lo que se pudiera considerar una expansión del bus. Por tanto, incluso en caso de ramificaciones debe considerarse como un bus único.

El número máximo de nodos conectables a cada tramo del bus, sin necesidad de repetidores es de 32. A efectos de esta limitación los propios repetidores cuentan como un nodo. El número máximo de nodos del bus es de 127, de los cuales un máximo de 32 pueden ser nodos activos.

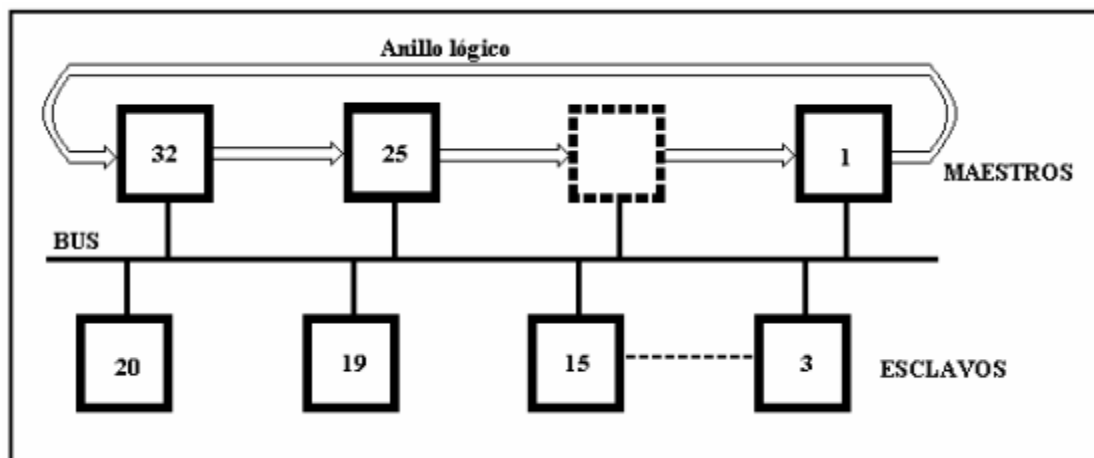
No existe ninguna limitación en cuanto a poder configurar una estructura con buses anidados (un esclavo puede ser, a su vez, maestro de otro bus de nivel

inferior), aunque deben considerarse como buses independientes, dado que el protocolo no permite direccionar desde arriba las estaciones de niveles inferiores.

#### 4.14.4.4 Estructura lógica

La estructura lógica es de tipo híbrido: las estaciones activas comparten una estructura de maestro flotante, relevándose en el papel de maestro mediante paso de testigo. Las estaciones pasivas sólo pueden ejercer el papel de esclavos, sea cual sea el maestro activo en cada momento. La Figura 104 ilustra esta estructura.

**Figura 104. Estructura lógica**



Fuente: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic.Ind/pdfs/Tema%208.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic.Ind/pdfs/Tema%208.pdf)

Naturalmente esta estructura admite la posibilidad de que exista un solo nodo activo en el bus, con lo que se convertiría en un bus con una estructura del tipo maestro-esclavo.

Cabe señalar que cuando una estación activa posee el testigo, considera a todas las demás como esclavos, incluyendo también al resto de estaciones activas que no poseen el testigo en aquel momento.

#### 4.14.4.5 Tecnología de transmisión

El área de aplicación de un sistema de buses de campo está claramente determinada por la elección de la tecnología de transmisión. Aparte de los requerimientos generales (seguridad de transmisión, distancia de la misma, velocidad) cobran particular importancia los factores electromecánicos. Cuando se mezclan aplicaciones para automatización de procesos, los datos y la energía deben ser transmitidos en un cable común.

Como es imposible satisfacer todos los requerimientos con una tecnología de transmisión sencilla, PROFIBUS aprovecha 3 variaciones:

- RS 485 (Transmisión para DP/FMS)

Es la transmisión más frecuentemente utilizada por PROFIBUS. Esta tecnología de transmisión es conocida como H2. Su área de aplicación incluye todas las áreas en las que se requieren alta velocidad de transmisión y una instalación sencilla. Tiene la ventaja de que posibles ampliaciones no influyen en las estaciones que se encuentran ya en operación.

Algunas de sus características son:

- Velocidad de transmisión de 9.6 Kbit/seg. a 12 Mbit/seg. Se seleccionará una para todos los dispositivos.
- La estructura de la red es lineal, con par trenzado.
- Conexión máxima de 32 estaciones sin repetidor (127 con repetidor).
- Longitud máxima del cable dependiente de la velocidad de transmisión.

**Tabla 10. Distancias basadas en la velocidad de transmisión**

V. Baudios (kbit/sec)	9,6	19,2	93,75	187,5	500	1500	2000
Distancia (m)	1200	1200	1200	1000	400	200	100

Fuente: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Tema%208.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%208.pdf)

En la conexión, es conveniente tener en cuenta algunas precauciones, de las que son destacables:

- Hay que asegurarse de no torcer las líneas de datos.
  - Se recomienda el uso de líneas de datos escudadas para mejorar la compatibilidad electromagnética (EMC).
  - Se recomienda mantener las líneas de datos separadas de los cables de alto voltaje.
- IEC 1158-2 (Transmisión PROFIBUS PA)

La tecnología de transmisión IEC 1158-2 cumple los requerimientos de las industrias químicas y petroquímicas. Posee una seguridad intrínseca y permite a los dispositivos de campo ser conectados al bus. Es una tecnología principalmente usada por PROFIBUS PA y suele conocerse como H1.

La transmisión se basa en los siguientes principios:

- Cada segmento tiene sólo una fuente de energía.
- No se produce ningún tipo de alimentación cuando una estación está enviando datos.
- Los dispositivos actúan como sumideros pasivos de corriente.

- Se permiten redes con estructura lineal, en árbol y estrella.
- Para incrementar la fiabilidad, se pueden diseñar segmentos de bus redundantes.

Las características más importantes de este tipo de transmisión son:

- Transmisión de datos digital, asíncrona, codificación Manchester.
- Velocidad de transmisión 31.25 kbit/seg.
- Seguridad de los datos: prueba de error al principio y al final.
- Cable de dos líneas trenzadas.
- Opción de alimentación a distancia.
- Conexión de 32 estaciones por segmento (máximo de 126 con repetidor).
- Posibilidad de expansión hasta a 4 repetidores.
- La estructura de la red es lineal, en árbol o una combinación de ambas.

- Fibra óptica

Los conductores por fibra óptica pueden ser usados para aplicaciones PROFIBUS en ambientes con interferencias electromagnéticas muy altas y para incrementar la distancia máxima con velocidades elevadas. Hay disponibles dos tipos de conductores. Los conductores por fibra óptica (plástico) para distancias de 50m. O los conductores por fibra óptica (cuarzo) para distancias de 1Km.

Muchos fabricantes ofrecen conexiones especiales que posibilitan una conversión integrada de señales RS 485 para trabajar con conductores de fibra óptica y viceversa. Esto proporciona un método muy sencillo de intercambio entre transmisión RS 485 y transmisión por fibra óptica en un mismo sistema.

#### **4.14.5 Protocolo**

PROFIBUS especifica las características técnicas y funcionales de un sistema de buses de campo serie con el cual controladores digitales descentralizados pueden trabajar juntos en red desde el nivel de campo hasta el nivel de célula. Esto lo hace distinguiendo entre elementos Maestro y elementos Esclavo.

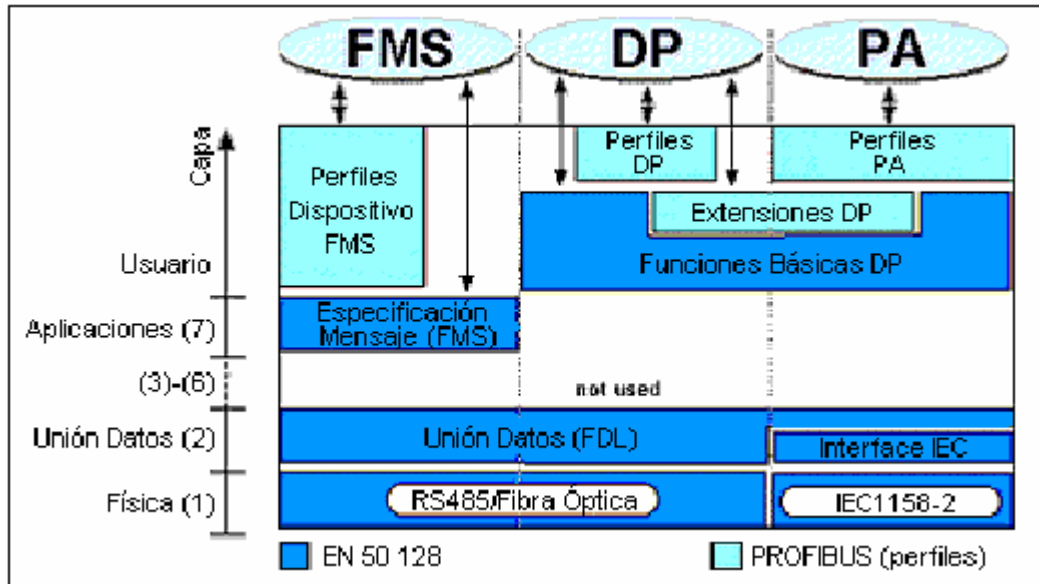
Los dispositivos Maestro determinan la comunicación de datos en el bus. Un maestro puede enviar mensajes sin una petición externa cuando mantiene el derecho de acceso al bus (llamado de forma común “testigo”).

Los dispositivos Esclavo son dispositivos periféricos. Algunos de ellos son las entradas y salidas, las válvulas y los transmisores de medida. No tienen derecho de acceso al bus y sólo pueden reconocer mensajes recibidos o enviar mensajes al Maestro cuando este se lo ordena (por lo que se les llama estaciones pasivas). Su implementación es especialmente económica ya que sólo requieren una pequeña parte del bus.

##### **4.14.5.1 Arquitectura protocolar**

PROFIBUS está basado en normas internacionalmente reconocidas. La arquitectura protocolar está orientada al sistema OSI (Open System Interconnection), modelo de referencia de acuerdo con la norma internacional SO 7498. En este modelo cada capa de la transmisión realiza tareas definidas de forma precisa (ver Figura 105):

**Figura 105. Arquitectura protocolar de PROFIBUS**



Fuente: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Tema%208.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%208.pdf)

La Capa 1 o Capa física define las características de la transmisión.

La Capa 2 o Capa de Enlace (FDL – Fieldbus Data Link) define el protocolo de acceso al bus y se encarga de establecer el orden de circulación del testigo una vez inicializado el bus, adjudicando el testigo en el arranque, en caso de pérdida del mismo, o en caso de adición o eliminación de estaciones activas.

La Capa 7 o Capa de aplicación define las funciones de aplicación.

- PROFIBUS DP
  - Usa las capas 1 y 2 y el interface de usuario, mientras que no define de las capas 3 a 7.
  - Asegura una transmisión de datos rápida y eficiente.
  - El *DDL*M (*Direct Data Link Mapper*) proporciona al interface de usuario un fácil acceso a la capa 2.

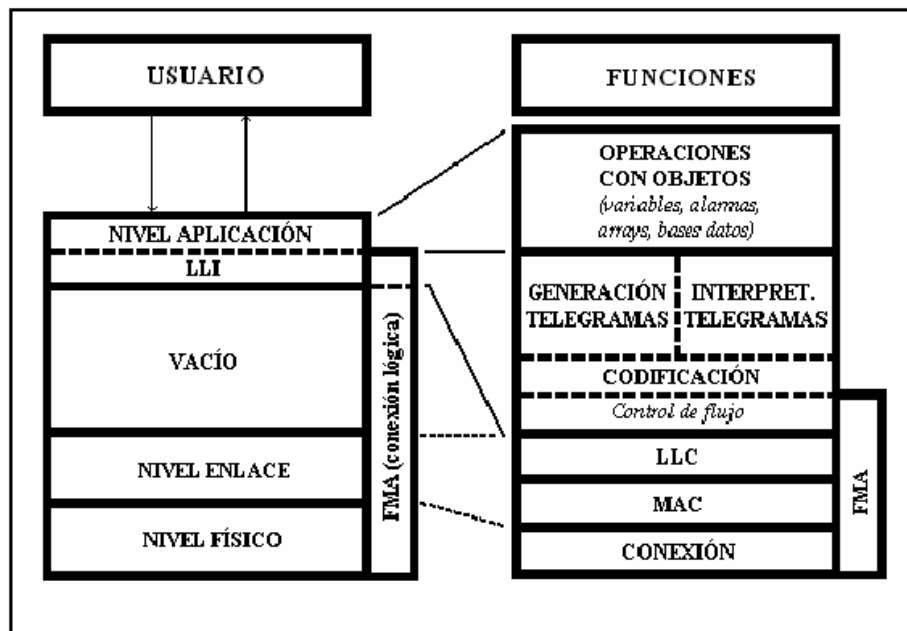
- Las funciones de aplicación disponibles por el usuario así como el comportamiento del sistema se especifican en el interface de usuario.
- Se permite una comunicación RS-485 o por fibra óptica.
- PROFIBUS FMS:
  - Define las capas 1, 2 y 7.
  - La capa de aplicación está formada por las subcapas FMS (Fieldbus Message Specification) y LLI (Lower Layer Interface).
  - FMS contiene el protocolo de aplicación y proporciona al usuario una amplia selección de potentes servicios de comunicación.
  - LLI implementa varias relaciones de comunicación y proporciona a FMS un acceso independiente a la capa 2.
  - La capa 2 (capa de unión de datos) ofrece el control de acceso al bus y garantiza la seguridad de los datos.
- PROFIBUS PA:
  - Utiliza el protocolo DP extendido para la transmisión de datos.
  - Usa un indicador que define el comportamiento de los dispositivos de campo.
  - La tecnología de transmisión permite un alto grado de seguridad y deja que los elementos de campo sean conectados al bus.
  - Pueden ser integrados de una forma fácil en redes de trabajo PROFIBUS DP.



Nota: PROFIBUS DP y PROFIBUS FMS utilizan la misma tecnología de transmisión y un protocolo de acceso al bus uniforme. Por tanto, ambos pueden operar simultáneamente en un mismo cable.

El protocolo PROFIBUS establece las reglas de comunicación desde el nivel de enlace hasta el nivel de aplicación. En una estructura de bus basada sólo en tres niveles (1, 2 y 7 del modelo OSI) y que desea integrar en redes de rango superior que utilizan el modelo OSI completo, se precisa una adaptación entre los niveles 2 y 7. Esta adaptación se hace mediante la anteriormente citada subcapa LLI (subcapa del nivel 7), mediante el enlace con los servicios de los niveles inferiores mediante una interface de protocolo conocida como FMA (Fieldbus Management) (ver Figura 106):

**Figura 106. Organización del protocolo basado en una estructura de 3 niveles**

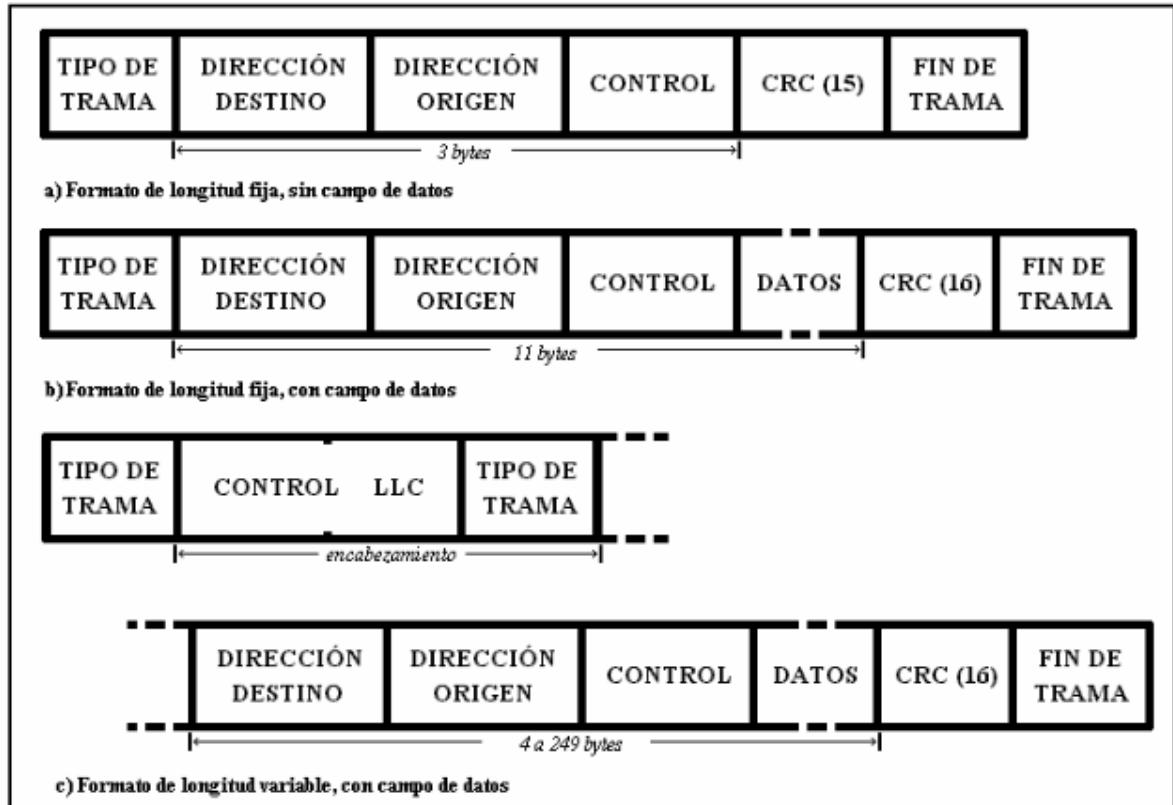


Fuente: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Tema%208.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%208.pdf)

#### 4.14.5.2 Trama

La trama admite 3 tipos de formato (ver Figura 107): Tramas de longitud fija sin datos, tramas de longitud fija con datos y tramas de longitud variable

**Figura 107. Distintos formatos de trama**



Fuente: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Tema%208.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%208.pdf)

La interpretación de dichas tramas es algo compleja debido a la variedad de tipos previstos para dar servicios a dispositivos con distinto nivel de complejidad, por lo que nos centraremos en explicarlas dentro de los mensajes básicos (cíclicos y acíclicos) que ofrece el protocolo a nivel de enlace.

#### 4.14.5.3 Mensajes cíclicos y acíclicos

Estos dos tipos de mensajes son los que ofrece como básicos el protocolo estudiado. Las características que presentan son:

- Mensajes cíclicos: Estos mensajes permiten el intercambio de datos de baja prioridad y por tanto no críticos en cuanto tiempo de respuesta. Los servicios disponibles son los siguientes:
  - SDN (Send Data with No acknowledge): Mensajes de difusión (de Maestro a todos los esclavos).
  - SDA (Send Data with Acknowledge): Mensaje punto a punto cuya función es enviar datos o funciones de control del Maestro a uno de los esclavos.
  - RDR (Request Data with Reply): Mensajes punto a punto cuya función es la de solicitar datos a uno de los esclavos.
  - SRD (Send and Request Data): Mensajes punto a punto que permiten enviar datos y recibir datos de un esclavo.

La respuesta a uno de estos mensajes está condicionada por el tiempo total de ciclo del testigo entre todos los nodos activos.

- Mensajes acíclicos: Estos mensajes permiten acortar el tiempo de respuesta de los datos críticos. A cada turno de Maestro se puede enviar un mensaje de difusión conteniendo los valores críticos de todos los esclavos. La lista de estos valores es conocida por todas las estaciones maestras en una tabla. Los mensajes pueden ser de 2 tipos:
  - CRDR (Cyclic Request Data with Reply).
  - CSRD (Cyclic Send and Request Data).

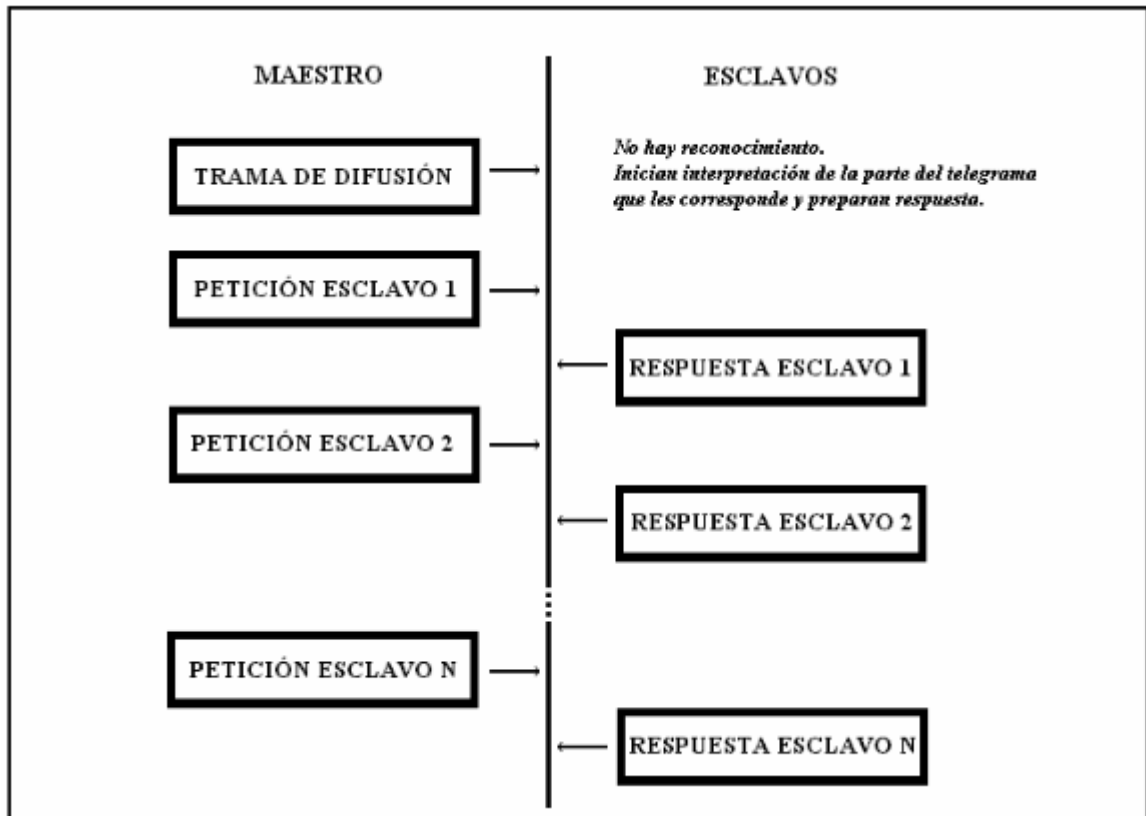
**Figura 108. Trama de difusión para intercambios cíclicos**



Fuente: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Tema%208.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%208.pdf)

Las respuestas se producen de forma escalonada mediante una instrucción de lectura rápida en cada uno de los esclavos, pero sin tener que esperar el tiempo de procesamiento de la orden, puesto que la petición se hizo ya anteriormente mediante el mensaje de difusión (Figura 109)

**Figura 109. Secuencia de telegramas en un intercambio cíclico**



Fuente: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Tema%208.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%208.pdf)

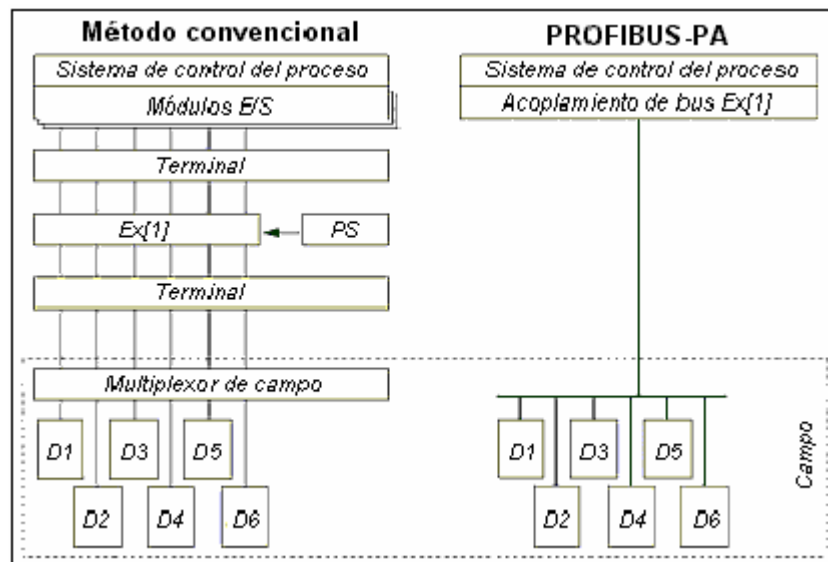
Las tramas de los telegramas admiten, como ya se ha dicho, formatos muy diversos, dependiendo del tipo de aplicación. Dentro de la Organización de usuarios de PROFIBUS se han formado distintos grupos que han desarrollado los detalles de protocolo para distintos campos de aplicación, en ramas tan diversas como regulación (de velocidad, de temperatura, química, alimentación) etc.

#### 4.14.6 Versiones compatibles de la familia PROFIBUS

##### 4.14.6.1 Profibus PA

PROFIBUS-PA es la solución PROFIBUS a los procesos de automatización. PA conecta los sistemas de automatización y los sistemas de control de procesos con los dispositivos de campo, como son los transmisores de presión, temperatura y nivel. PA puede ser usado como sustituto para la tecnología analógica de 4 a 20 ma. Los logros del PROFIBUS-PA producen un ahorro del 40% en proyecto, cableado y mantenimiento, y ofrece un incremento significativo en funcionalidad y seguridad. La figura muestra las diferencias entre cablear un sistema convencional de 4 a 20 mA y un sistema basado en PROFIBUS-PA.

**Figura 110. Comparación de técnicas de transmisión**



Fuente: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Tema%208.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%208.pdf)

Cuando se usa el método convencional de cableado, cada línea individual de señal debe estar conectada al módulo I/O del sistema de control del proceso. Para cada aparato se requiere una fuente de energía distinta. Como contraste, cuando se usa PROFIBUS-PA, sólo se necesita una línea de dos cables para transmitir toda la información y la energía a los dispositivos de campo. Esto no solo produce ahorro en el cableado, sino que reduce el número de módulos I/O requeridos en los sistemas de control de procesos. PROFIBUS-PA permite medir, controlar y regular mediante una línea simple de dos cables. También permite la alimentación de los dispositivos de campo incluso en áreas intrínsecas de seguridad. Permite el mantenimiento y la conexión/desconexión de los aparatos durante la operación sin afectar a otras estaciones, incluso en áreas potenciales de explosión. PROFIBUS-PA ha desarrollado los requisitos especiales de esta área de aplicación en estrecha cooperación con los usuarios en el proceso industrial (NAMUR):

- Perfiles de aplicación únicos para el proceso de automatización y la capacidad de cambio de los dispositivos de campo para diferentes proveedores.
- La adición o sustracción de estaciones del bus incluso en áreas intrínsecas de seguridad sin influencia en otras estaciones.
- Comunicación transparente por medio de parejas de segmentos entre los segmentos del PROFIBUS-PA en procesos de automatización de la fabricación.
- Alimentación a distancia y transmisión de datos a lo largo de los mismos dos cables basándose en la tecnología IEC 1158-2.
- Uso en áreas potenciales de explosión con protección a explosión tipo “intrínseca de seguridad” o “no intrínseca de seguridad”.

- Protocolo de transmisión.

PROFIBUS-PA usa las funciones básicas del PROFIBUS-DP para la transmisión de valores de medida y de estado, y las funciones extendidas del mismo para la parametrización y operación de los dispositivos de campo.

Para la transmisión se usa la tecnología de dos cables en concordancia con la norma IEC 1158-2.

Los telegramas son suministrados con límites de comienzo y fin de la transmisión en el segmento IEC 1158-2. La Figura 111 muestra como:

**Figura 111. Transmisión de datos con PROFIBUS PA en el bus**



Fuente: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Tema%208.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%208.pdf)

- Perfil de los dispositivos.

El perfil PROFIBUS-PA asegura las capacidades de cambio y de interpolación de los dispositivos de campo de diferentes proveedores. Forma parte íntegra de PROFIBUS-PA y está disponible en la Organización de Usuarios de PROFIBUS bajo el número de orden 3.042.

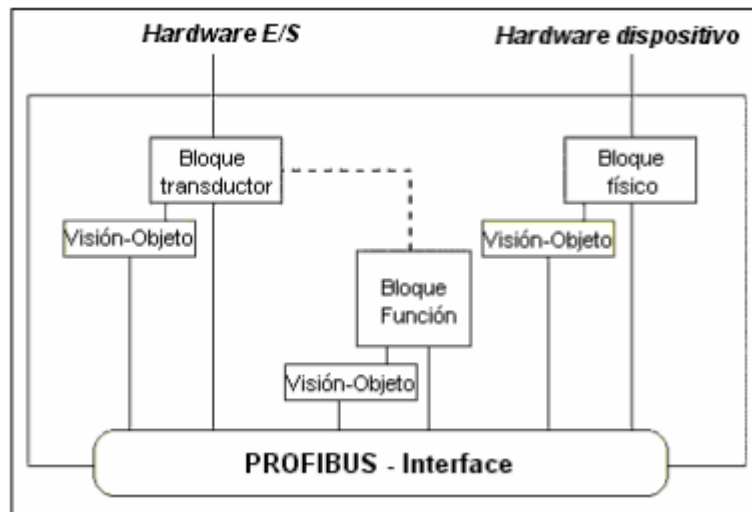
La tarea del perfil PROFIBUS-PA es seleccionar las funciones que la comunicación requiere actualmente para los modelos de los dispositivos

de campo, y mantener todas las especificaciones necesarias para aquellas funciones/comportamiento del dispositivo.

El perfil PA consiste en requisitos generales que contienen especificaciones aplicables a todos los modelos de dispositivos y hojas de datos del dispositivo que contienen información de la configuración para el tipo de dispositivo respectivo.

Los perfiles usan el modelo de funciones en bloque, como se aprecia en la Figura 112

**Figura 112. Modelo de bloque de funciones en PROFIBUS PA**



Fuente: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Tema%208.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%208.pdf)

Este modelo también se amolda a las consideraciones de regulación internacionales. Hoy, las hojas de datos de dispositivos han sido especificadas para todos los transmisores de medida comúnmente usados y otros tipos de dispositivos seleccionados como:

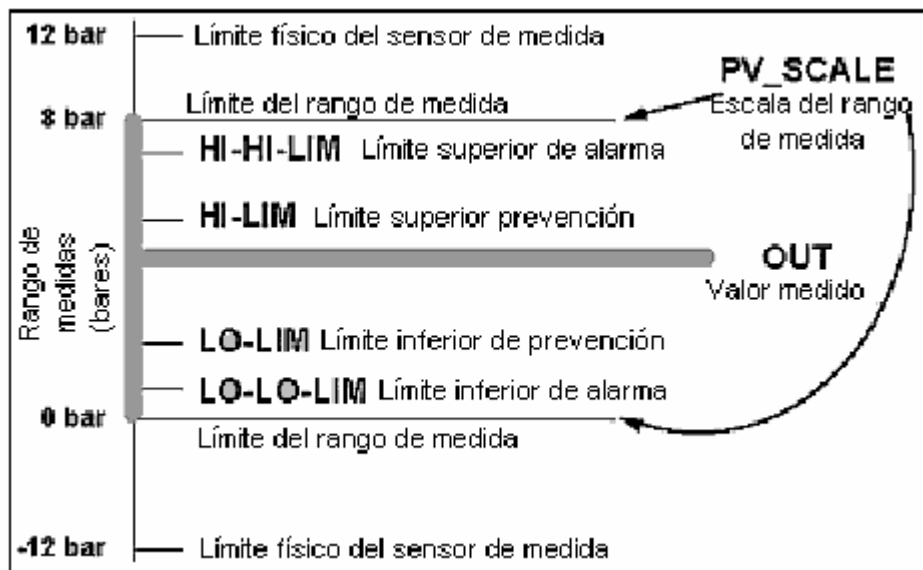
- Transmisores de medida de presión, nivel, temperatura y flujo.
- Entradas y salidas digitales.



- Entradas y salidas analógicas.
- Válvulas.
- Posicionadores.

El comportamiento del dispositivo es descrito especificando variables reguladas dependiendo de los transmisores de medida. La Figura 113 muestra el principio de un transmisor de presión que es descrito con la entrada analógica en la función de bloque:

**Figura 113. Diagrama de los parámetros de un transmisor de presión con PROFIBUS PA**



Fuente: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Tema%208.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%208.pdf)

#### 4.14.6.2 Profibus DP

PROFIBUS-DP está diseñado para la comunicación de datos a alta velocidad a nivel de dispositivo. Los controladores centrales (PLC's / PC's) se comunican con los dispositivos de campo distribuidos por medio de un enlace serie de alta velocidad. La mayoría de las comunicaciones de datos con estos dispositivos

periféricos es realizada de una forma cíclica según la norma EN 50 170. Además de las funciones cíclicas, se requieren otras de tipo acíclico para dispositivos de campo inteligentes para permitir la configuración, diagnóstico y manejo de alarmas.

- Características básicas de PROFIBUS DP

El controlador central (maestro) lee de forma cíclica la información procedente de los esclavos y escribe la información de salida en los esclavos. El tiempo de ciclo del bus debe ser más pequeño que el tiempo de ciclo del programa del PLC central (para la mayoría de aplicaciones es de 10 m-seg.). Además PROFIBUS DP proporciona funciones poderosas para diagnósticos y configuración en las transmisiones de datos de usuario cíclicas. La comunicación de datos es monitoreada mediante las funciones tanto en el maestro como en el esclavo. En la Tabla 11 se pueden observar las características básicas de PROFIBUS DP.

**Tabla 11. Características básicas de PROFIBUS DP**

Tecnología de transmisión
1) RS-485, par trenzado, dos líneas de cable o fibra óptica. 2) Velocidad en baudios: de 9.6 Kbit/seg. a 12 Mbit/seg.
Acceso al bus
1) El procedimiento entre maestros se realiza mediante el paso del testigo y entre esclavos mediante la jerarquía maestro-esclavo. 2) Posibilidad de sistemas monoamo y multiamo. 3) Máximo de 126 estaciones en un bus (entre maestros y esclavos).
Comunicación
1) Par a par (transmisión de datos de usuario) o Multicast (comandos de control). 2) Transmisión cíclica de datos entre maestro-esclavo y transmisión acíclica

entre maestros.

---

#### Modos de operación

- 1) Operate: Transmisión cíclica de datos de entrada y salida.
- 2) Clear: Se leen las entradas manteniendo las salidas en estado de seguridad.
- 3) Stop: Sólo se permite la transmisión de datos entre maestros.

---

#### Velocidad

- 1) Se necesita sólo 1 mseg. para transmitir 512 bits de datos de entrada y 512 bits de datos de salida distribuidos en 32 estaciones a una velocidad de 12 Mbit/seg.

---

#### Sincronización

- 1) Los comandos de control permiten la sincronización de entradas y salidas.  
Modo Sync: Sincroniza salidas.  
Modo Freeze: Sincroniza entradas.

---

#### Funcionalidad

- 1) Transmisión de datos de usuario cíclica entre el maestro y el(los) esclavo(s).
- 2) Activación o desactivación dinámica de DP esclavos de forma individual.
- 3) Chequeo de la configuración del DP esclavo.
- 4) Poderosas funciones de diagnóstico, con 3 niveles jerárquicos de mensajes.
- 5) Sincronización de las entradas y/o salidas.
- 6) Asignación de direcciones sobre el bus de los DP esclavos.
- 7) Configuración del DP maestro (clase 1) sobre el bus.
- 8) Máximo de 244 bytes de entradas y salidas de datos por DP esclavo.

---

#### Funciones de diagnóstico

- 1) Permiten una rápida localización de los errores.
- 2) Los mensajes de diagnóstico se transmiten por el bus y se recogen en el maestro, dividiéndose en tres niveles jerarquizados de menor a mayor especialización: Relativos a estaciones (se refieren al estado general del dispositivo), relativos a módulos (se refieren a errores en rangos específicos de entrada/salida) y relativos a canales (se refieren a errores en bits individuales de

entrada/salida).

---

#### Funciones de seguridad y protección

- 1) Todos los mensajes se transmiten con una distancia Hamming HD=4
- 2) Temporizador guardián en DP esclavo.
- 3) Protección de acceso para las entradas/salidas de los DP esclavos.
- 4) Monitorización de los datos de usuario con un temporizador configurable en el maestro.

---

#### Tipos de dispositivos

- 1) DP maestro clase 2(DPM2): dispositivos de diagnóstico/programación/configuración.
- 2) DP maestro clase1(DPM1): Controladores programables centrales como PLCs y PCs.
- 3) DP esclavo: Dispositivos con entradas/salidas binarias o analógicas, esclavos, etc.

---

Fuente: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Tema%208.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%208.pdf)

- Configuración del sistema y tipos de dispositivos.

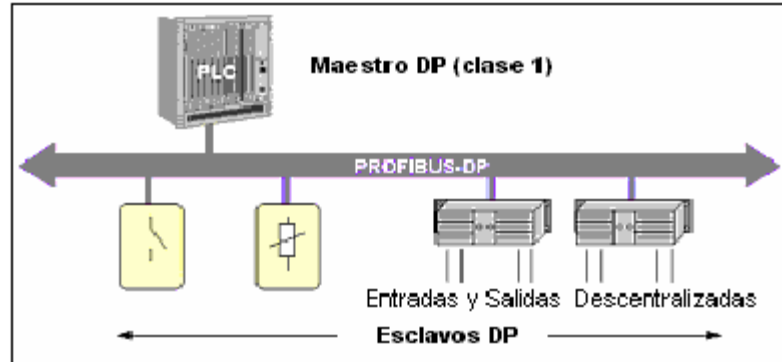
PROFIBUS DP permite sistemas mono-amo y multi-amo. Esto proporciona un alto grado de flexibilidad durante la configuración del sistema, pudiendo conectar hasta 126 dispositivos (maestros o esclavos) en un bus. La descripción de la configuración del sistema consiste en el número de estaciones, la asignación entre la dirección de la estación y las direcciones de las entradas/salidas, el formato de los datos de entrada/salida, el formato de los mensajes de diagnóstico y los parámetros del bus usados. Cada sistema PROFIBUS DP puede contener 3 tipos diferentes de dispositivos:

- *DP Maestro Clase 1 (DPM1)*: Controlador central que intercambia información con las estaciones descentralizadas (DP esclavos) con un ciclo de mensaje específico. Dispositivos típicos son los controladores programables (PLCs), los PCs y los sistemas VME.
- *DP Maestro Clase 2 (DPM2)*: Son programadores, dispositivos de configuración y operadores. Se usan para la identificación de la configuración del sistema DP o para el funcionamiento y supervisión de operaciones.
- *DP esclavo*: Es un dispositivo periférico (entradas/salidas, válvulas, etc.) que recoge información de entrada y/o manda información de salida.

La cantidad de información de entrada y salida depende del tipo de dispositivo, permitiéndose un máximo de 244 bytes de entrada y 244 bytes de salida.

En los sistemas mono- maestro sólo se encuentra activo un maestro en el bus durante la fase de operación, siendo el controlador programable el componente de control central. Los DP esclavos distribuidos son enlazados mediante el bus. Estos sistemas presentan el tiempo de ciclo más corto.

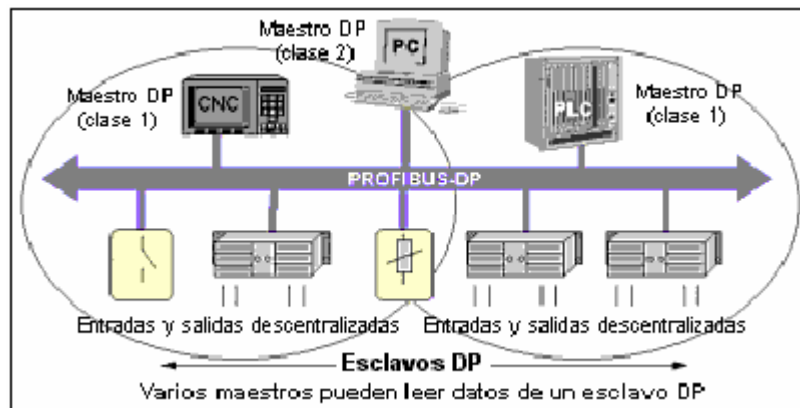
**Figura 114. Sistema mono-maestro PROFIBUS DP**



Fuente: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Tema%208.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%208.pdf)

En la configuración multi-maestro se conectan varios maestros al bus. Estos maestros son subsistemas independientes consistentes cada uno en un DPM1 maestro y sus correspondientes DP esclavos (o dispositivos adicionales). Las imágenes de las entradas y las salidas de los esclavos pueden ser leídas por todos los DP maestros. Sin embargo, sólo un DP maestro (el asignado durante la configuración) puede tener acceso de escritura en las salidas. Los sistemas multi-maestro presentan un tiempo de ciclo mayor que los sistemas mono-maestro.

**Figura 115. Sistema multi-maestro PROFIBUS DP**



Fuente: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Tema%208.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%208.pdf)

- Comportamiento del sistema.

El comportamiento del sistema es determinado principalmente por el estado de los DPM1. Los DPM1 pueden ser controlados localmente o mediante el bus por el dispositivo de configuración. Hay 3 estados principales:

- Stop: No se produce ningún tipo de transmisión entre DPM1 y los DP esclavos.
- Clear: DPM1 lee la información de entrada de los DP esclavos y mantiene las salidas en estado de espera (seguridad).
- Operate: DPM1 se encuentra en la fase de transferencia de datos. En una comunicación cíclica, se leen las entradas de los DP esclavos, y se escribe la información de salida en los DP esclavos.

El DPM1 envía de forma cíclica su estado a todos los DP esclavos que tiene asignados mediante un comando multi-cast a intervalos de tiempo configurables. La reacción del sistema a un error durante la fase de transferencia de datos del DPM1 (por ejemplo: error en un DP esclavo) se determina por un parámetro de configuración "autoborrado". Si este parámetro pasa a un estado true (verdadero), el DPM1 pone todas las salidas de sus DP esclavos asignados a un estado de espera (seguridad) hasta que se cumplan de nuevo todas las condiciones para una transmisión correcta.

- Transmisión cíclica de datos entre DPM1 y DP esclavos.

La transmisión de datos entre DPM1 y sus DP esclavos asignados es ejecutada de forma automática por DPM1 en un orden definido. Al configurar el sistema del bus, el usuario especifica la asignación de un

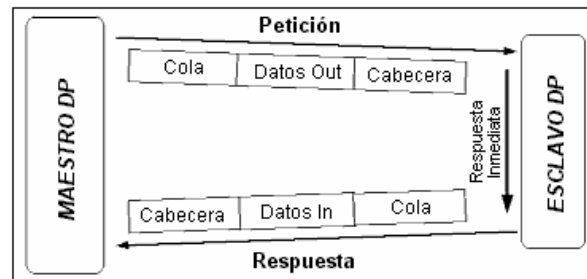
DP esclavo a un DPM1 y cuales de estos esclavos se incluirán o se excluirán de la transmisión de datos de usuario.

La transmisión de datos de usuario entre DPM1 y DP esclavos se divide en 3 fases:

- Parametrización.
- Configuración.
- Transferencia de datos.

Durante las fases de parametrización y configuración, cada DP esclavo compara su configuración real (tipo de dispositivo, formato y longitud de la información) con la configuración esperada que es la que presenta DPM1. El DP esclavo sólo será incluido en la fase de transferencia de datos si coinciden las dos configuraciones anteriores. Estas pruebas garantizan al usuario una protección adecuada contra los errores de parametrización.

**Figura 116. Transmisión de datos de usuario con PROFIBUS DP**



Fuente: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Tema%208.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%208.pdf)

- Transmisión cíclica de datos entre DPM1 y los dispositivos de configuración.



Además de las funciones maestro-esclavo, también son posibles las funciones de comunicación entre maestros. Estas funciones hacen posible a los dispositivos de diagnóstico, configurar el sistema sobre el bus, habilitar y deshabilitar transferencias de datos entre DPM1 y DP esclavos individuales e incluso cambiar el estado de operación de DPM1.

- Modos Sync y Freeze.

El maestro puede enviar comandos de control a un esclavo, a un grupo de esclavos, o a todos los esclavos simultáneamente. Estos comandos de control son enviados como comandos multi-cast y permiten el uso de los modos sync y freeze para una eventual sincronización controlada de los DP esclavos.

Los esclavos se sitúan en el modo sync cuando reciben un comando sync de su maestro. Las salidas de todos los esclavos direccionados quedan enclavadas en su estado actual. Durante las siguientes transmisiones de datos, las salidas de datos son guardadas por los esclavos, pero los estados de las salidas permanecen inalterables. Los datos de salida almacenados no serán enviados a las salidas hasta que se reciba un nuevo comando sync. El modo sync acaba con el comando unsync.

De forma parecida, un comando de control freeze provoca que los esclavos direccionados adopten el estado freeze. En este modo de operación, los estados de las entradas son enclavados en su valor actual. Los datos de salida no serán actualizados hasta que el maestro envíe el siguiente comando freeze. El modo freeze termina con el comando unfreeze.

- Mecanismos de protección.

La seguridad y la fiabilidad hacen necesario proporcionar a los dispositivos DP unas funciones de protección efectivas contra los errores de parametrización o los fallos en la transmisión. El tiempo de monitorización viene dado por el DP maestro y los DP esclavos. El intervalo de monitorización se especifica durante la configuración.

En los sistemas multi- maestro es también necesaria una protección de acceso para las entradas y salidas de los DP esclavos. Esto asegura que el acceso directo puede realizarse sólo por el maestro autorizado. Para todos los demás maestros, los esclavos ofrecen una imagen de sus entradas y salidas que pueden ser leídas por cualquier maestro, incluso sin tener derechos de acceso.

Las funciones extendidas permiten funciones de lectura y escritura acíclicas e interrupciones que pueden ser realizadas de forma paralela a la transmisión de datos cíclica. Además, los accesos acíclicos a los parámetros y valores de medida de un esclavo pueden ser utilizados para el diagnóstico y el control de operación sobre estaciones. Con estas funciones PROFIBUS DP cumple los requerimientos de dispositivos complejos que de otra forma deberían ser parametrizados durante la operación. Algunos ejemplos típicos son los elementos usados en procesos de automatización, operadores de control inteligentes y dispositivos de monitorización así como los convertidores de frecuencia. En comparación con los valores medidos en la transmisión cíclica, estos valores son raramente cambiados. Por esta razón, la transmisión se realiza con una menor prioridad en relación con la alta velocidad de la transferencia de datos cíclica.

Dentro de este tipo de funciones se encuentran:

- Comunicaciones extendidas de datos entre DPM1 y DP esclavos:

Presenta funciones que posibilitan el acceso directo (escritura/lectura) de DPM1 a una parte deseada dentro del esclavo, así como el reconocimiento de alarmas.

- Transmisión extendida de datos entre DPM2 y DP esclavos:

Permite a los dispositivos DPM2 realizar procesos de lectura/escritura en cualquier bloque que se desee del DP esclavo.

El protocolo PROFIBUS DP define cómo los datos de usuario van a ser transmitidos entre las estaciones por el bus. Los datos de usuario no son evaluados por el protocolo de transmisión de PROFIBUS DP. De esto se encargan los perfiles que además especifican cómo será utilizado el PROFIBUS DP en el área de aplicación. Al utilizar los perfiles, los operadores de planta y los usuarios tienen la ventaja de poder interconectar elementos de distintos vendedores. Los perfiles también reducen significativamente los costes de ingeniería y el intercambio de componentes individuales entre distintos fabricantes dentro de una planta industrial puede ser realizado sin temor a notar la más mínima diferencia.

Dos de los perfiles más significativos son:

- Perfil para dispositivos HM1 (3.082):

Especifica el enlace de dispositivos de monitorización de procesos y control de operaciones con componentes de automatización de niveles superiores mediante PROFIBUS DP.

- Perfil de velocidad variable (3.072):

Los fabricantes líderes han definido el perfil PROFIDRIVE, que especifica la parametrización y los valores a transmitir entre diferentes componentes, lo que permite la comunicación entre dispositivos de distintos vendedores.

#### 4.14.6.3 Profibus FMS

PROFIBUS-FMS está diseñado para la comunicación a nivel celular. A este nivel los controladores programables (por ejemplo: PLC's y PC's) se comunican en principio entre sí. En esta área de aplicación es más importante un alto grado de funcionalidad que unos tiempos rápidos de reacción del sistema.

##### OBJETO - CLIENTE ORIENTADO - MODELO DE SERVIDOR

Servicios del FMS:

- Establece y desconecta conexiones lógicas.
- Lee y escribe variables.
- Carga y lee áreas de memoria.
- Compila, empieza y detiene programas.
- Transmite mensajes de sucesos con más o menos prioridad.
- Peticiones de estado y de identificación de dispositivos.
- Servicios para la dirección del diccionario de objeto.

Buses de campo – tipos relacionados de relaciones de comunicación

- Conexiones maestro-maestro.
- Conexiones maestro-esclavo para la transmisión de datos cíclica o acíclica.
- Conexiones maestro-esclavo para la transmisión de datos cíclica o acíclica con iniciativa del esclavo.
- Conexiones para relaciones de comunicaciones.

- Atributos de conexión.

- Capas de aplicación.

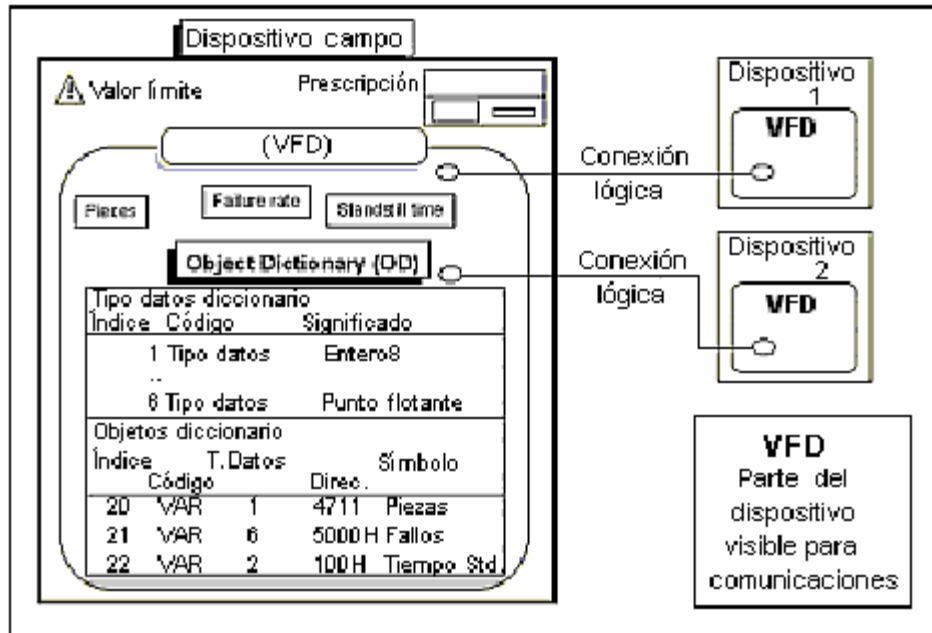
La capa de aplicación proporciona los servicios de comunicación que pueden ser usados por el usuario. Estos servicios hacen posible el acceder a variables, transmitir programas y controlar su ejecución así como la transmisión de sucesos. Formado por las siguientes partes:

- La especificación de mensajes del bus de campo, la cual describe los objetos y servicios de comunicación.
- El interface de la capa más baja que es usado para adaptar los servicios de la anterior con esta segunda capa.

- Modelo de comunicación.

El modelo de comunicación PROFIBUS-FMS permite a los procesos de aplicación distribuidos ser unificados en un proceso común usando relaciones de comunicación. Esa porción de un proceso de aplicación en un dispositivo de campo que puede ser alcanzado vía comunicación se llama "dispositivo virtual de campo". La Figura 117 muestra la relación entre el dispositivo real de campo y el dispositivo virtual de campo. En este ejemplo, solo ciertas variables, como número de unidades, proporción de fallo y tiempo fuera de servicio, son parte del dispositivo virtual de campo y pueden ser leídas y escritas vía las dos relaciones de comunicación.

**Figura 117. Dispositivo de campo virtual.**



Fuente: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Tema%208.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%208.pdf)

- Objetos de comunicación y diccionario de objetos.

Todos los objetos de comunicación de un dispositivo FMS están por completo en el diccionario de objetos locales del dispositivo. El diccionario de objetos contiene la descripción, estructura y tipos de datos, así como la relación entre las direcciones internas del dispositivo de los objetos de comunicación y su designación en el bus (índice/nombre). El diccionario de objetos se compone de los siguientes elementos:

- Cabecera.
- Lista de tipos de datos estáticos.
- Diccionario de objetos estáticos.
- Lista dinámica de listas de variables.

- Lista dinámica de programa.

Las partes individuales del diccionario de objetos solo deben estar presentes cuando el dispositivo soporte en dicho momento esas funciones.

Los objetos estáticos de comunicación están por completo en el diccionario de objetos estáticos. Pueden ser predefinidos por el fabricante del dispositivo o especificados durante la configuración del bus del sistema. FMS reconoce cinco tipos de objetos de comunicación:

- Variable simple.
- Array: Series de variables simples del mismo tipo.
- Registro: Series de variables simples de distinto tipo.
- Dominio.
- Suceso.

Los objetos dinámicos de comunicación están por completo en la parte dinámica del diccionario de objetos. Pueden ser predefinidos o definidos, borrados o cambiados con los servicios de FMS. FMS reconoce dos tipos de objetos dinámicos de comunicación:

- Invocación del programa.
- Lista de variable: Series de variables simples, arrays o registros.

El direccionamiento lógico es el método preferido de direccionar para objetos de comunicación FMS. El acceso es interpretado con una dirección corta (el índice) que es un número del tipo hexadecimal sin signo. Cada objeto tiene un índice individual. Como opción, los objetos

también pueden ser direccionados por nombre o con sus direcciones físicas.

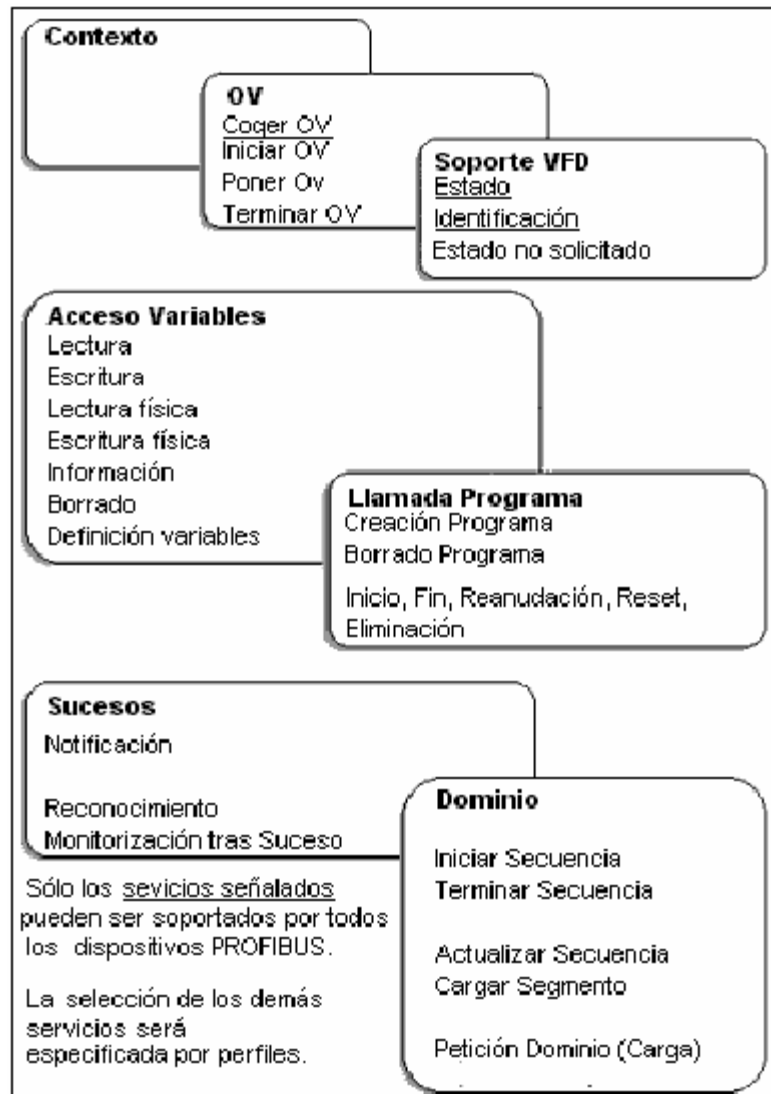
Cada objeto de comunicación puede ser opcionalmente protegido contra accesos no autorizados. El acceso a un objeto puede ser solo permitido con una cierta contraseña o puede ser solo permitido para cierto grupo de dispositivos. La contraseña y el grupo de dispositivos pueden ser especificados en el diccionario de objetos para cada objeto individualmente. Además, los servicios permitidos (accesos de solo lectura) para acceder a un objeto pueden ser restringidos.

- Servicios.

Los servicios de FMS provienen de los servicios que han sido optimizados para aplicaciones del bus de campo y a los que se les ha añadido funciones para la administración de objetos de comunicación y para la dirección de la red. La ejecución de servicios FMS vía bus es descrita por secuencias de servicio consistentes en serias interacciones que se llaman primitivas de servicio. Las primitivas de servicio describen la interacción entre el que pregunta y el que responde. La Figura 118 muestra los servicios disponibles de PROFIBUS:



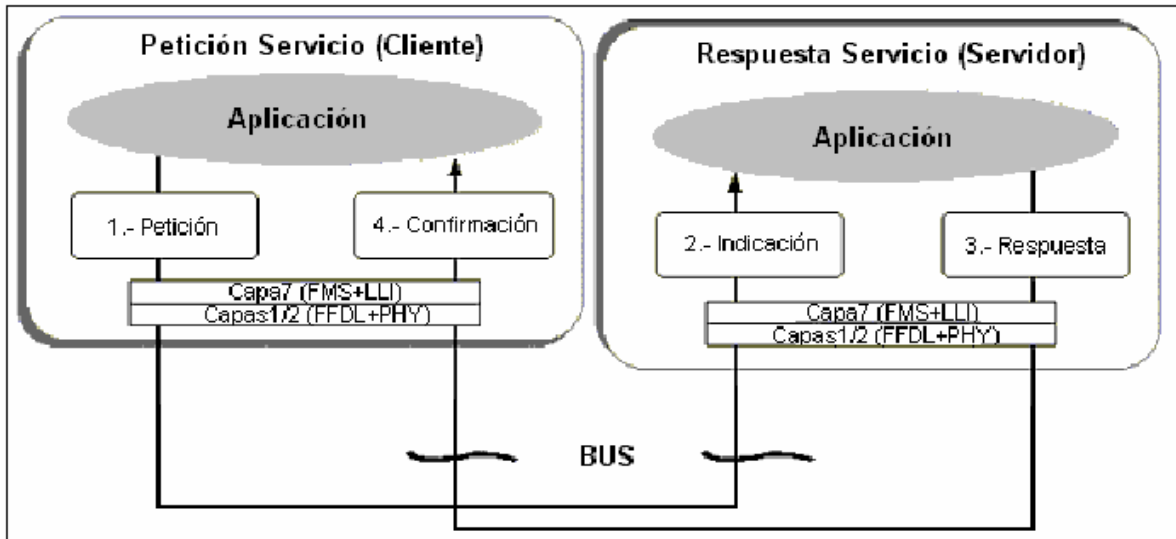
**Figura 118. Servicios de PROFIBUS FMS**



Fuente: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Tema%208.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%208.pdf)

Los servicios confirmados sólo pueden ser usados para la conexión orientada en las relaciones de comunicación. La Figura 119 muestra la ejecución de un servicio confirmado:

**Figura 119. Ejecución de un servicio FMS**



Fuente: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Tema%208.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%208.pdf)

Los servicios no confirmados pueden ser también usados en conexiones de relaciones de comunicación. Pueden ser transmitidos con alta o baja prioridad. Un servicio no confirmado es solicitado con una demanda a una primitiva de servicio. Después de la transmisión a través del bus, una indicación de la primitiva de servicio es provista al proceso de aplicación de los receptores. La confirmación/respuesta de la primitiva de servicio no existe para los servicios no confirmados.

Los servicios FMS están divididos en los siguientes grupos:

- Los servicios de dirección de contexto se usan para establecer y liberar conexiones lógicas y para el relanzamiento de servicios no permitidos.
- Servicios de acceso variable se usan para acceder a variables simples, registros, arrays y listas de variables.

- Servicios de dirección de dominio se usan para transmitir grandes áreas de memoria. Los datos a transferir son divididos en segmentos por el usuario.
- Servicios de invocación del programa se usan para el control de programa.
- Servicios de dirección de sucesos se usan para transmitir mensajes de alarma y sucesos.
- Servicios de soporte VFD se usan para la identificación y sondeos de estado.
- Servicios de dirección OD se usan para accesos de lectura/escritura del diccionario de objetos.

El gran número de servicios de aplicación de PROFIBUS-FMS hacen posible conocer una amplia variedad de demandas en comunicación llevada a cabo por varios dispositivos. La selección depende de la aplicación y está especificada en perfiles para áreas específicas de aplicación.

- Interface de la capa más baja

El mapa de la capa 7 a la capa 2 es manejada por este interface. Sus tareas incluyen el control de flujo y la supervisión de la conexión.

El usuario se comunica con los otros procesos de aplicación a través de canales lógicos llamados relaciones de comunicación. El interface mantiene varios tipos de relaciones de comunicación para la ejecución de los servicios FMS y FMA7. Las relaciones de comunicación tienen diferentes capacidades de conexión (por ejemplo, supervisión, transmisión y demandas a los compañeros de comunicación).

Las relaciones de comunicación de conexión-orientada representan una conexión lógica par a par entre dos procesos de aplicación. La conexión debe ser primero establecida con un servicio de iniciación antes de que pueda ser usada para la transmisión de datos. Antes de ser establecida con éxito, la conexión está protegida contra accesos no autorizados y queda disponible para la transmisión de datos. Cuando una conexión establecida no se necesita más, se puede desconectar con un servicio de aborto. El interface permite la supervisión de la conexión controlada en tiempo para las relaciones de comunicación de conexión-orientada.

Los atributos de conexión “abierto” y “definido” son otros rasgos característicos de las relaciones de comunicación de conexión orientada.

En conexiones definidas el compañero de la comunicación se especifica durante la configuración.

- Transmisión de datos cíclica/acíclica.

FMS permite la transmisión de datos de manera cíclica o acíclica. La transmisión de datos cíclica quiere decir que exactamente una variable es continuamente leída o escrita en una conexión. El interface proporciona un método eficaz de manejo que reduce los tiempos de transmisión en comparación con la transmisión de datos acíclica.

La transmisión de datos acíclica quiere decir que varios objetos de comunicación son direccionados periódicamente en una conexión a la llamada del proceso de aplicación.

- Lista de relaciones de comunicación.

Todas las relaciones de comunicación de un dispositivo FMS están completamente en esta lista. Para dispositivos simples la lista está

predefinida por el fabricante. Para los complejos es configurada. Cada relación de comunicación es direccionada por una referencia local corta llamada referencia de comunicación. Desde el punto de vista del bus, una referencia de comunicación es definida por la dirección de la estación, el punto de acceso al servicio de la capa 2 y el punto de acceso al servicio del interface. La lista contiene las relaciones entre la referencia y las direcciones de la capa 2 y del interface. Además, los servicios prestados por FMS, longitudes de telegramas, etc., están especificados en la lista para cada referencia.

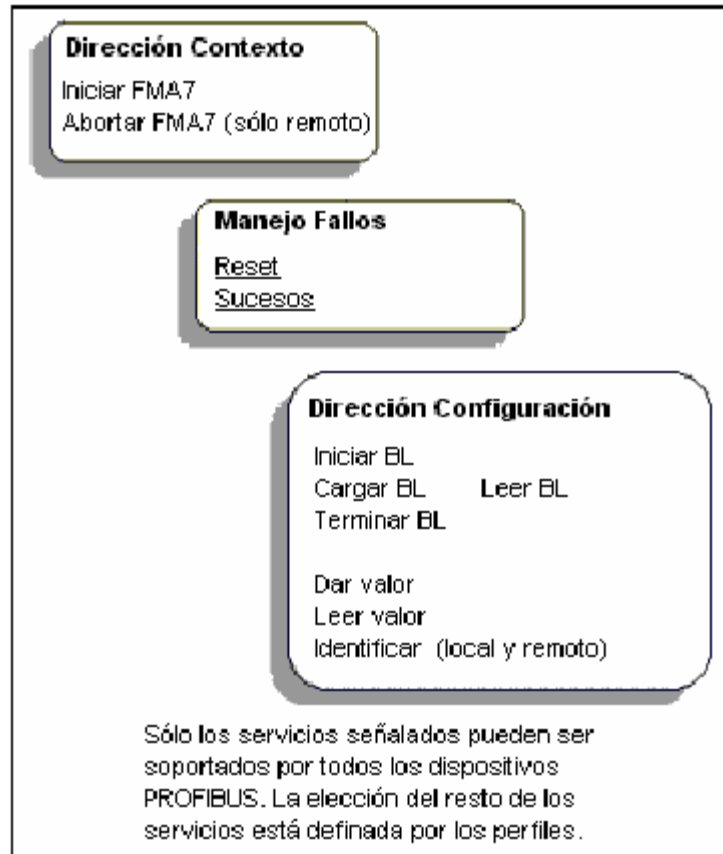
- Dirección de la red.

Además de los servicios FMS, están disponibles las funciones de dirección de la red. Las funciones de FMA7 son opcionales. Permiten la configuración central y pueden ser puestas en marcha local o remotamente.

La dirección de contexto puede ser usada para establecer y desconectar una conexión FMA7.

La dirección de configuración puede ser usada para acceder á listas, contadores estadísticos y los parámetros de capa 1/2. También puede ser usado para la identificación y registro de estaciones. Todo esto puede verse en la Figura 120.

**Figura 120. Servicios de FMA7**



Fuente: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Tema%208.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%208.pdf)

La dirección de fallos puede usarse para indicar fallos/sucesos y para resetear los dispositivos.

Un acceso uniforme a los dispositivos de configuración se obtiene por especificación de conexión de dirección predefinida. Una conexión de dirección predefinida debe introducirse con referencia igual a 1 en la lista para cada dispositivo que apoya servicios FMA7 como contestador.

- Operación mixta de PROFIBUS-FMS y PROFIBUS-DP.

La operación mixta de dispositivos FMS y DP en un bus es una de las ventajas más robustas de PROFIBUS. Ambos protocolos también

pueden ser ejecutados simultáneamente en un dispositivo. Estos dispositivos se llaman dispositivos combinados.

La operación mixta es posible porque ambas versiones de los protocolos usan una tecnología de transmisión y protocolos de acceso al bus uniformes. Las diferentes funciones de aplicación están separadas por diferentes puntos de acceso de la capa 2.

- Perfiles.

FMS ofrece un amplio rango de funciones para asegurar la aplicación universal. Actualmente el alcance de funciones en diferentes áreas de aplicación requiere ser adaptado a requisitos específicos.

Las definiciones de aplicación relacionadas son necesarias para las funciones del dispositivo. Estas declaraciones se llaman perfiles. Los perfiles proporcionan a los dispositivos capacidad de cambio asegurando que dispositivos de diferentes vendedores están equipados con la misma funcionalidad de comunicación. Los perfiles que han sido definidos para FMS están listados en la parte baja. Están disponibles desde la Organización de Usuarios de PROFIBUS usando el número de orden del documento entre paréntesis:

- Comunicación entre controladores (3.002). Este perfil de comunicación define los servicios FMS a usar para la comunicación entre controladores PLC. Los servicios, parámetros y tipos de datos que cada PLC debe soportar son especificados basándose en las clases de controladores.
- Perfil en la construcción de automatismos (3.011, lengua Alemana). Este perfil está dedicado a una rama específica y sirve como base para muchas procuraciones públicas en construcción

de automatismos. El perfil describe la supervisión, control en lazo cerrado y abierto, control de operación, manejo de la alarma y activación para sistemas de construcción de automatismos usando FMS.



## **5 METODOLOGÍA**

### **5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La metodología utilizada en este trabajo fue de tipo aplicada, debido a que todos los equipos y materiales utilizados serán instalados y puestos en funcionamiento en el Instituto Tecnológico Pascual Bravo para el beneficio de los docentes, estudiantes y toda la comunidad en general.

### **5.2 TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

Las técnicas utilizadas en este trabajo fueron:

#### **5.2.1 Primarias**

Se contó con información extraída de libros, tesis, monografías, actas de congresos y seminarios, centros de investigación y el aporte realizado por los diferentes docentes de la institución.

#### **5.2.2 Secundarias**

Se consultaron los catálogos del proveedor de los equipos, revistas técnicas, bases de datos de temas técnicos relacionados con la investigación, diccionarios técnicos y demás fuentes de información secundaria.

### **5.3 PROCEDIMIENTO**

Las actividades a desarrolladas durante la ejecución del proyecto fueron:

- Rastreo de la información.
- Clasificación de la información.

- Diseño del proyecto
- Consecución de materiales y equipos.
- Reuniones para asesorías externas.
- Reuniones con el asesor técnico de la Institución.
- Montaje de los materiales y equipos según diseño.
- Pruebas de funcionamiento.
- Certificación del módulo.
- Entrega del proyecto.

## **5.4 ASPECTOS ADMINISTRATIVOS**

### **5.4.1 Recursos humanos**

Para la realización del proyecto se conto con el apoyo de los siguientes grupos de investigación:

- 2 profesionales con amplia experiencia en el trabajo de redes de comunicaciones y automatización.
- 5 tecnólogos eléctricos con conocimientos en automatización y control automático.
- 3 grupos de investigación para la recolección y depuración de la información.
- 3 digitadores, los cuales procesaran toda la información recolectada y le darán el cuerpo al trabajo.

#### **5.4.2 Recursos técnicos**

Se contara con:

- proyectores
- Cámaras fotográficas
- Computadores e impresoras.

#### **5.4.3 Recursos institucionales**

El proyecto se llevo a cabo en las instalaciones del Instituto Tecnológico Pascual Bravo institución universitaria, el cual apporto el espacio físico para la instalación de los módulos.

#### **5.4.4 Recursos financieros**

El proyecto será financiado en su totalidad por los estudiantes que actualmente cursan el décimo semestre de ingeniería eléctrica, en convenio con el Instituto Tecnológico Pascual Bravo mediante un acuerdo administrativo de beneficio mutuo

A continuación se presenta un detalle de los costos del proyecto:

**Tabla 12. Costos del Proyecto**

Fecha	Factura No	Proveedor	Equipo	Can.	Precio Neto	Total
oct-21	21977	Micro automatización	Electro válvula	2	\$ 18.505.480	\$ 37.010.960
oct-04	343	Electro energía S.A.S	Materiales redes de comunicación	1	\$ 877.001	\$ 877.001
oct-05	10644	Compreaire S.A.	Materiales red de aire	1	\$ 870.000	\$ 870.000
oct-15	4105	Electro andu S.A.S.	Materiales red de potencia	1	\$ 106.020	\$ 106.020
oct-15	5374	Jet computers éxito	Computadores Intel	3	\$ 638.000	\$ 1.914.000
oct-15		Rafael Sibaja	Herramientas	1	\$ 30.000	\$ 30.000
oct-15	30	Ferretería y eléctricos uno a	Tornillería	1	\$ 6.000	\$ 6.000
oct-16	2520	Pollo crispy	Refrigerios	1	\$ 39.300	\$ 39.300
oct-16	31521	Electropartes S.A.	Materiales eléctricos	1	\$ 555.640	\$ 555.640
oct-16	VARIAS	Luis Guillermo Zuluaga	Materiales Varios	1	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
oct-25	37051	Carrefour	Televisor plasma LG 52"	1	\$ 1.501.000	\$ 1.501.000
nov-05	193528	Electroservimos No. 2	Materiales eléctricos	1	\$ 4.500	\$ 4.500
nov-05	93177	Pinturas vinicol	Pintura red de aire	1	\$ 13.600	\$ 13.600
nov-05	131	Vicolor	Llave universal de 1/2	1	\$ 2.800	\$ 2.800
nov-05	286832	Eléctricos el cóndor S.A.	Materiales red de aire	1	\$ 130.762	\$ 130.762
nov-08		Ferretería particular	Acople tubería	1	\$ 500	\$ 500
		Neumática industrial S.A.S	Materiales red de aire	1	\$ 72.384	\$ 72.384
nov-10	5195	Pinturas industriales LTDA.	Pintura adecuación salón	1	\$ 505.100	\$ 505.100
		Roger Garcia	Video vid	1	\$ 1.890.000	\$ 1.890.000
nov-11	65275	Pedro Pablo Pulgarín "MAXIFER"	Materiales red de aire	1	\$ 22.329	\$ 22.329
nov-14	298395	Homecenter	Materiales red de aire	1	\$ 51.400	\$ 51.400
nov-18		Electrodevanados de Antioquia	Transformador 240/440	1	\$ 950.000	\$ 950.000
nov-19	3927402	Makro	Mesas Para Computador	4	\$ 49.900	\$ 199.600
nov-19	218	Base Style	Soporte para televisor	1	\$ 110.000	\$ 110.000
nov-23	22715	Electrónica I+D ltda	Conectores para RJ 45 y babanas	1	\$ 25.000	\$ 25.000
nov-26	223-201	ENERTELCO	Materiales eléctricos	1	\$ 575.000	\$ 575.000

Fecha	Factura No	Proveedor	Equipo	Can.	Precio Neto	Total
nov-26	6674	Felipe Camino	Parqueadero	1	\$ 6.100	\$ 6.100
nov-26		Roger García	Perforaciones de placa para PLC	1	\$ 90.000	\$ 90.000
nov-28	5521	Pinturas industriales LTDA.	Roger Garcia	1	\$ 20.517	\$ 20.517
dic-12		Wills Fernando	Placa conmemorativa	1	\$ 400.000	\$ 400.000
dic-12		Jiovanni Montoya	Impresión de tesis	1	\$ 800.000	\$ 800.000
feb-03-12		Roger García	placa soporte para servomotor	1	\$ 900.000	\$ 900.000
feb-03-13		Felipe Zuluaga	Accesorios para montaje servomotor	1	\$ 410.000	\$ 410.000
					Total	\$ 51.989.513

## **6 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO**

Se realizó el montaje y puesta en funcionamiento de 2 módulos didácticos de electro-neumática, un sistema servo y una red de comunicaciones en el Instituto Tecnológico Pascual Bravo, el cual cuenta con los recursos tecnológicos que a continuación se mencionan.

- 2 bancos didácticos electro-neumáticos para prácticas de automatización electro-neumática..
- 1 sistema de control de movimiento servomotor más driver con una potencia de ¼ de HP (sistema servo a 440 V).
- 3 PLC Siemens S7-1200.
- 3 computadores de escritorio
- 1 red de comunicaciones.
- 1 red neumática.
- 1 red eléctrica.
- 1 televisor
- 1 video bean

### **6.1 MÓDULOS DIDÁCTICOS ELECTRO-NEUMÁTICOS**

Los módulos didácticos electro-neumáticos fueron suministrados por “Micro Pneumatic S.A.”, por medio de la cotización numero DM-0091, la cual presenta las siguientes características:

- Especificaciones técnicas de los materiales:

Componentes neumáticos, electro-neumáticos y electrónicos de aplicación industrial, montados sobre gabinetes y soportes para ser acoplados de forma rápida sobre la bandeja de trabajo. Estructura en aluminio anodizado marca MiCRO. Plataforma de trabajo adecuada para montajes y entrenamiento didáctico. Herramientas de conexionado y cableado rápido de alta calidad y eficiencia.

- Alcance de la propuesta

Nuestro sistema de cursos y paneles didácticos cubre un extenso rango de temarios para los estudiantes de Ingeniería y tecnologías en ingeniería, competentes para las prácticas de laboratorios enfocadas en el Área de Electrónica, Mecánica, electrotecnia, control, Mecatrónica, Automatización y similares para las facultades que se ajusten a este tipo de prácticas.

- Nuestro Compromiso

- Capacitación al personal de laboratorios, docentes y alumnos del Instituto Tecnológico Pascual Bravo, Institución Universitaria, en Neumática y electro-neumática. Además del correcto funcionamiento de los bancos de capacitación duración 24Horas.
- Asesoría y puesta en funcionamiento de los bancos didácticos.
- Entrega de los equipos en el Instituto Tecnológico Pascual Bravo, Institución Universitaria, en la ciudad de Medellín.
- Entrega de material de soporte para el docente manual de curso en digital y físico

- Valor de la propuesta

Presentamos y argumentamos nuestra oferta según criterios a continuación detallados:

**Tabla 13. Valor de la propuesta**

Ítem	Cant.	Código MICRO	Descripción	Valor Unidad	Valor Total
1	2	0,900,000,611/Esp	Panel didáctico EMC electroneumático, con adicionales.	\$ 16.983.000,00	\$ 33.966.000,00
				Subtotal	\$ 33.966.000,00
				Iva 16%	\$ 5.434.560,00
				Total	\$ 39.400.560,00

Fuente: Cotización MICRO numero DM-0091

**Foto 10. Módulos didácticos MICRO**



Fuente: Cotización MICRO numero DM-0091



**Tabla 14. Detalle de componentes del banco didáctico**

Ítem	código	Descripción	Cantidad por banco
1	0.000.016.904	Unidad FR regulador de presión 0 - 150 PSI serie QBS-1 conexión 1/4" con filtro de 40µ y manómetro, con soporte de fijación para panel y válvula de corte y descarga.	1
2	0.000.018.849	Cilindro doble efecto serie MD-8 diam.16mm carrera 50mm con imán. ISO 6432 con dos reguladores de caudal banjo M5 x 4mm. Con soporte de fijación para panel y guía de montaje de sensores.	2
3	0.000.018.848	Cilindro simple efecto serie MD-8 diam. 16 carreras 50 mm con imán. ISO 6432 con racor M5 x 4mm y soporte de fijación para panel.	1
4	0.000.018.876	Microswitch final de carrera de cilindro MD-8 diam 16. Conexión dos hilos 24Vcc cable de 2,5metros y conectores apilables positivo negativo (rojo/negro) con soporte de fijación para panel.	1
5	0.000.020.039	Manifold en aluminio para 4 válvulas de 16mm VM-15 mando eléctrico dimensiones totales 76mm x 78mm. Con dos silenciadores 3/8" y un racor 3/8" x 4mm. Con soporte de fijación para panel.	1
6	0.000.018.882	Sensor magnético DMR 5...250 Vac/cc 3...500mA. Led indicador de activación. Dos hilos cable de 2,5 metros y conectores apilables positivo negativo (rojo/negro).	4
7	0.024.000.017	Soporte plástico para instalar sensor magnético DMR en cilindro MD-8 diam. 16mm	4
8	0.251.002.511/923	Electroválvula 5/2 monoestable reacción resorte VM-15 16mm caudal 850L/min. Conexión 1/8", bobina 24Vcc con cable de 2,5metros y conectores apilables positivo negativo (rojo/negro). Con racores rápidos codos 1/8" x 4mm	1
9	0.251.002.711/923	Electroválvula 5/2 biestable VM-15 16mm caudal 850L/min. Conexión 1/8", doble bobina 24Vcc con cable de 2,5metros y conectores apilables positivo negativo (rojo/negro). Con racores rápidos codos 1/8" x 4mm	1
10	0.252.009.111/923	Electroválvula doble 2 válvulas 3/2 NC VM-15 16mm. Caudal 850L/min. Conexión 1/8", doble bobina 24Vcc con cable de 2,5metros y conectores apilables positivo negativo (rojo/negro). Con racores rápidos codos 1/8" x 4mm	1
11	0.900.000.606	Tubo de conexionado neumático de poliamida 12 diam. 4mm x 0,6m	3
12	0.900.000.607	Tubo de conexionado neumático de poliamida 12 diam. 4mm x 0,9m	6
13	0.900.000.609	Tubo de conexionado neumático de poliamida 12 diam. 8mm x 4m	1
14	0.431.010.813	Conector rápido recto G1/4" diam. 8mm	1

15	0.900.000.580	Fuente de alimentación 220...120Vac 60Hz. / 24Vcc 2A con disyuntor salvavidas con capacidad de 10A con protección de corriente residual de 30mA. Con cable de conexión de 2,5 metros. Montada en placa de aluminio de 192mm x 220mm con conectores dobles positivo negativo (rojo/negro).	1
16	0.900.000.586	Botonera de pulsador de marcha 2 contactos NA - 2 NC. Montada en placa de aluminio de 44mm x 220mm. Con 8 conectores positivos (rojo).	1
17	0.900.000.587	Botonera de pulsador de parada 2 contactos NA - 2 NC. Montada en placa de aluminio de 44mm x 220mm. Con 8 conectores positivos (rojo).	1
18	0.900.000.588	Botonera de llave selectora 2 contactos NA - 2 NC. Montada en placa de aluminio de 44mm x 220mm. Con 8 conectores positivos (rojo).	1
19	0.900.000.589	Botonera de pulsador de emergencia con enclavamiento 2 contactos NA - 2 NC. Montada en placa de aluminio de 44mm x 220mm. Con 8 conectores positivos (rojo).	1
20	0.900.000.591	Módulo para puentes para conexión 12 positivas y 12 negativas Montada en placa de aluminio de 44mm x 220mm. Con conectores (rojo/negro).	1
21	0.900.000.598	Indicador luminoso tipo LED con tres indicadores rojo, verde, amarillo. Montada en placa de aluminio de 44mm x 220mm. Con conectores positivo negativo (rojo/negro).	1
22	0.900.000.595	Placa de relevos auxiliares contactos 2 NA y 2 NC. Montada en placa de aluminio de 44mm x 220mm. Con 8 conectores positivos (rojo). Y led de indicador de activación de relevo.	10
23	0.900.000.597	Placa de contador 4 dígitos. Reposición a cero manual	1
24	0.900.000.596	Placa de temporizador 0... 30Sg. Con dos bornas NA de salida	1
25	0.400.001.005	Bloque presostato regulable 0...16Bar, 1 contacto NC y 1 Contacto NA 5A 250V	1
26	0.900.000.590	Placa modulo de conexión de bobinas con led indicador	1
27	0.900.000.601	Cable flexible de conexión rojo con clavija apilable 4mm x 0,3m	35
28	0.900.000.600	Cable flexible de conexión rojo con clavija apilable 4mm x 0,6m	25
29	0.900.000.599	Cable flexible de conexión rojo con clavija apilable 4mm x 1,2m	8
30	0.900.000.602	Cable flexible de conexión negro con clavija apilable 4mm x 1,2m	2
31	0.900.000.615	Tapa de cierre en aluminio ancho 400mm x 220mm para montaje de PLC (proporcionado por el Instituto Tecnológico Pascual Bravo, Institución Universitaria).	1

Fuente: Cotización MICRO numero DM-0091

**Tabla 15. Estructura en perfil de aluminio**

Item	codigo	Descripción	Cantidad por banco
32	0.000.016.696	Bastidor con ruedas fabricado en perfiles de aluminio anodizado AL-Mg-Si 6060 T5 de 45x45mm. segun norma UNI 9006-1 y DIN 17615. Cuatro ruedas giratorias y bloqueables. Dimensiones totales 1280 x 1600 x 600 mm peso 16Kg.	1
33	0.000.016.724	Placa para elementos activos en perfiles de aluminio anodizado de 13 ranuras. dimensiones totales 1180 x 775 mm. Peso 11Kg.	1
34	0.000.016.879	Gabinete portaelementos de control constuido en chapa decapada y terminado con pintura horneada. Dimensiones totales 1180 x 220 x 245 mm peso 12Kg.	1
35	0.000.016.701	Bandeja de trabajo construida en perfiles de aluminio anodizado AL-Mg-Si 6060 T5 de 35x35mm. segun norma UNI 9006-1 y DIN 17615 dimensiones totales 1200 x 600 mm peso 9Kg.	1

Fuente: Cotización MICRO numero DM-0091

- Posibilidad de ampliación

Existe la ventaja de los componentes pueden montarse en el reverso del banco neumático disminuyendo el espacio necesario para los laboratorios de trabajo.

- Garantía

12 meses por defectos de fabricación. Se expedirán pólizas de cumplimiento y de calidad por medio de entidades debidamente establecidas y reconocidas en Colombia. Esta propuesta presentada puede variar de acuerdo a las necesidades particulares de la universidad y/o especificaciones que contemple el modelo pedagógico y estructura curricular.

## 6.2 PLC SIEMENS S7-1200

Los PLC's utilizados en el proyecto son los S7-1200, aquí presentamos algunos de sus componentes y características.

### SIMATIC S7-1200

El controlador SIMATIC S7-1200 está diseñado bajo el concepto TIA (Totaly Integrated Automation), esto permite un alto grado de integración con los paneles Basic KTP y la capacidad de programación estructurada, convirtiéndolo en la elección natural para tareas de control y regulación en la construcción de máquinas e instalaciones. Combinando el máximo efecto de automatización con el mínimo coste.



Los S7-1200 poseen entradas/salidas digitales y analógicas integradas y capacidad de ampliación en función de la aplicación. A la derecha del controlador puede agregar módulos de señales que se requieran para aumentar la capacidad de entradas/salidas digitales y analógicas. Mientras que por el lado izquierdo todas las CPUs pueden ser ampliadas con hasta tres módulos de comunicación.

De la misma forma todas las versiones de S7-1200 pueden ser ampliadas Entradas/Salidas digitales o analógicas mediante un módulo frontal o también llamado signal board.

Todas las versiones de este controlador disponen de una interfaz Ethernet RJ45 con velocidades de comunicación 10/100 Mbits/seg y con capacidad multiprotocolo. Mediante este puerto es posible conectar cualquier panel HMI con puerto Ethernet (Profinet) de la familia Simatic e incluso programarlo mediante un cable de red estándar mediante el puerto de red de una PC.

### SIMATIC S7-1200 Controladores Compactos



#### CPU 1211C

DI 6x24 V DC, DQ 4x24 V DC or 4xRLY, AI 2x10 Bit 0–10 V DC  
DC/DC/DC 6ES7 211-1AD30-0XB0  
AC/DC/RLY 6ES7 211-1BD30-0XB0  
DC/DC/RLY 6ES7 211-1HD30-0XB0



#### CPU 1212C

DI 8x24 V DC, DQ 6x24 V DC or 6xRLY, AI 2x10 Bit 0–10 V DC  
DC/DC/DC 6ES7 212-1AD30-0XB0  
AC/DC/RLY 6ES7 212-1BD30-0XB0  
DC/DC/RLY 6ES7 212-1HD30-0XB0



#### CPU 1214C

DI 14x24 V DC, DQ 10x24 V DC or 10xRLY, AI 2x10 Bit 0–10 V DC  
DC/DC/DC 6ES7 214-1AE30-0XB0  
AC/DC/RLY 6ES7 214-1BE30-0XB0  
DC/DC/RLY 6ES7 214-1HE30-0XB0



## Módulos Frontales o Signal Board



Módulos conectables a cualquier S7-1200. Solo se puede conectar un módulo frontal por PLC.

<b>SB 1221 DC 200 kHz</b>	
DI 4x5 V DC	6ES7 221-3AD30-0XB0
DI 4x24 V DC	6ES7 221-3BD30-0XB0
<b>SB 1222 DC 200 kHz</b>	
DQ 4x5 V DC 0.1 A	6ES7 222-1AD30-0XB0
DQ 4x24 V DC 0.1 A	6ES7 222-1BD30-0XB0
<b>SB 1223 DC/DC</b>	
DI 2x24 V DC / DQ 2x24 V DC 0.5 A	6ES7 223-0BD30-0XB0
<b>SB 1223 DC/DC 200 kHz</b>	
DI 2x5 V DC / DQ 2x5 V DC 0.1 A	6ES7 223-3AD30-0XB0
DI 2x24 V DC / DQ 2x24 V DC 0.1 A	6ES7 223-3BD30-0XB0
<b>SB 1232 AQ</b>	
AQ 1x12 Bit $\pm 10$ V DC or 0–20 mA	6ES7 232-4HA30-0XB0

## Módulos de Comunicación

Conectable a cualquier PLC S7-1200 (S7-1211, S7-1212, S7-1214). Como máximo tres módulos de comunicación por PLC.



**CM 1241 RS232**  
6ES7 241-1AH30-0XB0  
**CM 1241 RS485**  
6ES7 241-1CH30-0XB0



## Fuente SITOP



**PM 1207**  
Entrada: AC 120/230 V,  
50/60 Hz,  
Salida: DC 24 V/2.5 A

6EP1 332-1SH71



## Módulo Switch Compacto



**CSM 1277**  
4-puertos no administrables switch,  
4xRJ45,  
10/100 Mbit/s

6GK7 277-1AA00-0AA0



## Sistema de Ingeniería



**SIMATIC STEP 7 Basic**  
6ES7 822-0AA00-0YA0

**Servicio de actualización de Software**  
6ES7 822-0AA00-0YL0

## SIMATIC HMI Paneles Básicos



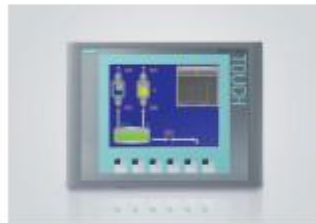
**KTP400 Basic mono PN**  
Panel táctil + 4 Teclas de función,  
3.8" LCD mono FSTN display,  
4 escala de gris

6AV6 647-0AA11-3AX0



**KTP600 Basic mono PN**  
Panel táctil + 6 Teclas de función,  
5.7" LCD mono FSTN display,  
4 escala de gris

6AV6 647-0AB11-3AX0



**KTP600 Basic color PN**  
Panel táctil + 6 Teclas de función,  
5.7" LCD TFT display, 256 colores

6AV6 647-0AD11-3AX0



**KTP1000 Basic color PN**  
Panel táctil + 8 Teclas de función,  
10.4" LCD TFT display, 256 colores

6AV6 647-0AF11-3AX0



**TP1500 Basic color PN**  
Panel táctil,  
15.0" LCD TFT display, 256 colores

6AV6 647-0AG11-3AX0

## Módulos de Señales

Módulos de ampliación para PLC S7-1212 (dos módulos máximos) y PLC S7-1214 (8 módulos máximo).



**SM 1221 DC**  
DI 8x24 V DC  
DI 16x24 V DC

6ES7 221-1BF30-0XB0  
6ES7 221-1BH30-0XB0



**SM 1222 DC**  
DQ 8x24 V DC 0.5 A  
DQ 16x24 V DC 0.5 A

6ES7 222-1BF30-0XB0  
6ES7 222-1BH30-0XB0



**SM 1222 RLY**  
DQ 8xRLY 30 V DC/250 V AC 2 A  
DQ 16xRLY 30 V DC/250 V AC 2 A

6ES7 222-1HF30-0XB0  
6ES7 222-1HH30-0XB0

**SM 1223 DC/DC**  
DI 8x24 V DC, DQ 8x24 V DC 0.5 A  
DI 16x24 V DC, DQ 16x24 V DC 0.5 A

6ES7 223-1BH30-0XB0  
6ES7 223-1BL30-0XB0



**SM 1223 DC/RLY**  
DI 8x24 V DC, DQ 8xRLY 30 V DC/250 V AC 2 A  
DI 16x24 V DC, DQ 16xRLY 30 V DC/250 V AC 2 A

6ES7 223-1PH30-0XB0  
6ES7 223-1PL30-0XB0

**SM 1231 AI**  
AI 4x13 Bit  $\pm 10$  V DC,  $\pm 5$  V DC,  $\pm 2.5$  V DC ó 0–20 mA  
AI 8x13 Bit  $\pm 10$  V DC,  $\pm 5$  V DC,  $\pm 2.5$  V DC ó 0–20 mA

6ES7 231-4HD30-0XB0  
6ES7 231-4HF30-0XB0

**SM 1231 RTD**  
AI 4xRTDx16 Bit  
Tipos: Platino (Pt), Cobre(Cu), Niquell (Ni) o Resistivo

6ES7 231-5PD30-0XB0

**SM 1231 TC**  
AI 4xTCx16 Bit  
Tipos: J, K, T, E, R, S, N, C, TXK/XK(L) Rango de voltaje:  $\pm 80$  mV

6ES7 231-5QD30-0XB0



## Módulos de Señales



**SM 1232 AQ**  
AQ 2x14 Bit  $\pm 10$  V DC ó 0–20 mA  
AQ 4x14 Bit  $\pm 10$  V DC ó 0–20 mA

6ES7 232-4HB30-0XB0  
6ES7 232-4HD30-0XB0

**SM 1234 A/AQ**  
AI 4x13 Bit  $\pm 10$  V DC,  $\pm 5$  V DC,  $\pm 2.5$  V DC ó 0–20 mA,  
AQ 2x14 Bit  $\pm 10$  V DC ó 0–20 mA

6ES7 234-4HE30-0XB0



## Accesorios



**SIMATIC Memory Card**  
2 MB (opcional)  
24 MB (opcional)

6ES7 954-8LB00-0AA0  
6ES7 954-8LF00-0AA0



**SIM 1274 Simulador de entradas**  
8 posiciones para CPU 1211C/CPU 1212C  
14 posiciones para CPU 1214C

6ES7 274-1XF30-0XA0  
6ES7 274-1XH30-0XA0



**Cable de Expansión de Rack**  
2.0 m

6ES7 290-6AA30-0XA0

## 7 RESULTADOS DEL PROYECTO

### 7.1 RESEÑA HISTÓRICA DEL PROYECTO

Los estudiantes de Ingeniería eléctrica en el año 2011, cursando las materias de termodinámica y resistencia de materiales, nos encontramos con un inconveniente muy grande; era no tener un laboratorio de neumática y de movimiento para realizar diferentes prácticas y laboratorios que mejorarían y complementarían el proceso de un buen aprendizaje en estas áreas.

Es en este momento donde varios estudiantes del primer grupo de ingeniería comprendemos y observamos la necesidad de proveer al Instituto Tecnológico Pascual Bravo Institución Universitaria de estos equipos e instrumentos para formar el conjunto de elementos que entrarían a minimizar la problemática existente, y que a futuros estudiantes les mejorara la calidad en su proceso de aprendizaje y conocimiento

Al inicio le planteamos la idea al decano de ingeniería eléctrica Bayron Álvarez, luego de analizarla observa que es muy buena idea para los procesos que se están implementando en la institución y nos comenta de otras alternativas y necesidades del proyecto, de inmediato nos hace saber de la viabilidad de poder realizar nuestro proyecto de grado, realizando al implementación de dichos módulos.

Después de una reunión con la decanatura de ingeniería eléctrica, los estudiantes iniciamos a formalizar esta idea. Nos formulamos una serie de inquietudes y de observaciones de parte de la institución y de los estudiantes las cuales fueron: Donde sería la ubicación de los módulos, cuantos participantes, tecnología de los equipos, proveedores, costos, y las aplicaciones.

Aprovechando las fortalezas de varios estudiantes y de la profesora Mónica Narváez, los cuales cuentan con mucha experiencia en la aplicación de estos

procesos en la parte laboral y de los contactos con varias empresas proveedoras de los equipos como Festo y Micro; se fortalece mucho más la idea de desarrollar el montaje de estos módulos.

Sin dejar caer los ánimos y avanzando con la propuesta, se solicitan varios presupuestos y reuniones con los proveedores; recibiendo respuestas muy positivas sobre los equipos que podríamos utilizar, nos brindan una asesoría en la Institución para lograr visionar mejor la idea propuesta.

Es así como la primera semana de octubre iniciamos las visitas al representante de la compañía Micro, ubicado en la ciudad de Medellín y con la cual iniciaríamos la negociación de los módulos y equipos a instalar dentro de nuestro proyecto de grado

Madura la idea de negociación y después de realizar la valoración de todo el proyecto, acordamos que los participantes serían la mayoría integrantes del grupo uno de ingeniería con 26 en total y se decidió que la cuota por alumno sería de \$1.500.000

Iniciada la negociación, se le informa al decano para que gestione dentro de la Institución cual sería el lugar adecuado donde quedarían instalados los módulos, y es en este momento donde se decide darle vía libre a la ejecución de este proyecto.

Con el aspecto económico y locativo definido y contando con el aval de la Institución, En concurso con todos los participantes se formula el anteproyecto y se inician las diferentes actividades y tareas para el desarrollo del proyecto, como: el cronograma, la logística, conformación de los equipos de consulta y se programan reuniones periódicas para evaluar y mostrar los avances o inquietudes a la asesora de la tesis Mónica Narváez

En cada reunión se tomaron decisiones y en cada una de ellas siempre se buscó mejorar la implementación de estos módulos, es por esto que después de cada reunión se veía la necesidad de adicionar nuevos elementos al proyecto los cuales incrementarían el costo total; se le expresa estas oportunidades de mejora a la asesora y la decanatura, encontrando una respuesta positiva de poder admitir más estudiantes para financiar la iniciativa.

Ya conociendo la calidad de los equipos y módulos que se implementarían, se dio a conocer las características técnica y físicas a los representantes de la Institución, para replantear el sitio asignado para la instalación de los mismos y se dio a conocer las dificultades que se tendrían de ser este sitio el definitivo, argumentando que era un espacio muy pequeño, con una afluencia estudiantil considerable y sobre todo en lo subutilizado que quedaría, por interferir con las clases de otras áreas como PLC Y Automatización.

En la cuarta semana nos enteran que se asignaría un salón especial para desarrollar el proyecto y que se realizaría un proyecto similar por parte del segundo grupo de ingeniería. Oportunidad que se da para unir sinergias y en conjunto se acordó la adecuación del nuevo espacio asignado. El nuevo espacio no cuenta con las instalaciones eléctricas, de iluminación, de comunicación requeridas por ambas proyectos.

De inmediato asumimos nuestra responsabilidad en mejorar todos estos inconvenientes es así, como nos dedicamos a realizar consultas de los temas: sistemas de comunicación a utilizar, calcular la iluminación, mejorar las instalaciones internas y pintura especial para este espacio.

En los primeros días del mes de noviembre de 2011 nos hacen entregan de los módulos y equipos, los cuales vienen acompañados de 24 horas de capacitación a todos los integrantes del grupo; la cual incluyo en su temario temas como: Sistemas neumáticos, redes de aire, procesos de mantenimiento a los equipos y el armado de los módulos, estas capacitaciones fueron divididas en dos grupos con

el fin de poder centrar mejor la información a cada uno de los estudiantes, de la cual podríamos decir que fue muy acertada y acogida por todos.

Finalizando el segundo semestre del año 2011 se inicia el proceso la instalación del hardware, software de los PLC's y la implementación de las prácticas.

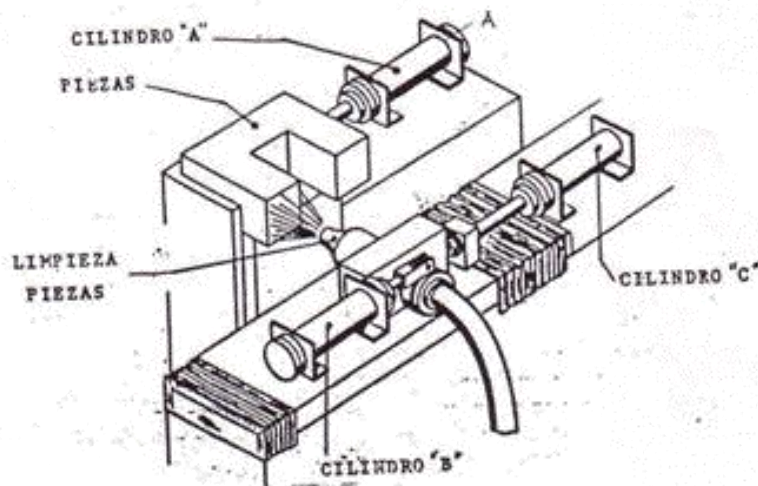
## 7.2 PRÁCTICAS DE LABORATORIO

### 7.2.1 Ejercicio 1: Limpieza de piezas por chorro de arena

Las patas de una pieza de fundición deben limpiarse por chorro de arena. La pieza se coloca manualmente en el dispositivo de fijación y el cilindro de doble efecto A la aprisiona. A continuación el cilindro de doble efecto B abre la válvula para la boquilla de la arena, por un tiempo predeterminado y después cierra la válvula. El cilindro de doble efecto C regresa a su posición inicial. Por ultimo el cilindro de doble efecto A suelta la pieza y esta puede extraerse.

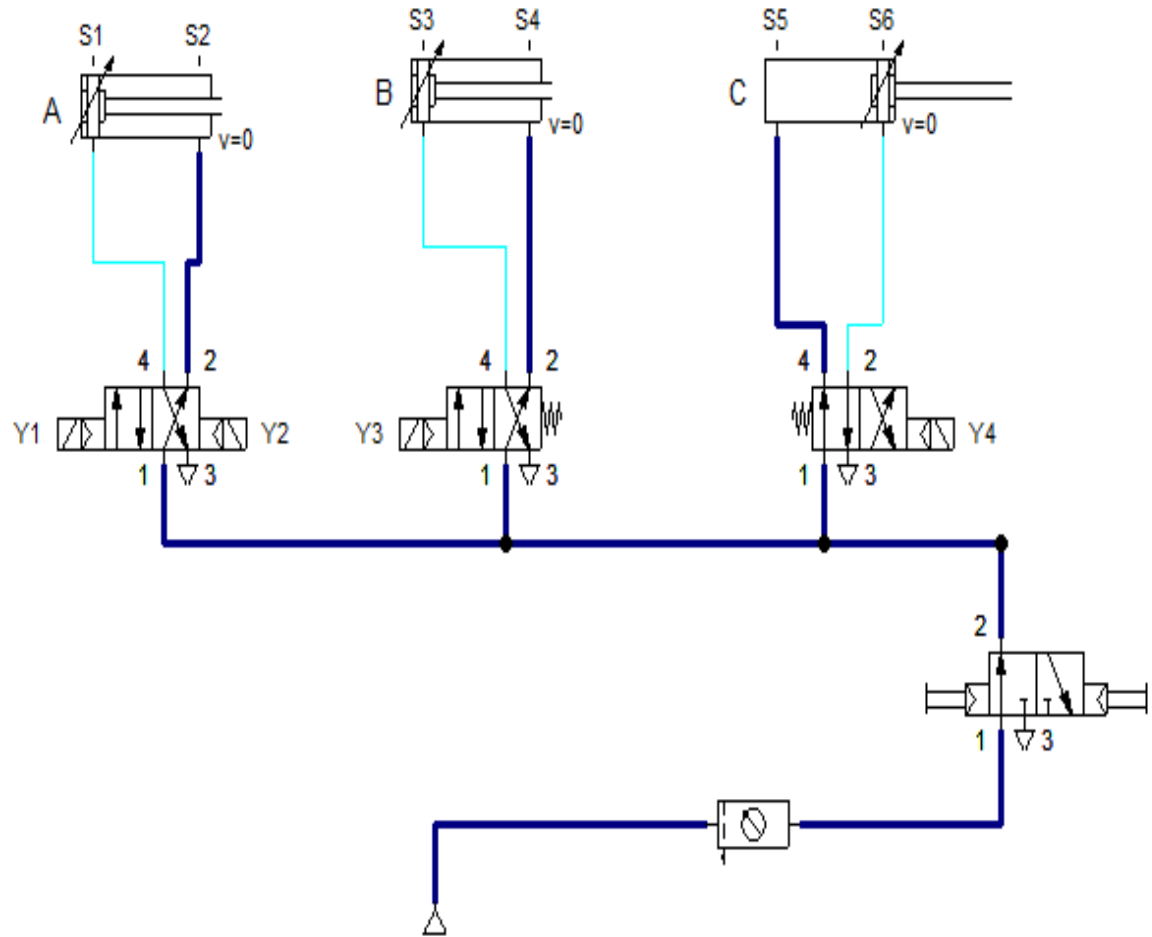
Secuencia: A+/B+/B-/C-/B+/B-/C+/A-

#### Gráfico 7. Diagrama del ejercicio 1



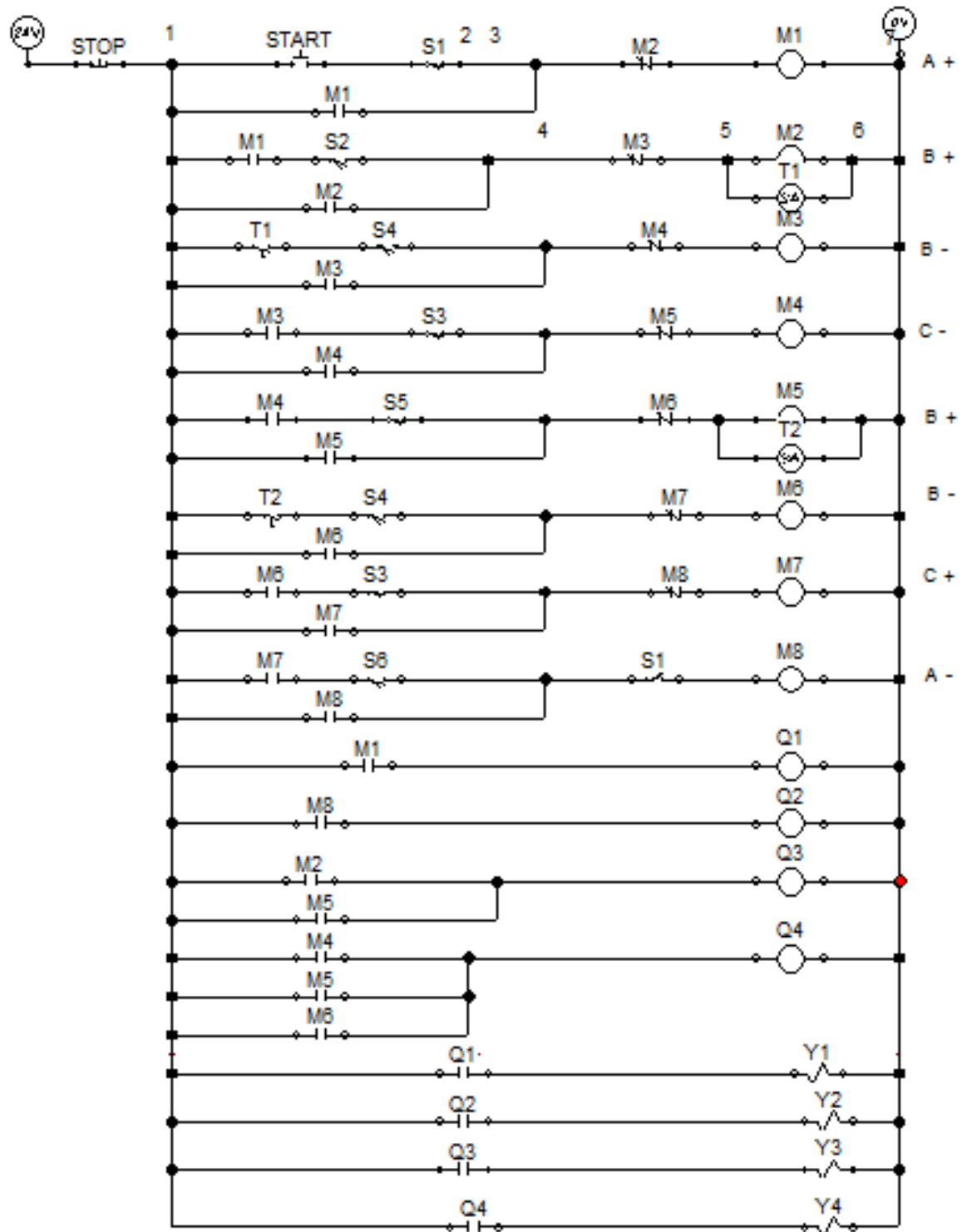
Fuente: Fundamentos de neumática y electro-neumática: Manual de estudio.

Figura 121. Esquema del circuito neumático del ejercicio 1



Fuente: Fundamentos de neumática y electro-neumática: Manual de estudio.

Figura 122. Esquema del circuito eléctrico del ejercicio 1



Fuente: Fundamentos de neumática y electro-neumática: Manual de estudio.



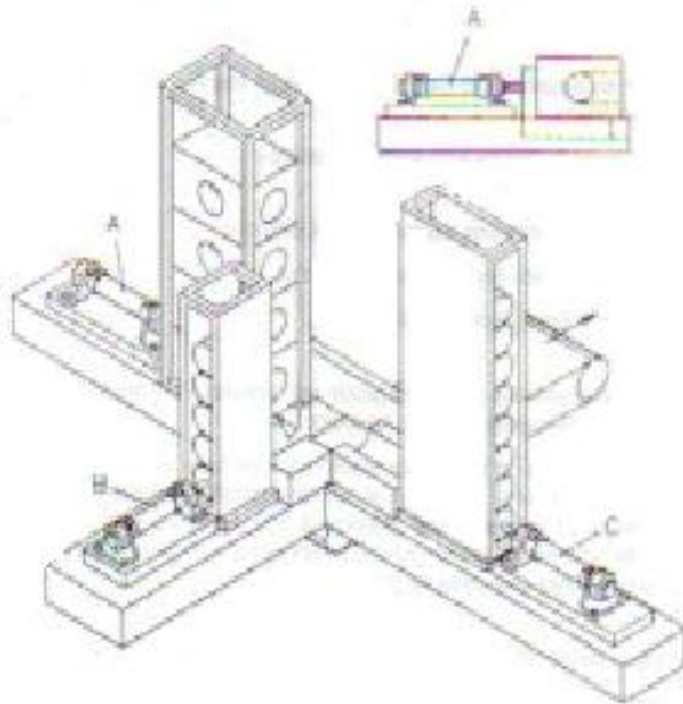
### 7.2.2 Ejercicio 2: Unidad de montaje

Los bloques alimentados por el cargador son provistos de casquillos que, por su parte, son alimentados por otro cargador.

El cilindro A desplaza un bloque de metal hasta un tope. A continuación, avanza el cilindro B y encaja a presión el primer casquillo. Entonces el cilindro C encaja el segundo casquillo. Los cilindros A y C vuelven a posición normal. A continuación, vuelve a su posición normal el cilindro B y el bloque provisto de los casquillos cae sobre una cinta de transporte.

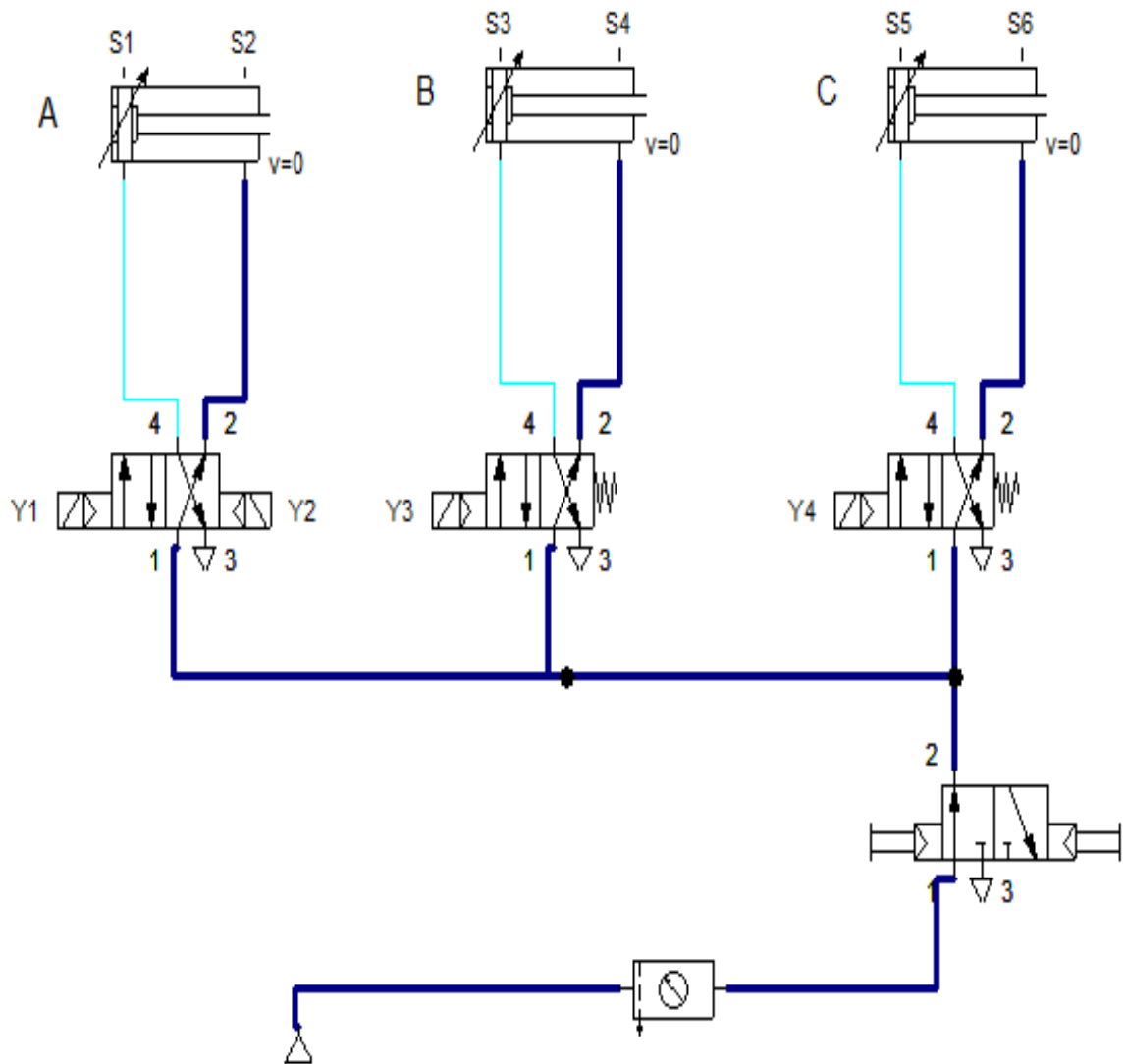
Secuencia: A+/B+/C+/C-/A-/B-

**Gráfico 8. Diagrama del ejercicio 2**



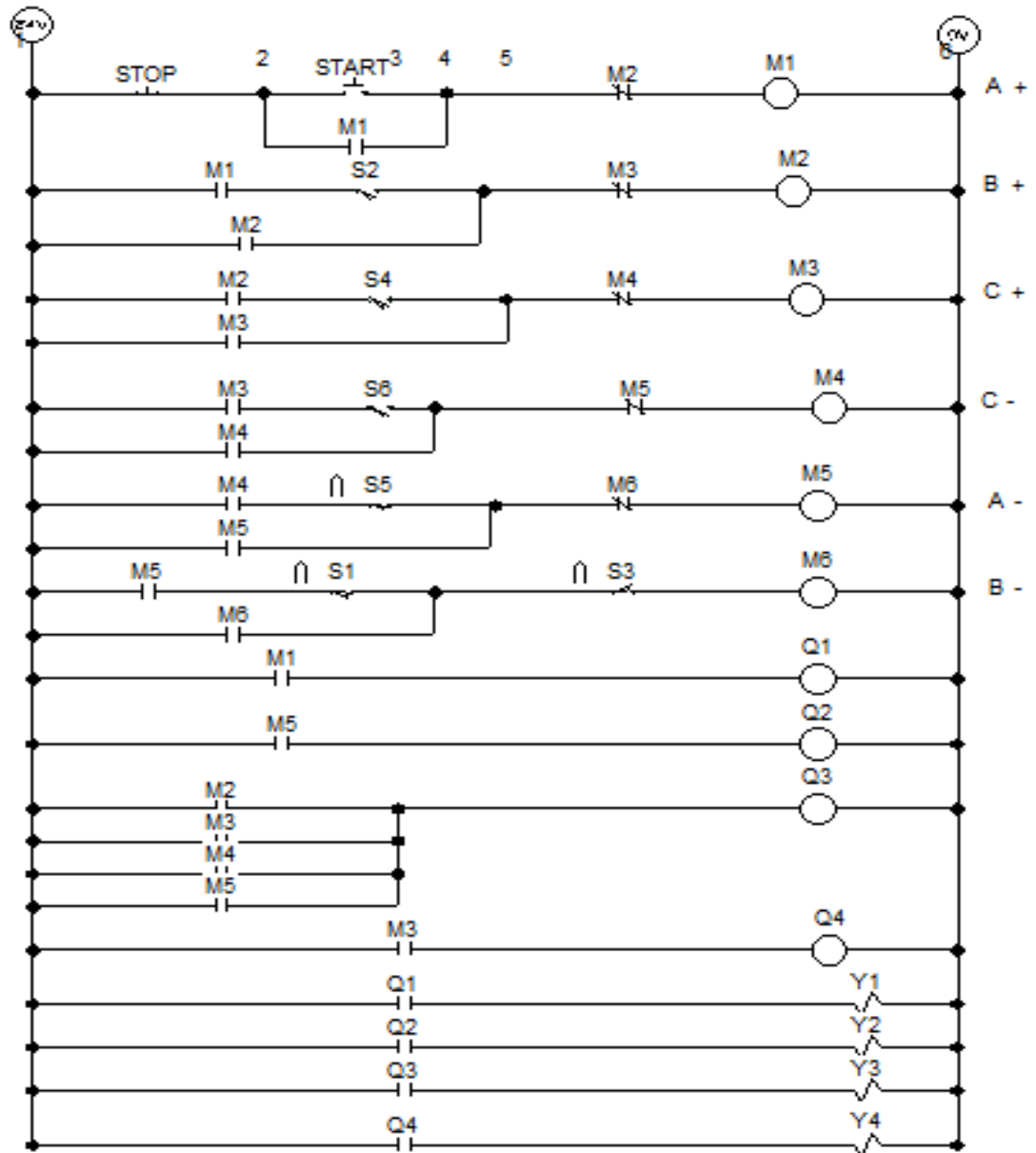
Fuente: Fundamentos de neumática y electro-neumática: Manual de estudio, pg. 91, 92, 93.

Figura 123. Esquema del circuito neumático del ejercicio 2



Fuente: Fundamentos de neumática y electro-neumática: Manual de estudio, pg. 91, 92, 93.

Figura 124. Esquema del circuito eléctrico del ejercicio 2



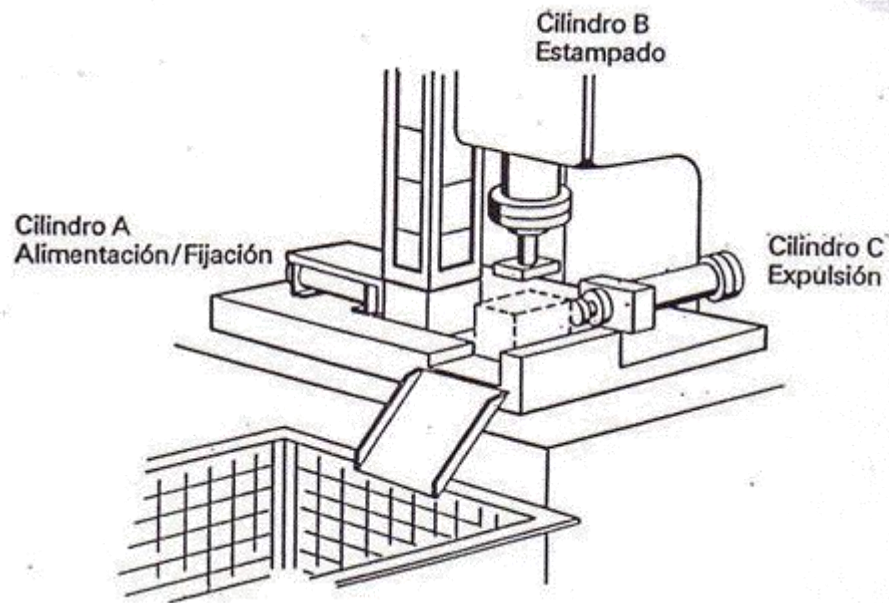
Fuente: Fundamentos de neumática y electro-neumática: Manual de estudio, pg. 91, 92, 93.

### 7.2.3 Ejercicio 3: Selladora

El cilindro A tiene la función de recoger las piezas del cargador y de sujetarlas. Solo entonces avanza el cilindro B para el sellado y vuelve a su posición normal. A continuación, el cilindro A suelta la pieza y vuelve a su posición normal. Entonces, el cilindro C avanza para expulsar la pieza, y vuelve a su posición normal.

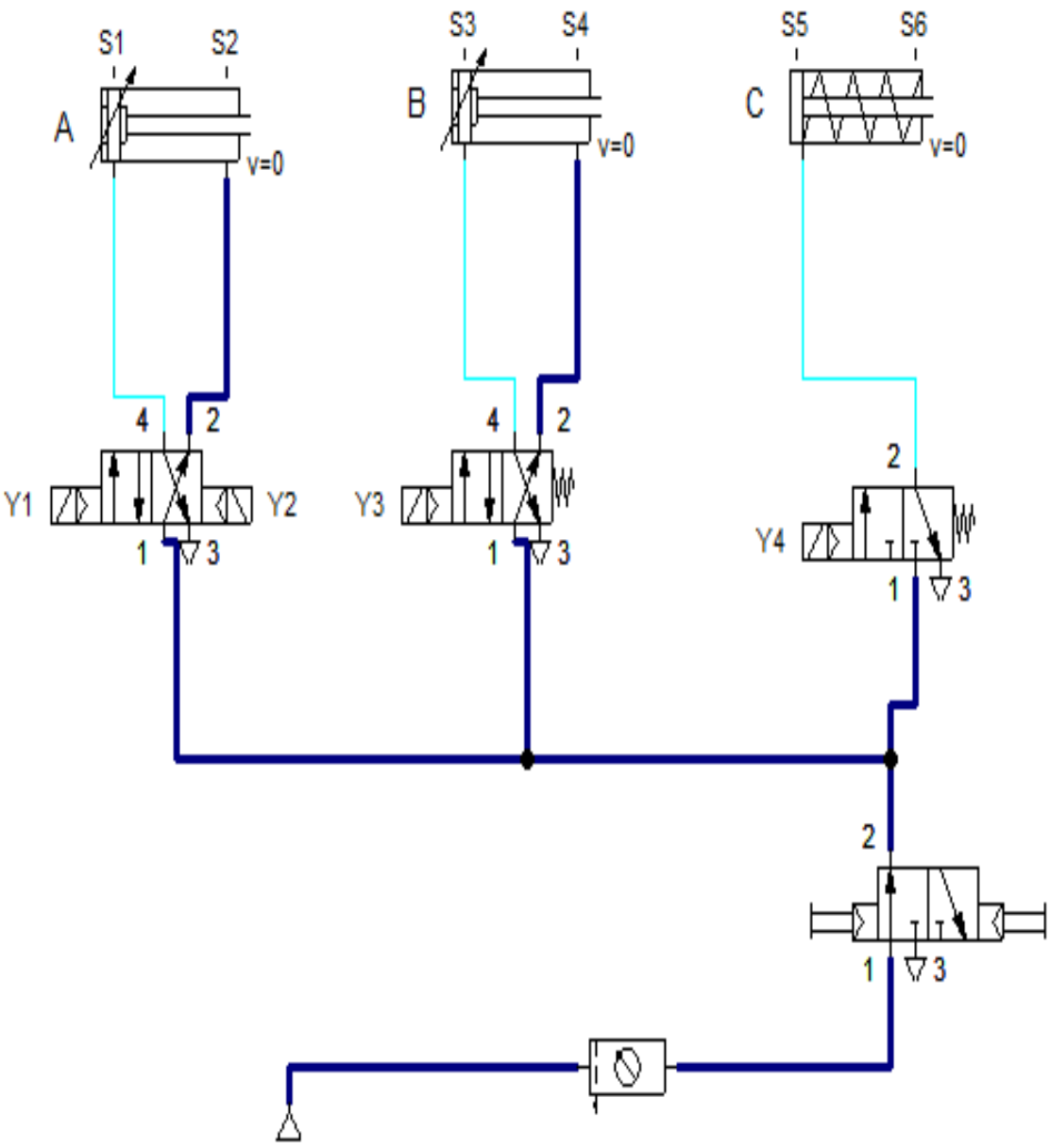
Secuencia: A+/B+/B-/A-/C+/C-

**Gráfico 9. Diagrama del ejercicio 3.**



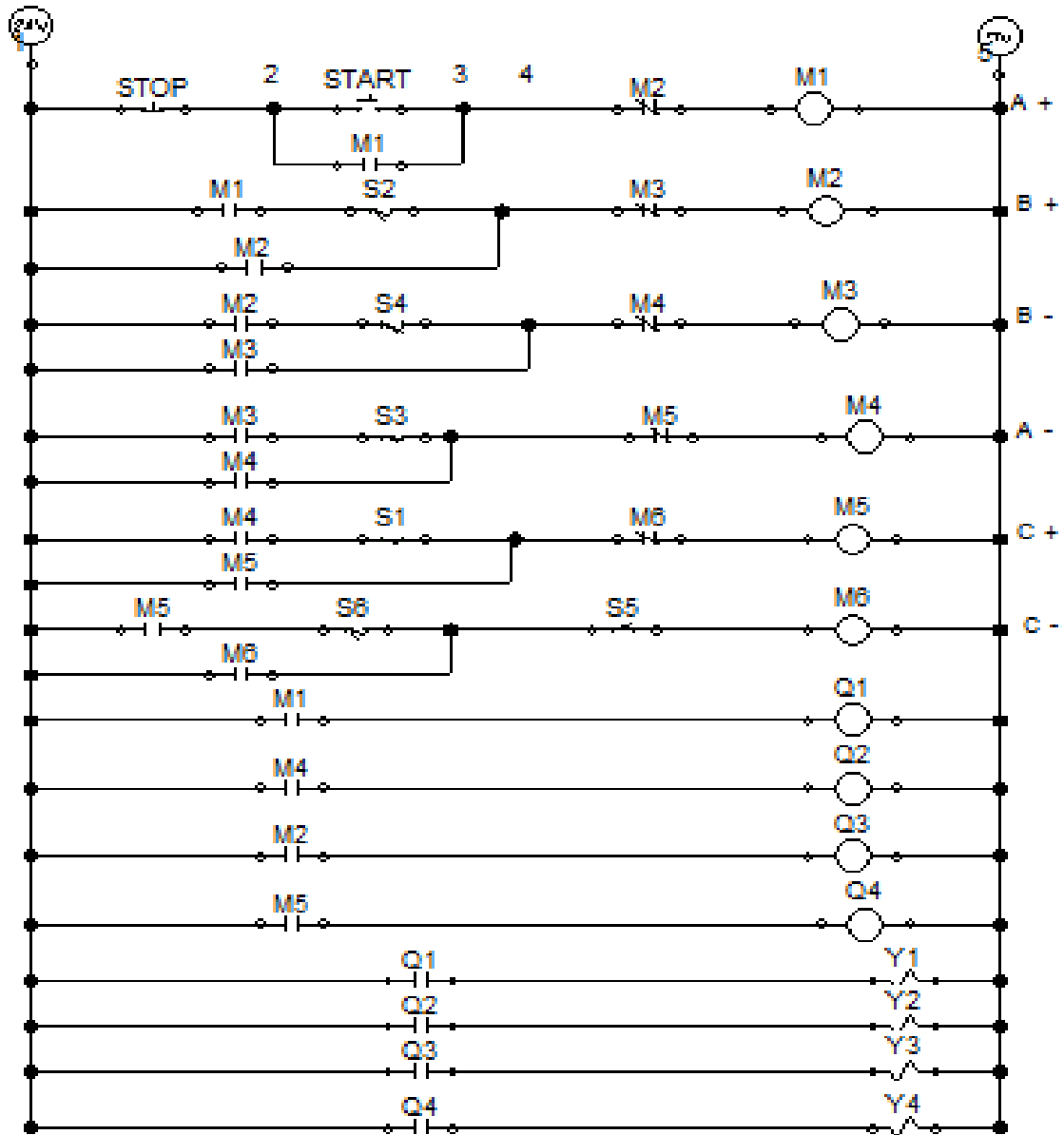
Fuente: Fundamentos de neumática y electro-neumática: Manual de estudio, pg. 27, 28, 29.

**Figura 125. Esquema del circuito neumático del ejercicio 3**



Fuente: Fundamentos de neumática y electro-neumática: Manual de estudio, pg. 27, 28, 29.

Figura 126. Esquema del circuito eléctrico del ejercicio 3



Fuente: Fundamentos de neumática y electro-neumática: Manual de estudio, pg. 27, 28, 29.

#### 7.2.4 Ejercicio 4: Termoformado

Realizar un control que permita operar tres cilindros, los cuales realizan un proceso industrial en el sector plástico, con dos válvulas de simple efecto y una de doble efecto.

- Planteamiento.
  - Confeccionar el esquema neumático y el eléctrico.
  - Efectuar conexiones neumáticas y eléctricas.
  - Comprobar el funcionamiento del circuito.

- Descripción del ejercicio:

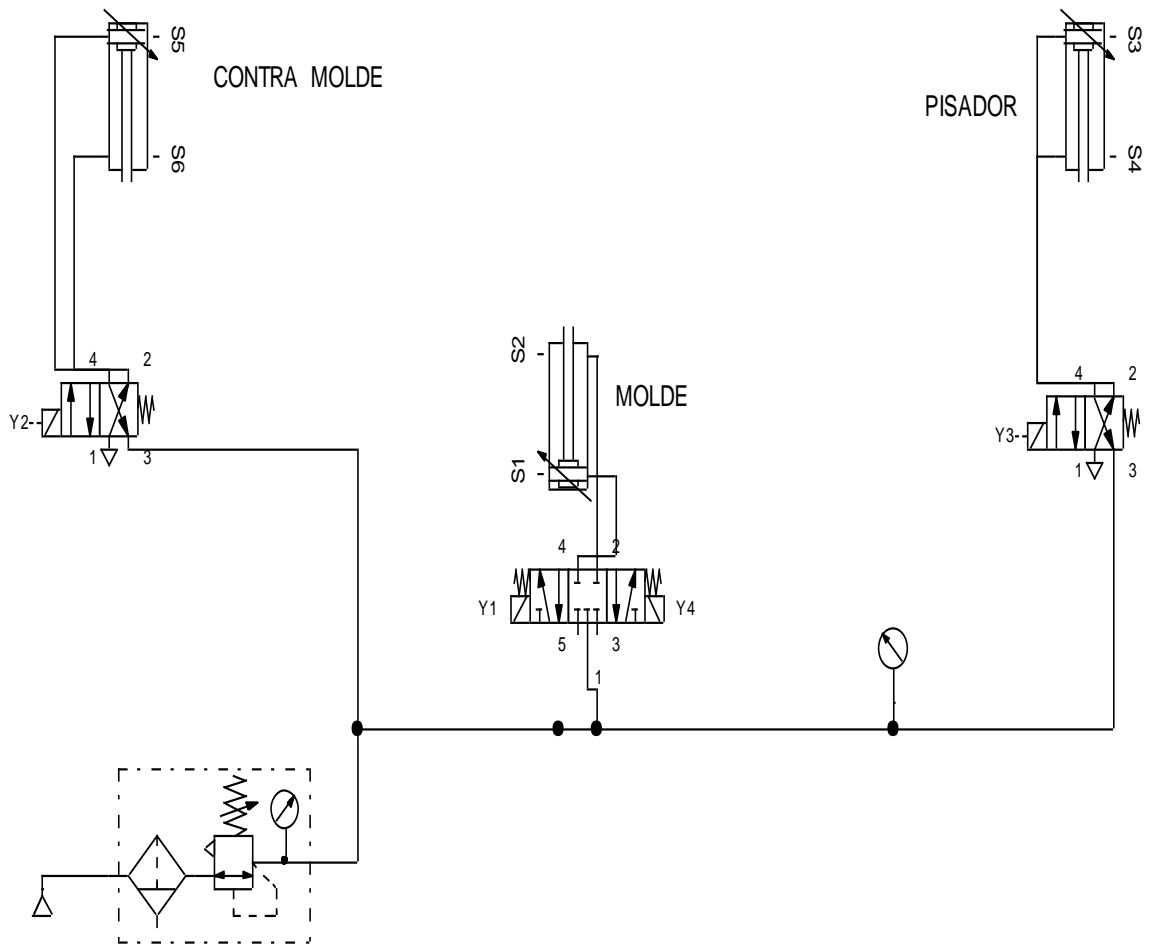
Se tiene una maquina termo-formadora la cual consta de un horno, tres cilindros A, B y C (molde, pisador y contra-molde) respectivamente, una estructura metálica que transporta la lamina hacia el horno. En operación manual se coloca la lámina de plástico que es calentada a una temperatura de 120°C dentro del horno, luego es sacada y se activa el pulsado automático donde el cilindro A da un avance que tiene el molde del producto a formar, después el cilindro B da el avance sosteniendo la lámina, seguido el cilindro C da otro avance y al hacer contacto con el molde forma el producto. Transcurrido un tiempo se desactiva el cilindro A que tiene una válvula biestable 5/3 con centro cerrado y seguido se desactivan los cilindros C y B con válvulas monoestables 5/2 con retorno resorte. Transcurre un tiempo, para que el operario realice la operación manual (calentamiento de la lámina).

- Condiciones:
  - El equipo trabaja en ciclo continuo.

- Selección entre régimen manual o régimen automático.
- Los cilindros B y C cada uno avanza con un suiche independiente y el cilindro A avanza con un suiche y retrocede con otro suiche en régimen manual.

Secuencia: A+/ B+/ C+/ A-/ B-/ C-

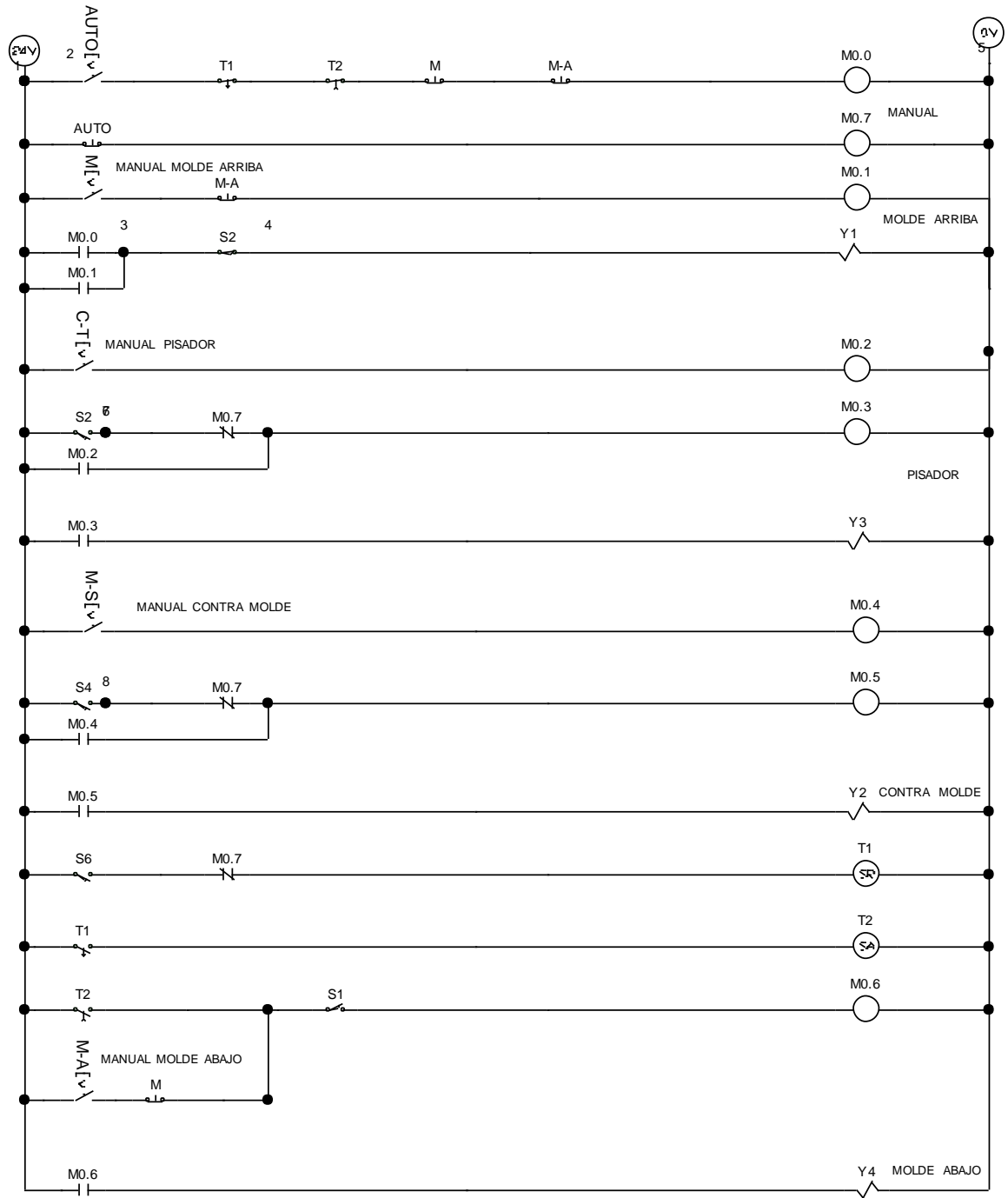
**Figura 127. Esquema del circuito neumático del ejercicio 4**



Fuente: Fundamentos de neumática y electro-neumática: Manual de estudio.



Figura 128. Esquema del circuito eléctrico del ejercicio 4



Fuente: Fundamentos de neumática y electro-neumática: Manual de estudio.

### 7.2.5 Ejercicio 5: Estampadora

Incluir en una cadena secuencial, repetición de pasos y accionamiento por impulso simple.

Planteamiento:

- Confeccionar el esquema neumático y el eléctrico.
- Ejecutar conexiones neumáticas y eléctricas.
- Comprobar el funcionamiento del circuito.

- Descripción del ejercicio.

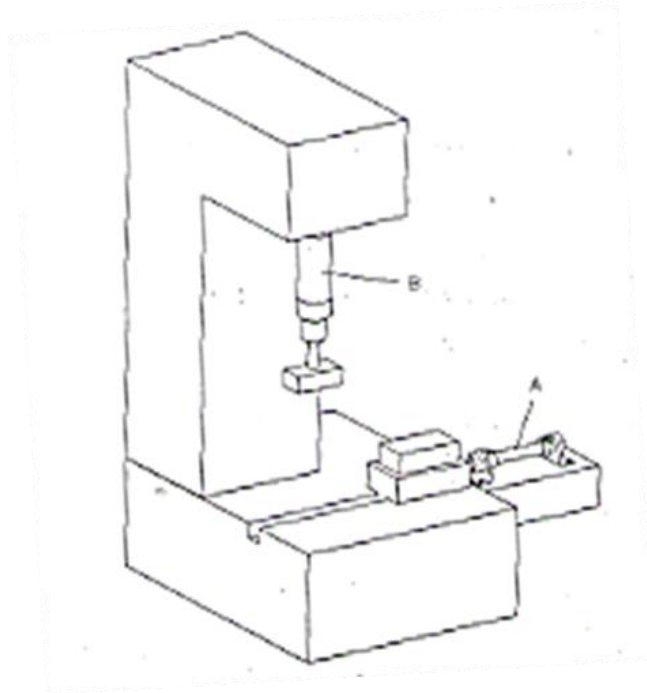
Las piezas que serán estampadas son colocadas manualmente en un sistema de alimentación; el cilindro A se encarga de colocar la pieza debajo de la estampadora. El cilindro B avanza y estampa la pieza. A continuación, los cilindros A y B vuelven a posición normal.

- Condiciones

Ejecución de cada uno de los movimientos paso a paso mediante un pulsador de impulso simple.

Además, posibilidad de repetir los pasos B + / B – para permitir el reglaje del cilindro estampador. Movimiento + del cilindro B por impulso simple, de modo que el movimiento – del cilindro B tiene que accionarse mediante otro pulsador. Repetición de los pasos y accionamiento por impulso simple, solo sino hay señal de marcha.

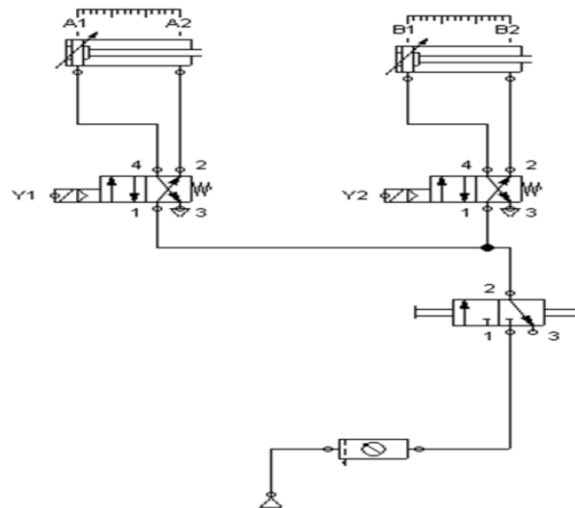
**Gráfico 10. Diagrama del ejercicio 5**



Fuente: Fundamentos de neumática y electro-neumática: Manual de estudio, pg. 57, 58, 59.

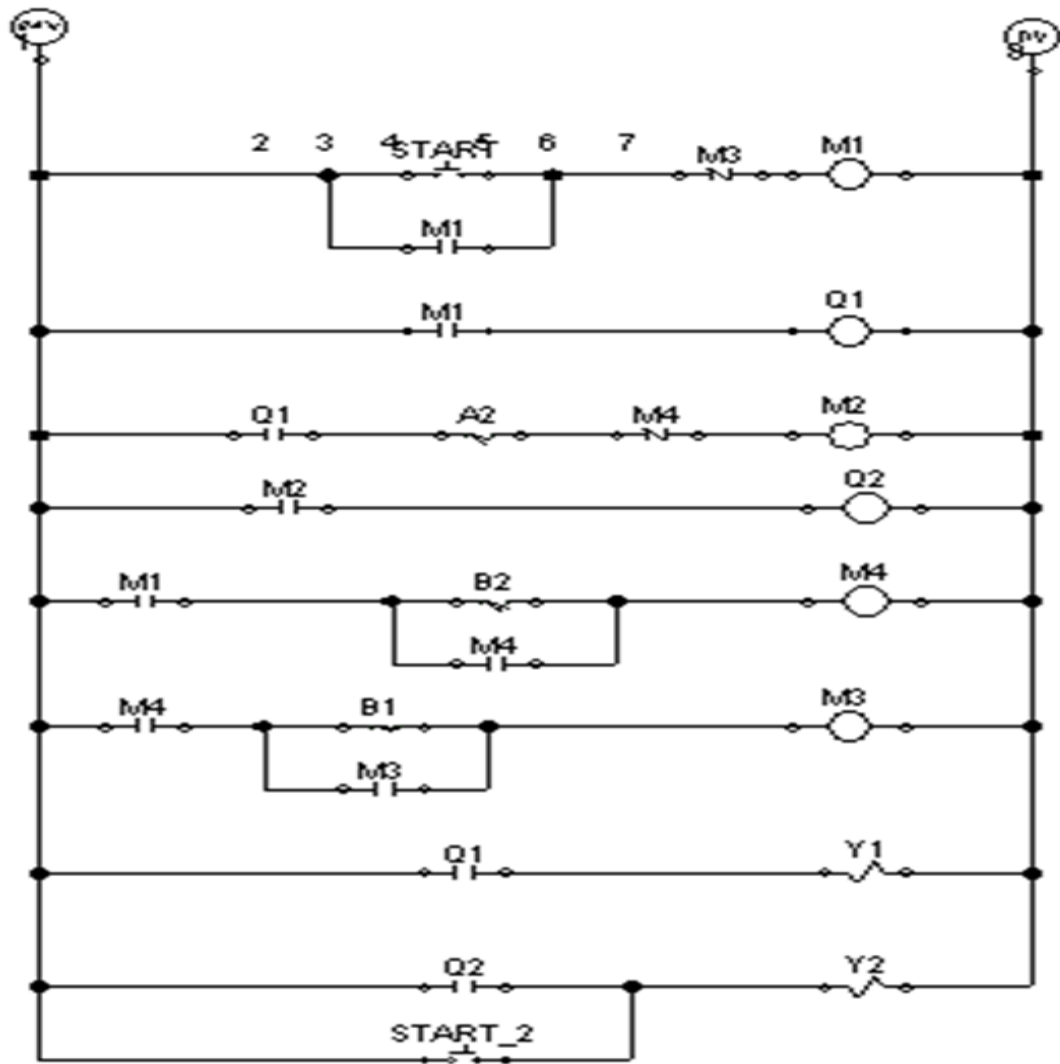
Secuencia: A+/B+/B-/A-

**Figura 129. Esquema del circuito neumático del ejercicio 5**



Fuente: Fundamentos de neumática y electro-neumática: Manual de estudio, pg. 57, 58, 59.

Figura 130. Esquema del circuito eléctrico del ejercicio 5



Fuente: Fundamentos de neumática y electro-neumática: manual de estudio, pg. 57, 58, 59.

### 7.3 RED DE AIRE

Para realizar los cálculos de la red de aire, lo primero que se debe tener en cuenta son los datos de operación de los equipos suministrados por el proveedor:

- Caudal: 45 *Litros/min*

- Presión: 6 Bares

Llevamos estos datos a CFM ( $ft^3/min$ )

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ } ft^3/min & \rightarrow & 0,4720 \text{ } L/seg \\ X & & \leftarrow 0,75 \text{ } L/seg \end{array}$$

$$X = \frac{0,75 \text{ } L/seg * 1 \text{ } ft^3/min}{0,4720 \text{ } L/seg}$$

$$X = 1,588 \text{ } ft^3/min$$

$$Caudal = 1,588 \text{ } ft^3/min \cong 1,6 \text{ } ft^3/min$$

Y a PSI:

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ } Bar & \rightarrow & 14,504 \text{ } PSI \\ 6 \text{ } Bares & \rightarrow & X \end{array}$$

$$X = \frac{6 \text{ } Bares * 14,504 \text{ } PSI}{1 \text{ } Bar}$$

$$Presión = 87,024 \text{ } PSI$$

Con el caudal en CFM lo llevamos a SCFM (Pies Cúbicos por Minuto Estándar) aplicando la (Ecuación 45)

$$(Ecuación 45) \quad SCFM = \frac{ACFM * P_A - (H_{RA} * P_{VA})}{14,7 - (0,36 * 0,339)} * \frac{288}{273 - T_{AM}}$$

Donde:

$ACFM$  = Caudal ( $Pies^3/min$ ) en operación

$P_A$  = Presión en sitio de montaje

$H_{RA}$  = Humedad relativa en sitio (70 % en Medellín)

$P_{VA}$  = Presión en sitio de operación (0,3 PSI)

$T_{AM}$  = Temperatura ambiente (24°C)

Remplazamos los datos en la (Ecuación 45)

$$SCFM = \frac{1,6 \text{ ft}^3/\text{min} * \left[ 12,37 - \left( \frac{70 \% * 0,3_{PSI}}{100 \%} \right) \right]}{14,7 - (0,36 * 0,339)} * \frac{288}{273 - 24^\circ C}$$

$$SCFM = \frac{15564800}{12026817} * \frac{32}{33}$$

$$SCFM = 1,2941 \text{ ft}^3/\text{min}$$

Hallamos las pérdidas para una tubería PVC o manguera lisa, las cuales son alrededor del 2 %:

$$\Delta p = \frac{2 \%}{100 \%} * \text{Presión en Bares}$$

$$\Delta p = \frac{2 \%}{100 \%} * 6 \text{ Bares}$$

$$\Delta p = 0,12 \text{ Bares}$$

Hallamos la longitud de la tubería:

Metros lineales = 10,5 m

**Tabla 16. Pérdidas de carga por fricción en accesorios de tuberías**

Elemento intercalado en tuberías.	Diámetro de la tubería							
	1/4 "	3/8 "	1/2 "	3/4 "	1 "	1,1/4 "	1,1/2 "	2 "
Valvula esclusa (Completa/ abierta)	0,09	0,09	0,1	0,13	0,17	0,22	0,26	0,33
"T" (Pasa recto)	0,15	0,15	0,21	0,33	0,45	0,54	0,67	0,91
"T" (Pasa o derivación)	0,76	0,76	1	1,28	1,61	2,13	2,46	3,16
Curva 90 °	0,42	0,42	0,52	0,64	0,79	1,06	1,24	1,58
Curva 45 °	0,15	0,15	0,23	0,29	0,37	0,48	0,57	0,73
Valvula globo (Completa/ abierta)	4,26	4,26	5,66	7,04	8,96	11,76	13,77	17,67
Valvula angular (Completa/ abierta)	2,43	2,43	2,83	3,5	4,48	5,88	6,88	8,83

Fuente: Curso 1 de neumática, automatizaciones técnicas.

Para calcular las perdidas por fricción en los accesorios nos basamos en la Tabla 16.

$$\text{Codo de } 90^\circ = 14 \text{ un} \times 0,52 = 7,28 \text{ m}$$

$$T = 6 \text{ un} \times 1 = 6 \text{ m}$$

$$\text{Válvulas} = 7 \text{ un} \times 0,1 = 0,7$$

Total de accesorios 13,98 m

Sumamos los metros lineales con el total de accesorios:

$$\textit{Longitud Total} = \textit{Metros Lineales} + \textit{Total de accesorios}$$

$$\text{Longitud Total} = 13,98 \text{ m} + 10,5 \text{ m}$$

$$\text{Longitud Total} = 24,48 \text{ m}$$

Hallamos las pérdidas de carga por unidad de longitud

$$P_{cul} = \frac{\Delta P}{LT}$$

$$P_{cul} = \frac{0,12 \text{ Bares}}{24,48 \text{ m}}$$

$$P_{cul} = 0,00490 \text{ Bares/m}$$

Convertimos  $\Delta P$  en *PSI*.

$$\begin{array}{l} 1 \text{ Bar} \rightarrow 14,504 \text{ PSI} \\ 0,12 \text{ Bares} \rightarrow X \end{array}$$

$$X = \frac{0,12 \text{ Bares} * 14,504 \text{ PSI}}{1 \text{ Bar}}$$

$$\Delta P = 1,740 \text{ PSI}$$

Con los siguientes datos buscamos el diámetro de la tubería en el Gráfico 11

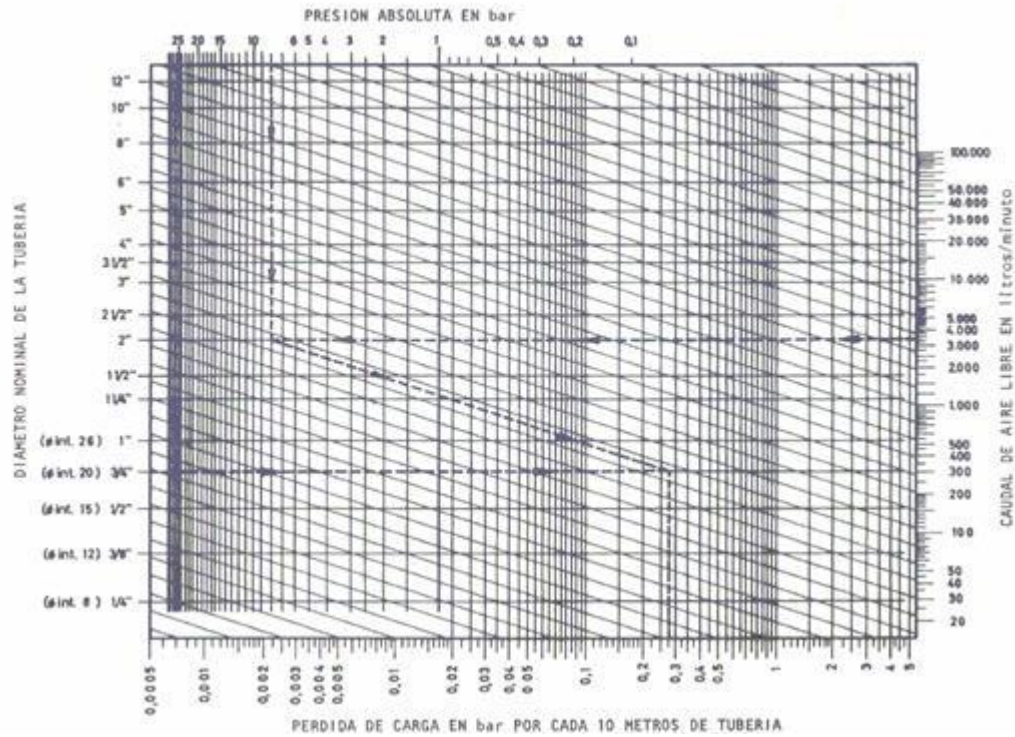
Presión manométrica = 6 *Bares*

Caída de presión = 0,00490 *Bares/m*

SCFM caudal = 1,2941 *ft*<sup>3</sup>/*min*



**Gráfico 11. Monograma para determinar el diámetro de una tubería**



Fuente: [http://www.guillesime.galeon.com/index\\_archivos/Page736.htm](http://www.guillesime.galeon.com/index_archivos/Page736.htm)

Observando el Gráfico 11 vemos que el diámetro de la tubería esta entre 1/2 y 3/4", por lo cual elegimos 1/2".

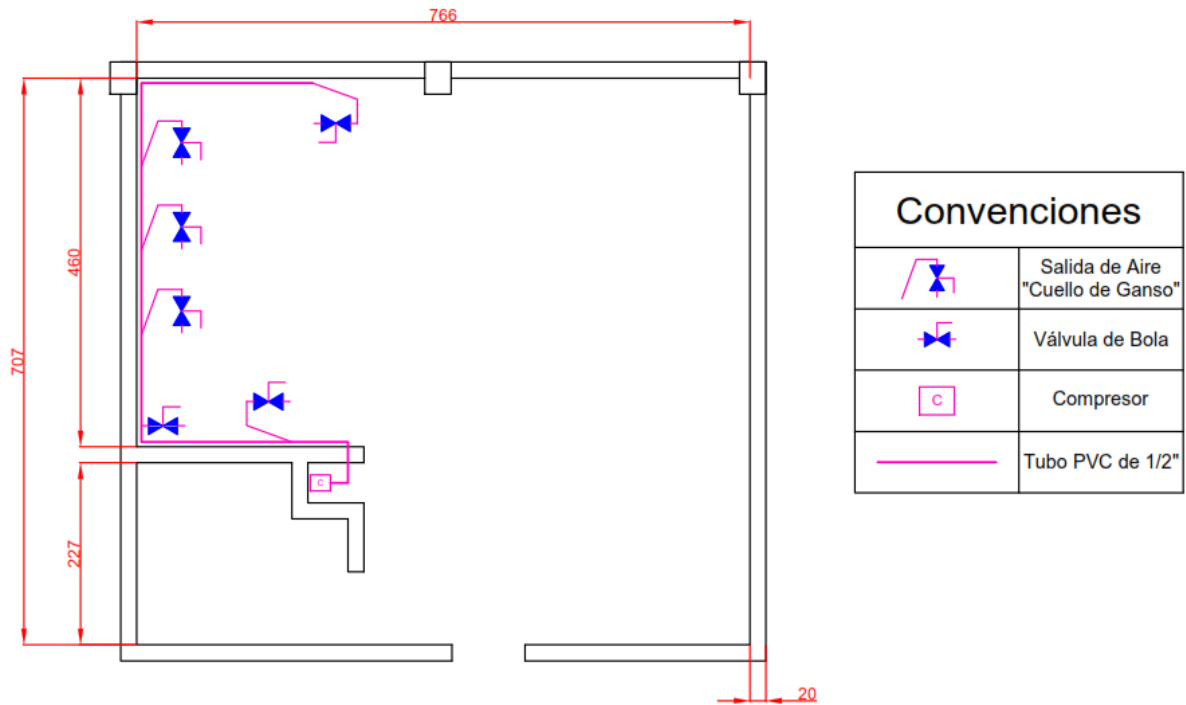
Para determinar la caída de presión en el sistema tomamos la presión entregada por el compresor y le restamos la caída de presión debido a la tubería y los accesorios:

$$Presión\ del\ Sistema = P.\ compresor - \Delta P\ por\ tubería\ y\ accesorios$$

$$Presión\ del\ Sistema = 90\ PSI - 1,740\ PSI$$

$$Presión\ del\ Sistema = 88,26\ PSI$$

**Gráfico 12. Plano de red de aire**



Fuente: Hecho por el autor

## 7.4 RED DE DATOS

Esta red fue diseñada para una velocidad de transmisión de 100Mbps, utilizando para ello elementos de categoría 5E, el protocolo de comunicación que se utilizara para los equipos que componen la red será profinet.

Los elementos que conforman la red son:

- Gabinete tipo rack cerrado para 5 unidades
- Swiche de 16 puertos 10/100 Mbps
- Pasch panel de 24 puertos pre armado
- Organizador para cables cerrado 40x40 (milímetros)

- Cable UTP categoría 5E
- Faceplate para 2 salidas
- Plug RJ45 categoría 5E
- Jack categoría 5E

La red fue montada bajo norma TIA/568<sup>a</sup> en topología estrella o radial categoría 5E para una velocidad de transmisión de 100 Mbps, en esta red se comunicaran 3 PLC marca siemens y 3 ordenadores desde los cuales se podrá realizar la programación de los autómatas y visualizar los programas que se estén ejecutando en su momento.

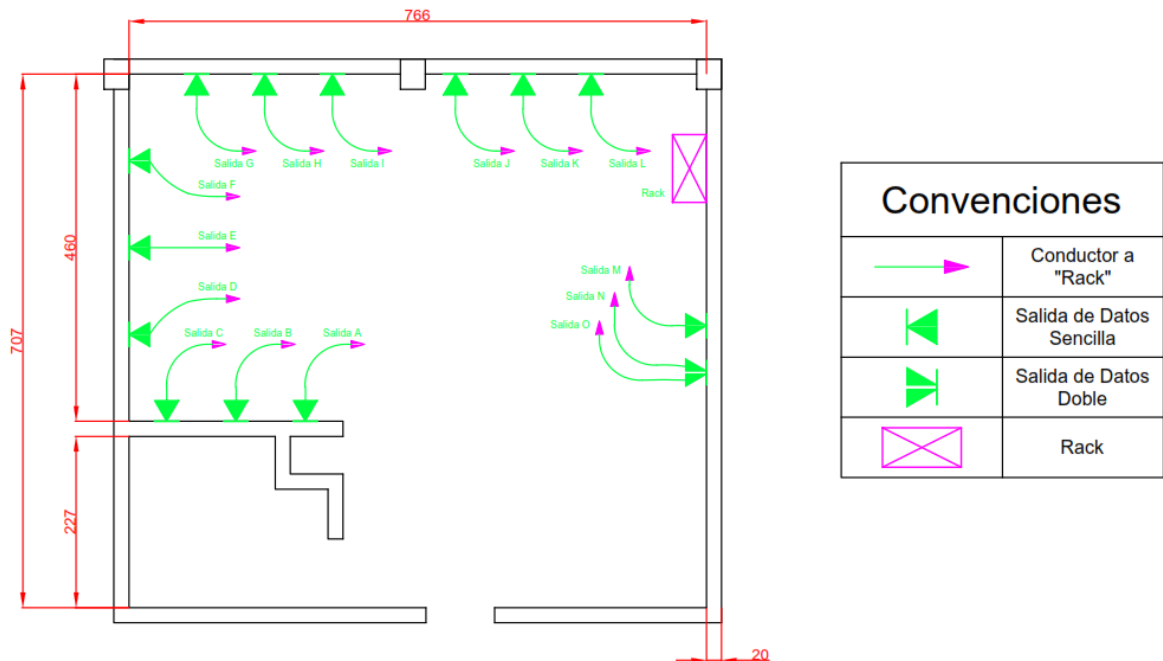
Para lograr esto fue necesario asignar una dirección IP a los autómatas y ordenadores quedando la configuración de la siguiente manera:

- PLC 1 (controlador lógico programable 1) ubicado en modulo electro neumático 1 con dirección IP 192.168.0.1, submascara de red 255.255.255.0
- PLC 2 (controlador lógico programable 2), ubicado en el modulo neumático 2 con dirección IP 192.168.0.2, submascara de red 255.255.255.0
- PLC 3 (controlador lógico programable 3), ubicado en el modulo de servomotores con dirección IP 192.168.0.3, submascara de red 255.255.255.0
- Ordenador 1, ubicado al lado del rack de datos, con dirección IP 192.168.0.4, submascara de red 255.255.255.0
- Ordenador 2, ubicado al lado de rack de datos, con dirección IP 192.168.0.5, submascara de red 255.255.255.0

- Ordenador 3, ubicado al lado del modulo para servomotores con dirección IP 192.168.0.6, submascara de red 255.255.255.0

Cabe anotar que la red queda abierta para ser enlazada con la red corporativa del Tecnológico Pascual Bravo institución Universitaria y acceder a ella desde cualquier punto que tenga acceso a internet, esto queda supeditado al área informática de la institución, los swiches quedan conectados atreves de un cable UTP, basta reasignar las direcciones IP.

**Gráfico 13. Plano de red de datos**



Fuente: Hecho por el autor.

## 7.5 RED ELÉCTRICA

Para la correcta selección de un conductor eléctrico deben considerarse los siguientes:

- El valor máximo del voltaje que se aplicará

- La capacidad de conducción de corriente eléctrica
- El valor máximo de la caída de tensión

El cálculo del conductor debe efectuarse de dos maneras: por corriente y por caída de tensión. El resultado del cálculo que arroje el conductor de mayor sección transversal será el que se seleccione.

Para nuestro caso tenemos la siguiente regulación según el diagrama unifilar y los planos realizados.

Desde nuestra fuente de alimentación se utilizó un cable de 5x10 con breaker de protección de 30 A, a una distancia de 15 m aprox. El cual nos alimenta un tablero de 12 circuitos

De acuerdo al libro “Instalaciones Eléctricas” del ingeniero Samuel Melguiso Bermudez, profesor titular de la Universidad Nacional, en su decima tercera edición, se describe lo siguiente:

Para el cálculo de la caída de voltaje se consideran dos fórmulas que se describen a continuación:

- Para circuitos bifilares, trifilares y trifásicos de 4 hilos con neutro:

$$(Ecuación 46) \quad C \text{ de } V = \frac{\text{Distancia en Metros} \times \text{Amperios por línea} \times 77,2}{\text{Milesimas Circulares (MC)}}$$

- Para circuitos trifásicos en delta sin neutro

$$(Ecuación 47) \quad C \text{ de } V = \frac{\text{Distancia en Metros} \times \text{Amperios por línea} \times 62,5}{\text{Milesimas Circulares (MC)}}$$

En estas formulas se observa claramente como la caída de voltaje será mayor , mientras mayor sea la longitud de los conductores, mayor la corriente que circula y

menor la sección transversal de las líneas ( expresado su calibre en MC o milésimas circulares).

### 7.5.1 Caída de voltaje en un alambre de cobre (temperatura 25 °C)

La caída de voltaje en un solo alambre de cobre que opera a una temperatura ambiente de 25°C puede hallarse por la (Ecuación 48):

$$(Ecuación 48) \quad \Delta V = 0,0175 \frac{LI}{A}$$

Donde:

$\Delta V$  = Caída de voltaje

$L$  = Longitud

$I$  = Corriente en amperios

$A$  = Sección en mm<sup>2</sup>

La resistencia específica del cobre a T= 25° C. es de = 0.0175 Ω-mm<sup>2</sup> /m. Cuando se trata de un sistema bifilar, basta multiplicar por 2 el resultado obtenido para un solo alambre. Por otra parte, si se fija una caída de voltaje máxima admisible, puede hallarse el área A ideal.”

Para el caso del tablero principal de 12 circuitos tenemos una corriente máxima permitida de 30 A en un cable 5x10 AWG,

La caída de tensión para estos circuitos según la (Ecuación 46) es

$$C de V = \frac{15 m X 16 A X 77,2}{10,38 MC}$$

$$C de V = 1,66 V$$

De acuerdo a este cálculo tenemos una caída de voltaje 1,66 voltios. Si tenemos un voltaje de alimentación de 225 voltios, el voltaje caerá hasta los 223 V, lo que no se hace representativo para nuestro caso.

Para los circuitos ramales aplicamos la misma fórmula y observamos que la corriente más alta es la de los motores de 1HP, donde se maneja una corriente de 16 amperios.

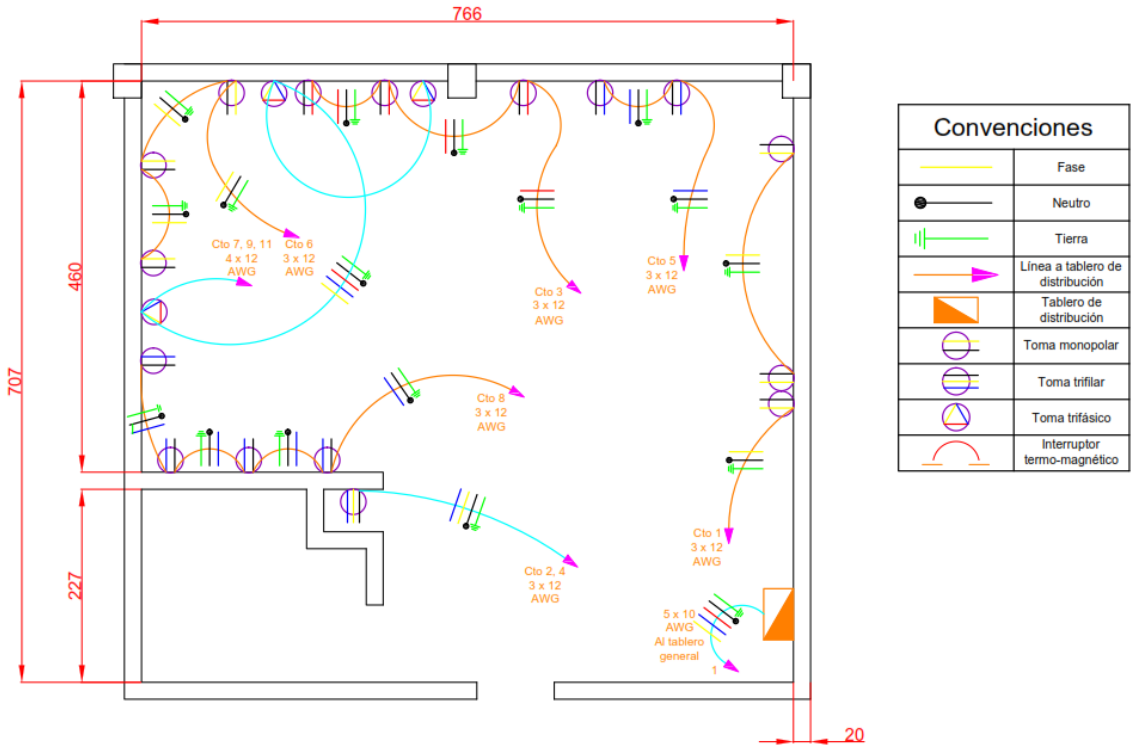
$$C de V = \frac{8 m X 16 A X 77,2}{6,53 MC}$$

$$C de V = 1,4 V$$

Como se aprecia la caída de tensión no es tan representativa, esto nos permite la libre operación del laboratorio.

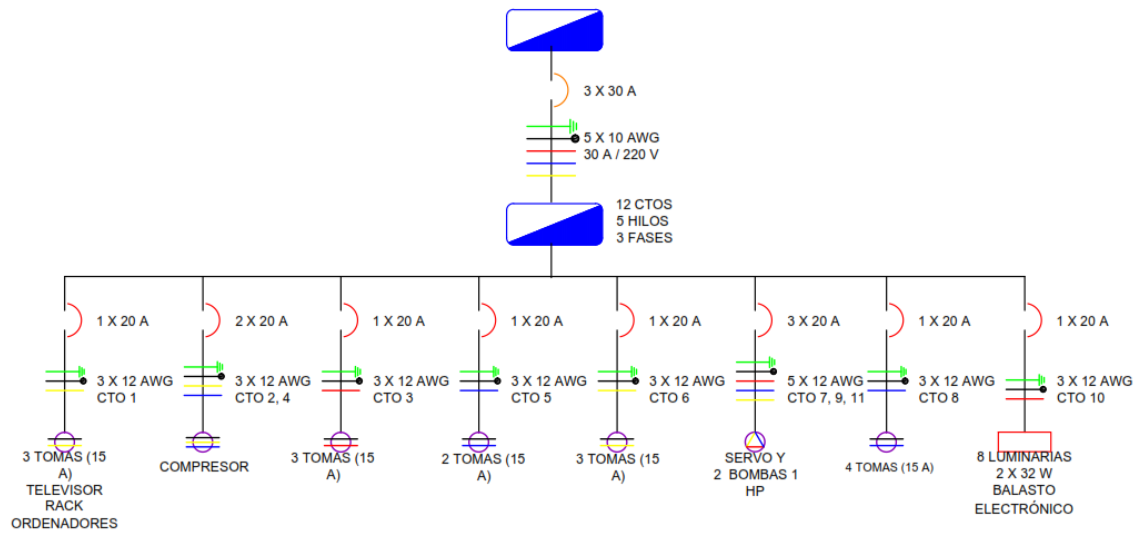
En este orden de ideas la potencia calculada que se instaló en el laboratorio es de 3000 vatios aproximadamente, con una tensión estándar de 110 vol.

**Gráfico 14. Plano de red eléctrica**



Fuente: Hecho por el autor.

**Gráfico 15. Diagrama unifilar**



Fuente: Hecho por el autor.



## **7.6 ESTUDIO DE ILUMINACIÓN**

### **7.6.1 Estado del salón antes del estudio de iluminación**

Antes de hacer el estudio de iluminación con el Software “Dialux”, se realizaron medidas de iluminancia con el luxómetro en todo el salón. Estas medidas se tomaron en el piso y también estimando un plano útil de trabajo de 0.75 m desde el piso.

Las medidas tomadas con el luxómetro fueron las siguientes:

- En el Piso: 370 lx.
- A 0.75 m del piso: 480 lx.

Comparando las medidas entregadas por el luxómetro con las exigidas por el reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) en la Tabla 440.1, estas cumplen dentro de los índices mínimos y máximos de iluminancia.

En cuanto al deslumbramiento, estaba por debajo del establecido en la Tabla, teniendo en cuenta que las luminarias no tenían mantenimiento de limpieza y todavía no se encontraba el salón pintado y organizado.

Desde este punto de vista, nada más se haría el mantenimiento de limpieza a las luminarias y volver a realizar las respectivas mediciones, con esto se mejorarían los índices de iluminancia, pero lo que se tuvo en cuenta para el nuevo estudio de iluminación fue la uniformidad de las luminarias.

Las luminarias ubicadas anteriormente no estaban uniformes, esto influye estéticamente en el salón y más con los equipos que a futuro se van a tener en él.

Lo que se busca con el nuevo estudio de iluminación es primordialmente el cumplimiento del reglamento con los índices exigidos y posteriormente una mejor

uniformidad, dándole al nuevo laboratorio un ambiente agradable y estético con la reinstalación de las mismas luminarias realizándoles mantenimiento de limpieza.

Gracias a este estudio, se logró disminuir de 10 luminarias que habían anteriormente a 9, con un mejoramiento notable en el flujo luminoso necesario para este tipo de recintos y aportando mínimamente a un ahorro energético, ya que al reducir el número de lámparas se reduce el consumo.

Después de realizar el estudio e implementar este en el laboratorio se hacen las medidas con el luxómetro obteniendo los siguientes datos:

- En el Piso: 410 lx.
- A 0.75 m del Piso (Plano de trabajo): 500 lx.

Se puede observar un mejoramiento en el flujo luminoso de la luminaria, con el mantenimiento y con la uniformidad, dándole cumplimiento al reglamento, disminuyendo luminarias y proporcionando una mejor estética a este laboratorio.

### **7.6.2 Resultados del estudio de iluminación**

Este cálculo se realiza con el fin de entregar un estudio aproximado de la iluminación del futuro laboratorio de electro-neumática asignado por la Institución.

Este estudio de iluminación contiene los cálculos necesarios indicados por el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP), realizados con el software para planificación de iluminación "Dialux".

Se pretende también demostrar el conocimiento adquirido durante el proceso de pregrado próximo a culminar por los estudiantes acerca del manejo y utilización del software y la aplicación de la normatividad correspondiente a este tipo de instalaciones.

### 7.6.3 Luminarias propuestas

A continuación, se relacionan las luminarias propuestas en el software para el cálculo de la iluminación del laboratorio, teniendo en cuenta las luminarias existentes en él.

Cabe recordar que los datos propuestos en este trabajo son entregados por el software Dialux.

Las luminarias y las lámparas utilizadas para el montaje de la iluminación en el área asignada por la institución fueron las siguientes:

- Luminaria PHILIPS TCS160 2TL-DEco32W HFP C3
- Lámpara: 2xTL-Deco32W/840

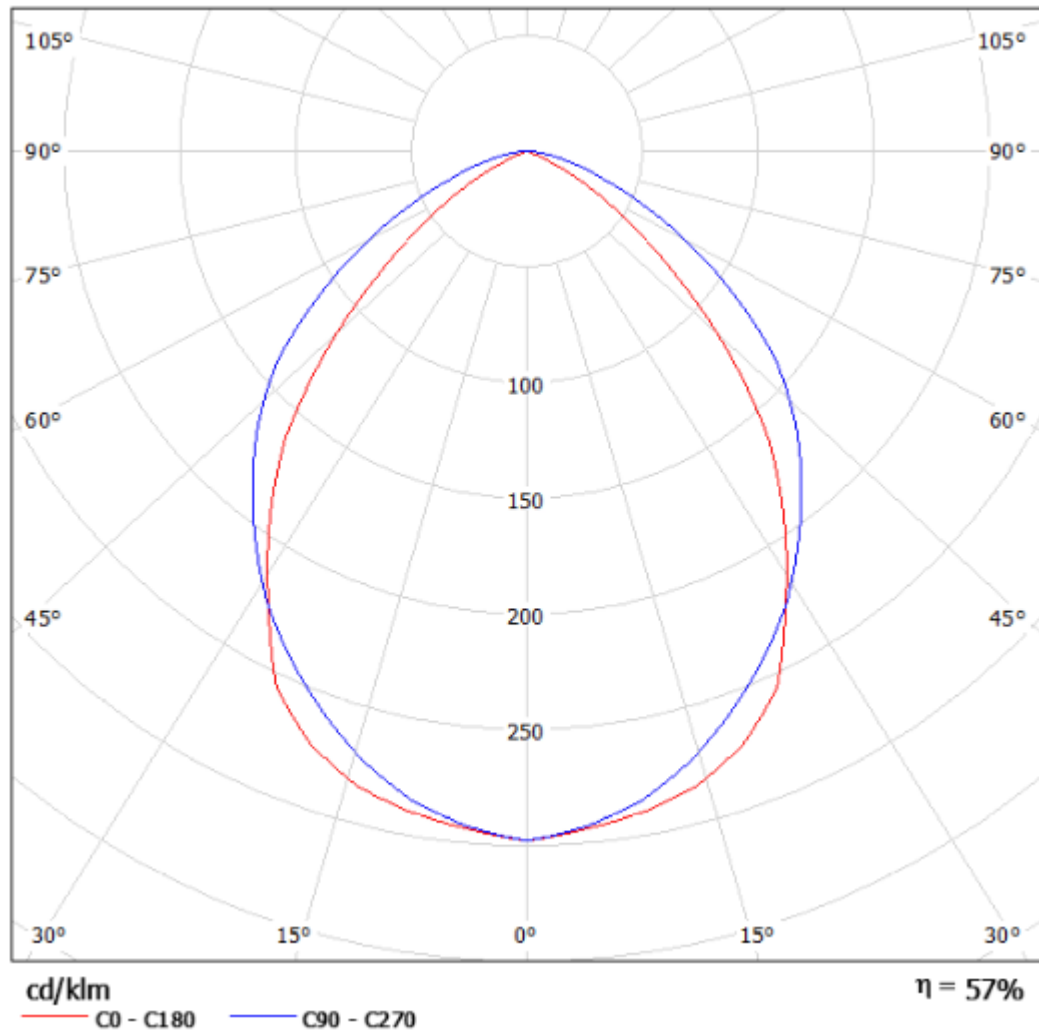
**Figura 131. Luminaria utilizada**



Fuente: Extractado del software "Dialux".

En el Gráfico 16 podemos ver el flujo luminoso de la luminaria utilizada en el montaje de la iluminación del salón en el cual quedarán instalados los módulos.

**Gráfico 16. LVK Polar de la luminaria**



Fuente: Dato obtenido con el software "Dialux"

En la Tabla 17 podemos ver los índices de deslumbramiento para esta luminaria. Con esta tabla, se pueden comparar los índices mínimos permitidos descritos en el RETILAP en Sección 440, tabla 440.1 del reglamento.

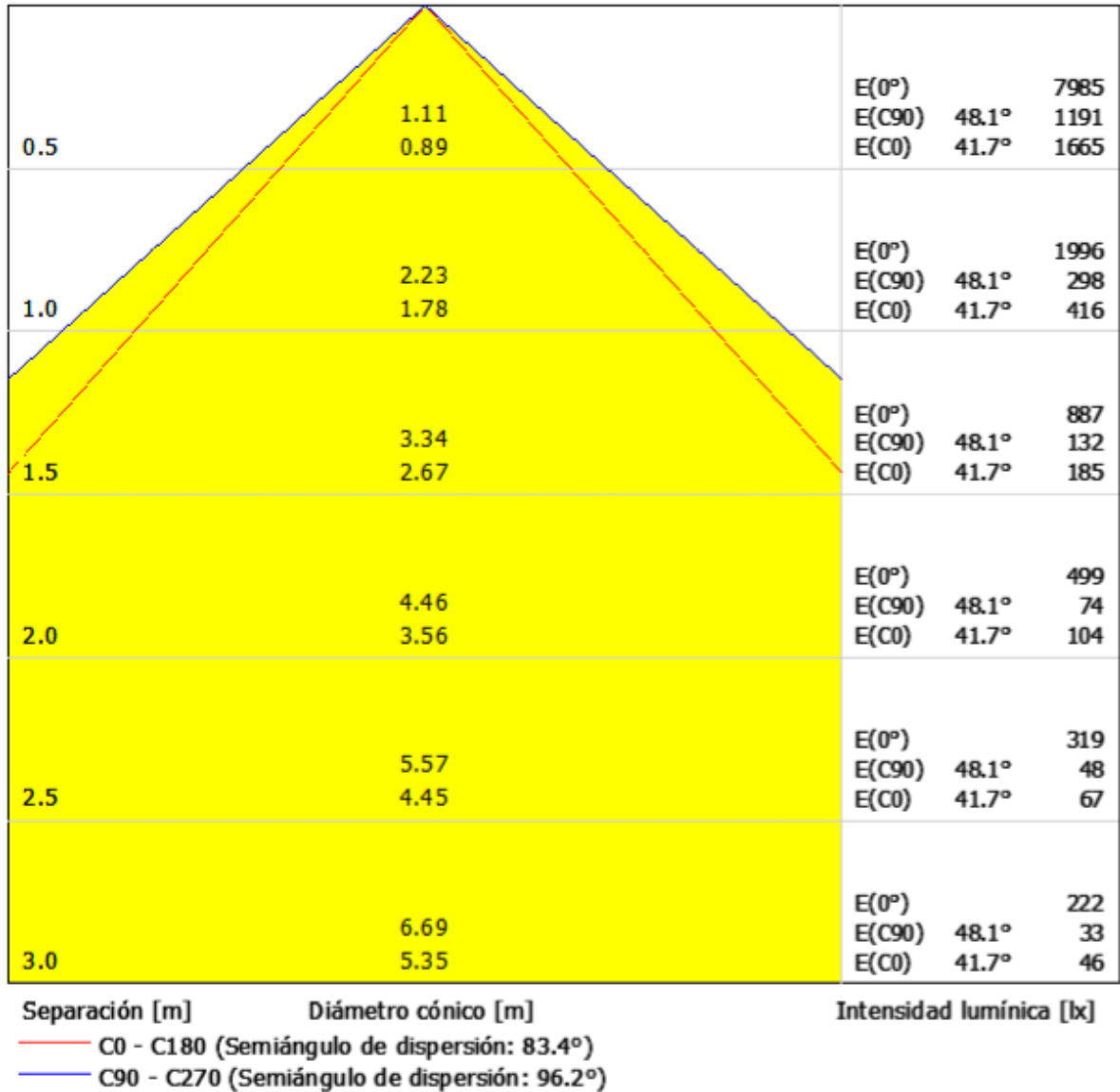
**Tabla 17. Valores de deslumbramiento según UGR**

<b>Valoración de deslumbramiento según UGR</b>											
$\rho$ Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
$\rho$ Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
$\rho$ Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
2H	2H	16.0	17.1	16.3	17.3	17.5	19.0	20.1	19.3	20.3	20.6
	3H	15.9	16.9	16.2	17.1	17.4	19.8	20.8	20.1	21.0	21.3
	4H	15.8	16.7	16.2	17.0	17.3	20.0	20.9	20.3	21.2	21.4
	6H	15.8	16.6	16.1	16.9	17.2	20.1	20.9	20.4	21.2	21.5
	8H	15.7	16.5	16.1	16.8	17.1	20.1	20.9	20.5	21.2	21.5
	12H	15.7	16.4	16.0	16.8	17.1	20.1	20.9	20.5	21.2	21.5
4H	2H	16.4	17.3	16.7	17.6	17.8	19.1	20.0	19.4	20.2	20.5
	3H	16.3	17.1	16.7	17.4	17.7	19.9	20.7	20.3	21.0	21.3
	4H	16.3	16.9	16.6	17.3	17.6	20.2	20.8	20.6	21.2	21.5
	6H	16.2	16.8	16.6	17.1	17.5	20.3	20.9	20.7	21.3	21.7
	8H	16.2	16.7	16.6	17.1	17.5	20.4	20.9	20.8	21.3	21.7
	12H	16.1	16.6	16.6	17.0	17.4	20.4	20.9	20.9	21.3	21.7
8H	4H	16.3	16.8	16.7	17.2	17.6	20.1	20.6	20.5	21.0	21.4
	6H	16.2	16.6	16.7	17.0	17.5	20.3	20.7	20.7	21.1	21.6
	8H	16.2	16.5	16.6	17.0	17.4	20.3	20.7	20.8	21.2	21.6
	12H	16.1	16.4	16.6	16.9	17.4	20.4	20.7	20.9	21.2	21.7
12H	4H	16.3	16.7	16.7	17.1	17.6	20.0	20.5	20.5	20.9	21.3
	6H	16.2	16.5	16.7	17.0	17.5	20.2	20.6	20.7	21.0	21.5
	8H	16.1	16.5	16.6	16.9	17.4	20.3	20.6	20.8	21.1	21.6
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H		+0.9 / -1.7					+0.3 / -0.4				
S = 1.5H		+1.8 / -4.4					+0.6 / -1.0				
S = 2.0H		+3.3 / -9.5					+1.7 / -2.3				
Tabla estándar		BK01					BK03				
Sumando de corrección		-3.6					1.0				
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 6700lm Flujo luminoso total											

Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

En el Gráfico 17 se puede determinar el coeficiente de utilización de la luminaria utilizada, este dato se compara con lo establecido en el reglamento en la Sección 430.1.

**Gráfico 17. Diagrama cónico**

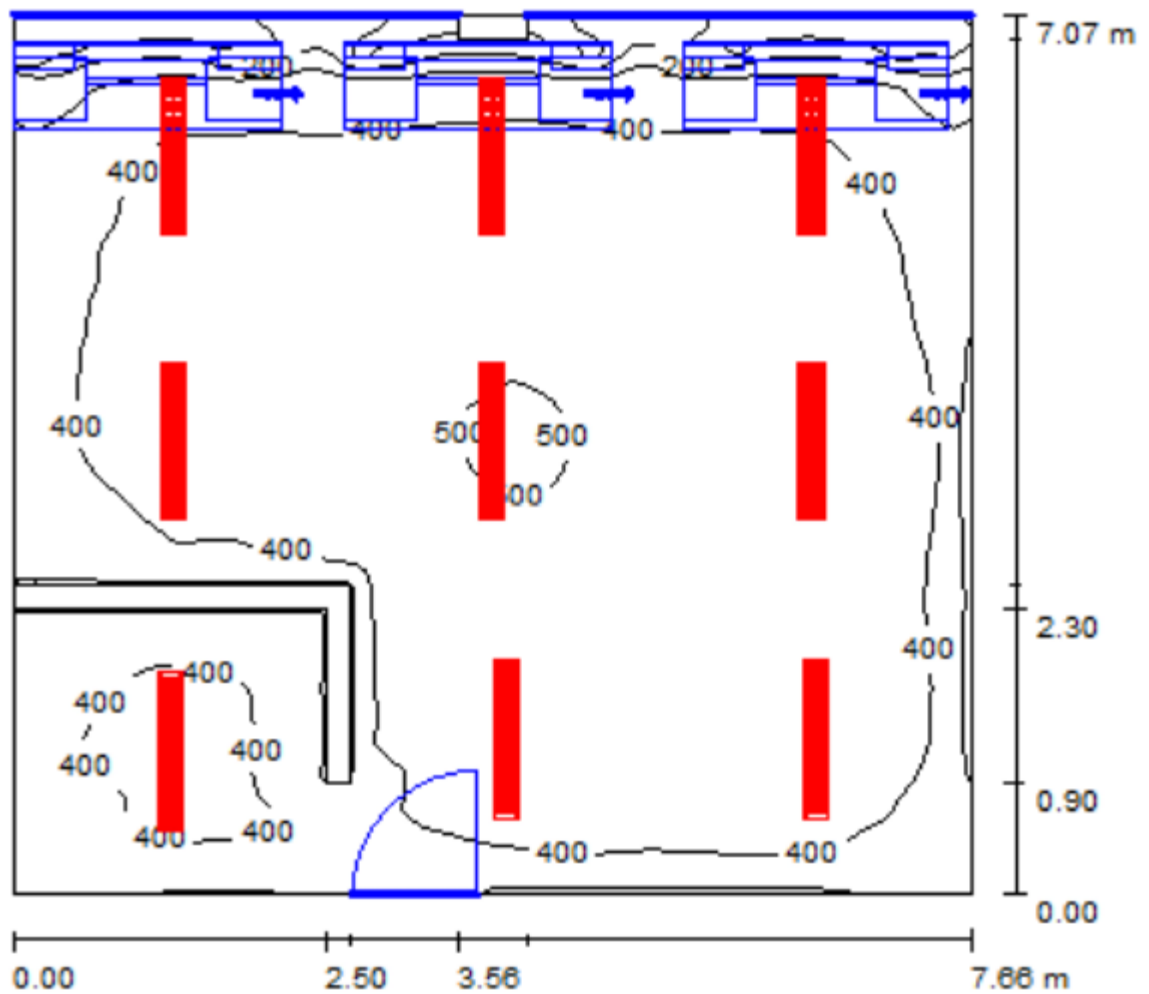


Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

#### 7.6.4 Resumen del proyecto

Este resumen muestra los datos más importantes del cálculo entregado por el software, contiene una grafica donde se muestra los índices de iluminancia en todo el salón. Estos índices son comparados con los establecidos en el RETILAP en la tabla 440.1, exigidos para salones o laboratorios de este tipo.

Figura 132. Índices de Iluminancia del salón



Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

Las medidas del salón son:

- Altura del Salón: 4.350 m.
- Altura de Montaje: 2.830 m.
- Factor de mantenimiento: 0.67.

**Tabla 18. Índices de reflectancia e Iluminancia**

Superficie	$\rho$ (%)	E m (lx)	E min (lx)	E máx. (lx)	E min/E máx.
Plano útil	/	456	103	578	0.226
Suelo	67	410	27	502	0.067
Techo	61	203	151	246	0.743
Paredes	88	238	34	456	/

Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

El plano útil es:

- Altura: 0.850 m.
- Trama: 128x128 puntos.
- Zona Marginal: 0.000 m.

**Tabla 19. Lista de piezas (Luminarias)**

Nº	Pieza	Designacion (Factor de correccion)	$\Phi$ (lm)	P (W)
1	9	Philips TCS 160 2xTL-D36W HFP C3 (Tipo 1)* (1.000)	6000	136.0
Total			54000	1224.0

Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

El valor de la eficiencia energética está dado por:

$$22.60 \text{ W/m}^2 = 4.96 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx (Base: } 54.16 \text{ m}^2\text{)}.$$

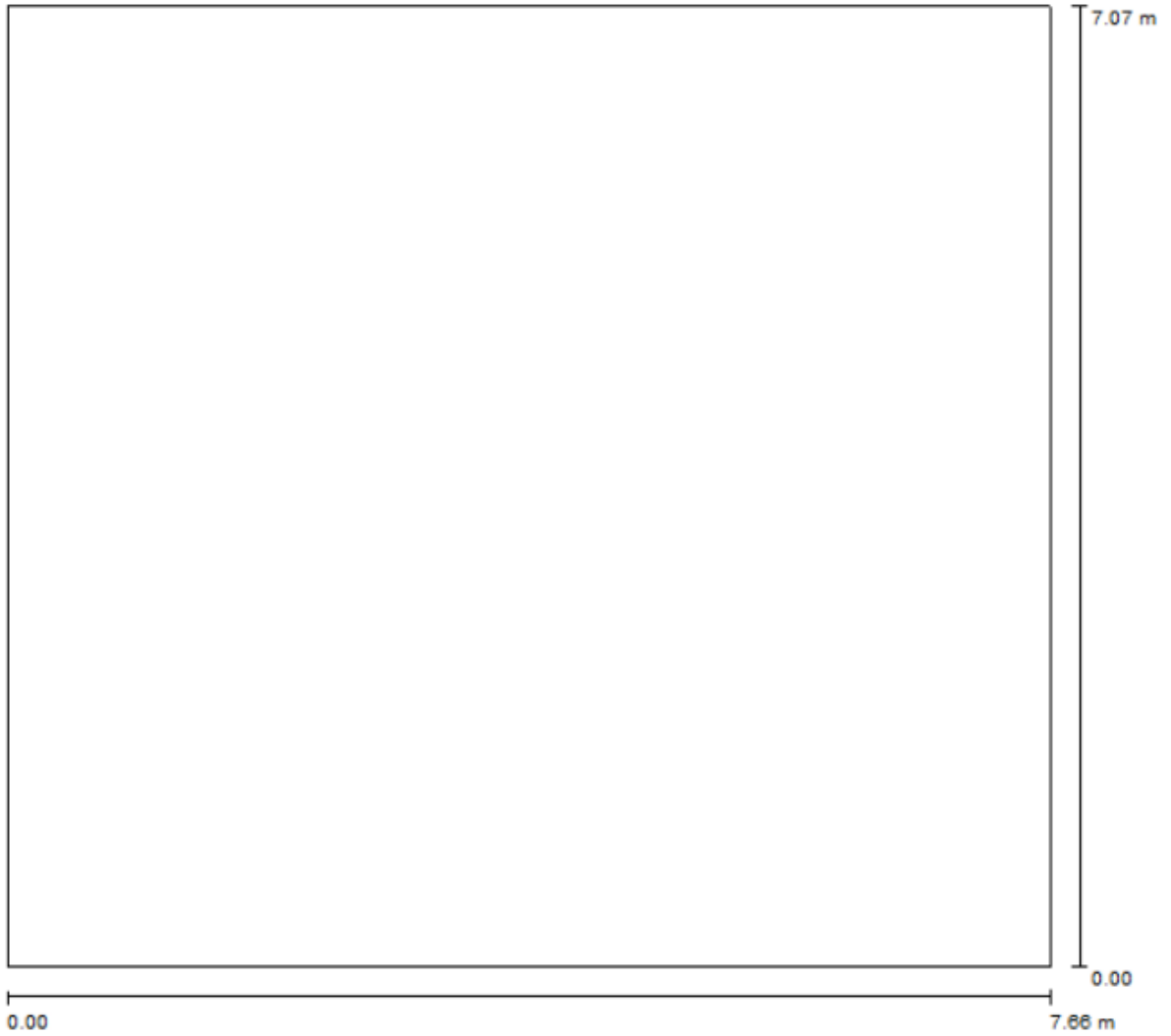
A continuación se muestra el plano básico del salón incluyendo una pequeña tabla donde se describen los índices de Reflectancia para el suelo, techo y paredes.

- Lámpara Utilizada: TLDEco – 32W.
- Altura del Plano Útil: 0.850 m.
- Zona Marginal: 0.000 m.



- Factor de mantenimiento: 0.67.
- Altura del salón: 4.350 m.
- Base: 54.16 m<sup>2</sup>.

**Figura 133. Plano básico del laboratorio**



Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

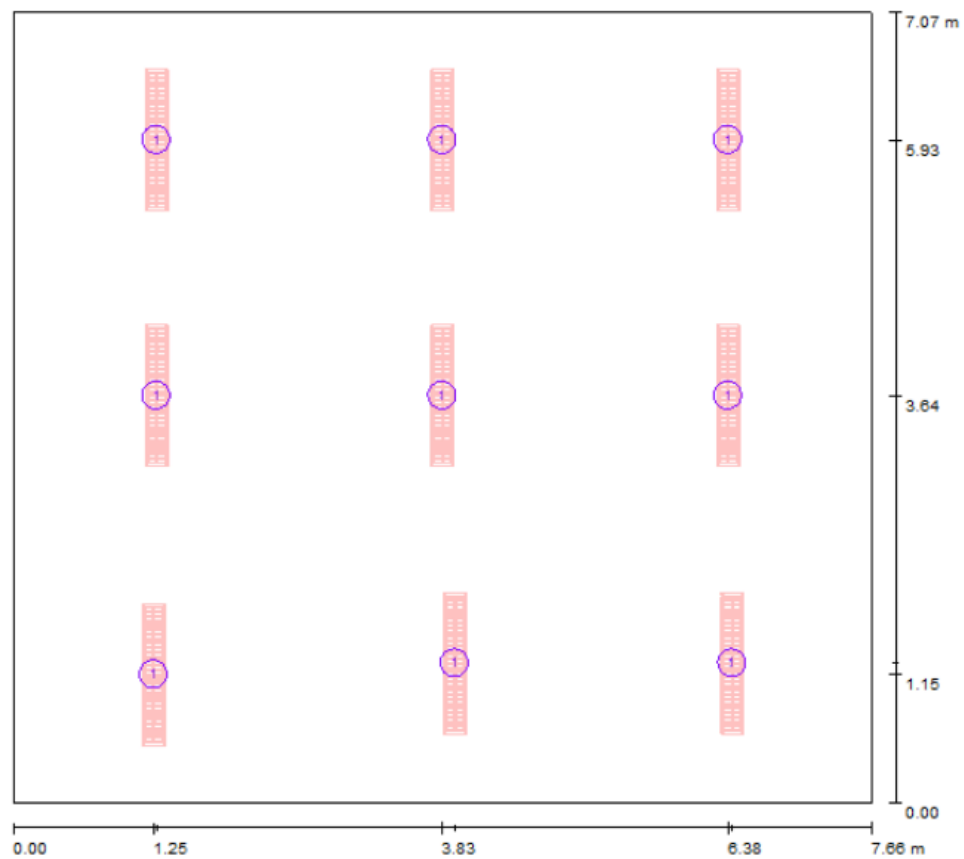
**Tabla 20. Reflectancias y medidas del salón**

Superficie	Rho (%)	Desde ([m]   [m])	Hacia ([m]   [m])	Longitud (m)
Suelo	67	/	/	/
Techo	61	/	/	/
Pared 1	88	(0.000   0.000)	(7.660   0.000)	7.660
Pared 2	88	(7.660   0.000)	(7.660   7.070)	7.070
Pared 3	88	(7.660   7.070)	(0.000   7.070)	7.660
Pared 4	88	(0.000   7.070)	(0.000   0.000)	7.070

Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

En la Figura 134 se presenta el plano básico del salón con la ubicación de las luminarias entregado por el software.

**Figura 134. Ubicación de las luminarias**



Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

En el proyecto se proponen 2 lugares de trabajo para el cálculo de iluminación del salón. El Lugar de Trabajo de la parte superior comprende el sitio donde van a estar ubicados los módulos de electro-neumática y los módulos de presión, temperatura y nivel del grupo #1. El Lugar de Trabajo de la parte inferior es el área de circundante al área de trabajo, en esta área van ubicadas algunas las sillas para recibir clases y el área del almacén de materiales del laboratorio.

**Figura 135. Lugares de trabajo**



Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

Los resultados luminotécnicos son los siguientes:

- Flujo luminoso total: 54000 lm.
- Potencia Total: 1224.0 W.
- Factor de Mantenimiento: 0.67.
- Zona Marginal: 0.000 m.

**Tabla 21. Resultados luminotécnicos**

Superficie	Intencidades luminicas dedidas (lx)			Grado de reflaccion (%)	Intencidad luminica medida (cd/m^2)
	Directo	Indirecto	Total		
Plano Útil	283	173	456	/	/
Suelo	225	185	410	67	87
Techo	0.00	203	203	61	39
Pared 1	54	204	258	88	72
Pared 2	43	203	246	88	69
Pared 3	53	203	256	88	72
Pared 3_1	51	183	234	88	66
Pared 4	29	171	200	88	56

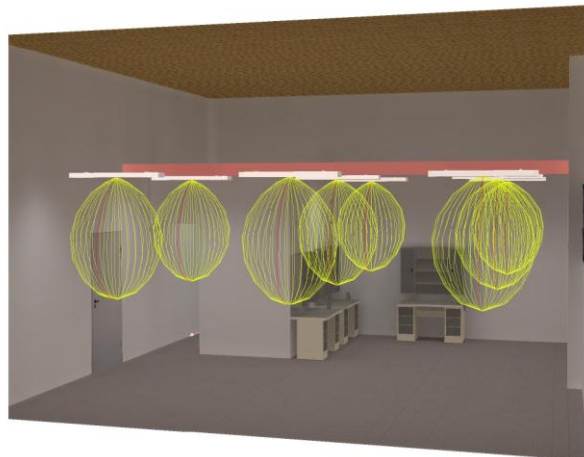
Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

Los resultados de la simetría del plano útil son:

- $E_{min} / E_m = (0.226) 1:4.$
- $E_{min} / E_{max} = (0.178) 1:6.$

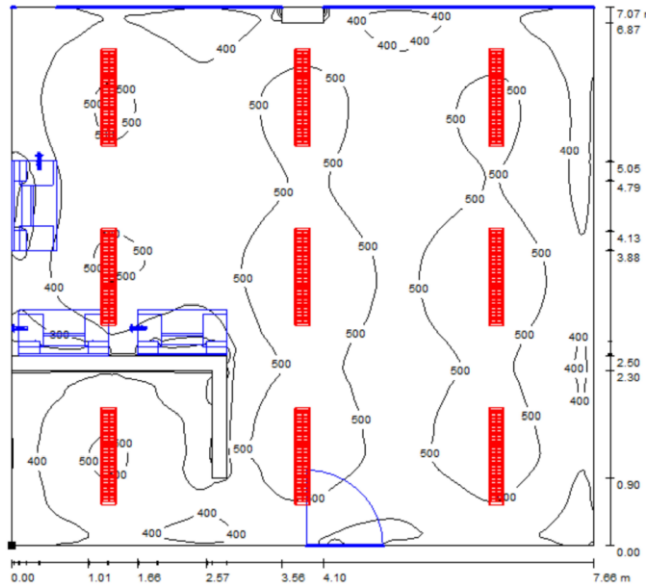
En la Figura 136 se presenta una vista en 3D del salón iluminado con algunos elementos como simulación de los módulos de electro-neumática, además se puede ver la distribución luminosa emitida por las luminarias para este salón.

**Figura 136. Rendering procesado en 3D**



Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

**Figura 137. Isolíneas (E) – plano útil**



Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

**Figura 138. Situación de la superficie en el local**



Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

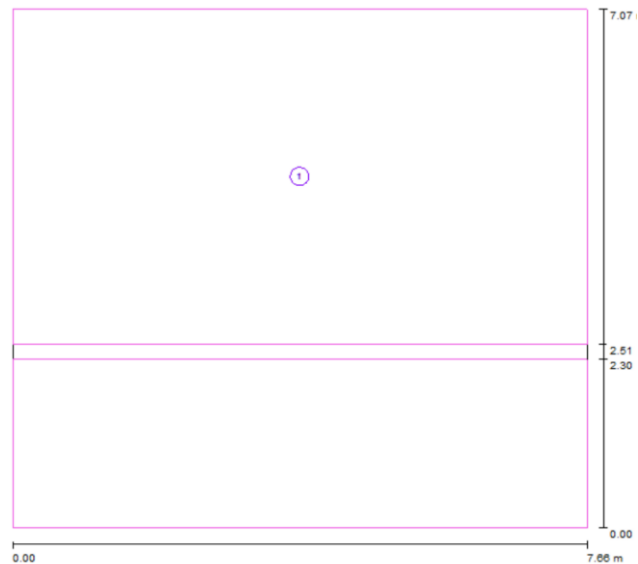
Trama = 128x128 puntos.

**Tabla 22. Isolíneas**

Em (lx)	Emin (lx)	Emax (lx)	Emin/Em	Emin/Emax
456	103	578	0.226	0.178

Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

**Figura 139. Área de tarea 1 y área circundante**



Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

**Tabla 23. Área de tarea 1 y área circundante**

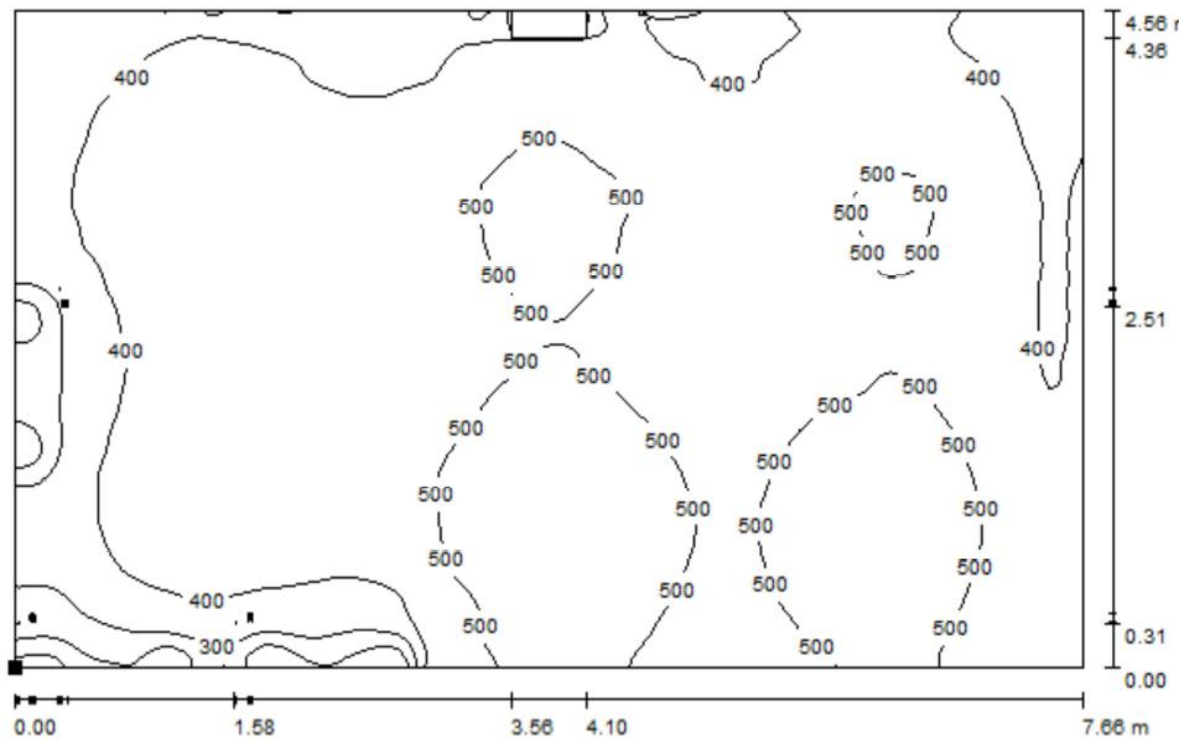
Designacion	Trama	Em (lx)	Emin (lux)	Emax (lx)	Emin/Em	Emin/Emax (lx)
Área de Tarea 1	128x128	448	70	560	0.157	0.125
Área Circundante	128x64	448	254	547	0.568	0.465

Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

### 7.6.5 Isolíneas (E) en la superficie de trabajo

A continuación se muestran las Isolíneas en las 2 superficies de trabajo planteadas para el cálculo y diseño de la iluminación del salón.

**Figura 140. Isolíneas en el área de tarea 1 (valores en luxes)**



Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

La situación en el área de trabajo 1 es la siguiente:

Punto Marcado: (0.000 m, 2.507 m, 0.750 m).

**Figura 141. Punto marcado en el área de tarea 1**



Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

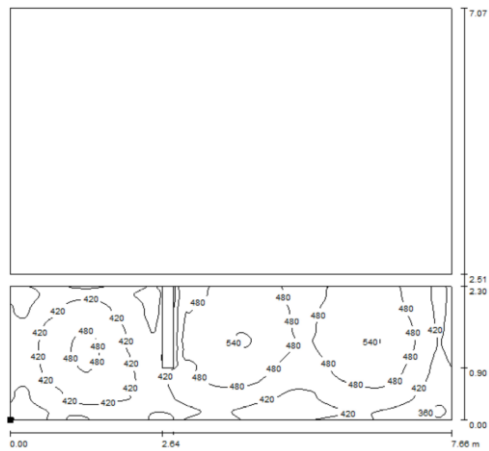
Trama: 128x128 puntos.

**Tabla 24. Isolíneas área de tarea 1**

Em (lux)	Emin (lux)	Emax (lux)	Emin/Em	Emin/Emax
448	70	560	0.157	0.125

Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

**Figura 142. Isolíneas en el área circundante (valores en luxes)**



Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

La situación del área circundante es la siguiente:

Punto Marcado: (0.000 m, 0.000 m, 0.750 m).

**Figura 143. Punto marcado en el área circundante**



Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"



Trama: 128x128 puntos.

**Tabla 25. Isolíneas en el área circundante**

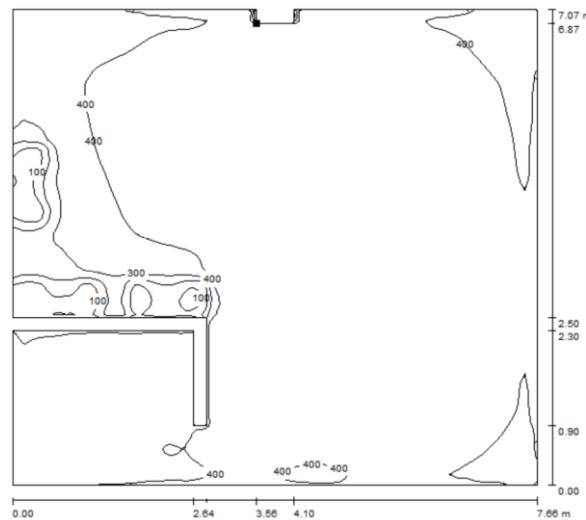
Em (lux)	Emin (lux)	Emax (lux)	Emin/Em	Emin/Emax
448	254	547	0.568	0.465

Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

### 7.6.6 Isolíneas (E) en el suelo

En la siguiente figura se muestran las Isolíneas con los valores en Luxes del área del piso del laboratorio.

**Figura 144. Isolíneas en el suelo**

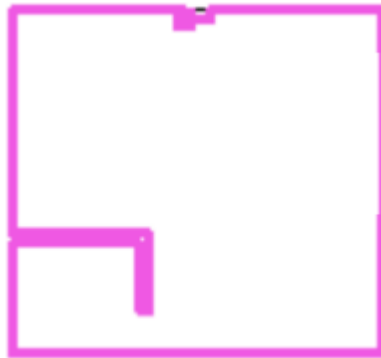


Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

La situación en la superficie del suelo es la siguiente:

Punto Marcado: (3.560 m, 6.870 m, 0.000 m).

**Figura 145. Punto marcado en el área del suelo**



Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

Trama: 128x128 puntos.

**Tabla 26. Isolíneas en el área del suelo**

Em (lux)	Emin	Emax (lux)	Emin/Em	Emin/Emax
448	254	547	0.568	0.465

Fuente: Datos obtenidos con el software "Dialux"

## 8 CONCLUSIONES

- Debido a su beneficio e importancia en la industria, se hace indispensable para todas las personas relacionadas con el gremio eléctrico, que tengan conocimiento sobre electro-neumática; debido a su combinación entre Neumática, electrónica y electricidad.
- A nivel industrial la Electro-neumática se hace necesaria en un gran número de procesos, por su practicidad.
- Ya que la mayoría de los procesos a nivel industrial están conformados por la transmisión de movimientos y esfuerzos repetitivos, se hace necesario que la comunidad estudiantil adquiera suficientes conocimientos a través de la práctica con equipos de electro-neumática.
- Con el montaje de los módulos didácticos electro-neumáticos en el Instituto Tecnológico Pascual Bravo, Institución Universitaria, se logrará que la comunidad universitaria combine las áreas de automatización, electrónica y neumática a través de laboratorios teórico-prácticos incursionando con la exigencia tecnológica que día a día avanzan más y se apoderan de todos los sistemas de producción en la globalización moderna.
- Al lograr que los estudiantes del Instituto Tecnológico Pascual Bravo interactúen con las aplicaciones de posicionamiento empleadas en la industria actual, como son los sistemas de servomotores; estamos motivando el interés, especialmente de todas aquellas personas que no tienen experiencia en el tema, al conocer estas aplicaciones, que también son utilizadas en el área que siempre parecerá tan inalcanzable para muchos, como es la robótica.

- Todo profesional que se encuentra en el medio laboral, implementando procesos de producción en la industria requiere tener conocimiento acerca de las grandes ventajas que le proporcionara una red de datos bien aplicada. Por tal motivo, este proyecto sumerge a sus usuarios en un campo al tener que interactuar a través de varios equipos de cómputo, una red de datos y software indicado para dar instrucciones a los PLC's.
- Al disponer de prácticas documentadas se despierta en el estudiante la posibilidad de profundizar más en el tema. La elaboración de manuales para la operación y el mantenimiento, lograra un mayor aprovechamiento de los módulos didácticos electro-neumáticos, ya que se contará con el debido soporte para explorar las múltiples funciones que estos equipos nos pueden ofrecer. Por otro lado ayudará a guiar el personal que se ha destinado al mantenimiento de los equipos, conservando la vida útil de los mismos.

## 9 RECOMENDACIONES

- Sugerimos sea incluido dentro del currículo de los diferentes programas académicos de la institución, la utilización de los equipos y módulos de electro-neumática aprovechándolos en aquellas asignaturas en las cuales sea relevante realizar prácticas para aplicar e interpretar el contenido teórico.
- Ceñirse al protocolo de mantenimiento propuesto en los manuales de los fabricantes, para el desempeño óptimo de los equipos.
- Realizar mantenimiento y limpieza a las luminarias en un periodo de máximo a 2 años, para ayudar con el factor de degradación natural que tiene este tipo de lámparas.
- Realizar las respectivas capacitaciones al personal de laboratorios en el manejo, cuidado y mantenimiento de los equipos y módulos de electro-neumática para que ellos multipliquen los conocimientos a los estudiantes que hacen uso de estos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arredondo Arango, N. d., Hincapié Noreña, J. G., & Salazar Valcárcel, J. O. (2002). *Implementación de una red de comunicaciones para 20 computadores en el ITPB*. Medellín, Colombia: Proyecto grado para optar por el título de "Tecnólogo en Eléctrica".
- Bocksnick, B. (1988). *Festo Didactic - Fundamentos de la técnica de mando*. Alemania: Editorial Esslingen.
- Deppert, w. S. (1979). *Aplicaciones de la Neumática* (5ta ed.). Argentina: Editorial VogelVerlag.
- Docs Google. (s.f.). Recuperado el 14 de Octubre de 2011, de Docs Google: [http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:\\_jWmW9PURRAJ:www.ehu.es/inwmooqb/NEUMATICA/Neumatica%2520y%2520electroneumatica/CAP6.%2520Electroneumatica.pdf+electroneumatica+que+es&hl=es&gl=co&pid=bl&srcid=ADGEESiwaFUsmPu44SXrgBn3D996MiuNjier\\_gx6V86LMVRwVVYoW](http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:_jWmW9PURRAJ:www.ehu.es/inwmooqb/NEUMATICA/Neumatica%2520y%2520electroneumatica/CAP6.%2520Electroneumatica.pdf+electroneumatica+que+es&hl=es&gl=co&pid=bl&srcid=ADGEESiwaFUsmPu44SXrgBn3D996MiuNjier_gx6V86LMVRwVVYoW)
- Festo H. (1981). *Automatización y Control Industrial*. Alemania: Editorial ACISA Nivel Básico Neumática.
- Frank Ebel, S. I. (2010). *Fundamentos de neumática y electroneumática: manual de estudio*. España: Festo.
- Meixner, H. K. (1984). *Mantenimiento de equipos e instalaciones neumáticas* (11 ed ed.). México: Editorial Esslinger.
- Millán Teja, S. (1995). *Automatizacion, Neumatica y Electroneumatica*. MARCOMBO, S.A.

- Neumatica R SAS. (2008). *Neumatica y Rotonda C.A.* (M. Rotonda, Editor)  
Recuperado el 29 de Diciembre de 2011, de Neumatica y Rotonda C.A:  
[http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria\\_capitulo6\\_valvulas\\_distribuidoras.html](http://www.neumaticarotonda.com/venezuela/teoria_capitulo6_valvulas_distribuidoras.html)
- Norgren S.A. (2011). *Aire Comprimido - La guía Norgren para el Tratamiento del Aire.* Terrasa (España): IMI Norgren S.A.
- Piedrafita Moreno, R. (2001). *Ingeniería de la Automatización Industrial.* Bogota D.C. (Colombia): Alfa Omega.
- Piedrahita Moreno, R. (2001). *Automatización Industrial.* Bogota D.C: Alfaomega.
- Robots. (18 de Mayo de 2009). *Robots - argentina.* Recuperado el 16 de Octubre de 2011, de Robots - argentina: [http://robots-argentina.com.ar/Sensores\\_magnetismo.htm](http://robots-argentina.com.ar/Sensores_magnetismo.htm)
- Universidad Politécnica de Cartagena. (14 de Julio de 2006). *upct.es.* Recuperado el 11 de Enero de 2012, de Sitio web del Ing. Manuel Jimenez Buendía: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Tema%208.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%208.pdf)
- Vizcay, M., & López, J. (3 de Octubre de 2005). *Sensores de Presión, EL53A, Taller de Proyecto en Control I.* Santiago de Chile (Chile): Univerasidad de Chile .

## ANEXOS

Anexo A. Mantenimiento preventivo en el punto de utilización

Foto 11. FRL



Fuente: <http://www.catalogometalurgico.com/products/view/620>



**Tabla 27. Mantenimiento preventivo en FRL**

Frecuencia	Tarea
Cada 8 hs de servicio	Drenar condensados (1).
	Controlar nivel en lubricadores.
	Controlar regulación de presión.
Cada 40 hs de servicio	Reponer aceite en lubricadores.
Cada 150 hs de servicio	Limpiar o recambiar elementos filtrantes de 0.01 micrones.
Cada 200 hs de servicio	Limpiar o recambiar elementos filtrantes de 5 micrones.
Cada 600 hs de servicio	Limpiar o recambiar elementos filtrantes de 50 micrones.
Cada 2 años ó 5000 hs. de servicio.	Desarme, limpieza general, recambio preventivo de guarniciones y elemento filtrante.
	Lubricación.

Fuente: Suministrada por "MICRO Pneumatic S.A."

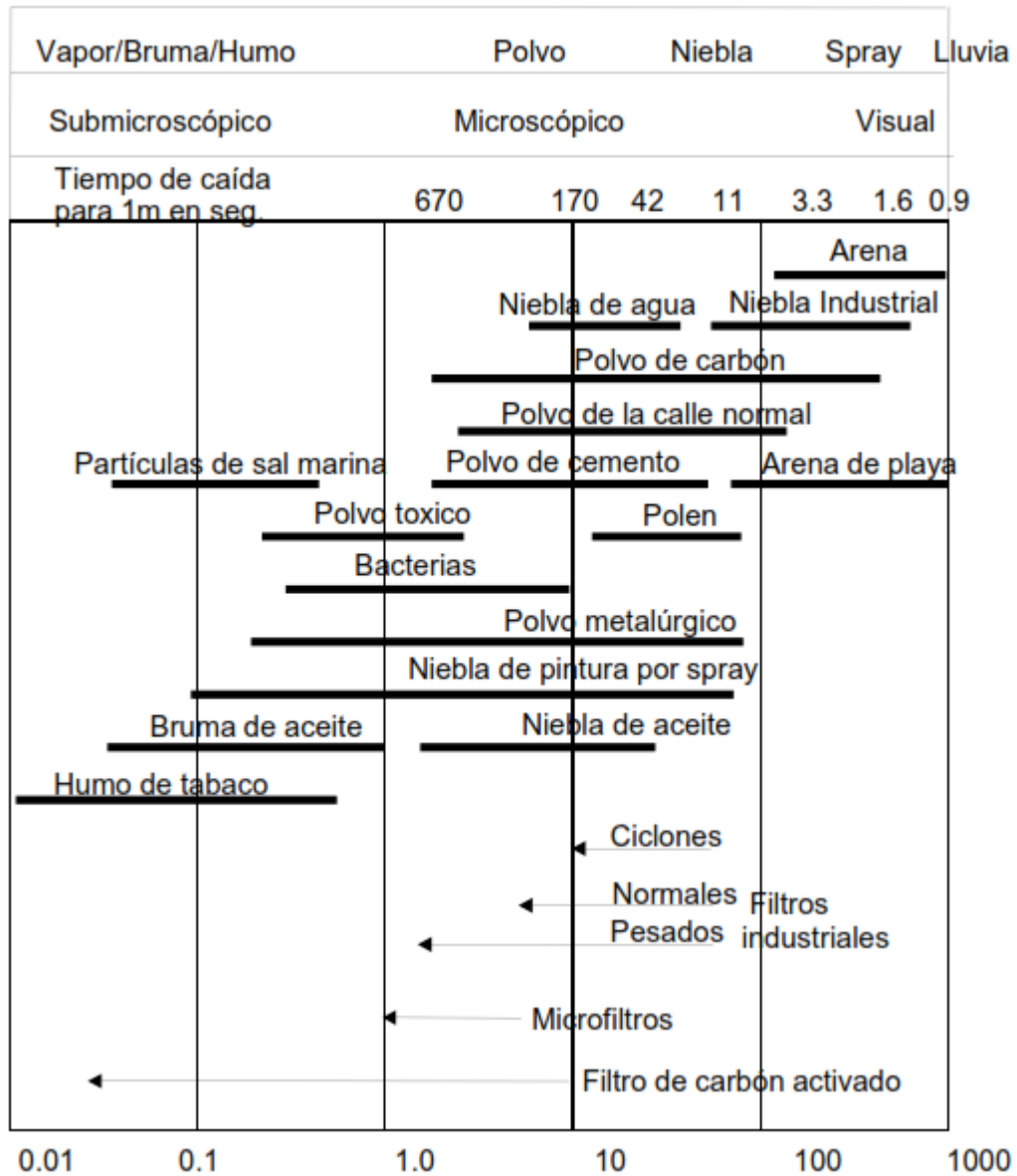
#### Recomendaciones en la instalación de FRL

- Al instalar unidades FRL asegúrese de que el suministro no supere las condiciones límites de presión y temperatura especificados por el fabricante.
- No instale unidades muy cerca de fuentes intensas de calor (hornos, calderas, líneas de vapor, canales de colada, etc.), ya que por radiación podría superarse la temperatura límite establecida.
- Es recomendable que cada equipo neumático de la planta tenga su unidad independiente de entrada, instalada lo más cerca posible del equipo.

- Instale las unidades en lugares a los cuales se pueda acceder fácilmente, sin necesidad de escaleras u otros medios. Recuerde que pueden requerirse periódicos ajustes de regulación y también mantenimiento preventivo de la unidad (drenado de vasos, limpieza del elemento filtrante, etc.)
- Las unidades (cuando incluyan un componente FRL sólo se instalarán sobre líneas horizontales (vaso en posición vertical). De otro modo no funcionarán correctamente.
- Al realizar el montaje verifique que el sentido de flujo coincida con el indicado por las flechas grabadas sobre los elementos.
- Las roscas de conexión con Gas, con ángulo de 55° y cilíndricas. Debe tenerse especial cuidado cuando se utilicen cañerías con rosca cónica y cinta de sello ya que un excesivo ajuste puede producir la fisura de las bridas extremas. Ajústese lo suficiente para evitar fugas. Es recomendable el uso de accesorios de rosca cilíndrica y sello por asiento frontal.
- Las cañerías deben estar previamente alineadas y la unidad deberá poderse instalar sin necesidad de forzarla. Se evitarán de este modo esfuerzos externos sobre el equipo que pueden llegar a producir su ruptura o deformarlo fuera de límites compatibles con el buen funcionamiento.
- Asegúrese que las cañerías estén limpias en su interior y que no queden restos de sellador (pasta o cintas) que puedan penetrar en el equipo y alterar su funcionamiento. Sople previamente las cañerías.
- No instale unidades en lugares donde se generan vapores de solventes, tales como salas o gabinetes de pintura o bateas de limpieza. Los

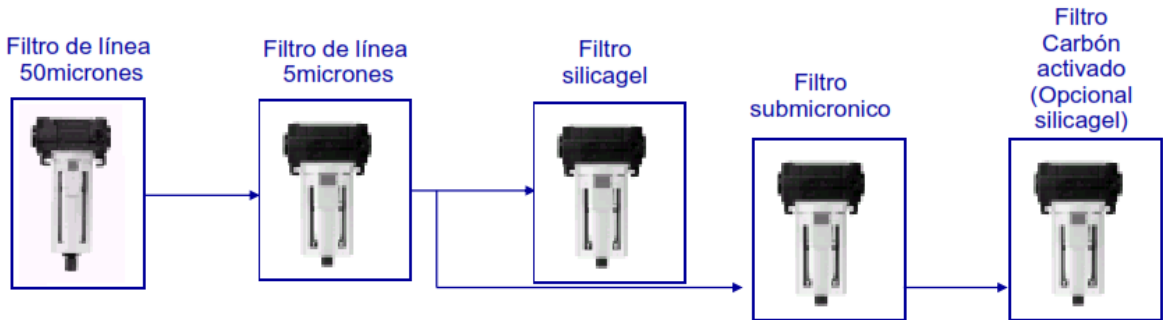
vasos resudarán deteriorados con el tiempo. Esta precaución debe acentuarse cuando los vapores sean de tricloroetileno o tetracloruro de carbono, acetona, thinner, etc.

**Gráfico 18. Características de las impurezas del aire**



Fuente: Suministrada por "MICRO Pneumatic S.A."

**Figura 146. Filtros**



Capacida de separación: solidos menores que 50 micrones	Capacida de separación: solidos menores que 5 micrones		Capacidad de separación: solidos mayores que 0,01 micrón	
Capacidad para separar condensados a través del efecto ciclonico producido en el vaso	Capacidad para separar condensados a través del efecto ciclonico producido en el vaso	Capacidad de adsorción de humedad residual contenida en el aire comprimido	Caída de presión: 0,07 bar a elemento nuevo – 0,3 bar elemento saturado	Caída de presión a 6 bar: 0.1 bar
Posibilidad de incorporar drenajes automáticos	Posibilidad de incorporar drenajes automáticos	----- --	Posibilidad de incorporar drenajes automáticos	Drenaje manual
Temp. Max: 60°C Presión máxima: 10 bar	Temp. Max: 60°C Presión máxima: 10 bar	Temp. Max: 60°C Presión máxima: 10 bar	Temp. Max: 50°C Presión máxima: 10 bar	Temp: 15 – 50°C Presión máxima: 10 bar
Caída de presión máxima admisible en filtro saturado: 1 bar		Color del material a nueva carga: Azul Color de saturación: Rosado	Poder filtrante: 99.999%	Aceite residual: 0.001mgm <sup>3</sup>
Incorporar cerca del elemento operativo	Incorporar luego de un filtro de 50 micrones	Incorporar luego de un filtro de 5 micrones	Incorporar luego de un filtro de 5 micrones	Incorporar luego de un filtro submicronico

Fuente: suministrada por el ingeniero Andrés Romero de Micro S.A.

**Tabla 28. Mantenimiento preventivo en cilindros neumáticos.**

Frecuencia	Tarea
Semanalmente	Control general de:
	Fugas en el propio cilindro y su conexionado.
	Ajuste de alineación del montaje.
	Regulación de amortiguadores.
Cada 500 Km recorridos por el vástago.	Desarme parcial, limpieza y control de desgaste.
Cada 3000 km recorridos por el vástago	Desarme total, limpieza y recambio preventivo de partes.

Fuente: suministrada por el ingeniero Andrés Romero de Micro S.A.

**Foto 12. Cilindro neumático**



Fuente: suministrada por el ingeniero Andrés Romero de Micro S.A.

#### Recomendaciones en la instalación de cilindros neumáticos

- Los cilindros neumáticos están diseñados para transmitir esfuerzos axiales. La presencia de esfuerzos radiales o laterales sobre los vástagos conducirán a un desgaste prematuro de sus guías materializada en la ovalización del buje guía y del propio tubo del cilindro. Por lo tanto, deberán analizarse detenidamente los tipos de montaje más adecuados en cada caso a efectos de anular dichos esfuerzos laterales.
- Toda vez que se utilice un montaje basculante para el cilindro (en cualquiera de sus formas), deberá preverse un equivalente en el extremo del vástago. La combinación de montajes rígidos con basculantes resulta un contrasentido técnico que origina esfuerzos radiales sobre el vástago.
- Cuando las oscilaciones puedan ser en el espacio, son recomendables los montajes a rótula tanto para el cilindro como para el vástago. La combinación de montajes a rótula (universal) con montajes basculantes

en el plano es también un contrasentido técnico que origina esfuerzos radiales.

- Deben evitarse el montaje rígido del cilindro con el elemento a mover. En caso que sea inevitable, fijar suavemente el actuador y operarlo a baja presión de modo que entre y salga libremente y se auto alinee. Supleméntese si fuera necesario y ajústese firmemente los tornillos de sujeción.
- Cuando el cilindro sea de una carrera grande y supere los valores máximos admisibles por pandeo, es recomendable guiar el vástago o preferentemente “tirar” de la carga en lugar de empujarla. El pandeo también, origina esfuerzos radiales sobre el vástago.
- Cuando se desplacen masas o el movimiento se realice a velocidad, es recomendable el uso de cilindros con amortiguación. Si las velocidades fueran importantes, prevea amortiguadores hidráulicos de choque o topes fijos positivos externos a la máquina.
- Durante la puesta en marcha, debe asegurarse que los tornillos de regulación de las amortiguaciones no sean abiertos mas de  $\frac{1}{2}$  vuelta, de modo de tener un exceso y no una falta de amortiguación. La calibración final se hará con la máquina en operación.
- Al montar un cilindro amortiguado, téngase la precaución de que los tornillos de registro de amortiguación sean accesibles.
- Asegúrese que el cilindro reciba la calidad de aire adecuada. El aire sucio y la deficiente lubricación acortan la vida útil de los cilindros neumáticos.
- Las roscas de conexión son BSPP con ángulos de  $55^\circ$  y cilíndricas. Téngase especial cuidado al utilizar cañerías o accesorios con rosca

cónica, pues pueden producir la rotura del elemento. Es recomendable utilizar accesorios con rosca cilíndrica de asiento frontal.

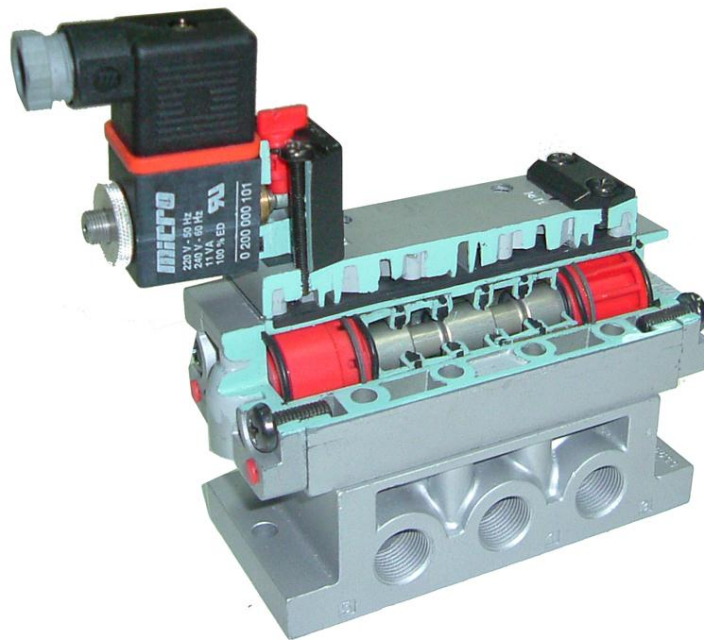
- Las cañerías deberán estar limpias en su interior. Evítese que restos de cinta o pasta de sello puedan ser arrastrados al interior del cilindro. Es recomendable “soplar” las cañerías antes de conectar.

**Tabla 29. Mantenimiento preventivo en válvulas y electroválvulas**

Frecuencia	Tarea
Semanalmente.	Control general de:
	Fugas por la válvula o sus conexiones.
	Fugas en los mandos.
Cada 8 millones de ciclos de conmutación ó 1 año.	Vibración y calentamiento de solenoides
Cada 24 millones de ciclos de conmutación ó 3 años	Desarme parcial, limpieza y control de partes.
	Desarme total, limpieza y recambio preventivo de partes.

Fuente: suministrada por el ingeniero Andrés Romero de Micro S.A.

**Foto 13. Electroválvula**



Fuente: suministrada por el ingeniero Andrés Romero de Micro S.A.

## Recomendaciones en la instalación de válvulas y electroválvulas

- Todas las roscas son Gas, con ángulo de 55° y cilíndricas. Tenga especial cuidado al montar cañerías galvanizadas, que por tener rosca cónica pueden producir la rotura del elemento. Utilice preferentemente accesorios con rosca cilíndrica de asiento frontal.
- Sí utiliza cinta de teflón para sellar las uniones roscadas, asegúrese que no queden restos dentro del tubo, que puedan penetrar en el interior de la válvula, y alterar su buen funcionamiento.
- Al montar las cañerías, asegúrese que no haya cuerpos extraños en su interior. Es recomendable "soplarlas" previamente con aire limpio y seco.
- No monte las válvulas en ambientes con temperaturas mayores a 50° C.
- En todos los casos asegúrese que el aire que suministre a las válvulas haya sido previamente filtrado y lubricado. Una válvula operada con aire sin filtrar ni lubricar, es propensa a trabarse y a desgastarse en forma prematura.
- Para mayor seguridad en el conexionado, verifique con el símbolo IRAM e ISO, que acompaña a cada válvula, cual es la boca de presión, cuales son las utilidades, y cuales son los escapes.
- Todas las válvulas tienen las bocas de descarga roscadas, lo que permite conducir los escapes para impedir contaminaciones de aceite o propagación de ruido.
- Si los escapes de aire produjeran ruidos molestos, prevea la utilización de silenciadores de escape.



- Si la válvula es de 2 posiciones estables, pilotada por impulsos, tenga en cuenta que debe montarse siempre de forma tal que el distribuidor quede horizontal para evitar el riesgo de que éste se mueva por acción de su propio peso y o de vibraciones.
- Es recomendable instalar las válvulas lo más cerca posible de los actuadores comandados.
- En caso de mandos eléctricos o electro-neumáticos, asegúrese que la tensión de alimentación se corresponda con la nominal del solenoide y además que no sea superior en un 10% o inferior en -15% al valor nominal. Fuera de este campo, pueden trabajar en forma incorrecta, con peligro de deterioro.
- Téngase en cuenta que los solenoides y las fichas de conexionado pueden adoptar distintas posiciones a efectos de lograr la orientación de cables más conveniente a cada aplicación.
- En solenoides de corriente continua o alterna y a efectos del seguimiento de señales durante las reparaciones, es recomendable utilizar LED indicador. En caso de utilizar los indicadores de corriente continua, respete su polaridad. Invierta la conexión cuando un LED no se ilumine en presencia de señal.

## Anexo B. Especificaciones del sistema servo SIMOTION

Información general.



Derecha: SIMOTION D410 para aplicaciones mono eje. Izquierda: SIMOTION D425/D435/D445 para aplicaciones multi eje.

SIMOTION D es una unidad compacta, basada en la versión de SIMOTION sobre la base de la familia SINAMICS S120.

Dos versiones disponibles:

- SIMOTION D410 es una unidad de control compacta para aplicaciones de un solo eje y está encajado en el SINAMICS S120 PM340 Módulo en formato de bloque.
- SIMOTION D4x5 es una unidad de control para aplicaciones multi-eje SINAMICS S120 en formato Booksize y se ofrece en variantes de rendimiento así:
  - SIMOTION D425 (rendimiento básico) hasta 16 ejes.
  - SIMOTION D435 (rendimiento estándar) para un máximo de 32 ejes.

- SIMOTION D445 (alto rendimiento) hasta 64 ejes.
- SIMOTION D4x5 por lo tanto, ofrece la máxima escalabilidad y flexibilidad en aplicaciones de varios ejes.

Con SIMOTION D, el PLC y control de movimiento SIMOTION comparten funciones, así como el software de SINAMICS S120 que se ejecutan en un hardware de control compartido.

La norma IEC 61131-3 es compatible con el PLC integrado en SIMOTION D, significa que; el sistema no sólo es capaz de controlar las secuencias de movimientos sino toda la maquina en general.

Dependiendo de la versión SIMOTION D, los paneles del operador se pueden utilizar en las aplicaciones de PROFIBUS, Ethernet o PROFINET, para el manejo y monitoreo de las funciones tales como el mantenimiento a distancia, diagnóstico y tele servicio también se puede utilizar a través de estas interfaces.

Beneficios.

- Rentable, gracias al control de movimiento integrado en la unidad del PLC.
- Utiliza el innovador diseño de SINAMICS S120
- Diseño compacto que reduce el tamaño del armario de distribución
- Es ideal para los conceptos de máquinas modulares o distribuidas
- Fácil manejo
- Conexión en red flexible a través de interfaces integrados:
  - D410: PROFIBUS DP o PROFINET IO

- D4x5: PROFIBUS DP, Ethernet Industrial y opcionales PROFINET IO

- Potente, gracias a una amplia gama de funciones tecnológicas
- La puesta en marcha de la unidad de control de lazo abierto y las aplicaciones de control de movimiento utiliza Ingeniería de fácil manejo.
- Fácil mantenimiento gracias a la tarjeta Compact Flash, la cual puede ser fácilmente reemplazada y contiene todos los datos de (programas, parámetros de transmisión, y licencias)
- Muy dinámico, porque las interfaces entre el PLC y control de movimiento ya no son necesarios.

Aplicaciones.

- SIMOTION D se utiliza de forma óptima en cualquier lugar:
- La familia SINAMICS S120 se usa en:
- El control de movimiento y funcionalidad del PLC se ejecuten directamente en la unidad (SINAMICS S120).
- Se requiera alto rendimiento para el control de movimiento y de alta velocidad de E / S.
- Se requiera alta compatibilidad, debido a la dura condición electromagnética del ambiente, la alta resistencia al choque y la vibración.
- Se requiera de máquinas con acoplamiento síncrono de alta velocidad.

SIMOTION D: la solución flexible para las máquinas modulares

Conceptos.

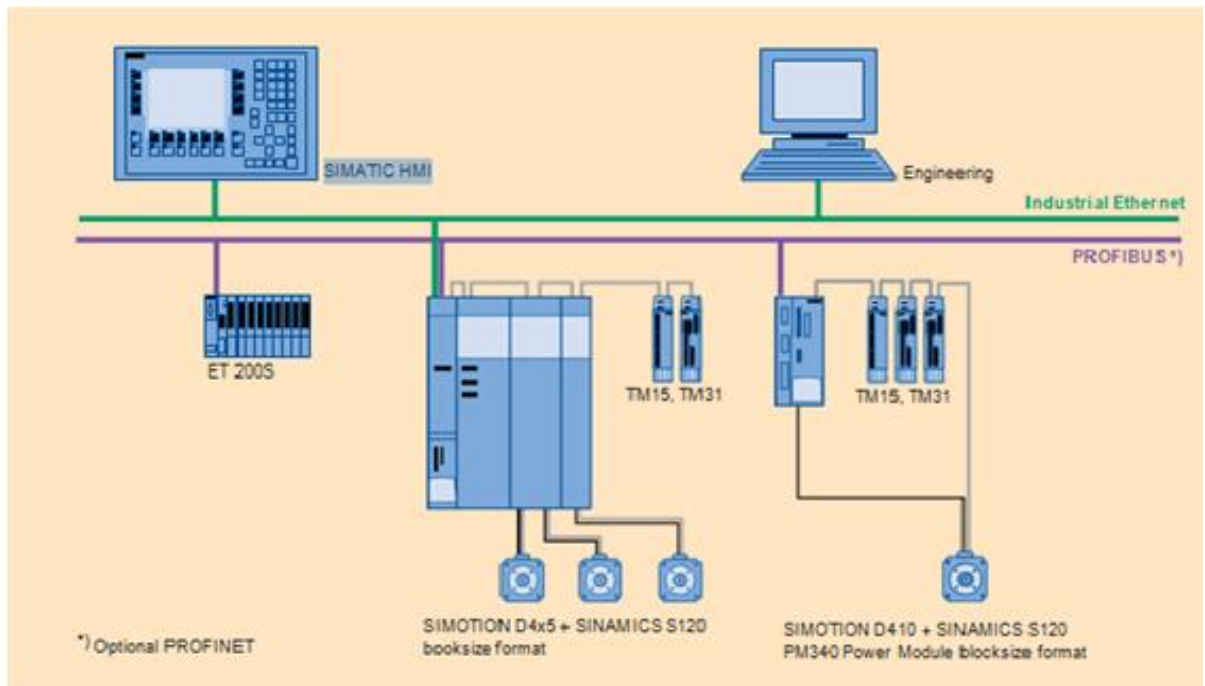
SIMOTION D apoya de forma óptima la aplicación de los conceptos de máquinas modulares en las que unidades de alto rendimiento multi-eje y de un solo eje tiene que ser combinados.

Las Aplicaciones más importantes son:

- Embalaje máquinas
- Máquinas de procesamiento de caucho y plástico.
- Las prensas.
- Máquinas textiles.
- Máquinas de impresión
- Máquinas para trabajar la piedra, madera, vidrio y cerámica.

Debido a la creciente utilización de servos o unidades de vectores, estas maquinas requieren un alto grado de integración de los PLC, control de movimiento y funciones de la tecnología.

Figura 147. Diseño típico de una automatización con SIMOTION D



Fuente: Información suministrada por SIEMENS

### Componentes de la interfaz del SIMOTION D

- Pantalla de muestra de estado / error
- Tarjeta de entradas y salidas digitales
- Ranura opcional para el funcionamiento (D4x5 solamente)
  - Una interfaz para PROFINET IO
  - Terminal de expansión (E / S adicionales)
- Los puertos de comunicación integrados para enlazar:
  - Módulos de unidad SINAMICS S120
  - E / S distribuidas

- HMI sistemas
  - PG / PC
  - Otros sistemas de automatización con control de movimiento
  - Otras unidades SINAMICS S120 con interfaces digitales de consigna
- Ranura para tarjeta Compact Flash para respaldo de datos

La construcción de un eje en línea con SIMOTION D4x5

Los siguientes componentes forman un sistema de ejes SIMOTION D4x5:

- La Unidad de Control SIMOTION D4x5 es diseñado para el control y regulación de un eje de alineación múltiple.
- Modulo de línea SINAMICS S120 (módulo de alimentación).
- Uno o más módulos de motores SINAMICS S120 (módulos de potencia).
- Otros de los componentes de la transmisión, como:
  - Fuente de alimentación
  - Filtro
  - Choke, etc

DRIVE- -CLiQ constituye el vínculo entre SIMOTION D4x5 y los módulos de SINAMICS S120.

Nota: los módulos de potencia SINAMICS S120 PM340 en formato de bloque, también pueden ser operados en un SIMOTION D4x5 con la Unidad de Control.

La construcción de un solo eje con SIMOTION D410.

- Los siguientes componentes forman un sistema de un solo eje SIMOTION D410:
- Una unidad de control SIMOTION D410 es diseñado para el control y regulación de un solo eje
- Un módulo de potencia PM340, de bloque de formato SINAMICS S120 (módulo combinado de alimentación y energía)

Otros de los componentes de la transmisión:

- Fuente de alimentación
- Filtro
- Choke, etc

La conexión entre SIMOTION D410 y el SINAMICS S120, con el módulo de potencia PM340 se hace con el módulo de Interfaz PM-IF o con el adaptador de control CUA31/CUA32 Unida al DRIVE-CLIQ.

Integración de E / S

SIMOTION D se puede ampliar con los siguientes E / S:

- E / S distribuidas de sistemas (por ejemplo, SIMATIC ET 200S)

Unidad de control basado en gabinete de E / S (por ejemplo, TM15, TM31 Módulos de terminales, etc.).



## Funciones

La funcionalidad básica SIMOTION D410 y D4x5 se suministra con la tarjeta Compact Flash (CF) y se carga cuando la alimentación está encendida.

La funcionalidad básica incluye los siguientes componentes de software:

- Control de la unidad SINAMICS S120.
  - SIMOTION D4x5: control de corriente/velocidad de hasta 6 ejes, 4 ejes vectores u 8 V / f ejes y control de circuito cerrado de alimentación (módulo de línea activa)
  - SIMOTION D410: Control de corriente/velocidad para el eje del servo 1, vector de eje o un eje V/f
- Tiempo de ejecución del sistema SIMOTION
  - Programable por el usuario con varios idiomas conforme a la IEC 61131
  - Varios niveles de tiempo de ejecución (cíclica, secuencial y por tiempos )
  - PLC y funciones aritméticas
  - Las comunicaciones y las funciones de gestión
  - Las funciones de control de movimiento (Control movimiento básico)
- Herramientas y prueba de diagnóstico

Esta funcionalidad básica se puede ampliar con paquetes tecnológicos que se pueden cargar si es necesario.

Posición controlada por las unidades de control de movimiento

Las unidades integradas (D4x5, D410):

Los módulos de potencia se conectan a través DRIVE-o a través de la Interfaz integrada PM-IF (D410 solamente)

- Las unidades con interfaces y consignas digitales (D4x5 solamente): SIMOTION D permite la regulación de posición de control de movimiento para las unidades con una interfaz de punto de referencia digital a través de PROFIBUS DP / PROFINET IO con PROFI drive.
- Las unidades con interfaz de consigna analógica (D4x5 sólo, por ejemplo, para aplicaciones hidráulicas).

El IDA 174 4 (Interfaz de unidad analógica de 4 ejes) o IM (Inter-face Módulo de 4 ejes) módulo que puede ser utilizado para conectar unidades con interfaces de n entradas analógicas de 10 voltios nominales. El IM 174 también hace que sea posible conectar motores paso a paso con una dirección de impulsos de la interfaz (por ejemplo motores SIMOSTEP con la unidad de potencia de FM STEPDRIVE). Ambos módulos están conectados a través de PROFIBUS DP. El siguiente puede ser conectado a una IDA 4 o módulo IM 174:

- 4 unidades
- 4 codificadores
- Entradas y salidas digitales

Paquetes tecnológicos (TP)

Una característica especial de SIMOTION es que la funcionalidad básica se puede ampliar mediante la carga de paquetes tecnológicos, tales como:

- Control de movimiento con las funciones de la tecnología:
  - POS - Posicionamiento
  - Equipo - Funcionamiento síncrono / equipo electrónico
  - CAM - Cam
  - CAMINO - Camino de interpolación
  
- T Control - Controlador de temperatura

Dado que las funciones de tecnología tienen licencias modulares, usted sólo paga por lo que realmente va a utilizar.

Con SIMOTION D410, las funciones de control de movimiento de tecnología (POS / EQUIPO / CAM) ya están incluidos para manejo de un eje, por lo tanto, una licencia adicional no es necesaria para este fin.

#### Rendimiento

- Hardware basado en aritmética de punto flotante permite complejas funciones aritméticas para ser utilizados con eficacia.
- Los tiempos de instrucción muy rápido de ejecución se abren posibilidades de aplicación completamente nuevas, con la mitad de su rango de actuación de alto rendimiento.

#### Configuración / parametrización / programación

SIMOTION SCOUT es una herramienta de ingeniería de gran alcance y fácil de usar. Se trata de un sistema integrado para todas las etapas de ingeniería, de configuración y parametrización, a través de la programación, pruebas y el diagnóstico. Operador gráfico que provocó, con registro de diámetro las cajas y los asistentes, así como los lenguajes basados en texto y gráficos para la

programación, reducen considerablemente la familiarización y los períodos de formación.

#### Manejo y visualización (HMI)

Los servicios de comunicación que apoyan el intercambio de datos con equipos HMI se integran en la funcionalidad básica de SIMOTION D.

El uso de dispositivos SIMATIC HMI se pueden implementar un manejo y control, como TP's (paneles táctiles), OP's (Operador paneles) o MP (Multi Paneles).

Estos dispositivos se pueden conectar a SIMOTION D a través de PROFIBUS, Industrial Ethernet (D4x5 solamente) o PROFINET y que se configuran con ProTool / Pro o WinCC flexible.

Con el software de comunicaciones SIMATIC NET, un proceso abierto, estandarizado interfaz OPC está disponible para acceder a SIMOTION de otros sistemas HMI basados en Windows.

#### Proceso y comunicación de datos

Gracias a sus interfaces integradas, SIMOTION D es compatible con el proceso y fácil de usar en la comunicación de datos. La ingeniería de sistema SCOUT se proporciona para la fácil configuración de la comunicación y el diagnóstico.

#### Funciones de seguridad integradas

Las funciones de seguridad integradas de SINAMICS S120 permiten al SIMOTION D4x5 la aplicación de la protección de las personas y las máquinas.

#### Más información

Los módulos adecuados para SIMOTION D se puede encontrar en "componentes SIMOTION E / S".

- En las plataformas SIMOTION se puede encontrar el "Resumen de las funciones".
- En el sistema de ejecución SIMOTION se puede encontrar "SIMOTION Software Runtime".
- El operador se puede encontrar en la máquina SIMOTION "Human Interface (HMI) ".

En el software de comunicación se pueden encontrar La "comunicación".  
SIMATIC NET.

- En el SINAMICS S120 los módulos de potencia se pueden encontrar para varios motores.
- En el SINAMICS S120, las características de control se pueden encontrar en "Descripción del sistema - Dimensionamiento".

**Foto 14. SIMOTION D410**



Fuente: Información suministrada por SIEMENS.

Izquierda: SIMOTION D410 con placa de montaje Derecha: SIMOTION D410, a presión sobre el módulo de alimentación PM340.

SIMOTION D410 es la plataforma para un solo eje con aplicaciones. Asimismo, SIMOTION D complementa la familia de controladores SIMOTION D4x5, Diseño que es la solución de elección para aplicaciones de varios ejes. Esta disponible tanto en PROFIBUS (DP D410) y las versiones de PROFINET (D410 PN).

La Unidad de Control SIMOTION D410 está diseñado especialmente para su uso con los módulos de potencia PM340 SINAMICS S120 en bloque para el formato y se puede conectar directamente a los módulos de potencia de esta serie. El SIMOTION D410 también se puede instalar en una placa de montaje por separado si es necesario (se piden por separado).

**Foto 15. SIMOTION D410 y la placa de montaje**



Fuente: Información suministrada por SIEMENS.

El SIMOTION D410 se encarga del control de movimiento asociados con un solo eje, el PLC es responsable de la tecnología, las funciones y también responsable del control de la unidad de ese eje. Las entradas y salidas integradas soportan hasta 4 salidas de levas de alta velocidad o 3 entradas de medición.

El control de la unidad soporta el control de servo (para una respuesta muy dinámica), control de vectores (por precisión en el torque máximo) y el control V/f.

SIMOTION D410 puede ser utilizado en grupos sincronizados:

- Para PROFINET: relación control-mando o controlador
- Para PROFIBUS: relación maestro-esclavo

### Aplicación

SIMOTION D410 es la solución ideal, cuando la funcionalidad del PLC y de control de movimiento de un eje, se requieren en un formato compacto.

Los ejemplos de aplicación SIMOTION D410 incluyen:

- Control autónomo de los ejes individuales.
- Cruce de cortadores.
- Las aplicaciones de enrollado.
- Los dispositivos del alimentador, de rodillos de alimentación, alimentadores de prensa.
- Sincronizado de equipo de mecanizado.

Aparte de las funciones de posicionamiento, SIMOTION D410 también proporciona todas las funciones de sincronización excéntrica, el segundo eje requiere para la operación sincrónica y excéntrica un eje virtual, un codificador de posición o el eje de otro controlador SIMOTION. SIMOTION D410 puede ser fácilmente integrado en grupos sincronizados.

Esto es una ventaja en conceptos de máquinas modulares que componen:

- Una máquina básica, por ejemplo, SIMOTION D4x5 como el IRT de PROFINET controlador con la función del eje principal.
- Módulos de varias máquinas conectadas a través de PROFINET basado en el SIMOTION D410.

Interfaces: Visualización y diagnóstico.

- LEDs para mostrar los estados de funcionamiento y errores
- 3 tomas de medición integrados de Entrada / Salida
- 4 entradas digitales
- 4 entradas y salidas digitales (máx. 4 como salida de leva o 3 entradas de medición)

Comunicación.

- 1 x DRIVE-CLiQ.
- 2 x puertos PROFINET (D410 PN solamente)
- 1 x PROFIBUS DP (D410 sólo DP) de copia de seguridad de datos

Respaldo de datos

- 1 ranura para tarjeta CompactFlash SIMOTION.

Interfaces adicionales.

- Terminales de alimentación electrónica de 24 V.
- 1 entrada de encoder para:
  - HTL / TTL encoder ascendente.
  - SSI encoder absoluto (con / sin TTL / HTL señales ascendentes).
- 1 entrada de sensor de temperatura (KTY84-130 o PTC).



- PM SI interfaz (interfaz de módulo de alimentación eléctrica) en la parte posterior de la operación directa con un SINAMICS S120 módulo de potencia PM340 en formato de bloque.

Montaje e instalación.

SIMOTION D410 puede ser directamente conectado a la SINAMICS S120 módulo de potencia PM340 en formato de bloque.

Por otra parte, el SIMOTION D410 puede ser montado en una placa de separación del tipo de montaje (se piden por separado) y se conecta al módulo de potencia PM340 a través de DRIVE-CLiQ. En este caso, el adaptador de la unidad de control CUA31/CUA32 tiene que estar conectado al módulo de potencia PM340. No más de un adaptador de unidad de control puede estar conectado a un SIMOTION D410.

Los módulos de potencia en AC/AC en formato de chasis están conectados a la SIMOTION D410 través de la interfaz DRIVE-CLiQ.

Almacenamiento de datos / datos de copia de seguridad.

El SIMOTION D410 tiene una memoria de 7 MB para el almacenamiento remanente de variables de proceso. El software de tiempo de ejecución, los datos del usuario y los programas de usuario son una copia de seguridad en la tarjeta CompactFlash SIMOTION. En el caso de que las necesidades SIMOTION D410 deban ser reemplazadas, las variables de proceso también pueden ser guardadas en una copia de seguridad en la tarjeta de SIMOTION CompactFlash (CF) por medio de comandos del sistema.

Para conexión de Entradas / Salidas.

PROFINET IO: (D410 PN solamente).

- SIMATIC ET 200S/M/pro E / S distribuidas.

- HMI.

PROFIBUS DP: (D410 sólo DP)

- Certificado de esclavos PROFIBUS estándar (DP-V0, DP-V1, DP-V2).
- SIMATIC ET 200S/M/eco/pro de Entradas/Salidas remotas.

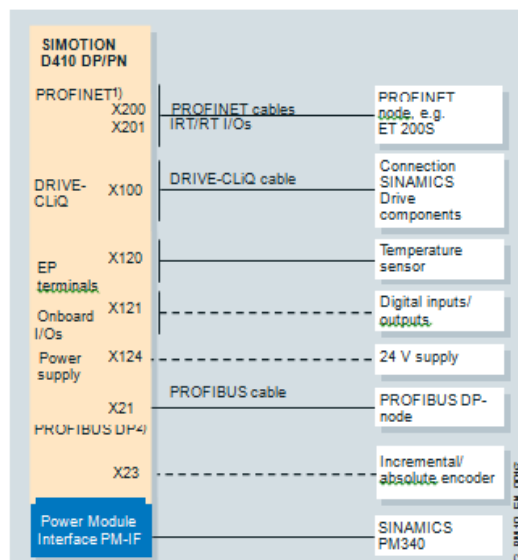
- HMI

DRIVE-CLiQ.

Los módulos de la gama SINAMICS:

- TM15, TM17 gama alta, TM31, etc. Módulos de terminales (máximo 3).
- SMC / PYME módulos de sensor (máx. 2).
- DMC20 DRIVE-centro de módulo (máx. 1).
- Los motores con DRIVE-interfaz de DRIVE-CLiQ.

Integración.



1) SIMOTION D410 PN, sólo.

2) SIMOTION D410 DP, sólo.

Información general de las conexiones SIMOTION D410.

Las longitudes máximas admisibles de los cables se deben tomar en cuenta al planificar la distribución por cable. Los fallos de funcionamiento pueden producirse al utilizar cables más largos.

La longitud permisible de los cables PROFIBUS DP depende de la configuración.

Especificaciones técnicas.

SIMOTION D410	
<b>PLC and motion control performance</b>	
Maximum number of axes	1 (real axis)
Minimum PROFIBUS cycle	2 ms (D410 DP)
Minimum PROFINET transmission cycle	0.5 ms (D410 PN)
Minimum servo/interpolator cycle clock	2.0 ms
<b>Integrated drive control</b>	
Max. number of axes for integrated drive control (servo / vector / V/f)	1 / 1 / 1
<b>Memory</b>	
RAM (Random Access Memory)	25 MB
RAM disk (load memory)	17 MB
Retentive memory	7 KB
Persistent memory (user data on CF)	300 MB
<b>Communication</b>	
DRIVE-CLiQ interfaces	1
PROFIBUS interfaces	1 (D410 DP only) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equidistant and isochronous</li> <li>• Can be configured as master or slave</li> </ul>
PROFINET interfaces	1 interface with 2 ports (D410 PN only) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Supports PROFINET IO with IRT and RT</li> <li>• Can be configured as PROFINET IO controller or device</li> </ul>

General technical specifications	
Fan	Integrated
Supply voltage	
- Rated value	24 V DC
- Permissible range	20.4 ... 28.8 V
Current consumption, typ. (excluding digital outputs and DRIVE-CLiQ supply)	800 mA
Starting current, typ.	3.0 A
Power loss	20 W (0.03 HP)
Permissible ambient temperature	
- Storage and transport	-40 ... +70 °C (-40 ... +158 °F)
- Operation	0 ... +55 °C; maximum installation altitude 2000 m (6562 ft) above sea level. Above an altitude of 2000 m (6562 ft), the max. ambient tempe- rature decreases by 7 °C (44.6 °F) every 1000 m (3281 ft). Max. 5000 m (16405 ft) above sea level.
Permissible relative humidity (without condensation)	5 ... 95 %
Atmospheric pressure	700 ... 1060 hPa
Degree of protection according to EN 60529 (IEC 60529)	IP20
Dimensions (W x H x D)	73 mm x 183.2 mm x 89.6 mm (2.87 in x 7.21 in x 3.53 in)
Weight	
- SIMOTION D	990 g (2.18 lb)
- CompactFlash Card	7 g (0.25 oz)

**SIMOTION D410**

<b>Digital inputs</b>		<b>4</b>
• Input voltage		
- Rated value		24 V DC
- For "1" signal		15 ... 30 V
- For "0" signal		-3 ... +5 V
• Galvanic isolation		
		Yes, in groups of 4
• Current consumption typ. at 1-signal level		
		10 mA at 24 V
• Input delay, typ. (hardware)		
	L $\rightarrow$ H:	50 $\mu$ s
	H $\rightarrow$ L:	100 $\mu$ s
<b>Digital inputs/outputs (parameterizable)</b>		<b>4 (max. 3 as high-speed measuring inputs, max. 4 as high-speed cam outputs)</b>
<b>If used as an input</b>		
• Input voltage		
- Rated value		24 V DC
- For "1" signal		15 ... 30 V
- For "0" signal		-3 ... +5 V
• Isolation		
		No
• Current consumption typ. at 1-signal level		
		10 mA at 24 V
• Input delay, typ. (hardware)		
	L $\rightarrow$ H:	50 $\mu$ s (5 $\mu$ s if used as measuring input)
	H $\rightarrow$ L:	100 $\mu$ s (50 $\mu$ s if used as measuring input)
• Measuring input, accuracy		
		5 $\mu$ s
<b>If used as an output</b>		
• Rated load voltage		
		24 V DC
• Permissible range		
		20.4 ... 28.8 V
• Isolation		
		No
• Current load, max.		
		500 mA per output
• Residual current, max.		
		2 mA
• Output delay, max. (hardware)		
	L $\rightarrow$ H:	400 $\mu$ s
	H $\rightarrow$ L:	100 $\mu$ s
• Cam output, accuracy		
		200 $\mu$ s
• Short-circuit protection		
		Yes

**Onboard encoder interface**

• Encoder interface		• TTL or HTL incremental encoders (with adjustable parameters) • SSI absolute encoders with/without TTL/HTL incremental signals
• Encoder supply		24 V DC/0.35 A or 5 V DC/0.35 A
• Limit frequency, max.		500 kHz
• SSI baud rate		100 ... 250 kBaud
• Resolution absolute position SSI		30 bit
• Max. cable length		
- For TTL incremental encoder (only bipolar signals permitted)		100 m (328 ft)
- For HTL incremental encoder		
• For unipolar signals		100 m (328 ft)
• For bipolar signals		300 m (984 ft)
- For SSI absolute encoder		100 m (328 ft)

SIMOTION D410	
<b>Additional technical specifications</b>	
<b>Input for temperature sensing</b>	
• Temperature sensor	KTY84-130 or PTC
<b>Non-volatile data backup</b>	
• Backup time, min.	Unlimited (maintenance-free backup)
<b>Approvals</b>	
	CE, ULus (File No. E164110)

#### Selection and ordering data

Description	Order no.
<b>SIMOTION D410 DP</b> (SIMOTION V4.1 SP1 or higher)	<b>6AU1410-0AA00-0AA0</b>
<b>SIMOTION D410 PN</b> (SIMOTION V4.1 SP1 or higher)	<b>6AU1410-0AB00-0AA0</b>
<b>Backplane mounting plate</b> For installing the SIMOTION D410 in a different location if you do not wish to connect it directly to the Power Module.	<b>6AU1400-7AA05-0AA0</b>
<b>SIMOTION CompactFlash Card (CF) 512 MB</b> With SIMOTION Kernel and up-to-date SINAMICS drive software	<b>6AU1400-2NA00-0AA0</b>

#### Más información

Para más información y datos de pedido para los componentes de SINAMICS S120, tales como módulos de potencia, módulos de terminales, DRIVE-CLiQ, cables, etc., consulte la sección "SINAMICS S120" o en el A & D Mall en "Unidad de Tecnología de CA / convertidores / ...".

#### Notas de licencias.

SIMOTION D410 es la versión SIMOTION D para aplicaciones de un solo eje y que ya contiene las funciones de control de movimiento de tecnología para un eje real (velocidad, posición, el eje sincrónico o leva). Una licencia no es por lo tanto, necesaria para este fin. No es posible aumentar el número de ejes con licencias. Aparte de un eje real, más ejes virtuales se pueden configurar.

Las Licencias de funciones de tiempo de ejecución, tales como SIMOTION IT DIAG requieren licencias que se pueden pedir pre-instalado en una tarjeta Compact Flash (CF) o de forma individual.

Sizer, configuración de la herramienta.

Con la herramienta de configuración SIZER, usted puede configurar fácilmente la familia SINAMICS S120 incluyendo SIMOTION. Le proporciona apoyo para la selección y el dimensionamiento de los maestros COMCON, lo necesario para una tarea de control de movimiento. También se puede determinar el posible número de ejes y la carga resultante con SIZER, de conformidad con los requisitos de rendimiento.

Para más información sobre SIZER, consulte la sección.

"Descripción del sistema - Dimensionamiento: herramienta Cambiar tamaño de la configuración".

SIMOTION D425/D435/D445

Información general.

SIMOTION D425/D435/D445





SIMOTION D4x5 es la unidad compacta de control para sistemas de varios ejes. El SIMOTION versiones individuales D425 (rendimiento básico), SIMOTION D435 (rendimiento estándar) y SIMOTION D445 (alto rendimiento) se diferencian en su PLC por el desempeño y el rendimiento de control de movimiento.

Las principales características son:

	SIMOTION D425 (BASIC Performance)	SIMOTION D435 (STANDARD Performance)	SIMOTION D445 (HIGH Performance)
Maximum number of axes	16	32	64
Minimum servo/interpolator cycle clock	2.0 ms	1.0 ms	0.5 ms
DRIVE-CLiQ interfaces	4	4	6

SIMOTION D4x5, las características del PLC y el rendimiento de control de movimiento (control en lazo abierto y control de movimiento) para un máximo de 16, 32 o 64 ejes, según sea necesario. Las funciones de computación integrados en la unidad deben permitir que la unidad de control D4x5 opere hasta 6 servos, 4 vectores o ejes 8 V/m.

El control de la unidad soporta el control del servo (para una respuesta muy dinámica), el control de vectores por precisión en el torque máximo y el control V/f.

### **Ampliación de la unidad de rendimiento informático**

El rendimiento de control de movimiento de un SIMOTION D4x5 puede utilizarse en su totalidad mediante la expansión del rendimiento informático en la unidad de dos maneras diferentes:

- Con PROFIBUS o PROFINET, SINAMICS S120 CU320/CU310 de mandos con más unidades SINAMICS S120 módulos de unidad se puede conectar.

- Con SIMOTION D435 y la D445, la extensión del controlador de Cx32 puede ser conectado a través de DRIVE- CLiQ. Este módulo es extremadamente compacto y puede controlar hasta 6 servos, vector de 4 o 8 V/f ejes.

### **Aplicación.**

SIMOTION D4x5 es ideal para aplicaciones con muchos ejes coordinados con altas tasas de pulso de reloj. Con SIMOTION D425, D435 y D445, tres variantes de rendimiento están disponibles, que ofrecen la máxima escalabilidad y flexibilidad.

#### **Las aplicaciones típicas incluyen:**

- Máquinas compactas de varios ejes.
- Las aplicaciones de alto rendimiento con cortos ciclos de la máquina.
- Las máquinas compactas
  - Incluye el control completo de la máquina en la unidad de DRIVE.
  - Con amplias posibilidades de conexión para la comunicación, HMI y E/S.
- Los conceptos de accionamiento distribuidos.
  - Aplicaciones con muchos ejes
  - Sincronización de varias unidades de control SIMOTION D utilizando funcionamiento síncrono distribuido.

Diseño.

Interfaces

Visualización y diagnóstico:

- LEDs para mostrar los estados de funcionamiento y errores.
- 3 tomas de medición.

Integrado de Entrada/Salida.

- 8 entradas digitales.
- 8 entradas digitales y salidas (máx. 8 como salidas de alta velocidad de levas, como máximo 6 entradas de medición de alta velocidad).

Comunicación

- 4 x DRIVE-(6 x DRIVE-D445 para D445).
- 2 x Ethernet Industrial.
- 2 de PROFIBUS DP tarjetas opcionales.
- Comunicación CBE30 Junta para la conexión a PROFINET IO
- Tarjeta de terminales TB30 para la expansión de 4 entradas digitales, 4 salidas digitales, 2 entradas analógicas y 2 salidas analógicas.

Respaldo de datos

- 1 ranura para tarjeta Compact Flash SIMOTION.

Interface6s adicionales

- Terminales de alimentación eléctrica de 24 V.

Montaje / instalación

SIMOTION D4x5 puede ser montado en el armario de control en una de las tres formas siguientes:

- Se engancha en el módulo de línea en el lado izquierdo.
- Se atornilla a la pared trasera del armario de control directamente.
- Usar los espaciadores, si no es posible montar SIMOTION D en el lado del módulo de la línea (por ejemplo, si no está instalado el Módulo de línea) así que la diferencia entre la profundidad de montaje de SIMOTION D4x5 y los módulos de motor será compensada.

SIMOTION D4x5 viene con separadores pre-instalado. Con SIMOTION D425 y D435, esto puede ser eliminado si es necesario.

#### Almacenamiento de datos / respaldo de datos

Los módulos de SIMOTION D425, D435 y D445 tienen 320 KB de memoria RAM no volátil y batería de respaldo para el proceso de retención variable. Esta copia de seguridad se almacena por lo menos 5 días. Hay dos Opciones para el almacenamiento de los datos de retención para un período más largo:

- Los comandos de sistema para almacenar datos remanentes en la Tarjeta Compact Flash (CF) de la SIMOTION D4x5.
- El uso de un módulo de batería (en combinación batería / ventilador del módulo de al lista incluida en el ámbito de aplicación de la entrega de un SIMOTION D445, opcional para SIMOTION D425/D435).

El software de tiempo de ejecución, los datos del usuario y los programas de usuario se guardan de forma permanente usando una tarjeta Compact Flash (CF).

Para conexión de Entradas/Salidas.

PROFINET IO: (opcionalmente a través de CBE30)

- SIMATIC ET 200S/M/pro E/S distribuidas

- Las unidades distribuidas con el Control Unit CU320 vía CBE20, así como los SINAMICS S120 PM340 módulos de potencia con el PN CU310.

PROFIBUS DP:

- Certificado de esclavos PROFIBUS estándar (DP-V0, DP-V1, DP-V2).
- SIMATIC ET 200S/M/eco/pro de Entradas/Salidas remotas.
- Las unidades distribuidas con la Control Unit CU320, así como SINAMICS S120 módulos de potencia PM340 con el DP CU310.

DRIVE-: CliQ.

Los módulos de la gama SINAMICS:

- TM15 y TM17 High Feature, TM31, etc Módulos de terminales.
- PROFIBUS DP X126
- Sensor de módulos SMC/SME.
- módulo de cubo DMC20 DRIVE-CliQ.

Ampliación con módulos SINAMICS S120

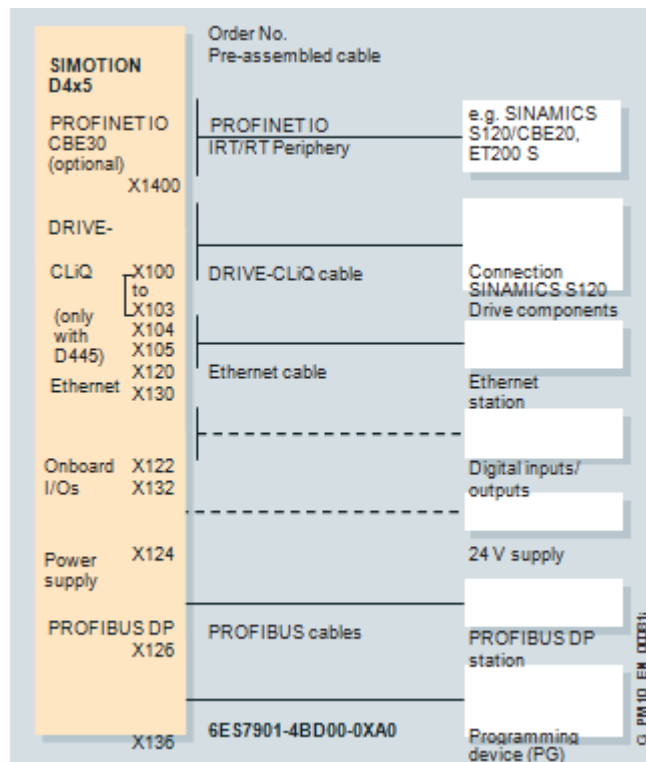
Los módulos de unidades SINAMICS S120 (módulos de línea, módulos de motores, etc.) están conectados a SIMOTION D4x5 sobre DRIVE- CliQ.

Los módulos de potencia SINAMICS S120 PM340 (formato de bloque), también puede ser operado en un SIMOTION D4x5 con los adaptadores de la Unidad de Control CUA31/CUA32.

Nota:

Los cables DRIVE-CLiQ, que son necesarios para conectar la línea y el motor a los módulos de SIMOTION D, están disponibles en una longitud estándar de los módulos de línea / motor.

Integración.



Resumen de conexiones SIMOTION D425/D435/D445.

Las longitudes máximas admisibles de los cables se deben tomar en cuenta al planificar la distribución por cable.

Las fallas de funcionamiento, puede producirse al utilizar cables más largos.

La longitud permitida de los cables PROFIBUS DP depende de la configuración.

## Especificaciones técnicas.

	SIMOTION D425 BASIC Performance	SIMOTION D435 STANDARD Performance	SIMOTION D445 HIGH Performance
<b>PLC and Motion Control performance</b>			
Maximum number of axes	16	32	64
Minimum PROFIBUS cycle	2 ms	1 ms	1 ms
Minimum PROFINET transmission cycle	0.5 ms	0.5 ms	0.5 ms
Minimum servo/interpolator cycle clock	2.0 ms	1.0 ms	0.5 ms
<b>Integrated drive control</b>			
Max. number of axes for integrated drive control (servo / vector / V/f)	6 / 4 / 8	5 / 4 / 8	6 / 4 / 8
<b>Memory</b>			
RAM (Random Access Memory)	25 MB	25 MB	50 MB
RAM disk (load memory)	17 MB	17 MB	23 MB
Retentive memory	320 KB	320 KB	320 KB
Persistent memory (user data on CF)	300 MB	300 MB	300 MB
<b>Communication</b>			
DRIVE-CLiQ interfaces	4	4	6
Ethernet interfaces	2	2	2
PROFIBUS interfaces	2	2	2
PROFINET interfaces	Optionally over CBE30: • 1 interface with 4 ports • Supports PROFINET IO with IRT and RT • Can be configured as PROFINET IO controller and/or device	Optionally over CBE30: • 1 interface with 4 ports • Supports PROFINET IO with IRT and RT • Can be configured as PROFINET IO controller and/or device	Optionally over CBE30: • 1 interface with 4 ports • Supports PROFINET IO with IRT and RT • Can be configured as PROFINET IO controller and/or device
<b>General technical specifications</b>			
Fan	Optional battery/fan module	Optional battery/fan module	Battery/fan module included in scope of supply
Supply voltage			
• Rated value	24 V DC	24 V DC	24 V DC
• Permissible range	20.4 ... 28.8 V	20.4 ... 28.8 V	20.4 ... 28.8 V
Current consumption, typ. (excluding digital outputs and DRIVE-CLiQ supply)	600 mA	600 mA	2 A
Starting current, typ.	6.0 A	6.0 A	6.0 A
Power loss	15 W	15 W	48 W
Permissible ambient temperature			
• Storage and transport	-40 ... +70 °C (-40 ... +158 °F)	-40 ... +70 °C (-40 ... +158 °F)	-40 ... +70 °C (-40 ... +158 °F)
• Operation	0 ... +55 °C (+32 ... +131 °F) Maximum installation altitude 2000 m (6562 ft) above sea level. Above an altitude of 2000 m (6562 ft), the max. ambient temperature decreases by 7 °C (44.6 °F) every 1000 m (3281 ft); maximum 5000 m (16405 ft) above sea level.	0 ... +55 °C (+32 ... +131 °F) Maximum installation altitude 2000 m (6562 ft) above sea level. Above an altitude of 2000 m (6562 ft), the max. ambient temperature decreases by 7 °C (44.6 °F) every 1000 m (3281 ft); maximum 5000 m (16405 ft) above sea level.	0 ... +55 °C (+32 ... +131 °F) Maximum installation altitude 2000 m (6562 ft) above sea level. Above an altitude of 2000 m (6562 ft), the max. ambient temperature decreases by 7 °C (44.6 °F) every 1000 m (3281 ft); maximum 5000 m (16405 ft) above sea level.

Permissible relative humidity (without condensation)	5 ... 95 %	5 ... 95 %	5 ... 95 %
Atmospheric pressure	700 ... 1060 hPa	700 ... 1060 hPa	700 ... 1060 hPa
Degree of protection according to EN 60529 (IEC 60529)	IP20	IP20	IP20
Dimensions (W x H x D)	50 mm x 380 mm x 230 mm (1.97 in x 14.96 in x 9.06 in)	50 mm x 380 mm x 230 mm (1.97 in x 14.96 in x 9.06 in)	50 mm x 380 mm x 270 mm (1.97 in x 14.96 in x 9.06 in)
<b>Weight</b>			
• SIMOTION D	2500 g (5.51 lb)	2500 g (5.51 lb)	3600 g (7.94 lb)
• CompactFlash card	7 g (0.25 oz)	7 g (0.25 oz)	7 g (0.25 oz)
<b>Digital inputs</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
• Input voltage			
- Rated value	24 V DC	24 V DC	24 V DC
- For "1" signal	15 ... 30 V	15 ... 30 V	15 ... 30 V
- For "0" signal	-3 ... +5 V	-3 ... +5 V	-3 ... +5 V
• Galvanic isolation	Yes, in groups of 4	Yes, in groups of 4	Yes, in groups of 4
• Current consumption typ. at 1 signal level	10 mA at 24 V	10 mA at 24 V	10 mA at 24 V
• Input delay, typ. (hardware)	L $\circ$ H: 50 $\mu$ s H $\circ$ L: 100 $\mu$ s	L $\circ$ H: 50 $\mu$ s H $\circ$ L: 100 $\mu$ s	L $\circ$ H: 50 $\mu$ s H $\circ$ L: 100 $\mu$ s
<b>Digital inputs/outputs (parameterizable)</b>	<b>8</b> (max. 6 as high-speed measuring inputs, max. 8 as high-speed cam outputs)	<b>8</b> (max. 6 as high-speed measuring inputs, max. 8 as high-speed cam outputs)	<b>8</b> (max. 6 as high-speed measuring inputs, max. 8 as high-speed cam outputs)
<b>If used as an input</b>			
• Input voltage			
- Rated value	24 V DC	24 V DC	24 V DC
- For "1" signal	15 ... 30 V	15 ... 30 V	15 ... 30 V
- For "0" signal	-3 ... +5 V	-3 ... +5 V	-3 ... +5 V
• Galvanic isolation	No	No	No
• Current consumption typ. at 1 signal level	10 mA at 24 V	10 mA at 24 V	10 mA at 24 V
• Input delay, typ. (hardware)	L $\circ$ H: 50 $\mu$ s (5 $\mu$ s if used as measuring input) H $\circ$ L: 100 $\mu$ s (50 $\mu$ s if used as measuring input)	L $\circ$ H: 50 $\mu$ s (5 $\mu$ s if used as measuring input) H $\circ$ L: 100 $\mu$ s (50 $\mu$ s if used as measuring input)	L $\circ$ H: 50 $\mu$ s (5 $\mu$ s if used as measuring input) H $\circ$ L: 100 $\mu$ s (50 $\mu$ s if used as measuring input)
• Measuring input, accuracy	5 $\mu$ s	5 $\mu$ s	5 $\mu$ s



<b>If used as an output</b>			
• Rated load voltage	24 V DC	24 V DC	24 V DC
- Permissible range	20.4 ... 28.8 V	20.4 ... 28.8 V	20.4 ... 28.8 V
• Galvanic isolation	No	No	No
• Current load, max.	500 mA per output	500 mA per output	500 mA per output
• Residual current, max.	2 mA	2 mA	2 mA
• Output delay, max. (hardware)	L $\circ$ H: 400 $\mu$ s H $\circ$ L: 100 $\mu$ s	L $\circ$ H: 400 $\mu$ s H $\circ$ L: 100 $\mu$ s	L $\circ$ H: 400 $\mu$ s H $\circ$ L: 100 $\mu$ s
• Cam output, accuracy	125 $\mu$ s	125 $\mu$ s	125 $\mu$ s
• Switching frequency of the outputs, max.			
- With resistive load	100 Hz	100 Hz	100 Hz
- With inductive load	2 Hz	2 Hz	2 Hz
- With lamp load	11 Hz	11 Hz	11 Hz
• Short-circuit protection	Yes	Yes	Yes
<b>Additional technical specifications</b>			
<b>Non-volatile data backup</b>			
• Backup time, min.	5 days (real-time clock/SRAM backup)	5 days (real-time clock/SRAM backup)	5 days (real-time clock/SRAM backup)
• Charging time, typ.	A few minutes	A few minutes	A few minutes
<b>Approvals</b>			
	cULus (File No. E164110)	cULus (File No. E164110)	cULus (File No. E164110)

## Datos para selección y pedidos

Description	Order No.
<b>SIMOTION D425</b>	<b>6AU1425-0AA00-0AA0</b>
<b>SIMOTION D435</b>	<b>6AU1435-0AA00-0AA1</b>
<b>SIMOTION D445</b>	<b>6AU1445-0AA00-0AA0</b>
<b>CompactFlash Card (CF) 512 MB</b> with SINAMICS S120 drive software and SIMOTION Kernel <a href="#">Pre-installed license using Z options <sup>1)</sup></a>	<b>6AU1400-2NA00-0AA0</b>
<b>SIMOTION MultiAxes Bundle D425</b> consisting of 1 unit each • SIMOTION D425 • CompactFlash Card 512 MB with MultiAxes Package license for D425 platform	<b>6AU1425-0AA00-0CA0</b>
<b>SIMOTION MultiAxes Bundle D435</b> consisting of 1 unit each • SIMOTION D435 • CompactFlash Card 512 MB with MultiAxes Package license for D435 platform	<b>6AU1435-0AA00-0CA1</b>

<b>SIMOTION MultiAxes Bundle D445</b> consisting of 1 unit each • SIMOTION D445 • CompactFlash Card 512 MB with MultiAxes Package license for D445 platform	6AU1445-0AA00-0CA0
<b>Battery and fan module</b> Incl. battery Battery and fan module for D425/D435 (option). Included in the scope of supply of D445.	6FC5348-0AA01-0AA0

## Accesorios.

Description	Order No.
<del>Battery (replacement part)</del>	<del>6FC5247-0AA18-0AA0</del>
<b>PROFIBUS RS485 bus connector with angular cable outlet (35°)</b> With screw-type terminals, max. transmission rate 12 Mbit/s • Without PG interface	6ES7972-0BA41-0XA0
• With PG interface	6ES7972-0BB41-0XA0
<b>PROFIBUS Fast Connect RS485 bus connector with angular cable outlet (35°)</b> With insulation displacement terminals, max. transmission rate 12 Mbit/s • Without PG interface	6ES7972-0BA60-0XA0
• With PG interface	6ES7972-0BB60-0XA0

## Sizer, herramienta de configuración

Con la herramienta de configuración SIZER, usted puede configurar fácilmente la familia SINAMICS S120 incluyendo SIMOTION. Le proporciona apoyo para la selección y el dimensionamiento de los maestros, componentes necesarios para una tarea de control de movimiento. También se puede determinar el posible número de ejes y la carga resultante con SIZER, de conformidad con los requisitos de rendimiento.

Componentes complementarios.



Información general

El protocolo de Comunicación CBE30 para SIMOTION D425, D435 y D445 permite al SIMOTION ser conectado a una red PROFINET IO. El D4x5 SIMOTION asume entonces la función de un controlador PROFINET IO y puede llevar a cabo lo siguiente:

- Controlador PROFINET IO, I-Device (dispositivo de control y al mismo tiempo)
- full duplex de 100 Mbit / s
- Integrar las Entradas/Salidas distribuidas como PROFINET E/S
- Integración de las unidades como dispositivos PROFINET E/S a través  
PROFIdrive de acuerdo a la especificación V4
- Soporte para el estándar de comunicación Ethernet, por ejemplo,
  - Para interactuar con SIMOTION SCOUT
  - Para la conexión de los sistemas de operador

- Para la comunicación con otros dispositivos a través de TCP/IP o comunicación UDP.

• Integrar el conmutador de 4 puertos con cuatro conectores RJ45 basado en el PROFINET ASIC ERTEC400. La topología óptima (línea, estrella, árbol) por lo tanto, se puede configurar sin interruptores externos adicionales.

Integración.

El protocolo de Comunicación CBE30 está conectado a la ranura de opción en el SIMOTION D4x5.

Especificaciones técnicas.

<b>CBE30 Communication Board</b>	0.25 A
<b>Current requirement at 24 V DC</b>	
<b>Permissible ambient temperature</b>	
• Storage and transport	-40 ... +70 °C (-40 ... +158 °F)
• Operation	0 ... 55 °C (32 ... 131 °F)
<b>Weight, approx.</b>	100 g (0.22 lb)
<b>Dimensions</b>	113 mm x 77 mm (4.45 in x 3.03 in)
<b>Approvals</b>	cULus (File No. E164110)

[minimum order 20 m \(65.62 ft\).](#)

Datos para selección y pedidos

Descripción N ° Orden

CBE30 tarjeta de Comunicación 6FC5312-0FA00-0AA0

### Accesorios

Se recomiendan los siguientes cables y conectores PROFINET:

Description	Order No.
<b>RJ45 FastConnect connector for Industrial Ethernet/PROFINET</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 145° cable outlet</li> <li>- 1 pack = 1 unit</li> <li>- 1 pack = 10 units</li> <li>• 180° cable outlet</li> <li>- 1 pack = 1 unit</li> <li>- 1 pack = 10 units</li> </ul>	 6GK1901-1BB30-0AA0 6GK1901-1BB30-0AB0  6GK1901-1BB10-2AA0 6GK1901-1BB10-2AB0
<b>FastConnect cables for Industrial Ethernet/PROFINET <sup>1)</sup></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• IE FC Standard Cable GP 2x2</li> <li>• IE FC Flexible Cable GP 2x2</li> <li>• IE FC Trailing Cable GP 2x2</li> <li>• IE FC Trailing Cable 2x2</li> <li>• IE FC Marine Cable 2x2</li> </ul>	 6XV1840-2AH10 6XV1870-2B 6XV1870-2D 6XV1840-3AH10 6XV1840-4AH10
<b>Stripping tool for Industrial Ethernet/PROFINET FastConnect cables</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• IE FC stripping tool</li> </ul>	 6GK1901-1GA00

## SIMOTION CX32

Especificaciones técnicas.

### Supplementary components SIMOTION CX32



<b>CBE30 Communication Board</b>	0.25 A
<b>Current requirement at 24 V DC</b>	
<b>Permissible ambient temperature</b>	
- Storage and transport	-40 ... +70 °C (-40 ... +158 °F)
- Operation	0 ... 55 °C (32 ... 131 °F)
<b>Weight, approx.</b>	100 g (0.22 lb)
<b>Dimensions</b>	113 mm x 77 mm (4.45 in x 3.03 in)
<b>Approvals</b>	cULus (File No. E164110)

[minimum order 20 m \(65.62 ft\).](#)

Datos para selección y pedidos.

Descripción N ° Orden

CBE30 Comunicación 6FC5312-0FA00-0AA0.

TARJETA DE COMUNICACIONES CBE30

Componentes suplementarios

**Supplementary components  
CBE30 Communication Board**



Description	Order No.
<b>RJ45 FastConnect connector for Industrial Ethernet/PROFINET</b>	
- 145° cable outlet	
- 1 pack = 1 unit	6GK1901-1BB30-0AA0
- 1 pack = 10 units	6GK1901-1BB30-0AB0
- 180° cable outlet	
- 1 pack = 1 unit	6GK1901-1BB10-2AA0

- 1 pack = 10 units	6GK1901-1BB30-0AB0
• 180° cable outlet	
- 1 pack = 1 unit	6GK1901-1BB10-2AA0
- 1 pack = 10 units	6GK1901-1BB10-2AB0
<b>FastConnect cables for Industrial Ethernet/PROFINET <sup>1)</sup></b>	
• IE FC Standard Cable GP 2x2	6XV1840-2AH10
• IE FC Flexible Cable GP 2x2	6XV1870-2B
• IE FC Trailing Cable GP 2x2	6XV1870-2D
• IE FC Trailing Cable 2x2	6XV1840-3AH10
• IE FC Marine Cable 2x2	6XV1840-4AH10
<b>Stripping tool for Industrial Ethernet/PROFINET FastConnect cables</b>	
• IE FC stripping tool	6GK1901-1GA00

La extensión del controlador SIMOTION Cx32 es un componente de SINAMICS S120 formato por Booksize y apoya la ampliación de la unidad de rendimiento informático de gama de la D435 y la D445 SIMOTION y las unidades de control. Cada Cx32 puede controlar hasta 6 servos adicional, 4 u 8 vectores de V/f ejes.

Si es necesario, varios componentes Cx32 pueden ser operados en un SIMOTION D435/D445 para aumentar el número de ejes:

- máx. 2 Cx32 en una SIMOTION D435
- máx. 4 Cx32 en un SIMOTION D445

La extensión de controlador de Cx32 y SIMOTION D435/D445 puede ser usado para implementar soluciones de automatización con un gran número de ejes.

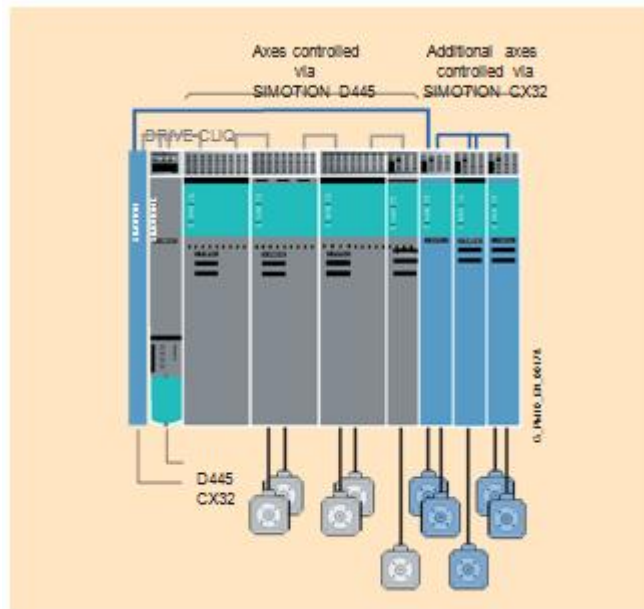
Beneficios.

- Con una ancho de 25 mm (0,98 pulgadas), la Cx32 requiere muy poco espacio y por lo tanto perfectamente adecuado para uso en máquinas compactas.
- La Cx32 está conectado a más de SIMOTION D435/D445 DRIVE CLiQ , el modo de alto rendimiento y modo isócrono del control de las unidades es posible

sin la necesidad de módulos adicionales. Las interfaces de comunicación en el SIMOTION D435/D445 permanecen disponibles para otras conexiones.

- Los datos de la Cx32 se almacenan exclusivamente en el SIMOTION D435/D445, lo que significa que ninguna acción tiene que ser tomada cuando el módulo se sustituye.

## Diseño.



Ejemplo: Grupo de los 10 ejes con SIMOTION D445 y Cx32.

Las características del SIMOTION D435/D445, del PLC y del control de movimiento incluyen funciones hasta 32/64, los ejes y las funciones de control de la unidad de 6 servos, 4 u 8 ejes vector de V/f ya están integrados.

La extensión de controlador de Cx32 está conectado a D435/D445 SIMOTION DRIVE- CLiQ y se extiende a la informática por rendimiento de la unidad por un servo adicional, vector de 4 o 8 V/f ejes.

Una combinación con SIMOTION D435/D445 y Cx32, se puede lograr una alineación de hasta 10 ejes.



Por otra parte, se puede lograr un control adicional implementado PROFIBUS o PROFINET utilizando la unidad de control SINAMICS CU320/CU310.

### Especificaciones técnicas.

Integrated drive control	
Max. number of axes for integrated drive control (servo / vector / V/f)	6 / 4 / 8
Communication	
DRIVE-CLiQ interfaces	4
General technical specifications	
Supply voltage	
- Rated value	24 V DC
- Permissible range	20.4 ... 28.8 V
Current consumption, typ. (excluding digital outputs and DRIVE-CLiQ supply)	800 mA
Starting current, typ.	1.6 A
Power loss	20 W
Permissible ambient temperature	
- Storage and transport	-40 ... +70 °C (-40 ... +158 °F)
- Operation	0 ... +55 °C (+32 ... +131 °F)
	Maximum installation altitude 2000 m (6562 ft) above sea level. Above an altitude of 2000 m (6562 ft), the max. ambient temperature decreases by 7 °C (44.6 °F) every 1000 m (3281 ft); maximum 5000 m (16405 ft) above sea level.
Permissible relative humidity (without condensation)	5 ... 95 %
Atmospheric pressure	700 ... 1060 hPa
Degree of protection according to EN 60529 (IEC 60529)	IP20
Dimensions (WxHxD)	25 mm x 380 mm x 230 mm (0.98 in x 14.96 in x 9.06 in)
Weight	1500 g (3.31 lb)

<b>Digital inputs</b>	<b>4</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Input voltage <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rated value</li> <li>- For "1" signal</li> <li>- For "0" signal</li> </ul> </li> <li>• Galvanic isolation</li> <li>• Current consumption typ. at 1 signal level</li> <li>• Input delay, typ. (hardware)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>24 V DC</li> <li>15 ... 30 V</li> <li>-3 ... +5 V</li> <li>Yes, in groups of 4</li> <li>10 mA at 24 V</li> <li>L <math>\leftrightarrow</math> H: 50 <math>\mu</math>s H <math>\leftrightarrow</math> L: 100 <math>\mu</math>s</li> </ul>
<b>Digital inputs/outputs (parameterizable)</b>	<b>4 (max. 3 as high-speed measuring inputs)</b>
<b>If used as an input</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Input voltage <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rated value</li> <li>- For "1" signal</li> <li>- For "0" signal</li> </ul> </li> <li>• Galvanic isolation</li> <li>• Current consumption typ. at 1 signal level</li> <li>• Input delay, typ. (hardware)</li> <li>• Measuring input, accuracy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>24 V DC</li> <li>15 ... 30 V</li> <li>-3 ... +5 V</li> <li>No</li> <li>10 mA at 24 V</li> <li>L <math>\leftrightarrow</math> H: approx. 50 <math>\mu</math>s (5 <math>\mu</math>s if used as measuring input) H <math>\leftrightarrow</math> L: approx. 100 <math>\mu</math>s (50 <math>\mu</math>s if used as measuring input)</li> <li>5 <math>\mu</math>s</li> </ul>
<b>If used as an output</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rated load voltage <ul style="list-style-type: none"> <li>- Permissible range</li> </ul> </li> <li>• Galvanic isolation</li> <li>• Current load, max.</li> <li>• Residual current, max.</li> <li>• Output delay, max. (hardware)</li> <li>• Short-circuit protection</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>24 V DC</li> <li>20.4 ... 28.8 V</li> <li>No</li> <li>500 mA per output</li> <li>2 mA</li> <li>L <math>\leftrightarrow</math> H: 400 <math>\mu</math>s H <math>\leftrightarrow</math> L: 100 <math>\mu</math>s</li> <li>Yes</li> </ul>
<b>Additional technical specifications</b>	
<b>Approval</b>	cULus (File No. E164110)

The CX32 comes with pre-installed spacer.

Datos para selección y pedidos.

Descripción N ° Orden

SIMOTION Cx32 controlador de extensión6SL3040-0NA00-0AA0.

## Anexo C. Especificaciones y generalidades del microcontrolador CPU 1214C

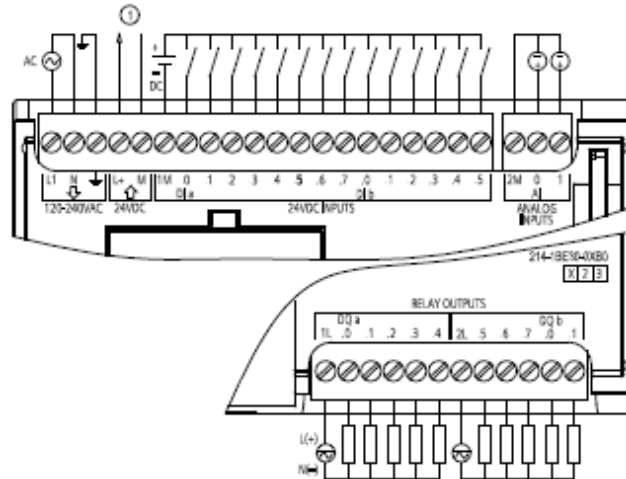
<b>Datos técnicos</b>			
Modelo	CPU 1214C AC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/DC
Referencia	6ES7 214-1BE30-0XB0	6ES7 214-1HE30-0XB0	6ES7 214-1AE30-0XB0
<b>General</b>			
Dimensiones A x A x P (mm)	110 x 100 x 75		
Peso	475 gramos	435 gramos	415 gramos
Disipación de potencia	14 W	12 W	
Intensidad disponible (SM y bus CM)	1600 mA máx. (5 V DC)		
Intensidad disponible (24 V DC)	400 mA máx. (alimentación de sensores)		
Consumo de corriente de las entradas digitales (24 V DC)	4 mA/entrada utilizada		
<b>Características de la CPU</b>			
Memoria de usuario	50 KB de memoria de trabajo / 2 MB de memoria de carga / 2 KB de memoria remanente		
E/S digitales integradas	14 entradas/10 salidas		
E/S analógicas integradas	2 entradas		
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes de entradas (I)/1024 bytes de salidas (Q)		
Área de marcas (M)	8192 bytes		
Ampliación con módulos de señales	8 SMs máx.		
Ampliación con Signal Boards	1 SB máx.		
Ampliación con módulos de comunicación	3 CMs máx.		
Contadores rápidos	6 en total Fase simple: 3 a 100 kHz y 3 a 30 kHz de frecuencia de reloj Fase en cuadratura: 3 a 80 kHz y 3 a 20 kHz de frecuencia de reloj		
Salidas de impulsos	2		
Entradas de captura de impulsos	14		
Alarmas de retardo/cíclicas	4 en total con resolución de 1 ms		
Alarmas de flanco	12 ascendentes y 12 descendentes (14 y 14 con Signal Board opcional)		
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)		
Precisión del reloj en tiempo real	+/- 60 segundos/mes		
Tiempo de respaldo del reloj en tiempo real	10 días típ./6 días mín. a 40°C (condensador de alto rendimiento sin mantenimiento)		
<b>Rendimiento</b>			
Velocidad de ejecución booleana	0,1 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución de transferencia de palabras	12 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción		

<b>Comunicación</b>		
Número de puertos	1	
Tipo	Ethernet	
Conexiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 para HMI</li> <li>• 1 para la programadora</li> <li>• 8 para instrucciones Ethernet en el programa de usuario</li> <li>• 3 para CPU a CPU</li> </ul>	
Transferencia de datos	10/100 Mb/s	
Aislamiento (señal externa a lógica del PLC)	Aislado por transformador, 1500 V DC	
Tipo de cable	CAT5e apantallado	
<b>Fuente de alimentación</b>		
Rango de tensión	85 a 264 V AC	20,4 a 28,8 V DC
Frecuencia de línea	47 a 63 Hz	--
Intensidad de entrada CPU sólo a carga máx.	100 mA a 120 V AC 50 mA a 240 V AC	500 mA a 24 V DC
CPU con todos los accesorios de ampliación a carga máx.	300 mA a 120 V AC 150 mA a 240 V AC	1500 mA a 24 V DC
Corriente de irrupción (máx.)	20 A a 264 V AC	12 A a 28,8 V DC
Aislamiento (potencia de entrada a lógica)	1500 V AC	Sin aislamiento
Corriente de fuga a tierra, línea AC a tierra funcional	0,5 mA máx.	-
Tiempo de mantenimiento (pérdida de potencia)	20 ms a 120 V AC 80 ms a 240 V AC	10 ms a 24 V DC
Fusible interno, no reemplazable por el usuario	3 A, 250 V, de acción lenta	
<b>Alimentación de sensores</b>		
Rango de tensión	20,4 a 28,8 V DC	L+ menos 4 V DC mín.
Intensidad de salida nominal (máx.)	400 mA (protegido contra cortocircuito)	
Ruido de rizado máx. (<10 MHz)	< 1 V de pico a pico	Igual a la línea de entrada
Aislamiento (lógica de la CPU a alimentación de sensores)	Sin aislamiento	
<b>Entradas digitales</b>		
Número de entradas	14	
Tipo	Sumidero/fuente (tipo 1 IEC sumidero)	
Tensión nominal	24 V DC a 4 mA, nominal	
Tensión continua admisible	30 V DC, máx.	
Sobretensión transitoria	35 V DC durante 0,5 seg.	
Señal 1 lógica (mín.)	15 V DC a 2,5 mA	
Señal 0 lógica (máx.)	5 V DC a 1 mA	
Aislamiento (campo a lógica)	500 V AC durante 1 minuto	
Grupos de aislamiento	1	
Tiempos de filtro	0,2, 0,4, 0,8, 1,6, 3,2, 6,4 y 12,8 ms (seleccionable en grupos de 4)	
Frecuencias de entrada de reloj HSC (máx.) (señal 1 lógica = 15 a 26 V DC)	Fase simple: 100 KHz (Ia.0 a Ia.5) y 30 KHz (Ia.6 a Ib.5) Fase en cuadratura: 80 KHz (Ia.0 a Ia.5) y 20 KHz (Ia.6 a Ib.5)	
Número de entradas ON simultáneamente	14	
Longitud de cable (metros)	500 apantallado, 300 no apantallado, 50 apantallado para entradas HSC	

<b>Entradas analógicas</b>		
Número de entradas	2	
Tipo	Tensión (asimétrica)	
Rango	0 a 10 V	
Rango total (palabra de datos)	0 a 27648 (consulte <a href="#">Representación de entradas analógicas para tensión</a> (Página 346) )	
Rango de sobreimpulso (palabra de datos)	27.649 a 32.511 (consulte <a href="#">Representación de entradas analógicas para tensión</a> (Página 346) )	
Desbordamiento (palabra de datos)	32.512 a 32767 (consulte <a href="#">Representación de entradas analógicas para tensión</a> (Página 346) )	
Resolución	10 bits	
Tensión de resistencia al choque máxima	35 V DC	
Alisamiento	Ninguno, débil, medio o fuerte (consulte los tiempos de respuesta de las etapas en <a href="#">Tiempos de respuesta de las entradas analógicas</a> (Página 346))	
<b>Rechazo de interferencias</b>		
Rechazo de interferencias	10, 50 ó 60 Hz (consulte las frecuencias de muestreo en <a href="#">Tiempos de respuesta de las entradas analógicas</a> (Página 346))	
Impedancia	≥100 KΩ	
Aislamiento (campo a lógica)	Ninguno	
Precisión (25°C / 0 a 55°C)	3,0% / 3,5% de rango máximo	
Rechazo en modo común	40 dB, DC a 60 Hz	
Rango de señales operativo	La tensión de señal más la tensión en modo común debe ser menor que +12 V y mayor que -12 V	
Longitud de cable (metros)	10 trenzado y apantallado	
<b>Salidas digitales</b>		
Número de salidas	10	
Tipo	Relé, contacto seco	Estado sólido - MOSFET
Rango de tensión	5 a 30 V DC ó 5 a 250 V AC	20,4 a 28,8 V DC
Señal 1 lógica a intensidad máx.	--	20 V DC mín.
Señal 0 lógica con carga de 10 KΩ	--	0,1 V DC máx.
Intensidad (máx.)	2,0 A	0,5 A
Carga de lámparas	30 W DC/200 W AC	5 W
Resistencia en estado ON	Máx. 0,2 Ω (si son nuevas)	0,6 Ω máx.
Corriente de fuga por salida	--	10 μA máx.
Sobrecorriente momentánea	7 A si están cerrados los contactos	8 A durante máx. 100 ms
Protección contra sobrecargas	No	
Aislamiento (campo a lógica)	1500 V AC durante 1 minuto (bobina a contacto) Ninguno (bobina a lógica)	500 V AC durante 1 minuto
Resistencia de aislamiento	100 MΩ mín. si son nuevas	--
Aislamiento entre contactos abiertos	750 V AC durante 1 minuto	--
Grupos de aislamiento	2	1
Tensión de bloqueo inductiva	--	L+ menos 48 V DC, disipación de 1 W
Retardo de conmutación (Qa.0 a Qa.3)	10 ms máx.	1,0 μs máx., OFF a ON 3,0 μs máx., ON a OFF
Retardo de conmutación (Qa.4 a Qb.1)	10 ms máx.	50 μs máx., OFF a ON 200 μs máx., ON a OFF
Frecuencia de tren de impulsos (Qa.0 y Qa.2)	No recomendado	100 KHz máx., 2 Hz mín.
Vida útil mecánica (sin carga)	10.000.000 ciclos abiertos/cerrados	--

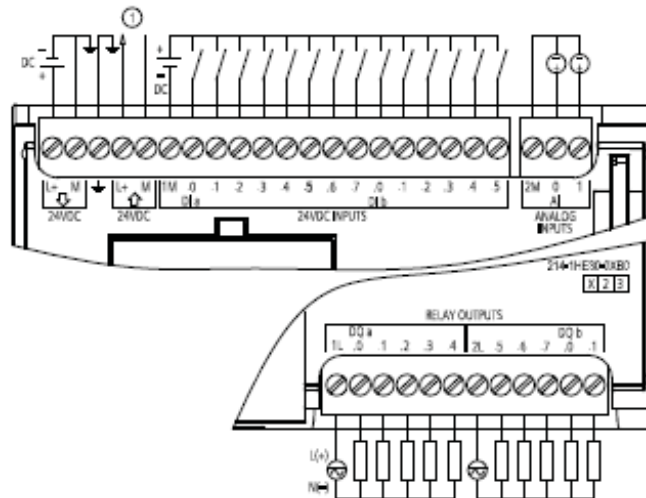
Vida útil de los contactos bajo carga nominal	100.000 ciclos abiertos/cerrados	--
Reacción al cambiar de RUN a STOP	Último valor o valor sustitutivo (valor predeterminado: 0)	
Número de salidas ON simultáneamente	10	
Longitud de cable (metros)	500 apantallado, 150 no apantallado	

### Diagramas de cableado



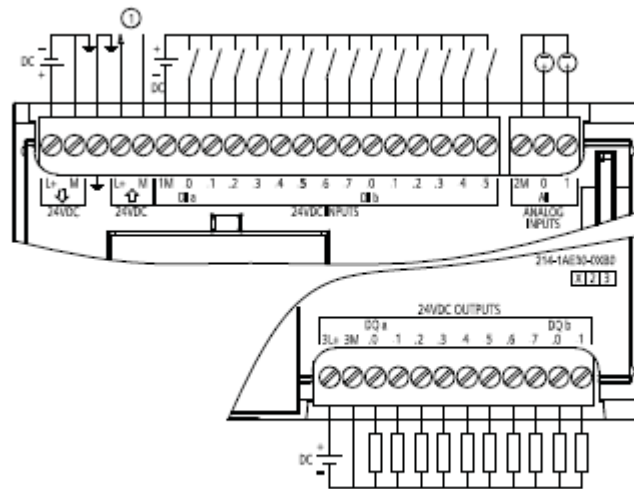
① Alimentación de sensores 24 V DC

Figura A-7 CPU 1214C AC/DC/relé (6ES7 214-1BE30-0XB0)



① Alimentación de sensores 24 V DC

Figura A-8 CPU 1214C DC/DC/relé (6ES7 214-1HE30-0XB0)



① Alimentación de sensores 24 V DC

Figura A-9 CPU 1214C DC/DC/DC (6ES7 214-1AE30-0XB0)

## Microcontrolador CPU 1214C <sup>65</sup>

El Simatic S7-1200, es un micro-PLC que se destaca por ser versátil y flexible en su configuración, con un alto rendimiento y tamaño muy compacto. El nuevo sistema de ingeniería Simatic Step 7 Basic permite configurar tanto el controlador como los paneles básicos para HMI (interfaz hombre-máquina). Esto garantiza actividades de programación, conectividad en red y puesta en marcha particularmente rápidas y simples. Juntos, el nuevo controlador, los paneles de la línea Basic Panels y el nuevo software constituyen una oferta coordinada para tareas de automatización compactas y exigentes en la gama de Micro Automation.

El micro-PLC Simatic S7-1200 es un nuevo controlador modular para aplicaciones compactas en la gama baja inferior. Durante el desarrollo del controlador y el

65

Extraído

de

[http://www.instruherramientas.com/index.php?page=shop.product\\_details&product\\_id=572&flypage=flypage.tpl&pop=0&option=com\\_virtuemart&Itemid=2](http://www.instruherramientas.com/index.php?page=shop.product_details&product_id=572&flypage=flypage.tpl&pop=0&option=com_virtuemart&Itemid=2)

software se ha prestado particular cuidado a una integración sin costuras y una perfecta interacción del controlador, el panel HMI y el software.

Parámetros de Categoría: Características PLC o RTU	
CPU Modelo:	CPU1214C
Memoria:	-Memoria programa/datos 50KB -Memoria de carga 2MB -Tarjeta de memoria de 2Mbyte (OPCIONAL) -Tarjeta de memoria de 24Mbyte (OPCIONAL)
I/O instalados:	-14DI 24 Vdc; 10DO 24 Vdc; 2AI 0-10V O 0-20ma
Alimentación:	-20,4 a 28,8 Vdc o -85 a 264 Vac (OPCIONAL)
Puertos de comunicaciones:	-Ethernet Integrado -RS232 O RS 485 (OPCIONALES)
Módulos de ampliación:	AMPLIACION OPCIONAL DE HASTA 8 MODULOS -8DI 24Vdc; o 16DI 24Vdc; o 8DO 24Vdc o Relé; o 16 DO 24 Vdc o Relé; o 4AI Vdc o ma 12Bit + Signo; o 2AO Vdc o ma 13 Bit
Protocolos:	-ISO on TCP/IP -TCP/IP S7 como servidor -MODBUS (OPCIONAL)
Servicios:	Requiere servicios de configuración y programación. NOTA: Los servicios no están incluidos en el precio



**Anexo D. Lista de chequeo para instalaciones electro-neumáticas**

LISTAS DE CHEQUEO PARA INSTALACIONES ELECTRO-NEUMÁTICAS					
ITEM	ACTIVIDAD DE INSPECCIÓN	CUMPLE			COMENTARIOS
		SI	NO	N.A	
	AIRE COMPRIMIDO				
1	Verificar que aire comprimido esté libre de impurezas, como agua, polvo, aceites y óxidos				
2	Verificar que se tenga un filtro de aspiración en el compresor				
3	Verificar que se disponga de un refrigerador final para evitar temperaturas de 353°K				
4	Verificar de la existencia un proceso de secado del aire.				
5	Verificar la instalación del filtro de aire comprimido				
6	Verificar la operación de la purga del condensador en el filtro				
7	Verificar la instalación del regulador de presión				

8	Verificar la instalación del lubricador				
9	Verificar la instalación de la unidad de mantenimiento con filtro de aire comprimido, regulador de presión, lubricador				
10	Verificar la instalación del tanque de almacenamiento de aire comprimido				
	TUBERIA				
11	Verificar la disposición en cuellos de ganso				
12	Verificar la inclinación mínima del 1%				
13	Verificar la selección apropiada de la tubería				
14	Verificar la instalación de la trampa de condensados				
	Verificar la instalación de los elementos de fijación de la tubería				
	ACTUADORES				
14	Verificar la instalación del actuador, mangueras acopladas, fijación y operación				

	VALVULAS DE ACCIONAMIENTO ELECTRICO				
15	Verificar la existencia de un plano de diseño, mangueras acopladas, fijación y operación				

**Anexo E. Lista de chequeo para instalaciones eléctricas de uso final**

ITEM	ACTIVIDAD DE INSPECCION	ASPECTO NORMATIVO (Cuando no se especifica es NTC 2050)	CUMPLE			COMENTARIOS
			SI	NO	N.A.	
	REQUISITOS GENERALES					
1	Verificar que las instalaciones hayan sido hechas de acuerdo con las instrucciones incluidas en la certificación o rotulado de los materiales y equipos.	90-7, 110-3 (b), Artículo (RETIE) 17°				
2	Verificar que las capacidades nominales de interrupción sean adecuadas para las condiciones de la instalación.	110-9				
3	Verificar que las aberturas no utilizadas hayan sido cerradas efectivamente.	110-12 (a)				
4	Revisar partes rotas o dañadas y contaminación por materiales extraños.	110-12 (c)				

5	Revisar en el equipo, que su montaje sea seguro y que el espacio de ventilación sea adecuado.	110-13				
6	Revisar el uso apropiado y capacidades nominales de empalmes y terminaciones.	110-14 (a) y (b)				
7	Verificar las capacidades nominales de temperatura de las terminaciones.	110-14 ( c )				
8	Verificar espacios de trabajo, espacios dedicados y altura adecuados alrededor del equipo.	110-16 (a), (e) y (f)				
9	Verificar que el espacio de trabajo y el espacio dedicado no se utilizan para almacenamiento.	110-16 (b)				
10	Revisar la suficiencia del acceso al espacio de trabajo.	110-16 ( c )				
11	Verificar que los espacios de trabajo tengan iluminación adecuada.	110-16 (d)				
12	Revisar la identificación de los medios de desconexión y paneles de distribución.	110-22, 384-13				
13	Verificar que la señalización de seguridad en las zonas donde se ejecutan trabajos eléctricos o en zonas de operación de máquinas, equipos o instalaciones que entrañen un peligro potencial, cumpla con los requisitos establecidos en el RETIE	Artículo 11.2 (RETIE)				
METODO DE ALAMBRADO						

14	Identificar los métodos de alambrado en uso y verificar su conveniencia para el inmueble y las condiciones reinantes.	Capítulo 3				
15	Verificar que todos los conductores de un circuito estén agrupados	300-3 (a) y (b)				
16	Revisar los valores de aislamiento en donde conductores de diferentes sistemas comparten encerramientos comunes.	300-3 ( c )				
17	Revisar los métodos de alambrado en cuanto a la separación de los bordes del armazón y la protección contra tornillos y clavos.	300-4 (a), (b), (d) y ( e )				
18	Revisar que haya pasacables de aislamiento o anillos protectores donde se instala cable no metálico a través de postes de metal, o en donde conductores No. 4 AWG o más grandes entran en encerramientos.	300-4 (b) (1) y (f)				
19	Verificar que las canalizaciones eléctricas y bandejas porta cables se usen exclusivamente para conductores eléctricos	300-8				
20	Verificar la continuidad e integridad de las canalizaciones y encerramientos metálicos.	300-10				
21	Verificar que los métodos de alambrado estén asegurados firmemente en un sitio, sostenidos independientemente de los cielos rasos suspendidos y que no se usen como soportes.	300-11 y artículos aplicables del Capítulo 3				

22	Revisar la continuidad de los conductores puestos a tierra en circuitos ramales multiconductores.	300-13				
23	Verificar la longitud adecuada de los conductores libres en las cajas.	300-14				
24	Verificar que las cajas estén aisladas en puntos de unión, empalme, salida, interruptores y de alambrado.	300-15				
25	Verificar la ocupación de conductores en las canalizaciones.	300-17				
26	Verificar que los sistemas de canalizaciones estén completos antes de instalar los conductores.	300-18				
27	Verificar que las canalizaciones verticales tengan soportes de conductores adecuados.	300-19				
28	Verificar que las capacidades nominales de resistencia al fuego hayan sido restauradas en las penetraciones eléctricas.	300-21				
29	Verificar que las bandejas portacables cumplan con lo permitido para el uso, instalación, puesta a tierra, instalación de los cables y número de conductores en las bandejas portacables.	318				
30	Verificar que las tuberías, canalizaciones y canaletas cumplan con el uso permitido y la instalación adecuada.	341 a 351, Artículo 17° (11) (RETIE)				

CAJAS Y CONDULETAS					
31	Revisar el espacio adecuado para los conductores en cajas y conduletas.	370-16			
32	Verificar que las canalizaciones y cables estén asegurados a las cajas.	370-17			
33	Verificar que las cajas en paredes y techos estén a nivel con la superficie terminada, o si las superficies no son combustibles, a distancia no mayor de 6.4 mm de la superficie terminada.	370-20			
34	Verificar que las cajas estén aseguradas y sostenidas firmemente.	370-23			
35	Revisar las tapas o cubiertas de las cajas.	370-25 y 370-28 ( c )			
36	Revisar la integridad de las cajas de salida para accesorios de alumbrado.	370-27 (a)			
37	Revisar la certificación de las cajas de piso y de los conjuntos tomacorriente/tapa.	Revisar la certificación de las cajas de piso y de los conjuntos tomacorriente/tapa.			
38	Verificar que todas las cajas sean accesibles.	370-29			
ACOMETIDAS ALIMENTADORES Y PUESTA A TIERRA					

39	Revisar el cálculo de la carga de la acometida y determinar el calibre mínimo de los conductores de la acometida.	220, 230-42				
40	Verificar que haya accesibilidad, distancias de trabajo y espacios dedicados adecuados alrededor del equipo de la acometida.	110-32, 230-91, 240-24				
41	Verificar que los métodos de alambrado de la entrada de la acometida sean adecuados y que tengan soporte y protección contra daños.	230-43, 230-50, 230-51				
42	Verificar el dimensionamiento adecuado del conductor o conductores del electrodo de puesta a tierra.	250-93, 250-94, Artículo 15° (3.3) (RETIE)				
43	Verificar el tipo, la protección y la accesibilidad apropiados de las conexiones del electrodo de puesta a tierra.	250-26 (c), 250-112, Artículo 15° (2) (RETIE)				
44	Verificar que el puente de conexión equipotencial principal en el tablero de acometida, esté instalado y que sea del calibre y tipo adecuados.	250-53 (b), 250-79				



45	Verificar que los sistemas de tubería metálica interior estén conectados equipotencialmente, que los puentes de conexión equipotencial estén dimensionados en forma apropiada y que se garantice la continuidad alrededor de los dispositivos removibles.	250-70 (a) y (b), 250-72, 250-75,250-77				
46	Verificar que las canalizaciones y encerramientos de la acometida estén conectados equipotencialmente de manera adecuada.	250-56, 250-75, 250-77, 250-114				
47	Revisar que en la instalación interna, el conductor neutro y el conductor de puesta a tierra estén aislados entre si, y verificar que sólo estén unidos con un puente equipotencial en el origen de la instalación y antes de los dispositivos de corte, y que dicho puente equipotencial principal esté ubicado lo más cerca posible de la acometida o el transformador.	Artículo 37° (RETIE)				
48	Cuando existan varias puestas a tierra en una edificación o inmueble, verificar que todas ellas estén interconectadas eléctricamente.	Artículo 15° (2) (RETIE)				
ALIMENTADORES Y PANELES DE DISTRIBUCIÓN						
49	Revisar el cálculo de las cargas de los alimentadores y verificar que los conductores tengan el calibre y las características nominales adecuadas.	220, 310-15				

50	Verificar que los paneles de distribución tengan capacidad nominal y protección adecuadas.	220, 384-14, 384-16				
51	Verificar que haya accesibilidad, espacios de trabajo y espacios dedicados adecuados alrededor de los paneles de distribución.	110-32, 240-24				
52	Verificar que haya por lo menos el número mínimo de dispositivos de protección contra sobrecorriente y circuitos.	210-19, 210-20				
53	Revisar los paneles de distribución de alambrado y artefactos en cuanto a la capacidad para circuitos y a circuitos excesivos.	384-14, 384-15				
54	Verificar que los conductores puestos a tierra (neutro) del alimentador estén aislados y separados de los conductores de puesta a tierra de equipos y de los encerramientos puestos a tierra.	250-27, 310-2				
55	Verificar que los paneles de distribución estén puestos a tierra mediante un conductor (o conductores) de puesta a tierra de equipos adecuados y dimensionados apropiadamente.	384-20				
56	Revisar que los paneles estén construido en lamina de acero	17.9 (RETIE)				
57	Revisar que sean resistentes a esfuerzos mecánicos	17.9 (RETIE)				
58	Revisar que sean resistentes a esfuerzos Eléctricos	17.9 (RETIE)				

59	Revisar que sean resistentes a esfuerzos Térmicos	17.9 (RETIE)				
60	Revisar que sean resistentes a la humedad	17.9 (RETIE)				
61	Revisar que sean resistentes a la corrosión	17.9 (RETIE)				
62	Documentación de prueba de 400 horas	17.9 (RETIE)				
63	Instrumentos de medida de corriente y tensión	17.9 (RETIE)				
64	Revisar que dispongan de lámparas indicadoras	17.9 (RETIE)				
65	Cumple el peine la sección 17.9.2	17.9 (RETIE)				
66	Compuestos de la pintura	17.9 (RETIE)				
67	Verificar que los compuestos de las pinturas no tengan TGIC (Isocianuro de Triglicidilo)	17.9 (RETIE)				
68	Revisar las partes Conductoras de cobre, aluminio.	17.9 (RETIE)				
69	Revisar los Conector a barras	17.9 (RETIE)				
70	Revisar la capacidad de corriente de barraje	17.9 (RETIE)				
71	Revisar los aislador barra de fases	17.9 (RETIE)				
72	Revisar los aisladores barra de neutro	17.9 (RETIE)				
73	Revisar los aisladores de barra de tierra	17.9 (RETIE)				

74	Revisar la disposición de barrajes ABC	17.9 (RETIE)				
75	Revisar la puesta a tierra panel	17.9 (RETIE)				
76	Identificación con símbolo de puesta tierra	17.9 (RETIE)				
77	Inspeccion de los espacio para curvaturas de cables	17.9 (RETIE)				
78	Revisión de los espacio para terminales	17.9 (RETIE)				
79	Verificar los cálculos de esfuerzo electrodinámico	17.9 (RETIE)				
80	Revisar que las tapas interruptores accesibilidad sin interruptor	17.9 (RETIE)				
81	Terminales de alambrado	17.9 (RETIE)				
82	Revisar que exista la placa de indicación de Características	17.9 (RETIE)				
83	Verificar la capacidad del interrupción del totalizador	17.9 (RETIE)				
84	Verificar que los terminales de tierra en barra igual al numero de circuitos	17.9 (RETIE)				
85	Verificar que exista rotulado	17.9 (RETIE)				
86	Verificar que se tenga el símbolo de riesgo eléctrico	17.9 (RETIE)				
87	Cuadro para identificar circuitos	17.9 (RETIE)				
88	Verificar que se informe del grado de protección(IP)	17.9 (RETIE)				

89	Verificar el diagrama unifilar	17.9 (RETIE)				
90	Verificar el rotulado de identificación de circuitos	17.9 (RETIE)				
91	Instrucciones para operación, instalación y mantenimiento	17.9 (RETIE)				
92	Verificar si esta definido la indicación de abierto y cerrado de cada interruptor	17.9 (RETIE)				
93	Verificar la declaración de cumplimiento RETIE	17.9 (RETIE)				
REQUISITOS GENERALES PARA TODA ÁREA						
95	Verificar que tomacorrientes y placas frontales estén colocados adecuadamente en las paredes.	410-56				
96	Verificar que no haya espacios abiertos en las placas frontales de los paneles de distribución.	110-12				
97	Verificar que las terminaciones de los conductores y los métodos de empalme sean compatibles con los materiales de los conductores.	110-14				
98	Verificar que los tomacorrientes estén conectados equipotencialmente a las cajas metálicas y que los tomacorrientes, interruptores y placas frontales metálicas estén puestos a tierra.	250-74				
99	Verificar la polaridad de los dispositivos y accesorios.	200-11, 410-23, 410-58				

100	Verificar los dispositivos de empalme en los conductores de puesta a tierra de equipos dentro de las cajas y las conexiones equipotenciales a las cajas metálicas.	250-74, 250-114				
101	Verificar que las funciones de neutro y de protección no las cumpla el mismo conductor. Sólo se aceptan como regímenes de conexión a tierra en baja tensión, el de conexión sólida o el de impedancia limitadora.	250-27, Artículo 40° (RETIE)				
102	Verificar que las capacidades nominales de los dispositivos sean compatibles con las capacidades nominales del circuito y de los equipos.	210-21, 210-24				
103	Verificar el uso adecuado de los conectores y accesorios y la protección de los cables.	300-15				
104	Verificar que los artefactos, motores y otros equipos estén puestos a tierra.	250-42 a 250-45, 250-155				
105	Verificar la instalación de los equipos certificados para determinar el cumplimiento de las instrucciones del fabricante.	110-3 (b), Artículo 17° (RETIE)				
106	Verificar que haya medios de desconexión tanto en artefactos conectados en forma permanente como en los conectados con cordón y clavija.	422 ( c )				

107	Verificar que los circuitos para equipos mecánicos tengan el calibre del conductor y la protección contra sobrecorriente correctos.	422, 424, 430 y 440				
108	Verificar que los conductores cumplan con el código de colores.	310-12, Artículo 11.4 (RETIE)				
109	Verificar que las canalizaciones cumplan con el uso permitido y la instalación adecuada.	341 a 351				
110	Verificar la compatibilidad de los dispositivos de protección contra sobrecorriente con los conductores (terminales, capacidades nominales y capacidades de corriente).	240-3, 110-14, 310-15				
111	Verificar que todos los dispositivos de protección contra sobrecorriente y medios de desconexión estén identificados adecuadamente.	110-22, 230-70, 384-13				
	MOTORES					
112	Verificar que las capacidades de corriente y el dimensionamiento de los componentes diferentes de los dispositivos de sobrecarga, estén basados en las tablas de valores y no en las placas de características.	430-6				
113	Verificar que las capacidades de corriente de los conductores para motores individuales sean de al menos el 125% de la corriente nominal del motor a plena carga de la tabla.	430-22 (a)				

114	Revisar que los conductores que alimentan múltiples motores tengan capacidades de corriente al menos iguales a la suma de las corrientes a plena carga de todos los motores, más el 25% de la del motor más grande.	430-24				
115	Verificar que la protección contra sobrecarga del motor no exceda los valores permitidos.	430-31 430-44	a			
116	Verificar que la protección contra falla a tierra y cortocircuito del circuito ramal del motor no exceda los valores permitidos.	430-51 430-58	a			
117	Verificar que la protección contra falla a tierra y cortocircuito del alimentador del motor no exceda los valores permitidos.	430-61 430-63	a			
118	Revisar la protección contra sobrecorriente apropiada de los circuitos de control de motores	430-71 430-74	a			
119	Verificar que los motores tengan controladores, que estos sean del tipo apropiado y posean las capacidades nominales adecuadas.	430-81 430-91	a			
120	Verificar que los medios de desconexión de los motores sean del tipo y capacidad nominal apropiados.	430-109, 430-110				



121	Verificar que los medios de desconexión de los controladores estén al alcance de la vista desde los controladores sean fácilmente accesibles y tengan un espacio de trabajo adecuado.	430-102, 430-107, 110-32				
122	Verificar que los medios de desconexión de los motores estén a la vista los motores, sean fácilmente accesibles y tengan un espacio de trabajo adecuado, o que los disyuntores de los controladores se puedan bloquear con llave.	430-102, 430-107, 110-32				
123	Verificar que se conserve la posición de trabajo de la máquina (horizontal o vertical) indicada por el fabricante.	Artículo 17.8 (RETIE)				
124	Verificar que no se utilicen motores abiertos en puntos accesibles a personas o animales.	Artículo 17.8 (RETIE)				
125	Verificar que la capacidad nominal de la máquina esté ajustada de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar.	Artículo 17.8 (RETIE)				