

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO EN INGENIERÍA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE
ELECTROFLUIDOS PARA LA ESCUELA POLITÉCNICA
DEL EJÉRCITO**

DARÍO ANDRÉS ALULEMA LUZURIAGA

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2009

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE ELECTROFLUIDOS PARA LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO", ha sido desarrollado en su totalidad por el señor DARÍO ANDRÉS ALULEMA LUZURIAGA con CC: 1715293807, bajo nuestra dirección.

Atentamente,

Ing. Paul Ayala

DIRECTOR

Ing. Víctor Proaño

CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Una vez alcanzado uno de los primeros objetivos de mi vida como es el culminar mis estudios de ingeniería, cabe un instante para tomar un nuevo aliento y continuar en la lucha diaria por alcanzar los sueños que aún me restan cumplir.

Sin embargo, no puedo continuar sin agradecer a Dios porque me ha concedido la oportunidad de llegar hasta aquí. Gracias a Él, que lo he sentido siempre a mi lado, he tenido la fuerza necesaria para seguir adelante cada día y no dejarme vencer por los problemas que se me han presentado.

Gracias a mis padres, ejemplo de lucha y entrega al trabajo. Es por su apoyo incondicional que tras estos cinco años de esfuerzo, uno de mis principales sueños se ve ahora convertido en realidad. Gracias también a mis hermanos, que con su valiosa ayuda me ayudaron a salir adelante en momentos de adversidad. Agradezco también a mi prima Jani, con quien culminamos el colegio, iniciamos juntos la universidad, nos apoyamos en muchos momentos de dificultad y ahora estamos terminando nuestros estudios universitarios. Yo diría que más que una prima, una verdadera hermana con quien he compartido inolvidables momentos prácticamente desde nuestro nacimiento.

Finalmente quiero agradecer a mis amigos por el apoyo brindado a lo largo de la carrera y a mis profesores por todos los conocimientos que supieron impartirme. Al culminar mi vida universitaria, me llevo algo más valioso que un título profesional; me llevo la alegría de contar con grandes amigos, con los cuales estoy seguro mantendré una amistad sincera fuera de las aulas de clase donde todo empezó hace cinco años y medio.

En fin, gracias a todas las personas que estuvieron allí y que de una u otra forma hicieron que haya llegado a ser la persona que soy en este momento.

DEDICATORIA

Dedico este logro personal a todos los jóvenes emprendedores; a aquellos que inician su carrera universitaria no solamente por obligación o porque no les queda más que hacer, sino porque ven a través del conocimiento y posteriormente a través de su profesión, un medio por el cual llegarán a cumplir sus sueños.

Si bien es cierto que el camino es largo y complicado; vale la pena recorrerlo y atravesarlo, pues al final todo aquello que es difícil de conseguir, es lo que más se disfruta y lo que más perdura en el tiempo.

Finalmente, de una manera más personal, quiero dedicar este proyecto de grado a Diana, quien ha estado junto a mí durante el desarrollo del mismo y ha sido causante de gran parte de la inspiración que me movió a realizarlo cada día y a pensar que tras conseguir mi título profesional, quedan aún muchas más cosas por cumplir y por alcanzar, si Dios lo permite, a su lado.

*“El día pasado no es más que un sueño,
el que viene no es más que una visión,
pero el día presente, si lo disfrutas,
hará del ayer un sueño de dicha,
y del mañana una visión de esperanza”*

PRÓLOGO

En la actualidad los sistemas electroneumáticos y electrohidráulicos son muy utilizados para la automatización de procesos en la industria debido a las ventajas que ellos traen. Ventajas tales como la disponibilidad del equipamiento en las empresas, la variedad de movimientos y la fuerza que se pueden lograr con los actuadores, la fiabilidad de los equipos y la seguridad que brindan al proceso, la preservación del medio ambiente, la alta tolerancia al trabajo en condiciones severas y el ahorro de dinero en su instalación y mantenimiento.

Es por ello que estos tipos de sistemas se han convertido en los más utilizados en la industria a nivel mundial, de manera que en la actualidad se vuelve una necesidad el estudiarlos a profundidad y manejarlos con gran versatilidad.

De allí que el principal motivo por el cual se pretende desarrollar el siguiente proyecto es con el fin de mejorar las alternativas de aprendizaje con las cuales cuenta el alumno del Departamento de Eléctrica y Electrónica con especialidad en Automatización y Control al implementar un nuevo, moderno y funcional laboratorio en el área de Automática y Robótica enfocada hacia los sistemas electroneumáticos y electrohidráulicos, con equipos acordes a lo que actualmente se utiliza en la industria.

Es así que tras la ejecución de este proyecto se persiguen alcanzar dos metas puntuales y muy importantes para la ESPE. Estas metas consisten en que bajo los conocimientos necesarios en la materia se logre implementar el Laboratorio de Electrofluidos en las instalaciones del Departamento de Eléctrica y Electrónica y complementariamente generar Guías de Laboratorio sistemáticamente estructuradas en base a los temas que se aborden de acuerdo a la currícula de la materia de Electrofluidos y acordes a las necesidades y aplicaciones actuales de la industria en el país.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: TEORÍA DE MECÁNICA DE FLUIDOS EN APLICACIONES INDUSTRIALES.....	11
1.1. Propiedades de los fluidos.....	11
1.1.1. Densidad	11
1.1.2. Densidad relativa	12
1.1.3. Peso específico.....	13
1.1.4. Volumen específico.....	14
1.1.5. Masa molecular	14
1.1.6. Fluides.....	15
1.1.7. Caudal	15
1.1.8. Viscosidad	16
1.1.9. Compresibilidad	17
1.1.10. Régimen de flujo	18
1.1.11. Presión.....	19
1.2. Simbología y esquemas	21
1.2.1. Hidráulicos y Neumáticos	21
1.2.2. Eléctricos.....	26
1.3. Aparatos y accesorios	29
1.3.1. Neumáticos.....	30
1.3.1.1. Líneas de fluido	30
1.3.1.2. Equipos de suministro de energía.....	31
1.3.1.2.1. Compresores	31
1.3.1.2.2. Acumulador	34
1.3.1.2.3. Unidad de mantenimiento	36
1.3.1.3. Actuadores	40
1.3.1.3.1. Actuadores de movimiento rectilíneo.....	41
1.3.1.4. Válvulas	44
1.3.1.4.1. Válvulas de vías o distribuidoras.....	45
1.3.2. Hidráulicos	48
1.3.2.1. Líneas de fluido	49

1.3.2.2.	Equipos de suministro de energía	50
1.3.2.2.1.	Depósitos.....	50
1.3.2.2.2.	Impulsores	51
1.3.2.3.	Actuadores	54
1.3.2.3.1.	Actuadores de movimiento rotatorio	54
1.3.2.4.	Válvulas	55
1.3.2.4.1.	Válvulas de bloqueo	56
1.3.2.4.2.	Válvulas de presión	56
1.3.2.4.3.	Válvulas de caudal	58
1.3.2.4.4.	Válvulas de cierre	58
1.4.	Criterios de aplicación	59
1.4.1.	Fuerza	59
1.4.2.	Recorrido	61
1.4.3.	Tiempo	62
1.4.4.	Velocidad	63
1.5.	Manipulación	64
1.5.1.	Posicionado.....	65
1.5.1.1.	Detección de posición	66
1.5.1.2.	Giro.....	66
1.5.2.	Alimentación de piezas.....	69
1.5.2.1.	Trasladar.....	69
1.5.2.2.	Desviar.....	70
1.5.2.3.	Reagrupar	70
1.5.2.4.	Distribuir.....	71
1.5.2.5.	Introducir.....	72
1.5.3.	Puesto de montaje.....	73
1.5.4.	Avance lineal intermitente	73
1.5.5.	Avance circular intermitente	74
1.5.6.	Accionamiento de puertas.....	75
1.6.	Producción	75
1.6.1.	Taladrar.....	76
1.6.2.	Tornear	77

1.6.3. Fresar	77
1.6.4. Aserrar	78
1.6.5. Acabado de precisión.....	78
1.6.6. Conformar.....	79
CAPÍTULO 2: ELECTRÓNICA DE CONTROL EN MECÁNICA DE FLUIDOS	80
2.1. Importancia de la automatización en sistemas neumáticos e hidráulicos.....	80
2.2. Mecanismos y dispositivos electrónicos de control	82
2.2.1. Interruptores.....	83
2.2.1.1. Interruptores sin retención	84
2.2.1.2. Interruptores con retención.....	84
2.2.2. Sensores.....	84
2.2.2.1. Sensores mecánicos	85
2.2.2.2. Sensores inductivos.....	86
2.2.2.3. Sensores capacitivos	87
2.2.2.4. Sensores ópticos.....	88
2.2.3. Relés.....	89
2.2.3.1. Relés con cierre retardado	91
2.2.3.2. Relés con apertura retardada	91
2.2.4. Contactores.....	92
2.2.5. Electroválvulas	92
2.2.6. Presóstatos	94
2.2.7. Controladores Lógicos Programables (PLC).....	95
2.3. Diagramas y representación de automatismos.....	97
2.3.1. Sistema simplificado	97
2.3.2. Plano de desarrollo de programa	98
2.3.3. Diagrama de funcionamiento espacio-fase	101
2.3.4. Diagrama de funcionamiento espacio-tiempo	102
2.4. Esquemas básicos electroneumáticos y electrohidráulicos	103
2.4.1. Ciclo semiautomático de un cilindro neumático de doble efecto (con distribuidor de un solenoide y retorno por resorte).	103
2.4.2. Ciclo automático de un cilindro neumático de doble efecto (con distribuidor de dos solenoides).....	106

2.4.3. Manejo manual de un cilindro hidráulico de doble efecto (con distribuidor de dos solenoides).....	108
CAPÍTULO 3: ESTUDIO DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO	112
3.1. Descripción de los equipos	112
3.1.1. Descripción funcional y características.....	112
3.1.2. Descripción técnica.....	119
3.1.2.1. Equipos de los módulos electroneumáticos	119
3.1.2.2. Equipos de los módulos electrohidráulicos.....	145
CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO	168
4.1. Normativa bajo la cual se debe implementar el laboratorio.....	168
4.2. Diseño de la disposición física de los módulos en el laboratorio	170
4.3. Acometida eléctrica	171
4.3.1. Acometida eléctrica para los módulos electroneumáticos	172
4.3.2. Acometida eléctrica para el módulo electrohidráulico	172
4.4. Acometida neumática.....	173
4.5. Acometida hidráulica	175
4.6. Esquema de los módulos electroneumáticos y electrohidráulicos.	175
CAPÍTULO 5: ELABORACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO	177
5.1. Análisis y descripción de las aplicaciones industriales electroneumáticas y electrohidráulicas utilizadas actualmente en la industria ecuatoriana.....	177
5.2. Definición y justificación de los temas de las guías de laboratorio a elaborar.....	179
5.3. Guías de Laboratorio	182
5.3.1. Mandos eléctricos para el control de electroválvulas distribuidoras neumáticas	182
5.3.2. Control electroneumático de cilindros de simple y doble efecto.....	198
5.3.3. Funciones lógicas electroneumáticas AND, OR, NAND, NOR	208
5.3.4. Avance y retroceso electroneumático ciclado.....	234
5.3.5. Control electrohidráulico de cilindros de doble efecto	245
5.3.6. Método de regulación a la entrada para el control de velocidad de un cilindro hidráulico	262
5.3.7. Método de regulación a la salida para el control de velocidad de un cilindro hidráulico	281
5.3.8. Empleo de sensores electrónicos en el control de movimiento	296

5.3.9. Mando y control de posición de actuadores neumáticos utilizando el Micro PLC LOGO! Siemens 12/24 RC	306
5.3.10. Mando y control electroneumático con temporización	322
5.3.11. Circuitos electroneumáticos con presóstatos digitales y electroválvulas.....	341
CONCLUSIONES	422
RECOMENDACIONES	425
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	427
ANEXO 1: SIMBOLOGÍA NEUMÁTICA – HIDRÁULICA	429
ANEXO 2: SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA	446
ANEXO 3: DATASHEETS DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO	454
ANEXO 4: ESQUEMAS DE LOS MÓDULOS Y DISPOSICIÓN FÍSICA DEL LABORATORIO ...	455
Anexo 4.1. Despiece del módulo neumático con dimensiones en centímetros.....	456
Anexo 4.2. Vista del módulo neumático armado.....	457
Anexo 4.3. Vista frontal del módulo hidráulico	458
Anexo 4.4. Disposición física del laboratorio con los equipos y muebles.....	459
ÍNDICE DE FIGURAS	462
ÍNDICE DE TABLAS	472
GLOSARIO	473
INDICE DE DATASHEETS	477

CAPÍTULO 1

TEORÍA DE MECÁNICA DE FLUÍDOS EN APLICACIONES INDUSTRIALES

1.1. Propiedades de los fluidos

Los fluidos son cuerpos que tienen poca cohesión intermolecular, por lo que poseen gran movilidad y se adaptan a la forma del recipiente que los contiene. Es decir que tienen la capacidad de moverse en cualquier medio sin conservar su forma original. Estos fluidos pueden ser gases o líquidos.

En esta primera parte se estudiarán algunas de las propiedades fundamentales de los fluidos, las mismas que servirán de base posteriormente para la aplicación de los principios básicos de la Mecánica de Fluidos en la resolución e implementación de problemas prácticos.

1.1.1. Densidad

La densidad, ρ (rho), de un fluido es la cantidad de masa por unidad de volumen, tal como se muestra a continuación:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.1)$$

Donde V es el volumen del fluido cuya masa es m .

En el sistema internacional de unidades (SI), la densidad se mide en kilogramos por metro cúbico, mientras que en el sistema inglés se mide en slugs por pies cúbicos:

Sistema Internacional:

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} = \frac{Ns^2}{m^4} = \frac{Kg}{m^3} \quad (1.2)$$

Sistema Inglés:

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} = \frac{lbs^2}{ft^4} = \frac{slug}{ft^3} \quad (1.3)$$

Se debe mencionar que la densidad es una cantidad absoluta ya que depende de la masa y es independiente de la posición. La densidad específica de los fluidos varía con la temperatura.

1.1.2. Densidad relativa

La densidad relativa (S) de un líquido no tiene dimensiones y está dada por la relación existente entre su densidad y la del agua pura a 4 °C. En el sistema métrico, la densidad del agua a 4 °C es de 1,00 g/cm³, equivalente a 1.000 kg/m³.

$$S = \frac{\rho_{\text{sustancia}}}{\rho_{\text{agua}}} \quad (1.4)$$

En cuanto a los gases, su densidad relativa está dada por la relación existente entre su densidad y la del hidrógeno o aire a una temperatura y presión dadas. En este caso no existe un acuerdo de parámetros establecidos, por lo que deben ser especificados en cada caso.

$$S = \frac{\rho_{\text{sustancia}}}{\rho_H} \quad (1.5)$$

1.1.3. Peso específico

El peso específico, γ (gamma), de un fluido está dado por la relación entre su peso por unidad de volumen, tal como se muestra a continuación:

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad (1.6)$$

Donde V es el volumen del fluido cuyo peso es W .

Al representar el peso específico la fuerza que ejerce la gravedad sobre una unidad de volumen de un fluido, su representación en el sistema internacional de unidades está dado por Newtones por metro cúbico y por libras por pie cúbico en el sistema inglés:

Sistema Internacional:

$$\gamma = \frac{\text{peso}}{\text{volumen}} = \frac{N}{m^3} \quad (1.7)$$

Sistema Inglés:

$$\rho = \frac{\text{peso}}{\text{volumen}} = \frac{lb}{ft^3} \quad (1.8)$$

A diferencia de la densidad, el peso específico no es una cantidad absoluta pues depende del valor de la gravedad, la misma que varía con la posición con respecto al nivel del mar. El peso específico varía también de acuerdo a la temperatura.

La densidad y el peso específico se relacionan de la siguiente manera:

$$\rho = \frac{\gamma}{g} \quad \text{o} \quad \gamma = \rho g \quad (1.9)$$

Por lo que si se conoce la densidad de un fluido puede hallarse su peso específico y viceversa.

1.1.4. Volumen específico

El volumen específico (v) está dado por el volumen que ocupa una unidad de masa de un fluido. En el sistema internacional, se expresa en metro cúbico por kilogramo mientras que en el sistema inglés se expresa en pies cúbicos por slug.

De esta manera, el volumen específico es el recíproco de la densidad:

$$v = \frac{1}{\rho} \quad (1.10)$$

1.1.5. Masa molecular

La masa molecular de una sustancia está determinada por la suma de las masas atómicas de los elementos que componen su molécula. Se mide en 'uma' o simplemente 'u'. Así por ejemplo para el agua, H_2O , considerando que la masa atómica del Hidrógeno es 1,0079 u y la del Oxígeno es 15,99994 u; su masa molecular sería:

$$2 \times 1,0079 \text{ u} + 15,99994 \text{ u} = 18,0157 \text{ u}$$

Por otra parte, la masa molecular relativa es la relación que existe entre la masa de una molécula de una sustancia con respecto a la unidad de masa atómica.

1.1.6. Fluides

Se define la fluides como la propiedad de los cuerpos cuyas moléculas tienen poca adherencia entre sí para tomar con mayor o menor facilidad la forma del recipiente en donde están contenidos.

1.1.7. Caudal

Se define el caudal como la cantidad de fluido que atraviesa una determinada sección de tubería por unidad de tiempo. Este caudal depende de los siguientes factores:

- La sección interior (área interna) de la tubería.
- La velocidad que tiene el fluido en la tubería.
- El régimen de circulación del fluido.
- El tipo de fluido.

De esta manera, el caudal puede ser calculado mediante las siguientes expresiones:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1.11)$$

$$Q = S * v \quad (1.12)$$

Donde: Q = Caudal

V = Volumen

t = Tiempo

S = Sección o área

v = Velocidad

Las unidades empleadas para expresar el caudal son el l/min , o el $m^3/hora$, las mismas que resultan un tanto complicadas de manejar por el factor 60 de transformación de minutos a segundos, por lo que se recomienda usar unidades tales como el m^3/s , el dm^3/s o el cm^3/s .

1.1.8. Viscosidad

La viscosidad está definida por la mayor o menor resistencia que presentan las moléculas de los fluidos a desplazarse unas sobre otras.

Se debe tomar en cuenta que al aumentar la temperatura, la viscosidad de todo líquido disminuye, mientras que la viscosidad de todo gas aumenta. Debido a la variabilidad que presenta la viscosidad de acuerdo a las circunstancias, se la debe tener muy en cuenta al momento de realizar los cálculos en problemas de aplicación.

Tomando como base el caso de dos placas paralelas como se muestra en la figura 1.1, la velocidad de las partículas que se adhieren a las paredes es cero. Este fenómeno ocurre con todos los fluidos viscosos.

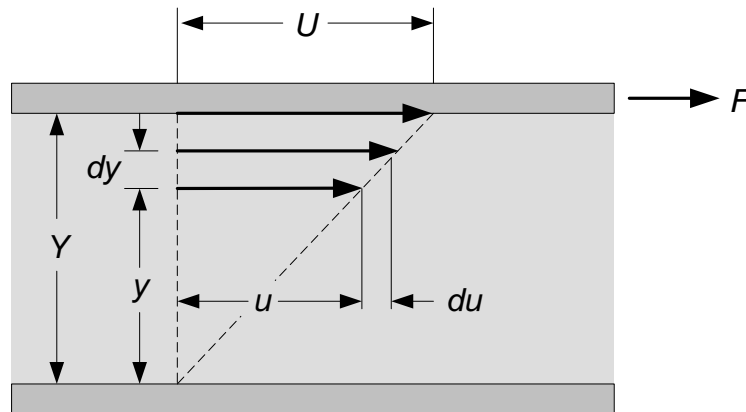


Figura. 1.1. Placas paralelas en movimiento¹

¹ Fuente: Franzini, Joseph y Finnemore, John. Mecánica de Fluidos con aplicaciones en Ingeniería. 9ed. Mc.Graw-Hill / Interamericana De España S.A.: Madrid.

De la misma manera, las fuerzas tangenciales existentes (τ) entre dos capas finas de fluido cualquiera se puede expresar de la siguiente manera:

$$\tau = \frac{F}{A} = \mu \frac{U}{Y} = \mu \frac{du}{dy} \quad (1.13)$$

Donde U es la velocidad a la cual se desplaza la capa superior, Y es la distancia entre las dos capas y F es la fuerza que se aplica sobre algún área A de la capa móvil.

Es de la ecuación 1.13 de donde se obtiene la equivalencia del llamado *coeficiente de viscosidad*, *viscosidad absoluta* o simplemente *viscosidad* del fluido:

$$\mu = \frac{\tau}{du/dy} \quad (1.14)$$

Las unidades de la viscosidad absoluta en el sistema internacional de unidades son:

$$\mu = \frac{N/m^2}{s^{-1}} = \frac{N \ s}{m^2} \quad (1.15)$$

Mientras que en el sistema inglés de unidades son:

$$\mu = \frac{lb/ft^2}{fps/ft} = \frac{lb \ s}{ft^2} \quad (1.16)$$

1.1.9. Compresibilidad

La compresibilidad de un fluido se define como el cambio en su volumen debido a un cambio de presión. Esta compresibilidad es muy reducida en los líquidos y mucho mayor en los gases.

La ecuación 1.17 determina la variación de volumen con la presión:

$$\Delta V = V_0 * \Delta p * \beta \quad (1.17)$$

Donde:

- ΔV = Variación de volumen en dm^3 .
- V_0 = Volumen inicial en dm^3 .
- Δp = Variación de la presión en kg/cm^2 .
- β = Coeficiente de compresibilidad en cm^3/Kg .

La compresibilidad de un líquido es inversamente proporcional a su coeficiente de compresibilidad.

1.1.10. Régimen de flujo

Un aspecto muy importante de considerar con el fin de determinar las pérdidas de carga que se originan en el fluido que circula por un conducto, es el régimen de flujo con el cual se desplaza, el mismo que puede ser laminar o turbulento principalmente.

Flujo Laminar

En este tipo de flujo, las partículas del fluido se desplazan en capas que se mueven ordenada y paralelamente a diferentes velocidades, de tal manera que las capas del centro tienen mayor velocidad que aquellas de los extremos, en donde como se había mencionado anteriormente, la fricción es mayor.

Flujo turbulento

El flujo se vuelve turbulento, produciéndose remolinos en su avance, al aumentar la velocidad del fluido sin variar la sección de la tubería. La velocidad a la cual el flujo se vuelve turbulento es llamada velocidad crítica.

Cuando se produce un flujo turbulento, las pérdidas aumentan, lo cual es una situación no deseable para los circuitos hidráulicos y neumáticos.

1.1.11. Presión

La presión se define como la fuerza ejercida por unidad de superficie tal como lo indica la ecuación 1.18. En un fluido contenido en un recipiente, esta presión puede ser generada por medio de una fuerza o una máquina, como por ejemplo un compresor o una bomba hidráulica dependiendo del fluido que se maneje.

$$P = \frac{F}{A} \quad (1.18)$$

Para los fluidos, se debe tomar muy en cuenta el Principio de Pascal (1623 – 1662), el mismo que menciona lo siguiente:

“Un cambio de presión aplicado a un fluido en reposo dentro de un recipiente, se transmite sin alteración a través de todo el fluido, es igual en todas las direcciones y actúa mediante fuerzas perpendiculares a las paredes que lo contienen”.

Las unidades más utilizadas para medir la presión, junto con sus equivalencias, son las siguientes:

➤ $1 \text{ bar} = 10 \text{ N/cm}^2 = 1 \text{ Kg/cm}^2 \approx 1 \text{ kp/cm}^2$

- $1 \text{ kp/cm}^2 = 0,981 \text{ bar}$
- $1 \text{ Pascal} = 1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
- $1 \text{ bar} = 100.000 \text{ Pa} = 10^5 \text{ Pa}$

Existen algunos tipos de presión, las mismas que se describen brevemente a continuación:

Presión atmosférica

Es la fuerza que ejerce el aire sobre la superficie terrestre. Su valor varía de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar en la cual se mida y también según las condiciones meteorológicas.

El valor de la presión atmosférica está dado por la presión que ejerce el aire sobre 1 cm^2 a nivel del mar. Esta presión es de $1,033 \text{ Kg}$, por lo que la presión ejercida a nivel del mar es: $1,033 \text{ Kg/cm}^2 = 1 \text{ atmósfera}$. Su magnitud puede ser medida mediante un barómetro.

Presión absoluta

Es la presión que verdaderamente soportan las moléculas de un determinado fluido o las paredes del recipiente que lo contiene. Está definida por la fuerza ejercida por unidad de área.

Presión relativa o manométrica

Está dada por la diferencia entre la presión absoluta y la presión atmosférica. Su valor es medido mediante un manómetro cuando es mayor a la presión atmosférica y por medio de un vacuómetro en el caso que sea menor.

Presión hidrostática

Así mismo, la presión puede ser expresada en términos de la altura equivalente h en una columna que contiene un fluido de densidad δ , tal como lo muestra la ecuación 1.19:

$$P = h * \delta * g \quad (1.19)$$

1.2. Simbología y esquemas

Al igual que en todas las ciencias técnicas, es también necesario en los sistemas neumáticos e hidráulicos simbolizar los elementos que se utilizan de acuerdo a un determinado código o norma de tal manera que los sistemas se vuelvan más fáciles de entender, empleen menor espacio en su representación y no se tengan que dibujar al igual que su forma física.

Es así que en las siguientes páginas se pretende tratar la forma en que deben ser representados los sistemas hidráulicos y neumáticos así como también los sistemas eléctricos de manera que puedan ser combinados finalmente en sistemas electroneumáticos y electrohidráulicos que es principalmente lo que interesa.

1.2.1. Hidráulicos y Neumáticos

Básicamente estos dos tipos de sistemas son representados casi bajo las mismas normas y simbología, por lo que en este texto los dos son tratados al mismo tiempo. Cabe mencionar que en aquellos casos en que la representación para uno de ellos varíe, se mencionará con la aclaración necesaria.

La simbología que se manejará de aquí en adelante para la representación de sistemas hidráulicos y neumáticos, será la basada en la norma ISO 1219-2 (1993). Esta norma no

comprende todos los elementos que pueden encontrarse en la industria, pero en base a la agrupación de estos símbolos, pueden representarse sin ningún problema todos los componentes posibles. En el anexo 1, al final de este texto, pueden encontrarse todos los símbolos ISO que comprende la norma mencionada, así como también aquellas composiciones de elementos que permiten representar todos los componentes necesarios.

En páginas posteriores, se describirán con detalle las características de los algunos de los principales elementos con el fin de irse familiarizando con ellos para luego saber cómo emplearlos y representarlos en las aplicaciones prácticas que se lleven a cabo.

Por ahora cabe mencionar que para la representación de los componentes de circuitos neumáticos e hidráulicos, los elementos se agrupan en familias de acuerdo a la función que cumplan dentro del circuito. De esta manera se tienen los siguientes grupos:

- Líneas de fluido.
- Equipos de suministro de energía.
- Mecanismos de accionamiento y retorno.
- Elementos de procesamiento.
- Distribuidores.
- Actuadores.

Partiendo de esto, los circuitos neumáticos e hidráulicos deben diseñarse bajo normas VDI (VDI 3226: mandos neumáticos y esquemas) y normas DIN (DIN 24300: oleohidráulica y neumática, denominaciones y símbolos); las mismas que establecen los siguientes parámetros:

- El desarrollo del mando debe dibujarse de abajo hacia arriba y de izquierda a derecha, en el sentido del flujo de la energía.
- Los elementos se dibujarán siempre en posición horizontal.

- Los elementos de trabajo o actuadores se identifican con los números 1.0, 2.0, 3.0, 4.0,...
- Los elementos de mando sobre el actuador se identifican con los números 1.1, 2.1, 3.1, ... La primera cifra indica el grupo y la segunda cifra determina que se trata de un distribuidor.
- Los elementos captadores de información, así como los de tratamiento de las señales, deben ser identificados con los números 1.2, 1.3, 1.4, 2.2, 2.3, ... La primera cifra indica el grupo y la segunda, si es par, indica que influye en la salida del vástago y si es impar, en el retroceso.
- Los elementos auxiliares se numeran de la siguiente manera: 0.1, 0.2, 0.3,...
- Los elementos de regulación se numeran así: 1.01, 1.02, 2.01,...
- La numeración debe seguir el sentido contrario al flujo de la energía de tal forma que cada elemento mantenga el índice del elemento de mando al que pertenece.
- Los circuitos se dibujan en la posición de partida. Ningún elemento debe estar accionado.
- Los finales de carrera no se los dibuja en su posición normal sino debajo de los elementos de mando. El lugar que ocupan en el circuito se dibuja una línea con el número indicador.

Todas estas normas pueden ser entendidas de mejor manera revisando la figura 1.3, la cual presenta un ejemplo de un sistema de remachado.

Por otra parte, al momento de realizar los esquemas, es necesario identificar los orificios de los distribuidores de manera que se pueda ubicar con facilidad dónde se encuentran las entradas, las salidas, etc.

Para ello se deben seguir las normas establecidas por el CETOP (Comité Europeo de Transmisión Oleohidráulica y Neumática), las cuales establecen lo siguiente:

Alimentación o entrada	1
Salidas de trabajo (números pares)	2, 4, 6,...
Escapes de aire (números impares)	3, 5,...
Pilotaje o accionamiento	10, 12, 14,...
Fuga	9

Tabla. 1.1. Identificación de orificios según el CETOP

Los números que representan el accionamiento indican las salidas de trabajo que quedan conectadas a la entrada cuando se activa el respectivo piloto o accionamiento. Así por ejemplo si se activa un mando marcado 12, quiere decir que la entrada 1 queda conectada con la salida 2.

Para aclarar este sistema de numeración, se muestra un ejemplo a continuación:

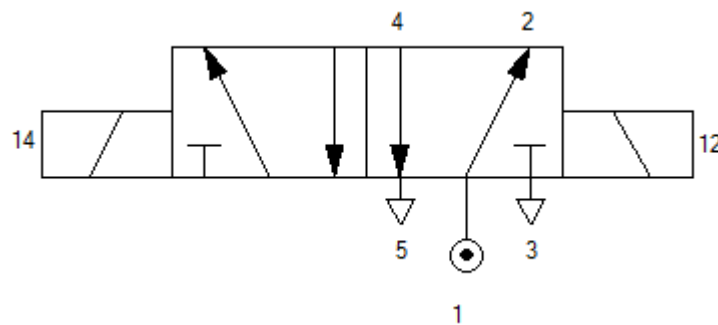


Figura 1.2. Identificación de orificios en una válvula direccional de 5 vías y 2 posiciones

De acuerdo a la figura 1.2, se puede ver que la entrada de fluido está determinada por el número 1, las salidas de trabajo por los números 2 y 4 y los escapes de aire por los números 3 y 5, tal como lo señala la tabla 1.1.

Además, los números 12 y 14 ubicados a los costados de la válvula, en cada accionamiento, determinan las vías que unen tras su activación y por las cuales se permite el paso del fluido. De esta manera, al activar el solenoide marcado con 12, se tiene flujo de aire

desde 1 hacia 2; mientras que al activar el solenoide marcado con 14, la válvula cambia de posición y se tiene flujo de aire desde 1 hacia 4.

Finalmente, para terminar con lo referente a la representación de esquemas neumáticos e hidráulicos, se presenta a continuación el esquema de un sistema de remachado como ejemplo. Este sistema cuenta con dos cilindros de doble efecto, uno de los cuales coloca la pieza en posición y el otro realiza el proceso de remachado. El esquema lo presenta la figura 1.3. Se recomienda prestar mucha atención a la numeración dada a los elementos:

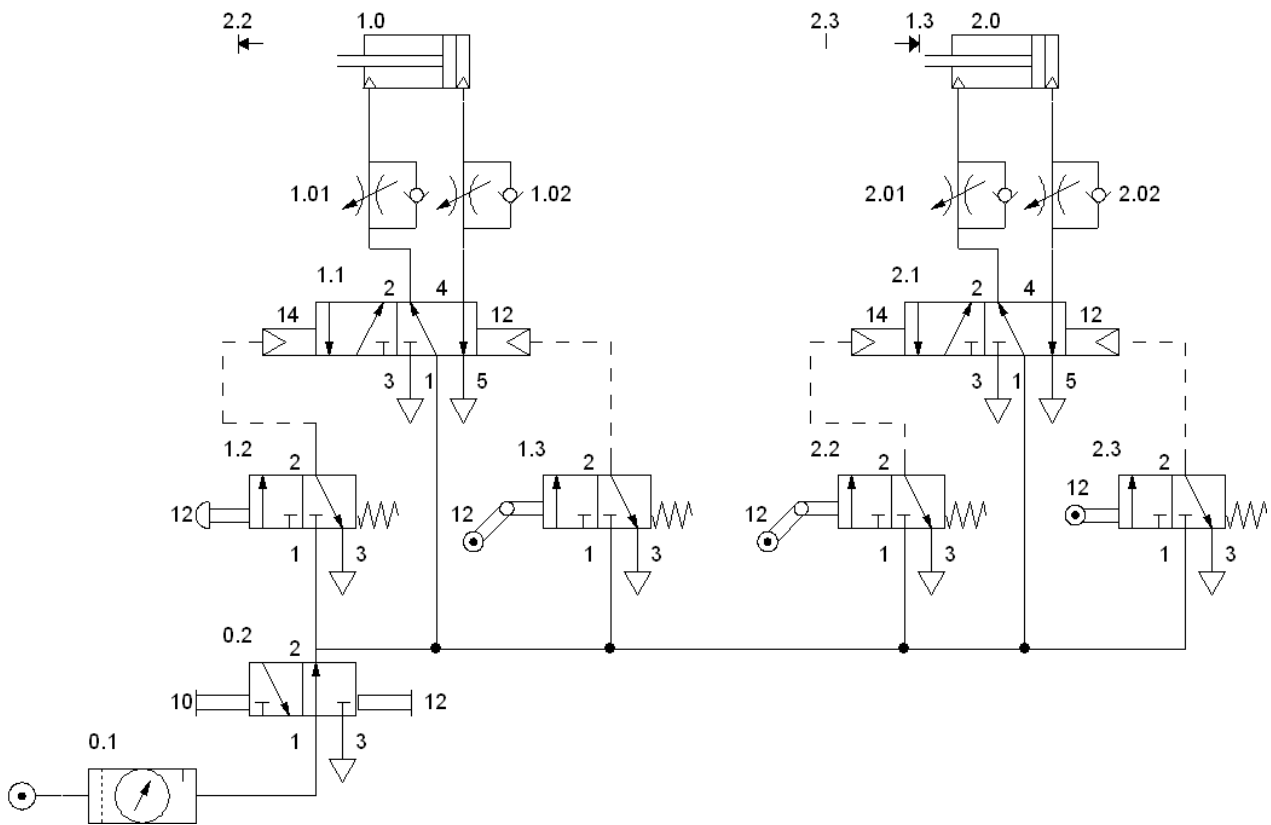


Figura. 1.3. Esquema para un sistema de remachado.

1.2.2. Eléctricos

Al igual que para los sistemas hidráulicos y neumáticos, en los sistemas eléctricos se utilizan también diagramas esquemáticos que muestran el funcionamiento de cada componente en relación a los otros, para en conjunto dar información del funcionamiento de todo el sistema y de esta forma proporcionar información para su implementación y análisis. Estos esquemas no proporcionan información de apariencia física de los componentes, ubicación de los mismos o ruteo de los cables.

Para la realización de este tipo de esquemas eléctricos, también llamados diagramas escalera o *ladder*², se deben utilizar símbolos estandarizados, los cuales sean simples de entender y provean toda la información necesaria para comprender el esquema. En el presente texto se utilizarán los símbolos estandarizados por la Comisión Internacional de Electrotecnia (IEC, por sus siglas en inglés), los mismos que se muestran en el anexo 2 al final de este libro.

Se presentan a continuación algunas reglas que se deben seguir al momento de realizar diagramas eléctricos:

- El diagrama puede ser vertical u horizontal. En caso de que sea vertical, la línea de energía estará a la izquierda y la línea de tierra estará a la derecha. El primer escalón estará en la parte superior y los siguientes debajo de ella. Si el ladder es horizontal, la línea de energía estará en la parte superior con los escalones avanzando de izquierda a derecha.
- En los diagramas ladder se utilizan solamente símbolos gráficos.
- Se debe procurar que los componentes se muestren en el diagrama en el mismo orden en el cual están conectados en el sistema físico.

² Los diagramas *ladder* permiten representar gráficamente el circuito de control de un proceso dado mediante el uso de contactos NA y NC.

- Los contactos de los temporizadores y los relés deben ser dibujados lo más cerca posible a los dispositivos que los controlan.
- Los contactos de los temporizadores y los relés deben tener la misma identificación que el relé o temporizador que los controla. Por ejemplo los relés marcados como 1-CR, 2-CR, 3-CR, etc., tendrán sus contactos representados en diferentes ubicaciones en el esquema designados de la siguiente manera: aquellos controlados por el relé 1-CR se denominarán 1-CR-A, 1-CR-B, 1-CR-C, etc.; mientras que aquellos controlados por el relé 2-CR se designarán como 2-CR-A, 2-CR-B, 2-CR-C, etc.
- Los interruptores y contactos deben ser dibujados en su estado normal, es decir su estado sin activación, a menos que alguno de ellos vaya a ser sostenido mecánicamente en su posición activa, para lo cual hay que utilizar la simbología adecuada.
- Los interruptores de fin de carrera deberán ser representados por 1-LS, 2-LS, 3-LS, etc. El medio por el cual sea activado debe ser indicado claramente en el diagrama hidráulico o neumático según corresponda.
- Con pocas excepciones, todos los interruptores deben estar colocados entre la línea de energía y la carga o dispositivo de salida.
- Todas las cargas deberán ser colocadas entre los interruptores y la línea de tierra.
- Cada escalón del diagrama define la secuencia de eventos que se requiere para activar salidas tales como motores, solenoides, lámparas, temporizadores, relés, etc.

A pesar de no ser una regla, resulta práctico y muy útil el realizar cosas como las siguientes:

- Numerar los escalones.
- Indicar al final del escalón la función del mismo.

- Mencionar donde ubicar los contactos controlados por los relés y temporizadores.
- Numerar los pines en los relés y sus contactos.

Este tipo de información es muy útil al momento de llevar a cabo la implementación del circuito o al momento de resolver problemas sobre él.

Al igual que en los esquemas hidráulicos y neumáticos, se muestra a continuación como ejemplo el esquema eléctrico de un sistema que permite controlar el accionamiento de un motor. Para ello se presentan los dos tipos de representación ladder, tanto el horizontal (basado en el estándar JIC) como el vertical (basado en el estándar IEC), rigiéndose a las consideraciones mencionadas anteriormente. Se recomienda prestar mucha atención a la numeración dada a los elementos:

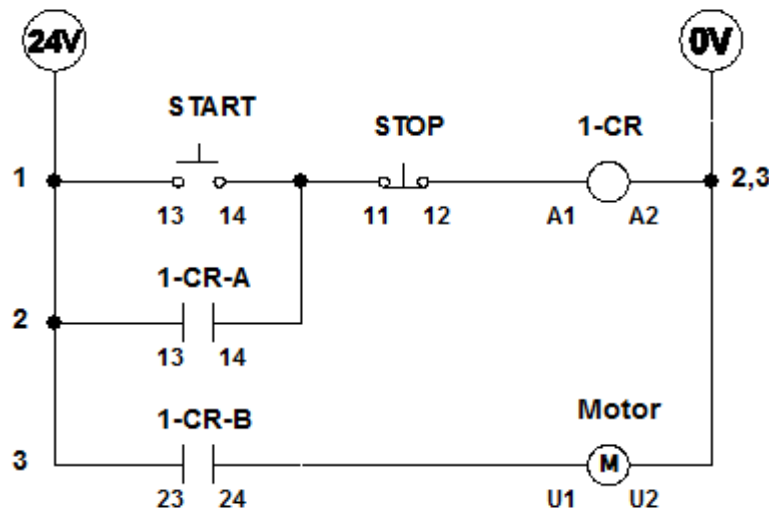


Figura. 1.4. Esquema eléctrico ladder horizontal (basado en normas JIC) de un sistema que permite controlar el accionamiento de un motor DC

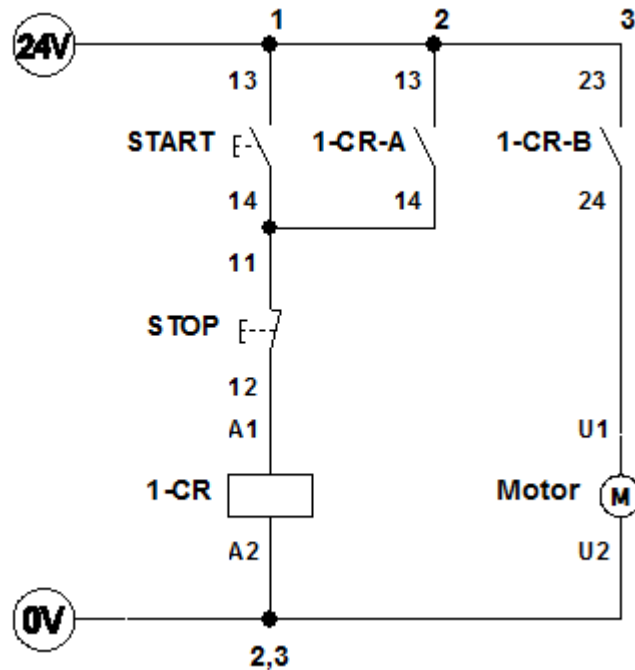


Figura. 1.5. Esquema eléctrico ladder vertical (basado en normas IEC) de un sistema que permite controlar el accionamiento de un motor

1.3. Aparatos y accesorios

Se presenta a continuación con un poco más de detalle cada uno de los elementos necesarios para conformar los circuitos neumáticos e hidráulicos de los sistemas que se desarrollarán más adelante, esto con el fin de conocer con mayor profundidad su función e importancia, así como las consideraciones que se deben tomar en cuenta al momento de realizar el diseño del sistema.

Tan solo serán revisadas las características de los equipos con los cuales cuenta el laboratorio, con el fin de evitar confusiones con otros elementos.

1.3.1. Neumáticos

Como se mencionó anteriormente, los componentes de los circuitos neumáticos se agrupan en familias. Se inicia entonces esta explicación con el primer grupo que es el que corresponde a las líneas de fluido.

1.3.1.1. Líneas de fluido

Se trata de los conductos y tuberías por las cuales circula el aire comprimido a lo largo del circuito neumático. Su dimensionado es muy importante así como las consideraciones que se deben tomar en su tendido. Entre estas consideraciones se tiene las siguientes:

- La tubería debe tener un descenso en el sentido del flujo entre el 1% y el 2%.
- Las derivaciones para las tomas de aire, en tuberías tendidas horizontalmente, deben estar en la parte superior del tubo, considerando la presencia de condensación de agua. De esta manera se evita que el agua condensada se distribuya también por los puntos de toma.
- Para recoger el agua condensada se debe disponer de tuberías especiales en la parte inferior de la tubería principal.

Para una correcta representación de las líneas de fluido, se recomienda revisar la simbología que consta en el anexo 1, al final de este texto, además de considerar los siguientes aspectos:

- Siempre se deben trazar líneas perpendiculares.
- Debe tratar de hacerse el mínimo número de cruces.
- Cuando en un cruce hay conexión, debe señalarse con un punto.
- Existen dos tipos de línea:
 - Línea continua.- Alimentación o potencia.

- Línea de trazos.- Líneas piloto o auxiliares.

1.3.1.2. Equipos de suministro de energía.

El suministro de energía neumática para un circuito, consta de algunas fases o etapas, las mismas que se numeran a continuación:

- Aspiración y filtrado.
- Compresión.
- Filtrado.
- Acumulación.
- Acondicionamiento.

Se describen a continuación los elementos que hacen posible completar el proceso de suministro de energía neumática al circuito.

1.3.1.2.1. Compresores

Los compresores son los equipos encargados de elevar la presión y la energía cinética del aire absorbido desde la atmósfera por medio de una disminución en su volumen. Esto se consigue mediante un intercambio de energía entre la máquina y el fluido de manera que el trabajo realizado por el compresor se transfiere al fluido que pasa por él, convirtiéndose en energía de flujo.

De acuerdo a su tipo constructivo, los compresores se dividen en:

- Compresor de émbolo alternativo.
 - Compresor de émbolo.
 - Compresor de membrana.

- Compresor de émbolo giratorio.
 - Compresor de paletas.
 - Compresor de tornillo.
 - Compresor Roots.
- Compresor de flujo.
 - Compresor radial.
 - Compresor axial.

El tipo de compresor con el que cuenta el laboratorio es de émbolo o también llamado de pistones. Se presenta a continuación una descripción del mismo.

Compresor de émbolo

Su funcionamiento es muy parecido al de un motor de combustión interna de un carro de manera que mediante un eje en constante movimiento, se mueve conjuntamente la biela y el pistón, lo que produce en este último un movimiento continuo de ascenso y descenso. Se distinguen entonces dos fases:

- *Aspiración.*- El pistón desciende y el aire ingresa por la válvula de aspiración.
- *Compresión.*- El pistón asciende comprimiendo el aire. Cuando el aire alcanza la presión deseada se abre la válvula de escape y el aire se dirige al depósito de almacenamiento.

Alcanzan presiones desde 2 hasta 1000 o 2000 bar. La constitución física de este compresor se puede ver en la figura 1.6.

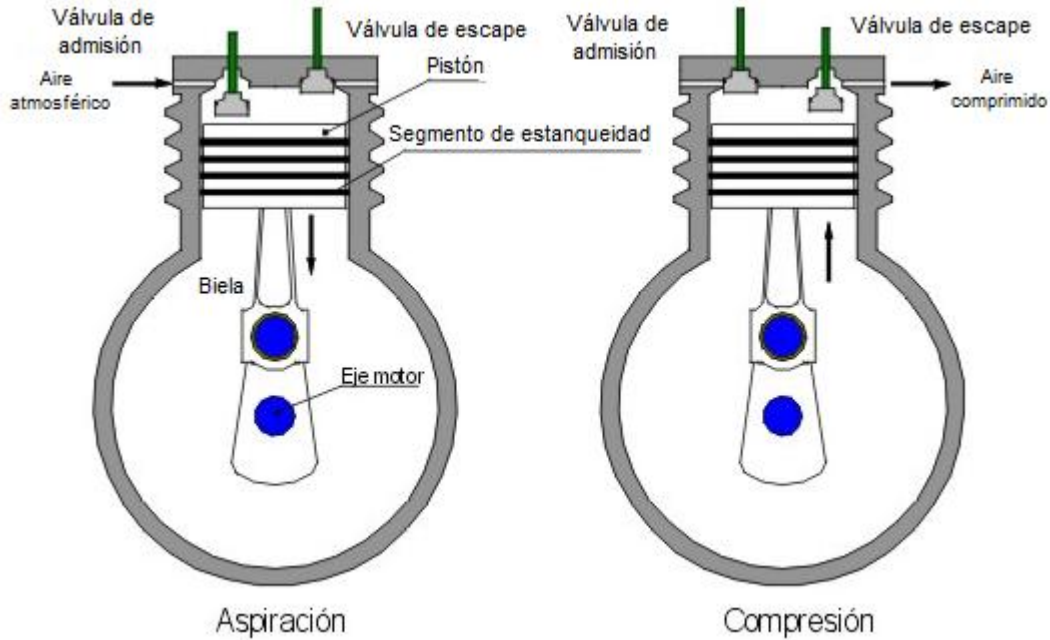


Figura. 1.6. Compresor de émbolo³

Compresor de paletas

Este tipo de compresor entrega menos presión y caudal que los dos anteriores pero como ventajas presenta el ser más pequeño y silencioso, además que el caudal que entrega es prácticamente uniforme, es decir casi sin pulsaciones.

Está formado por un rotor con paletas unidas a este de forma radial, las mismas que dirigen el aire adquirido de la atmósfera hacia pequeñas cámaras que son las que dotan de presión al aire comprimido resultante. El volumen de dichas secciones varía desde un máximo a un mínimo, produciéndose la aspiración, compresión y expulsión del aire sin necesidad de ninguna válvula. Se alcanza una presión de 8 bar en una etapa y de 30 bar en dos etapas.

La figura 1.7 muestra la representación de un compresor de paletas.

³ Fuente: <http://www.tecnologiaindustrial.info>

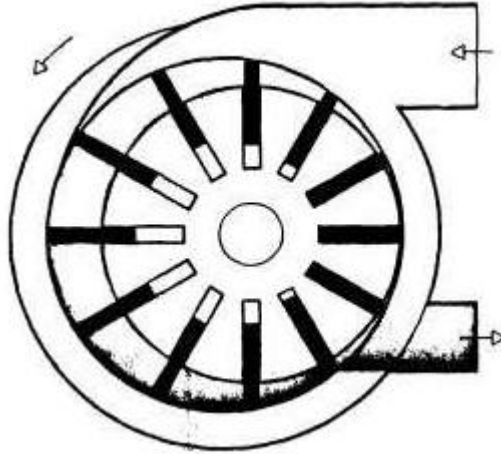


Figura. 1.7. Compresor de paletas⁴

1.3.1.2.2. Acumulador

Los acumuladores cumplen las siguientes funciones:

- Acumular energía para afrontar posibles picos de consumo de energía que superen la capacidad del compresor.
- Ayudar en el enfriamiento del aire comprimido y también en la reducción de su velocidad.
- Separa el vapor de agua y el aceite provenientes del compresor.
- Amortiguar las pulsaciones generadas en los compresores.
- Compensar las diferencias entre el caudal generado por el compresor y el caudal consumido por el sistema, los mismos que suelen trabajar con regímenes diferentes.

Es así que el tamaño del acumulador depende de los siguientes aspectos:

- Del caudal suministrado por el compresor.
- Del consumo de energía neumática por parte del sistema.

⁴ Fuente: <http://www.elprisma.com>

- Del volumen suplementario dado por la red de tuberías.
- Del tipo de regulación.
- De la diferencia de presión admisible en el interior de la red.

En cuanto a su disposición física, deberá ser horizontal o vertical, prefiriéndose estos últimos por ocupar menos espacio. Deberá ser ubicado en un lugar fresco y seco, de preferencia fuera del edificio, cerca del compresor, con el fin de que pueda disipar el calor producido. Además el acumulador deberá estar anclado al suelo con el fin de evitar vibraciones por las pulsaciones de aire que genera el compresor.

Los elementos mínimos con los que debe contar un acumulador son los siguientes:

- Válvula de seguridad.
- Manómetro.
- Grifo de purga.
- Boca de inspección.

Se debe tomar en cuenta que la válvula de seguridad no debe ser regulada a más de un 10% por encima de la presión de trabajo y deberá estar en capacidad de descargar el total del caudal generado por el compresor. Debe tener además un mecanismo para poder probarlo periódicamente de forma manual.

En los acumuladores de tamaño pequeño, la boca de inspección puede ser de 10 a 15 cm de diámetro, mientras que en los de tamaño mayor la boca de inspección deberá ser de entre 46 y 51 cm de diámetro.

Así mismo es importante que esté dotada de una válvula de purga con el fin de poder liberar por medio de ella el agua y el aceite acumulado.

La figura 1.8 muestra el esquema de un acumulador con sus partes constitutivas.

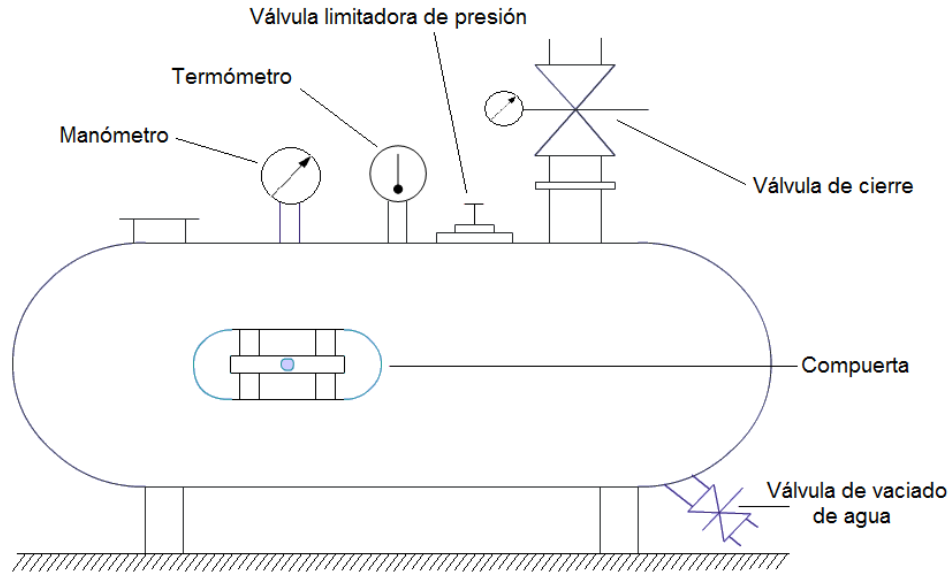


Figura. 1.8. Acumulador

1.3.1.2.3. Unidad de mantenimiento

Al conjunto formado por un filtro de aire, un regulador de presión y un lubricador de aire, se lo denomina *unidad de mantenimiento*, el cual tiene como función acondicionar el aire a presión y se encuentra por lo general antes de un mando neumático.

Sin embargo existen ciertas variantes de los elementos que constituyen la unidad de mantenimiento como lo muestra la figura 1.9, pudiendo de esta manera estar constituida, según la normativa CE, por los siguientes elementos:

- A. Válvula de dos posiciones y tres vías con escape roscado para poder conducir el aire a zona segura.
- B. Filtro con purga manual o semiautomática.
- C. Regulador de presión.
- D. Manómetro.
- E. Toma de aire sin lubricación.
- F. Lubricador

- G. Presóstato.
- H. Válvula de arranque suave o progresivo.

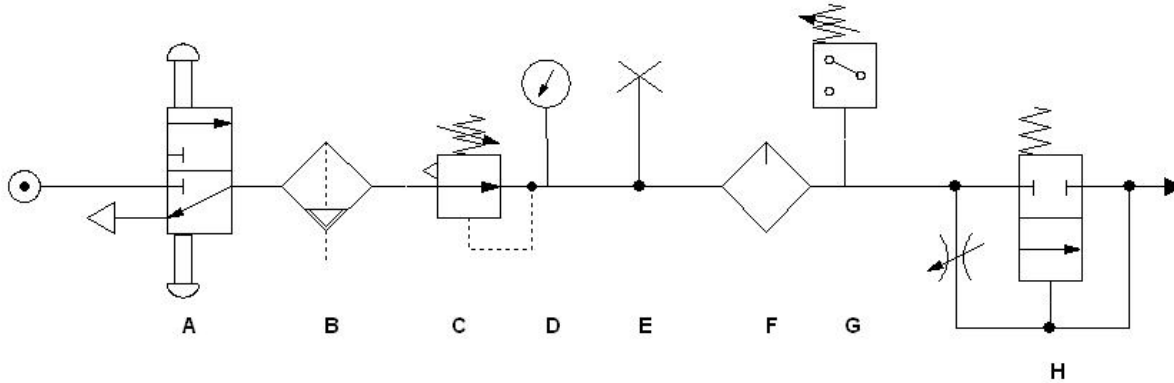


Figura. 1.9. Disposición completa de todos los elementos que pueden integrar una unidad de mantenimiento según la normativa CE.⁵

En la unidad de mantenimiento mostrado en la figura 1.9, el presóstato hace las veces de sensor que indica al controlador programable (en caso de que existiera), la falta de aire. La válvula de arranque progresivo, en el momento en que se vuelva a establecer la presión de aire adecuada, hace que aquellos cilindros que no completaron su carrera, lo hagan suavemente.

Se describen a continuación los principales elementos de que constituyen por lo general la unidad de mantenimiento dentro de un circuito neumático:

Filtros

Con el fin de que el aire comprimido que se va a utilizar en los sistemas neumáticos no cause averías, este debe ser correctamente filtrado antes de su utilización. Impurezas de toda clase: sólidas como polvo y residuos; líquidas como el agua y aceites lubricantes

⁵ Fuente: Millan, Salvador. Automatización Neumática y Electroneumática. Alfaomega Grupo Editor S.A.: México D.F. 1996.

quemados; y gaseosos como el vapor de agua y de aceite; todos ellas son eliminadas, procurando dejar un aire puro.

El parámetro característico de los filtros es la amplitud de sus orificios (5, 10, 25, 40 o más micras), ya que de ellos depende el tamaño mínimo de partículas que podrán ser retenidas en el mismo. El aire comprimido que ingresa al filtro es sometido a un movimiento de rotación y por efecto de la fuerza centrífuga, los componentes líquidos y las partículas de suciedad de tamaño considerable se desprenden y se colocan en su parte inferior. Después de esto que el aire atraviesa el vaso filtrante, quedando de esta manera libre de las impurezas que tenía al salir del compresor y listo para ser empleado en el circuito neumático. Los filtros pueden ser de purga manual o automática.

Se muestra en la siguiente figura el esquema interno de un filtro de aire. En él se indica mediante flechas el sentido de flujo del aire.

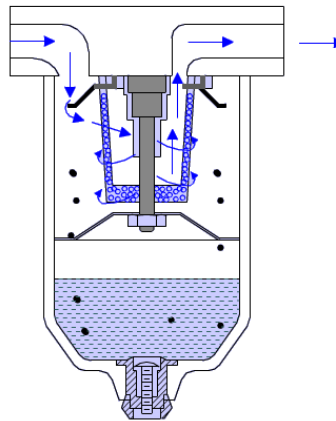


Figura. 1.10. Filtro de aire⁶

Reguladores de presión

La presión en las líneas de fluido puede variar debido a variaciones de carga del compresor y a las diferentes puntas de consumo que presente el circuito. Es así que el

⁶ Fuente: <http://www.emagister.com>

regulador de presión tiene como finalidad, mantener la presión constante en el sistema ya que las oscilaciones de presión pueden incidir negativamente en la conmutación de las válvulas, en la velocidad de los cilindros y en la regulación del tiempo de las válvulas de estrangulación y retardo.

El regulador de presión puede mantener la presión constante en el sistema sólo si la presión regulada o presión secundaria es menor al punto de presión más bajo del sistema de alimentación o presión primaria. Debe tomarse en cuenta que la presión secundaria debe ser la necesaria para que los cilindros proporcionen la fuerza requerida por el sistema.

Es así que un regulador de presión cumple plenamente su función si proporciona:

- Regularidad en la presión secundaria a pesar de las variaciones de presión que se produzcan en la línea de alimentación de aire.
- Mejor rendimiento de los elementos al alimentarlos con su presión óptima de funcionamiento.
- Menor desgaste en los elementos neumáticos y menor consumo de aire.

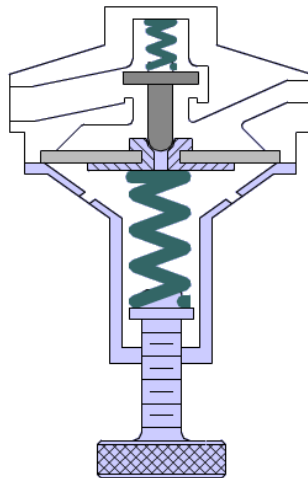


Figura. 1.11. Regulador de presión⁷

⁷ Fuente: <http://www.emagister.com>

Lubricadores

Debido al movimiento a mayor o menor velocidad de algunas de las partes constitutivas de los elementos que se verán más adelante, es inevitable que se produzcan desgastes en ellos. A pesar de que actualmente se fabrican componentes que pueden funcionar con aire no lubricado manteniendo un rendimiento muy alto, se siguen empleando los lubricadores neumáticos que insertan pequeñísimas gotas de aceite en las líneas de fluido previniendo de esta manera un desgaste prematuro de las piezas móviles, reduciendo el nivel de rozamiento y protegiendo los elementos contra la corrosión.

La siguiente figura muestra un lubricador internamente, en el se señala la dirección del flujo del aire.

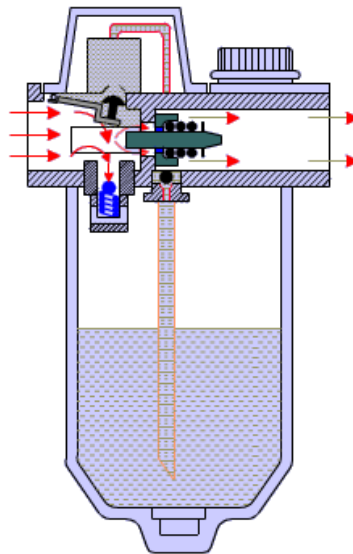


Figura. 1.12. Lubricador⁸

1.3.1.3. Actuadores

Los actuadores son aquellos que permiten transformar la energía del aire comprimido en trabajo mecánico, pudiendo obtener movimiento lineal de vaivén por medio de cilindros o

⁸ Fuente: <http://www.emagister.com>

movimiento de giro por medio de motores neumáticos. Es así que los actuadores neumáticos se clasifican en dos grupos de acuerdo a su forma de movimiento:

- Actuadores de movimiento rectilíneo:
 - Cilindros de simple efecto.
 - Cilindros de doble efecto.
- Actuadores de movimiento rotativo:
 - Actuadores giratorios.
 - Motores neumáticos.

Los módulos electroneumáticos del laboratorio cuentan solamente con actuadores de movimiento rectilíneo, por lo que son ellos los que se estudian a continuación.

1.3.1.3.1. Actuadores de movimiento rectilíneo

Un cilindro es un tubo circular de sección constante, cerrado en sus dos extremos en cuyo interior se encuentra un émbolo unido a un vástago, el mismo que sale por uno de sus extremos. El émbolo divide al cilindro en dos cámaras pudiendo existir una abertura por cada una por donde puede entrar y salir el aire comprimido.

La alimentación de aire comprimido para un cilindro puede ser a distancia, aspecto por el cual se lo utiliza en ambientes extremos o en lugares restringidos para el acceso de personas. Su capacidad de trabajo viene dada por su carrera y diámetro pero debido a la gran fuerza que proporcionan se los utiliza para mover cargas considerables.

En forma general, sus partes constitutivas, tal como lo muestra la figura 1.13, son las siguientes:

- Camisa.
- Tapa trasera.
- Émbolo.
- Vástago.
- Tapa delantera.
- Entrada/salida de aire trasera.
- Entrada/salida de aire delantera.
- Resortes para el retroceso (principalmente en los cilindros de simple efecto).

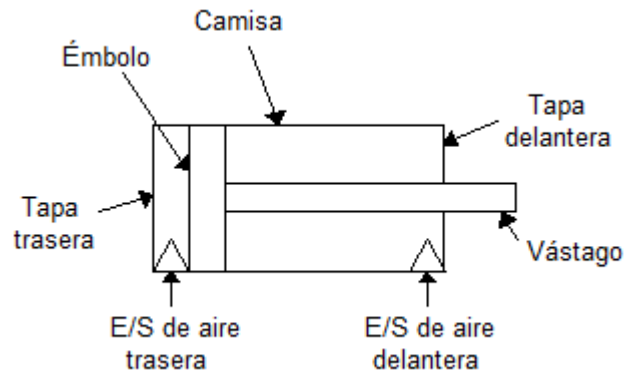


Figura. 1.13. Constitución física de un cilindro

Considerando la clasificación revisada anteriormente, se abordan a continuación los cilindros de movimiento rectilíneo cuyo desplazamiento se da de forma lineal.

Cilindros de Simple Efecto

Estos cilindros tienen una sola entrada y salida de aire, por lo que se hace uso de un resorte interno o una fuerza externa para que el vástago regrese a su posición inicial. El coeficiente elástico del resorte debe ser calculado de manera que haga regresar el vástago con suficiente fuerza. Es la longitud de este resorte quien limita la carrera del cilindro.

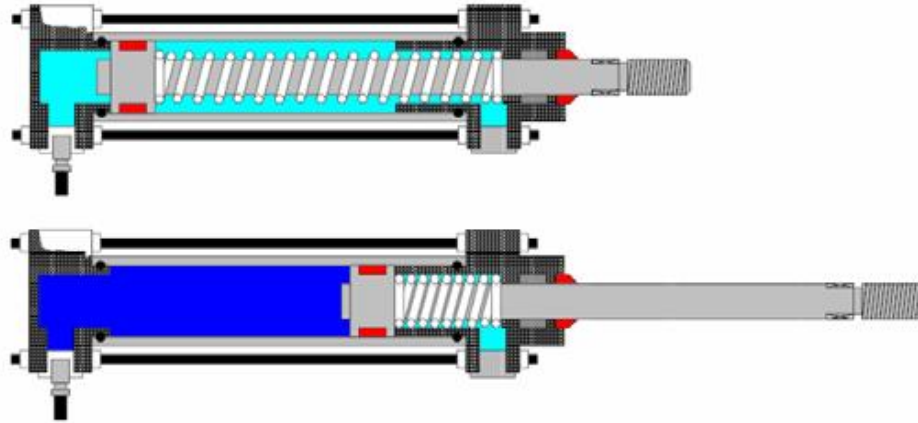


Figura. 1.14. Cilindro de simple efecto⁹

Los cilindros de simple efecto con los que cuenta el laboratorio son cilindros de impacto, motivo por el cual se presenta a continuación una breve descripción de los mismos.

Cilindros de impacto

Son muy utilizados en trabajos de conformación ya que la energía cinética que pueden entregar es de valor elevado pudiendo obtenerse energías desde 25 hasta 500 Nm, según el diámetro del cilindro, y velocidades comprendidas entre 7,5 y 10 m/s cuando la normal está entre 1 a 2 m/s. Ya que la velocidad disminuye con relación a la longitud de la carrera del cilindro, suelen ser utilizados principalmente en carreras de conformación no tan grandes.

Básicamente su funcionamiento está dado por elevación y liberación instantánea de presión en una de las cámaras del cilindro. Suelen utilizarse para prensar, rebordear, remachar, estampar, etc. Algunas veces reemplazan a las prensas.

Cilindros de Doble Efecto

En este tipo de cilindros, el esfuerzo neumático se realiza en los dos sentidos de desplazamiento por lo que no cuenta con un resorte de reposición. Presenta dos

⁹ Fuente: <http://www.diee.unican.es>

entradas/salidas de aire, una delantera y una posterior, que hacen las veces de alimentación y evacuación de aire comprimido.

Son utilizados en aquellos casos en los que el émbolo tiene que realizar cierto trabajo al retornar a su posición inicial. Se debe tomar en cuenta que la fuerza de retroceso es menor, debido a la menor superficie del émbolo sobre la cual actúa el aire comprimido.

La siguiente figura muestra un cilindro de doble efecto tanto en su posición inicial como con su carrera completamente desplegada. Note las dos vías de E/S de aire.

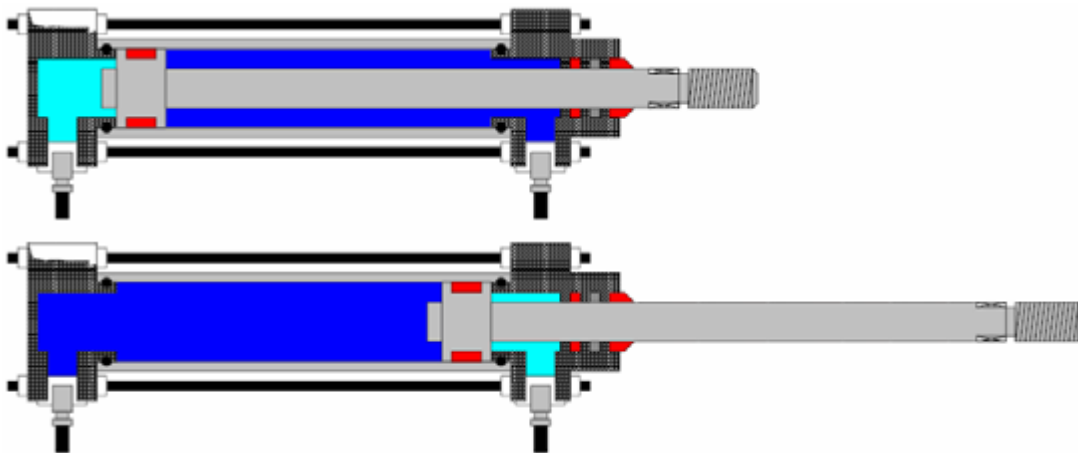


Figura. 1.15. Cilindro de doble efecto¹⁰

1.3.1.4. Válvulas

Las válvulas son elementos cuya función es la de controlar y dirigir el flujo del aire comprimido dentro del sistema neumático de manera dosificada y en momento adecuado. Es así que de acuerdo a su función, las válvulas se dividen en los siguientes grupos:

- Válvulas de vías o distribuidoras.
- Válvulas de bloqueo.

¹⁰ Fuente: <http://www.diee.unican.es>

- Válvulas de presión.
- Válvulas de caudal.
- Válvulas de cierre.

Dentro de las válvulas neumáticas con las que cuenta el laboratorio de Electrofluidos, se tienen tan solo las válvulas de vías o distribuidoras así como válvulas de caudal acopladas a los cilindros de doble efecto. En ese sentido, se describen a continuación solamente las válvulas de vías o distribuidoras y posteriormente en la parte de equipos hidráulicos se describirán los demás tipos de válvulas.

1.3.1.4.1. Válvulas de vías o distribuidoras

Estas válvulas son las que por medio de sus orificios, también llamados vías, determinan el inicio, la parada y la dirección del aire comprimido. Pueden tener dos, tres, cuatro y hasta cinco vías de acuerdo a la aplicación en la que vayan a ser utilizadas.

Representación

Este tipo de válvulas son representadas en los esquemas de los circuitos neumáticos mediante símbolos, de acuerdo a la norma ISO 1219, tal como se indicó en la parte de simbología y esquemas tratado anteriormente.

Se recomienda revisar aquel punto del texto con el fin de recordar la nomenclatura utilizada para este tipo de válvulas, así como el Anexo 1 en el cual se muestra de manera más específica la representación utilizada para cada uno de los tipos de válvulas que pueden ser empleadas en los circuitos neumáticos.

En cuanto a la representación de las válvulas distribuidoras, se debe tomar en cuenta principalmente el número de vías u orificios que tiene y las posiciones que puede adoptar el

distribuidor para dirigir el flujo por una u otra vía. De esta manera la representación se da de la siguiente manera:

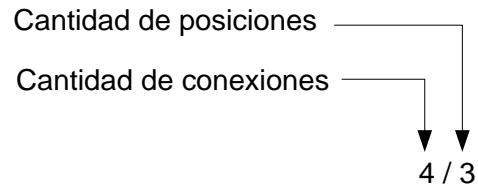


Figura. 1.16. Nomenclatura para válvulas distribuidoras

En el ejemplo que se muestra en la figura 1.16 se representa una válvula que tiene 4 vías y 3 posiciones.

Accionamiento

Para que las válvulas vayan de una posición a otra es necesario que sean accionadas de alguna manera. De acuerdo a cómo se produzca esta señal de activación se distinguen dos tipos:

- *Accionamiento permanente, señal continua.*- La válvula es accionada manual, mecánica, neumática o eléctricamente durante todo el tiempo hasta que se reposiciona manual o mecánicamente por medio de un muelle.
- *Accionamiento momentáneo, impulso.*- La válvula es activada por una señal breve y permanece en esa posición hasta que otra señal la vuelve a su posición inicial.

De esta manera, los tipos de accionamiento que se pueden dar son los siguientes:

- Manuales:
 - Pulsador manual.

- Pulsador tipo hongo.
 - Palanca.
 - Pedal.
 - Interruptor con llave.
- Mecánicos:
- Por el conjunto leva – biela.
 - Rodillo.
 - Rodillo articulado.
 - Resorte.
 - Elástico.
- Neumáticos:
- Por presión neumática.
 - Por descarga neumática.
- Eléctricos:
- Bobina.
 - Bobinas en el mismo sentido.
 - Bobinas contrapuestas.

Características de construcción

La duración, fuerza y tipo de accionamiento, el tiempo de conmutación, el sistema de conexión y el tamaño depende de las características de construcción de las válvulas. De esta manera, de acuerdo a su tipo de construcción, las válvulas pueden ser de asiento o de corredera.

Válvulas de asiento

En estas válvulas las vías se abren y se cierran por medio de bolas, placas, discos o conos de manera que evitan las fugas por completo. Necesitan fuerzas de accionamiento

significativas para vencer la fuerza del muelle y del aire comprimido. Conmutan rápidamente en distancias cortas y operación sin lubricación.

Válvulas de corredera

Estas válvulas son de construcción sencilla y requieren de esfuerzos de accionamiento menores. Sus conexiones son cerradas o unidas por correderas cilíndricas, planas o circulares. A diferencia de las anteriores, estas requieren de distancias mayores para su conmutación y son más susceptibles a la suciedad.

Clasificación

Una de las formas de clasificar a las válvulas distribuidoras es en base a sus características de construcción como se vio anteriormente. Otra forma de clasificar a estas válvulas es en base a la cantidad de vías y posiciones de conmutación. De esta manera las más utilizadas son:

- *Válvulas 2/2.*- Tiene dos conexiones y dos posiciones (abierta y cerrada).
- *Válvulas 3/2.*- Permiten activar o desactivar señales.
- *Válvulas 4/2.*- Son utilizadas para activar cilindros de doble efecto.
- *Válvulas 4/3.*- Cuentan con tres posiciones.
- *Válvulas 5/2.*- Son utilizadas principalmente para el accionamiento de cilindros.

1.3.2. Hidráulicos

Debido a que algunos de los aparatos y accesorios utilizados en circuitos hidráulicos son similares tanto en su función como en su constitución física a los utilizados en circuitos neumáticos, se describen a continuación solamente aquellos diferentes a los anteriormente tratados.

1.3.2.1. Líneas de fluido

Las tuberías utilizadas para la conducción del fluido en los sistemas hidráulicos pueden ser rígidas o flexibles, presentando como ventaja estas últimas, el que amortiguan el ruido y las vibraciones.

De acuerdo al lugar que las tuberías ocupen dentro del sistema hidráulico, pueden ser:

- *Tuberías de aspiración.*- Ubicadas entre el tanque y la bomba.
- *Tuberías de impulsión.*- Aquellas ubicada al ingreso de los equipos y elementos tales como válvulas direccionales, actuadores, etc.
- *Tuberías de retorno.*- Aquella ubicada a la salida de los equipos y elementos. Guían nuevamente el fluido hacia el tanque.

En cuanto al diámetro que deben tener las tuberías, este depende de la velocidad y el caudal del fluido así como de su ubicación en el sistema. Los diámetros de los tubos inciden sobre las pérdidas de presión que se producen, por lo que se debe considerar la velocidad de flujo máxima recomendada para cada tubería con el fin de que dichas pérdidas no sean elevadas.

Finalmente, para montar la tubería con el fin de obtener un buen funcionamiento del sistema, se debe considerar que los radios de curvatura sean lo suficientemente amplios así como que las tuberías no queden totalmente estiradas tal como lo indica la figura 1.17.

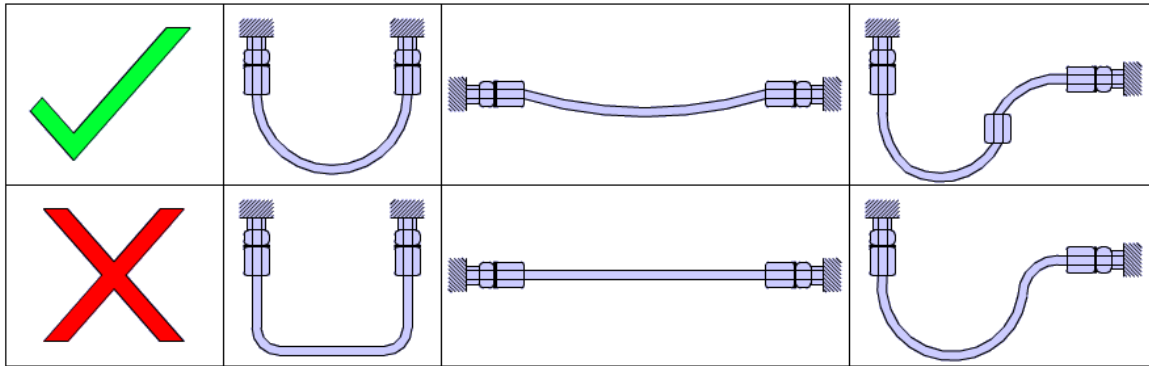


Figura. 1.17. Montaje de la tubería¹¹

1.3.2.2. Equipos de suministro de energía.

Dentro de los equipos hidráulicos que intervienen en el suministro de energía, se tienen los siguientes:

1.3.2.2.1. Depósitos

Son elementos que cumplen varias funciones, las cuales se mencionan a continuación:

- Almacenan el fluido que el sistema requiere.
- Permiten disipar el calor generado por el sistema.
- Separan el aire del aceite.
- Hacen que los contaminantes del fluido se sedimenten.

Estos depósitos deben ser sellados para evitar que el aceite se ensucie pero a la vez deben tener una ventilación filtrada que permita la entrada y salida del aire. La figura 1.18 muestra un esquema de las partes constitutivas de un depósito utilizado en sistemas hidráulicos.

¹¹ Fuente: <http://www.emagister.com>

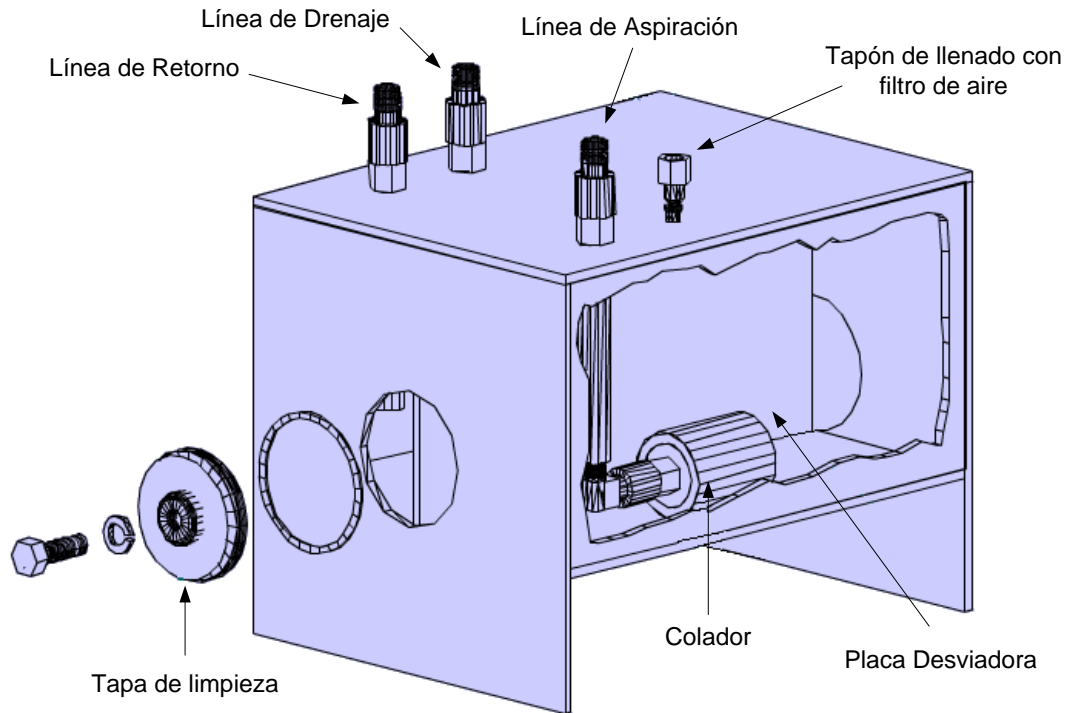


Figura. 1.18. Depósito Hidráulico¹²

En la industria se suelen utilizar depósitos cuya capacidad es de por lo menos dos o tres veces la capacidad de la bomba en litros por minuto.

1.3.2.2.2. Impulsores

Son los encargados de suministrar el aceite al sistema de acuerdo a sus requerimientos. El más importante de los impulsores es la bomba pues es imprescindible en todos los circuitos; sin embargo existen también otros impulsores:

- Bombas.
- Acumuladores.
- Multiplicadores.

¹² Fuente: <http://www.emagister.com>

Ya que el módulo electrohidráulico del laboratorio de Electrofluidos no cuenta con un acumulador ni con un multiplicador, se estudia a continuación solamente las bombas.

Bombas

Es el primer y principal elemento en un circuito hidráulico. Convierte la energía mecánica en energía hidráulica, empujando el aceite dentro del sistema. Son características importantes de las bombas la presión máxima de funcionamiento y el caudal de salida a una velocidad de rotación determinada.

Existen dos tipos principales de bombas: las hidrodinámicas y las hidrostáticas, siendo las últimas las que se utilizan en los sistemas hidráulicos a estudiar en este texto.

De esta manera, las bombas hidrostáticas, también conocidas como de desplazamiento positivo, se dividen en:

- Bombas de engranajes.
- Bombas de paletas.
- Bombas de pistones.

La bomba con la que cuenta el módulo electrohidráulico del laboratorio es una bomba de paletas, de la cual se presenta a continuación una descripción:

Bombas de paletas

Esta bomba está formada por un rotor, que mediante unas ranuras, aloja a las paletas de la bomba, las mismas que van entrando y saliendo a medida que se produce su giro. Las paletas van rozando contra las paredes de la bomba y debido a que el rotor no está en el

centro de la misma, las paletas deben acortar o alargar su longitud. La figura 1.19 ilustra de mejor manera lo explicado.

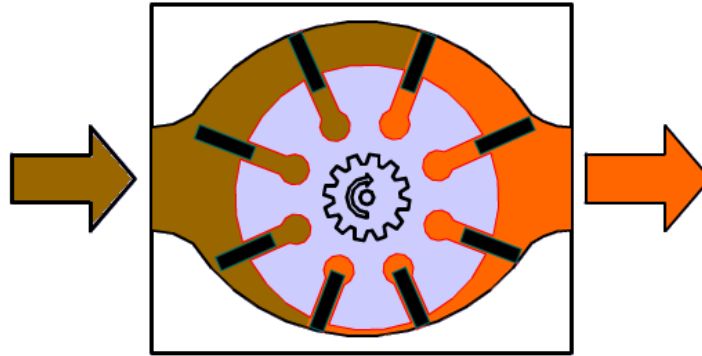


Figura. 1.19. Bomba de paletas¹³

Una de las variantes de este tipo de bombas son las llamadas *Bombas de Paletas Balanceadas*, en las cuales con el fin de compensar la fuerza radial en su eje, se distribuye de manera equilibrada la disposición de sus paletas. Este sistema consta de dos entradas y dos salidas que permiten compensar las fuerzas radiales que aspiran y expulsan aceite cada medio giro. La figura 1.20 presenta un esquema de este tipo de bomba de paletas.

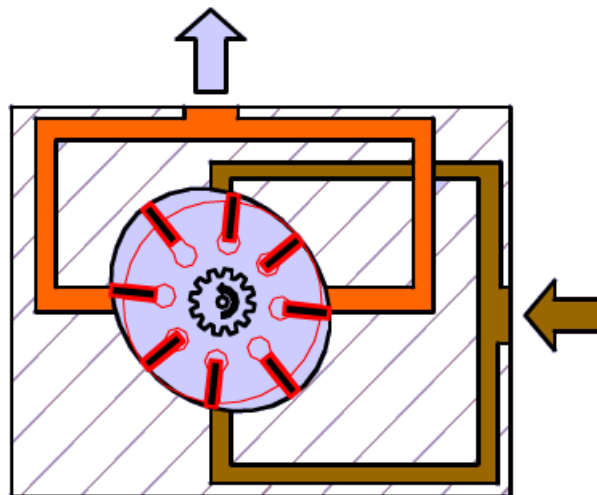


Figura. 1.20. Bomba de paletas balanceadas¹²

¹³ Fuente: <http://www.emagister.com>

De manera general, las bombas de paletas son más costosas que las de engranajes pero producen menos ruido y tienen una mayor eficiencia.

1.3.2.3. Actuadores

Al igual que en los actuadores neumáticos, en los sistemas hidráulicos se tienen actuadores lineales y rotatorios, los cuales a la vez se dividen en los siguientes:

- Actuadores de movimiento lineal:
 - De simple efecto.
 - De doble efecto.
- Actuadores de movimiento rotatorio:
 - De engranajes.
 - De paletas.
 - De pistones.

Los actuadores de movimiento lineal fueron ya estudiados en la parte de actuadores neumáticos y debido a que su funcionamiento y constitución física con respecto a los hidráulicos es la misma, no serán tratados nuevamente.

Al contar en el módulo de entrenamiento electrohidráulico con un actuador de movimiento rotatorio (motor hidráulico), a continuación se describe brevemente los tipos de actuadores rotatorios, debido a que se deben conocer ciertas características importantes de ellos.

1.3.2.3.1. Actuadores de movimiento rotatorio

Son muy similares a las bombas en su constitución física con la diferencia de que no envían caudal sino que lo reciben. Su velocidad depende del caudal que les llega.

Motores de engranajes

Su desplazamiento está dado por el volumen de aceite que cabe entre dos dientes de un engranaje multiplicado por el número de dientes de los dos engranajes. Pueden ser también de engranajes internos.

Motores de paletas

Su desplazamiento es igual a la cantidad de aceite existente entre dos paletas multiplicado por el número de paletas.

Motores de pistones

Su desplazamiento está dado por el área de cada pistón multiplicada por el número de pistones y por la distancia que recorren dentro de la camisa. Pueden ser axiales y radiales.

1.3.2.4. Válvulas

Se revisaron anteriormente, en la parte de equipos neumáticos, las válvulas de vías o distribuidoras. Las válvulas hidráulicas se diferencian de las neumáticas revisadas anteriormente básicamente en sus materiales de composición y las magnitudes de presión y flujo capaces de manejar.

Se estudian a continuación el resto de válvulas mencionadas en la parte neumática pues en el módulo de entrenamiento electrohidráulico si se cuenta con ellas.

1.3.2.4.1. Válvulas de bloqueo

Son válvulas que bloquean el flujo de aceite en un sentido y lo liberan en el otro. La presión de salida actúa sobre la pieza obturadora y ayuda a cerrar herméticamente la válvula.

Las válvulas de bloqueo pueden ser antirretorno, selectoras (válvulas OR), de simultaneidad (válvulas AND) o de escape rápido. El laboratorio cuenta tan solo con válvulas antirretorno, las mismas que se describen a continuación.

Válvulas antirretorno

Estas válvulas impiden totalmente el paso del fluido en un sentido mientras que en el otro sentido lo dejan pasar con una pérdida de presión muy pequeña. El bloqueo que produce esta válvula puede lograrse mediante un disco, una membrana, una bola o cono.

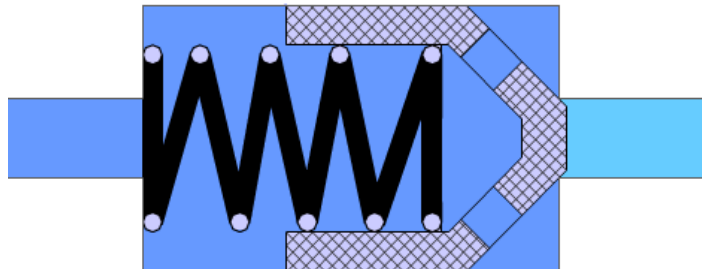


Figura. 1.21. Válvula antirretorno¹⁴

1.3.2.4.2. Válvulas de presión

Estas válvulas influyen sobre la presión del fluido o también reaccionan frente a valores de presión determinados. Estas válvulas de presión pueden ser:

¹⁴ Fuente: <http://www.emagister.com>

- Válvulas reguladoras de presión.
- Válvulas de secuencia.
- Válvulas limitadoras de presión.

El laboratorio cuenta con todas ellas, por lo que es necesario describirlas brevemente.

Válvulas reguladoras de presión

Son similares a las descritas anteriormente como parte de la unidad de mantenimiento en los equipos neumáticos (figura 1.9) pues ayudan a mantener constante la presión en el circuito hidráulico aunque se produzcan variaciones en la presión de la red. La presión de entrada mínima debe ser siempre superior a la de salida.

Válvulas de secuencia

Permite el paso de fluido cuando se alcanza una presión superior a la ajustada por un muelle. La figura 1.22 muestra el esquema de este tipo de válvula. El aceite circula de P hacia A cuando en Z se supera el valor de presión ajustada.

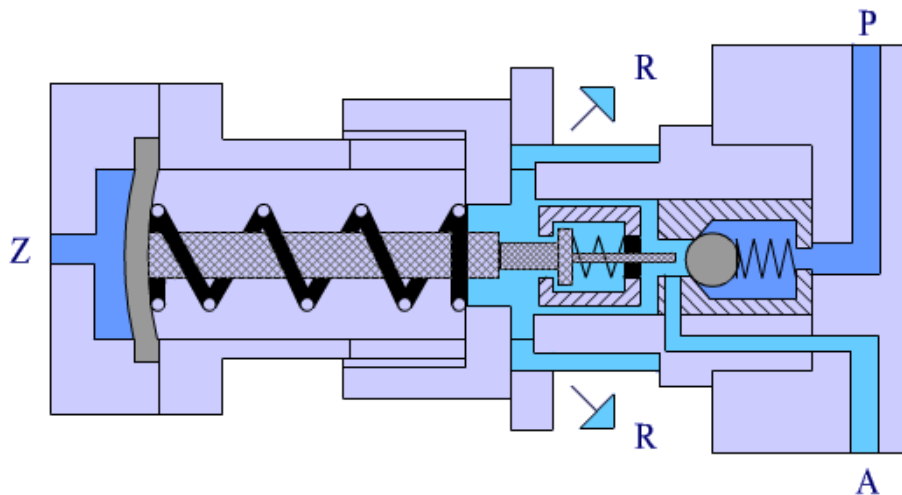


Figura. 1.22. Válvula de secuencia¹⁵

¹⁵ Fuente: <http://www.emagister.com>

Válvulas limitadoras de presión

Son utilizadas como válvulas de seguridad ya que no permiten que la presión supere un valor máximo dado. Al alcanzar dicho nivel máximo de presión, su salida se abre y el aceite es devuelto al depósito. Su salida se vuelve a cerrar cuando la presión es nuevamente menor a la máxima.

1.3.2.4.3. Válvulas de caudal

Válvula de estrangulación

Permite regular el caudal en una o en ambas direcciones. En caso que se quiera hacerlo en una sola dirección, debe ir acompañada de una válvula antirretorno.

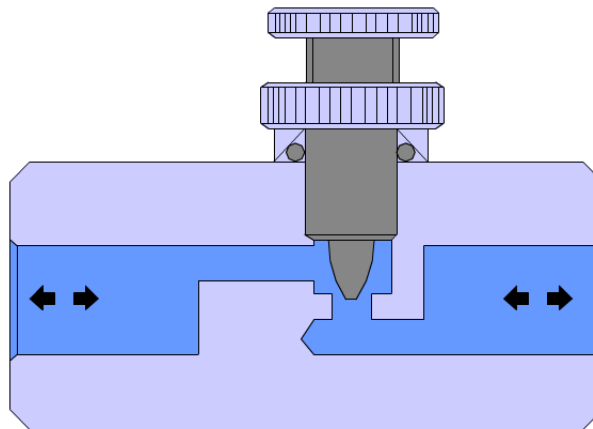


Figura. 1.23. Válvula de estrangulación¹⁶

1.3.2.4.4. Válvulas de cierre

Son elementos sencillos que permiten o no el paso del caudal. Son muy utilizados en este tipo de válvulas los grifos de cierre.

¹⁶ Fuente: <http://www.emagister.com>

1.4. Criterios de aplicación

Tras haber descrito los principales aparatos y accesorios utilizados tanto en los sistemas neumáticos como en los hidráulicos, es necesario conocer cuáles son los criterios sobre los que hay que basarse para poder llevar a cabo el diseño y la implementación de este tipo de sistemas. Es así que a continuación se abordan aspectos que permitirán considerar ciertas características de los sistemas a implementar y en base a ellos poder realizar el diseño más apropiado y eficiente para resolver cada uno de los problemas que se presenten.

Los aspectos que se tratarán a continuación y que se deberán tomar en cuenta al momento de diseñar e implementar un sistema hidráulico o neumático son los siguientes:

- Fuerza.
- Recorrido.
- Tiempo.
- Velocidad.

1.4.1. Fuerza

En los sistemas neumáticos e hidráulicos entran en acción diferentes tipos de fuerzas como por ejemplo la fuerza de accionamiento de una válvula distribuidora, la fuerza del émbolo en un cilindro, la fuerza de bloqueo en la posición de paro, etc. De ellas quizá la fuerza que más interesa es aquella que se obtiene de un actuador como puede ser un cilindro o un motor. Es así que para el caso del cilindro, la fuerza viene dada por el producto de la superficie del émbolo y la presión que ejerce el aire o el aceite según sea el caso.

$$F = A * P \quad (1.20)$$

De esta manera se puede variar cualquiera de los dos parámetros y mantener la fuerza constante dentro de un determinado margen. Sin embargo, la variación del diámetro de los cilindros no siempre permite conseguir un valor exacto de fuerza debido a que no existe una amplia variedad de cilindros con diámetros diferentes (Existen cilindros cuyo émbolo tiene un diámetro de 12, 16, 25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 250 mm). De ahí que cuando se quieren obtener fuerzas bastante precisas, se recurre al ajuste del valor de la presión mediante válvulas reguladoras o reductoras de presión.

Es así que variando las dos magnitudes señaladas: área del émbolo y presión del fluido, se puede conseguir cualquier valor fuerza resultante para los cilindros. Sin embargo existen otras posibilidades para lograr una variación de la fuerza que se obtiene de los cilindros y esta es mediante elementos mecánicos, siguiendo las leyes de la palanca, las cuales relacionan la fuerza con la carrera de forma recíproca de manera que si se logra aumentar la fuerza al doble, la carrera se reduce a la mitad y viceversa. Esto puede ser interpretado de mejor manera de acuerdo a lo presentado en la figura 1.24.

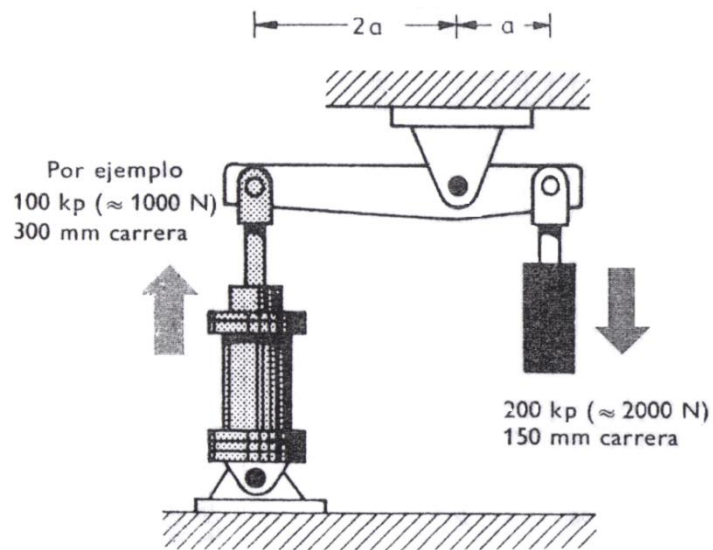


Figura. 1.24. Variación de fuerza y recorrido mediante una transmisión por palanca¹⁷

¹⁷ Fuente: Deppert, W y Stoll, K. Aplicaciones de la neumática. Alfaomega Grupo Editor S.A: México D.F. 2001.

1.4.2. Recorrido

El recorrido que se obtiene por medio de los actuadores viene dado, en los rotativos por el número de vueltas que realice el eje, mientras que en los de movimiento lineal está dado por la carrera máxima del cilindro, la misma que depende del diámetro del émbolo y se ve afectada por el pandeo del vástago. Es así que se tienen ciertos valores orientativos de las carreras máximas que se pueden obtener para ciertos valores de diámetro del émbolo, tal como se indica en la tabla 1.2 que se muestra a continuación:

Diámetro del émbolo (mm)	6	12	16	25	35	50	70	100	140	200	250
Carrera máxima (mm)	100	250	500	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1000	2000

Tabla. 1.2. Relación del diámetro del émbolo con la carrera máxima que se puede obtener en un cilindro¹⁴

Al tener grandes carreras y diámetros del émbolo el consumo en volumen del fluido es alto, por lo cual se ha limitado a carreras de hasta 2000 mm y diámetros máximos de hasta 250 mm.

Sin embargo, dada una carrera máxima del vástago del cilindro, se puede obtener cualquier recorrido dentro de dicha carrera haciendo uso de la conmutación neumática a través de elementos sensores de fin de carrera. De igual manera, se pueden aumentar las carreras de los cilindros mediante elementos auxiliares mecánicos, tal como lo muestra la figura 1.25, al costo de reducir en parte la fuerza que se obtiene del cilindro. Esto último dado por la ley de la palanca y rendimiento por rozamientos, aspecto que no se abordará detalladamente en este texto.

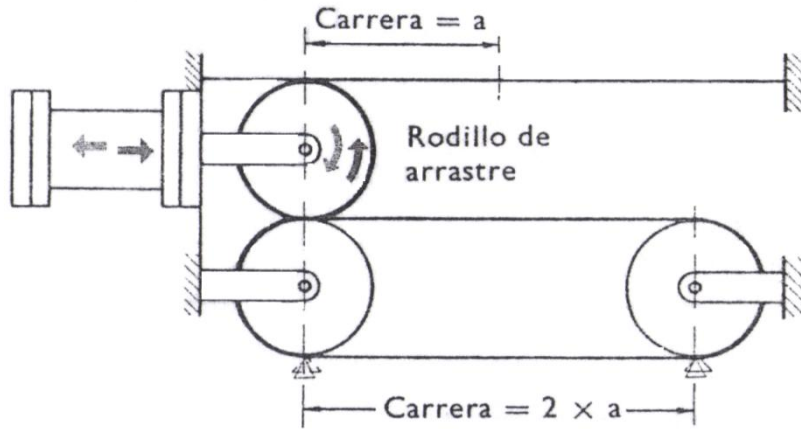


Figura. 1.25. Aumento de la carrera de un cilindro por cable a tracción¹⁸

1.4.3. Tiempo

El tiempo es sin duda un parámetro importante en la operación de los sistemas hidráulicos y neumáticos. Muchas de las veces el tiempo que se considera en el diseño para la operación de estos sistemas es independiente al tiempo de respuesta propio de cada elemento, el mismo que depende de la tecnología de sus componentes, por lo que hay que hacer buen uso de los elementos temporizadores revisados anteriormente (sección 1.3.1.5).

Es necesario recordar que el volumen y la regulación del caudal son elementos determinantes en un temporizador y que sabiendo manejarlos adecuadamente permiten obtener en los sistemas automáticos tiempos muy exactos con una precisión constante.

Según la disposición de los elementos al interior de un temporizador, se pueden tener los siguientes tipos de temporizadores:

- *Temporizador con retraso a la conexión*, que contiene una válvula 3/2 vías normalmente cerrada.

¹⁸ Fuente: Deppert, W y Stoll, K. Aplicaciones de la neumática. Alfaomega Grupo Editor S.A: México D.F. 2001.

- *Temporizador con retraso a la conexión*, que contiene una válvula 3/2 vías normalmente abierta.
- *Temporizador con retraso a la desconexión*, que contiene una válvula 3/2 vías normalmente cerrada.
- *Temporizador con retraso a la desconexión*, que contiene una válvula 3/2 vías normalmente abierta.

1.4.4. Velocidad

Al igual que el tiempo, la velocidad es un aspecto muy importante en la operación de los sistemas hidráulicos y neumáticos ya que de ella dependerán muchas de las veces la eficacia de los procesos que se lleven a cabo.

Los sistemas neumáticos presentan la ventaja de ser muy rápidos tanto en movimientos rotativos como en movimientos lineales. En los primeros se alcanzan velocidades de hasta 500.000 rpm mientras que en los movimientos lineales, con cilindros de impacto, se logran velocidades de hasta 10 m/s. Con cilindros neumáticos convencionales se alcanzan velocidades de hasta 1,5 m/s.

Los actuadores hidráulicos suelen ser un poco más lentos (velocidades inferiores a 1,5 m/s), pero en ambos tipos, tanto hidráulicos como neumáticos, puede lograrse cierto control en la velocidad con la que se mueven.

Este control de velocidad dependerá de ciertos factores determinantes como son: la presión del fluido, el diámetro del émbolo y la sección más pequeña del conducto que une la válvula y el cilindro. Se deben también tomar en cuenta aspectos tales como los siguientes:

- Los cilindros de grandes diámetros no pueden alcanzar velocidades tan altas como los de diámetros más pequeños.

- Si la carga que tiene el cilindro es constante, su velocidad también tenderá a ser constante.
- La aceleración hasta llegar al valor máximo de velocidad se da rápidamente. Prácticamente a pocos milímetros de haber iniciado la carrera.

Dos de los métodos utilizados para la regulación de la velocidad de los actuadores es por medio de válvulas de paso y de válvulas reguladoras de caudal. El valor de velocidad que se ajuste prácticamente se mantiene constante durante todo el recorrido pero también puede volverse variable si se utilizan reguladores de caudal de accionamiento mecánico.

En el caso de que se requieran velocidades constantes muy bajas, es recomendable utilizar cilindros hidráulicos, pues es mucho más fácil controlar la velocidad en estos sistemas. Por el contrario cuando se quiera incrementar la velocidad de los cilindros neumáticos o hidráulicos, se puede aumentar la sección de la línea de alimentación, utilizar una válvula de paso de mayor tamaño o utilizar una válvula de escape rápido.

Como se puede ver, existen algunas posibilidades por las cuales se puede regular la velocidad de los actuadores que se utilicen. Depende pues de la aplicación que se quiera llevar a cabo, de las condiciones bajo las cuales se da la misma y de los equipos que se tenga el que se utilice una de las técnicas mencionadas anteriormente.

1.5. Manipulación

Por manipulación se debe entender las diferentes acciones que se producen sobre un elemento para que este adopte las posiciones deseadas dentro de un sistema de producción. Esta manipulación es llevada a cabo por diferentes herramientas de trabajo, a las mismas que se les trata de dar la misma funcionalidad de la mano humana con el fin de que puedan asir, distribuir, ordenar, alimentar, posicionar, sujetar, sacar, trasladar, etc.

Estas herramientas de trabajo tienen ciertas limitaciones de manera que pueden cumplir con una o dos de las funciones anteriores y muy rara vez con más. Por este motivo, se procura utilizar tantos elementos de trabajo como operaciones deban realizarse. Sin embargo, con tres cilindros y un accionamiento giratorio, se puede imitar funcionalmente con ciertas limitaciones a una mano humana.

Se debe tomar en cuenta que las operaciones de manipulación en un proceso de producción automático son realmente importantes ya que inciden en los tiempos de producción y a consecuencia en los costos involucrados en ella.

Existen varias acciones que pueden ser llevadas a cabo al momento de manipular un elemento. Estas acciones son las siguientes:

- Posicionado.
- Alimentación de piezas.
- Puesto de montaje.
- Avance lineal intermitente.
- Avance circular intermitente.
- Accionamiento de puertas.
- Control

1.5.1. Posicionado

El posicionado de una pieza es sumamente importante dentro de un proceso ya que si no se lo hace de manera correcta, su manipulación se vuelve completamente imposible. Un factor del cual depende la sujeción y el posicionado de un elemento es sin duda su forma externa, por lo cual la herramienta que realice la manipulación de la pieza debe adaptarse completamente a ella de manera que pueda moverla y sujetarla sin problema.

1.5.1.1. Detección de posición

Uno de los aspectos importantes para poder llevar a cabo un correcto posicionamiento de los elementos que intervienen en un sistema hidráulico o neumático, es la detección de posición de los mismos, para lo cual se pueden utilizar captadores de información en alta y baja presión como obturadores de fuga, detectores de proximidad, barreras de aire o sensores de fin de carrera.

Mediante un obturador, que es un dispositivo neumático, solamente puede realizarse la detección de posiciones extremas, por lo cual suele ser utilizado como final de carrera de tope fijo. Por otro lado, los detectores de proximidad son utilizados para obtener señales sin contacto físico pudiendo detectar variaciones de distancia de 0,1 a 0,2 mm. Estos últimos suelen ser utilizados para realizar control de posición de elementos móviles.

Las barreras de aire por otra parte son utilizadas para el control de presencia o ausencia de una pieza. En caso de que exista la presencia de una pieza en el espacio existente entre una tobera emisora y una tobera receptora, el flujo de aire de una hacia otra será interrumpido, caso contrario será normal. En base a la señal de control que emite la tobera receptora, se puede realizar algún tipo de accionamiento.

Finalmente los sensores de fin de carrera son utilizados para detectar posición tanto en sistemas hidráulicos como neumáticos y son los más empleados en la práctica. Suelen ser activados mecánicamente y emiten señales de control ya sean neumáticas, hidráulicas o eléctricas.

1.5.1.2. Giro

El girar una pieza mientras interviene en un determinado proceso, puede implicar distintos procedimientos y movimientos ya que este giro puede darse sobre la pieza de

trabajo o en el sentido de circulación que lleva la misma ya que muchas de las veces suele ser necesario girar la pieza mientras avanza entre las diferentes estaciones de trabajo del proceso.

Según las normas VDI 3240, se deben tener en cuenta las siguientes definiciones:

Girar.- Es realizar un cambio de posición, mediante una oscilación de 180°, en la que el lado superior de una pieza pasa a ser el lado inferior; o el lado anterior el lado posterior. La figura 1.56 muestra un giro de 90° que se le da a una pieza en proceso de producción.

Desviar.- Es dar un cambio de sentido al movimiento de un material.

Voltear.- Es el cambio de posición dado a una pieza mediante el movimiento en una órbita circular, con el punto central dentro de la propia pieza.

En base a las definiciones anteriores, se puede posicionar la pieza de acuerdo a las necesidades que se presenten en el sistema de manera que el elemento pueda avanzar por las estaciones de trabajo y se puedan ir realizando las diferentes acciones sobre él.

Con el fin de ilustrar de mejor manera las posibles de posicionamiento en base a giros que se pueden dar a los elementos que intervienen en un proceso, se presentan a continuación las figuras 1.26 y 1.27 que muestran un giro de 90° a una pieza y un desvío de 180° en el circuito principal de una cadena de transporte respectivamente.

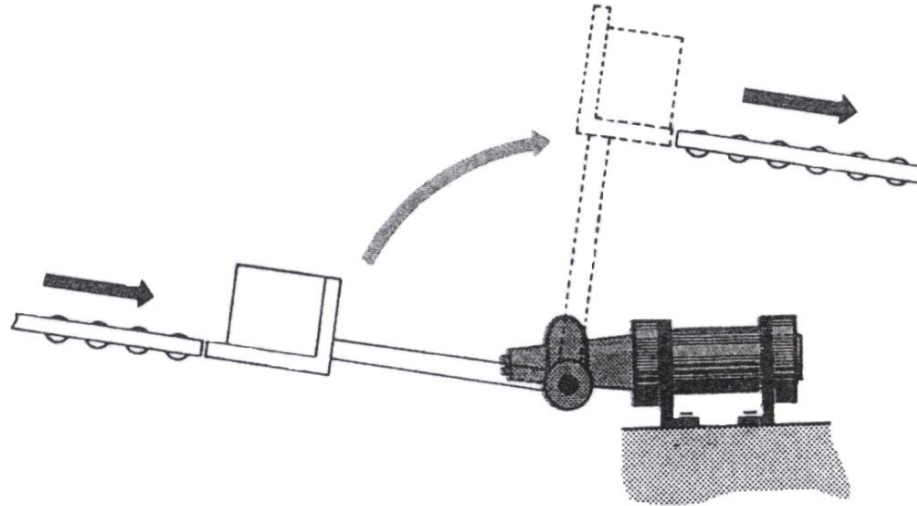


Figura. 1.26. Giro de 90° y elevación simultánea de una pieza desde la salida de la estación anterior a la entrada de la siguiente¹⁹

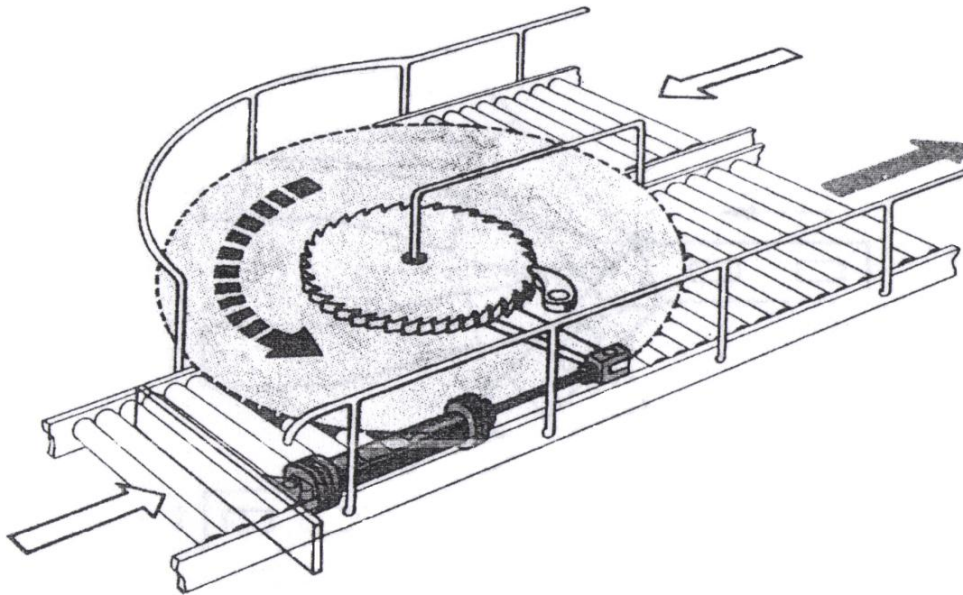


Figura. 1.27. Desvío de 180° en el circuito principal de una cadena de transporte¹⁸

Finalmente, cabe mencionar que las operaciones de posicionado son también funciones de transporte, por lo que se deben considerar como tales.

¹⁹ Fuente: Deppert, W y Stoll, K. Aplicaciones de la neumática. Alfaomega Grupo Editor S.A: México D.F. 2001.

1.5.2. Alimentación de piezas

En base a las normas VDI 3240, la alimentación de piezas está dividida en cuatro grupos:

- *Formación de reserva:* Almacenamiento.
- *Modificación de movimiento y de lugar:* Trasladar, desviar, juntar, distribuir, entrar, extraer.
- *Modificación de posición:* Ordenar, girar, oscilar, cambiar, posicionar.
- *Sujetar y soltar:* Sujeción alternativa.

Como se puede ver, algunas de las funciones mencionadas por las normas VDI 3240, fueron ya tratadas en la parte de posicionado. Resulta un tanto complicado entonces, el distinguir si una función es de posicionado o de alimentación. A raíz de ello se considera netamente una función de alimentación a aquellas que produce en la pieza un cambio en su movimiento y en su ubicación. En base a eso, se analizan los siguientes casos de alimentación:

1.5.2.1. Trasladar

Este tipo de movimiento es llevado a cabo generalmente por medio de cilindros de manera que empujan una pieza en una dirección determinada o bien accionan un dispositivo de transporte sobre el cual está situada la pieza.

El tipo de traslado que realizan los cilindros suelen ser rectilíneos y pueden darse de abajo hacia arriba y viceversa o de derecha a izquierda y viceversa.

1.5.2.2. Desviar

Se mencionó anteriormente el desviar como la acción de dar un cambio de sentido al movimiento de un material. Adicionalmente a eso, se puede desviar un material durante un proceso de producción para cumplir ciertas tareas como:

- Cambios de dirección durante el recorrido.
- Ordenar piezas en el lugar de almacenamiento (mediante un dispositivo de ramificación por ejemplo).
- La distribución de piezas desde el lugar de almacenamiento a varios puntos receptores.
- Sacar de la línea de producción las piezas mal ubicadas para volverlas a posicionar.
- Sacar y desechar las piezas defectuosas de la línea de producción.

Es así que acciones tales como las mencionadas anteriormente y otras más pueden ser llevadas a cabo mediante la acción de desviar de diferentes formas las piezas que intervienen en un determinado proceso.

1.5.2.3. Reagrupar

Esta función puede ser considerada como inversa a la de distribución ya que ambas cumplen la misma secuencia de movimientos en sentido inverso.

Con la reagrupación se consigue concentrar las piezas procedentes de varias cadenas de transporte en una sola, por la cual se guiará a las piezas a lo largo del proceso. Estas reagrupaciones pueden producirse a nivel del eje horizontal o también del eje vertical.

1.5.2.4. Distribuir

De acuerdo a la norma VDI 3240, la función de distribuir se la define de la siguiente manera: *“Distribuir, es realizar la entrega controlada de un cierto número de piezas de trabajo, o de una cierta cantidad de material, para un proceso de producción o para otros procesos de alimentación”.*

La mayoría de las veces, la distribución suele realizarse a la par con la alimentación, razón por la cual los dispositivos de distribución también son muchas de las veces dispositivos de alimentación.

Existen diversas formas de realizar funciones de distribución en los procesos automáticos tales como las siguientes:

- A partir de un almacén de caída por gravedad como lo muestra la figura 1.58, en donde el vástago del cilindro expulsa la pieza del dispositivo de almacenamiento y las piezas restantes siguen cayendo por acción de su propio peso.
- A partir de un almacén similar al de la figura 1.28 pero con salida superior, donde las piezas son presionadas hacia arriba por medio de resortes pretensados o por medio de un cilindro.
- Por medio de planos inclinados y dispositivos de conmutación que pasan de una rampa hacia otra un elemento a la vez.
- Utilizando ventosas de trabajo o electroimanes para la distribución de láminas de distinto material.
- Sujetando y distribuyendo las piezas por medio de herramientas como mandriles, pinzas u otras herramientas que se adopten a su forma.

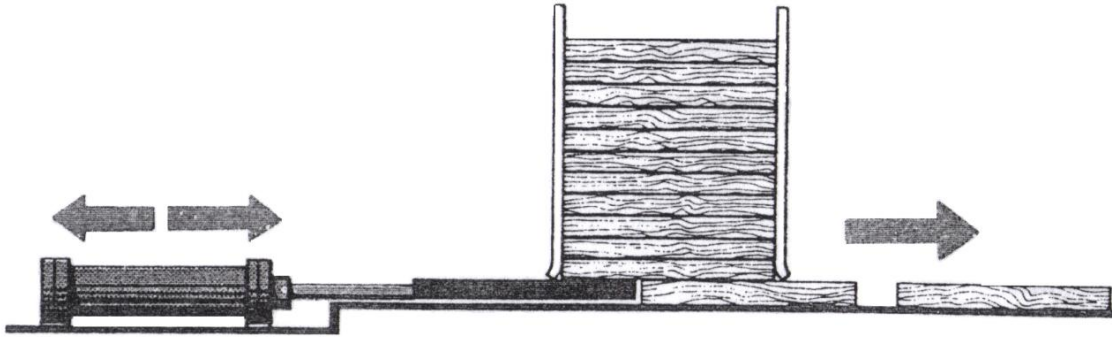


Figura. 1.28. Almacén de caída por gravedad²⁰

Con los procesos anteriores se podría entonces proporcionar los elementos necesarios para que cada estación lleve a cabo su trabajo sobre la pieza.

1.5.2.5. Introducir

La función de introducir, es precisamente aquella que se da como último movimiento en la función de alimentación y que representa el cambio de posición de la pieza antes de ser sujeta para el trabajo.

Según las normas VDI 3240, *“Introducir es el movimiento del material de alimentación de una posición de preparación a una posición de producción. Es pues, la última función con cambio de lugar del material en la línea de alimentación, antes del proceso de producción”*.

Se debe tomar en cuenta que algunos de los dispositivos realizan al mismo tiempo varias funciones como son las de distribuir, introducir y sujetar, por lo que estas están de una u otra manera asociadas entre sí.

²⁰ Fuente: Deppert, W y Stoll, K. Aplicaciones de la neumática. Alfaomega Grupo Editor S.A: México D.F. 2001.

1.5.3. Puesto de montaje

El puesto de montaje es el lugar de la estación de trabajo a donde llega la pieza a ser tratada y es sujeta por medio de las herramientas adecuadas para posteriormente llevar a cabo el proceso de modificación sobre la pieza. De acuerdo a cada caso se determinan los elementos de sujeción, las herramientas necesarias y los accionamientos de las mismas.

Existe una gran diversidad de actuadores y herramientas que se pueden utilizar en un puesto de montaje, sin dejar de considerar además que algunas veces se da también la intervención de la mano humana. De ahí que el objetivo que se debe perseguir sobre un puesto de montaje, es el de tratar de automatizar todas sus maniobras, de manera que el proceso se vuelva más rápido y preciso.

1.5.4. Avance lineal intermitente

Este tipo de sistema es utilizado para transportar las piezas a lo largo del sistema de producción de manera que cada cierto tiempo o espacio se realiza una determinada operación sobre el material. Así por ejemplo se lo utiliza en el caso de que el material tenga forma de cinta o de barra y debe ser trabajado en toda su longitud en pasos individuales.

Otro ejemplo de este tipo de sistema de avance lineal intermitente es el avance de una cinta transportadora, sobre la cual se colocan las piezas de trabajo las mismas que son llevadas de estación en estación.

Los métodos por los cuales se consigue el movimiento de estas bandas suelen ser distintos, lo importante es el conseguir de manera precisa las distancias que se requieran para que las piezas transportadas puedan ser tratadas por las estaciones de trabajo; aspecto que suele ser mucho más sencillo cuando se emplean controladores electrónicos y sensores que realicen este tipo de avance de manera automática.

1.5.5. Avance circular intermitente

Este tipo de avance o forma de transporte para las piezas de trabajo se da por medio de un disco circular, el mismo que lleva el elemento de trabajo por cada una de las estaciones involucradas en el proceso. Una de las grandes ventajas de este tipo de avance para las piezas es que generalmente requiere solamente de un puesto de carga y descarga independiente del número de estaciones de trabajo existentes.

El número de estaciones que uno de estos discos circulares puede cubrir depende del número de divisiones que se establezcan para su giro completo. Por ejemplo, si son tres divisiones, los ángulos de giro serán de 120° , si son 24 divisiones los ángulos de giro serán cada 15° y así sucesivamente. Estos platos pueden ser colocados tanto vertical como horizontalmente e inclusive en cualquiera de las posiciones intermedias entre estas dos. La figura 1.29 muestra un plato divisor en posición horizontal con ocho divisiones. Las estaciones 1 y 8 son las estaciones de carga y descarga respectivamente.

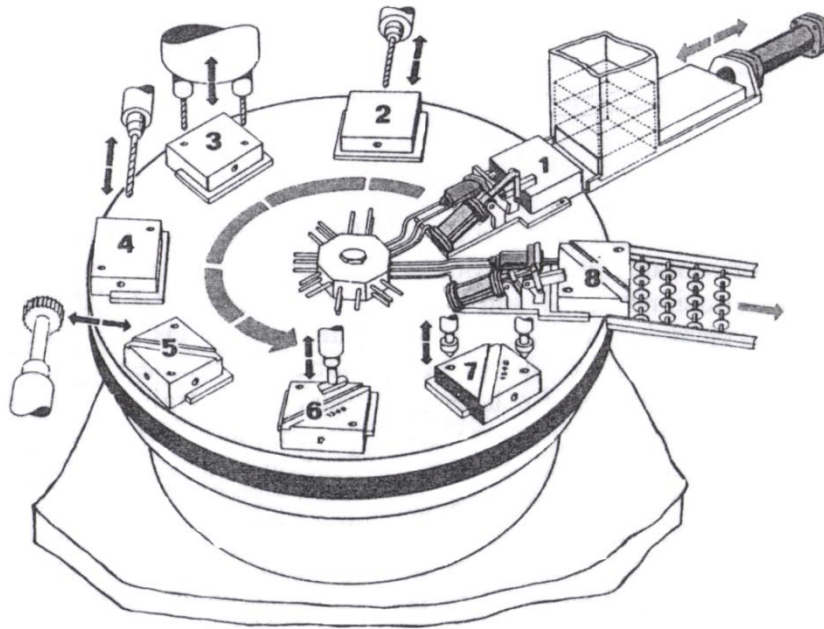


Figura 1.29. Plato divisor de ocho estaciones ²¹

²¹ Fuente: Deppert, W y Stoll, K. Aplicaciones de la neumática. Alfaomega Grupo Editor S.A: México D.F. 2001.

Cualquiera de estos platos divisores puede realizar funciones de carga, descarga y traslado de las piezas entre las diferentes estaciones de trabajo ubicadas alrededor del plato. Se debe considerar además que las dimensiones del diámetro del plato dependen del tamaño de las piezas que maneje y de las dimensiones de las estaciones de trabajo.

Con la ubicación adecuada del plato divisor, se pueden emplear unidades de trabajo que actúen sobre la pieza desde la parte inferior, además de las cinco caras sobre las cuales fácilmente se puede trabajar.

1.5.6. Accionamiento de puertas

Otras de las funciones importantes en un proceso de producción es aquella que permite abrir y cerrar puertas de elementos tales como hornos industriales, aberturas de salida y entrada en cadenas de producción, ventanas y cubiertas de protección, lugares de almacenamiento, etc.

El desplazamiento que se realice para abrir o cerrar la puerta puede ser horizontal o vertical y por lo general son acciones realizadas por medio de cilindros, aunque también suelen utilizarse motores.

1.6. Producción

Se debe tomar la producción como el conjunto de tareas realizadas por medio de diferentes estaciones de trabajo sobre una pieza, con el fin de modificarla a tal punto que de ella se obtenga un producto final con mayor funcionalidad que la que tenía al ingresar al sistema de producción.

Los sistemas de producción cuentan con una gran diversidad de máquinas para llevar a cabo todos los procesos necesarios. Es así que en los sistemas de producción en serie se

procura la construcción de máquinas especiales de acuerdo a la forma, tamaño y material de la pieza así como al proceso de trabajo que debe cumplir, con el fin de obtener resultados óptimos y económicos.

La manipulación y mecanización de las piezas, en relación a las funciones que se llevan a cabo, pueden llegar a automatizarse en cierto nivel de manera que se obtengan estaciones de trabajo completa o parcialmente automáticas con una gran flexibilidad en los procesos que lleven a cabo. Se debe considerar para esto, que el grado de automatización que se consiga en un proceso de producción, dependerá del presupuesto con el que se cuente para la adquisición de equipos y elementos para automatización.

Con el fin de conocer de manera un poco más detallada algunos de los procesos de producción que se llevan a cabo en la industria, se detallan a continuación algunos de ellos.

1.6.1. Taladrar

En la industria suele llevarse a cabo con mucha frecuencia procesos de taladrado de papel, cartón, madera, plástico y metal por lo que esta función es de gran importancia en ciertos procesos de producción.

Por lo general los taladros utilizados suelen tener mecanismos de accionamiento hidráulico o neumático con desplazamientos lineales o rotativos, por lo que pueden darse diferentes tipos de accionamiento para el avance y posicionamiento de la broca, la misma que está acoplada a un motor eléctrico para realizar su giro.

Un dato importante que se debe mencionar es que para los taladros accionados por medio de unidades oleoneumáticas lineales y rotativas se obtienen velocidades de avance regulables desde 30 mm/min hasta 6000 mm/min.

1.6.2. Tornear

En un proceso de torneado, los sistemas hidráulicos y neumáticos son empleados principalmente en los movimientos de avance que deben realizarse para que el torno actúe sobre la pieza. Estos movimientos pueden realizarse en dos direcciones: en dirección axial de la pieza a tornear para el cilindrado exterior o interior y el taladrado; y en dirección perpendicular al eje del torno para ranurar, tronzar o refrentar. Ambas direcciones de movimiento pueden conseguirse por medio de actuadores lineales considerando la velocidad y precisión del mismo.

1.6.3. Fresar

Al igual que en el proceso de torneado, en las fresas se puede utilizar actuadores lineales hidráulicos o neumáticos que permitan automatizar el avance de su mesa, obteniendo de esta manera mejor regulación y exactitud en el movimiento. Es así que se puede desplazar la mesa mediante avances continuos o ubicándola en posiciones determinadas. Estos movimientos pueden ser controlados por medio de mandos programados, secuencialmente o como una combinación de ambos.

El avance automático al retroceso representa también una gran simplificación en el proceso de trabajo y en la mayoría de los casos un aumento en la capacidad de producción. Se puede notar claramente entonces que al realizar los movimientos de posicionamiento de esta manera, se gana en tiempo y precisión, por lo que resulta una muy buena posibilidad de mejorar los niveles de producción en cierto proceso industrial.

1.6.4. Aserrar

El proceso de aserrar es muy similar al de fresado revisado anteriormente, la diferencia se basa en la herramienta utilizada en el proceso de trabajo, pues en este caso se utilizan sierras.

Para una máquina de aserrar, se pueden utilizar actuadores lineales hidráulicos o neumáticos de acuerdo al material sobre el cual se vaya a trabajar, pues si se trata de metales es recomendable recurrir a actuadores hidráulicos por la fuerza que de ellos se obtiene.

Los desplazamientos pueden realizar de dos formas:

- Desplazando las sierras mientras las piezas de trabajo permanecen fijas.
- Desplazando las piezas a mecanizar mientras las sierras permanecen fijas.

1.6.5. Acabado de precisión

Como su nombre lo indica, esta función abarca algunos procesos que permiten dar a la pieza en producción una mejora en la calidad de su acabado superficial. Procesos tales como escariar, pulir y rectificar, entre otros permiten llevar a cabo acciones tales como las siguientes:

- Conseguir un acabado fino y de precisión en agujeros que han sido previamente taladrados.
- Mejorar el aspecto visual, el tacto y la funcionalidad de las piezas elaboradas.
- Corregir fallas en la pieza de tal manera que la misma logre la exactitud que debe tener.

En este tipo de procesos se puede utilizar actuadores hidráulicos o neumáticos para manipular la pieza mientras se realiza sobre ella el proceso deseado. Para ello es importante que la presión de apriete sea constante y regulable de manera que se pueda lograr una alta precisión en el proceso.

1.6.6. Conformar

En los movimientos de conformación la fuerza es el factor principal que hay que considerar por encima de la exactitud y la regularidad con la cual se realiza el proceso, los cuales en la mayoría de los procesos tienen una importancia secundaria.

Se entiende pues por procesos de conformación actividades tales como: perforar, cortar, estampar, grabar, achaflanar, perfilar, doblar o remachar. Partiendo del número de actividades que se pueden realizar dentro de esta función, se utilizan también un sinnúmero de herramientas para llevarlas a cabo.

CAPÍTULO 2

ELECTRÓNICA DE CONTROL EN MECÁNICA DE FLUIDOS

2.1. Importancia de la automatización en sistemas neumáticos e hidráulicos

Sin lugar a duda, la automatización de sistemas a nivel industrial e inclusive en ciertos procesos no técnicos, ha llegado a convertirse en una verdadera ventaja para cada uno de los sectores que la emplean. Esto se ve reflejado en ciertas ventajas tales como, la mejora de la calidad de los procesos que se realizan, la velocidad para realizar los mismos e inclusive en el tipo de trabajo que se puede llevar a cabo con un sistema automatizado.

Es así que los sistemas de automatización han adquirido una importancia primordial en el desarrollo de la mayoría de actividades industriales ya que estos han permitido aumentar la productividad de las empresas y a consecuencia mejorar los ingresos de las mismas.

En la actualidad, la mayoría de empresas a nivel mundial buscan automatizar sus procesos de producción, pues están conscientes que a pesar de que ello representa una considerable inversión económica, los resultados se verán posteriormente con el aumento de sus ingresos. Con esta consigna, lo que buscan hacer es automatizar algunos de los procesos con los que ya cuentan, adquirir nuevos equipos que permitan reemplazar ciertas máquinas no automáticas e inclusive aumentar sus estaciones de trabajo.

Los sistemas neumáticos e hidráulicos han sido muy empleados durante algún tiempo en la industria formando parte de equipos y maquinaria no automática. El reto en la actualidad está en seguir empleando el mismo tipo de sistemas por las ventajas que ellos pueden dar en los procesos de producción, tales como fuerza, presión, torque, etc., pero formando parte de sistemas automatizados.

De esta manera, se puede valorar la importancia de la automatización de sistemas neumáticos e hidráulicos, pues la funcionalidad de los mismos dentro de ciertos procesos industriales es realmente necesaria y muy difícil de reemplazar utilizando otro tipo de sistemas. Además, casi en todas las industrias, la mayoría de maquinaria que poseen utiliza energía neumática e hidráulica por lo que para automatizar sus procesos será necesario empezar por automatizar los sistemas que poseen y adicionalmente adquirir nuevos equipos.

Para dar una idea más amplia de la importancia que constituye el uso de sistemas neumáticos e hidráulicos en la automatización de procesos, se presentan a continuación algunas industrias junto con las aplicaciones en las que emplean este tipo de sistemas:

- *Industria agrícola.*- Dispositivos oscilantes, de elevación y giratorios
- *Industria agropecuaria.*- Dispositivos para extracción de estiércol, clasificación de huevos y esquilado.
- *Industria energética.*- Correderas y compuertas automáticas, dispositivos de frenado, accionamiento de válvulas y rejillas.
- *Industria química.*- Dispositivos para cierre de tapas, instalaciones de dosificación, accionamiento de rodillos en mezcladores de laboratorio, dispositivos de elevación y descenso para baños, accionamiento de compuertas, etc.
- *Industria de plástico.*- Transporte y distribución de plástico fundido, accionamiento de válvulas y cuchillas, dispositivos de prensado, de soldadura, de conformación y de moldeadoras.
- *Industria de materiales para la construcción.*- Accionamiento de moldes, multivibradores contra la formación de atascos y accionamiento de puertas en hornos.
- *Industria metalúrgica.*- Máquinas laminadoras y separadoras, dispositivos de sujeción, de estampado, de corte y de rebordoneado, aparatos para marcar, moldeadoras, remachadoras y transporte de material.

- *Industria textil.*- Accionamiento de válvulas, dispositivos de apilado, transporte y corte. Dispositivos para enrollar ovillos y dispositivos de prensado.
- *Industria alimenticia.*- Mando de cierre de silos y dosificadores, máquinas de empaquetamiento y etiquetamiento, dispositivos de envase, de transporte y de selección.

Estas entre muchas de las aplicaciones en las cuales los sistemas automáticos neumáticos e hidráulicos pueden ser utilizados, lo que muestra claramente que son ampliamente utilizadas en la industria y que el automatizarlas constituye una gran ventaja para las compañías y en la actualidad se ha vuelto un aspecto sumamente importante y necesario.

2.2. Mecanismos y dispositivos electrónicos de control

Existen algunos dispositivos electrónicos que permiten realizar ciertas funciones de control en sistemas hidráulicos y neumáticos. Estos elementos intervienen en los circuitos de acuerdo a la función que cumplen y pueden estar divididos en los siguientes grupos:

- Sensores:
 - Pulsadores e interruptores
 - Finales de carrera
 - Sensores de proximidad
- Elementos de control:
 - Relés
 - Contactores
 - Presóstatos
 - Electroválvulas
 - PLC's

Estos entre los elementos que se utilizan generalmente en los circuitos neumáticos o hidráulicos, llamados también de mando, y en los circuitos electrónicos, llamados también de control. Es importante entonces conocer las características de cada uno de ellos con el fin de poder emplearlos en los sistemas electroneumáticos y electrohidráulicos que se desarrollarán más adelante.

Vale mencionar que la simbología utilizada para representar cada uno de los elementos que se estudiarán a continuación, se la puede encontrar en el Anexo 2 al final del texto.

2.2.1. Interruptores

Un interruptor es un dispositivo utilizado para cambiar el curso de un circuito, su accionamiento es mecánico y consiste en unir dos contactos entre sí, de manera que permitan cerrar o abrir el circuito eléctrico.

Existen tres tipos de contacto que se emplean en los interruptores, estos son:

- Contacto de cierre normalmente abierto (NA o NO en inglés).
- Contacto de apertura normalmente cerrado (NC).
- Contacto múltiple o conmutador (NA – NC).

Dentro de los interruptores existen también dos grupos de acuerdo a su modo de funcionamiento, estos son los interruptores sin retención y los interruptores con retención, los mismos que se describen a continuación.

2.2.1.1. Interruptores sin retención

Son aquellos interruptores que mantienen un determinado estado mientras son accionados y regresan a su estado inicial cuando dejan de ser accionados. Pueden encontrarse con los tres tipos de contactos mencionados anteriormente.

2.2.1.2. Interruptores con retención

Son aquellos que mantienen su estado después de haber sido accionados y solo regresan a su posición inicial si son accionados nuevamente. La retención de posición de estos interruptores suele darse mecánicamente.

2.2.2. Sensores

Un sensor de manera general es un dispositivo capaz de transformar magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas para su posterior tratamiento.

Básicamente los sensores que se emplean en sistemas electroneumáticos y electrohidráulicos son aquellos que permiten conocer el estado momentáneo de un elemento o componente por medio de algún tipo de señal que de ellos se genera. Sin embargo pueden utilizarse, de acuerdo a la aplicación, diferentes tipos de sensores que manejen variables tales como temperatura, intensidad lumínica, aceleración, presión, fuerza, torsión, etc.

Se estudian a continuación los cuatro principales tipos de sensores, basados principalmente en la detección de proximidad. A partir de ellos se podrán desarrollar las prácticas de laboratorio posteriormente.

2.2.2.1. Sensores mecánicos

Son sensores que basan su funcionamiento en una activación mecánica, ya sea por contacto o por proximidad. Dentro de este tipo de sensores mecánicos, los más empleados en los sistemas en estudio son los de final de carrera y los de proximidad, los mismos que se describen a continuación:

Final de carrera mecánico

Es también conocido como sensor de contacto o interruptor de límite y suele estar ubicado al final del recorrido de un elemento móvil. Internamente puede contener contactos NA, NC o conmutadores, de acuerdo a la operación que cumplan al ser accionados.

Por lo general están formados de dos partes: un cuerpo en donde se encuentran los contactos y una cabeza que detecta el movimiento. Son muy utilizados en máquinas que tienen un movimiento rectilíneo de ida y vuelta o que siguen una trayectoria fija como por ejemplo ascensores, robots, etc.



Figura. 2.1. Final de carrera mecánico²²

²² Fuente: <http://industrial.omron.es>

Detector de proximidad magnético

Es también llamado *Reed Switch* y básicamente consiste en un interruptor eléctrico activado por medio de un campo magnético.

Está formado por un par de contactos ferrosos encerrados al vacío dentro de un tubo de vidrio, de manera que al acercarse un campo magnético, los contactos se unen cerrando un circuito eléctrico. Cuando el campo magnético se aleja, los contactos se separan debido a su rigidez. El campo magnético puede ser generado por un imán permanente o por una bobina.

Una de las grandes ventajas que presenta este sensor de proximidad, es que al estar encerrado en un tubo de vidrio al vacío, la chispa que genera no produce ningún tipo de riesgo en el ambiente; es por ello que se los utiliza en lugares con atmósferas explosivas.

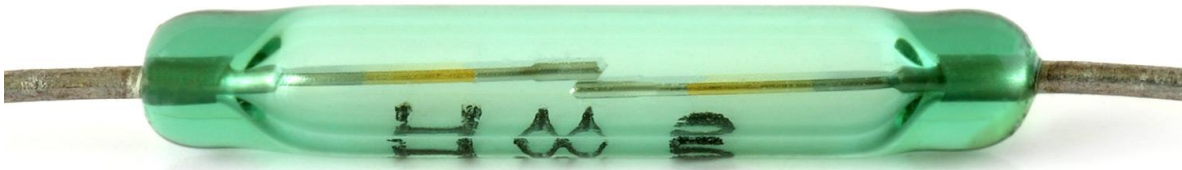


Figura. 2.2. Final de carrera mecánico²³

2.2.2.2. Sensores inductivos

Son sensores accionados sin contacto que permiten detectar la presencia de materiales metálicos ferrosos. Son utilizados para el control de presencia, de paso, de atasco, de posicionamiento, de codificación y de conteo.

²³ Fuente: <http://commons.wikimedia.org>

Están formados internamente por una parte sensora, constituida por un oscilador, y otra que procesa las señales, tal como lo muestra la figura 2.3.

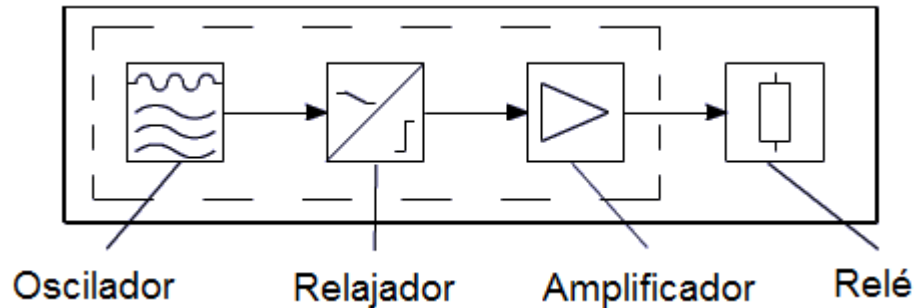


Figura. 2.3. Esquema interno de un sensor inductivo²⁴

El oscilador consta de una bobina y un condensador que oscilan a su propia frecuencia y que se ve afectada por el acercamiento de objetos metálicos. Cada vez que ocurre esto, el relajador junto con el amplificador se encargan de generar un pulso de activación que acciona el relé y a consecuencia el sensor entrega una señal de salida.

2.2.2.3. Sensores capacitivos

Su funcionamiento está basado en el mismo principio que los sensores inductivos, pues consta de los mismos elementos internos. La diferencia radica en que este sensor puede ser activado no solamente por materiales metálicos como es el caso de los sensores inductivos, sino que puede activarse también por materiales tales como madera, granulados, agua, aceite, harina, azúcar, etc. La figura 2.4 muestra un sensor capacitivo de la marca Festo. En constitución física son muy similares a los sensores inductivos.

²⁴ Fuente: <http://www.emagister.com>



Figura. 2.4. Sensor capacitivo²⁵

2.2.2.4. Sensores ópticos

Estos sensores, utilizados también para la detección de presencia de objetos, basan su funcionamiento en el principio de reflexión e interrupción del haz de luz de acuerdo al material que se quiera sensor. En base a ello, existen tres principios de funcionamiento sobre los cuales operan estos sensores, ellos son:

- *Barreras de luz con receptor y emisor separados.*- En estos el haz de luz es interrumpido por la presencia del cuerpo; en ese momento el sensor produce una señal de activación.
- *Barreras reflectivas con emisor y receptor en un cuerpo y un reflector por separado.*- El cuerpo interrumpe el haz de luz al pasar entre el emisor y el reflector.
- *Palpador reflectivo con emisor y receptor en un cuerpo y el objeto a sensor como reflector.*- En este caso el propio cuerpo que se quiere detectar hace las veces de reflector. Para emplear este método, se debe considerar que el cuerpo sea

²⁵ Fuente: <http://www.festo.com>

de un material reflectivo y que la distancia entre el emisor y el cuerpo no sea muy grande. La figura 2.5 muestra uno de estos sensores.



Figura. 2.5. Sensor óptico²⁶

En los sensores ópticos suelen utilizarse generalmente un diodo luminoso como emisor y un fototransistor como receptor.

2.2.3. Relés

Un relé es un interruptor de accionamiento electromagnético controlado por electricidad, que permite abrir o cerrar uno o varios contactos que intervienen en circuitos eléctricos independientes. Al ser un elemento de control, es utilizado principalmente en circuitos que manejan tensiones o corrientes bajas, por lo que conmutan con poca energía; sin embargo, es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada.

Al igual que en los interruptores, los contactos del relé pueden ser normalmente abiertos (NA), normalmente cerrados (NC) o de conmutación.

El principal elemento constitutivo del relé es un electroimán, el mismo que por el campo magnético que genera debido al paso de corriente por él, hace que los contactos cerrados se abran y los contactos abiertos se cierren, permitiendo o no el paso de corriente

²⁶ Fuente: <http://www.veset.cl>

en los circuitos a los cuales fueron conectados. La figura 2.6, muestra un esquema detallado de los elementos que componen un relé.

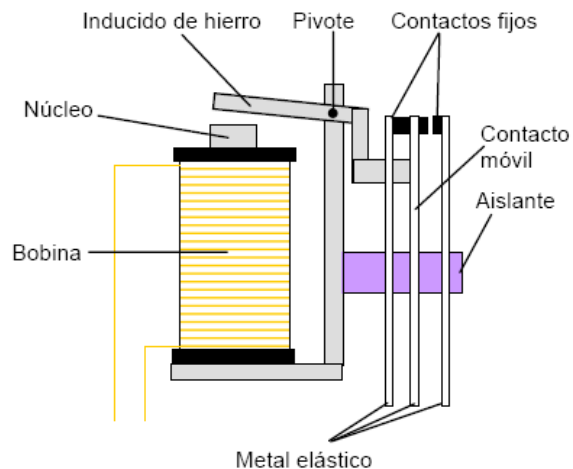


Figura. 2.6. Constitución física de un relé²⁷

La gran ventaja que presentan los relés, es la completa separación eléctrica entre la corriente de accionamiento (la que circula por la bobina del electroimán) y los circuitos controlados. Esto permite controlar circuitos con voltajes o potencias altas, con pequeñas señales de control.

Por otro lado, se tienen también los llamados relés de estado sólido o relés electrónicos, que están formados por un optoacoplador, un circuito de disparo y un triac. Las grandes ventajas de estos sobre los relés electromecánicos son básicamente dos: Al no tener piezas móviles, tienen un tiempo de vida mayor; y no provocan chispa al abrir o cerrar los circuitos, por lo que pueden ser utilizados en ambientes inflamables.

Se tienen también relés temporizadores, los mismos que se describen a continuación.

²⁷ Fuente: <http://platea.pntic.mec.es>

2.2.3.1. Relés con cierre retardado

También llamado temporizador *on-delay*, permite retardar el cierre o apertura de sus contactos ya que después de conectar la corriente de excitación, transcurre un tiempo Δt hasta que se activa la bobina del relé y se cierran o se abren sus respectivos contactos. Al retirar la energía de la bobina, los contactos vuelven a su estado inicial.

El gráfico 2.7 muestra un diagrama en el tiempo del funcionamiento de este tipo de relé.

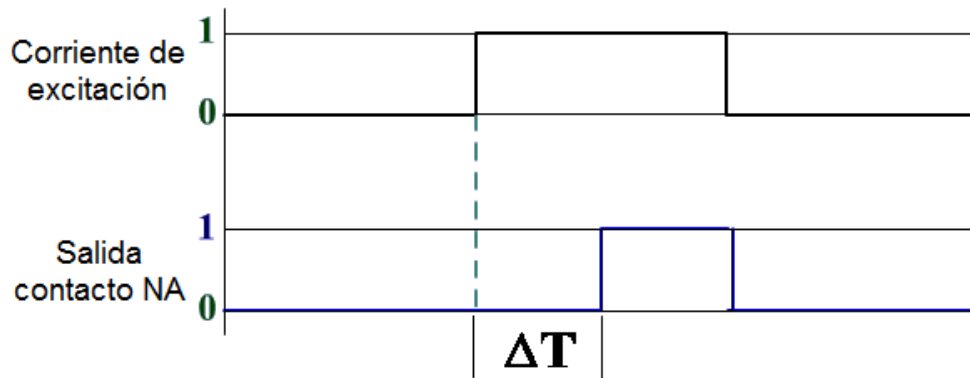


Figura. 2.7. Relé con cierre retardado²⁸

2.2.3.2. Relés con apertura retardada

También llamado temporizador *off-delay*, permite que después de retirar la corriente de excitación, transcurra un tiempo Δt tras el cual los contactos del relé vuelven a su estado inicial sin activación. La figura 2.8 muestra un diagrama en el tiempo del funcionamiento de este tipo de relé.

²⁸ Fuente: <http://www.emagister.com>

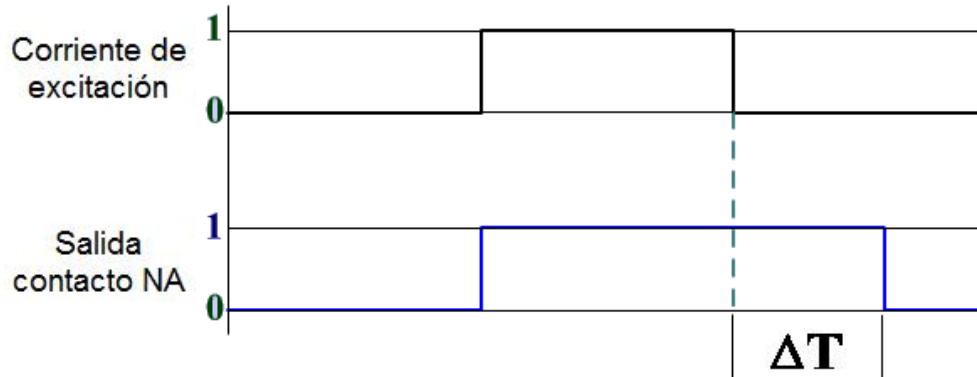


Figura. 2.8. Relé con apertura retardada²⁹

2.2.4. Contactores

Su funcionamiento es similar al de los relés descritos anteriormente; la diferencia entre ambos consiste en que los contactos de los contactores pueden manejar tensiones elevadas y grandes corrientes, pudiendo de esta manera activar grandes potencias con pequeñas señales de mando.

De igual manera, los contactos del contactor pueden ser normalmente abiertos (NA), normalmente cerrados (NC) o de conmutación y pueden intervenir tanto en los circuitos de control como en los circuitos de potencia.

2.2.5. Electroválvulas

Las electroválvulas son los dispositivos que permiten convertir las señales eléctricas en señales neumáticas o hidráulicas. Están formadas por dos partes principales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte la energía eléctrica en energía mecánica que permite activar la válvula.

²⁹ Fuente: <http://www.emagister.com>

Existen varios tipos de válvulas como por ejemplo aquellas en las que el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento. Generalmente las válvulas con un solenoide, llamadas también monoestables, se mantienen cerradas por medio de un muelle, lo que significa que para que la válvula se abra, el solenoide debe superar la fuerza del muelle y permanecer activado consumiendo energía mientras la válvula deba estar abierta.

También existen válvulas biestables que son aquellas en las que se utiliza un solenoide para abrir la válvula y otro para cerrarla; o aquellas que tienen un solo solenoide que mediante un impulso abren la válvula y con otro impulso la cierran.



Figura. 2.9. Electroválvula biestable³⁰

Al igual que con los interruptores, las electroválvulas pueden ser normalmente abiertas (NA) de manera que dejan pasar el fluido cuando no hay alimentación, o normalmente cerradas (NC) de manera que no dejan pasar el fluido mientras no hay alimentación.

Finalmente, existen dos tipos de electroválvulas más. Aquellas que en lugar de abrir o cerrar, lo que hacen es conmutar la entrada entre dos salidas y aquellas en las que el

³⁰ Fuente: <http://www.festo-didactic.com>

solenoides no controla directamente la válvula sino que se vale de una válvula piloto secundaria de manera que ella, utilizando la energía del propio fluido, activa la válvula principal.

2.2.6. Presóstatos

Son también conocidos como interruptores de presión ya que permiten abrir o cerrar un circuito eléctrico de acuerdo a la presión que ejerza un fluido sobre él.

Su funcionamiento se basa en la presión que el fluido ejerce sobre un pistón interno haciendo que éste se mueva hasta que se unan dos contactos. Cuando la presión disminuye, un resorte regresa el pistón a su posición inicial separando los contactos. La presión de activación del presóstato puede ser ajustada calibrando la fuerza del resorte. Generalmente puede regularse la presión de encendido como la presión de apagado.

Al contrario de las electroválvulas, los presóstatos permiten transformar las señales neumáticas o hidráulicas en señales eléctricas. La señal que entregan es de tipo on/off pero no tiene la suficiente capacidad para accionar equipos, por lo que hay que recurrir a relés o contactores, tomando la señal del presóstato como la señal de activación de la bobina de estos elementos.

La figura 2.10 muestra un presóstato desactivado. En el momento que la presión del fluido que ingresa por la parte inferior supere la fuerza del resorte, el pistón se desplazará hacia arriba y conmutará hacia el otro contacto.

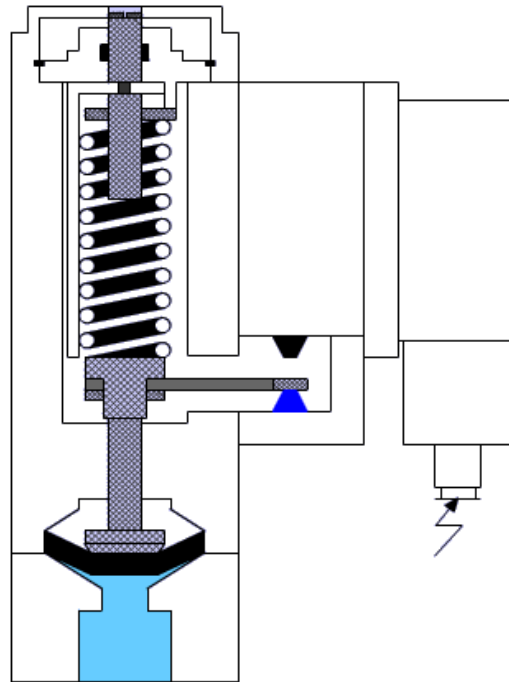


Figura. 2.10. Presóstato³¹

2.2.7. Controladores Lógicos Programables (PLC)

Los PLC (*Programmable Logic Controller*) son dispositivos electrónicos muy utilizados en la automatización industrial. Entre las tareas más importantes que se realizan mediante los PLC's están el control de la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, el cálculo de operaciones aritméticas, manejo de señales analógicas, implementación de controladores PID, etc.

Los PLC's sin lugar a duda, son los dispositivos de control más empleados actualmente en las industrias debido a la alta confiabilidad, gran eficiencia y flexibilidad que ellos brindan a los procesos. Son adecuados para casos en los que existe peligro debido al medio ambiente, alta repetibilidad, altas temperaturas, ruido ambiente o eléctrico, suministro de energía eléctrica no confiable, vibraciones mecánicas, etc.

³¹ Fuente: <http://www.emagister.com>

Otra de las grandes ventajas que presentan estos dispositivos es el hecho que pueden comunicarse con otros controladores y computadores en redes de área local; además forman parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

Los puertos de comunicación que los PLC's pueden incluir, son los siguientes: RS-232, RS-485, RS-422 y Ethernet. Mientras que los protocolos más utilizados para establecer la comunicación son los siguientes: Modbus, Bus CAN, Profibus, Devicenet, Controlnet y Ethernet IP.

Existen varios lenguajes sobre los cuales se puede programar los PLC's, entre ellos se tiene: diagrama de escalera, lista de instrucciones, programación por estados, diagramas de flujo y recientemente los diagramas por bloques de función que emplea compuertas lógicas y bloques con diferentes funciones conectados entre sí.

No es tema de este texto el describir como se realiza la programación de los PLC's; se ha hecho una breve descripción de ellos con el fin de conocer sus características más importantes y a consecuencia contemplarlos como una importante opción al momento de implementar los circuitos de control para los sistemas electroneumáticos y electrohidráulicos que se desarrollen en capítulos posteriores y en definitiva en cualquier aplicación práctica que se lleve a cabo en el laboratorio o en la industria.



Figura. 2.11. Micro PLC LOGO! Siemens³²

³² Fuente: <http://www.siemens.com>

2.3. Diagramas y representación de automatismos

Hasta este punto del texto, se han revisado prácticamente todos los elementos y equipos que se utilizarán posteriormente en el desarrollo de las prácticas de laboratorio; tanto elementos hidráulicos y neumáticos como eléctricos y electrónicos. Sin embargo, un aspecto importante que se debe tomar en cuenta para el desarrollo de sistemas automáticos, ya sean estos electroneumáticos o electrohidráulicos, son los diagramas y procedimientos que permitan representar los automatismos que se implementarán.

Existen algunos sistemas empleados en la representación gráfica de los automatismos, los mismos que como principal característica, deben permitir pocas posibilidades de confusión en su interpretación con el fin de evitar equivocaciones o falsas interpretaciones.

Se describen a continuación algunos de estos sistemas con el fin de poder conocer sus características principales y saber cómo aplicarlos a los sistemas que se desarrollen.

2.3.1. Sistema simplificado

Este es un sistema muy sencillo que solamente hace referencia a los movimientos de la máquina teniendo en cuenta el orden en que suceden. Es así que para la representación del proceso se deben seguir las siguientes reglas:

- Nombrar a los cilindros con letras mayúsculas en orden alfabético: A, B, C, etc.
- Cuando el vástago del cilindro salga, se debe escribir A+, B+, C+, etc.
- Cuando el vástago del cilindro entre, se debe escribir A-, B-, C-, etc.

Así por ejemplo en una máquina de remachado (con un sistema como el mostrado en la figura 1.3) que cuente con dos cilindros: uno que realiza el desplazamiento de la remachadora que hace el remache en la pieza que será llamado A y otro que por medio de

una mordaza neumática sujeta la pieza a perforar y que será llamado B. El proceso sería el siguiente:

- Cerrar la mordaza de manera que la pieza quede fija.
- Avanzar la máquina de remachar.
- Retroceder la máquina de remachar.
- Liberar la pieza, abriendo la mordaza.

Haciendo uso del sistema simplificado, este procedimiento podría ser escrito de la siguiente manera:

- B+
- A+
- A-
- B-

Vale recalcar que por medio de este sistema no se tiene información tal como si el ciclo empieza de forma manual o automática, si hay algún sistema de detección de la pieza en la mordaza, que ocurre cuando termina el ciclo, etc. La única información que proporciona es una idea general del ciclo que se lleva a cabo.

2.3.2. Plano de desarrollo de programa

A diferencia del sistema simplificado, por medio de esta representación, se muestran todos los pasos y recorridos que se llevan a cabo en el sistema de una manera secuencial.

Para realizar un plano de desarrollo de programa, se utilizan los conocidos diagramas de flujo con la función que cada uno de ellos implica. Algunos de los principales símbolos utilizados para realizar planos de desarrollo de programa se muestran en la tabla 2.1.





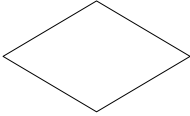


Símbolo	Función
	Operación general
	Entrada – Salida
	Operación manual
	Subprograma
	Condición
	Posición de transición
	Principio – Final

Tabla 2.1. Principales símbolos utilizados para planos de desarrollo de programa según DIN 66001

De manera general, este tipo de representación suele estar dividida en dos partes: la primera que prevé las condiciones iniciales del proceso y la segunda que presenta el programa propiamente dicho.

Retomando el ejemplo de la máquina remachadora, se presenta a continuación el plano de desarrollo de programa para dicho proceso.

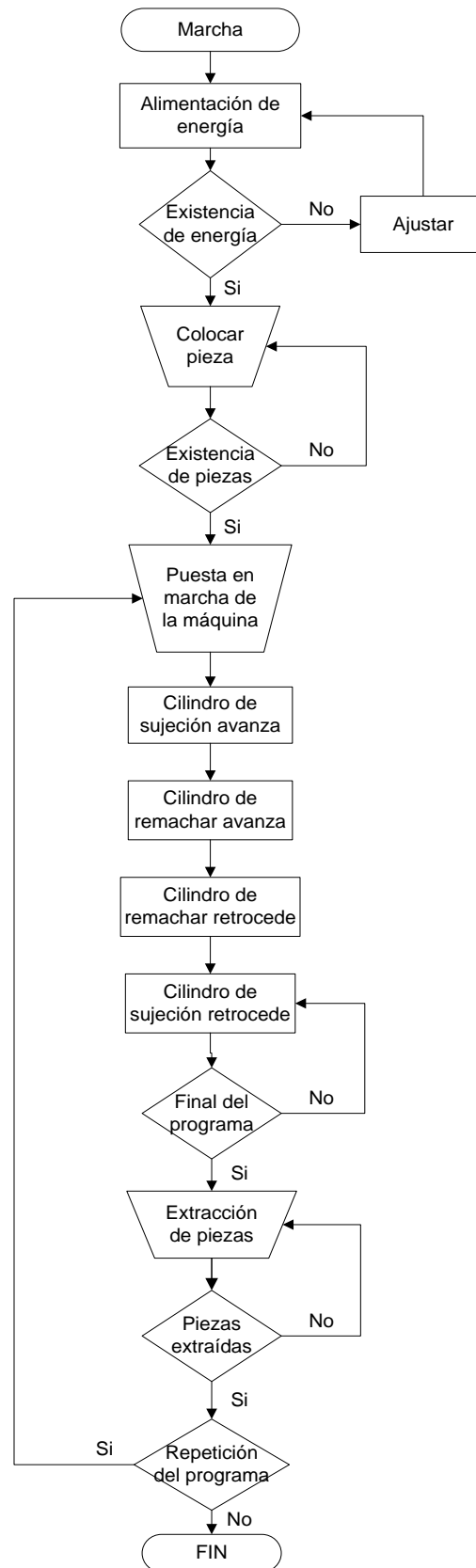


Figura. 2.12. Plano de desarrollo de programa para una máquina remachadora

2.3.3. Diagrama de funcionamiento espacio-fase

Se lo realiza mediante una representación gráfica en un sistema de ejes cartesianos, donde el funcionamiento de cada actuador está representado por una banda horizontal. En dicha banda, el borde inferior corresponde a la posición retraída del vástago del cilindro, mientras que el borde superior corresponde a la posición de final de carrera del mismo. De esta manera, el eje de las ordenadas representa las posiciones del cilindro y las abscisas las fases de las cuales el ciclo está compuesto.

Se muestra en la figura 2.13 el diagrama espacio-fase para la máquina de remachado de la cual se ha venido hablando.

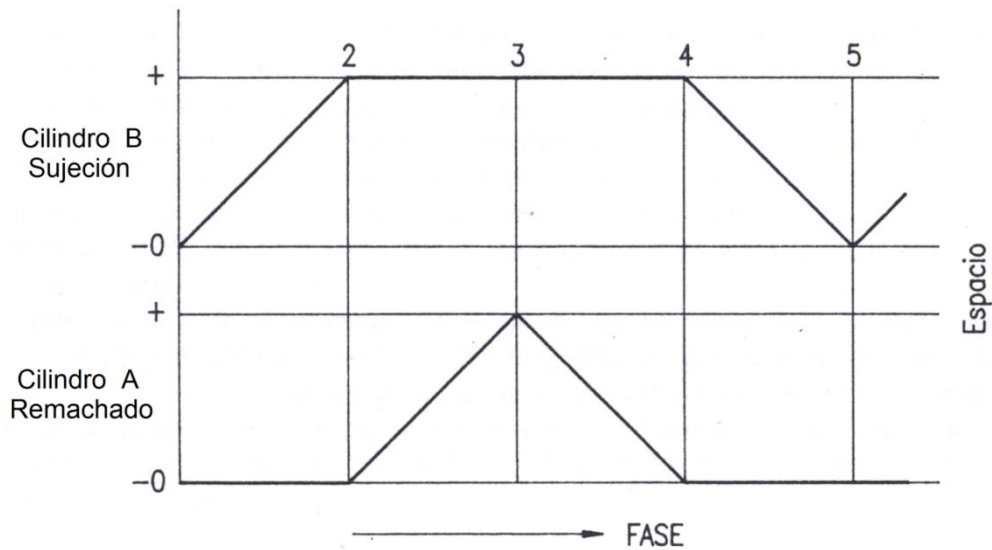


Figura. 2.13. Diagrama espacio-fase para la máquina de remachado³³

Hay que tomar en cuenta que en esta representación no interviene el tiempo por lo que el ancho de las bandas verticales es igual para todas las fases. Además no se toma en cuenta la distancia de la carrera de cada cilindro por lo que la altura de las bandas es igual para todos los actuadores que intervienen en el sistema.

³³ Fuente: Deppert, W y Stoll, K. **Aplicaciones de la neumática**. Alfaomega Grupo Editor S.A: México D.F. 2001.

2.3.4. Diagrama de funcionamiento espacio-tiempo

Este diagrama es muy similar al anterior, solamente que en este se introduce el concepto tiempo. Se mantiene en el eje de las ordenadas una banda para cada actuador mientras que en el eje de las abscisas, en lugar de fases iguales, se representa el tiempo en una escala apropiada que permita cubrir el ciclo completo.

La figura 2.14 muestra el diagrama espacio-tiempo para la máquina de remachado que se ha tomado como ejemplo.

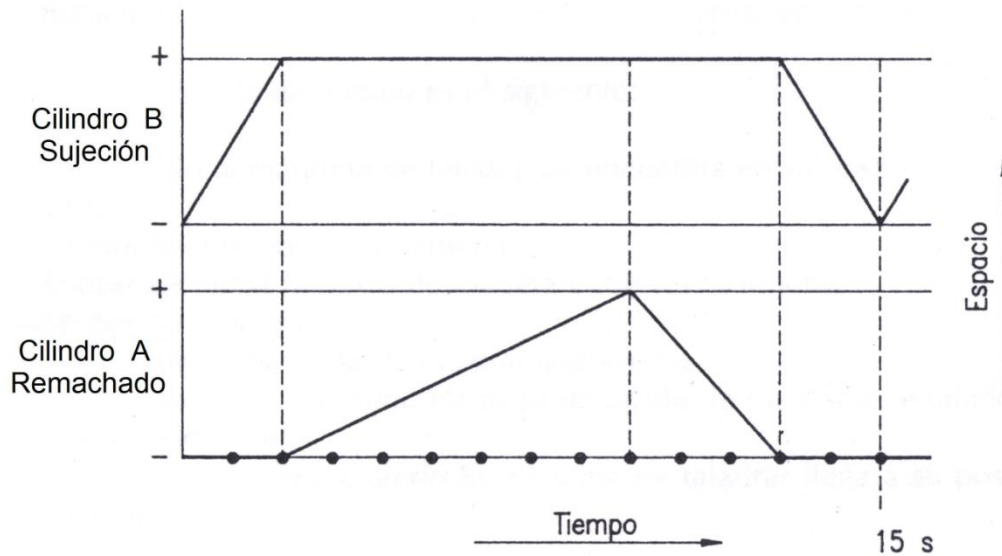


Figura. 2.14. Diagrama espacio-tiempo para la máquina de remachado³⁴

En la figura 2.14 se puede ver que cuando se tiene un trazo muy inclinado, se supone un avance rápido del vástago del cilindro mientras que cuando se tiene un trazo poco inclinado, se supone un avance lento del mismo. De esta manera, con estas inclinaciones que presenta el gráfico, se puede intuir de buena manera la velocidad de movimiento de los actuadores.

³⁴ Fuente: Deppert, W y Stoll, K. Aplicaciones de la neumática. Alfaomega Grupo Editor S.A: México D.F. 2001.

2.4. Esquemas básicos electroneumáticos y electrohidráulicos

Ahora que ya se han abordado prácticamente todos los temas necesarios para poder realizar el diseño y la implementación de sistemas electroneumáticos y electrohidráulicos, se presentan a continuación unos sistemas muy sencillos, a manera de ejemplo, de sistemas que posteriormente serán de gran utilidad para llevar a cabo las prácticas de laboratorio que se planteen.

De esta manera se describen a continuación tres sistemas muy elementales pero a la vez muy útiles que permiten manipular cilindros de doble efecto. Para cada uno de ellos se presenta una breve descripción de funcionamiento, el esquema eléctrico de control y el esquema neumático o hidráulico, según sea el caso.

2.4.1. Ciclo semiautomático de un cilindro neumático de doble efecto (con distribuidor de un solenoide y retorno por resorte).

En este ejemplo se pretende hacer que con una pulsación momentánea sobre un pulsador eléctrico, un cilindro neumático de doble efecto alcance su final de carrera y regrese a su posición inicial tras activar un final de carrera electromecánico, quedando de esta manera listo para una nueva pulsación.

Para ello se disponen de los siguientes elementos:

- Un cilindro neumático de doble efecto: 1.0
- Una válvula distribuidora 5/2 vías con un solenoide (Y1) y retroceso por resorte: 1.1
- 2 reguladores de caudal para control de velocidad del cilindro: 1.01 y 1.02
- Un final de carrera electromecánico: FC1
- Un pulsador eléctrico: P1

- Un relé de dos contactos: 1-CR

El funcionamiento se da de esta manera:

- El ciclo se inicia cuando se activa P1 y se excita la bobina de R1.
- Se hace un enclavamiento de la activación utilizando los contactos de 1-CR.
- Mediante un contacto de 1-CR, se excita el solenoide Y1 de la válvula distribuidora.
- El vástago del cilindro sale a la velocidad ajustada en el regulador de flujo 1.02.
- Al llegar el vástago a su final de carrera, activa FC1 lo que produce el corte de energía a la bobina de 1-CR y a consecuencia la desactivación del solenoide Y1.
- El vástago del cilindro regresa a su posición inicial a la velocidad ajustada en el regulador de flujo 1.01.
- El circuito queda listo para un nuevo ciclo.

Se presentan a continuación los dos esquemas que componen el sistema, tanto el eléctrico como el neumático. Vale mencionar que para el sistema neumático no se pone todo lo que interviene en la generación y preparación del aire comprimido ya que solo se trata de un ejemplo; posteriormente para las prácticas de laboratorio que se realicen, se deberán considerar todos esos factores que en un sistema real no pueden pasar por alto.

Esquema eléctrico o de control:

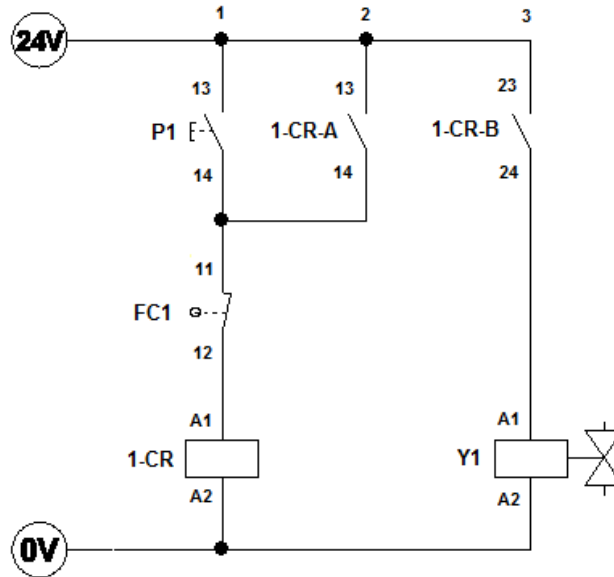


Figura. 2.15. Ciclo semiautomático de un cilindro neumático de doble efecto (esquema eléctrico).

Esquema neumático o de fuerza:

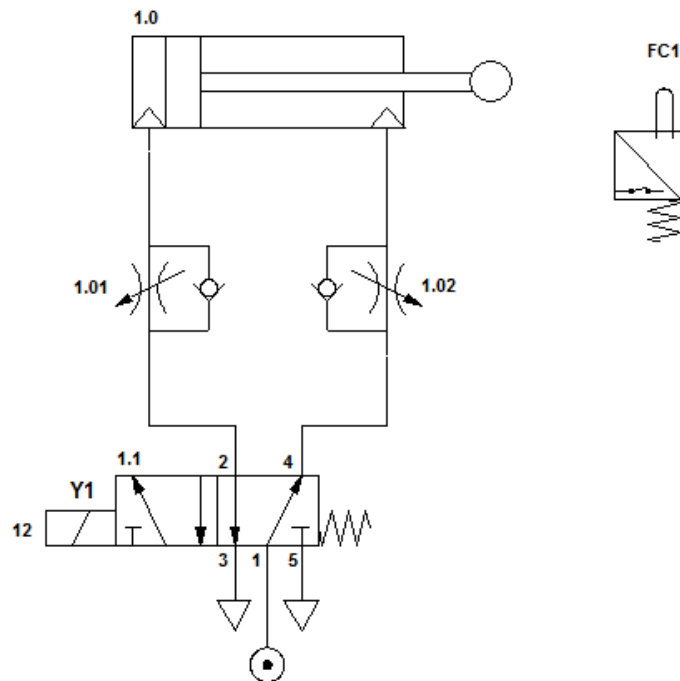


Figura. 2.16. Ciclo semiautomático de un cilindro neumático de doble efecto (esquema neumático)

2.4.2. Ciclo automático de un cilindro neumático de doble efecto (con distribuidor de dos solenoides).

Para este caso se pretende que un cilindro neumático de doble efecto realice ciclos continuos de vaivén con su vástago, basándose en la activación de dos finales de carrera electromecánicos ubicados al inicio y al final de la distancia que el vástago recorre.

Los elementos que se van a utilizar son los siguientes:

- Un cilindro neumático de doble efecto: 1.0
- Una válvula distribuidora 5/2 vías con dos solenoide (Y1 y Y2): 1.1
- Una válvula de escape rápido para el retorno del vástago del cilindro: 1.01
- Un regulador de caudal para controlar la velocidad de salida del cilindro: 1.02
- Dos final de carrera electromecánico: FC1 y FC2.
- Un pulsador eléctrico de dos posiciones: P1

El funcionamiento se da de la siguiente manera:

- De acuerdo a la posición de P1, el sistema estará continuamente alimentado (lo que permitirá su funcionamiento continuo de forma automática) o no.
- Si se desactiva P1, el cilindro completará su carrera y se detendrá con el vástago retraído.
- Cuando el vástago está retraído, se activa FC1 lo que a la vez excita el solenoide Y1 y activa la válvula distribuidora haciendo que el vástago salga. Mientras efectúa su recorrido, FC1 deja de estar accionado.
- Cuando el vástago alcanza su final de carrera, se activa FC2 lo que produce el excitamiento del solenoide Y2 haciendo que la válvula distribuidora conmute su posición y el vástago regrese a su posición inicial.

- La velocidad de salida del cilindro depende de la regulación que se le dé al regulador de caudal 1.02.
- Al ser la válvula 1.01 una válvula de escape rápido, permite que la velocidad de retorno del vástago sea muy rápida.

Hay que tomar en cuenta que en el sistema se utiliza una electroválvula biestable cuya activación y desactivación se da por pulsos momentáneos en sus solenoides. No es necesaria entonces una activación constante de sus solenoides para mantener su posición.

Una vez descrito el funcionamiento del sistema, al igual que en el ejemplo anterior, se presentan a continuación los dos esquemas que componen el sistema, tanto el eléctrico como el neumático.

Esquema eléctrico o de control:

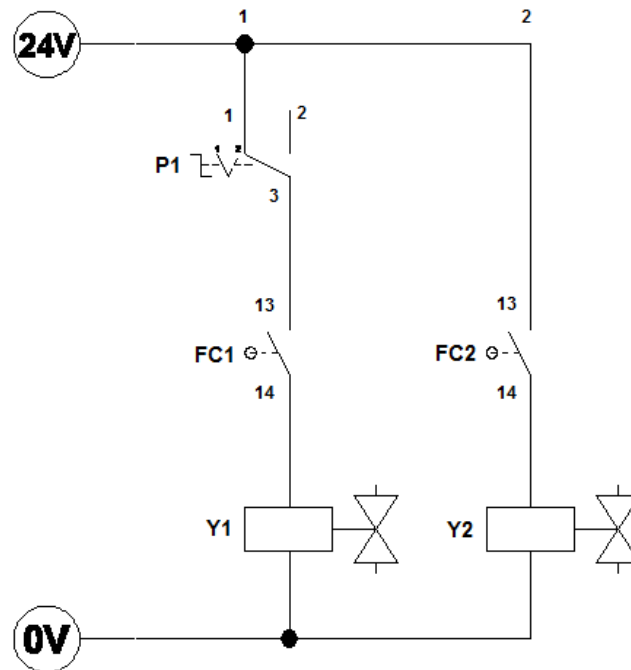


Figura. 2.17. Ciclo automático de un cilindro neumático de doble efecto (esquema eléctrico)

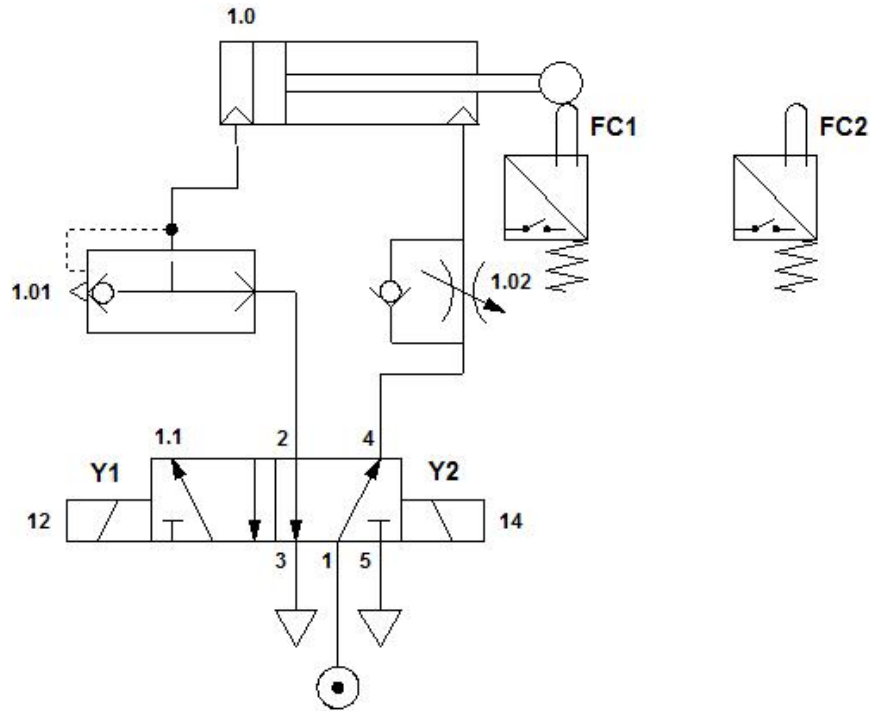
Esquema neumático o de fuerza:

Figura. 2.18. Ciclo automático de un cilindro neumático de doble efecto (esquema neumático)

2.4.3. Manejo manual de un cilindro hidráulico de doble efecto (con distribuidor de dos solenoides).

Mediante este ejemplo se pretende manipular de manera manual un cilindro hidráulico de doble efecto de manera que por medio de un pulsador eléctrico de activación momentánea se inicie la salida del vástago del cilindro y por medio de otro pulsador del mismo tipo se realice el regreso del mismo. La diferencia con los ejemplos anteriores es que para este, tanto la activación de salida como de regreso del vástago son manuales y pueden ser activadas a cualquier momento de su recorrido, no necesariamente al inicio o al final de su carrera.

Los elementos que se emplean para este sistema son los siguientes:

- Cilindro hidráulico de doble efecto: 1.0
- Una válvula distribuidora 4/3 vías con dos solenoides (Y1 y Y2): 1.1
- Un regulador de caudal para controlar la velocidad de entrada del vástago: 1.01
- Un pulsador NC que permita el paro del sistema: P1
- Dos pulsadores eléctricos con contactos conmutados sin enclavamiento mecánico: P2 y P3
- Dos relés: 1-CR Y 2-CR

En base a los elementos mencionados anteriormente, el funcionamiento del sistema estaría dado de la siguiente manera:

- Al pulsar P2, se excita la bobina del relé 1-CR, se cierra su contacto y por medio de este se enclava su activación y la del solenoide Y1 de la válvula distribuidora. En caso de que la maniobra contraria esté activada, se la desactiva por medio del contacto NC de P2. Se produce entonces la salida del vástago.
- Al pulsar P3, se excita la bobina del relé 2-CR, se cierra su contacto y por medio de este se enclava su activación y la del solenoide Y2 de la válvula distribuidora. De manera similar, si la maniobra contraria está activada, se desactiva por medio del contacto NC de P3. Se produce de esta manera el retorno del vástago.
- Al pulsar P1, el cilindro se quedará en la posición que tenga al instante en que fue pulsado. Debido a que ningún solenoide está excitado, la válvula distribuidora pasa entonces a la posición del centro, lo cual bloquea el movimiento del cilindro.
- La velocidad de ingreso del vástago puede ser regulada por medio de la válvula reguladora de caudal 1.01.

En base a la descripción del funcionamiento del sistema, se presentan a continuación los dos esquemas que componen el sistema, tanto el eléctrico como el neumático.

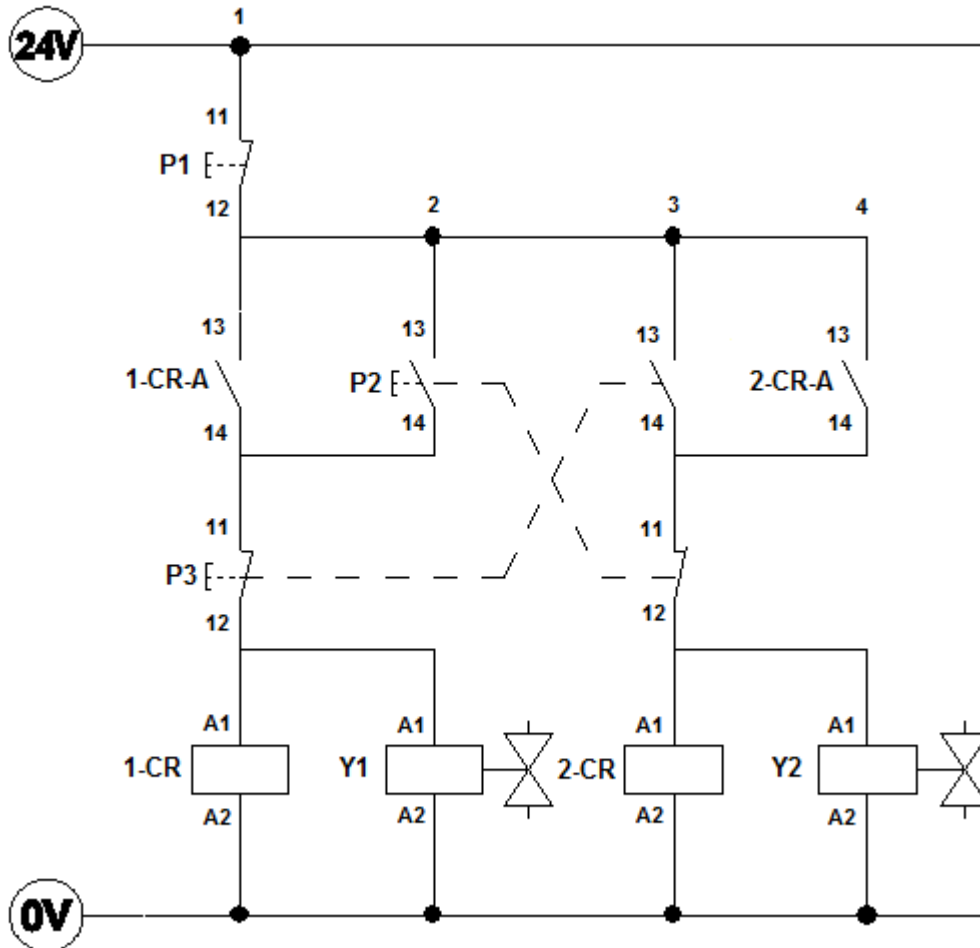
Esquema eléctrico o de control:

Figura. 2.19. Ciclo manual de un cilindro hidráulico de doble efecto (esquema eléctrico)

Esquema hidráulico o de fuerza:

Cabe mencionar que en este esquema no constan todos los elementos necesarios para la generación del fluido para el sistema, se utiliza nada más el símbolo correspondiente a una fuente de presión hidráulica para simplificar todos los componentes, los mismos que se deberán tomar en cuenta en el desarrollo de las prácticas de laboratorio.

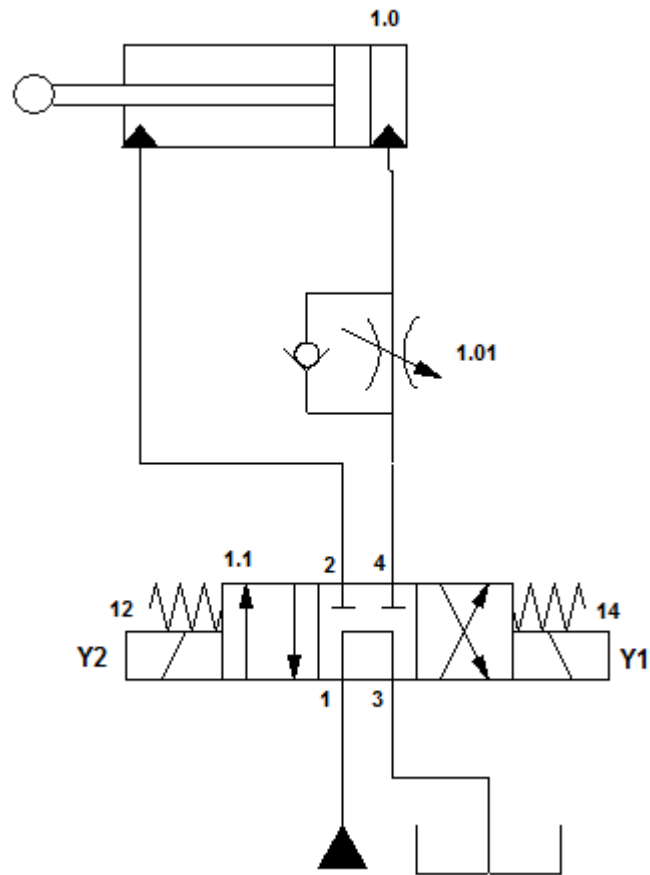


Figura. 2.20. Ciclo manual de un cilindro hidráulico de doble efecto (esquema hidráulico)

CAPÍTULO 3

ESTUDIO DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO

3.1. Descripción de los equipos

Para adentrarse ya en lo que se refiere a la implementación del laboratorio y posteriormente a la realización de las prácticas en el mismo, es necesario conocer a fondo los equipos con los cuales se cuenta. Es así que a continuación se presenta una descripción tanto funcional como técnica de los equipos de tal forma que se conozcan de ellos todas sus características y funciones.

3.1.1. Descripción funcional y características

En esta sección se pretende agrupar los equipos con los que se cuenta de acuerdo a los módulos que formarán parte del laboratorio para posteriormente dar una descripción de las funciones que se pueden llevar a cabo con ellos y mencionar ciertas características que permitan conocer la capacidad de trabajo de los mismos.

Cabe mencionar antes, que el costo de la inversión que realizó la ESPE para la implementación de este laboratorio fue de US\$60.000,00 al precio de US\$20.000,00 por cada módulo adquirido (tanto electrohidráulico como electroneumático)

Los módulos de trabajo con los cuales contará el laboratorio son los siguientes:

- 2 Módulos de electroneumática, como el que se muestra en la figura 3.1.
- 1 Módulo de electrohidráulica, el mismo que se muestra en la figura 3.2.



Figura. 3.1. Módulo de electroneumática (su aspecto posterior es similar)

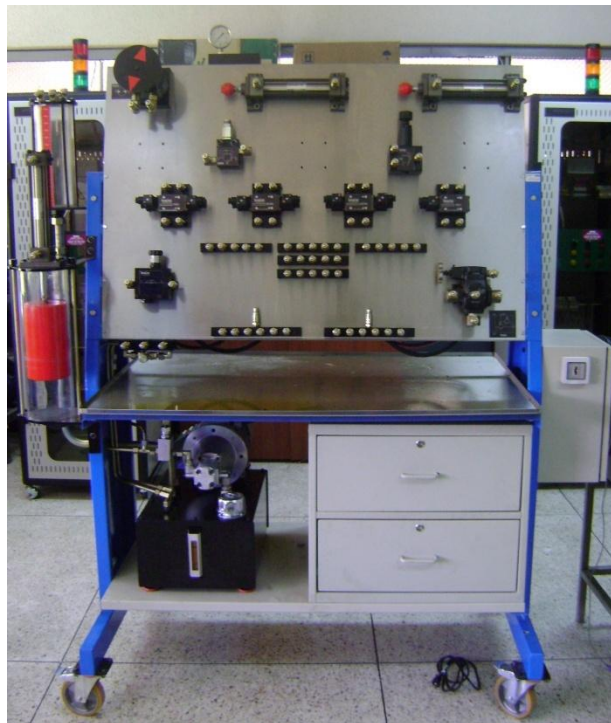


Figura. 3.2. Módulo de electrohidráulica

Cabe mencionar que cada módulo de electroneumática tiene dos puestos de trabajo, por lo que en ambos módulos podrían trabajar cuatro grupos de estudiantes al mismo tiempo.

Se detallan a continuación los equipos que forman parte de cada módulo junto con ciertas características de los mismos que permitirán conocer de manera breve su funcionalidad.

Módulos de electroneumática:

Mediante estos módulos se pretenden llevar a cabo sistemas electroneumáticos que impliquen la manipulación de cilindros de simple y doble efecto, el manejo de electroválvulas distribuidoras, el empleo de válvulas reguladoras de flujo, el uso de sensores y la respectiva manipulación de las señales generadas por los mismos, el uso de temporizadores e inclusive el control completo de los sistemas por medio de PLC's.

Bajo esa consideración, cada uno de estos módulos está formado por los siguientes elementos (todos de marca SMC), clasificados por la función que cumplen:

Estructura, almacenamiento y seguridad:

- 1 estructura metálica para montaje.
- 1 sistema de seguridad.

Generación y preparación del aire comprimido:

- 1 compresor portátil.
- 1 unidad de mantenimiento.

Actuadores:

- 2 cilindros de simple efecto.
- 2 cilindros de doble efecto con conectores reguladores de caudal manuales.
- 4 cilindros de doble efectos con sensores de posición.

Electroválvulas:

- 6 válvulas 5/2 vías monoestables.
- 6 válvulas 5/2 vías biestables.
- 2 válvulas 3/2 vías monoestables (1 NA y 1 NC).

Sensores eléctricos:

- 4 finales de carrera eléctricos.
- 1 sensor de presión digital.
- 2 sensores capacitivos.
- 2 sensores inductivos.
- 2 sensores fotoeléctricos.

Módulos de comando:

- 2 fuentes de poder de 24 VDC.
- 2 módulos de botoneras con 3 botones cada una.
- 6 módulos de relés.
- 2 módulos de parada de emergencia.
- 2 módulos temporizadores.
- 2 módulos de control con Micro PLC.

Conectores, tuberías y cables:

- 10 conectores Tee de 6 mm.
- 10 conectores unión de 6 mm.
- 10 tapones de 6 mm.
- 10 metros de tubo de polietileno de 6 mm de diámetro.
- 40 cables rojos de conexión de 1 m de longitud.
- 20 cables negros de conexión de 1 m longitud.
- 30 cables rojos de conexión de 0,5 m longitud.
- 30 cables negros de conexión de 0.5 m longitud.

Adicionalmente existen tres elementos que serán utilizados para todos módulos de acuerdo a las necesidades del sistema que se implemente. Estos son:

- 1 electroválvula proporcional con regulación de flujo.
- 1 electroválvula proporcional con regulación de presión.
- 1 electroválvula proporcional 5/2 vías.

Módulo de electrohidráulica:

De igual manera, mediante este módulo se pretende llevar a cabo sistemas electrohidráulicos que impliquen la manipulación de cilindros de doble efecto y de motores reversibles, el manejo de electroválvulas distribuidoras, válvulas de control de presión, válvulas de control de flujo y también el uso de sensores de presión.

Es así que este módulo está formado por los siguientes elementos, de acuerdo a la función que cumplen:

Estructura y almacenamiento:

- 1 estructura metálica con ruedas, cubierta de acero inoxidable y dos cajones.
- 1 bandeja de acero inoxidable.

Central hidráulica:

- 1 motor de 2 HP.
- 1 bomba doble.
- 1 depósito de 50 litros con termómetro incluido.
- 1 válvula limitadora de presión.
- 1 manómetro 0 – 2000 PSI.
- Filtros.
- 1 caja eléctrica con circuito partida – parada para el motor.

Actuadores:

- 2 cilindros de doble efecto.
- 1 motor hidráulico reversible.
- 1 cilindro de doble efecto con sistema de peso.

Válvulas distribuidoras:

- 1 válvula 4/2 vías monoestable.
- 1 válvula 4/2 vías biestable.
- 2 válvulas 4/3 vías biestables.

Válvulas de control de presión:

- 2 válvulas limitadoras de presión directa.
- 1 válvula reductora de presión de 3 vías.
- 1 válvula limitadora de presión indirecta con CR.

Válvulas de control de flujo:

- 1 válvula reguladora de caudal unidireccional compensado con llave de seguridad de 2 vías con CRR.
- 1 válvula de secuencia de acción directa.
- 2 válvulas reguladoras de caudal unidireccional.

Válvulas de control de bloqueo:

- 2 válvulas de paso.
- 2 válvulas de retención simple.
- 1 válvula de retención pilotada.

Aparatos de medición:

- 1 medidor de volumen con tres llegadas.
- 2 manómetros con glicerina.

Tuberías y accesorios:

- 10 mangueras flexibles de 800 mm.
- 6 mangueras flexibles de 1200 mm.
- 1 manifold de presión con 6 salidas.

- 1 manifold de retorno con 6 salidas.
- 5 manifold distribuidores con 5 salidas.

3.1.2. Descripción técnica

Una vez que se han mencionado de manera ordenada y agrupada los equipos y elementos que forman parte de los módulos de laboratorio de electrofluidos, se muestra a continuación una descripción técnica de aquellos dispositivos que requieran de la misma, con el fin de evitar su incorrecta manipulación y a la vez aprovechar todas sus características en los sistemas que se lleven a cabo con ellos.

Se recomienda, para cuando se mencione, revisar en el Anexo 3 el datasheet del elemento, el mismo que entregará una descripción mucho más profunda y detallada del mismo.

3.1.2.1. Equipos de los módulos electroneumáticos

Sistema de seguridad:

Este sistema de seguridad, mostrado en la figura 3.3 tiene por función permitir o no el paso del fluido hacia el sistema implementado. Cuenta con dos elementos constitutivos: la VM230, que es una válvula con activación mecánica de 3/2 vías que en sí es el elemento que permite o no el paso del aire comprimido y el VR3100, que indica la presencia de aire comprimido a través de la tubería. Se describen a continuación las características técnicas de cada una de ellas:



Figura. 3.3. Sistema de seguridad neumático

VM230:

- **Tipo:** Válvula 3/2 vías con selector de dos posiciones por llave.
- **Presión de operación:** 0 a 1.0 MPa.
- **Temperatura adecuada del fluido:** - 5 a 60°C.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** R(PT).

VR3100:

- **Presión de operación:** 0,1 a 0,8 MPa.
- **Temperatura adecuada del fluido:** - 5 a 60°C.
- **Tamaño del conector:** 1/8".
- **Tipo de conector:** R(PT).

Se recomienda ver el datasheet de cada uno de estos elementos en el anexo 3, al final del texto.

Compresor portátil Campbell Hausfeld HL410100

El compresor del cual se obtendrá el aire comprimido para los sistemas que se lleven a cabo en los módulos es el que se presenta en la figura 3.4 y tiene las siguientes características:

- **Alimentación eléctrica:** 120 VAC, 12.5 A, 60 Hz, 1PH
- **Potencia del motor:** 1.3 HP
- **Presión máxima:** 125 PSI
- Capacidad del acumulador: 10 galones.
- **Conector de salida de aire:** 1/4" R(PT).



Figura. 3.4. Compresor portátil

Al tratarse de un compresor portátil, presenta la ventaja de que puede ser trasladado fácilmente de un lugar a otro ya que posee dos ruedas que facilitan su movilización.

Unidad de mantenimiento:

La unidad de mantenimiento con la que se cuenta en los módulos electroneumáticos es la que se muestra en la figura 3.5. Está formada por un filtro, un regulador de presión y un lubricador, los mismos que se describen a continuación:

Filtro:

- **Modelo:** AF20-02C-C.
- **Presión máxima:** 1.0 MPa.
- **Rango de temperatura:** -5 a 60 °C.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** R(PT).
- **Amplitud nominal de sus orificios:** 5 µm relativos.

Regulador de presión:

- **Modelo:** AR20-02E.
- **Presión máxima:** 1.0 MPa.
- **Rango de presión ajustable:** Entre 0.05 y 0.85 MPa.
- **Rango de temperatura:** -5 a 60 °C.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** R(PT).

Lubricador:

- **Modelo:** AL20-02-C.
- **Presión máxima:** 1.0 MPa.
- **Rango de temperatura:** -5 a 60 °C.

- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** R(PT).
- **Lubricante recomendado:** ISO VG32.



Figura. 3.5. Unidad de mantenimiento neumático

En caso de requerir mayores especificaciones de los elementos que forman la unidad de mantenimiento, se recomienda revisar los respectivos datasheets que se encuentran en el Anexo 3 al final del texto.

Cilindro de simple efecto SAI2027-CL:

Es el que se muestra en la figura 3.6 y tiene las siguientes características:

- **Diámetro:** 25 mm.
- **Carrera:** 25 mm.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** R(PT).
- **Presión máxima:** 1.0 MPa.



Figura. 3.6. Cilindro de simple efecto

Cilindro de doble efecto SAI2026-CL-2:

Una fotografía de este cilindro se muestra en la figura 3.7. Tiene las siguientes características:

- **Diámetro:** 25 mm.
- **Carrera:** 125 mm.
- **Tamaño del conector:** 1/4" con regulación manual de caudal.
- **Tipo de conector:** R(PT).
- **Presión máxima:** 1.0 MPa.



Figura. 3.7. Cilindro de doble efecto sin sensores reed

Cilindro de doble efecto SAI2026-CL-3:

Muy similar al anterior, con la única diferencia de que este cuenta con dos sensores reed para la detección de posición del vástago. El cilindro se muestra en la figura 3.8. Tiene las siguientes características:

- **Diámetro:** 25 mm.
- **Carrera:** 125 mm.
- **Tamaño del conector:** 1/4" con regulación manual de caudal
- **Tipo de conector:** R(PT).
- **Presión máxima:** 1.0 MPa.
- 2 sensores de posición acoplados al cilindro con las siguientes características:
 - Sensores tipo reed switch.
 - Montaje con banda.
 - 24 VDC.
 - 5 a 40 mA.
 - Indicador luminoso de estado del sensor.



Figura. 3.8. Cilindro de doble efecto con sensores reed

Válvula 3/2 vías monoestable SAI2050-CL:

Se trata de una válvula direccional como la que se muestra en la figura 3.9. Sus características son las siguientes:

- **Tamaño del conector:** 1/4" .
- **Tipo de conector:** R(PT).
- **Rango de presión de trabajo:** 0.1 a 0.7 MPa.
- **Consumo de energía:** 0.55 W
- Solenoide de 24 VDC, 25 mA.
- Indicador LED para la activación del solenoide.
- Puede ser NA o NC.

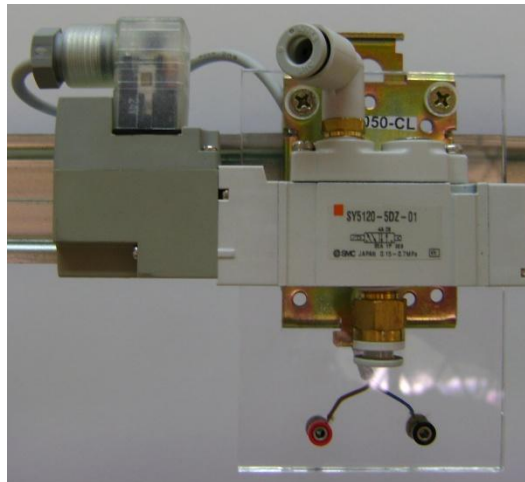


Figura. 3.9. Válvula 3/2 vías monoestable

Válvula 5/2 vías monoestable SAI2052-CL:

Es la que se muestra en la figura 3.10 y tiene las siguientes características:

- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** R(PT).
- **Rango de presión de trabajo:** 0.1 a 0.7 MPa.
- **Consumo de energía:** 0.55 W
- Solenoide de 24 VDC, 25 mA.
- Indicador LED para la activación del solenoide.

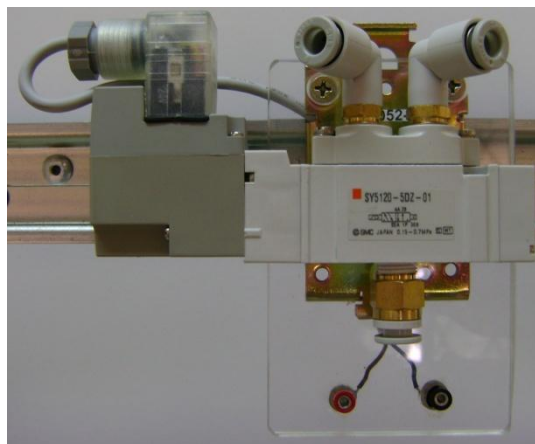


Figura. 3.10. Válvula 5/2 vías monoestable

Válvula 5/2 vías biestable SAI2053-CL:

La figura 3.11 muestra una imagen de esta válvula, cuyas características son:

- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** R(PT).
- **Rango de presión de trabajo:** 0.1 a 0.7 MPa.
- **Consumo de energía:** 0.55 W
- Solenoide de 24 VDC, 25 mA.
- Indicador LED para la activación del solenoide.

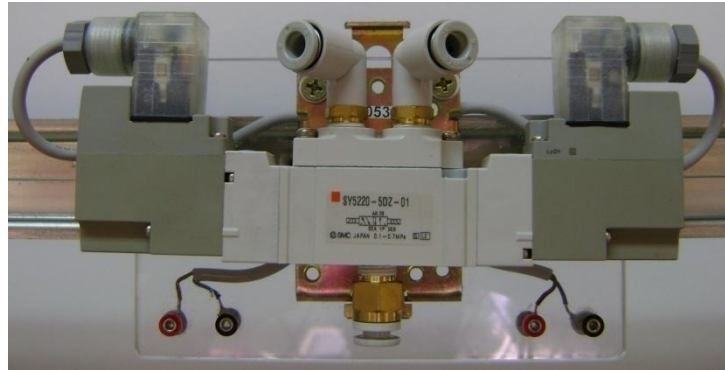


Figura. 3.11. Válvula 5/2 vías biestable

Válvula electroneumática proporcional con regulación de flujo VEF3121

Se trata de una válvula de 3/2 vías que permite realizar control de flujo de forma progresiva de acuerdo a la corriente que actúe sobre ella. La figura 3.12 muestra una fotografía de la misma.



Figura. 3.12. Válvula electroneumática proporcional con regulación de flujo VEF3121

Las principales características que definen esta electroválvula proporcional son las siguientes:

- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** R(PT).
- **Máxima presión de operación:** 1.0 MPa.
- **Rango de temperatura de trabajo:** 0 a 50 °C.
- **Tiempo de respuesta:** 0.03 s.
- **Histéresis:** 3%.
- **Repetitividad:** 3%.
- **Sensibilidad:** 0.5%.
- **Tensión de operación:** 0 a 24 VDC.
- **Máxima corriente de solenoide:** 1 A.
- **Resistencia de la bobina:** 13 Ω a 20 °C.
- **Consumo de energía:** 13 W.

Vale mencionar que con esta electroválvula se pueden utilizar los circuitos amplificadores de potencia de las series VEA25X. Más adelante se describirán el VEA251 y el VEA252 que son con las tarjetas con las cuales se cuenta para el laboratorio.

Así mismo se recomienda revisar el datasheet del elemento que consta en el Anexo 3 al final del texto.

Válvula electroneumática proporcional con regulación de presión VEP3121

Se trata de una electroválvula de tres vías que permite realizar control de presión del fluido de forma progresiva de acuerdo a la corriente que actúe sobre ella. Esta válvula posee una gran capacidad de escape por lo cual puede ser usada como válvula de alivio. La figura 3.13 muestra una imagen de la misma.



Figura. 3.13. Válvula electroneumática proporcional con regulación de presión

Las principales características que definen esta electroválvula son las siguientes:

- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** R(PT).
- **Máxima presión de operación:** 1.0 MPa.
- **Rango de presión regulable:** 0.1 a 0.9 MPa
- **Rango de temperatura de trabajo:** 0 a 50 °C.
- **Tiempo de respuesta:** 0.03 s.
- **Histéresis:** 3%.

- **Repetitividad:** 3%.
- **Sensibilidad:** 0.5%.
- **Linealidad:** 3%.
- **Tensión de operación:** 0 a 24 VDC.
- **Máxima corriente de solenoide:** 1 A.
- **Resistencia de la bobina:** 13 Ω a 20 °C.
- **Consumo de energía:** 13 W.

De igual manera, con esta electroválvula también se pueden utilizar los circuitos amplificadores de potencia de las series VEA25X.

Para mayor detalle en sus especificaciones se recomienda revisar el datasheet del elemento en el Anexo 3 en la parte final del texto.

Válvula electroneumática proporcional 5/2 de doble bobina VER2000

Esta electroválvula proporcional de 5/2 vías, mostrada en la figura 3.14, permite realizar un control analógico del flujo que pasa por ella y puede ser utilizada para controlar un cilindro de doble efecto.



Figura. 3.14. Válvula electroneumática proporcional 5/2 de doble bobina

Las principales características que definen esta electroválvula son las siguientes:

- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** R(PT).
- **Máxima presión de operación:** 1.0 MPa.
- **Rango de presión ajustable para el control:** 0.1 a 0.9 MPa
- **Rango de temperatura de trabajo:** 0 a 50 °C.
- **Tiempo de respuesta:** 0.04 s.
- **Histéresis:** 3%.
- **Repetitividad:** 3%.
- **Sensibilidad:** 0.5%.
- **Linealidad:** 3%.
- **Tensión de operación:** 0 a 24 VDC.
- **Máxima corriente de solenoide:** 1 A.
- **Resistencia de la bobina:** 13 Ω a 20 °C.
- **Consumo de energía:** 13 W.

Al igual que con las electroválvulas anteriores, con esta también se pueden utilizar los circuitos amplificadores de potencia de las series VEA25X.

El datasheet de este elemento se encuentra en la parte final del texto, en el Anexo 3.

Circuitos amplificadores de potencia series VEA25X.

Son estas las tarjetas amplificadoras de potencia que se utilizarán con las electroválvulas proporcionales reguladoras de presión y de flujo y además con las electroválvulas proporcionales 5/2 vías descritas anteriormente.

Tarjeta VEA251:

La VEA251 es una tarjeta amplificadora que actúa sobre una electroválvula proporcional y cuenta con las siguientes funciones:

- Genera una señal de comando analógica que gobierna la electroválvula.
- Usa un sistema PWM (modulación por ancho de pulso) lo que ayuda a minimizar la histéresis de la electroválvula proporcional.
- Cuenta con un sistema de suministro de corriente constante, lo que permite un funcionamiento estable incluso en caso de fluctuaciones de voltaje.
- Detecta el funcionamiento anormal del circuito generando una señal de salida.

Los terminales con los que cuenta son los siguientes:

- Entrada de energía de 24 VDC: *DC24V*.
- Conexión a la electroválvula proporcional: *OUTPUT*.
- Conexión para la señal de control externa: *SIGNAL*.
- Dos terminales abiertos: *SENSOR*.
- Terminales de salida de detección de mal funcionamiento: *DETECT*.

Físicamente, la tarjeta amplificadora es tal como se muestra en la siguiente figura:



Figura. 3.15. Tarjeta amplificadora de potencia VEA251

Entre sus principales características técnicas se puede mencionar las siguientes:

- **Tensión de alimentación:** 24 VDC.
- **Corriente de salida:** 0 a 1 A.
- **Consumo de energía:** 29 W.
- **Impedancia de la electroválvula:** 13 a 18.5 Ω .
- **Voltaje de la señal externa de control:** 0 a 5 VDC, con un potenciómetro de 10 K Ω (1/8 W)
- **Tiempo de respuesta:** 0.06 s.
- **Rango de temperatura de operación:** 0 a 50 °C.
- Detecta fallo en el cable de salida de la tarjeta.

Tarjeta VEA252:

De igual manera se trata de una tarjeta amplificadora de potencia que podrá ser utilizada sobre las electroválvulas proporcionales. Al pertenecer a las series VEA25X, tiene las

mismas funciones y características que la VEA251 antes descrita; por ello, se mencionan a continuación las características adicionales:

- Cuenta con una entrada de sensor y un circuito de retroalimentación lo que permite realizar funciones de control de alta precisión.
- **Rango recomendado para la señal del sensor:** 0 a 5 VDC (ganancia desde 0.1 a 10 veces).
- **Tiempo de la acción integral:** 0 a 20 s.
- **Tiempo de la acción derivativa:** 0 a 2 s.

Físicamente esta tarjeta es muy similar a la anterior, solamente que esta cuenta con mayor número de elementos conectados. Una fotografía de ella se muestra a continuación.

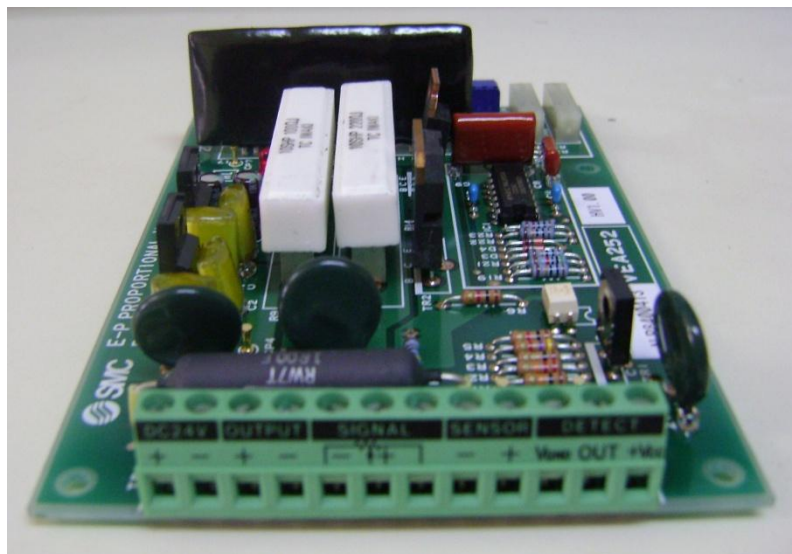


Figura. 3.16. Tarjeta amplificadora de potencia VEA252

Para mayor detalle acerca de estas tarjetas, se recomienda revisar el datasheet de las mismas que se encuentra en la parte de anexos al final del texto.

Final de carrera eléctrico de activación por rodillo SAI2042-CL:

Es el que se muestra en la figura 3.17 y tiene las siguientes características:

- Activación mecánica por rodillo.
- Contacto múltiple (NA – NC).
- 24 VDC, 200 mA.

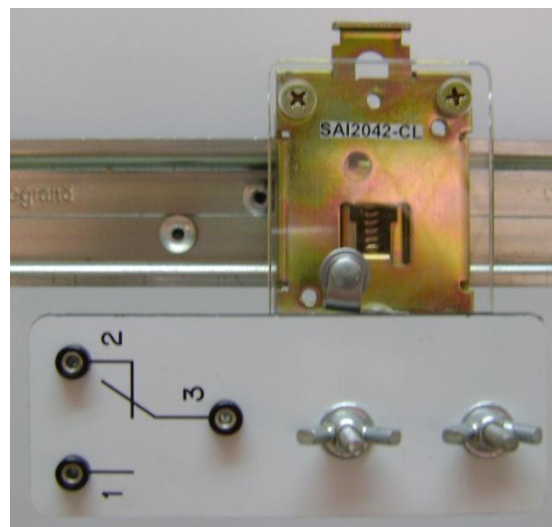


Figura. 3.17. Final de carrera eléctrico de activación por rodillo

Sensor inductivo SAI2044-CL:

Es el que se muestra en la figura 3.18 y tiene las siguientes características:

- Distancia de detección: 5 mm.
- LED indicador de estado.
- 24 VDC, 200 mA.

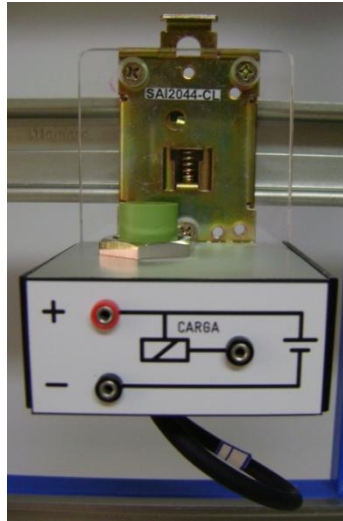


Figura. 3.18. Sensor inductivo

Sensor fotoeléctrico SAI2045-CL:

Es el que se muestra en la figura 3.19 y tiene las siguientes características:

- Distancia de detección: 100 mm.
- LED indicador de estado.
- 24 VDC, 200 mA.

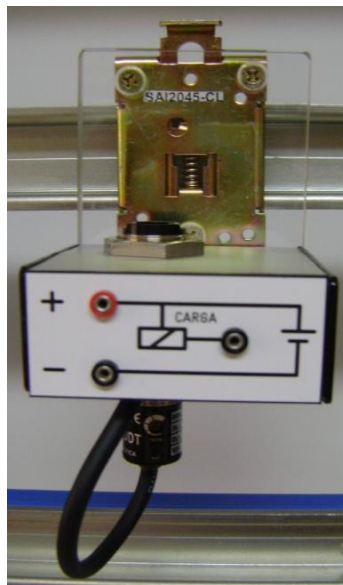


Figura. 3.19. Sensor fotoeléctrico

Sensor capacitivo SAI2046-CL:

Es el que se muestra en la figura 3.20 y tiene las siguientes características:

- Distancia de detección: 8 mm.
- LED indicador de estado.
- 24 VDC, 200 mA.



Figura. 3.20. Sensor capacitivo

Sensor digital de presión ISE40:

Los valores de presión registrados por el sensor son capturados de acuerdo al tiempo de respuesta fijado por el usuario, son promediados y comparados con el valor de presión ajustado; en base a dicha comparación, el sensor cambia su nivel de salida entre alto y bajo.

Las principales características que definen este sensor son las siguientes:

- **Rango de presión de medición:** 0.000 a 1.000 MPa.
- **Rango de presión ajustable:** -0.100 a 1.000 MPa.

- **Máxima presión soportada:** 1.5 MPa.
- **Resolución:** 0.001 MPa, 0.01 kgf/cm², 0.01 bar, 0.1 psi.
- **Tiempo de respuesta:** 2.5 s.
- **Rango de temperatura de trabajo:** 0 a 50 °C.
- **Tamaño del conector entrada neumática:** 1/4".
- **Tipo de conector:** R(PT).
- **Voltaje de alimentación:** 24VDC
- **Consumo de corriente:** 55 mA.
- Dos salidas de contacto:
 - Tipo: NPN.
 - Máxima corriente de carga: 80 mA.
 - Máximo voltaje: 30 VDC.

Se recomienda revisar el datasheet de este elemento en el Anexo 3 al final de texto.

La figura 3.21 muestra una fotografía de este sensor en funcionamiento:



Figura. 3.21. Sensor digital de presión

Fuente de poder 24 VDC SAI2056:

La figura 3.22 muestra la fuente de poder con la que cuentan los módulos electroneumáticos; la misma que tiene las siguientes características técnicas:

- **Voltaje de entrada:** 110 VAC
- **Salida:** 24 VDC / 2 A.
- Protección contra cortocircuitos.
- Interruptor con indicador luminoso.

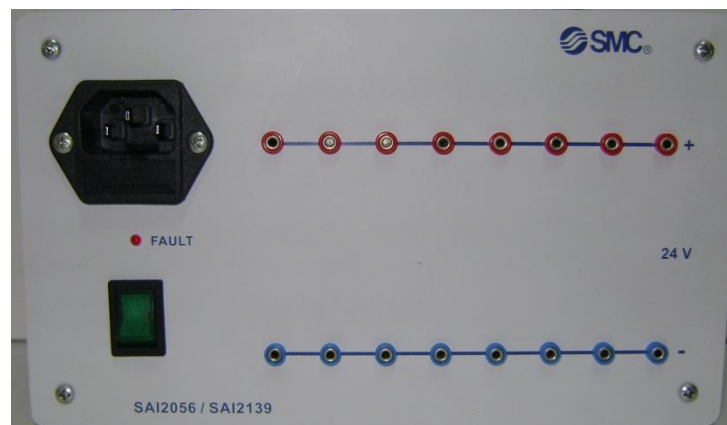


Figura. 3.22. Fuente de poder 24 VDC, 2 A

Módulo de botoneras de tres botones SAI2036:

Es el mostrado en la figura 3.23 y tiene los siguientes componentes:

- 2 botones pulsadores sin retención y 1 botón pulsador con retención.
- Luces indicadoras independientes en cada botón (12 mA.)
- 2 contactos conmutables por cada botón:
 - 24 VDC/1.0 A
 - 125 VDC/0.2 A
 - 250 VAC/5.0 A

- Terminales de 2 mm para usar con los cables conectores.

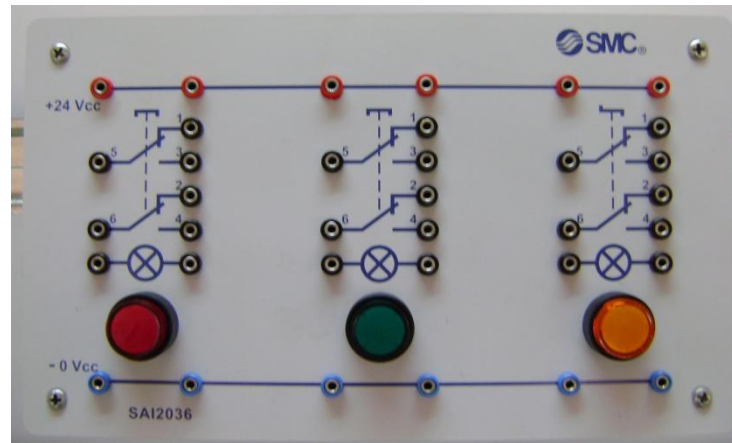


Figura. 3.23. Módulo de botoneras de tres botones

Módulo de relés SAI2038:

Es el que se muestra en la figura 3.24 y tiene los siguientes componentes:

- 3 relés con bobinas de 24 VDC, 25 mA.
- 4 contactos conmutables por cada relé: 24 VDC, 1.5 A
- LED indicador del estado del relé.
- Terminales de 2 mm para usar con los cables conectores.

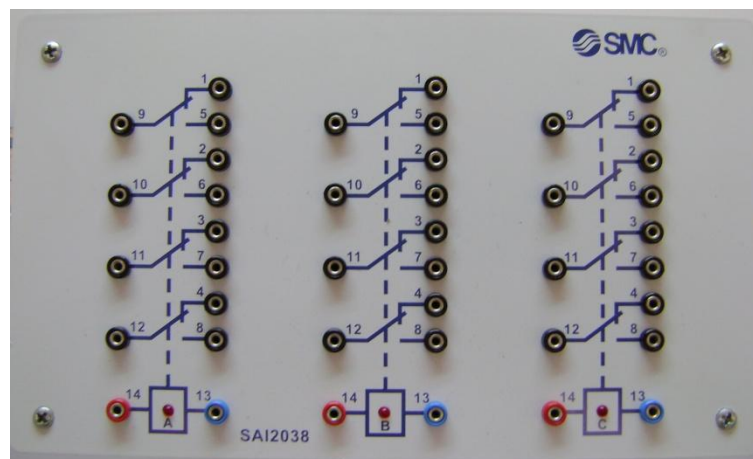


Figura. 3.24. Módulo de relés

Módulo temporizador SAI2039:

Tiene los siguientes componentes:

- 1 temporizador multifunción DMB51, el mismo que tiene las siguientes características:
 - Tiempo programable entre 0.1 s y 100 h.
 - 7 modos de operación.
 - Inicio de temporización automática o manual.
 - Indicadores LED que muestran el estado del temporizador.
- Terminales de 2 mm para usar con los cables conectores.
- 1 contacto conmutable: 24 VDC, 5 A.

La figura 3.25 muestra la imagen del módulo temporizador SAI2039:

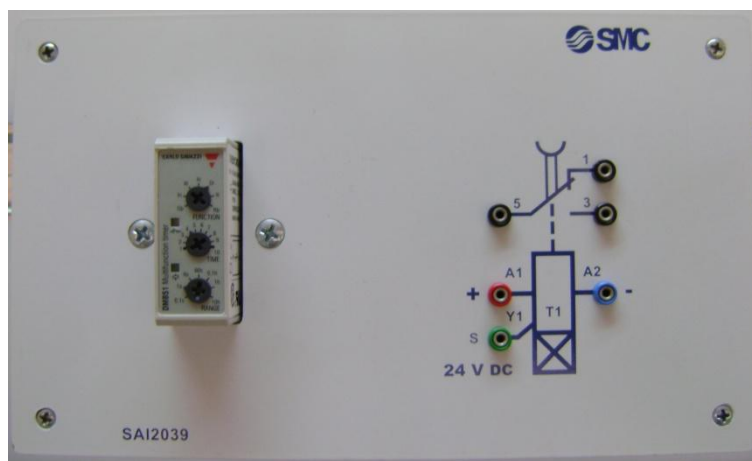


Figura. 3.25. Módulo temporizador

De igual manera, se recomienda revisar el datasheet de este elemento en la parte de anexos, con el fin de conocer con mayor detalle los modos de operación del temporizador.

Módulo de parada de emergencia SAI2034:

Es el mostrado en la figura 3.26, el mismo que tiene los siguientes componentes:

- 1 pulsador tipo hongo con enclavamiento y desactivación por giro.
- 2 contactos conmutables:
 - 24 VDC/1.0 A
 - 125 VDC/0.2 A
 - 250 VAC/5.0 A
- Terminales de 2 mm para usar con los cables conectores.

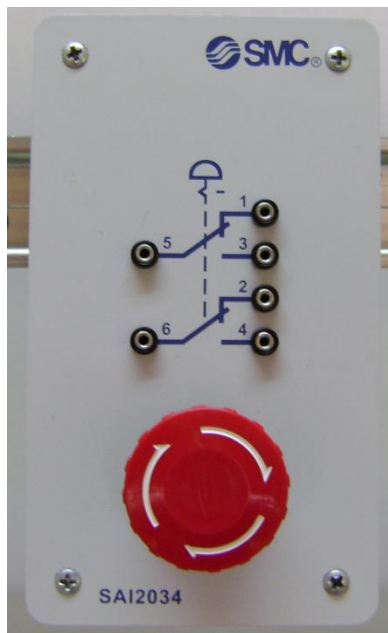


Figura. 3.26. Módulo de parada de emergencia

Módulo de control con Micro PLC LOGO Siemens 12/24 RC

Este es un micro PLC muy versátil que tiene integradas características tales como: control, unidad de operación y visualización, fuente de alimentación, interface para módulos de programa y cable de PC, activación y desactivación retardada, reloj temporizador, entre

otras; lo que permite realizar diversas tareas de automatización sobre los sistemas electroneumáticos que se implementen en las prácticas de laboratorio.

Las principales características de este PLC son las que se muestran a continuación:

- **Tensión de alimentación:** 12/24 VDC.
- **Consumo de corriente:** 15 – 120 mA.
- **Entradas digitales:** 6 (I1 – I6).
- **Entradas analógicas:** 2 (0 a 10 VDC) (I7 e I8).
- **Salidas a relé:** 4:
 - 10 A por cada salida.
 - El voltaje depende de la tensión de alimentación.
- **Formas de programar:** Panel frontal y por PC.
- **Lenguaje de programación:** Diagrama por bloques de función.

Con el fin de conocer mayores detalles acerca de este micro PLC, se recomienda descargar el datasheet del mismo desde la siguiente dirección web:

http://www.automation.siemens.com/download/internet/cache/3/1138066/pub/de/logo_0500_sp.pdf

La figura 3.27 presenta el módulo del Micro PLC LOGO! descrito anteriormente:

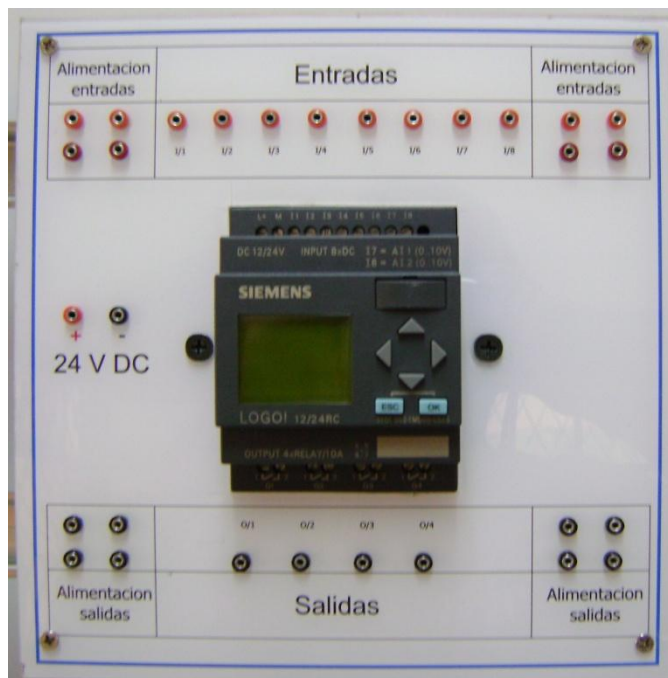


Figura. 3.27. Módulo de control con Micro PLC LOGO Siemens 12/24 RC

Fitting

Todos los elementos de fitting con los que se cuenta son de marca SMC de la serie KQ2. Estos elementos tienen como principales características las siguientes:

- **Presión máxima de funcionamiento:** 10 bares.
- **Presión de funcionamiento en vacío:** -100 kPa.
- **Temperatura de funcionamiento:** - 5 a 60 °C.
- Sus roscas están recubiertas de material sellador lo que minimiza el tiempo necesario para el montaje.
- Pueden usarse en líneas en vacío o con valores positivos de presión.
- Pueden conectarse a ellas tuberías de nylon o polietileno.

Los elementos de fitting con los que cuenta el laboratorio se muestran en la figura 3.28 a continuación:



Figura. 3.28. Elementos de Fitting. Desde la izquierda: unión, teé y tapón

Para mayor referencia, las especificaciones técnicas de todos los elementos de fitting con los que se cuenta en el laboratorio se pueden encontrar en la siguiente dirección web:

http://stevenengineering.com/pdf/70FITTING_KQ2_MT_MT.PDF

Para facilitar su búsqueda, se menciona a continuación el número de parte de cada elemento:

- Conector Tee de 6 mm: KQ2T06-00.
- Conectores unión de 6 mm: KQ2H06-00.
- Tapones de 6 mm: KQ2P-06.
- Conector hembra 6mm: KQ2H06-02S.

3.1.2.2. Equipos de los módulos electrohidráulicos

Central hidráulica:

La figura 3.29 muestra la central hidráulica del módulo electrohidráulico.

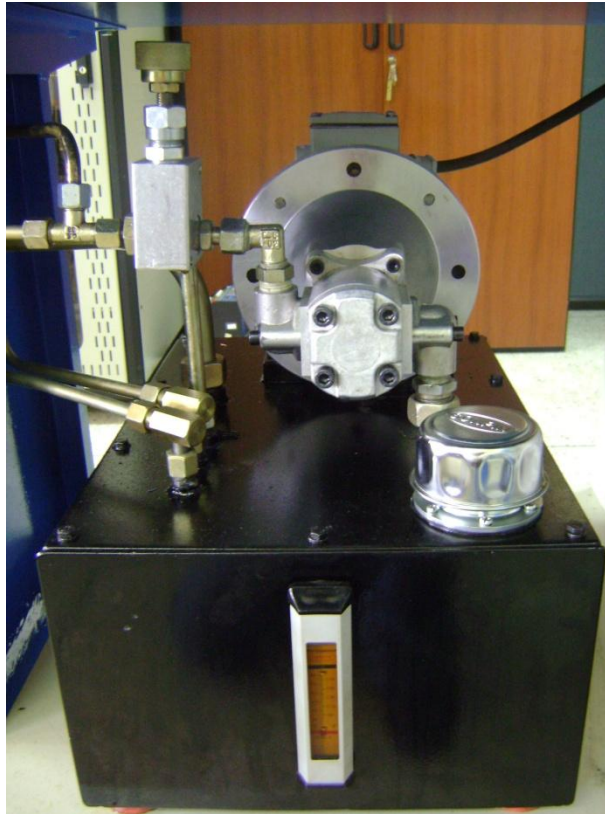


Figura. 3.29: Central hidráulica

Entre los elementos que forman la central hidráulica, los siguientes merecen una especificación más detallada de sus características técnicas.

Motor:

- **Tipo de motor:** Trifásico.
- **Potencia:** 3 HP.
- **Tensión de alimentación:** 220 YY/ 440 YV V
- **Corriente:** 9.6 / 4.8 A
- **Factor de potencia:** 0.83
- **Velocidad:** 1708 rpm.

Bomba:

- **Tipo de bomba:** Doble.
- **Caudal:** 8 l/m.
- **Presión máxima:** 250 bares.

Caja eléctrica del circuito partida – parada del motor de la central hidráulica:

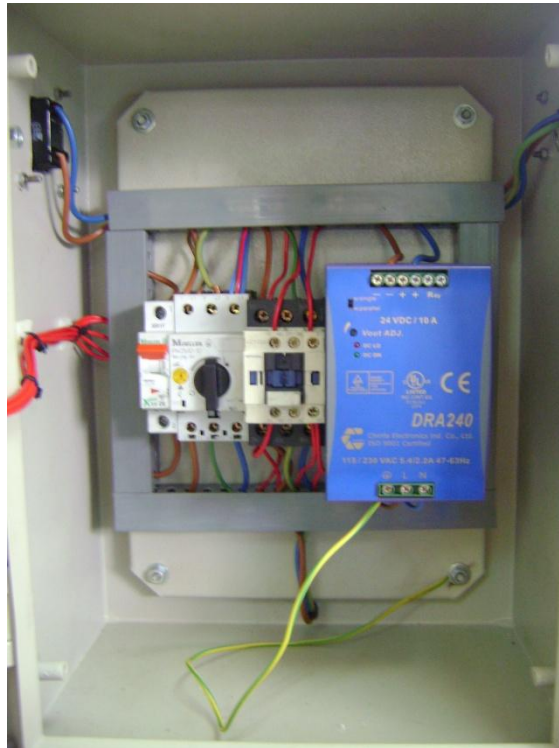


Figura. 3.30. Caja eléctrica del circuito partida – parada del motor de la central hidráulica

Como se puede apreciar en la figura 3.30, esta caja eléctrica está formada por algunos elementos, los mismos que se describen a continuación:

Contactor Telemecanique LC1D25:

- **Corriente máxima:** 40 A.

- Puede accionar motores monofásicos de 230 V de hasta 7.5 HP.
- 2 contactos auxiliares: 1 NA y 1 NC.

Protector manual para motor Moeller PKZMO-10:

- **Corriente máxima:** 125 A.
- Protege motores de hasta 3 HP a 230 V.
- Rango térmico ajustable: 6.3 a 11 A.

Disyuntor Moeller PLS6-C10-DW:

- **Corriente máxima:** 10 A, 1 polo.
- **Voltaje:** 230 VAC.

Fuente 24 VDC Chinfra DRA240:

Es de este elemento que se obtiene la energía necesaria para realizar la activación de las electroválvulas del módulo, así como de otros elementos eléctricos y electrónicos de control que se utilicen sobre él. Sus principales características técnicas son:

- **Tensión de entrada:** 115 / 230 VAC.
- **Tensión de salida:** 24 VDC.
- **Corriente de salida:** 10 A.
- **Potencia de salida:** 240 W.

Para mayor detalle, se recomienda revisar el datasheet de los elementos mencionados en la parte de anexos.

Cilindro de doble efecto:

Es el que se muestra en la figura 3.31 y tiene las siguientes características:

- **Diámetro:** 32 mm.
- **Carrera:** 120 mm.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT con conector macho de conexión rápida para conexión con las mangueras.
- **Presión máxima:** 14.0 MPa.



Figura. 3.31. Cilindro hidráulico de doble efecto

Cilindro de doble efecto con sistema de peso:

Tal como se puede ver en la figura 3.31, se trata de un cilindro de doble efecto similar a los descritos anteriormente con un contrapeso sujeto a su vástago. Este cilindro tiene las siguientes características:

- **Diámetro:** 32 mm.
- **Carrera:** 150 mm.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT con conector macho de conexión rápida para conexión con las mangueras.

- **Presión máxima:** 14.0 MPa.
- **Peso sujeto al cilindro:** 20 Kg.

Sensores reed SMC D-B54

Similares a los utilizados en los módulos electropneumáticos, son los que se muestran en la figura 3.32 y tienen las siguientes características:

- **Voltaje de carga:** 24 VDC.
- **Rango de corriente de carga:** 5 a 50 mA.
- **Resistencia interna:** 10 Ω o menos.
- Indicador luminoso de estado del sensor.



Figura. 3.32. Sensor reed SMC D-B54



Figura. 3.33. Cilindro de doble efecto con sistema de peso

Motor hidráulico:

En el este módulo electrohidráulico se cuenta con un actuador rotatorio, que es el motor hidráulico que se muestra en la figura 3.34. Este motor tiene las siguientes características:

- **Cilindrada:** 8 cm³/rev.
- **Capacidad de giro:** Ambos sentidos (reversible).
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT con conector macho de conexión rápida para conexión con las mangueras.

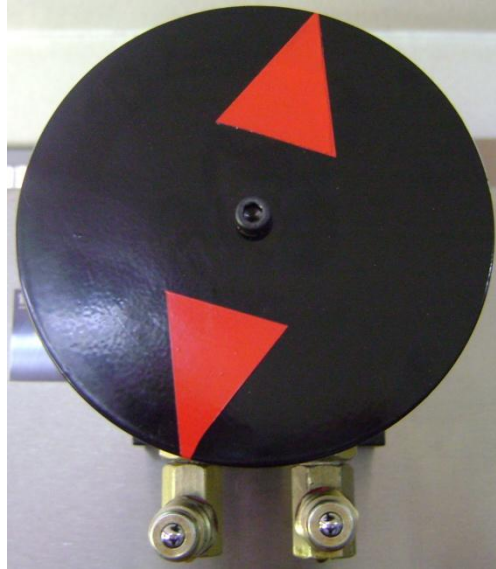


Figura. 3.34. Motor hidráulico (actuador)

Válvula distribuidora 4/2 vías monoestable:

Es la que se muestra en la figura 3.35 y presenta las siguientes características:

- Accionamiento por solenoide, retorno por resorte.
- Solenoide de 24 VDC, 1.43 A.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT con conector macho de conexión rápida para conexión con las mangueras.



Figura. 3.35. Válvula distribuidora 4/2 vías monoestable

Válvula distribuidora 4/2 vías biestable:

Es la que se muestra en la figura 3.36 y tiene las siguientes características:

- Activación y desactivación por solenoide.
- Solenoide de 24 VDC, 1.43 A.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT con conector macho de conexión rápida para conexión con las mangueras.



Figura. 3.36. Válvula distribuidora 4/2 vías biestable

Válvula distribuidora 4/3 vías biestable posición central Tándem:

Es la que se muestra en la figura 3.37 y tiene las siguientes características:

- Posición central P-T centrada por resorte.
- Tiene CRR.
- Activación y desactivación por solenoide.
- Solenoide de 24 VDC, 1.43 A.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT con conector macho de conexión rápida para conexión con las mangueras.



Figura. 3.37. Válvula distribuidora 4/3 vías biestable posición central Tándem

Válvula distribuidora 4/3 vías biestable posición central cerrada:

Es la que se muestra en la figura 3.38 y tiene las siguientes características:

- Posición central cerrada centrada por resorte.
- Tiene CRR.
- Activación y desactivación por solenoide.

- Solenoide de 24 VDC, 1.43 A.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT con conector macho de conexión rápida para conexión con las mangueras.



Figura. 3.38. Válvula distribuidora 4/3 vías biestable posición central Tándem

Válvula limitadora de presión directa VMD2001C

Es la que se muestra en la figura 3.39 y tiene las siguientes características:

- **Flujo máximo:** 20 lt/min.
- **Rango de presión de trabajo:** 20 a 350 Bares.
- **Rango de temperatura de operación:** -10 a 100 °C.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT macho y hembra de conexión rápida.

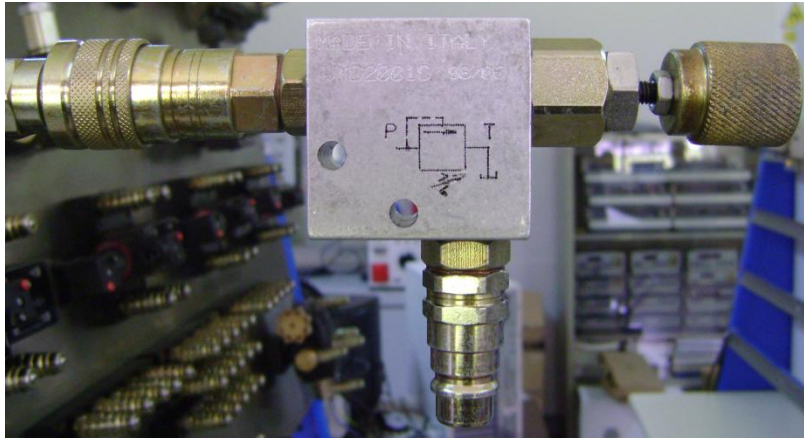


Figura. 3.39. Válvula limitadora de presión directa VMD2001C

Válvula de secuencia de acción directa:

Se trata de una válvula de secuencia con características industriales. Se la muestra en la figura 3.40 y tiene las siguientes características:

- **Flujo máximo:** 40 lt/min.
- **Presión máxima:** 500 Bares.
- **Rango de temperatura de operación:** -10 a 100 °C.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT con conector macho de conexión rápida para conexión con las mangueras.

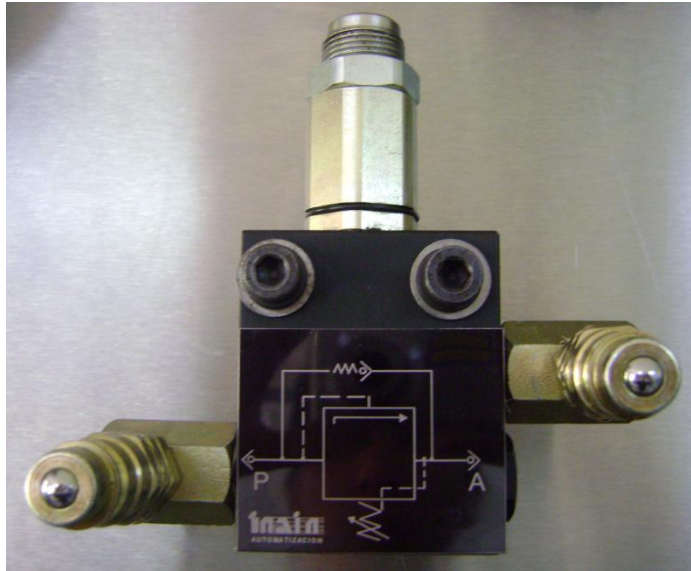


Figura. 3.40. Válvula de secuencia de acción directa

Válvula reductora de presión de tres vías:

Es la que se muestra en la figura 3.41 y tiene las siguientes características:

- **Flujo máximo:** 30 lt/min.
- **Presión máxima:** 320 Bares.
- **Rango de temperatura de operación:** -10 a 100 °C.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT con conector macho de conexión rápida para conexión con las mangueras.

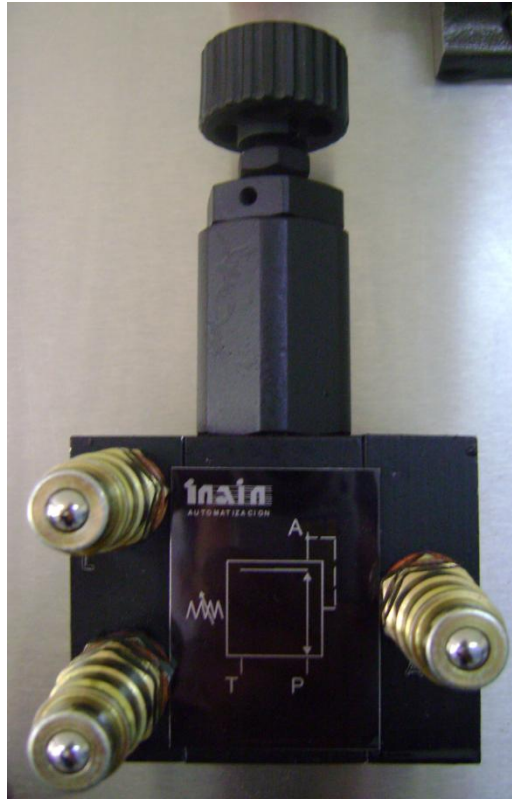


Figura. 3.41. Válvula reductora de presión de tres vías

Válvula limitadora de presión indirecta con CR:

Es la que se muestra en la figura 3.42 y tiene las siguientes características:

- **Flujo máximo:** 30 lt/min.
- **Presión máxima:** 350 Bares.
- **Rango de temperatura de operación:** -10 a 100 °C.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT con conector macho de conexión rápida para conexión con las mangueras.

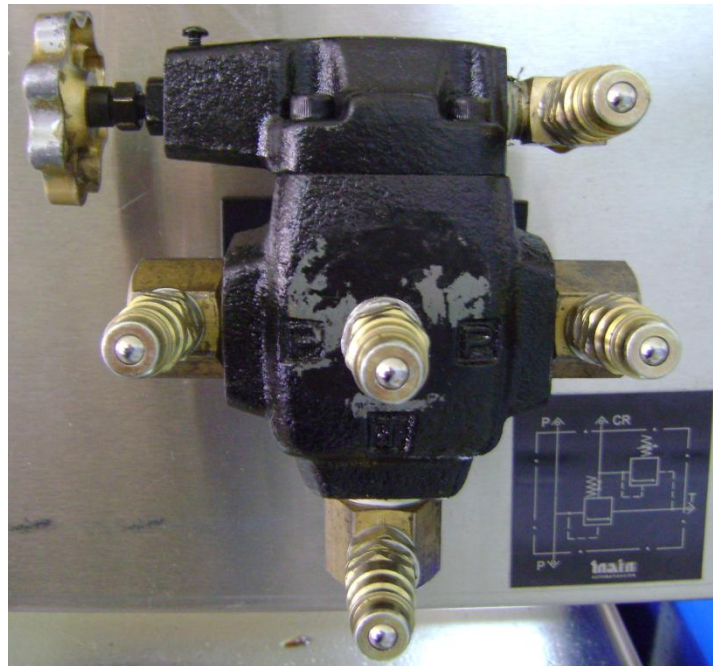


Figura. 3.42. Válvula limitadora de presión indirecta con CR

Válvula de caudal unidireccional compensado con llave de seguridad de dos vías:

Es la que se muestra en la figura 3.43 y tiene las siguientes características:

- **Flujo máximo:** 30 lt/min.
- **Presión máxima:** 350 Bares.
- **Rango de temperatura de operación:** -10 a 100 °C.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT con conector macho de conexión rápida para conexión con las mangueras.



Figura. 3.43. Válvula de caudal unidireccional compensado con llave de seguridad de dos vías

Válvula reguladora de caudal unidireccional VRFU9002:

Es la que se muestra en la figura 3.44 y tiene las siguientes características:

- **Flujo máximo de A a B (con regulación):** 30 lt/min.
- **Flujo máximo de B a A (sin regulación):** 45 lt/min.
- **Presión de apertura:** 0.5 Bares.
- **Presión máxima:** 350 Bares.
- **Rango de temperatura de operación:** -10 a 100 °C.
- **Tamaño del conector:** 3/8".
- **Tipo de conector:** NPT



Figura. 3.44. Válvula reguladora de caudal unidireccional VRFU9002

Válvula de cierre o corte rápido:

Es la que se muestra en la figura 3.45 y tiene las siguientes características:

- **Flujo máximo:** 15 lt/min.
- **Presión máxima:** 500 Bares.
- **Rango de temperatura de operación:** -10 a 100 °C.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT.

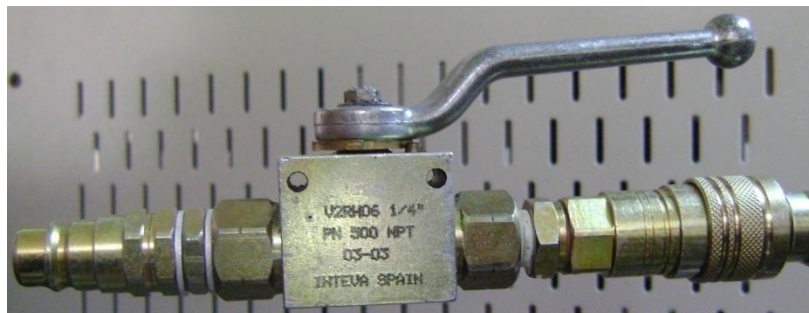


Figura. 3.45. Válvulas de cierre o corte rápido

Válvula de retención simple:

También llamada *válvula check*, es la que se muestra en la figura 3.46 y tiene las siguientes características:

- Bloquea el flujo en una dirección.
- **Flujo máximo:** 15 lt/min.
- **Presión máxima:** 400 Bares.
- **Rango de temperatura de operación:** -10 a 100 °C.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT.



Figura. 3.46 Válvula de retención simple

Válvula de retención pilotada:

Es la que se muestra en la figura 3.47 y tiene las siguientes características:

- Bloquea el flujo en una dirección hasta que la presión piloto es aplicada.
- **Flujo máximo:** 15 lt/min.
- **Presión máxima:** 320 Bares.
- **Rango de temperatura de operación:** -10 a 100 °C.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT.

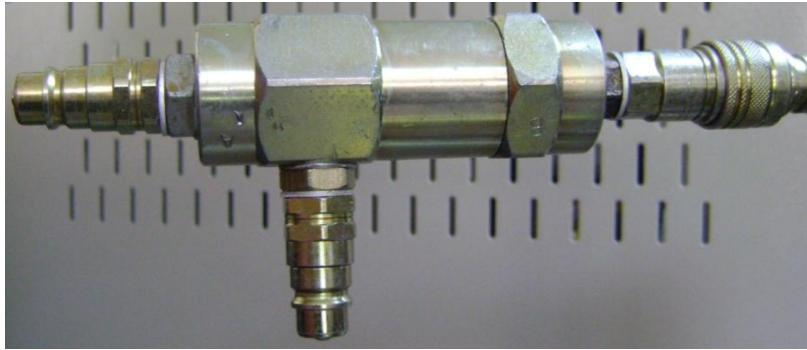


Figura. 3.47. Válvula de retención pilotada

Medidor de volumen con tres llegadas:

Es el que se muestra en la figura 3.48 y tiene las siguientes características:

- **Capacidad de medida:** 2100 cm³.
- **Sensibilidad:** 75 cm³.
- Tiene una salida superior directa al tanque en caso de que el volumen que ingresa exceda la capacidad del medidor.



Figura. 3.48. Medidor de volumen con tres llegadas

Manómetro con glicerina:

Es el que se muestra en la figura 3.49 y tiene las siguientes características:

- **Diámetro:** 63 mm.
- **Escala dual:** 0 – 2000 psi y 0 – 137.9 bares.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT.



Figura. 3.49. Manómetro con glicerina

Manómetros de repuesto:

Son de mayor rango de medida que los descritos anteriormente pero físicamente son similares a los de la figura 3.49. Sus características son:

- **Diámetro:** 63 mm.
- **Escala dual:** 0 – 3000 psi y 0 – 206.9 bares.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT.

Mangueras flexibles de 800 mm y 1200 mm de longitud.

Son las que se muestran en la figura 3.50 y tienen las siguientes características:

- **Bajo estándar:** DIN 20022 1SN / EN853 1SN.
- **Diámetro interno:** 1/4" – 6.4 mm.
- **Diámetro externo:** 12.7 mm.
- **Presión de trabajo:** 225 Bares / 3260 PSI.
- **Presión de ruptura:** 900 Bares / 13050 PSI.
- **Temperatura de trabajo:** - 40 a 100 °C.
- **Radio de curvatura:** 100 mm.
- **Tipo de conector:** Conector hembra de conexión rápida.

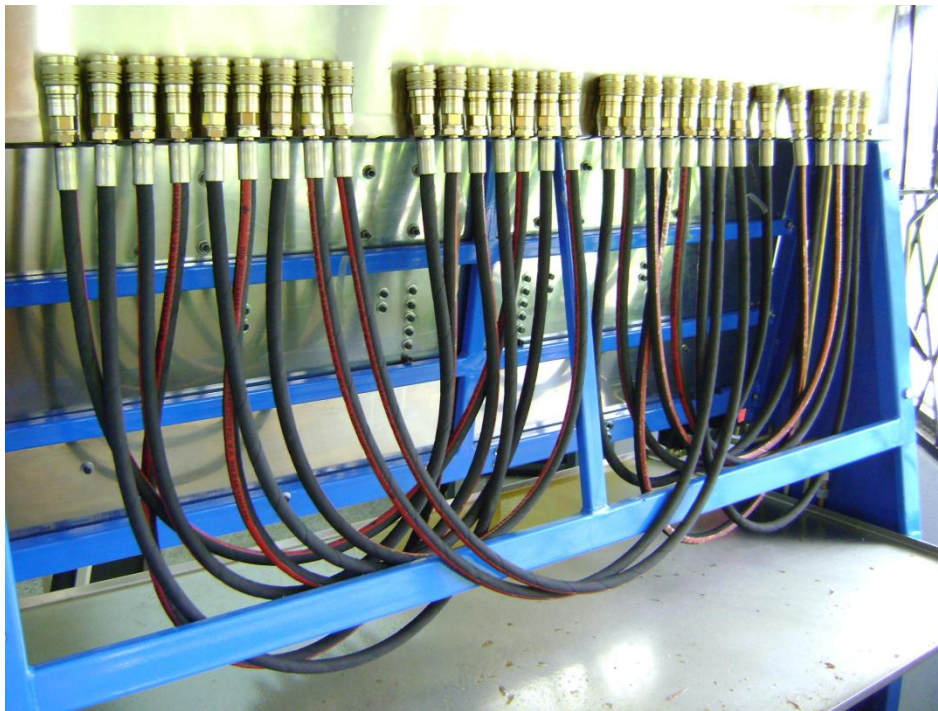


Figura. 3.50. Mangueras hidráulicas flexibles

Estructura.- Tal como se muestra en la figura 3.51, esta manguera consta de un tubo interno de caucho sintético resistente al aceite, una capa de refuerzo de alambre trenzado y finalmente una cubierta de caucho sintético resistente al aceite y al clima.



Figura. 3.51. Estructura física de las mangueras de conexión hidráulicas bajo norma DIN 20022 1SN / EN853 1SN

Manifolds de presión, de retorno y distribuidores:

El tablero cuenta con un manifold de presión y un manifold de retorno. Ambos tienen una entrada superior y tienen seis conectores de distribución en su parte frontal. La figura 3.52 muestra uno de estos manifolds.

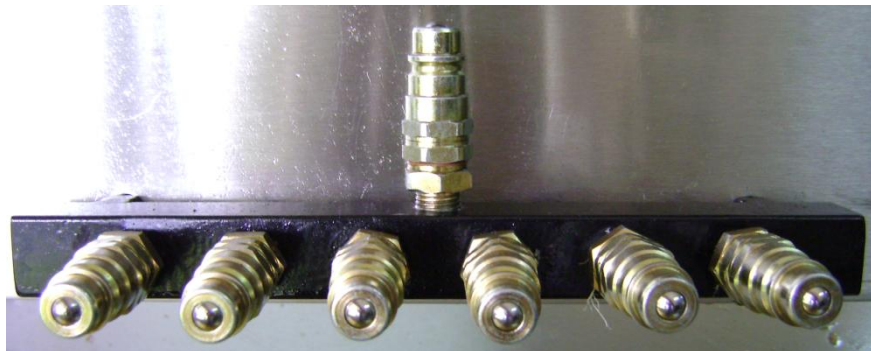


Figura. 3.52. Manifold de presión

Así mismo, el tablero hidráulico cuenta con cinco manifolds distribuidores cada uno de los cuales cuentan cinco conectores frontales. La figura 3.53 muestra tres de los cinco manifolds distribuidores con los que cuenta el módulo.



Figura. 3.53. Manifolds distribuidores

Todos estos manifolds tienen conectores machos de conexión rápida para facilitar las conexiones con las mangueras.

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO

Una vez mencionada toda la teoría necesaria en los dos primeros capítulos y descritos todos los equipos con los cuales se cuenta para la implementación del laboratorio, se debe ahora diseñar y especificar todas las condiciones necesarias para implementarlo y poder utilizarlo posteriormente para la realización de las prácticas propuestas.

4.1. Normativa bajo la cual se debe implementar el laboratorio

Al contar el laboratorio con módulos prácticamente listos para utilizar y con elementos de carácter netamente didáctico, no se deben tener mayores consideraciones al momento de implementar el laboratorio, sino solamente aquellas normas y recomendaciones señaladas en el capítulo uno en lo que se refiere al manejo de las líneas de fluido y de los elementos de generación de energía.

En ese sentido, en este punto del texto se pretende mencionar los aspectos más importantes y que deberían ser tomados en cuenta por la Escuela Politécnica del Ejército y el personal encargado de la administración del laboratorio para que el mismo pueda ser acreditado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

El hecho de ser acreditado por un organismo de acreditación reconocido como es el INEN en nuestro país, se constituye en la forma más efectiva de demostrar la competencia técnica del laboratorio así como la confiabilidad de los procesos que en él se realizan.

Para obtener dicha acreditación, el laboratorio debe operar en base a los requisitos establecidos en la norma internacional ISO/IEC 17025 *“Requisitos Generales para la*

Competencia de Laboratorios de Calibración y Ensayo” publicada en 1990. Esta norma incluye muchos de los aspectos mencionados en las normas ISO 9001 y 9002, sin embargo para un laboratorio, se debe procurar cumplir con las normas ISO/IEC 17025 ya que detalla los temas técnicos pertinentes a los laboratorios.

A nivel nacional, el INEN da soporte a empresas y universidades que en sus laboratorios realizan ensayos en el campo eléctrico, electrónico, construcción, metal mecánico, químico, farmacéutico, etc. para llevar a cabo la implantación de la norma ISO/IEC 17025. Entre los servicios que brinda esta institución y que en definitiva son requisitos que se deben cumplir para lograr la acreditación se tienen los siguientes:

- La estructuración y desarrollo de la documentación del sistema de la calidad del laboratorio.
- La aplicación y validación de métodos de ensayos que pueden ser normalizados, no normalizados, procedimientos y prácticas de calibración.
- El establecimiento de un sistema de control de calidad interno en laboratorio incluyendo el uso de patrones y materiales de referencia.
- Ejecución de auditorías internas y evaluaciones de laboratorios para determinar el grado de cumplimiento del laboratorio frente a los requisitos de la Norma Internacional ISO/IEC 17025.

Todos estos aspectos son de suma importancia para conseguir la acreditación. Queda en manos del personal encargado de la administración del laboratorio y del Departamento en sí el llevar a cabo los procedimientos necesarios para conseguirla y de esta manera contar en la Escuela con un laboratorio con un alto nivel de competencia técnica y confiabilidad en los procesos que en él se realicen.

4.2. Diseño de la disposición física de los módulos en el laboratorio

El espacio físico que ocupará de ahora en adelante el Laboratorio de Electrofluidos, será el aula ubicada junto a los laboratorios de Control Industrial y de Electrónica. El aula tiene un área total de 36 m², siendo un aula cuadrada de 6 m de lado. En dicho espacio se deberán ubicar los equipos y módulos que forman parte del Laboratorio así como escritorios para los alumnos y también un par de computadoras para las aplicaciones informáticas.

En definitiva, los muebles y elementos físicos que formarán parte del Laboratorio de Electrofluidos son los que se mencionan a continuación:

- 2 módulos electroneumáticos.
- 1 módulo electrohidráulico.
- 2 compresores portátiles.
- 1 mueble grande alto para almacenamiento.
- 2 computadoras de escritorio.
- 1 mueble con puertas corredizas como escritorio para las computadoras.
- 2 vitrinas para almacenamiento de los equipos neumáticos y eléctricos del laboratorio.
- 7 escritorios con sus respectivas sillas para uso de los estudiantes.

Todos estos equipos fueron ubicados en el aula asignada de la manera más funcional posible, buscando ante todo que exista el espacio suficiente para que los alumnos lleven a cabo las prácticas sin ningún tipo de inconveniente físico.

Con el fin de conocer la ubicación final que se les dio a los equipos dentro del aula, se pide recurrir al Anexo 4, donde se puede apreciar un plano del Laboratorio con la ubicación final de sus muebles y equipos. Así mismo en el Anexo 4, se presentan algunas fotografías de la disposición física que se le dio al laboratorio en el aula mencionada.

4.3. Acometida eléctrica

Antes de analizar la disposición de la acometida eléctrica para el laboratorio, se deben mencionar los requerimientos de tensión y corriente que necesitan cada uno de los módulos para su funcionamiento. Se tiene entonces lo siguiente:

Módulos electroneumáticos

Para el funcionamiento del compresor portátil con el cual cuentan se requiere una alimentación de 110 VAC con un consumo máximo de corriente de 12.5 A.

En lo que se refiere a las fuentes de alimentación eléctricas para los módulos, estas requieren de una alimentación de 110 VAC, con un consumo máximo de corriente de 2 A.

Módulo electrohidráulico:

Para el funcionamiento de la central hidráulica de este módulo se requiere de una tensión trifásica de 220 VAC con una corriente máxima de 10 A.

Esta es la única alimentación que se requiere, pues los 24 VDC para la activación de las electroválvulas y demás elementos eléctricos y electrónicos que se utilicen, se los obtiene de la misma caja eléctrica con la que cuenta el módulo, pues dentro de ella existe una fuente de 24 VDC a 10 A que será la que se utilice para las electroválvulas hidráulicas.

Ya que el Laboratorio de Electrofluidos está ubicado junto al de Control Industrial, y éste último cuenta con acometida trifásica, no habrá mayor problema en obtener la energía que requiere el módulo electrohidráulico desde el laboratorio mencionado.

4.3.1. Acometida eléctrica para los módulos electroneumáticos

La alimentación que se requiere para el funcionamiento de los módulos electroneumáticos se puede obtener sin ningún problema del circuito de tomacorrientes con el que cuenta el laboratorio, por lo que no será necesario realizar alguna instalación adicional a los circuitos existentes.

Lo que se hace entonces, es el proveer de la energía necesaria para los módulos, desde los tomacorrientes ubicados en las paredes del laboratorio hasta la ubicación de los mismos. Debido a que los módulos electroneumáticos están ubicados muy cerca de los tomacorrientes del lado izquierdo del laboratorio, no hay ningún tipo de problema en conectar directamente los cables de las fuentes de energía de cada módulo así como de los compresores a los tomacorrientes ya mencionados.

Se puede mencionar que el número de tomacorrientes con los cuales cuenta el laboratorio en el lado en que están ubicados los módulos electroneumáticos (5 con dos salidas cada uno) son suficientes para conectar las fuentes y los compresores de cada módulo e inclusive otros equipos en caso de que sea necesario.

4.3.2. Acometida eléctrica para el módulo electrohidráulico

Como se ha mencionado, el laboratorio de control industrial cuenta con acometida trifásica, por lo que de allí se puede obtener la alimentación de 220 VAC que requiere el motor del módulo junto con la bomba para trabajar.

Se toma entonces la alimentación para dicho motor desde el punto más cercano posible al módulo. Para ello se utiliza el mismo cable de conexión provisto con él y se lleva desde éste, mediante canaleta y por la pared posterior del laboratorio, 5 metros del cable

hacia el punto más cercano del laboratorio de Control Industrial de donde se puede obtener la energía necesaria, siendo éste la esquina posterior derecha del mismo.

En el extremo del cable se tiene el conector apropiado para conectarlo a la caja eléctrica del módulo. Se trata de un conector tipo BA 16 3C 44 de tres fases más tierra, el mismo que fue provisto junto con el módulo.

De esta manera se provee de la energía eléctrica necesaria al módulo electrohidráulico, considerando que para que este entre en funcionamiento se debe encender el breaker correspondiente a la energía trifásica en el tablero de distribución que se encuentra en el laboratorio de control industrial, conectar el terminal del cable al módulo y arrancar el motor desde el tablero eléctrico del mismo.

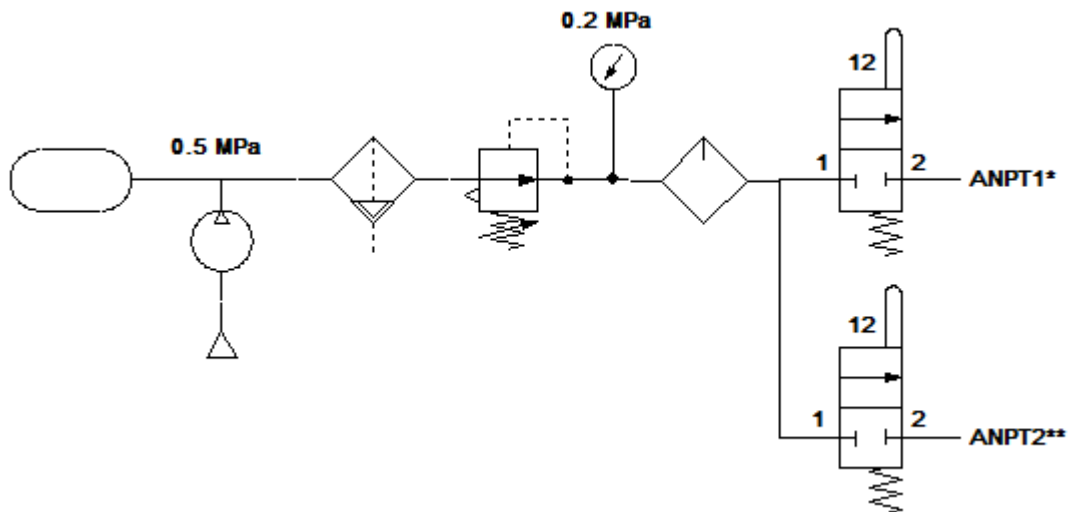
El hecho que el interruptor térmico correspondiente al módulo electrohidráulico se encuentre en el laboratorio de control industrial, no representa mayor inconveniente, puesto que entre ambos laboratorios existe un paso y además la distancia que los separa no es mayor a los 7 metros. Además, uno de los accesos para el Laboratorio de Electrofluidos es a través del Laboratorio de Control Industrial, por lo que al ingresar se podrían encender sin problema los breakers del tablero de distribución si los dejaron apagados anteriormente.

4.4. Acometida neumática

En lo que se refiere a la acometida neumática, el aire comprimido se obtiene de cada uno de los compresores portátiles con los que se cuenta, los mismos que estarán ubicados al interior de laboratorio junto a cada módulo de trabajo. Adicionalmente a los compresores, se deben emplear las unidades de mantenimiento que se tienen con el fin de utilizar en los sistemas un aire filtrado, lubricado y con la presión regulada. Finalmente se debe hacer uso de los sistemas de seguridad provistos con cada módulo.

Al contar con dos compresores, dos unidades de mantenimiento y cuatro puestos de trabajo, se debe proporcionar de aire comprimido a dos puestos de trabajo por cada compresor y unidad de mantenimiento con los que se cuenta. De esta manera se deberá conectar una T a la salida de la unidad de mantenimiento de modo que se pueda distribuir el aire hacia las dos estaciones de trabajo y en cada estación contar con un sistema de seguridad que permita o no el paso de aire comprimido mediante la activación o no de este.

El esquema que determina la distribución de aire para cada estación de trabajo es la siguiente:



* Alimentación neumática puesto de trabajo 1.

** Alimentación neumática puesto de trabajo 2.

Figura. 4.1. Esquema neumático para proporcionar aire comprimido a cada módulo de trabajo

Mediante esta solución se podrá proporcionar de aire comprimido a cada una de las estaciones de trabajo de manera que cada vez que se quiera tener flujo de aire en el sistema, se deberá accionar el sistema de seguridad mediante su llave y cuando ya se quiera restringir el paso de aire, se deberá desactivar el mismo.

Se recomienda que la presión de trabajo para estos módulos no supere los 0.4 MPa con el fin de garantizar la durabilidad de los equipos con el paso del tiempo.

4.5. Acometida hidráulica

Para el módulo electrohidráulico, no se requiere proporcionar una acometida hidráulica ya que el mismo trae incorporado en su estructura, el equipo de suministro de energía hidráulica y todas las conexiones ya están listas para ser utilizadas directamente en el panel frontal con los elementos y dispositivos necesarios.

Se recomienda que la presión de trabajo para estos módulos no supere los 100 bares por cuestiones de seguridad del operario.

4.6. Esquema de los módulos electroneumáticos y electrohidráulicos.

Tanto los módulos de trabajo electroneumáticos como el módulo de trabajo electrohidráulico fueron comprados junto con el resto de equipos y elementos, motivo por el cual no se tuvo que realizar ningún diseño y construcción de los módulos sino que se van a utilizar los adquiridos por la Escuela.

Como se ha mencionado anteriormente, se cuentan con dos módulos de trabajo electroneumáticos y un módulo de trabajo electrohidráulico. Se procede a continuación a hacer una descripción de ellos con el fin de conocer sus principales características:

Módulo de trabajo electroneumático:

- Estructura metálica en su totalidad.
- Posee ruedas en su base para facilitar su movilización.

- Tiene una base metálica en su parte inferior para colocar el compresor y otros elementos.
- Tiene como mesa una tabla
- Posee tres rieles DIN.
- Tiene una tabla de división en medio para limitar la visualización entre las dos estaciones de trabajo de cada módulo.

Módulo de trabajo electrohidráulico:

- Estructura metálica en su totalidad.
- Posee ruedas en su base para facilitar su movilización.
- Cuenta con una base metálica en su parte inferior donde se coloca el depósito de aceite, el motor y la bomba hidráulica.
- Posee dos cajones con llave donde se guardan las válvulas y las mangueras.
- Tiene en su parte media una bandeja metálica.
- Tiene una lámina de acero colocada verticalmente con una inclinación de 15°, donde están colocados los actuadores, las válvulas y los manifolds.
- En la parte posterior cuenta con dos porta mangueras.

En el Anexo 4, al final del texto, se muestran los esquemas de ambos módulos de trabajo, con las dimensiones correspondientes.

CAPÍTULO 5

ELABORACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO

Una vez que ya se ha revisado la teoría necesaria y también ya se ha implementado el laboratorio con todos los requerimientos necesarios para trabajar en él, se procede a continuación a realizar algunas prácticas. Para ello, en primer lugar se presenta un breve análisis de las aplicaciones industriales en las cuales se emplean sistemas electroneumáticos y electrohidráulicos para posteriormente plantear y desarrollar los temas de las prácticas que llevarán a cabo los estudiantes de la materia de Electrofluidos del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la ESPE.

5.1. Análisis y descripción de las aplicaciones industriales electroneumáticas y electrohidráulicas utilizadas actualmente en la industria ecuatoriana.

Actualmente la industria ecuatoriana, al igual que muchas industrias alrededor del mundo, emplea en varias de sus aplicaciones y procesos, sistemas electroneumáticos y electrohidráulicos que de una u otra manera permiten mejorar la calidad de cientos de productos, logrando a través de ellos sistemas automatizados que optimizan su producción.

Se mencionan a continuación algunos de los procesos en los que, actualmente varias empresas del país utilizan los sistemas mencionados:

Sistemas electroneumáticos:

- En ZAIMELLA, empresa de fabricación de pañales, las máquinas que participan en el proceso de elaboración son electroneumáticas casi en su totalidad. Un ejemplo de ellas, es una máquina que coloca el pegamento en los pañales.
- En BOPP, empresa de fabricación de elementos con poliuretano como por ejemplo vasos y tarrinas, emplean sistemas electroneumáticos en sus procesos.
- En GENERAL MOTORS, se utilizan sistemas electroneumáticos de una manera mucho más amplia a través de actuadores finales como herramientas neumáticas, manipuladores, etc.

En los ejemplos mencionados anteriormente y en muchos otros en los que se emplean sistemas electroneumáticos, la característica principal es la velocidad que se obtiene con la energía neumática, no tanto así como la fuerza, la misma que debe ser considerada de acuerdo a la aplicación que se lleve a cabo.

Sistemas electrohidráulicos:

En lo que a aplicaciones de sistemas electrohidráulicos se refiere, estos son empleados principalmente en procesos en donde se requiere manejar pesos considerables además de un control de posición muy exacto. Ejemplo de ellos son el control de eyectores de agua en turbinas de generación eléctrica, en máquinas retroexcavadoras, etc. Algunas de las empresas del país que emplean este tipo de sistemas son las siguientes:

- ADELCA, donde se emplea sistemas electrohidráulicos para la alimentación y posicionamiento de palanquillas para el posterior trefilado y laminado en caliente.

- BOTROSA, ENDESA y PLYWOOD, empresas madereras que utilizan sistemas electrohidráulicos para el transportar con precisión los maderos dentro de sus plantas.

Estas entre las principales empresas y aplicaciones que actualmente se están empleando en la industria ecuatoriana. A partir de ellas se puede comprobar la gran importancia de que los Ingenieros en Automatización y Control que salgan de la ESPE, cuenten con capacidad para manejar, diseñar e implementar este tipo de sistemas puesto que son ampliamente utilizados en la industria y seguirán siéndolo por mucho tiempo, pues las características que dan tanto la energía neumática como la hidráulica son un tanto complicadas de reemplazar con aquellas que la energía eléctrica brinda, especialmente en lo que a funcionamiento de actuadores se refiere.

Es por ello que en el presente proyecto, se presentan algunas guías de práctica para el Laboratorio de Electrofluidos que permitirán a los estudiantes relacionarse con equipos muy similares a los que se utilizan en la industria y mediante ellas adquirir el conocimiento necesario para desenvolverse de la mejor manera en sistemas electroneumáticos y electrohidráulicos.

5.2. Definición y justificación de los temas de las guías de laboratorio a elaborar.

Una vez que se han revisado algunas de las aplicaciones que se emplean en la industria bajo los sistemas que son de interés en este texto, se pretende definir a continuación los temas de las prácticas de laboratorio que se llevarán a cabo tomando en cuenta dichas aplicaciones y la planificación de la materia de Electrofluidos para el ciclo de estudios.

Es así que se plantean inicialmente temas introductorios que relacionen al estudiante con los equipos y dispositivos con los que se cuenta en el laboratorio, para posteriormente introducirlos con prácticas que exijan de ellos la ejecución de un control un poco más

avanzado empleando elementos sensores e inclusive el micro PLC Siemens LOGO! con el que se cuenta en cada módulo electroneumático para realizar un control más preciso y automático de los actuadores.

Se pretende también elaborar guías de prácticas que permitan realizar un control de velocidad y posición de los actuadores así como también realizar un control de temporización en la actuación de los mismos.

De esta manera, los temas de las guías de práctica de laboratorio que se llevarán a cabo son los siguientes:

1. Mandos eléctricos para el control de las electroválvulas.
2. Control electroneumático de cilindros de simple y doble efecto.
3. Funciones lógicas electroneumáticas: AND, OR, NAND, NOR.
4. Avance y retroceso electroneumático ciclado.
5. Control electrohidráulico de cilindros de doble efecto.
6. Método de regulación a la entrada para el control de velocidad de un cilindro hidráulico.
7. Método de regulación a la salida para el control de velocidad de un cilindro hidráulico.
8. Empleo de sensores electrónicos en el control de movimiento.
9. Mando y control de posición del actuador utilizando el Micro PLC Siemens LOGO!.
10. Mando y control electroneumático con temporización.
11. Circuitos electroneumáticos con presóstatos y electroválvulas proporcionales.

Cada una de las guías de prácticas que se lleven a cabo, tendrán como partes constitutivas las siguientes:

- Tema.
- Objetivos.
- Descripción del problema.
- Diseño de la solución.
- Esquemas del sistema:
 - Diagrama espacio – fase.
 - Plano de desarrollo de programa.
 - Esquema neumático o hidráulico según corresponda.
 - Esquema eléctrico.
 - Análisis de corrientes.
- Equipos a utilizarse.
- Cuestionario.
- Conclusiones.
- Recomendaciones.

En base a ello, se realizarán las guías para cada una de las prácticas planteadas anteriormente de manera que aquellas que presentan todos los parámetros resueltos están dirigidas al profesor. Las guías destinadas para los estudiantes, presentarán la siguiente información:

- Tema.
- Objetivos.
- Descripción del problema.
- Cuestionario por resolver.
- Hoja de presentación en clase.

Todos los demás parámetros e inclusive la resolución del cuestionario, deben ser realizados por el estudiante antes, durante y después de la ejecución de la práctica planteada.

Es así que a continuación se presentan las once guías de laboratorio resueltas. Como documentos adjuntos a este texto, se presentan además dos manuales de guías de laboratorio: uno que está orientado a los docentes de la materia y el otro orientado a los alumnos.

5.3. Guías de Laboratorio

5.3.1. Mandos eléctricos para el control de electroválvulas distribuidoras neumáticas

Objetivo General:

- Conocer los equipos del laboratorio y los procedimientos necesarios para realizar el control de electroválvulas distribuidoras y actuadores neumáticos.

Objetivos Específicos:

- Comprender los métodos de activación de las electroválvulas distribuidoras que permitan realizar el control de cilindros neumáticos.
- Conocer qué elementos son necesarios para llevar a cabo la manipulación de cilindros neumáticos de simple y doble efecto.
- Detectar la posición del vástago de los cilindros mediante sensores mecánicos de final de carrera.

Descripción del problema:

Problema 1:

El sistema deberá cumplir los siguientes requerimientos:

- Mediante la activación de un pulsador sin retención, hacer que el vástago de un cilindro de simple efecto alcance su final de carrera.

- Mediante la activación de otro pulsador sin retención, hacer que el vástago del cilindro de simple efecto regrese a su posición inicial.
- Las lámparas piloto de cada botón deberán permanecer encendidas mientras el vástago sale y entra respectivamente. Cuando el cilindro se encuentre en su fin de carrera, la lámpara de salida permanecerá encendida. Cuando el vástago se encuentre retraído, ambas lámparas deberán estar apagadas.
- El sistema debe contar con un pulsador, con luz piloto, que energice todo el sistema en forma general. Este permitirá su funcionamiento.
- Se debe utilizar un módulo de parada de emergencia de manera que cuando sea activado, el sistema se desenergice completamente y el vástago del cilindro quede retraído.
- El sistema debe estar listo para activarse nuevamente mediante el pulso.

Problema 2:

El sistema deberá cumplir los siguientes requerimientos:

- Mediante la activación de un pulsador sin retención, hacer que el vástago de un cilindro de simple efecto alcance su final de carrera.
- Cuando el cilindro de simple efecto haya alcanzado su final de carrera, hacer que el vástago del cilindro de doble efecto salga.
- Cuando el cilindro de doble efecto haya alcanzado su final de carrera, hacer que ambos cilindros regresen a su posición inicial.
- Utilizar dos luces piloto (una para cada cilindro) de manera que cada una represente el estado de cada cilindro de la siguiente manera:
 - Cuando el vástago esté saliendo y permanezca en su final de carrera, la luz permanecerá encendida.
 - Cuando el vástago esté entrando y permanezca retraído, la luz permanecerá apagada.

- El sistema debe contar con un pulsador, con luz piloto, que energice todo el sistema en forma general. Este permitirá su funcionamiento.
- Se debe utilizar un módulo de parada de emergencia de manera que cuando sea activado, el sistema se desenergice completamente y los vástagos de los cilindros queden retraídos.
- El sistema debe estar listo para activarse nuevamente mediante el pulso.

DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

Problema 1:

Diagrama Espacio – Fase:

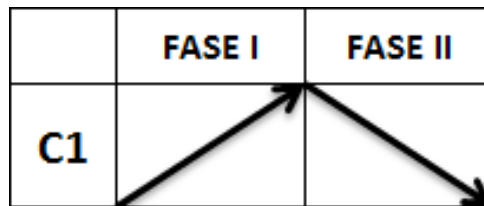


Figura. 5.3.1.1. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al problema 1

Plano de desarrollo de programa:

De aquí en adelante, en lo que se refiere al plano de desarrollo de programa de todas las prácticas que se realicen, se deberá tomar en cuenta el siguiente subproceso denominado “*condiciones iniciales*” el mismo que determinará el inicio de cada diagrama presentado:

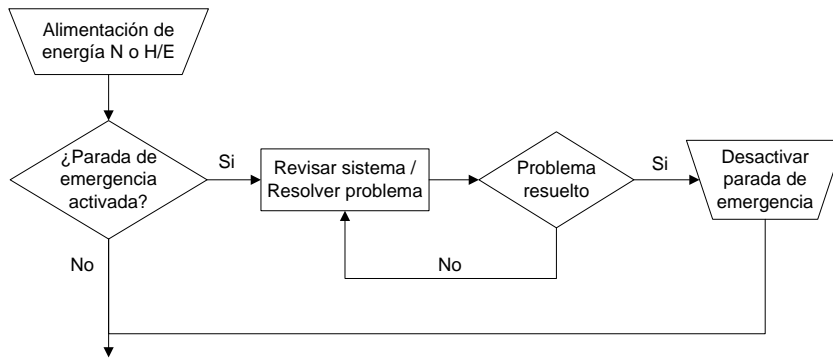


Figura. 5.3.1.2. Subproceso “Condiciones Iniciales”

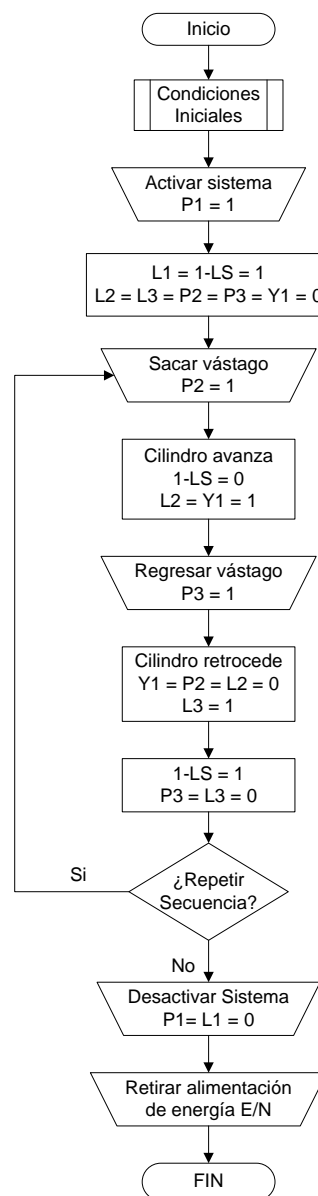


Figura. 5.3.1.3. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 1

Esquemas del sistema:

Esquema neumático:

Todos los esquemas neumáticos que se presenten desde ahora, tendrán como elementos generadores de energía neumática, los que se muestran a continuación:

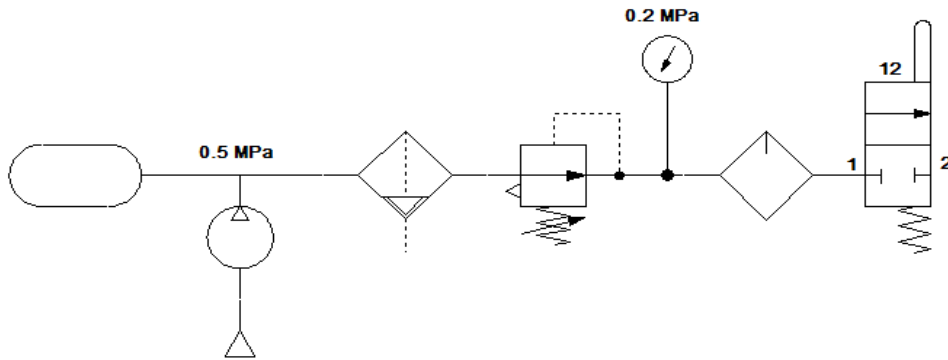


Figura. 5.3.1.4. Sistema de suministro de energía neumática a cada módulo

En el esquema neumático de este primer problema se pone la disposición completa de los equipos que forman parte él. Los esquemas siguientes ya no presentarán todos los elementos pues se simplificará los que a la generación de energía neumática se refiere:

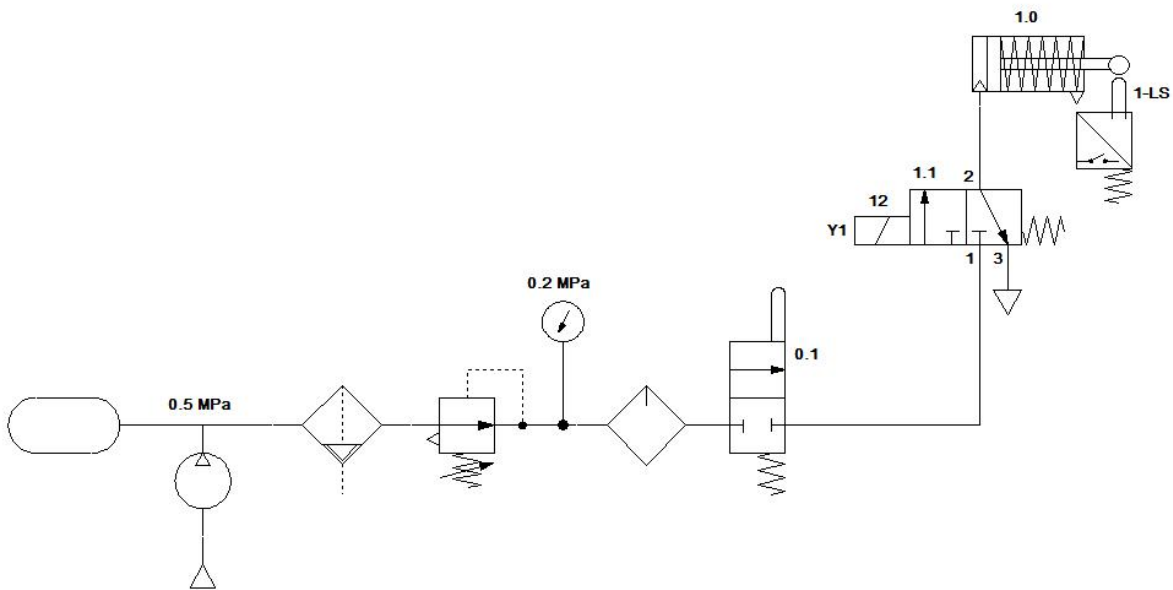


Figura. 5.3.1.5: Sistema neumático correspondiente al problema 1

Esquema eléctrico:

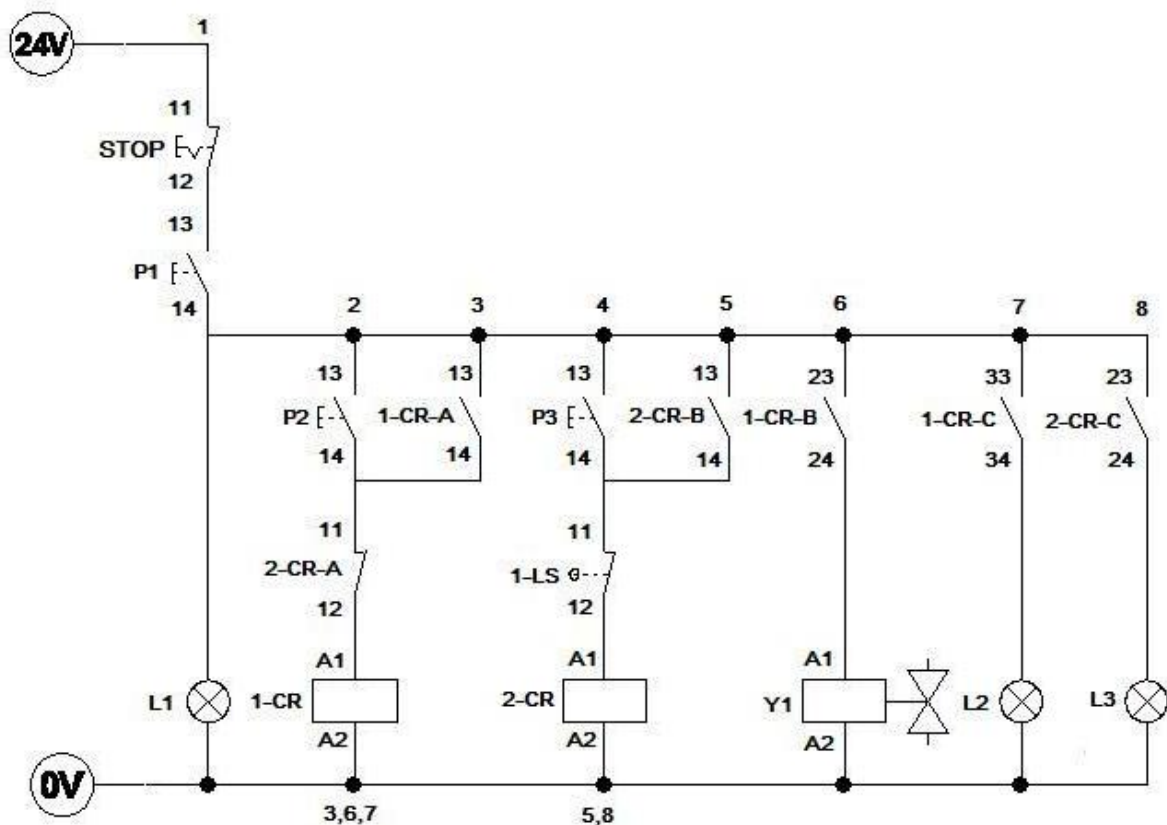


Figura. 5.3.1.6. Sistema eléctrico correspondiente al problema 1

Análisis de corrientes:

- La fuente de poder entrega hasta 2.0 A
- Los contactos de los relés soportan corrientes de hasta 1.5 A
- Los contactos de los pulsadores y del botón de emergencia soportan hasta 1.0 A
- Los contactos de los finales de carrera mecánicos soportan hasta 200 mA.
- Los solenoides de las electroválvulas y de los relés consumen 25 mA.
- Las luces piloto consumen 12 mA.

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$3 \times (12 \text{ mA}) + 3 \times (25 \text{ mA}) = 111 \text{ mA}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito y además los contactos tanto de los relés, de los pulsadores, del final de carrera y del botón de emergencia pueden soportar las cargas conectadas a ellos.

Problema 2:

Diagrama Espacio – Fase:

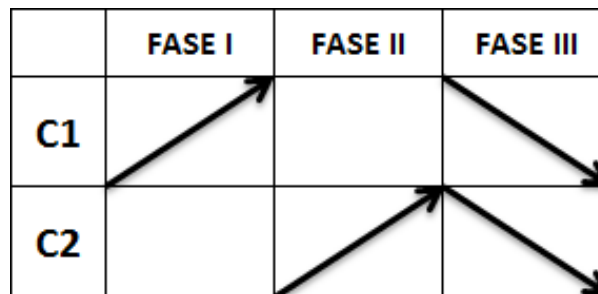


Figura. 5.3.1.7. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al problema 2

Plano de desarrollo de programa:

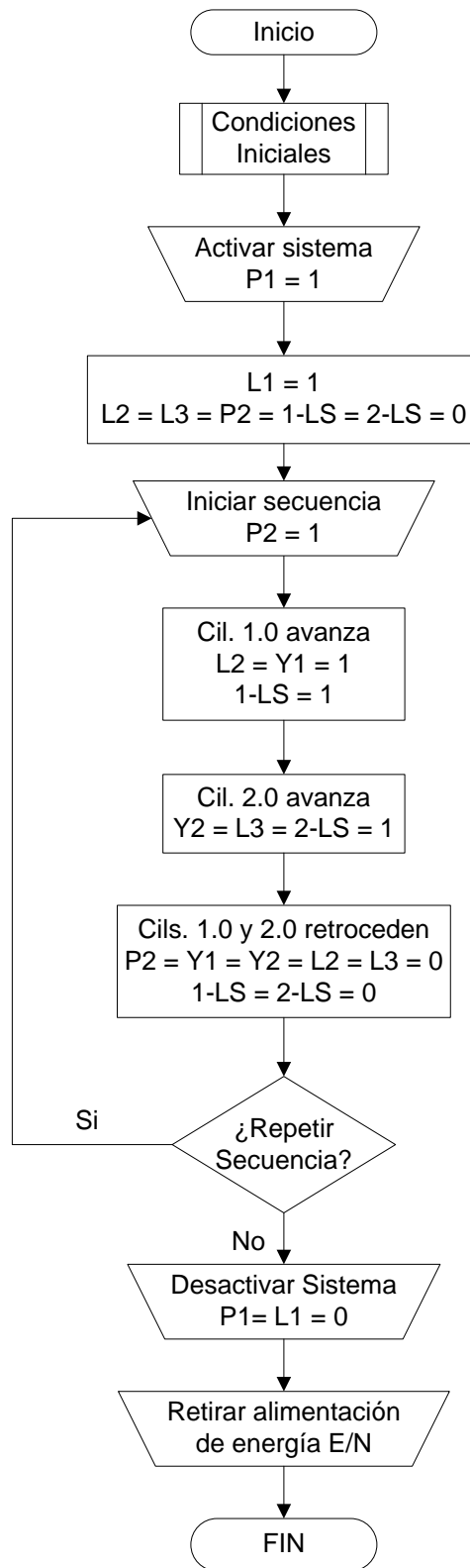


Figura. 5.3.1.8. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 2

Esquemas del sistema:

Esquema neumático:

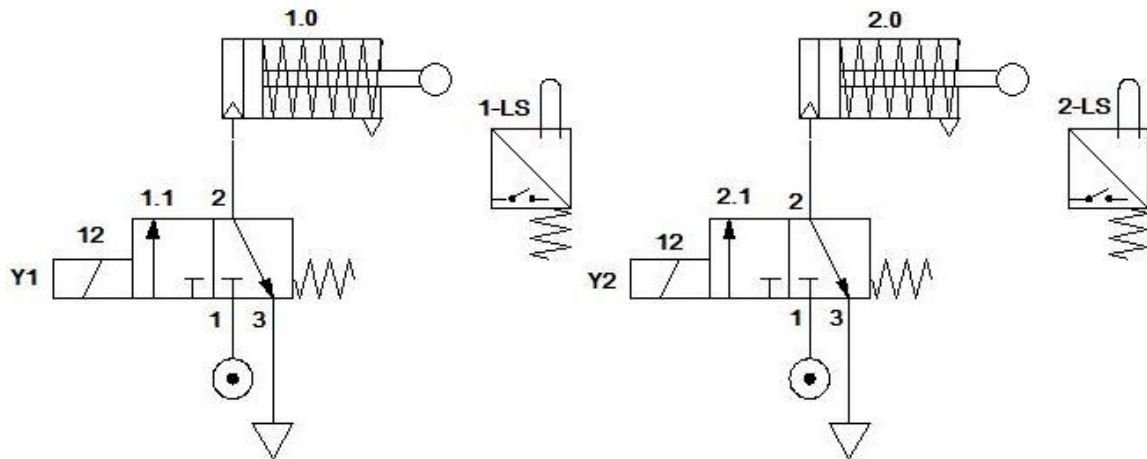


Figura. 5.3.1.9: Sistema neumático correspondiente al problema 2

Esquema eléctrico:

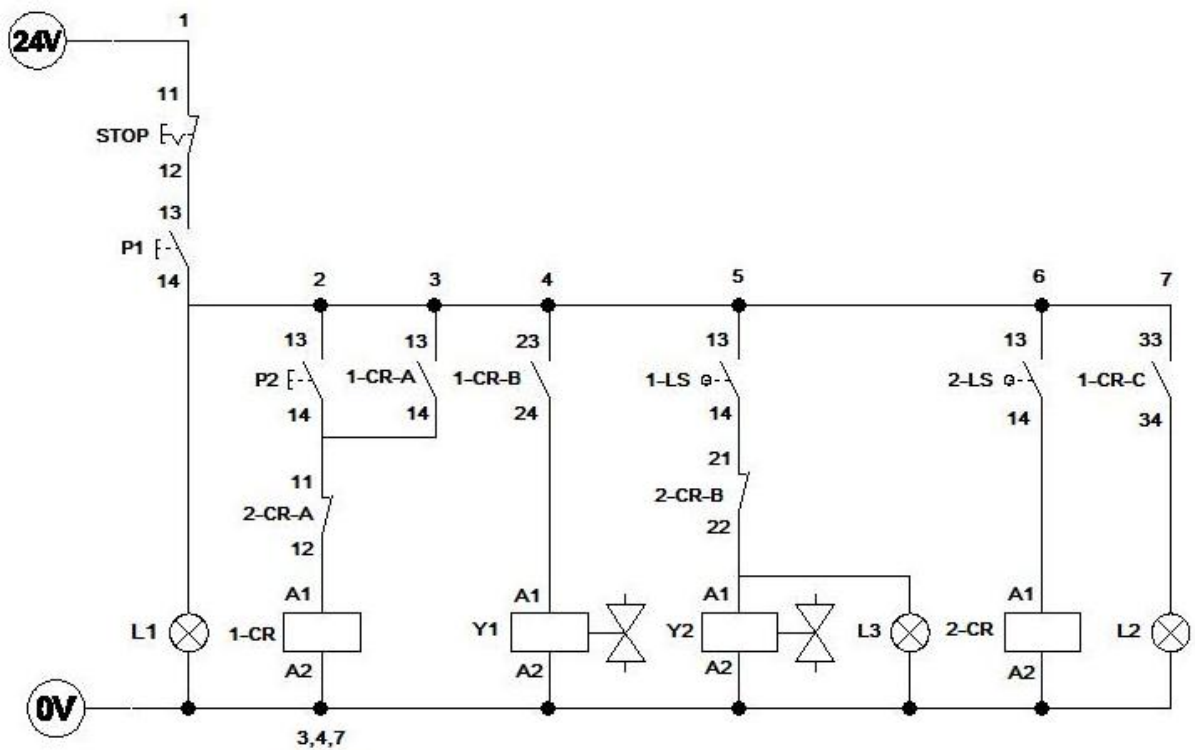


Figura. 5.3.1.10. Sistema eléctrico correspondiente al problema 2

Análisis de corrientes:

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$3 \times (12 \text{ mA}) + 4 \times (25 \text{ mA}) = 136 \text{ mA}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito y además los contactos tanto de los relés, de los pulsadores, del final de carrera y del botón de emergencia pueden soportar las cargas conectadas a ellos.

Equipos a utilizarse:

El profesor deberá entregar los siguientes equipos, para la solución de ambos problemas, a cada uno de los puestos de trabajo:

- 1 cilindro de simple efecto.
- 1 cilindro de doble efecto sin sensores reed.
- 1 válvula distribuidora 3/2 vías monoestable.
- 1 válvula distribuidora 5/2 vías monoestable.
- 1 módulo de relés.
- 1 módulo de botoneras.
- 1 módulo de parada de emergencia.
- 2 sensores de fin de carrera de activación por rodillo.
- Tubería y fitting necesaria.
- Cables de conexión eléctrica necesarios.

Se debe mencionar las siguientes características técnicas importantes de cada elemento a utilizarse:

Cilindro de simple efecto SAI2027-CL:

Se trata de un cilindro de impacto debido a su corta carrera y gran fuerza que puede entregar, la misma que se consigue al liberar instantáneamente la presión en la cámara del cilindro. Tiene las siguientes características:

- **Diámetro:** 25 mm.
- **Carrera:** 25 mm.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** R(PT).
- **Presión máxima:** 1.0 MPa.

Cilindro de doble efecto sin sensores reed SAI2026-CL-2:

En este cilindro el esfuerzo neumático se realiza en los dos sentidos de desplazamiento por lo que no cuenta con un resorte de reposición. Tiene las siguientes características:

- **Diámetro:** 25 mm.
- **Carrera:** 125 mm.
- **Tamaño del conector:** 1/4" con regulación manual de caudal.
- **Tipo de conector:** R(PT).
- **Presión máxima:** 1.0 MPa.

Válvula distribuidora 3/2 vías monoestable SAI2050-CL:

Es utilizada para el control de cilindros de simple acción. Tiene las siguientes características:

- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** R(PT).
- **Rango de presión de trabajo:** 0.1 a 0.7 MPa.
- **Consumo de energía:** 0.55 W
- Solenoide de 24 VDC, 25 mA.
- Indicador LED para la activación del solenoide.
- Puede ser NA o NC.

Válvula distribuidora 5/2 vías monoestable SAI2052-CL:

Es utilizada para el control de cilindros de doble acción. Tiene las siguientes características:

- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** R(PT).
- **Rango de presión de trabajo:** 0.1 a 0.7 MPa.
- **Consumo de energía:** 0.55 W
- Solenoide de 24 VDC, 25 mA.
- Indicador LED para la activación del solenoide.

Módulo de relés SAI2038:

Presenta gran versatilidad al momento de realizar las conexiones. Tiene los siguientes componentes:

- 3 relés con bobinas de 24 VDC, 25 mA.
- 4 contactos conmutables por cada relé: 24 VDC, 1.25 A
- LED indicador del estado del relé.
- Terminales de 2 mm para usar con los cables conectores.

Módulo de botoneras de tres botones SAI2036:

Muy versátil al momento de utilizar los pulsadores y sus contactos, tiene los siguientes componentes:

- 2 botones pulsadores sin retención y 1 botón pulsador con retención.
- Luces indicadoras independientes en cada botón (12 mA.)
- 2 contactos conmutables por cada botón:
 - 24 VDC/1.0 A
 - 125 VDC/0.2 A
 - 250 VAC/5.0 A
- Terminales de 2 mm para usar con los cables conectores.

Módulo de parada de emergencia SAI2034:

Elemento muy necesario en todos los sistemas que se implementarán, presenta las siguientes características:

Tiene los siguientes componentes:

- 1 pulsador tipo hongo con retención y desactivación por giro.
- 2 contactos conmutables:
 - 24 VDC/1.0 A
 - 125 VDC/0.2 A
 - 250 VAC/5.0 A
- Terminales de 2 mm para usar con los cables conectores.

Final de carrera eléctrico SAI2042-CL:

Empleado para detectar la posición del vástago del cilindro. Sus características son:

- Activación mecánica por rodillo.
- Contacto múltiple (NA – NC).
- 24 VDC, 200 mA.

Tubería:

Se utiliza manguera de polietileno de 6mm de diámetro.

Fitting:

Todos los elementos de fitting tienen como principales características las siguientes:

- **Presión máxima de funcionamiento:** 10 bares.
- **Presión de funcionamiento en vacío:** -100 kPa.
- **Temperatura de funcionamiento:** - 5 a 60 °C.
- Sus roscas están recubiertas de material sellador lo que minimiza el tiempo necesario para el montaje.
- Pueden usarse en líneas en vacío o con valores positivos de presión.
- Pueden conectarse a ellas tuberías de nylon o polietileno.

Cuestionario:**1. ¿Por qué no se utilizaron en la práctica válvulas distribuidoras biestables?**

Porque una de las condiciones que debían cumplir los sistemas implementados era que cuando se desactiven por medio del módulo de parada de emergencia, los vástagos de los cilindros queden retraídos. Se utilizan entonces válvulas distribuidoras monoestables ya que estas tienen un retorno por resorte, lo cual garantiza una de sus posiciones ante la ausencia de energía. Si se utilizan válvulas biestables, la válvula permanecería en la última posición en la cual le fue retirada la energía.

2. ¿La válvula distribuidora que utilizó para manipular el cilindro de simple acción fue NA o NC? Si utiliza la válvula contraria, ¿Qué variación tendrá el circuito de control?

Se utilizó una válvula NC y si se utiliza una válvula NA, la variación que tendría el circuito sería el cambiar el contacto de activación del solenoide de la electroválvula de NA a NC.

En caso de que se haya utilizado una válvula NA y se quiera utilizar una NC, el contacto que se debería utilizar sería un NA en lugar de un NC.

Conclusiones:

- Para los pulsadores utilizados, al no tener enclavamiento mecánico, fue necesario realizar enclavamientos eléctricos utilizando relés y sus contactos.
- En el problema 1, para lograr que el sistema vuelva a estar listo para activarse nuevamente mediante un pulso, fue necesario detectar eléctricamente cuando el sistema haya terminado el ciclo. Para ello se utilizó un sensor de fin de carrera

de activación por rodillo, el mismo que permite la desactivación de los relés y a consecuencia deja el sistema como en su estado inicial.

- Para la manipulación del cilindro de simple acción, se utilizó una válvula distribuidora 3/2 vías monoestable NC. Si se utiliza una válvula NA, se deberá cambiar el contacto del relé utilizado para activar el solenoide de la válvula, de un NA a un NC.
- Al utilizar válvulas distribuidoras monoestables, se garantiza que tras el corte de energía eléctrica en el sistema, los vástagos de los cilindros permanecerán retraídos, a pesar que la energía neumática no se haya cortado.
- Los sensores de fin de carrera de activación por rodillo son sensores de activación mecánica que permiten eléctricamente, mediante la apertura o cierre de sus contactos, el conocer la posición del vástago de los cilindros que se emplean en los sistemas implementados. Es así que mediante ellos, se podría detectar la posición del vástago en cualquier instancia de su carrera.
- Es importante que los sistemas que se implementen cuenten con sistemas de seguridad con el fin de poder detenerlos ante un posible fallo o anomalía en el mismo. Con este propósito, en esta práctica se empleó el módulo de parada de emergencia, el mismo que al ser activado detiene completamente el funcionamiento del sistema y no permite nuevamente su activación hasta que el estado del pulsador de emergencia sea desenclavado manualmente.

Recomendaciones:

- Utilizar una presión no superior a los 0.2 MPa para el aire comprimido con el fin de que el cilindro de simple acción, al cual no se le puede regular manualmente

el flujo de aire, no salga con excesiva fuerza y dañe los elementos con los cuales interactúa.

- Regular manualmente en el cilindro de doble acción el flujo de aire que llegue a él con el fin de que su salida y entrada sea más lento y se pueda apreciar de mejor manera el funcionamiento del sistema.

5.3.2. Control electroneumático de cilindros de simple y doble efecto

Objetivo General:

- Controlar cilindros neumáticos de simple y doble efecto mediante un circuito eléctrico que permita realizar una secuencia de movimiento con los actuadores.

Objetivos Específicos:

- Realizar una secuencia de actuación de los cilindros neumáticos de simple y doble acción con los que se cuenta en el laboratorio.
- Conocer las técnicas necesarias para manipular cilindros neumáticos de simple y doble acción en la manera que los sistemas implementados lo demanden.
- Introducir el uso de sensores reed para la detección de posición del vástago de cilindros.

Descripción del problema:

El sistema tiene como actuadores cuatro cilindros y deberá cumplir las siguientes condiciones de funcionamiento:

- Mediante la activación de un pulsador sin retención, hacer que el vástago del primer cilindro alcance su final de carrera. Cuando éste haya alcanzado su fin de carrera, desplegar el vástago del segundo cilindro y posteriormente hacer lo

mismo con los otros dos cilindros, de manera que el movimiento de los cilindros sea secuencial.

- Cuando el cuarto cilindro alcance su final de carrera, hacer que los cilindros regresen a su posición inicial de dos en dos.
- Manipule los conectores reguladores de caudal de los cilindros de doble efecto para lograr lo siguiente:
 - Todos deberán salir a una velocidad similar.
 - Todos deberán entrar a una velocidad similar pero diferente a la de salida.
- Utilizar dos luces piloto que se enciendan de la siguiente manera:
 - Una de las luces se encenderá cuando los vástagos estén saliendo y se apagará cuando todos los vástagos estén en su fin de carrera.
 - La otra luz se encenderá cuando los vástagos de los cilindros estén entrando y se apagará cuando todos los vástagos estén retraídos.
- El sistema debe contar con un pulsador, con luz piloto, que energice todo el sistema en forma general. Este permitirá su funcionamiento.
- Se debe utilizar un módulo de parada de emergencia de manera que cuando sea activado el sistema se desenergice completamente.
- El sistema debe estar listo para activarse nuevamente mediante el pulso.

DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

Diagrama Espacio – Fase:

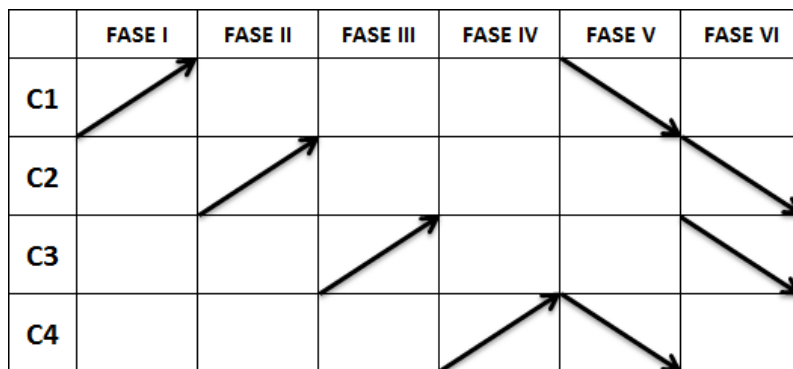
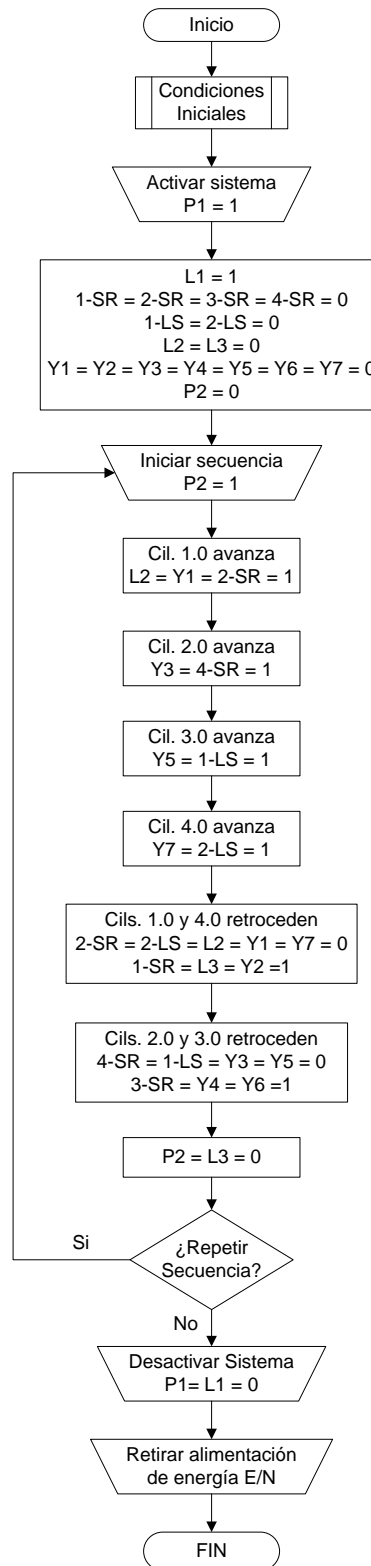


Figura. 5.3.2.1. Diagrama Espacio – Fase

Plano de desarrollo de programa:**Figura. 5.3.2.2. Plano de desarrollo de programa**

Esquemas del sistema:

Esquema neumático:

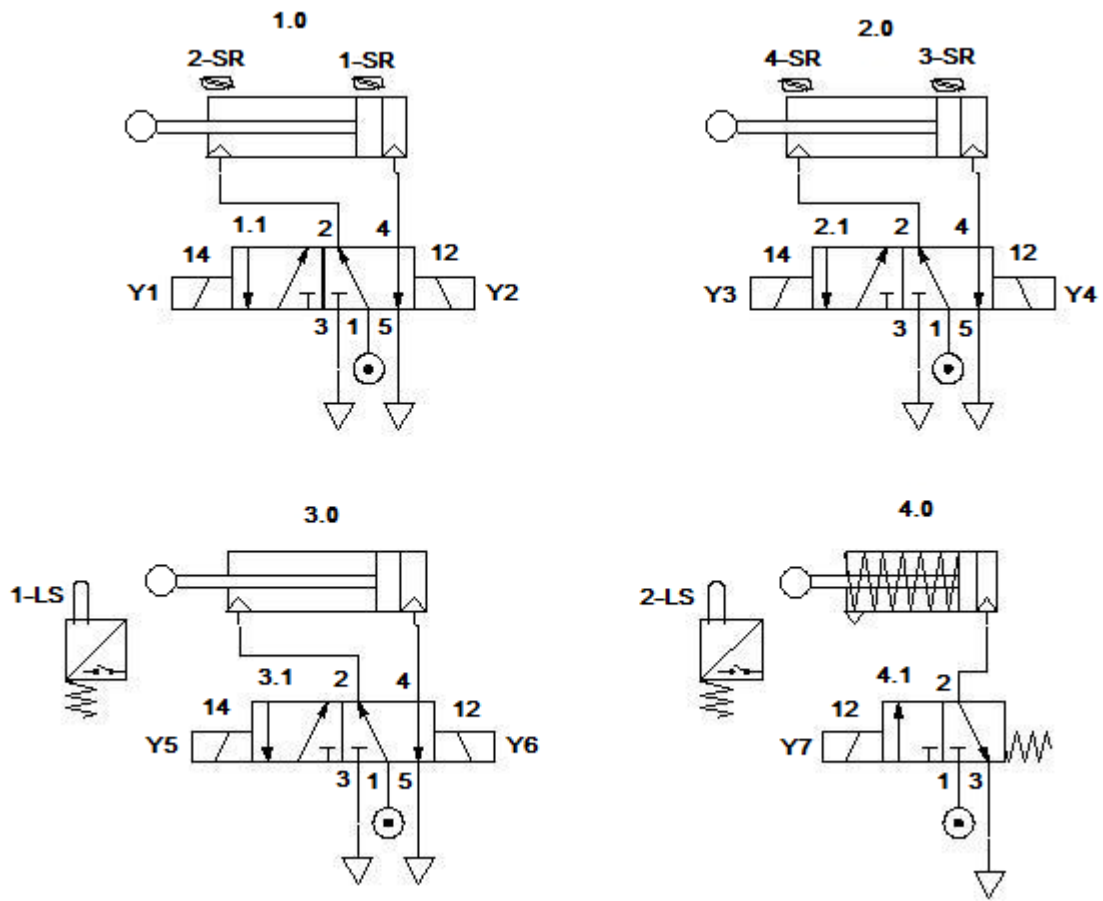


Figura. 5.3.2.3. Sistema neumático

Esquema eléctrico:

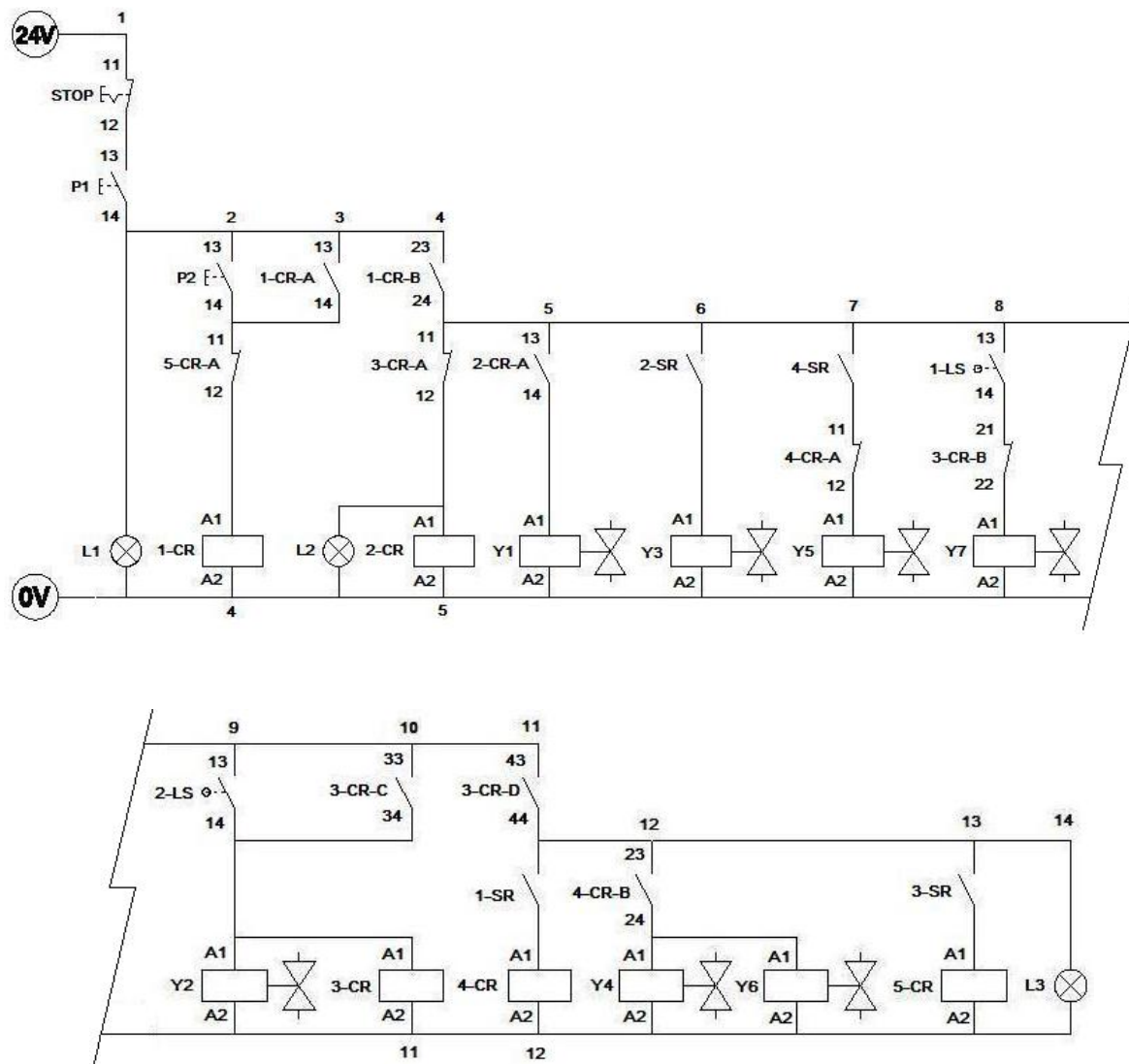


Figura. 5.3.2.4. Sistema eléctrico

Análisis de corrientes:

- La fuente de poder entrega hasta 2.0 A
- Los contactos de los relés soportan corrientes de hasta 1.5 A
- Los contactos de los pulsadores y del botón de emergencia soportan hasta 1.0 A
- Los contactos de los finales de carrera mecánicos soportan hasta 200 mA.

- Los contactos de los sensores reed soportan hasta 40 mA.
- Los solenoides de las electroválvulas y de los relés consumen 25 mA.
- Las luces piloto consumen 12 mA.

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$3 \times (12 \text{ mA}) + 12 \times (25 \text{ mA}) = 336 \text{ mA}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito y además los contactos tanto de los relés, de los pulsadores, de los finales de carrera, de los sensores reed y del botón de emergencia pueden soportar las cargas conectadas a ellos.

Equipos a utilizarse:

El profesor deberá entregar los siguientes equipos, para la solución de ambos problemas, a cada uno de los puestos de trabajo:

- 1 cilindro de simple efecto.
- 1 cilindro de doble efecto sin sensores reed.
- 2 cilindros de doble efecto con sensores reed.
- 1 válvula distribuidora 3/2 vías monoestable NC.
- 3 válvula distribuidora 5/2 vías biestables.
- 2 módulos de relés.
- 1 módulo de botoneras.
- 1 módulo de parada de emergencia.
- 2 sensores de fin de carrera de activación por rodillo.
- Tubería y fitting necesaria.
- Cables de conexión eléctrica necesarios.

Se menciona a continuación las siguientes características técnicas importantes de aquellos elementos que se utilizan por primera vez en esta práctica:

Cilindro de doble efecto con sensores reed SAI2026-CL-3:

Este cilindro es similar al utilizado en la práctica anterior, con la ventaja que trae incorporados sensores reed switch que permiten detectar la posición de su émbolo al inicio y al fin de su carrera. Tienen las siguientes características:

- **Diámetro:** 25 mm.
- **Carrera:** 125 mm.
- **Tamaño del conector:** 1/4" con regulación manual de caudal
- **Tipo de conector:** R(PT).
- **Presión máxima:** 1.0 MPa.
- Posee 2 sensores de posición acoplados al cilindro con las siguientes características:
 - Sensores tipo reed switch.
 - Montaje con banda.
 - 24 VDC.
 - 5 a 40 mA.
 - Indicador luminoso de estado del sensor.

Válvula distribuidora 5/2 vías biestable SAI2053-CL:

Utilizada para accionar cilindros de doble acción, cuenta con dos solenoides para realizar la conmutación entre sus dos posiciones. Tiene las siguientes características:

- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** R(PT).

- **Rango de presión de trabajo:** 0.1 a 0.7 MPa.
- **Consumo de energía:** 0.55 W
- Solenoide de 24 VDC, 25 mA.
- Indicador LED para la activación del solenoide.

Cuestionario:

1. ¿Qué es un sensor reed y cuál es su principio de funcionamiento?

Es un sensor de proximidad de tipo magnético que está formado por un par de contactos ferrosos encerrados al vacío dentro de un tubo de vidrio, de manera que al acercarse un campo magnético, los contactos se unen cerrando un circuito eléctrico. Cuando el campo magnético se aleja, los contactos se separan debido a su rigidez. El campo magnético puede ser generado por un imán permanente o por una bobina.

2. En una electroválvula biestable, de las utilizadas en la práctica, ¿qué pasa si antes de retirar la energía en uno de los solenoides, se energiza el otro? ¿cambia de posición?

En este tipo de electroválvulas, si se da el hecho que se energiza uno de sus solenoides sin quitar la energía del otro, no se produce conmutación en su posición, sino que se mantiene la posición en la que estaba.

Para lograr una conmutación en la posición de la electroválvula, es necesario que solo se aplique energía sobre un solenoide a la vez.

3. En una electroválvula biestable de dos posiciones, cuando ninguno de los solenoides está energizado, ¿qué posición adopta la electroválvula?

En el caso de que sea una electroválvula biestable de dos posiciones, la posición que adopte cuando no se energice ninguno de sus solenoides, será la última posición conmutada y se mantendrá en ella hasta que se energice el solenoide que permita su cambio.

4. Justifique la ubicación de los dos finales de carrera mecánicos de activación por rodillo de acuerdo a su diseño.

La ubicación de los finales de carrera en mi diseño se justifica debido a los siguientes aspectos:

- Al pedir que la salida de los cilindros sea secuencial, es necesario ubicar FC1 al final de la carrera del cilindro C3, con el fin de detectar cuando éste llegue a su posición final y poder de esta manera activar la salida del cilindro C4.
- FC2 fue ubicado al final de la carrera del cilindro C4 con el fin de detectar cuando este haya salido completamente y de esta manera se haya completado la secuencia de salida de todos los cilindros. Con la señal que se obtiene de FC2, se inicia el ciclo de retroceso de los actuadores.
- Para cumplir con las exigencias del problema, no fue necesario detectar la ubicación de los vástagos retraídos de los cilindros 3 y 4, por lo que no es necesario ubicar los finales de carrera mecánicos en dicha posición.

Conclusiones:

- Si bien es cierto que la salida de los cilindros se hizo de forma secuencial, el retorno de los mismos no podía haber sido hecho de la misma forma ya que no se cuenta con un sensor que detecte la posición del vástago retraído del tercer cilindro, lo cual permita el retorno del cuarto cilindro.

- Es necesario contar con un sensor que indique la finalización completa del ciclo para que con dicha señal se proceda a realizar la reiniciación del sistema de manera que quede listo para ser activado nuevamente por un pulso. De no contar con dicho sensor, la reiniciación se podría hacer en base a tiempos, lo cual es muy relativo y puede variar de acuerdo a la velocidad que tome el actuador.
- Los sensores reed son muy versátiles ya que ocupan menos espacio físico en el sistema, no son sensores de contacto y además poseen indicadores luminosos de activación que permiten conocer su estado.
- Los conectores reguladores de flujo con los cuales cuentan los cilindros de doble efecto, permiten realizar un control manual de la velocidad con la cual sale y entra el vástago de dichos cilindros. Esto permite crear diferentes secuencias de movimiento con los actuadores que se utilicen en los sistemas.
- Para la secuencia de retorno de los cilindros, se hizo regresar uno con sensores reed junto a otro que no los tiene (de acuerdo al diseño realizado, el 1 con el 4 y el 2 con el 3) con el fin de poder usar la señal de activación del sensor que indica que el vástago del cilindro está retraído. De esta manera, la señal que se obtiene de SR1 permite iniciar el regreso de los dos cilindros restantes, mientras que la señal que se obtiene de SR2 permite volver el sistema a sus condiciones iniciales.

Recomendaciones:

- Utilizar una presión no superior a los 0.2 MPa para el aire comprimido con el fin de que el cilindro de simple acción, al cual no se le puede regular manualmente el flujo de aire, no salga con excesiva fuerza y dañe los elementos con los cuales interactúa.

- Para esta práctica se recomienda utilizar una válvula 3/2 vías NC para el accionamiento del cilindro de simple efecto puesto que la posición inicial del cilindro es con su vástago retraído. El utilizar una válvula 3/2 vías NA complica sobre manera el diseño del sistema y puede resultar un tanto engorroso. Lo más factible, si se dispone de una válvula NA, sería el cambiar de posición las vías de conexión para volverla NC.
- Al ser el cableado eléctrico del sistema muy significativo, se debe tener un correcto orden en las conexiones que se realicen con el fin de poder detectar y corregir de manera más fácil algún error en caso de que este existiera.

5.3.3. Funciones lógicas electroneumáticas AND, OR, NAND, NOR

Objetivo General:

- Comprender la importancia de la utilización de funciones lógicas en la implementación de sistemas electrónicos de control y utilizarlos posteriormente en los sistemas que se desarrollen.

Objetivos Específicos:

- Conocer las principales funciones lógicas en control electroneumático con el fin de poder usarlas dentro de sistemas más complejos.
- Mejorar la destreza de los alumnos en la implementación de funciones lógicas utilizando pulsadores y relés.

Descripción del problema:

Como primera parte de la práctica se pide realizar los siguientes sistemas, los mismos que definen las formas de implementar las funciones lógicas en estudio.

Todos estos sistemas están enfocados a generar, como resultado de las funciones lógicas empleadas, una sola señal eléctrica que permita el control del actuador. Al emplear como actuador en todos los sistemas un cilindro de doble efecto, para poder controlarlo solamente con una señal eléctrica, se debe utilizar una electroválvula 5/2 vías monoestable.

Se describen a continuación los sistemas a implementar:

Mando de control con función lógica AND:

El sistema deberá cumplir los siguientes requerimientos:

- Se accionará un cilindro de doble efecto, cuyo vástago, una vez que alcance su fin de carrera regresará a su posición inicial.
- Se debe utilizar una válvula 5/2 vías monoestable para accionar el cilindro.
- Se tienen dos pulsadores sin retención en diferentes ubicaciones: P1 y P2, cuyo funcionamiento está definido por la siguiente tabla:

P1	P2	Electroválvula / Cilindro
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Tabla. 5.3.3.1. Lógica de operación de la función lógica AND

- Por lo tanto, el vástago del cilindro saldrá solamente cuando se hayan activado los dos pulsadores.
- Utilizar las luces piloto de cada botón para indicar el estado de cada uno.
- Cuando el vástago vuelva a su posición inicial, el sistema estará nuevamente listo para ser accionado.

- Usar enclavamiento para mantener los estados de los pulsadores cuando sean accionados.
- Utilizar un módulo de parada de emergencia.

Mando de control con función lógica OR:

El sistema deberá cumplir los siguientes requerimientos:

- Se accionará un cilindro de doble efecto, cuyo vástago, una vez que alcance su fin de carrera regresará a su posición inicial.
- Se debe utilizar una válvula 5/2 vías monoestable para accionar el cilindro.
- Se tienen dos pulsadores sin retención en diferentes ubicaciones: P1 y P2, cuyo funcionamiento está definido por la siguiente tabla:

P1	P2	Electroválvula / Cilindro
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Tabla. 5.3.3.2. Lógica de operación de la función lógica OR

- Por lo tanto, el vástago del cilindro saldrá al presionar cualquiera de los dos pulsadores o cuando los dos estén accionados al mismo tiempo.
- Utilizar las luces piloto de cada botón para indicar el estado de cada uno.
- Cuando el vástago vuelva a su posición inicial, el sistema estará nuevamente listo para ser accionado.
- Usar enclavamiento para mantener los estados de los pulsadores cuando sean accionados.
- Utilizar un módulo de parada de emergencia.

Mando de control con función lógica NAND:

El sistema deberá cumplir los siguientes requerimientos:

- Se accionará un cilindro de doble efecto.
- Se debe utilizar una válvula 5/2 vías monoestable para accionar el cilindro.
- Se tienen dos pulsadores sin retención en diferentes ubicaciones: P1 y P2, cuyo funcionamiento está definido por la siguiente tabla:

P1	P2	Electroválvula / Cilindro
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Tabla. 5.3.3.3. Lógica de operación de la función lógica NAND

- Por lo tanto, el vástago del cilindro será retraído solamente mientras los dos pulsadores se encuentren activados al mismo tiempo.
- Utilizar las luces piloto de cada botón para indicar el estado de cada uno.
- Realizar el circuito de dos formas: la primera con los pulsadores conectados en paralelo y la segunda con los pulsadores conectados en serie.
- No usar enclavamiento para los pulsadores.
- Utilizar un módulo de parada de emergencia.

Mando de control con función lógica NOR:

El sistema deberá cumplir los siguientes requerimientos:

- Se accionará un cilindro de doble efecto.

- Se debe utilizar una válvula 5/2 vías monoestable para accionar el cilindro.
- Se tienen dos pulsadores sin retención en diferentes ubicaciones: P1 y P2, cuyo funcionamiento está definido por la siguiente tabla:

P1	P2	Electroválvula / Cilindro
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Tabla. 5.3.3.4. Lógica de operación de la función lógica NOR

- Por lo tanto, el vástago del cilindro será retraído mientras cualquiera de los pulsadores sea accionado, o a la vez los dos se encuentren accionados al mismo tiempo.
- Utilizar las luces piloto de cada botón para indicar el estado de cada uno.
- Realizar el circuito de dos formas: la primera con los pulsadores conectados en paralelo y la segunda con los pulsadores conectados en serie.
- No usar enclavamiento para los pulsadores.
- Utilizar un módulo de parada de emergencia.

La segunda parte de la práctica consiste en implementar un sistema que combina algunas de las funciones lógicas revisadas. Con este fin se plantea la implementación de un sistema que cumpla las siguientes condiciones:

- El sistema cuenta con cuatro cilindros:
 - 2 cilindros de doble efecto con sensores reed: Cilindro 1 y 2.
 - 1 cilindro de doble efecto sin sensores reed: Cilindro 3.
 - 1 cilindro de simple efecto: Cilindro 4.

- Hacer que los vástagos de los cilindros 1 y 2 salgan y retornen secuencialmente (no los dos al mismo tiempo) en cualquier orden.
- Solamente cuando ninguno de los vástagos de los cilindros 1 y 2 estén en su fin de carrera, el vástago del cilindro 3, deberá salir. En cualquier otro caso, permanecerá retraído.
- Solo cuando los vástagos de los cilindros 1 y 2 estén en su fin de carrera, el vástago del cilindro 4 debe salir. En cualquier otro caso, permanecerá retraído.
- Para los dos puntos anteriores, no hacer uso de la función AND.
- Para accionar el cilindro 4, utilizar una válvula 3/2 vías monoestable NA.
- La secuencia de los cilindros 1 y 2 puede ser iniciada mediante cualquiera de dos pulsadores ubicados en diferentes lugares. Cada pulsador debe contar con luz piloto y cuando el sistema sea inicializado, las dos luces deben estar encendidas.
- El sistema debe contar con un pulsador, con luz piloto, que energice todo el sistema en forma general. Este permitirá su funcionamiento.
- Como condición inicial, solo si los vástagos de los cilindros 1 y 2 están retraídos el sistema podrá ser activado. Si se cumple esta condición, encender la luz piloto del pulsador anterior.
- La velocidad de los cilindros 1 y 2 debe ser regulada manualmente mediante los reguladores de caudal de cada cilindro, de manera que sea relativamente baja y se pueda visualizar el comportamiento de los cilindros 3 y 4 en sus activaciones.
- Utilizar un módulo de parada de emergencia.

DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

Diagrama Espacio – Fase:

El siguiente diagrama espacio – fase es el mismo para las cuatro funciones lógicas: AND, OR, NAND y NOR. Se debe tomar en cuenta que el avance y el retroceso del cilindro está determinado por las condiciones que se deben cumplir en cada una de las funciones.

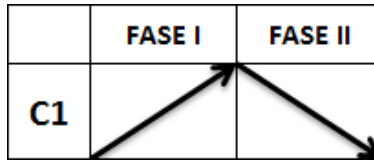


Figura. 5.3.3.1. Diagrama Espacio – Fase para las funciones lógicas AND, OR, NAND y NOR

Mando de control con función lógica AND:

Plano de desarrollo de programa:

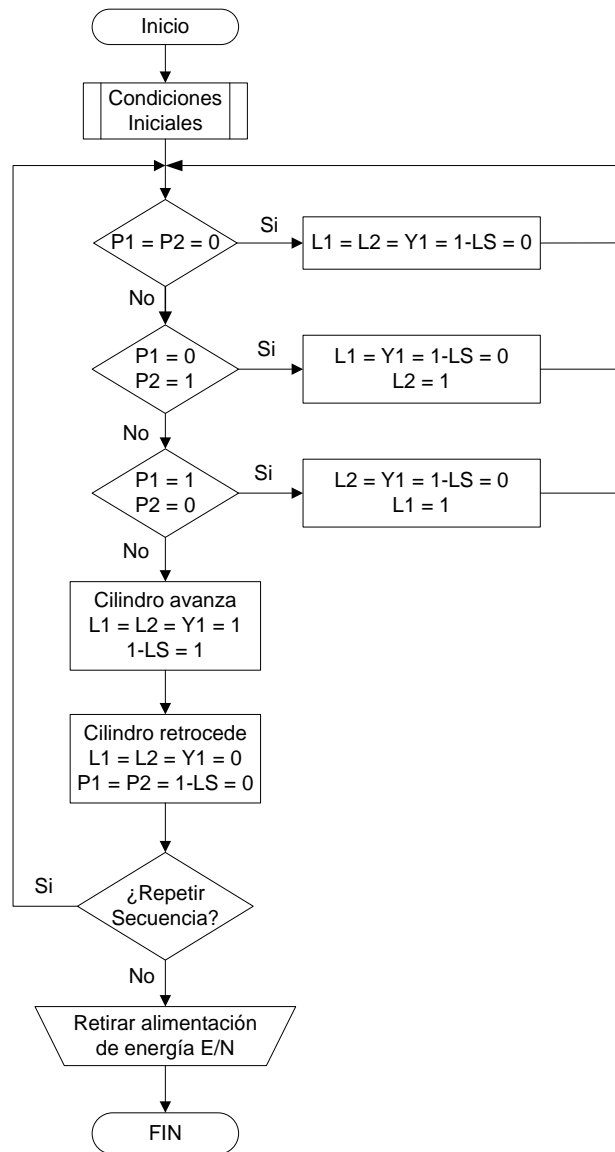


Figura. 5.3.3.2. Plano de desarrollo de programa correspondiente a la función lógica AND

Esquemas del sistema:

Esquema neumático:

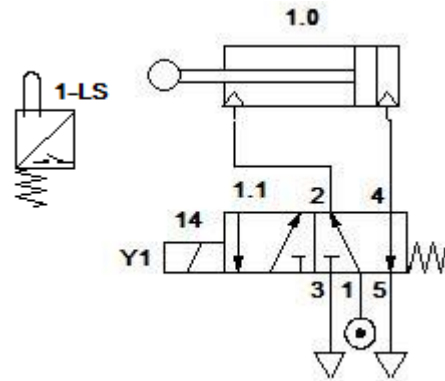


Figura. 5.3.3.3. Sistema neumático correspondiente a la función lógica AND

Esquema eléctrico:

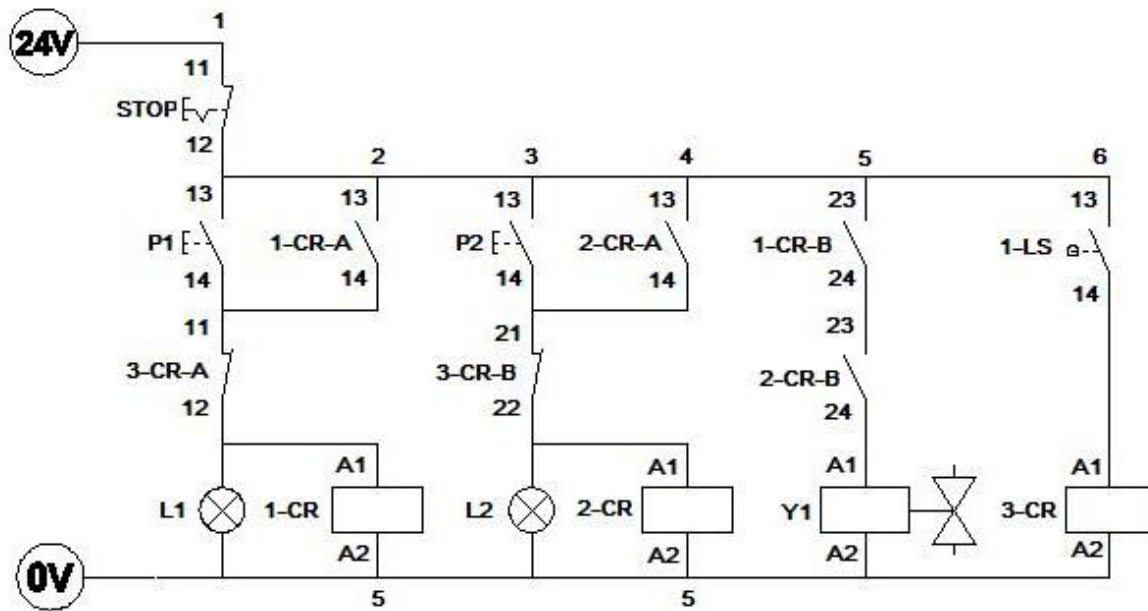


Figura. 5.3.3.4. Sistema eléctrico correspondiente a la función lógica AND

Análisis de corrientes:

- La fuente de poder entrega hasta 2.0 A
- Los contactos de los relés soportan corrientes de hasta 1.5 A
- Los contactos de los pulsadores y del botón de emergencia soportan hasta 1.0 A
- Los contactos de los finales de carrera mecánicos soportan hasta 200 mA.
- Los contactos de los sensores reed soportan hasta 40 mA.
- Los solenoides de las electroválvulas y de los relés consumen 25 mA.
- Las luces piloto consumen 12 mA.

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$2 \times (12 \text{ mA}) + 4 \times (25 \text{ mA}) = 124 \text{ mA}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito y además los contactos tanto de los relés, de los pulsadores, del final de carrera y del botón de emergencia pueden soportar las cargas conectadas a ellos.

Mando de control con función lógica OR:***Plano de desarrollo de programa:***

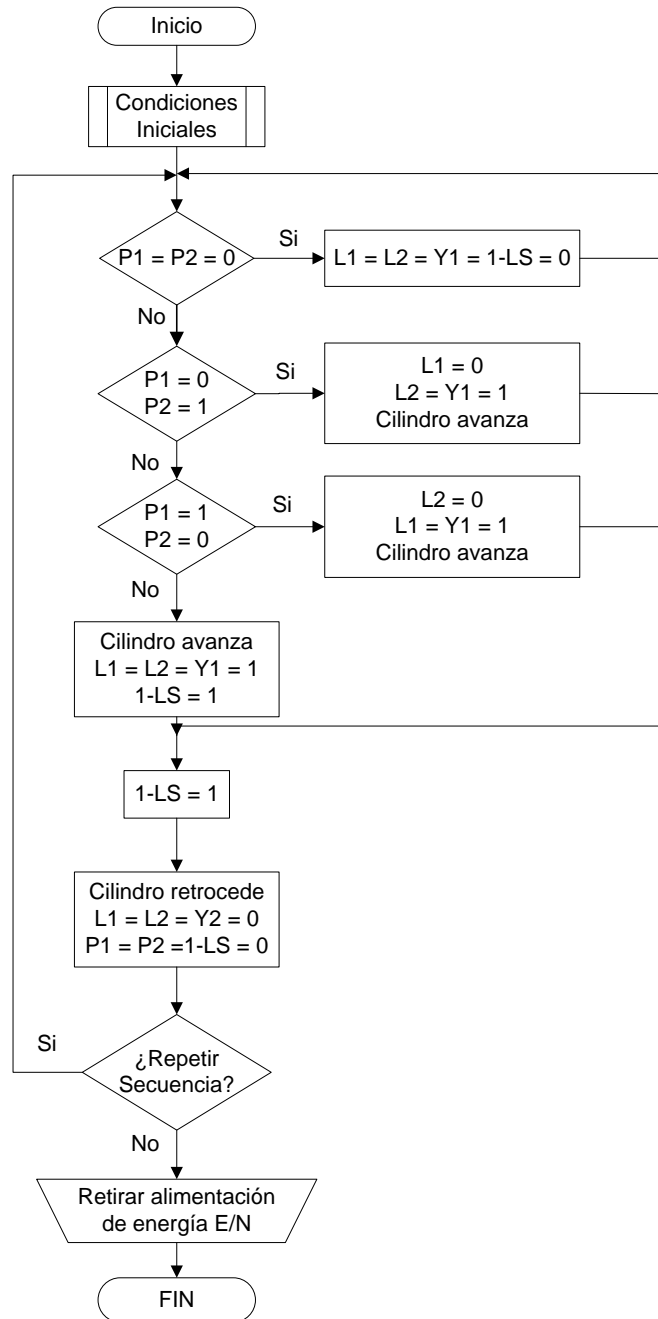


Figura. 5.3.3.5. Plano de desarrollo de programa correspondiente a la función lógica OR

Esquemas del sistema:

Esquema neumático:

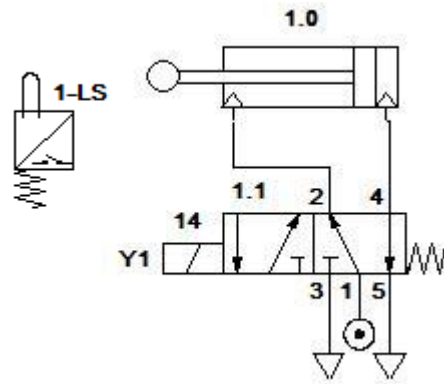


Figura. 5.3.3.6. Sistema neumático correspondiente a la función lógica OR

Esquema eléctrico:

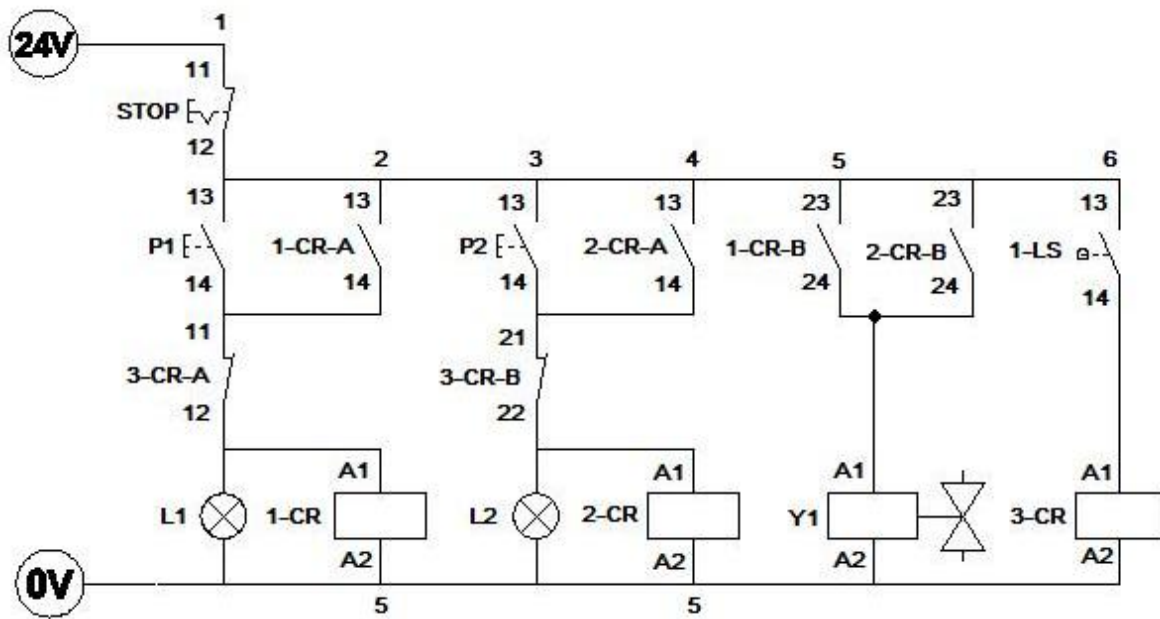


Figura. 5.3.3.7. Sistema eléctrico correspondiente a la función lógica OR

Análisis de corrientes:

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$2 \times (12 \text{ mA}) + 4 \times (25 \text{ mA}) = 124 \text{ mA}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito y además los contactos tanto de los relés, de los pulsadores, del final de carrera y del botón de emergencia pueden soportar las cargas conectadas a ellos.

Mando de control con función lógica NAND:

Plano de desarrollo de programa:

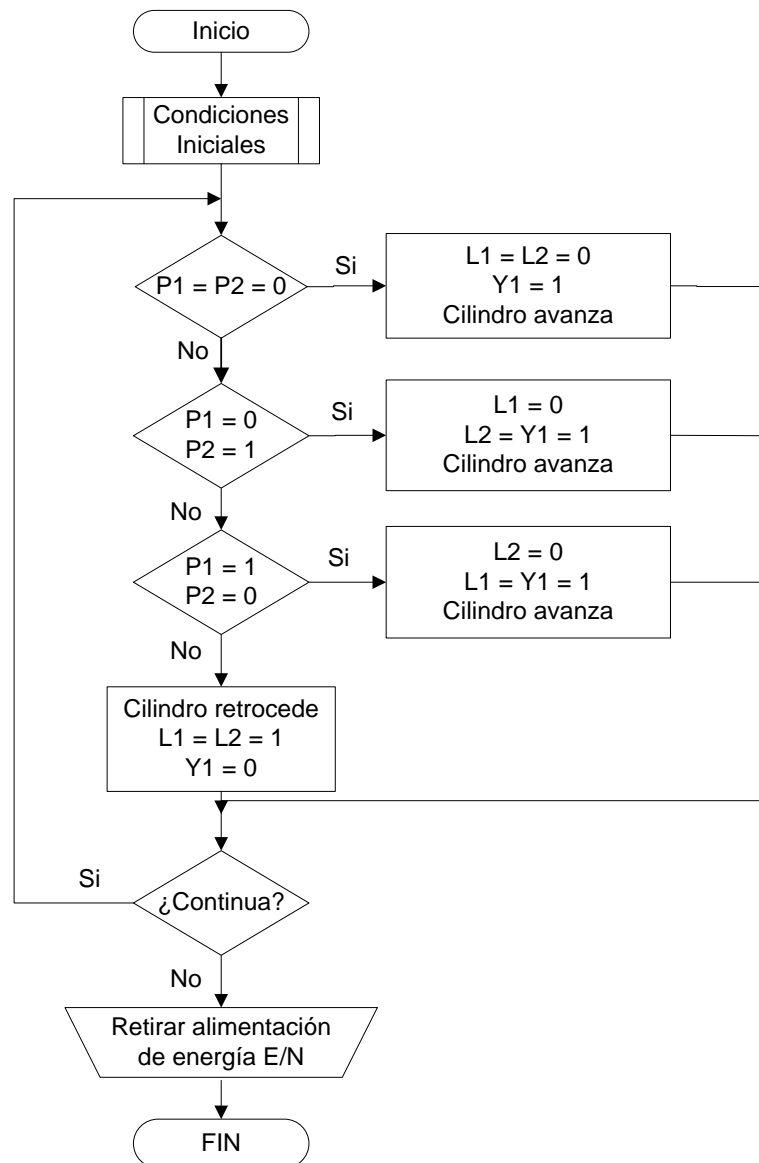


Figura. 5.3.3.8. Plano de desarrollo de programa correspondiente a la función lógica NAND

Esquemas del sistema:

Esquema neumático:

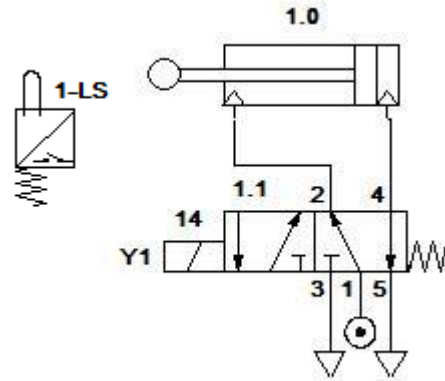


Figura. 5.3.3.9. Sistema neumático correspondiente a la función lógica NAND

Esquema eléctrico:

Pulsadores en paralelo:

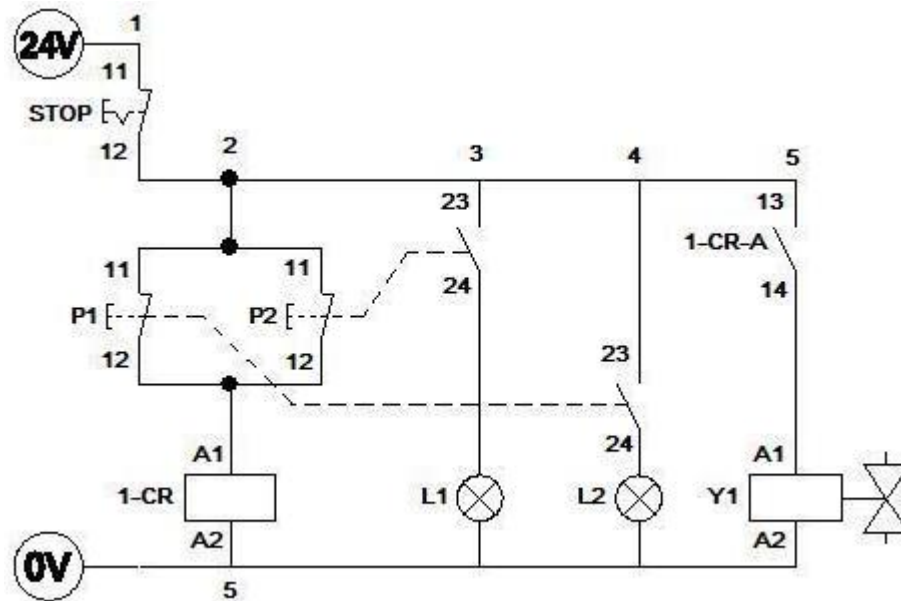


Figura. 5.3.3.10. Sistema eléctrico con pulsadores en paralelo correspondiente a la función lógica NAND

Pulsadores en serie:

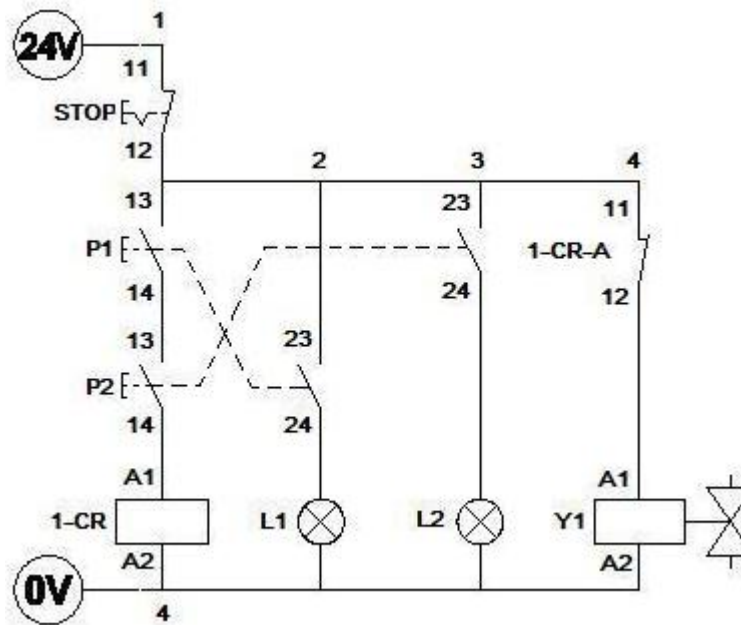


Figura. 5.3.3.11. Sistema eléctrico con pulsadores en serie correspondiente a la función lógica NAND

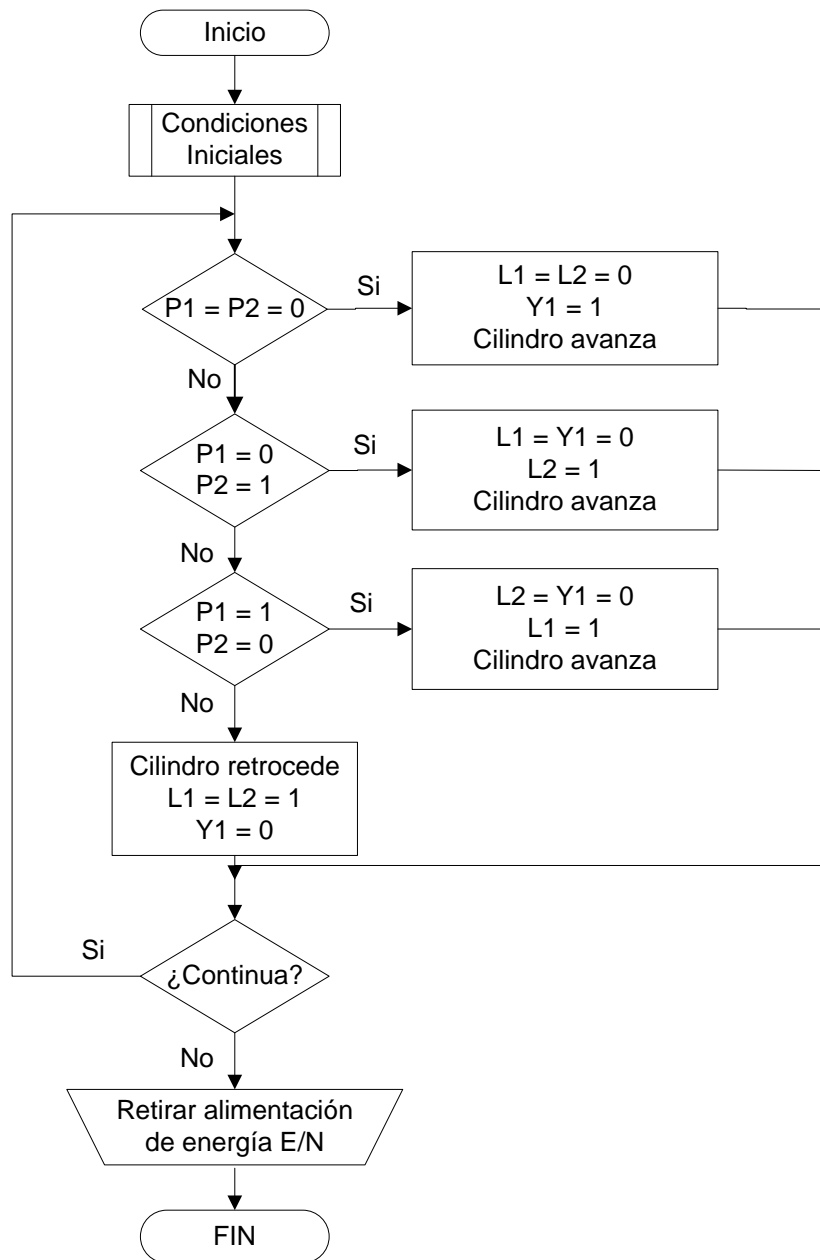
Análisis de corrientes:

Para los dos circuitos anteriores, el análisis es el mismo debido a la similitud de los elementos empleados en cada uno de ellos.

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$2 \times (12 \text{ mA}) + 2 \times (25 \text{ mA}) = 74 \text{ mA}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito y además los contactos tanto de los relés, de los pulsadores y del botón de emergencia pueden soportar las cargas conectadas a ellos.

Mando de control con función lógica NOR:**Plano de desarrollo de programa:****Figura. 5.3.3.12. Plano de desarrollo de programa correspondiente a la función lógica NOR**

Esquemas del sistema:

Esquema neumático:

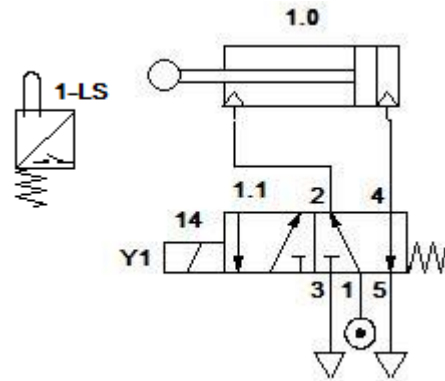


Figura. 5.3.3.13. Sistema neumático correspondiente a la función lógica NOR

Esquema eléctrico:

Pulsadores en paralelo:

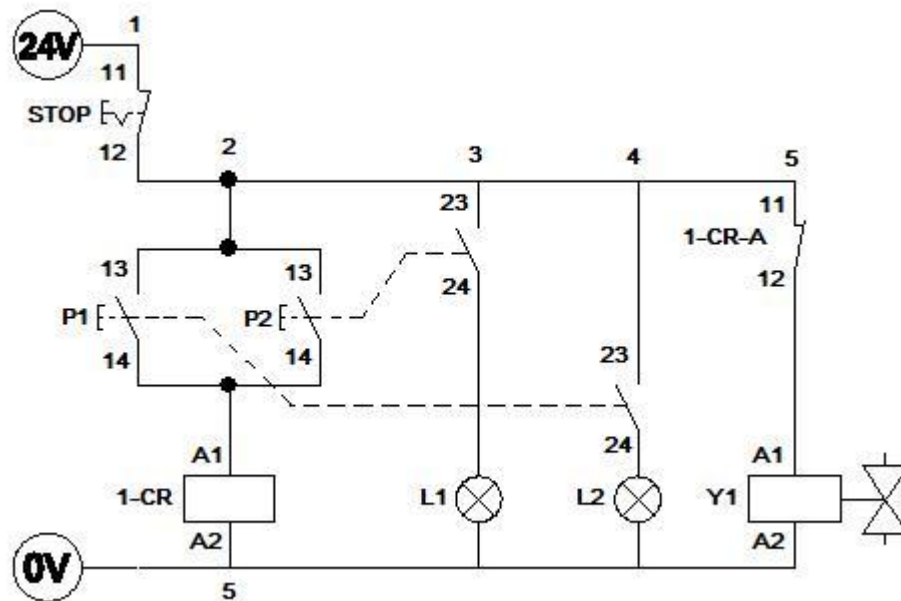


Figura. 5.3.3.14. Sistema eléctrico con pulsadores en paralelo correspondiente a la función lógica NOR

Pulsadores en serie:

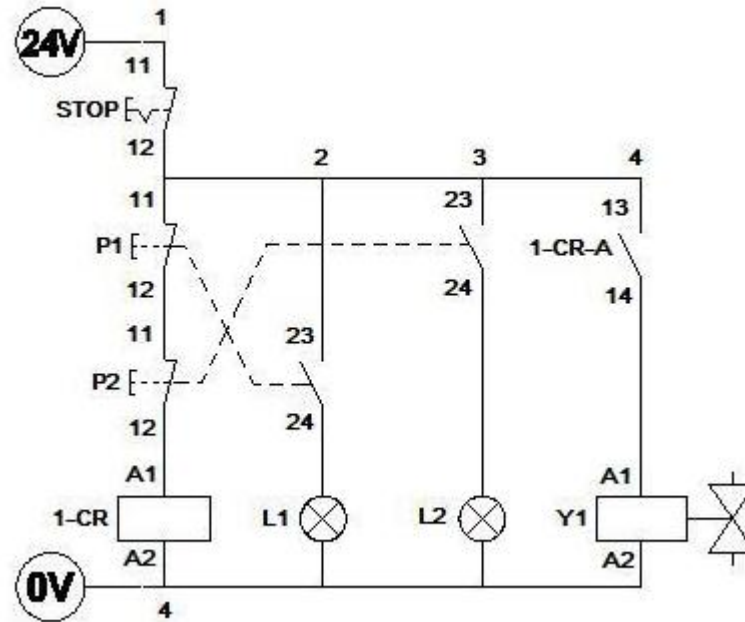


Figura. 5.3.3.15. Sistema eléctrico con pulsadores en serie correspondiente a la función lógica NOR

Análisis de corrientes:

Para los dos circuitos anteriores, el análisis es el mismo debido a la similitud de los elementos empleados en cada uno de ellos.

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$2 \times (12 \text{ mA}) + 2 \times (25 \text{ mA}) = 74 \text{ mA}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito y además los contactos tanto de los relés, de los pulsadores y del botón de emergencia pueden soportar las cargas conectadas a ellos.

Sistema completo:

Diagrama Espacio – Fase:

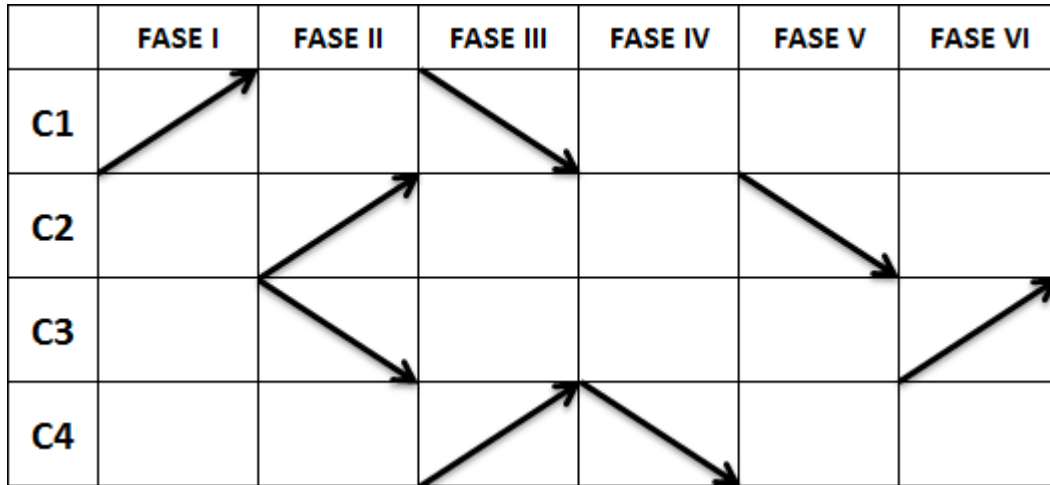


Figura. 5.3.3.16. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al sistema completo

Plano de desarrollo de programa:

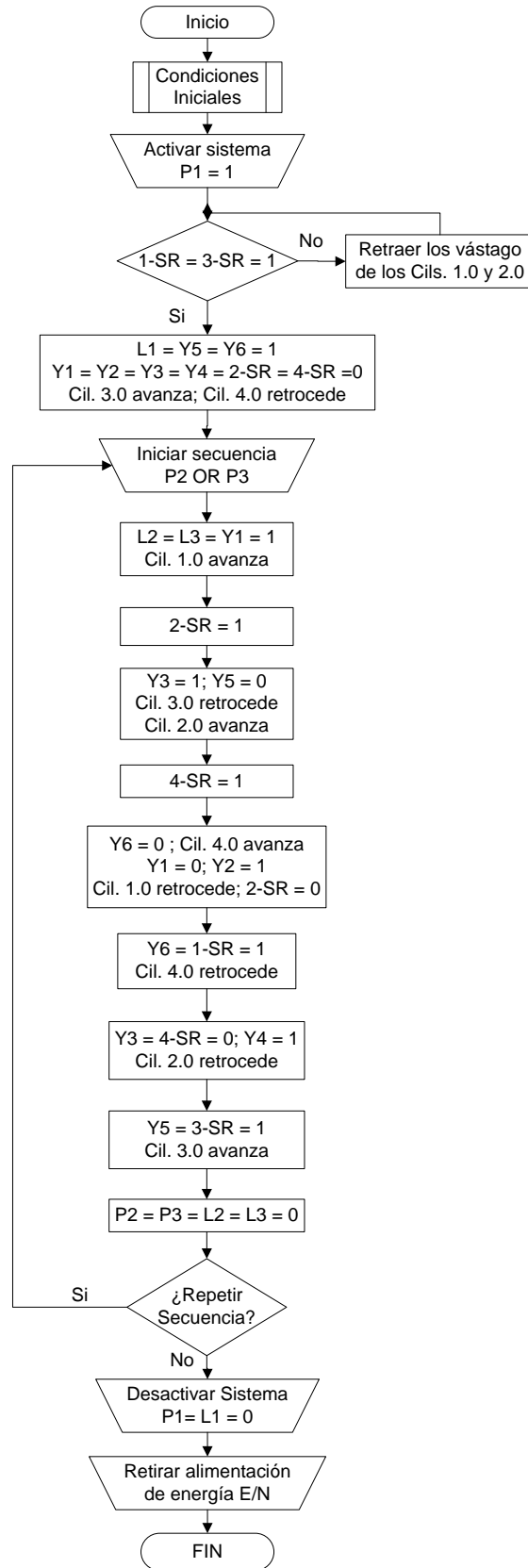


Figura. 5.3.3.17. Plano de desarrollo de programa correspondiente al sistema completo

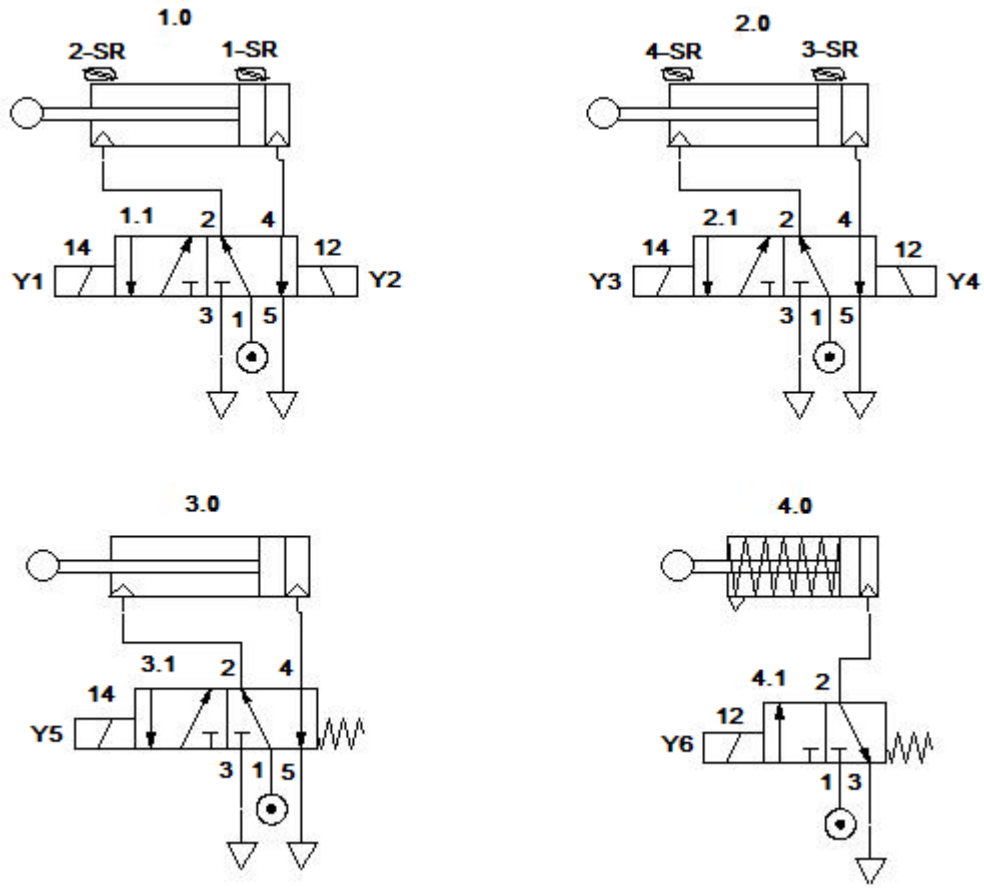
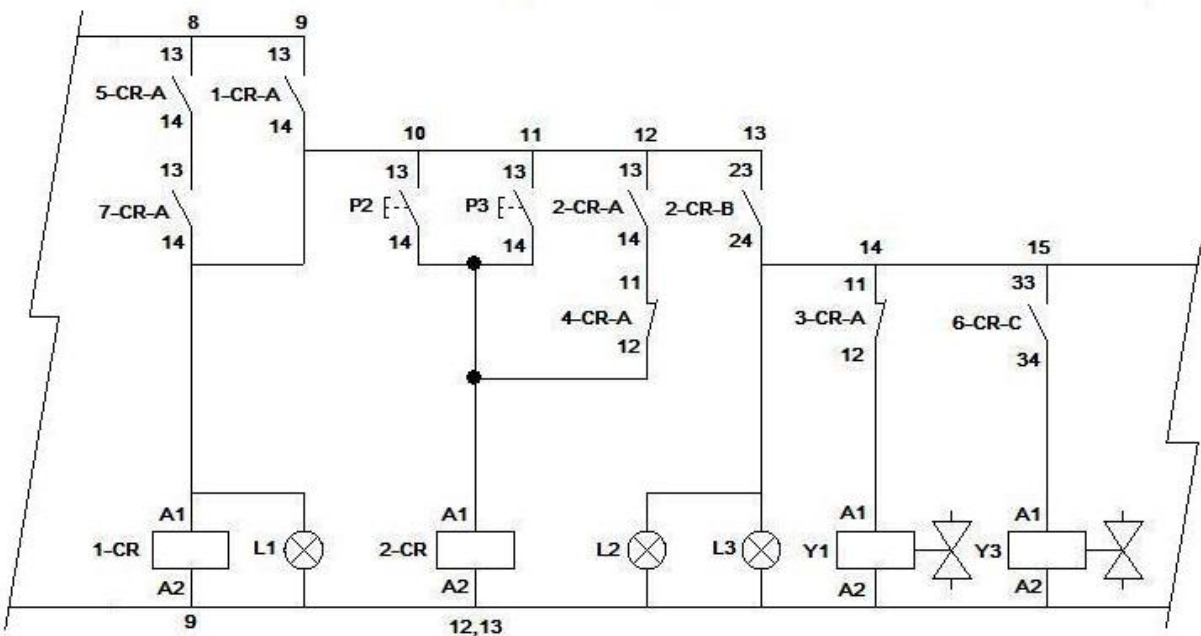
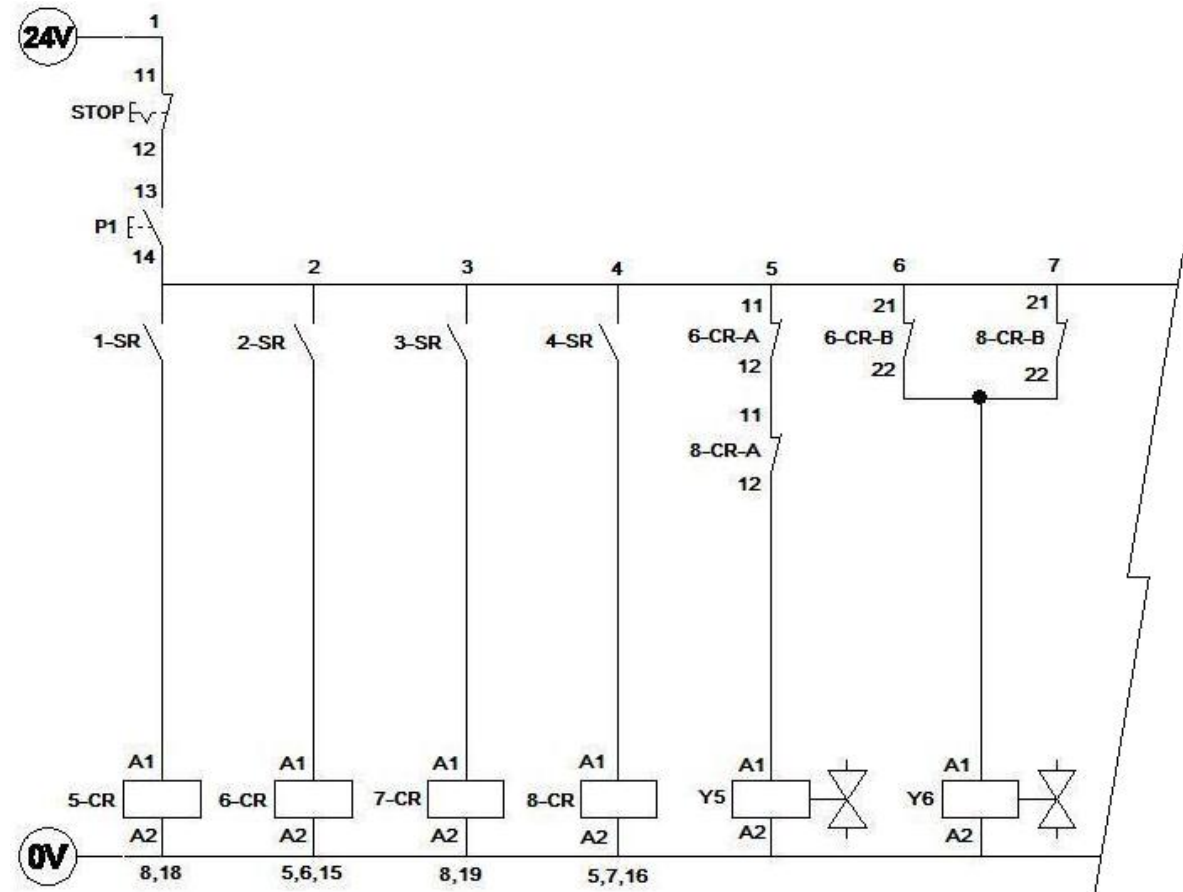
Esquemas del sistema:*Esquema neumático:*

Figura. 5.3.3.18. Sistema neumático correspondiente al sistema completo

Esquema eléctrico:



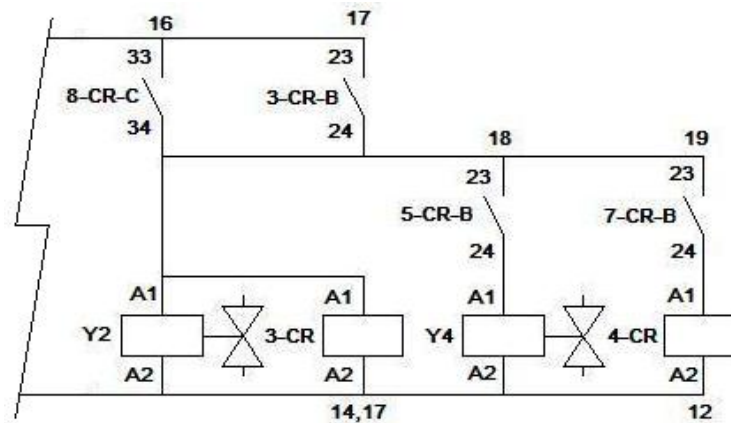


Figura. 5.3.3.19. Sistema eléctrico correspondiente al sistema completo

Análisis de corrientes:

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$3 \times (12 \text{ mA}) + 14 \times (25 \text{ mA}) = 386 \text{ mA}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito y además los contactos tanto de los relés, de los pulsadores, de los sensores reed y del botón de emergencia pueden soportar las cargas conectadas a ellos.

Equipos a utilizarse:

Para realizar todos los sistemas a implementar, el profesor debe entregar los siguientes equipos a cada puesto de trabajo:

- 1 cilindro de simple efecto.
- 1 cilindro de doble efecto sin sensores reed.
- 2 cilindros de doble efecto con sensores reed.
- 1 válvula distribuidora 3/2 vías monoestable NA.

- 1 válvula distribuidora 5/2 vías monoestable.
- 2 válvula distribuidora 5/2 vías biestables.
- 3 módulos de relés.
- 1 módulo de botoneras.
- 1 módulo de parada de emergencia.
- 1 sensor de fin de carrera de activación por rodillo.
- Tubería y fitting necesaria.
- Cables de conexión eléctrica necesarios.

Debido a que todos los elementos utilizados en esta práctica ya han sido utilizados anteriormente, no se presenta la descripción técnica de ninguno de ellos.

Cuestionario:

1. ¿Cuáles fueron los principales cambios que realizó en las funciones lógicas NAND y NOR entre los circuitos con los pulsadores en paralelo y con los pulsadores en serie?

Analizando el paso del circuito que utiliza los pulsadores en paralelo al circuito que utiliza los pulsadores en serie, básicamente se producen dos cambios importantes:

- Los contactos que se utilizan de los pulsadores cambian de NC a NA en el caso de la función NAND y de NA a NC en el caso de la función NOR.
- El contacto del relé que se utiliza para activar la electroválvula cambia de NA a NC en el caso de la función NAND y de NC a NA en el caso de la función NOR.

Como se puede ver, básicamente se cambia el tipo de contacto que se utiliza tanto en los pulsadores como en el contacto del relé que se utiliza.

2. ¿Por qué cree que para el último sistema implementado, para accionar el cilindro de simple efecto, se pidió utilizar una válvula distribuidora 3/2 vías monoestable NA y no una NC?

Porque de acuerdo a las condiciones del sistema, al utilizar una válvula NA, la activación de la misma, para que el vástago del cilindro salga, obedece al comportamiento de la función lógica NAND. Si se utiliza una válvula NC, para cumplir con los requerimientos del sistema, se debería implementar la función lógica AND, que precisamente se solicita no ser utilizada.

3. En el último sistema implementado, ¿si no se cumple la condición inicial de activación del sistema, que debería hacer para que se cumpla?

Si la condición inicial no se cumple se debe retirar la alimentación neumática del sistema y mediante conexiones directas desde la fuente de alimentación eléctrica (previamente retirando las conexiones existentes) se deben polarizar los solenoides correspondientes de las electroválvulas que accionan los cilindros uno y dos que permitan dejar la válvula en la posición adecuada de manera que cuando se reintegre la energía neumática, el vástago del cilindro permanezca retraído.

4. De igual manera, para el último sistema implementado, ¿por qué fue necesario activar un relé con cada uno de los sensores reed de los cilindros uno y dos?

Porque de acuerdo a la solución planteada, se necesita utilizar las activaciones que producen estos sensores más de una vez en el circuito, con contactos NA y NC y además con conexiones en serie y en paralelo. Al activar un relé por cada sensor, se disponen de más contactos (NA y NC) de manera que permiten manipular de la manera que se requiera la activación de los sensores reed de los cilindros de doble efecto.

Conclusiones:

- Las funciones lógicas implementadas fueron hechas en base a obtener como resultado final la señal eléctrica que permita la activación del actuador. Las mismas funciones podrían ser utilizadas de diferente manera si lo que se persigue como resultado final es el movimiento del actuador en un determinado sentido. Esto también depende del tipo de lógica que se utilice, de la electroválvula distribuidora que se emplee para accionar el actuador y además de las conexiones neumáticas que se hagan hacia el mismo. Es así que podrían tener diversas variaciones.
- Para la implementación de las funciones NAND y NOR no se realiza enclavamiento de los pulsadores de activación, a diferencia de las funciones AND y OR, pues en las primeras se utilizan contactos de los pulsadores NC e inclusive los pulsadores son conectados en serie, lo cual impide realizar los enclavamientos eléctricos en dichos sistemas. Por tal motivo en estas dos funciones, la activación se da mientras los pulsadores se encuentran accionados manualmente.
- Dependiendo de las facilidades de implementación que se presenten en el circuito, si se utiliza las funciones lógicas NAND y NOR, se puede utilizar los contactos de activación en serie o en paralelo. En este caso se utilizó la función NOR con los contactos en serie y la función NAND con los contactos en paralelo, con el fin de que la señal que se obtiene de ellos sea directamente la de activación de la electroválvula; esto evita el utilizar relés adicionales, lo cual no hubiera sido posible pues solo se contaba con un relé adicional y se necesitaban dos más.
- Las funciones lógicas implementadas permiten obtener señales de activación de la manera que se requiera en base a otras señales provenientes de sensores u

otros elementos que mando. Solamente se debe tener en cuenta la tabla que rige cada función de manera de utilizar siempre la función adecuada.

- Al utilizar electroválvulas monoestables para el accionamiento de los cilindros 3 y 4, solamente es necesario el manejar una señal eléctrica para su manipulación. Esto reduce la lógica de control del sistema en comparación con utilizar electroválvulas biestables.

Recomendaciones:

- Con el fin de poder apreciar el correcto funcionamiento del sistema bajo las condiciones solicitadas, se recomienda regular la velocidad de los cilindros de la siguiente manera: Los cilindros 1 y 2 a una velocidad baja y los cilindros 3 y 4 a una velocidad alta.
- Realizar los esquemas eléctricos y neumáticos tomando en cuenta todas las consideraciones de simbología y nomenclatura con el fin de poder representarlos sin ningún tipo de error. Esto es sumamente importante, pues al fin y al cabo es por medio de estos esquemas que otras personas comprenderán la manera en la que el sistema está implementado y funciona.
- Realizar las conexiones entre módulos de control con los cables de medio metro, mientras que las conexiones con las electroválvulas y otros sensores del sistema con los cables de un metro. Así mismo utilizar los cables negros solamente para realizar las conexiones a tierra.

5.3.4. Avance y retroceso electroneumático ciclado

Objetivo General:

- Conocer las técnicas necesarias para implementar sistemas electroneumáticos automáticos de manera que se mantengan trabajando cíclicamente.

Objetivos Específicos:

- Implementar sistemas cíclicos que realicen indefinidamente sus ciclos de trabajo hasta que sean detenidos manualmente por el usuario.
- Realizar sistemas con mayor grado de automatización de manera que el operario intervenga lo menos posible en su funcionamiento.

Descripción del problema:

Esta práctica consta de dos problemas a resolver, los mismos que se describen a continuación:

Problema 1:

En este problema se pretende hacer que un cilindro de doble acción, tras la activación del sistema, avance y retroceda indefinidamente hasta que sea detenido de forma manual. El sistema debe cumplir los siguientes requerimientos:

- Utilizar un cilindro de doble acción sin sensores reed.
- Accionar el cilindro mediante una válvula distribuidora 5/2 vías biestable.
- El sistema debe ser activado mediante un pulsador sin retención y debe ser desactivado de forma manual en cualquier momento mediante un pulsador similar.

- El sistema debe funcionar sin problema sin importar la posición inicial del vástago del cilindro, sea esta en su fin de carrera o en el inicio de la misma.
- Encender una luz piloto cuando el sistema esté activo.
- Utilizar un módulo de parada de emergencia.

Problema 2:

Para este problema se desea que dos cilindros de doble efecto cumplan un ciclo automático de manera indefinida hasta que sean detenidos de forma manual. El sistema debe cumplir los siguientes requerimientos:

- Utilizar dos cilindros de doble efecto con sensores reed.
- Accionar los cilindros mediante válvulas distribuidoras 5/2 vías monoestables.
- Los vástagos de los cilindros saldrán en forma secuencial y cuando los dos hayan alcanzado su fin de carrera, regresarán a su posición inicial.
- El próximo ciclo no se iniciará hasta que se garantice que los dos vástagos estén completamente retraídos.
- Regular diferentes velocidades de avance y de retroceso para los cilindros.
- El sistema debe ser activado mediante un pulsador sin retención y debe ser desactivado de forma manual en cualquier momento mediante un pulsador similar.
- Encender una luz piloto cuando el sistema esté activo.
- Utilizar un módulo de parada de emergencia.

DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

Problema 1:

Diagrama Espacio – Fase:

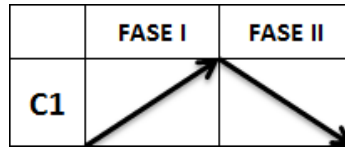


Figura. 5.3.4.1. Diagrama Espacio – Fase correspondiente problema 1

Plano de desarrollo de programa:

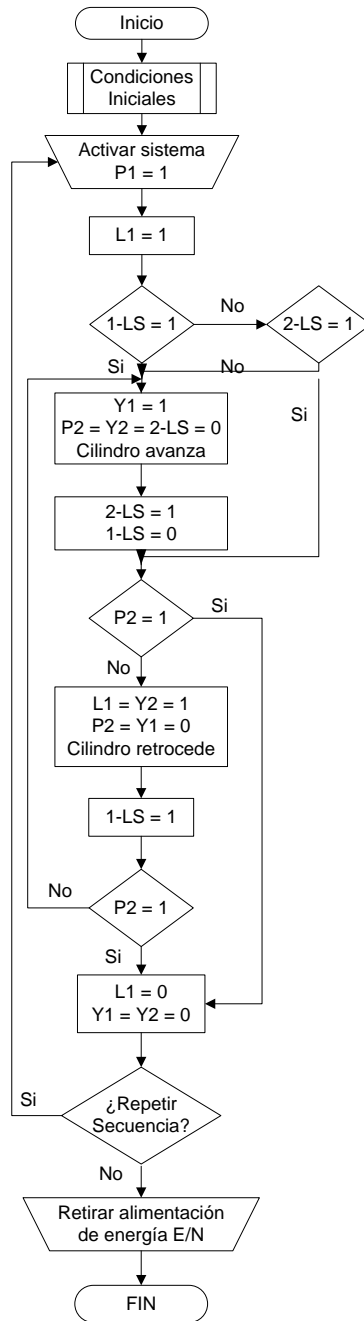


Figura. 5.3.4.2. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 1

Esquemas del sistema:

Esquema neumático:

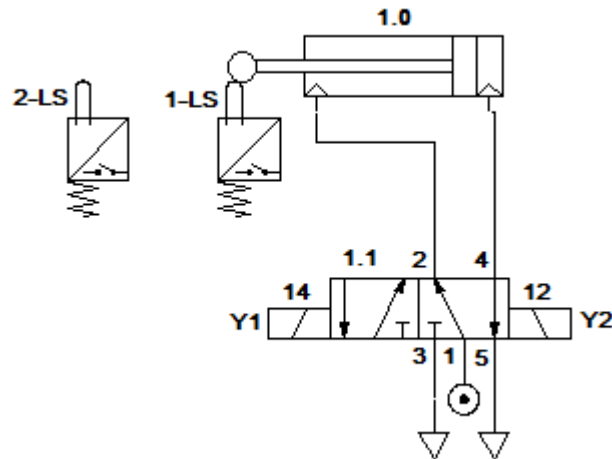


Figura. 5.3.4.3. Sistema neumático correspondiente al problema 1

Esquema eléctrico:

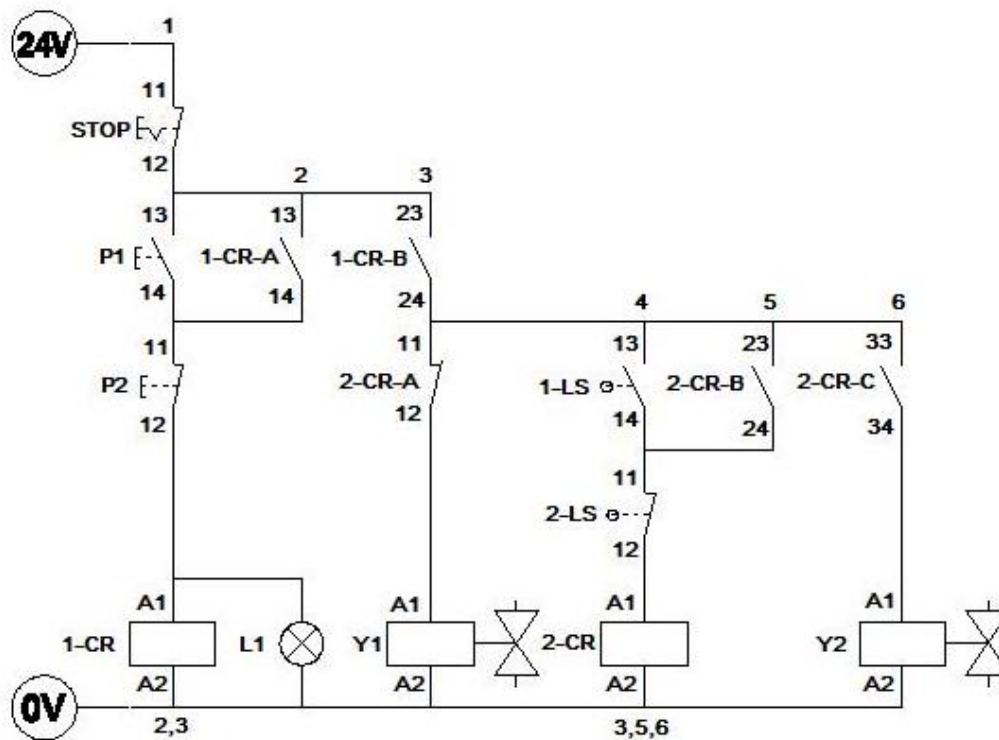


Figura. 5.3.4.4. Sistema eléctrico correspondiente al problema 1

Análisis de corrientes:

- La fuente de poder entrega hasta 2.0 A
- Los contactos de los relés soportan corrientes de hasta 1.5 A
- Los contactos de los pulsadores y del botón de emergencia soportan hasta 1.0 A
- Los contactos de los finales de carrera mecánicos soportan hasta 200 mA.
- Los contactos de los sensores reed soportan hasta 40 mA.
- Los solenoides de las electroválvulas y de los relés consumen 25 mA.
- La luz piloto consume 12 mA.

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$12 \text{ mA} + 4 \times (25 \text{ mA}) = 112 \text{ mA}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito y además los contactos tanto de los relés, de los pulsadores, los finales de carrera y del botón de emergencia pueden soportar las cargas conectadas a ellos.

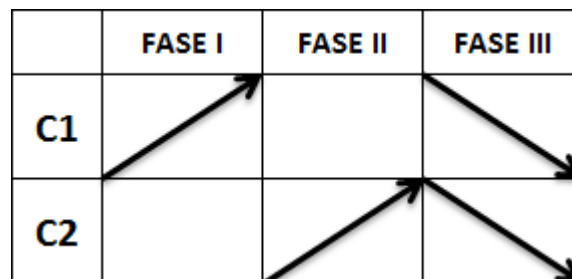
Problema 2:**Diagrama Espacio – Fase:**

Figura. 5.3.4.5. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al problema 2

Plano de desarrollo de programa:

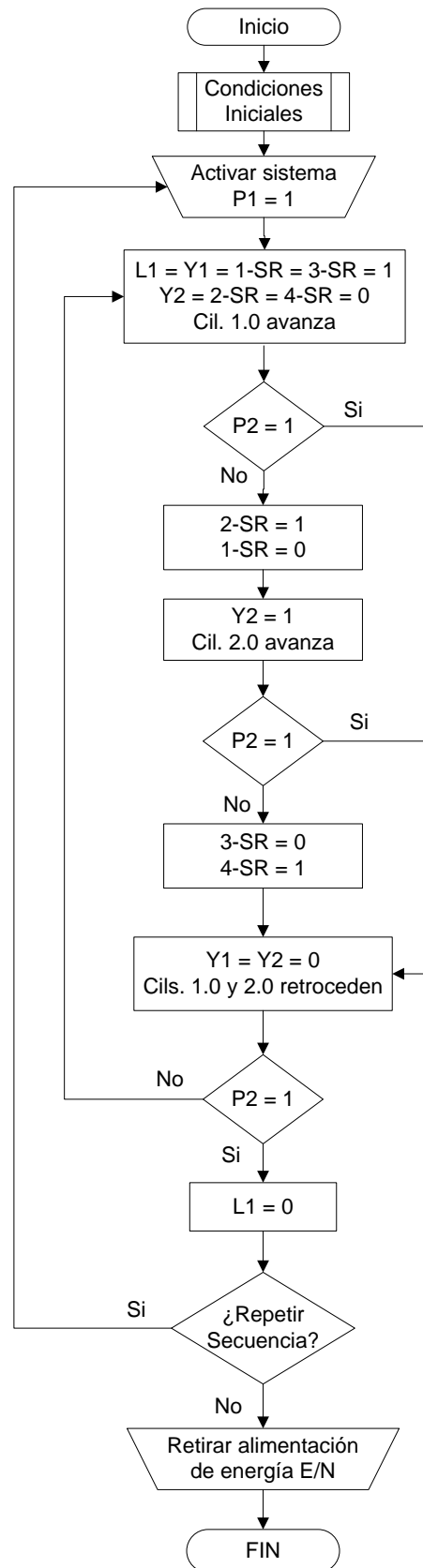


Figura. 5.3.4.6. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 2

Esquemas del sistema:

Esquema neumático:

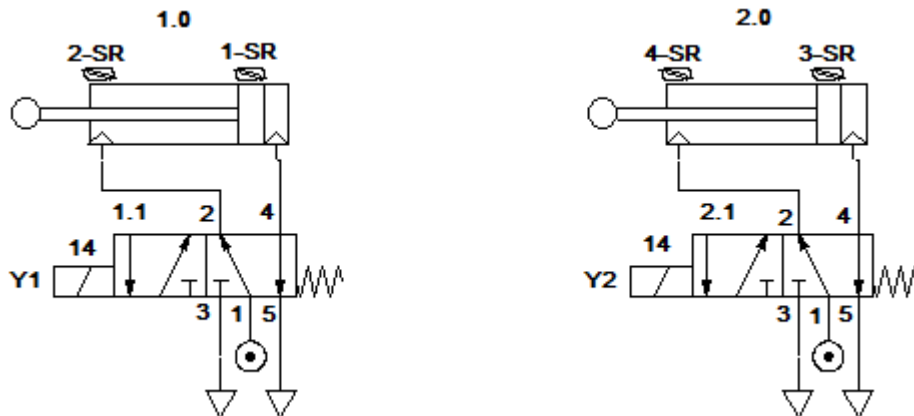


Figura. 5.3.4.7. Sistema neumático correspondiente al problema 2

Esquema eléctrico:

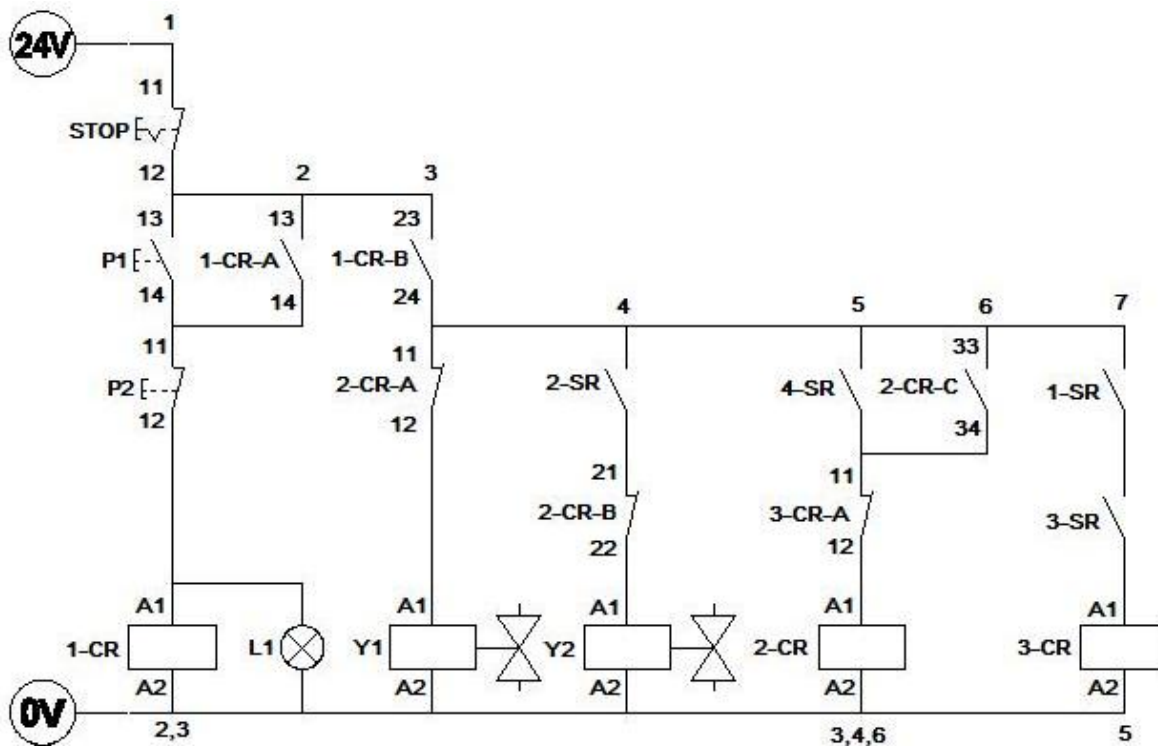


Figura. 5.3.4.8. Sistema eléctrico correspondiente al problema 2

Análisis de corrientes:

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$12 \text{ mA} + 5 \times (25 \text{ mA}) = 137 \text{ mA}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito y además los contactos tanto de los relés, de los pulsadores, de los sensores sensores reed y del botón de emergencia pueden soportar las cargas conectadas a ellos.

Equipos a utilizarse:

Para la realización de los dos problemas propuestos, el profesor debe entregar los siguientes equipos a cada puesto de trabajo:

- 1 cilindro de doble efecto sin sensores reed.
- 2 cilindros de doble efecto con sensores reed.
- 2 válvula distribuidora 5/2 vías monoestable.
- 1 válvula distribuidora 5/2 vías biestables.
- 1 módulos de relés.
- 1 módulo de botoneras.
- 1 módulo de parada de emergencia.
- 2 sensores de fin de carrera de activación por rodillo.
- Tubería y fitting necesaria.
- Cables de conexión eléctrica necesarios.

Debido a que todos los elementos utilizados en esta práctica ya han sido utilizados anteriormente, no se presenta la descripción técnica de ninguno de ellos.

Cuestionario:**1. ¿Cuál fue la principal modificación que realizó sobre estos sistemas con respecto a los realizados en anteriores prácticas para que su funcionamiento sea continuo o cíclico?**

El principal cambio que se realizó fue el colocar ambos pulsadores, el de inicio y el de paro, en una misma línea de conexión de manera que con ellos se enclava y desenclava un relé que es quien da energía a la parte de control del sistema. Además, en este tipo de sistemas se debe procurar que la desactivación no se dé por eventos que se dan en su funcionamiento sino por acción externa del operario, motivo por el cual se debe garantizar la provisión continua de energía al sistema para que funcione constantemente hasta que el operario voluntariamente lo detenga.

2. En el primer problema, ¿en qué posición se queda el vástago del cilindro tras presionar el botón de paro cuando el cilindro está saliendo y cuando el cilindro está entrando? Explique.

El botón de paro retira inmediatamente la energía al sistema. Al estar utilizando una válvula direccional biestable, ésta permanecerá en la última posición adoptada, por lo que se tienen los siguientes casos:

- Si el botón de paro es accionado cuando el vástago del cilindro está saliendo, éste terminará de salir y permanecerá en su final de carrera hasta que el sistema vuelva a ser accionado nuevamente.
- Si el botón de paro es accionado cuando el vástago del cilindro está entrando, éste terminara de retraerse completamente y permanecerá en esa posición hasta que el sistema vuelva a ser accionado.

Es por ello que para este sistema se debe considerar el fin de carrera y el inicio de carrera del vástago del cilindro como posibles posiciones iniciales del mismo cuando va a ser accionado.

3. Responda la pregunta anterior considerando esta vez el segundo sistema implementado.

En este caso, al utilizar válvulas direccionales monoestables, al retirar la energía del sistema, los vástagos de los cilindros serán totalmente retraídos y allí permanecerán hasta que el sistema vuelva a ser accionado. De esta manera, la posición inicial de los vástagos de los cilindros para este sistema, siempre será en su inicio de carrera, a menos que se cambie las conexiones neumáticas en la válvula direccional.

4. En base a los requerimientos de los sistemas, ¿cuál sería su recomendación para usar pulsadores con retención en lugar de los pulsadores sin retención usados en la práctica? ¿Cuál es la ventaja de utilizar pulsadores sin retención?

En caso de que se utilicen pulsadores con retención, sería necesario solamente utilizar uno ya que no haría falta enclavar eléctricamente su activación. Mediante este único pulsador, con su activación y desactivación, se energizaría y se desenergizaría el sistema respectivamente.

Indudablemente, la ventaja de utilizar pulsadores sin retención en este tipo de sistemas, es que se podría tener más pulsadores, ubicados en diferentes posiciones, que permitan accionar y detener el sistema. De esta manera (como se utiliza una memoria eléctrica) al accionar cualquiera de los pulsadores de arranque, el sistema arrancararía y al accionar cualquiera de los pulsadores de paro, el sistema se detendría. En caso de usar varios pulsadores con retención, la desactivación debería darse sobre el pulsador que esté activado.

Conclusiones:

- Este tipo de sistemas con funcionamiento cíclico, son muy importantes en procesos automáticos pues no requiere de la intervención humana para llevar a cabo sus tareas. Estos sistemas, bajo las condiciones adecuadas, podrían trabajar indefinidamente y realizar su tarea las veces que sean necesarias hasta que el operario lo detenga o se cumpla cierta condición para hacerlo.
- En el segundo sistema implementado, para validar el inicio de cada ciclo, se utilizó la función lógica NAND revisada en la práctica anterior, por lo que se puede comprobar que estas funciones son muy útiles al momento de implementar sistemas electroneumáticos.
- Es muy importante el uso de sensores que permitan detectar la posición del vástago de los cilindros ya que por medio de su activación se pueden realizar los ciclos o movimientos que el sistema requiera. Se debe tener las consideraciones necesarias para utilizar el sensor más adecuado que simplifique la complejidad del sistema eléctrico de control.
- Siempre que se quiera garantizar la posición del vástago de un cilindro cuando se corte el suministro de energía eléctrica al sistema, se deben emplear electroválvulas monoestables ya que de esta manera la posición que adopte la electroválvula mientras no tenga energía será siempre la misma.
- Este tipo de sistemas cíclicos deben ser implementados de manera que cuando sean detenidos en cualquier instante de su ciclo de operación y posteriormente sean reactivados, sigan trabajando sin ningún problema, sin que el operario tenga que intervenir en el inicio de su funcionamiento. En este caso, los dos sistemas implementados cumplen con este principio.

Recomendaciones:

- Emplear una presión baja en el aire comprimido utilizado en el sistema o a la vez regular el flujo de aire que llega a los actuadores de manera que los mismos no se muevan a una velocidad alta y se pueda apreciar el correcto funcionamiento del sistema y además preservar la integridad de los elementos.
- Revisar los sistemas implementados en las prácticas anteriores y rediseñarlos con el fin de que su funcionamiento sea cíclico.
- En caso de que requiera utilizar un contacto NC para detectar la posición del vástago de un cilindro, es recomendable utilizar sensores que tengan contactos conmutados, como es el caso de un sensor de fin de carrera de activación mecánica por rodillo, o a la vez utilizar los contactos de un relé accionados por el contacto NA del sensor.

5.3.5. Control electrohidráulico de cilindros de doble efecto***Objetivo General:***

- Implementar un sistema electrohidráulico con los equipos del laboratorio.

Objetivos Específicos:

- Introducir a los alumnos en el uso de sistemas electrohidráulicos con el fin de que sean ellos quienes diseñen e implementen sus propios sistemas bajo las consideraciones necesarias.
- Manipular los diferentes tipos de electroválvulas distribuidoras con las que cuenta el módulo electrohidráulico para accionar los cilindros del mismo.

- Realizar una secuencia de actuación de los cilindros hidráulicos de doble acción con los que se cuenta en el módulo de entrenamiento electrohidráulico.

Descripción del problema:

En esta práctica se pretende crear una secuencia en el movimiento de los tres cilindros con los que se cuenta en el módulo de entrenamiento electrohidráulico con el fin de familiarizarse con su manipulación.

En base a ello, se pretende simular el proceso de una empresa de reciclaje de latas de aluminio en una de sus partes, tal como se muestra en el siguiente esquema:

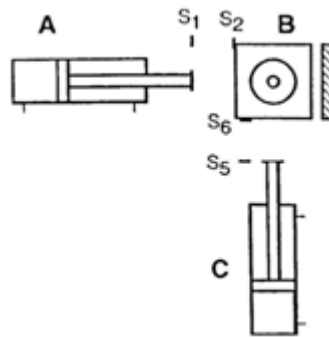


Figura. 5.3.5.1. Disposición de actuadores para la trituración de latas de aluminio

Donde el cilindro A coloca la pieza a triturar, el cilindro B lo tritura y el cilindro C expulsa la pieza.

Partiendo de lo anterior, el sistema a implementarse debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- Las piezas a tratar son latas usadas, las mismas que son transportadas una a una por medio de un conveyor.
- Cuando la pieza llegue a la estación de trabajo se debe realizar lo siguiente:

- Uno de los cilindros de doble efecto empujará la pieza desde el conveyor de entrada y la posicionará en el puesto de trabajo, para lo cual su vástago debe salir hasta su fin de carrera y regresar.
 - El vástago del cilindro que tiene el contrapeso y que está ubicado verticalmente, descenderá hasta aplastar completamente la lata. Luego debe contraer su vástago.
 - Finalmente el otro cilindro de doble efecto retirará la pieza del puesto de trabajo y la colocará en el conveyor de salida. Para esto, su vástago debe salir hasta su fin de carrera y luego regresar a su posición retraída.
- Se debe procurar ante todo, no hacer que los vástagos de los cilindros se choquen, para lo cual la secuencia debe estar muy bien realizada.
 - Hacer que el proceso sea cíclico, de manera que el sistema se active por medio de un pulsador sin retención y sea detenido por un pulsador similar.
 - Para la detección de posición de los vástagos de los cilindros, emplear los sensores reed propios del módulo. Colocarlos donde crea necesario.
 - Utilizar las electroválvulas distribuidoras de la manera que usted crea más conveniente.
 - Encender una luz piloto cuando el sistema esté trabajando.
 - Utilizar un módulo de parada de emergencia para la alimentación eléctrica.

DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

Diagrama Espacio-Fase:

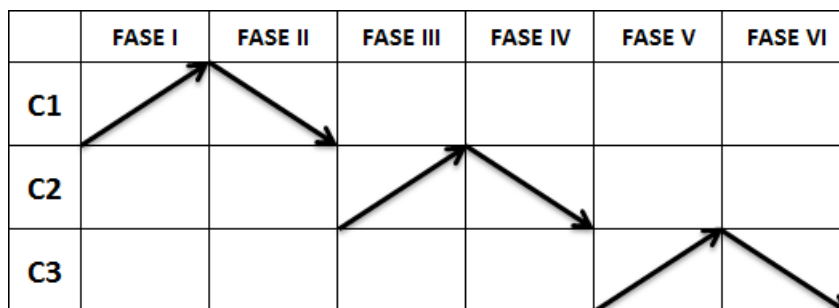


Figura. 5.3.5.2. Diagrama Espacio – Fase

Plano de desarrollo de programa:

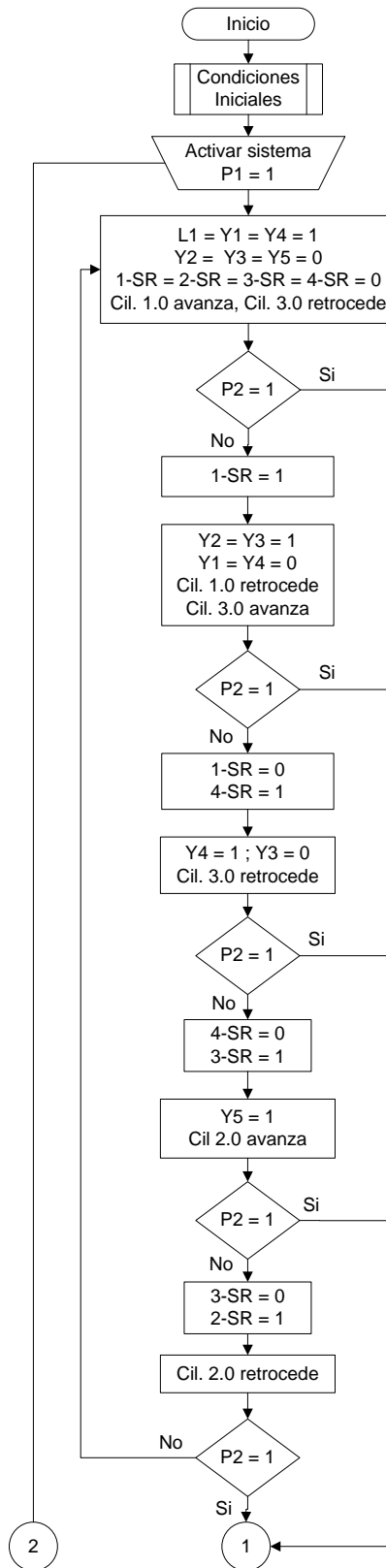


Figura. 5.3.5.3. Plano de desarrollo de programa (parte 1)

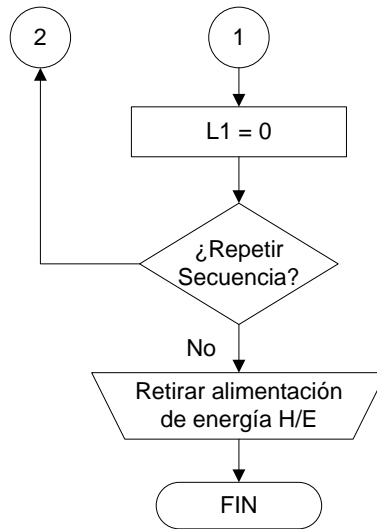


Figura. 5.3.5.4. Plano de desarrollo de programa (parte 2)

Esquemas del sistema:

Esquema hidráulico:

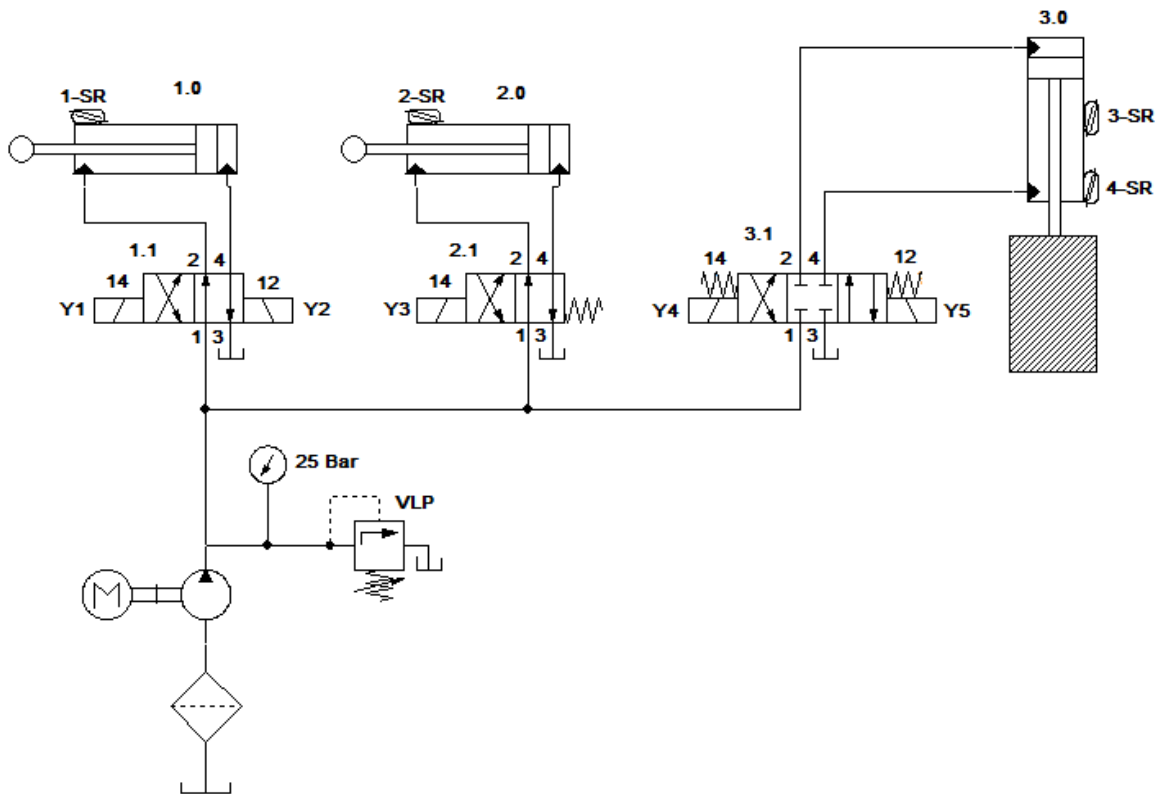


Figura. 5.3.5.5. Sistema hidráulico

Esquema eléctrico:

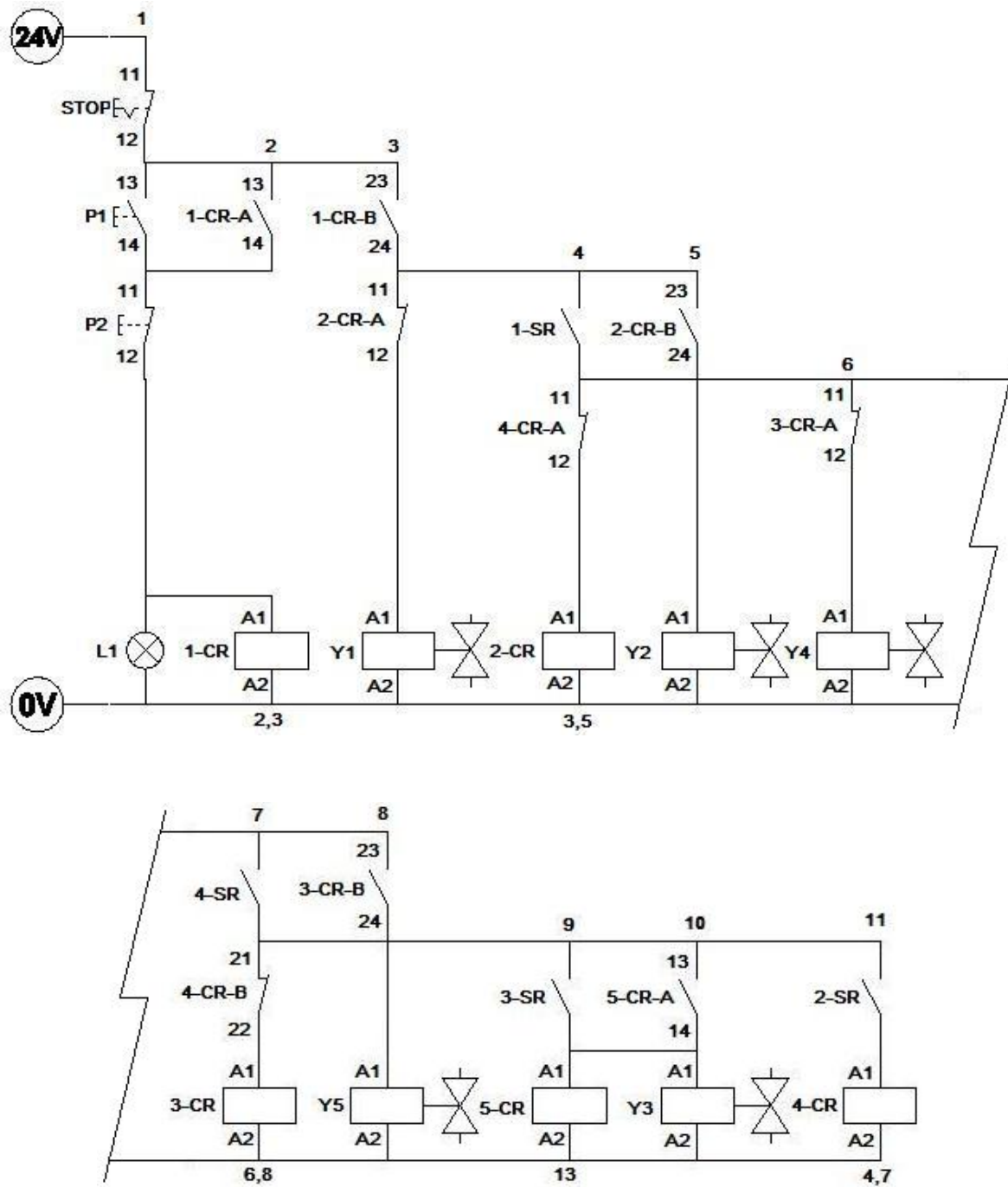


Figura. 5.3.5.6. Sistema eléctrico

Análisis de corrientes:

- La fuente de poder entrega hasta 10.0 A
- Los contactos de los relés soportan corrientes de hasta 1.5 A
- Los contactos de los pulsadores y del botón de emergencia soportan hasta 1.0 A
- El contacto de los sensores reed soportan hasta 50 mA.
- Los solenoides los relés consumen 25 mA.
- Los solenoides de las electroválvulas consumen 1.43 A
- La luz piloto consume 12 mA.

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$12 \text{ mA} + 5 \times (25 \text{ mA}) + 5 \times (1.43 \text{ A}) = 7.287 \text{ A}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito. En cuanto a las electroválvulas, que consumen una corriente de 1.43 A, estas son activadas por medio de los contactos de los relés que de acuerdo a sus especificaciones soportan la corriente que estos solenoides demandan.

Por otra parte, los contactos de los pulsadores, al activar solamente cargas bajas como son las de las lámparas piloto y de los solenoides de los relés, no presentan ningún problema pues su capacidad soporta la corriente consumida por estos elementos. Finalmente, el contacto de los sensores reed, al activar solamente los solenoides de los relés, soportan tranquilamente la corriente demandada.

El único inconveniente se presenta con el botón de parada de emergencia pues solamente soporta 1.0 A. Sin embargo, tras utilizarlo en el circuito y realizar pruebas con él, se comprobó su adecuado funcionamiento, por lo que se lo utilizará en el sistema.

Equipos a utilizarse:

Los elementos que se utilizarán para realizar esta práctica serán los mismos con los que se trabajaba en los módulos neumáticos ya que como se ve en el análisis de corrientes, cumplen las condiciones necesarias para ser utilizados con las electroválvulas distribuidoras que posee el módulo electrohidráulico. En ese sentido, los elementos a utilizarse son los siguientes:

- Central hidráulica.
- 2 cilindros de doble efecto.
- 1 cilindro de doble efecto con contrapeso.
- 1 válvula distribuidora 4/2 vías monoestable.
- 1 válvula distribuidora 4/2 vías biestable.
- 1 válvula distribuidora 4/3 vías biestable.
- 4 sensores reed.
- 2 módulos de relés.
- 1 módulo de parada de emergencia.
- 1 módulo de botoneras.
- 1 fuente de poder del módulo electrohidráulico.
- Tubería necesaria.
- Cables de conexión eléctrica necesarios.

Debido a que la mayoría de elementos a utilizarse en esta práctica se lo manejará por primera vez, se presenta a continuación una breve descripción técnica de cada uno de los elementos:

La central hidráulica tiene las siguientes características:

Motor:

- **Tipo de motor:** Trifásico.
- **Potencia:** 3 HP.
- **Tensión de alimentación:** 220 YY/ 440 YV V
- **Corriente:** 9.6 / 4.8 A
- **Factor de potencia:** 0.83
- **Velocidad:** 1708 rpm.

Bomba:

- **Tipo de bomba:** Doble.
- **Caudal:** 8 l/m.
- **Presión máxima:** 250 bares.

Entre los demás elementos, se tiene los siguientes:

Cilindros de doble efecto:

En estos cilindros el esfuerzo hidráulico se realiza en los dos sentidos de desplazamiento por lo que no cuentan con un resorte de reposición. Tienen las siguientes características:

- **Diámetro:** 32 mm.
- **Carrera:** 120 mm.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT con conector macho de conexión rápida para conexión con las mangueras.
- **Presión máxima:** 14.0 MPa.

Cilindro de doble efecto con contrapeso:

Elemento adecuado para comprender el comportamiento de este tipo de actuadores en posición vertical y con un contrapeso unido a él, tiene las siguientes características:

- **Diámetro:** 32 mm.
- **Carrera:** 150 mm.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT con conector macho de conexión rápida para conexión con las mangueras.
- **Presión máxima:** 14.0 MPa.
- **Peso sujeto al cilindro:** 20 Kg.

Válvula distribuidora 4/2 vías monoestable:

Es utilizada para el control de cilindros de doble acción. Tiene las siguientes características:

- Accionamiento por solenoide, retorno por resorte.
- Solenoide de 24 VDC, 1.43 A.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT con conector macho de conexión rápida para conexión con las mangueras.

Válvula distribuidora 4/2 vías biestable:

De igual manera es utilizada para accionar cilindros de doble acción. Tiene las siguientes características:

- Activación y desactivación por solenoide.
- Solenoide de 24 VDC, 1.43 A.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT con conector macho de conexión rápida para conexión con las mangueras.

El módulo hidráulico cuenta con dos válvulas distribuidoras 4/3 utilizadas para el control de cilindros de doble acción. Estas válvulas se describen a continuación:

Válvula distribuidora 4/3 vías biestable posición central Tándem:

- Posición central P-T centrada por resorte.
- Tiene CRR.
- Activación y desactivación por solenoide.
- Solenoide de 24 VDC, 1.43 A.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT con conector macho de conexión rápida para conexión con las mangueras.

Válvula distribuidora 4/3 vías biestable posición central cerrada:

- Posición central cerrada centrada por resorte.
- Tiene CRR.
- Activación y desactivación por solenoide.
- Solenoide de 24 VDC, 1.43 A.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT con conector macho de conexión rápida para conexión con las mangueras.

Fuente 24 VDC Chinja DRA240:

Se encuentra en la caja del circuito partida – parada del motor de la central hidráulica y es de donde se obtendrá la energía necesaria para el sistema eléctrico diseñado. Sus principales características técnicas son:

- **Tensión de entrada:** 115 / 230 VAC.
- **Tensión de salida:** 24 VDC.
- **Corriente de salida:** 10 A.
- **Potencia de salida:** 240 W.

Sensores reed SMC D-B54:

Similares a los sensores reed empleados en las prácticas electroneumáticas, permiten detectar la posición del vástago del cilindro. Tienen las siguientes características:

- **Voltaje de carga:** 24 VDC.
- **Rango de corriente de carga:** 5 a 50 mA.
- **Resistencia interna:** 10 Ω o menos.
- Indicador luminoso de estado del sensor.

Tubería: Mangueras flexibles de 800 mm y 1200 mm de longitud.

Mangueras de tipo industrial, propicias para realizar las conexiones necesarias en el módulo electrohidráulico. Sus principales características se detallan a continuación:

- **Bajo estándar:** DIN 20022 1SN / EN853 1SN.
- **Diámetro interno:** 1/4" – 6.4 mm.
- **Diámetro externo:** 12.7 mm.

- **Presión de trabajo:** 225 Bares / 3260 PSI.
- **Presión de ruptura:** 900 Bares / 13050 PSI.
- **Temperatura de trabajo:** - 40 a 100 °C.
- **Radio de curvatura:** 100 mm.
- **Tipo de conector:** Conector hembra de conexión rápida.

Cuestionario:

1. ¿Cuáles son las principales diferencias que pudo notar en este tipo de sistemas con relación a los sistemas neumáticos?

Entre las diferencias más notables se pueden mencionar las siguientes:

- Los elementos utilizados para este sistema electrohidráulico se ven más robustos que los utilizados en los sistemas electroneumáticos por cuanto la presión y la fuerza que se maneja en los sistemas hidráulicos es mayor a la que se maneja en los sistemas neumáticos.
- Los sistemas neumáticos son relativamente más limpios que los hidráulicos ya que en los primeros los elementos se mantienen limpios y no es necesario que el operario utilice algún tipo de ropa de protección, mientras que en los sistemas hidráulicos, se puede producir el derrame de pequeñas cantidades de aceite lo que produce que los elementos y a la vez el operario se ensucien.
- En los sistemas neumáticos se pueden implementar sistemas no cerrados, es decir que el aire ya empleado puede ser arrojado a la atmósfera. Esto no se da en los sistemas hidráulicos pues para estos siempre se deben implementar sistemas completamente cerrados de manera que el aceite que se utilice

regrese al depósito y vuelva a ser utilizado cíclicamente hasta cuando sea necesario cambiarlo.

2. De acuerdo con su diseño, ¿se garantiza que siempre que se detenga el sistema en cualquier posición y luego se arranque el mismo, los vástagos de los cilindros no se choquen entre sí? Explique su respuesta.

Si debido a que siempre que el sistema sea detenido y sea arrancado nuevamente, los cilindros iniciarán desde una posición que evita su impacto. Esta posición es la siguiente para cada cilindro:

- Cilindro 1: Saliendo o en su fin de carrera.
- Cilindro 2: Completamente retraído.
- Cilindro 3: Ingresando o completamente retraído.

De esta manera, ninguno de los cilindros impactará con el otro y cada vez que se arranca el sistema se garantiza su correcto funcionamiento.

3. Justifique la ubicación de los sensores reed que empleó en la implementación de su sistema.

Para los cilindros uno y dos, los sensores reed fueron ubicados en posición que permita detectar cuando el vástago haya alcanzado su fin de carrera. En el primer cilindro, el sensor permite iniciar el movimiento del cilindro tres, mientras que con el sensor del cilindro dos, se da inicio nuevamente al ciclo.

En el cilindro tres fueron ubicados dos sensores reed, uno para detectar cuando su vástago haya alcanzado su fin de carrera y el otro para detectar cuando el vástago esté retornando y esté por llegar a su posición inicial. El primer sensor permite iniciar el retorno

del vástago del mismo cilindro tras haber triturado la lata, mientras que el segundo permite iniciar el movimiento del cilindro que debe retirar la pieza. Este último fue ubicado un poco antes del inicio de carrera con el fin de ganar un poco de tiempo para el retiro de la pieza y no esperar hasta que el vástago se haya retraído completamente para hacerlo.

4. En una válvula biestable de tres posiciones, ¿qué pasa cuando no se energiza ninguno de sus solenoides?

Por lo general en este tipo de válvulas, como es el caso de las utilizadas en la práctica, ambas posiciones cuentan con mecanismo de retorno por resorte que hace que cuando ninguno de sus solenoides esté energizado, la válvula mantenga la posición intermedia y actúe de la forma en que estén configuradas sus vías.

5. ¿La velocidad de los tres cilindros empleados fue la misma o fue distinta? ¿A qué se debe ello?

La velocidad de los cilindros uno y dos fue relativamente la misma puesto que para su accionamiento no se utilizó ningún tipo de válvula reguladora, por lo que estaban sujetos a la presión y caudal regulados en el equipo de suministro de energía hidráulica (depósito, motor y bomba).

En cuanto al tercer cilindro, este se movió a una velocidad distinta debido al efecto que causa el peso de 20 Kg que tiene sujeto a su vástago; el mismo que por acción de la gravedad hace que la velocidad de bajada del vástago sea ligeramente más rápida con relación a los cilindros uno y dos y que la velocidad de subida sea un poco más lenta con relación a los mismos cilindros.

Conclusiones:

- Mediante el uso de sistemas hidráulicos, se puede obtener una mayor fuerza en la actuación de los elementos, por lo que este tipo de sistemas son muy útiles en aplicaciones industriales que requieran de gran fuerza para llevar a cabo determinadas tareas como puede ser el levantamiento de objetos de gran tamaño y peso mediante prensas hidráulicas.
- El control eléctrico de los cilindros hidráulicos es igual al que se realizó anteriormente con los cilindros neumáticos, por lo que el diseño del sistema difiere más que nada en la parte de fuerza que en la de control.
- En este tipo de sistemas cíclicos automáticos, es de mucha importancia el garantizar bajo todas las condiciones de operación el adecuado arranque y funcionamiento del sistema con el fin de que la secuencia siempre sea realizada de la manera deseada y además se evite daños en los equipos empleados. Esto debido a que el sistema podría ser detenido y arrancado en cualquier momento, en cualquier estado. Para esta práctica, se garantiza que tras una para del sistema, cuando éste sea reactivado, los actuadores no se choquen entre sí y además siempre los vástagos sean separados uno del otro hasta que de acuerdo a la secuencia cumplan con su movimiento preestablecido. Para cumplir con este fin, son muy útiles las válvulas direccionales de retorno mecánico por resorte, ya que tras una ausencia de energía eléctrica, se garantiza la ubicación de los actuadores.
- Se debe tomar en cuenta que la velocidad de retorno de los cilindros es menor a la velocidad de salida de los mismos por cuanto el área de acción sobre la cual se ejerce la fuerza en el retorno es menor (área del émbolo menos el área del vástago) que aquella sobre la cual se actúa a la salida (área del émbolo). Esto debe ser tomado en cuenta para evitar impacto entre los cilindros.

- Las válvulas direccionales 3/4 vías biestables con retorno mecánico por resorte con las que cuenta el módulo electrohidráulico, garantizan que el actuador permanezca en la posición exacta en la que la energía eléctrica es retirada del sistema, ya que bloquea el flujo de aceite en cualquiera de las direcciones, lo que hace que el actuador permanezca fijo en la última posición adoptada.
- Los sensores reed que se utilizaron en la práctica, así como cualquier otro tipo de sensor que permita detectar la posición del vástago del cilindro, son muy útiles en la implementación de sistemas secuenciales pues mediante su activación se puede accionar el funcionamiento de los actuadores de una manera muy precisa.

Recomendaciones:

- En este tipo de sistemas electrohidráulicos se suelen manejar presiones relativamente altas, por lo que se recomienda regular la presión de trabajo a no más de 25 Bares. En caso de manejar presiones superiores, se recomienda al estudiante u operario no acercarse demasiado a los actuadores pues en caso de que su mano sea atrapada por el vástago de un cilindro a este nivel de presión, ésta podría recibir severos daños.
- Realizar las conexiones entre actuadores, válvulas, manifolds y tomas de presión y de tanque de la manera más segura y hermética posible con el fin de evitar que la presión a la cual está sujeto el sistema, desconecte las mangueras y el aceite salga liberado bruscamente. Con esto además se conseguirá evitar las fugas de aceite y a consecuencia su desperdicio.
- En lo posible utilizar ropa adecuada de manera que el alumno no tenga problema si el aceite es derramado sobre ella. Además tratar de no regar el

aceite y en caso de que esto se produzca, dejar limpiando el módulo después de haber sido utilizado. De igual manera, retirar todas las conexiones hidráulicas y colocar las mangueras en la parte posterior del módulo y en el segundo cajón del mismo.

- Hacer uso de la simbología adecuada en la representación de los sistemas hidráulicos con el fin de diferenciar cuando el circuito de fuerza se trate de un sistema hidráulico o un sistema neumático.

5.3.6. Método de regulación a la entrada para el control de velocidad de un cilindro hidráulico

Objetivo General:

- Conocer los equipos hidráulicos con los que cuenta el laboratorio y comprender su funcionamiento para poder emplearlos en las aplicaciones que se realicen.

Objetivos Específicos:

- Controlar la velocidad de un cilindro hidráulico mediante la regulación de flujo de aceite que actúa sobre él, haciendo uso del método de regulación a la entrada.
- Comprender el funcionamiento de las válvulas reguladoras de flujo y las válvulas reguladoras de presión con las que cuenta el módulo electrohidráulico.
- Conocer la utilidad de una válvula de retención pilotada.

Descripción del problema:

En esta práctica se pretenden llevar a cabo tres problemas, de manera que con ellos se introduzca al estudiante en el manejo de las válvulas reguladoras de flujo y de presión con las que se cuenta en el módulo electrohidráulico.

Es así que en esta práctica se utilizará y a consecuencia se comprenderá el funcionamiento de las válvulas reguladoras de presión, de las válvulas reguladoras de flujo y adicionalmente de las válvulas de retención pilotada. En este sentido, para el manejo de cada tipo de válvula, se presenta a continuación un problema para cada una de ellas. Ahora el alumno no deberá realizar los diseños de los sistemas, sino que deberá interpretar y construir el circuito electrohidráulico para posteriormente resolver las preguntas planteadas.

Problema 1: Determinar la función de la válvula limitadora de presión

Se aborda primero este problema, ya que mediante él se pretende regular la presión de servicio en un circuito hidráulico, lo cual será de mucha utilidad en los circuitos posteriores que se implementen.

El estudiante deberá realizar lo siguiente, en base a los esquemas presentados más adelante:

- Conectar los elementos hidráulicos y eléctricos de acuerdo al esquema indicado.
- Verificar las conexiones.
- Intentar regular la presión con la válvula de paso abierta.
- Regular la presión de servicio con la válvula de paso cerrada.
- La presión de servicio de la central hidráulica será de máximo 80 Bares.
- Completar la tabla 5.3.6.1 que se muestra en la siguiente página.

TABLA DE VALORES					
Válvula de paso	Válvula limitadora de presión (2)	P1 (Bar)	Flujo pasa por		Suma de los flujos (l/min) Val de paso VLP
			Val. Paso	VLP	
Estado	Estado				
1 abierta	Resorte suelto	40	1	1	8,0 (7,65 s)
1 abierta	Resorte apretado 2 vueltas	40	1	1	8,0 (7,33)
0 cerrada	Resorte suelto	80	0	1	(8,01)
0 cerrada	Resorte apretado 1 vueltas	105	0	1	(8,23)
0 cerrada	Resorte apretado 2 vueltas	108	0	1	(8,58)
0 cerrada	Resorte apretado 3 vueltas	110	0	1	(8,64)
0 cerrada	Resorte apretado 4 vueltas	110	0	1	(8,95)

Tabla. 5.3.6.1. Tabla de datos correspondiente al problema 1³⁵

Problema 2: Método de regulación a la entrada para el control de velocidad de un cilindro hidráulico de doble efecto.

³⁵ Nota: Los cuadros sombreados serán aquellos que el estudiante complete tras haber realizado la práctica.

Para este problema, se armarán tres sistemas sencillos que utilizan este método para controlar la velocidad de avance, la velocidad de retroceso o ambas respectivamente. Es importante observar los manómetros antes y después de las válvulas reguladoras de caudal.

El estudiante deberá realizar lo siguiente, en base a los esquemas presentados más adelante:

- Conectar los elementos hidráulicos y eléctricos de acuerdo a los esquemas indicados.
- Verificar las conexiones.
- Emplear una presión de servicio de máximo 80 Bares.
- Registrar los valores que marquen los manómetros durante el movimiento del vástago en la siguiente tabla:

TABLA DE VALORES						
Sistema 1: Control de velocidad de avance		Sistema 2: Control de velocidad de retroceso		Sistema 3: Control de ambas velocidades		
P1	P2	P1	P2	Movimiento	P1	P2
60	10	60	15	Avance	73	5
				Retroceso	73	20

Tabla. 5.3.6.2. Tabla de datos correspondiente al problema 2³⁶

Problema 3: Aplicación de válvula de retención pilotada.

En este último problema se pretende realizar una aplicación en la que se utilice una válvula de retención pilotada con el fin de que el estudiante comprenda su funcionamiento y su utilidad dentro de los sistemas hidráulicos.

³⁶ Nota: Los cuadros sombreados serán aquellos que el estudiante complete tras haber realizado la práctica.

El estudiante deberá realizar lo siguiente, en base al esquema presentado más adelante:

- Conectar los elementos hidráulicos y eléctricos de acuerdo a los esquemas indicados.
- Verificar las conexiones.
 - Operar el circuito de manera que se retire la energía hidráulica (más no la eléctrica) cuando el vástago del cilindro esté en medio de su carrera y la electroválvula direccional que lo acciona se encuentre activada en una de sus posiciones extremas.

ESQUEMAS

Problema 1:

Plano de desarrollo de programa:

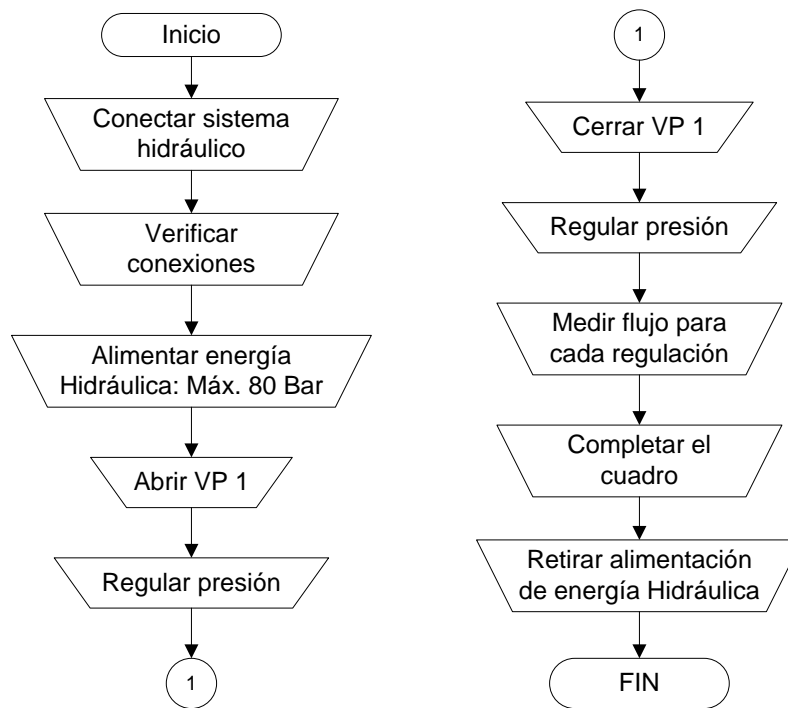


Figura. 5.3.6.1. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 1

Esquemas del sistema:

Al no tener parte eléctrica en este sistema, se presenta solamente el esquema hidráulico.

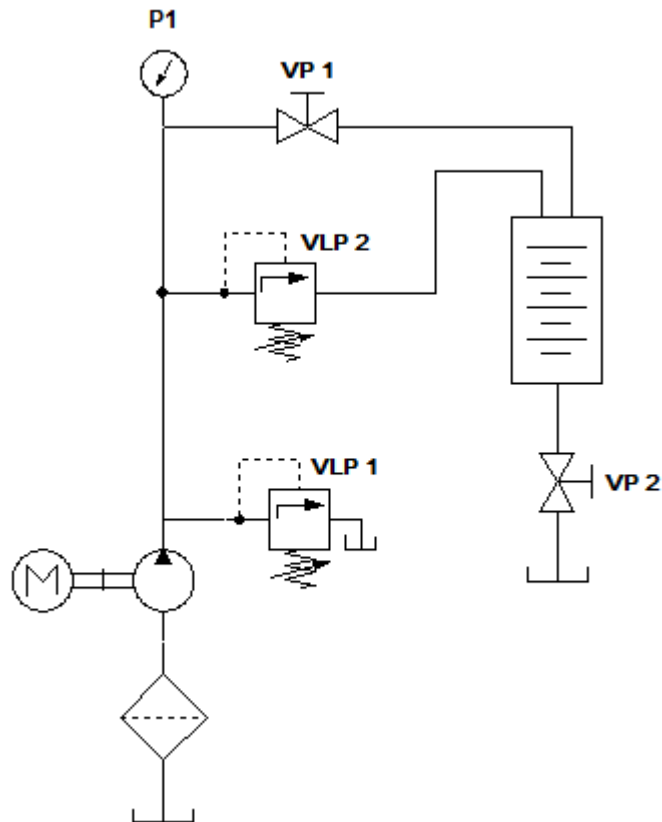
Esquema hidráulico:

Figura. 5.3.6.2. Sistema hidráulico correspondiente al problema 1

Problema 2:**Diagrama Espacio – Fase:**

Para los tres sistemas de este problema, el diagrama espacio – fase correspondiente es el siguiente:

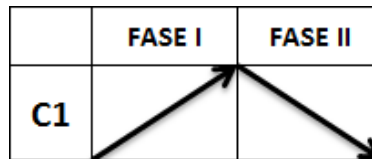


Figura. 5.3.6.3. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al problema 2

Plano de desarrollo de programa:

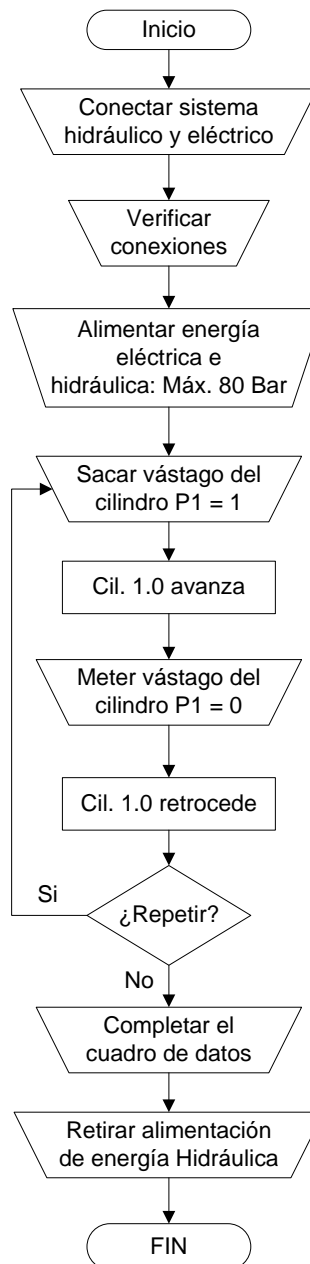


Figura. 5.3.6.4. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 2

Esquemas del sistema:

Esquemas hidráulicos:

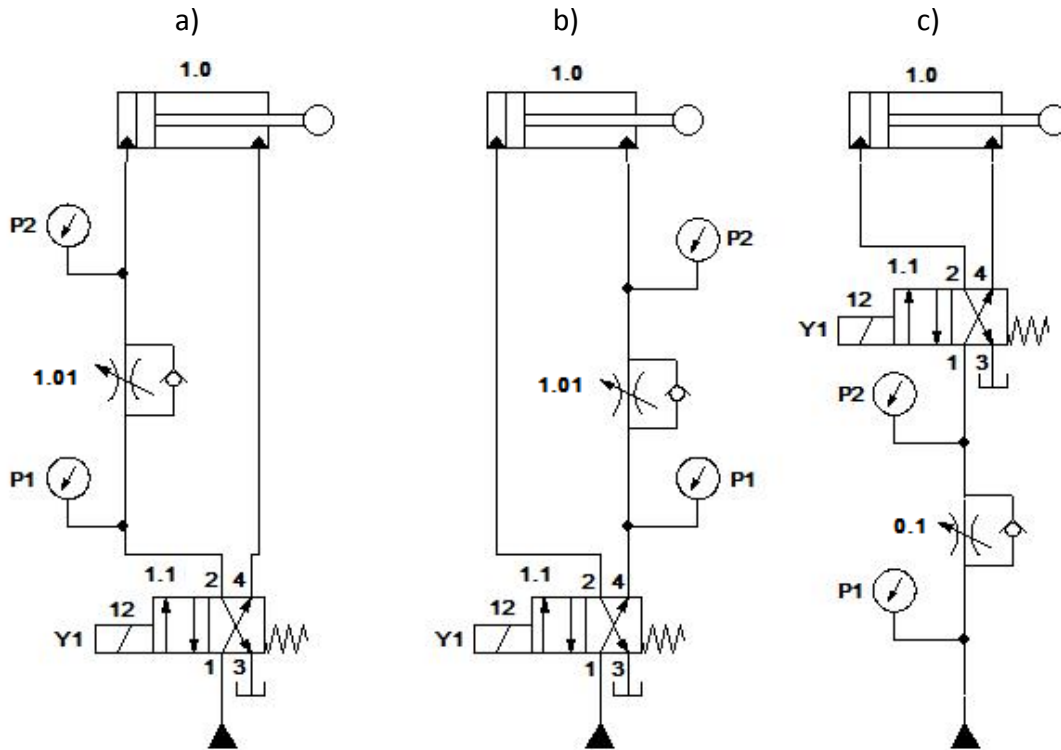


Figura. 5.3.6.5. Sistemas hidráulicos correspondientes al problema 2: a) control de velocidad de avance, b) control de velocidad de retroceso, c) control de ambas velocidades

Esquema eléctrico:

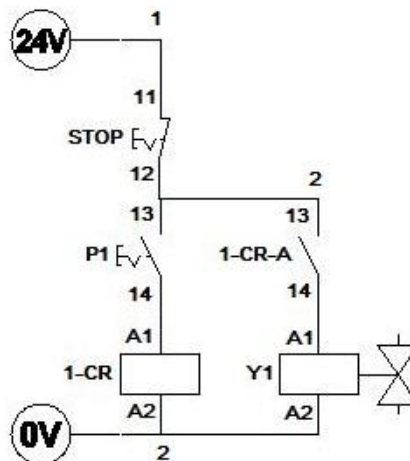


Figura. 5.3.6.6. Sistema eléctrico correspondiente al problema 2

Análisis de corrientes:

- La fuente de poder entrega hasta 10.0 A
- Los contactos del relé soportan corrientes de hasta 1.5 A
- Los contactos del pulsador y del botón de emergencia soportan hasta 1.0 A
- El solenoide del relé consume 25 mA.
- El solenoide de las electroválvula consume 1.43 A

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$25 \text{ mA} + 1.43 \text{ A} = 1.455 \text{ A}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito y de igual manera, todos los elementos pueden operar sin problema.

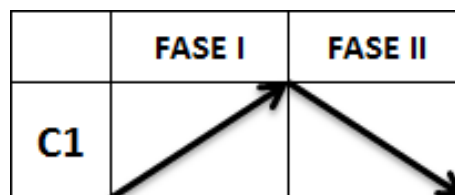
Problema 3:***Diagrama Espacio – Fase:***

Figura. 5.3.6.7. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al problema 3

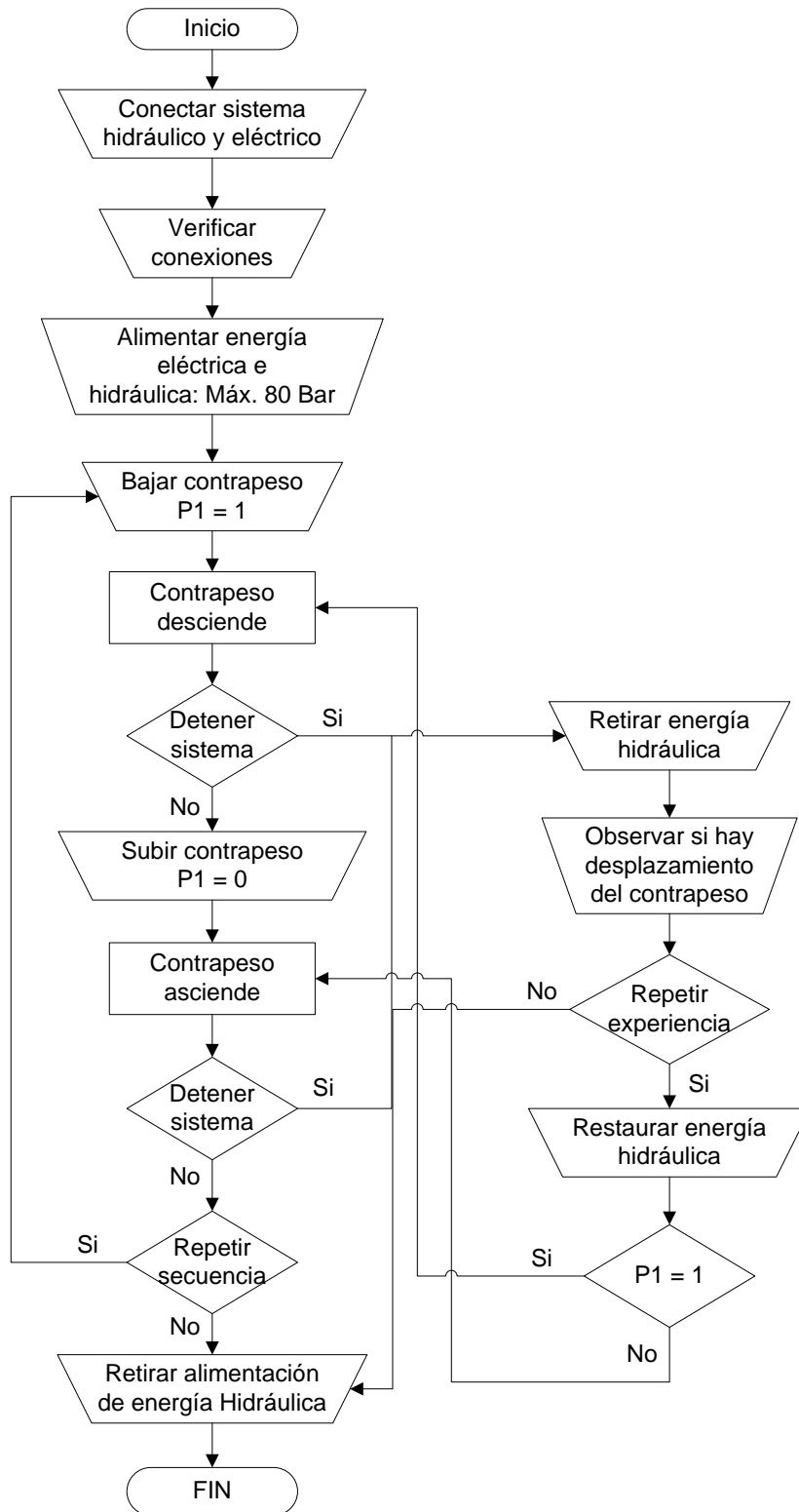
Plano de desarrollo de programa:

Figura. 5.3.6.8. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 3

Esquemas del sistema:

Esquema hidráulico:

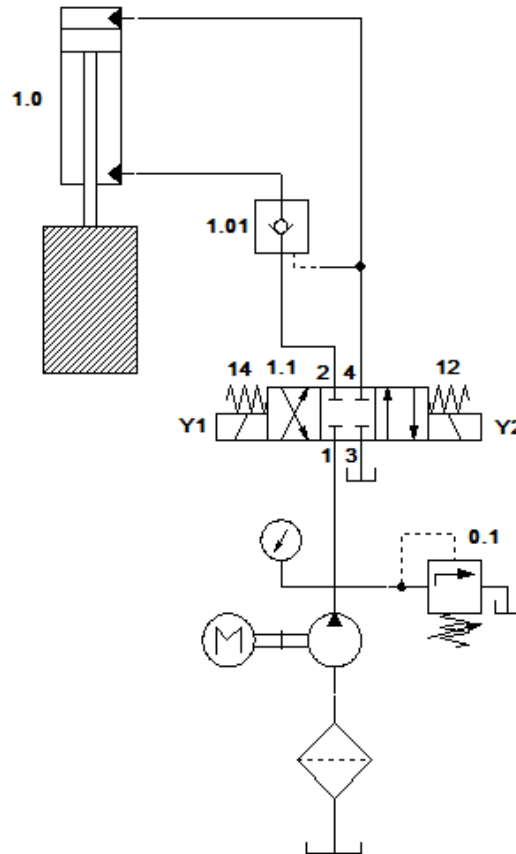


Figura. 5.3.6.9. Sistema hidráulico correspondiente al problema 3

Esquema eléctrico:

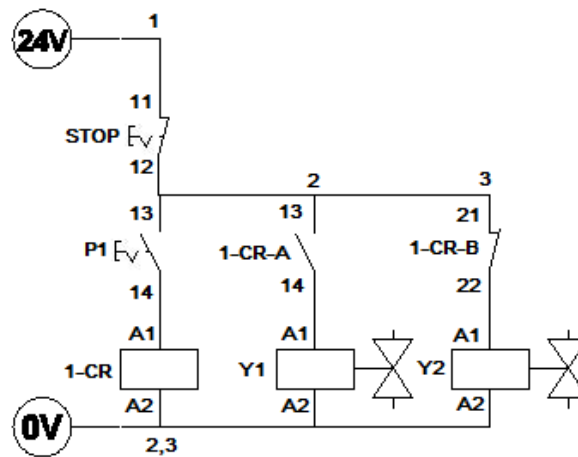


Figura. 5.3.6.10. Sistema eléctrico correspondiente al problema 3

Análisis de corrientes:

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$25 \text{ mA} + 2 \times (1.43 \text{ A}) = 2.885 \text{ A}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito y de igual manera, todos los elementos pueden operar sin problema.

Equipos a utilizarse:

Problema 1:

- Central hidráulica.
- 1 válvula limitadora de presión directa.
- 1 manómetro.
- 1 válvula de paso.
- 1 depósito de medición.

Problema 2:

- Central hidráulica.
- 1 válvula distribuidora 4/2 vías monoestable.
- 2 manómetros.
- 1 válvula reguladora de caudal unidireccional.
- 1 cilindro de doble efecto.
- 1 módulo de botoneras.
- 1 módulo de relés.
- 1 módulo de parada de emergencia.

- Tubería necesaria.
- Cables de conexión eléctrica necesarios.

Problema 3:

- Central hidráulica.
- 1 válvula distribuidora 4/3 vías biestable.
- 1 válvula de retención pilotada.
- 1 cilindro de doble efecto con contrapeso.
- 1 módulo de botoneras.
- 1 módulo de relés.
- 1 módulo de parada de emergencia.
- Tubería necesaria.
- Cables de conexión eléctrica necesarios.

Se presenta a continuación una breve descripción técnica de los elementos que se utilizan por primera vez en esta práctica:

Válvulas limitadoras de presión directa VMD2001C

Válvula no sujeta al módulo pero con conectores de fácil conexión que facilitan su uso. Permiten reducir o limitar la presión en el circuito y tienen las siguientes características:

- **Flujo máximo:** 20 lt/min.
- **Rango de presión de trabajo:** 20 a 350 Bares.
- **Rango de temperatura de operación:** -10 a 100 °C.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT

Válvulas reguladoras de caudal unidireccional VRFU9002:

Válvulas que permiten regular el caudal de fluido en el sistema. Sus características son las siguientes:

- **Flujo máximo de A a B (con regulación):** 30 lt/min.
- **Flujo máximo de B a A (sin regulación):** 45 lt/min.
- **Presión de apertura:** 0.5 Bares.
- **Presión máxima:** 350 Bares.
- **Rango de temperatura de operación:** -10 a 100 °C.
- **Tamaño del conector:** 3/8".
- **Tipo de conector:** NPT

Válvulas de cierre o corte rápido:

A manera de una llave de paso, su función es la permitir o no que el fluido pase a través de ella. Su accionamiento es manual y presenta las siguientes características:

- **Flujo máximo:** 15 lt/min.
- **Presión máxima:** 500 Bares.
- **Rango de temperatura de operación:** -10 a 100 °C.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT.

Válvula de retención pilotada:

Internamente posee una válvula de simple retención que bloquea el flujo en una dirección hasta que la presión piloto es aplicada:

- Bloquea el flujo en una dirección hasta que la presión piloto es aplicada.
- **Flujo máximo:** 15 lt/min.
- **Presión máxima:** 320 Bares.
- **Rango de temperatura de operación:** -10 a 100 °C.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT.

Medidor de volumen con tres llegadas:

Recipiente graduado ubicado en la parte izquierda del módulo electrohidráulico, permite medir el volumen del fluido por unidad de tiempo, pudiendo de esta manera obtener el flujo del sistema. Sus características principales son las siguientes:

- **Capacidad de medida:** 2100 cm³.
- **Sensibilidad:** 75 cm³.
- Tiene una salida superior directa al tanque en caso de que el volumen que ingresa exceda la capacidad del medidor.

Manómetros con glicerina:

Elementos muy útiles al momento de medir presión en puntos determinados del sistema, tienen las siguientes características:

- **Diámetro:** 63 mm.
- **Escala dual:** 0 – 2000 psi y 0 – 137.9 bares.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT.

Cuestionario:**1. ¿La bomba de la central hidráulica es una bomba generadora de caudal o de presión?****Explique su respuesta**

Es una bomba generadora de caudal ya que como se comprobó en el primer problema, si el circuito hidráulico se encuentra abierto, sin ningún tipo de resistencia, la presión es muy baja y no puede ser aumentada con el regulador de presión de la central hidráulica. La presión que se genera se produce debido al rozamiento que se da con los elementos utilizados.

2. ¿Debido a que se produce la formación de presión en el sistema hidráulico?

La presión que adquiere el sistema, se forma debido a la resistencia que existe entre los flujos. Mientras mayor sea esta resistencia, mayor también será la formación de presión en el circuito hidráulico.

3. ¿Cuál es la función de la válvula limitadora de presión?

Evita que la presión de trabajo o servicio sobrepase el valor ajustado, descargando al depósito el exceso de fluido. Por lo general debe estar montada después de la bomba.

4. En el segundo problema, ¿cómo se ven afectadas las presiones en los manómetros para una carga constante y diferentes velocidades?

En este método de regulación a la entrada con una carga constante, las presiones en los manómetros antes y después de la válvula reguladora de caudal presentan variaciones muy notorias. Es así que la presión medida después de la válvula reguladora de caudal es mucho menor a la presión registrada antes de la misma; esto debido a que al limitar el caudal

circulante, la resistencia al paso del fluido aumenta y a consecuencia aumenta también la presión. Después de la válvula estranguladora, el flujo ya no tiene mayor resistencia para circular y tanto la velocidad como la presión del mismo habrán disminuido.

5. ¿Por qué las válvulas reguladoras de caudal son unidireccionales? ¿Qué modificación deberían tener para que sean bidireccionales?

Son unidireccionales debido a que internamente, de forma paralela a la válvula de regulación, tienen conectada una válvula de retención, la cual facilita el paso (libre de regulación) del fluido en un sentido mientras que en el otro sentido lo bloquea, forzando al fluido a circular por la válvula de regulación.

Para que esta válvula sea bidireccional, no debería tener internamente la válvula de retención sino tan solo la válvula reguladora de flujo.

6. ¿Cuál es el principio fundamental del método de regulación a la entrada para el control de velocidad del actuador?

Por medio de este método, se regula el caudal de fluido que llega desde la válvula direccional o desde la bomba hidráulica hacia el actuador, de manera que el caudal que ingresa al actuador y que efectúa el movimiento en él, sea menor al caudal que se maneja en el resto del sistema.

7. Tras haber realizado el tercer problema propuesto, ¿cuál cree usted que es la principal función que se le puede dar a una válvula de retención pilotada?

Podría ser utilizado en diversas aplicaciones, pero en base el sistema implementado en esta práctica, su principal función sería la de sostener indefinidamente una carga impidiendo

que por corte de suministro de la energía hidráulica o por fuga en la válvula distribuidora, la carga o actuador cambie de posición.

Conclusiones:

- La bomba con la que cuenta el módulo de entrenamiento electrohidráulico del laboratorio, es una bomba que entrega caudal al circuito más no presión ya que la misma se genera de acuerdo a la resistencia que el fluido encuentre en el circuito a su paso.
- En un sistema abierto (sin carga) la presión que se alcanza en el sistema es resultado de la fricción que se produce del fluido con los elementos por lo que es una presión relativamente baja.
- Las válvulas reguladoras de presión limitan la presión de servicio o de trabajo a un valor inferior a su presión de entrada. Son ubicadas después de la bomba y el fluido excedente es descargado al depósito.
- Al utilizar las válvulas reguladoras de presión, la velocidad del fluido a través de las tuberías aumenta con el fin de mantener constante el flujo que la bomba entrega. Con ello se comprueba que este tipo de válvulas reguladoras solamente regulan la presión, más no el caudal del sistema.
- Por medio del método de regulación a la entrada para el control de velocidad del actuador se puede controlar la velocidad de avance, la velocidad de retroceso o ambas; todo depende de la ubicación de las válvulas reguladoras de caudal y de conectarlas de forma adecuada cuando estas son de regulación unidireccional.

- La válvula de retención pilotada permanece cerrada hasta que el fluido hidráulico sea inyectado por la vía piloto, momento en el cual la válvula se abre y permite el paso de fluido. Esta válvula puede ser utilizada como válvula de seguridad, cuyo funcionamiento está condicionado por un subcircuito hidráulico que la activa.
- El depósito de medición con el que cuenta el módulo permite medir el caudal del sistema o de parte de él. Para ello hay que liberar el fluido en él y medir el tiempo que tome el alcanzar cierto volumen. Con ello se obtendrá la medición de caudal en litros por minuto o por segundo de acuerdo a las necesidades.

Recomendaciones:

- Para realizar estos sistemas, se recomienda regular la presión de alimentación a 80 Bares y utilizar una válvula limitadora de presión adicional para regular la presión de servicio que se utilice en el sistema.
- Revisar la simbología respectiva con el fin de que se puedan implementar los sistemas propuestos sin problemas utilizando los elementos adecuados. Posterior a la implementación del sistema siempre es recomendable verificar las conexiones.
- Utilizar los manifolds con los que cuenta el módulo de la manera más adecuada con el fin de que, junto con las mangueras, puedan suplir todas las conexiones necesarias en los circuitos que se implementen.

5.3.7. Método de regulación a la salida para el control de velocidad de un cilindro hidráulico

Objetivo General:

- Conocer los principios de funcionamiento de los equipos hidráulicos con los que se controla presión y caudal del sistema.

Objetivos Específicos:

- Controlar la velocidad de un cilindro hidráulico mediante la regulación de flujo de aceite que actúa sobre él, haciendo uso del método de regulación a la salida.
- Comprender la relación existente entre presión y caudal que se produce al utilizar una válvula de estrangulación regulable sin compensación.
- Conocer y entender el funcionamiento de una válvula reductora de presión indirectamente controlada (servopilotada).

Descripción del problema:

Al igual que en la práctica anterior, en esta también se desarrollarán tres problemas en los cuales el estudiante comprenderá de manera más objetiva el funcionamiento de las válvulas reguladoras de caudal y de presión. De igual manera, el alumno no realizará los diseños de los sistemas, sino que deberá interpretar y construir el circuito hidráulico para posteriormente contestar las preguntas planteadas.

Problema 1: Método de regulación a la salida para el control de velocidad de un cilindro hidráulico de doble efecto.

Para este problema, se armarán tres sistemas sencillos que utilizan este método para controlar la velocidad de avance, la velocidad de retroceso o ambas respectivamente. Es

importante observar los manómetros antes y después de las válvulas reguladoras de caudal para distinguir las diferencias con otros métodos de regulación.

El estudiante deberá realizar lo siguiente, en base a los esquemas presentados más adelante:

- Conectar los elementos hidráulicos y eléctricos de acuerdo a los esquemas indicados.
- Verificar las conexiones.
- Emplear una presión de servicio será de máximo 80 Bares.
- Registrar los valores que marquen los manómetros en la siguiente tabla:

TABLA DE VALORES						
Sistema 1: Control de velocidad de avance		Sistema 2: Control de velocidad de retroceso		Sistema 3: Control de ambas velocidades		
P1	P2	P1	P2	Movimiento	P1	P2
0	60	0	30	Avance	0	60
				Retroceso	0	28

Tabla. 5.3.7.1. Tabla de datos correspondiente al problema 1³⁷

Problema 2: Relación presión – caudal en una válvula de estrangulación regulable sin compensación.

En este problema el estudiante comprenderá el funcionamiento de una válvula de regulación de caudal no compensada, para la cual deberá hallar la relación existente entre el caudal que pasa por ella y la diferencia de presión en la misma.

Se deberá realizar lo siguiente, en base al esquema presentado más adelante:

³⁷ **Nota:** Los cuadros sombreados serán aquellos que el estudiante complete tras haber realizado la práctica.

- Interpretar e implementar el circuito hidráulico.
- Abrir completamente la válvula reguladora de caudal y la válvula reguladora de presión y observar la presión que marcan los manómetros. La presión resultante será consecuencia de la resistencia de los elementos y del rozamiento en el interior de los elementos.
- A través de la válvula reguladora de presión se puede simular la resistencia que produce una carga. En ella se regulará la presión que será registrada en el manómetro 2.
- Regular la presión 2 en el sistema de acuerdo a lo indicado en la tabla y completar los datos en la misma.
- Ajustar la válvula reguladora de caudal a un determinado valor y realizar toda la práctica en el mismo ajuste.
- Registrar el caudal solicitado utilizando el depósito de medición en el tiempo señalado en la tabla.
- La presión de servicio de la central hidráulica será de máximo 80 Bares.

TABLA DE VALORES				
Pe1 (bar)	Pe 2 (bar)	Dif. Pres. ΔP	t (s)	Q (l/min)
80	60	20	60	1.49
80	50	30	60	2.28
80	40	40	60	3.13
80	30	50	60	3.89
80	20	60	60	4.49

Tabla. 5.3.7.2. Tabla de datos correspondiente al problema 2³⁸

³⁸ Nota: Los cuadros sombreados serán aquellos que el estudiante complete tras haber realizado la práctica.

Problema 3: Válvula reductora de presión servopilotada (limitadora)

Mediante este problema, el estudiante comprenderá el funcionamiento de una válvula reductora de presión indirectamente controlada (servopilotada), la misma que será empleada sobre un motor hidráulico para controlar su presión de su giro.

En este problema, la presión de salida de la válvula reductora de presión permanecerá constante e independiente de las variaciones de presión de entrada y los cambios de resistencia.

En ese sentido, en base al esquema que se presenta se deberá realizar lo siguiente:

- Interpretar y construir el circuito hidráulico y eléctrico de tal manera que la válvula reguladora de presión controle la presión de giro del motor en sentido horario.
- Ajustar inicialmente la presión registrada en Pe3 a 30 Bares y completar la tabla de valores que se muestra a continuación, por medio de la cual se podrán analizar los cambios que se producen en la presión antes y después de la válvula reguladora de presión. Los datos deberán ser tomados cuando el motor esté girando en sentido horario.

TABLA DE VALORES		
Pe1 (bar) (Presión de servicio)	Pe 2 (bar)	Pe 3 (bar)
80	62	30
90	70	30
100	82	31
110	92	31
120	104	31

Tabla. 5.3.7.3. Tabla de datos correspondiente al problema 3³⁹

³⁹ Nota: Los cuadros sombreados serán aquellos que el estudiante complete tras haber realizado la práctica

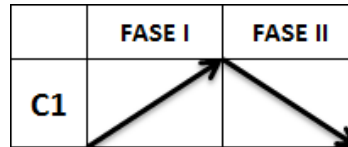
ESQUEMAS**Problema 1:****Diagrama Espacio – Fase:**

Figura. 5.3.7.1. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al problema 1

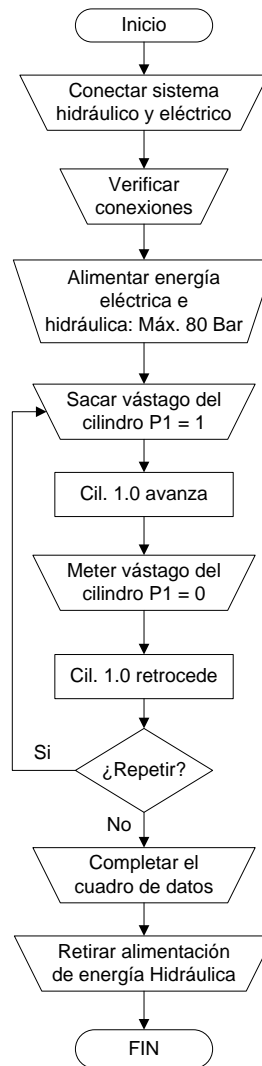
Plano de desarrollo de programa:

Figura. 5.3.7.2. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 1

Esquemas del sistema:

Esquema hidráulico:

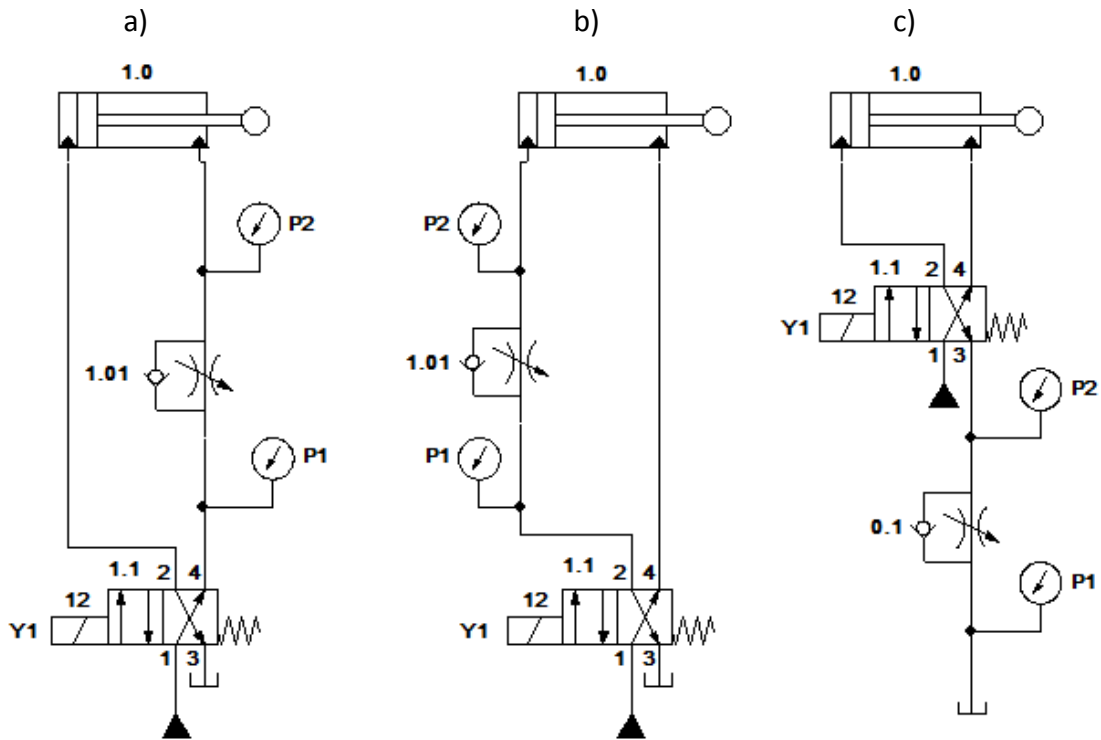


Figura. 5.3.7.3. Sistemas hidráulicos correspondientes al problema 1: a) control de velocidad de avance, b) control de velocidad de retroceso, c) control de ambas velocidades

Esquema eléctrico:

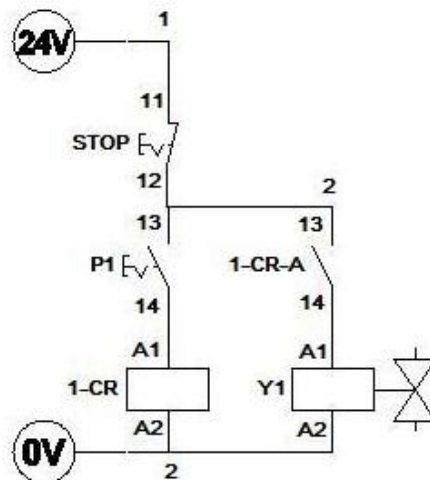


Figura. 5.3.7.4. Sistema eléctrico correspondiente al problema 1

Análisis de corrientes:

- La fuente de poder entrega hasta 10.0 A
- Los contactos del relé soportan corrientes de hasta 1.5 A
- Los contactos del pulsador y del botón de emergencia soportan hasta 1.0 A
- El solenoide del relé consume 25 mA.
- El solenoide de las electroválvula consume 1.43 A

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$25 \text{ mA} + 1.43 \text{ A} = 1.455 \text{ A}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito y de igual manera, todos los elementos pueden operar sin problema.

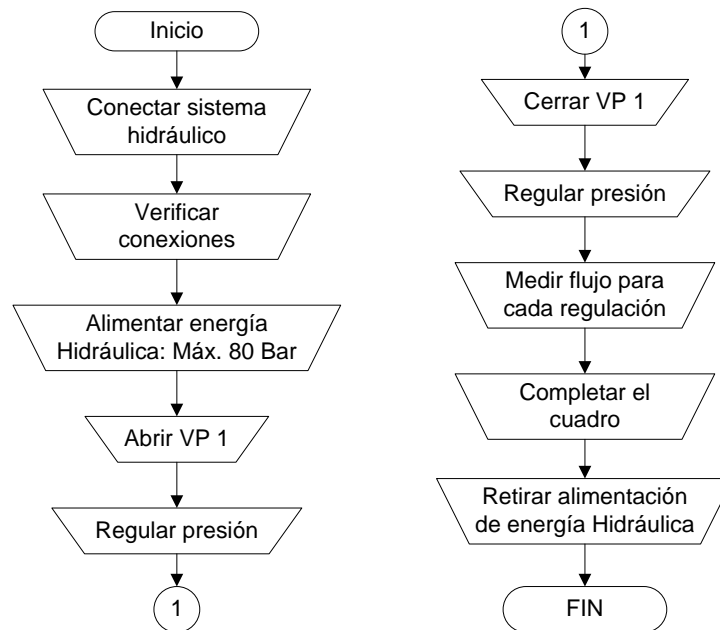
Problema 2:**Plano de desarrollo de programa:**

Figura. 5.3.7.5. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 2

Esquemas del sistema:

Al no tener parte eléctrica en este sistema, se presenta solamente el esquema hidráulico.

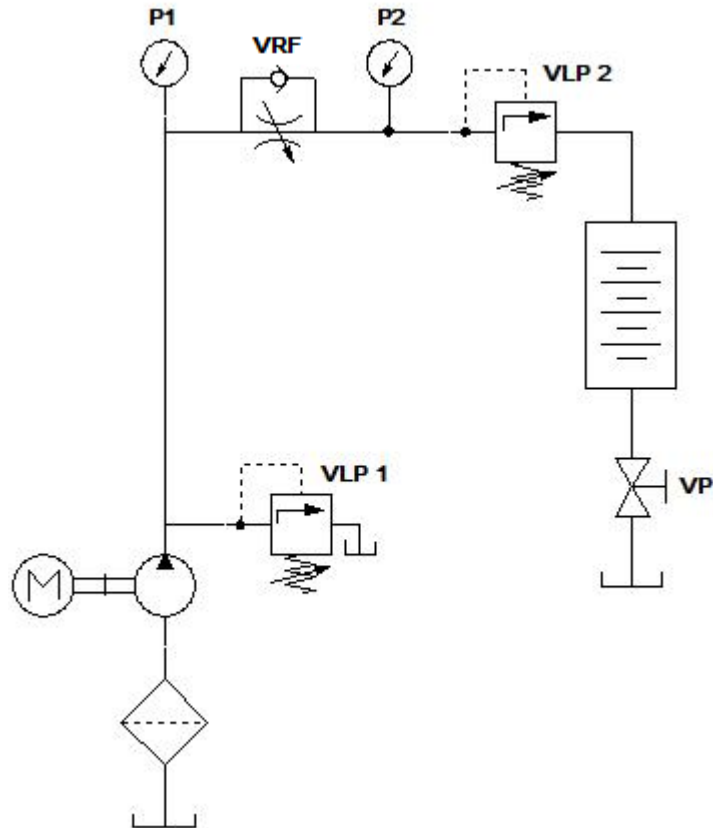
Esquema hidráulico:

Figura. 5.3.7.6. Sistema hidráulico correspondiente al problema 2

Problema 3:**Plano de desarrollo de programa:**

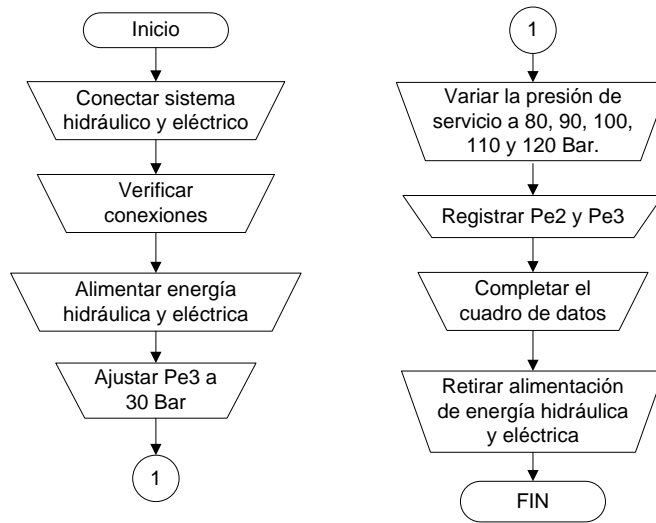


Figura. 5.3.7.7. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 3

Esquemas del sistema:

Esquema hidráulico:

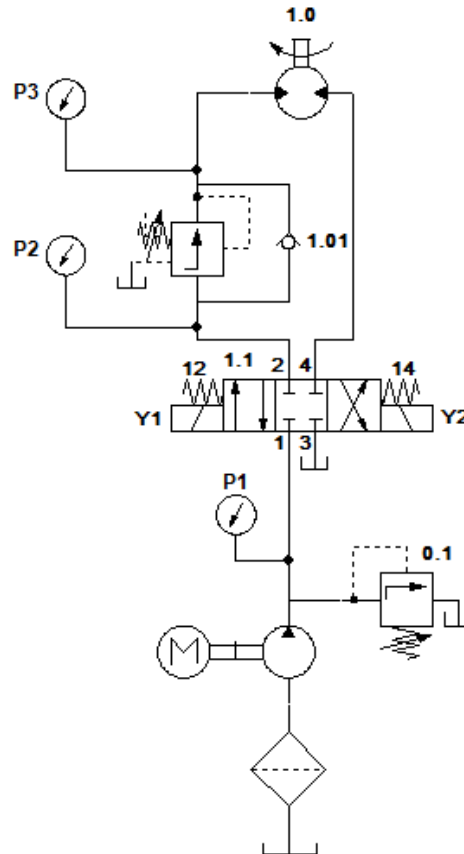


Figura. 5.3.7.8. Sistema hidráulico correspondiente al problema 3

Esquema eléctrico:

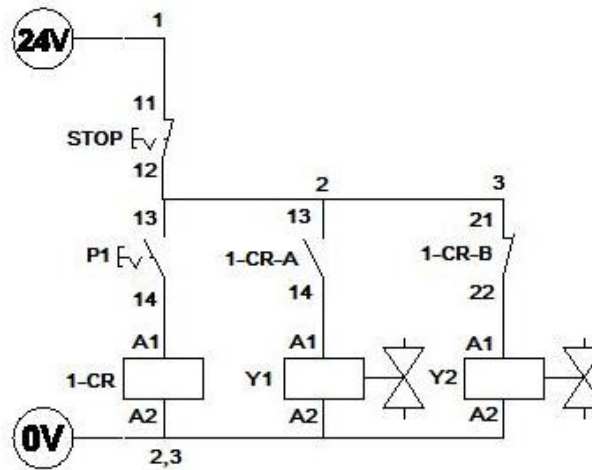


Figura. 5.3.7.9. Sistema eléctrico correspondiente al problema 3

Análisis de corrientes:

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$25 \text{ mA} + 2 \times (1.43 \text{ A}) = 2.885 \text{ A}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito y de igual manera, todos los elementos pueden operar sin problema.

Equipos a utilizarse:

Problema 1:

- Central hidráulica.
- 1 válvula distribuidora 4/2 vías monoestable.
- 2 manómetros.
- 1 válvula reguladora de caudal unidireccional.
- 1 cilindro de doble efecto.

- 1 módulo de botoneras.
- 1 módulo de relés.
- 1 módulo de parada de emergencia.
- Tubería necesaria.
- Cables de conexión eléctrica necesarios.

Problema 2:

- Central hidráulica.
- 1 válvula limitadora de presión.
- 2 manómetros.
- 1 válvula reguladora de caudal unidireccional.
- 1 depósito de medición.
- Tubería necesaria.

Problema 3:

- Central hidráulica.
- 1 válvula distribuidora 4/3 vías biestable.
- 2 manómetros.
- 1 válvula reductora de presión.
- 1 válvula de retención simple (antirretorno).
- 1 motor hidráulico como actuador.
- 1 módulo de botoneras.
- 1 módulo de relés.
- 1 módulo de parada de emergencia.
- Tubería necesaria.
- Cables de conexión eléctrica necesarios.

Se presenta a continuación una breve descripción técnica de los elementos que se utilizan por primera vez en esta práctica:

Motor hidráulico:

La central hidráulica tiene como motor el que se describe a continuación:

- **Cilindrada:** 8 cm³/rev.
- **Capacidad de giro:** Ambos sentidos (reversible).
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT con conector macho de conexión rápida para conexión con las mangueras.

Válvulas de retención simple:

También llamada válvula check. Permite el paso del fluido en un solo sentido, bloqueándolo en el otro. Sus características son:

- **Flujo máximo:** 15 lt/min.
- **Presión máxima:** 400 Bares.
- **Rango de temperatura de operación:** -10 a 100 °C.
- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** NPT.

Cuestionario:

1. **¿Cuál es la principal diferencia entre el método de regulación a la salida y el método de regulación a la entrada realizado en la práctica anterior?**

La diferencia principal entre ambos métodos radica en el sentido en el que el fluido es regulado pudiendo ser este hacia el actuador o desde el actuador. En el primer caso, el método de regulación es a la entrada y en el segundo, el método de regulación es a la salida. Depende mucho también la ubicación correcta de las válvulas reguladoras de flujo pues de la forma en que sean conectadas en el sistema, dependerá si el método de regulación se da a la entrada o a la salida.

2. En el primer problema, justifique las presiones registradas en los manómetros utilizados antes y después de la válvula reguladora de caudal.

En todos los casos de regulación (avance, retroceso y ambas a la vez) la presión registrada en el manómetro ubicado antes de la válvula reguladora de caudal (P1) marcó 0 bares debido a que el fluido en esta sección del sistema va hacia el depósito o tanque por lo que ya no hay ninguna resistencia a su paso y a consecuencia no existe presión.

En cuanto a la presión registrada en el manómetro ubicado después de la válvula reguladora de caudal (P2), tiene un valor diferente de cero y menor a la presión de servicio del sistema. La diferencia entre los valores de presión de avance y retroceso se deben a la diferencia de áreas sobre las cuales el fluido actúa en el interior del cilindro para producir su movimiento.

3. En el segundo problema, ¿cuál fue la relación existente entre la diferencia de presión y el caudal? Explique a que se debe la misma.

La relación que se produjo entre la diferencia de presión y el caudal, es que ambas son directamente proporcionales, puesto que mientras aumenta la diferencia de presión en la válvula reguladora de caudal, el caudal que circula por ella también aumenta. Esto se da debido a que mientras exista mayor presión a través de la válvula reguladora de caudal, el

fluido circulará a través de la misma a una mayor velocidad, y como el área transversal de la válvula se mantiene constante, el caudal tiende a aumentar.

4. En el tercer problema, ¿a qué se debe que la presión de salida de la válvula reductora de presión permanezca constante e independiente de las variaciones de la presión de entrada y los cambios de resistencia?

En primer lugar, esto se da debido a que el método de regulación que se utiliza con la válvula reguladora de presión es a la entrada, lo que garantiza que la presión de salida del fluido sea constante (en el valor que se regule inicialmente) e independiente de las variaciones de presión que se hagan a la entrada así como de los cambios de resistencia que se produzcan en el sistema.

Conclusiones:

- Por medio del método de regulación a la salida para el control de velocidad del actuador se puede controlar la velocidad de avance, la velocidad de retroceso o ambas; todo depende de la ubicación de las válvulas reguladoras de caudal y de conectarlas de forma adecuada cuando estas son de regulación unidireccional.
- A diferencia con el método de regulación a la entrada, el método de regulación a la salida permite tener en el actuador un nivel de presión más cercano a la presión de servicio del sistema por lo que se puede regular la velocidad del actuador manteniendo una fuerza considerable en el mismo.
- En el método de regulación a la salida, la presión antes de la válvula reguladora de caudal es cero ya que el fluido en esta sección del circuito va hacia el depósito. Al no haber más resistencia al paso del fluido, la presión que tiene el mismo es nula.

- La diferencia de presión en los extremos de una válvula reguladora de caudal no compensada es directamente proporcional al flujo que circula por ella. Esto debido a que mientras mayor presión exista a través de la válvula reguladora de caudal, el fluido circulará a través de la misma a mayor velocidad, y como el área transversal de la válvula se mantiene constante, el caudal tiende a aumentar.
- Para que el caudal se mantenga constante ante la diferencia de presión en la válvula reguladora de caudal, se debería utilizar una válvula reguladora de flujo con compensación.
- La fuerza de un actuador puede ser controlada utilizando válvulas reguladoras de presión con los métodos de regulación a la entrada o a la salida, de acuerdo a las necesidades del sistema. De cierta manera, por medio de ellas, también se controla la velocidad del actuador ya que inclusive hay como detener su movimiento al anular la presión sobre él.
- Las válvulas reductoras de presión son válvulas normalmente abiertas que reducen la presión en su salida y que se aplican cuando en un circuito se necesita una presión más baja que la presión de servicio.

Recomendaciones:

- Para realizar estos sistemas, se recomienda regular la presión de alimentación a 80 Bares y utilizar una válvula limitadora de presión adicional para regular la presión de servicio que se utilice en el sistema.
- Revisar la simbología respectiva con el fin de que se puedan implementar los sistemas propuestos sin problemas, utilizando los elementos adecuados. Posterior a la implementación es recomendable verificar las conexiones.

- Utilizar los manifolds con los que cuenta el módulo de la manera más adecuada con el fin de que, junto con las mangueras, puedan suplir todas las conexiones necesarias en los circuitos que se implementen.

5.3.8. Empleo de sensores electrónicos en el control de movimiento

Objetivo General:

- Utilizar sensores electrónicos como elementos de detección de posición para realizar con ellos el control de movimiento de actuadores.

Objetivos Específicos:

- Introducir al estudiante en el empleo de sensores capacitivos, inductivos y fotoeléctricos en sistemas electroneumáticos.
- Conocer y entender el funcionamiento los sensores electrónicos con los que cuenta el laboratorio de Electrofluidos del DEE de la ESPE.

Descripción del problema:

En este problema se pretende simular un sistema de carga por gravedad comandado por dos cilindros de doble efecto tal como se muestra en la siguiente figura:

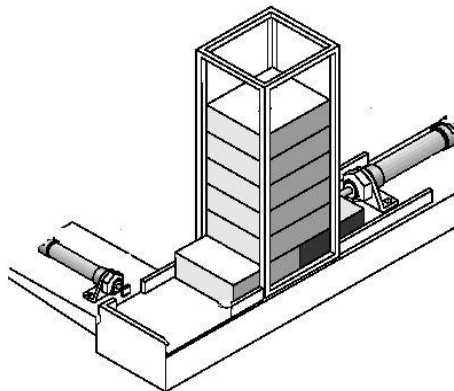


Figura. 5.3.8.1. Sistema de carga por gravedad a simular en la práctica

El sistema debe cumplir los siguientes requerimientos:

- El primer cilindro (A) efectúa la carga de la pieza y el segundo cilindro (B) efectúa la expulsión de la misma.
- Se debe primero realizar la carga de la pieza. Cuando el cilindro A alcance su posición extrema debe retornar y simultáneamente se debe producir la expulsión de la pieza.
- Cuando se haya producido la expulsión de la pieza, el cilindro B debe retornar a su posición inicial.
- El sistema debe contar con un pulsador, con luz piloto, que energice todo el sistema en forma general. Este permitirá su funcionamiento.
- Se debe utilizar un módulo de parada de emergencia de manera que cuando sea activado el sistema se desenergice completamente.
- El sistema debe ser activado por medio de un pulso y solo debe realizar un ciclo.
- El sistema debe estar listo para activarse nuevamente mediante el pulso.
- Utilizar un sensor inductivo, un sensor capacitivo, un sensor fotoeléctrico y un sensor reed propio del cilindro que se emplee.

DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

Diagrama Espacio-Fase:

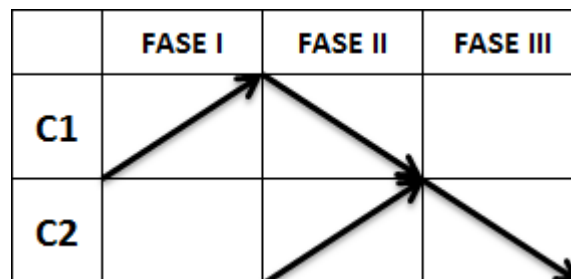


Figura. 5.3.8.2. Diagrama Espacio – Fase

Plano de desarrollo de programa:

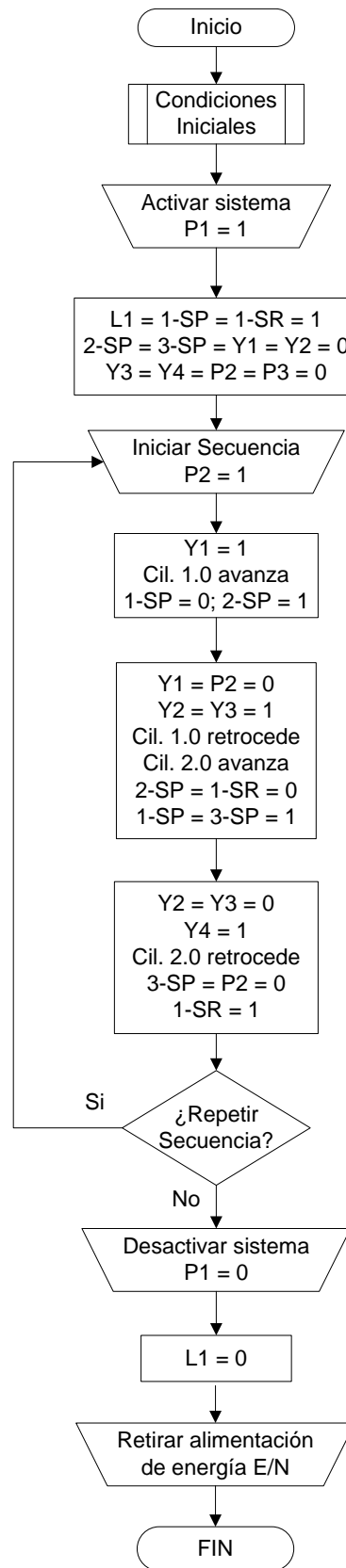


Figura. 5.3.8.3. Plano de desarrollo de programa

Esquemas del sistema:

Esquema neumático:

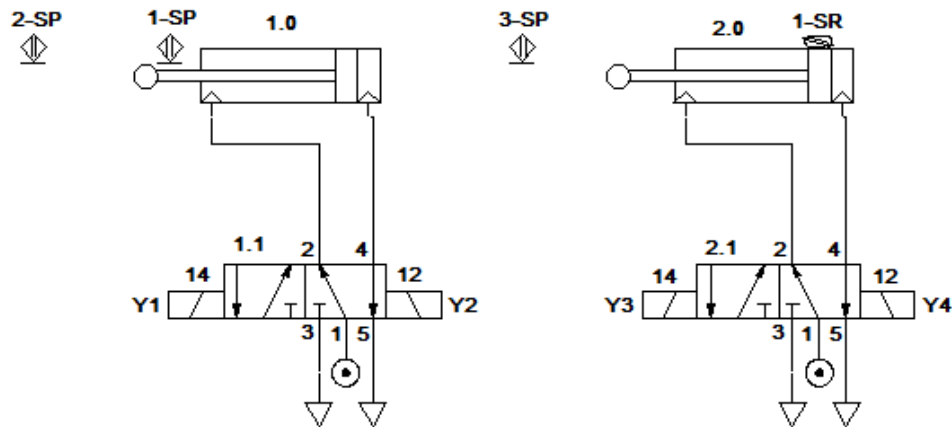
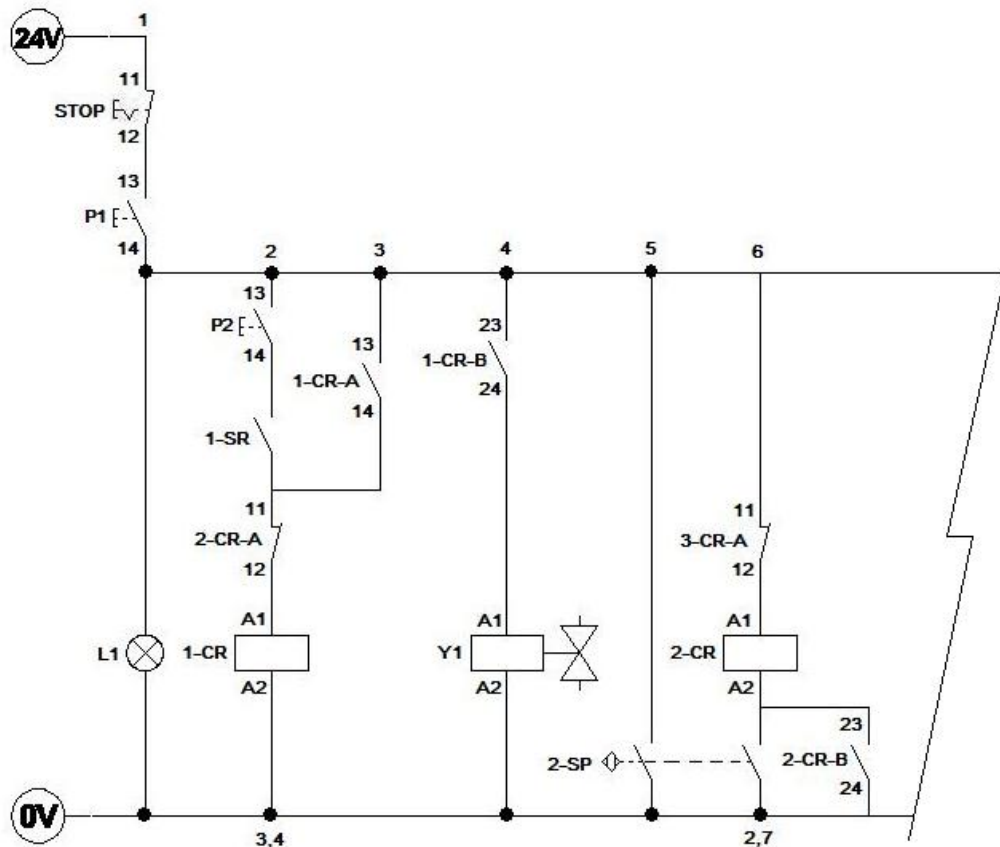


Figura. 5.3.8.4. Sistema neumático

Esquema eléctrico:



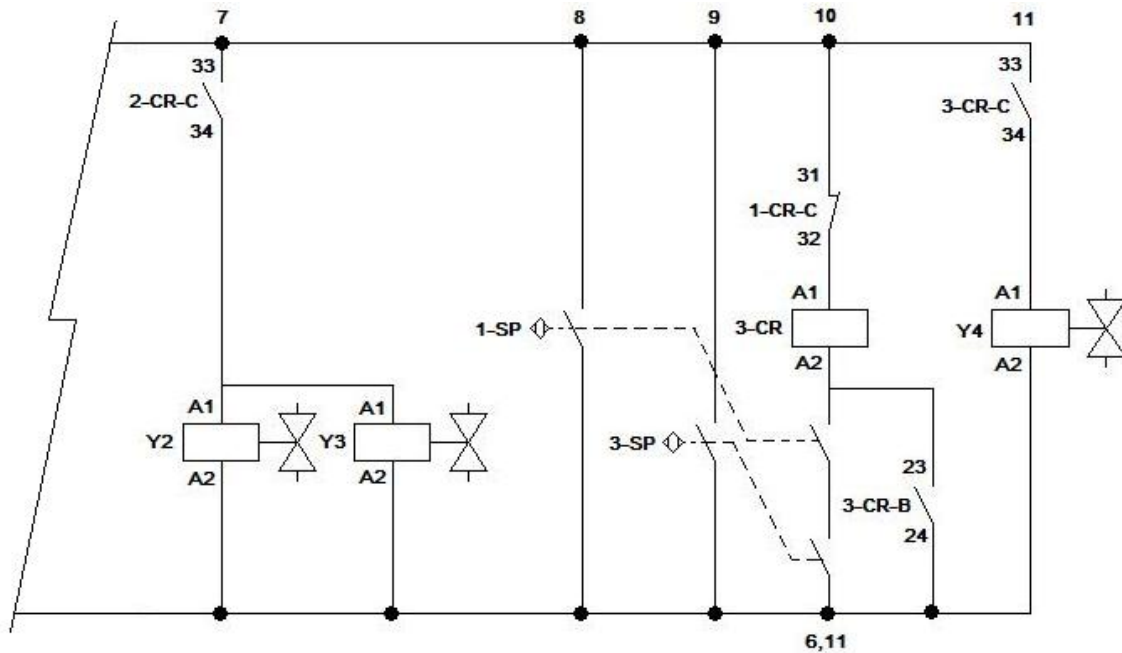


Figura. 5.3.8.5. Sistema eléctrico

Análisis de corrientes:

- La fuente de poder entrega hasta 2.0 A.
- Los contactos de los relés soportan corrientes de hasta 1.5 A.
- Los contactos de los pulsadores y del botón de emergencia soportan hasta 1.0 A.
- Los contactos de los sensores inductivo, capacitivo y fotoeléctrico soportan hasta 200 mA.
- Los contactos de los sensores reed soportan hasta 40 mA.
- Los solenoides de las electroválvulas y de los relés consumen 25 mA.
- La luz piloto consume 12 mA.

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$12 \text{ mA} + 7 \times (25 \text{ mA}) = 187 \text{ mA}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito y además los contactos tanto de los relés, de los pulsadores, los sensores de proximidad, los sensores reed y del botón de emergencia pueden soportar las cargas conectadas a ellos.

Equipos a utilizarse:

El profesor deberá entregar a cada mesa de trabajo los siguientes elementos:

- 1 cilindro de doble efecto sin sensores reed.
- 1 cilindro de doble efecto con sensores reed.
- 2 válvula distribuidora 5/2 vías biestables.
- 1 módulos de relés.
- 1 módulo de botoneras.
- 1 módulo de parada de emergencia.
- 1 sensor inductivo.
- 1 sensor capacitivo.
- 1 sensor óptico.
- Tubería y fitting necesaria.
- Cables de conexión eléctrica necesarios.

Se describen a continuación los elementos que se manejarán por primera vez en esta práctica:

Sensor inductivo SAI2044-CL:

Son sensores que sirven para detectar materiales metálicos ferrosos. Sus características son:

- Distancia de detección: 5 mm.

- LED indicador de estado.
- 24 VDC, 200 mA.

Sensor capacitivo SAI2046-CL:

Los sensores capacitivos pueden detectar materiales conductores y no conductores, en forma líquida o sólida. Los sensores capacitivos con los que cuenta el laboratorio tienen las siguientes características:

- Distancia de detección: 8 mm.
- LED indicador de estado.
- 24 VDC, 200 mA.

Sensor fotoeléctrico SAI2045-CL:

Estos sensores responden a un cambio en la intensidad de la luz. Sus características son:

- Distancia de detección: 100 mm.
- LED indicador de estado.
- 24 VDC, 200 mA.

Cuestionario:

- 1. ¿Cuál de los sensores empleados tiene mayor distancia de detección y a qué cree que se deba aquello?**

El sensor que tiene mayor distancia de detección es el sensor fotoeléctrico y ello se debe a que éste emplea un haz de luz para detectar la presencia del objeto. El haz de luz

empleado alcanza una mayor distancia que el campo magnético radiado por los otros dos sensores (capacitivo e inductivo) debido a que la fuente luminosa del sensor fotoeléctrico radia de manera más directa en comparación a como lo hacen los otros dos con su campo magnético. Esto ayuda también a que la detección del objeto sea más precisa sobre la vertical a donde se encuentra el sensor.

2. ¿Cuál de los sensores de detección por proximidad, tuvo un mejor desempeño en la detección del vástago del cilindro?

El sensor que tuvo un mejor desempeño en la detección del vástago del cilindro fue el sensor inductivo ya que detecta solamente el extremo del vástago por lo que puede ser utilizado para detectar la posición del vástago en cualquier parte del recorrido del mismo, tomando como referencia su parte extrema como elemento a detectar. Esto se da debido a su corta distancia de detección.

3. ¿Qué tipos de materiales detectan los sensores inductivos y los sensores capacitivos?

Los sensores inductivos detectan materiales metálicos o ferrosos, motivo por el cual el sensor no se activa al pasar la mano sobre él sino que tan solo lo hace cuando el vástago del cilindro está en sobre su área de detección.

Los sensores capacitivos pueden ser activados también por materiales metálicos pero también pueden activarse por materiales tales como madera, granulados, agua, aceite, harina, azúcar, etc. motivo por el cual estos sensores son utilizados en la industria en gran cantidad de aplicaciones. Vale mencionar que estos sensores si se activan cuando detectan la presencia de una mano.

4. Tras haber manipulado todos los sensores con los que cuenta el laboratorio que permiten detectar la posición del vástago del cilindro (incluyendo los sensores reed y

los de fin de carrera mecánicos), ¿qué sensores emplearía con mayor frecuencia en futuras aplicaciones? Justifique su respuesta.

Una vez utilizados todos los sensores con los que cuenta el laboratorio, los sensores que utilizaría con mayor frecuencia en futuras aplicaciones serían los sensores reed, los de fin de carrera mecánicos y los inductivos. Esto debido a que estos sensores permiten detectar la posición del vástago tomando como elemento de referencia el extremo del mismo, por lo que pueden ser utilizados en cualquier parte del recorrido y no solamente en su extremo final.

En caso de que solamente se deba detectar la posición final del recorrido del cilindro, como es el caso de los sensores S2 y S4 en esta práctica, utilizaría sin problema los sensores capacitivos y los fotoeléctricos, considerando de estos últimos la mayor distancia de detección que poseen.

Conclusiones:

- Los sensores inductivos, capacitivos, fotoeléctricos y reed, son sensores que permiten detectar la presencia de materiales sin necesidad de que el elemento a detectar entre en contacto con el sensor. Esto evita el desgaste de los elementos físicos del sensor.
- Tanto los sensores inductivos como los sensores reed permiten realizar la detección del elemento extremo del vástago del cilindro por lo que pueden ser utilizados en cualquier posición del recorrido del mismo, como por ejemplo su inicio, posición en la que estos sensores (S1: sensor inductivo y S3: sensor reed) fueron ubicados en la presente práctica.
- Los sensores fotoeléctricos tienen mayor alcance de detección que los demás sensores empleados en esta práctica ya que a diferencia de los demás que

emplean un campo magnético para la detección, los sensores fotoeléctricos utilizan la interrupción de un haz de luz, el mismo que es generado de manera más dirigida y que a consecuencia de ello tiene un alcance mayor.

- Los sensores inductivos son activados solamente con la presencia de materiales metálicos o ferrosos, aspecto que debe ser tomado muy en cuenta al momento de utilizarlos en las aplicaciones que se hagan tanto en el laboratorio como fuera de él.
- Los sensores capacitivos, inductivos y fotoeléctricos con los que cuenta el Laboratorio de Electrofluidos conmutan la tierra a la carga que esté conectada a ellos, por lo que los circuitos de control que se realicen sufren ligeros cambios en comparación con los sistemas que se venían desarrollando anteriormente.

Recomendaciones:

- Se recomienda que antes de resolver el problema propuesto en esta práctica, se manipulen los sensores capacitivos, inductivos y fotoeléctricos con lo que cuenta el laboratorio, con el fin de que el estudiante conozca las formas de conexión de los mismos y no cometa errores al implementar el sistema solicitado.
- De los sensores que se van a emplear en esta práctica y para futuras ocasiones, se recomienda utilizar los sensores capacitivos y fotoeléctricos como sensores de detección de fin carrera y no en partes intermedias del recorrido del vástago del cilindro.
- Calibrar y ajustar el elemento sensor de cada módulo con el fin de que realice correctamente la detección del elemento que se desea detectar en el sistema implementado.

5.3.9. Mando y control de posición de actuadores neumáticos utilizando el Micro PLC LOGO! Siemens 12/24 RC

Objetivo General:

- Utilizar controladores lógicos programables (PLC's) como elementos de control en los sistemas electroneumáticos que se implementen.

Objetivos Específicos:

- Introducir al estudiante con el manejo del Micro PLC LOGO! Siemens 12/24 RC con el cual cuentan los módulos electroneumáticos del laboratorio de Electrofluidos del DEE de la ESPE.
- Comprender el lenguaje de programación del Micro PLC LOGO! Siemens 12/24 RC y conocer los métodos por los cuales se puede programar el mismo.

Descripción del problema:

Para esta práctica se plantean dos ejercicios, de manera que queda a voluntad del profesor el realizar tan solo uno de ellos o los dos, ya que en ambos se realiza el control de movimiento de dos cilindros neumáticos de doble efecto utilizando el Micro PLC LOGO! Siemens 12/24 RC y básicamente se manejan los mismos principios de operación.

Problema 1:

Para el primer problema se pretende desarrollar una secuencia con dos cilindros de manera que se cumpla lo siguiente:

- Ambos cilindros deben salir al mismo tiempo.

- Una vez que los cilindros hayan alcanzado su final de carrera, deben retornar uno a la vez a su posición inicial.
- Se debe utilizar un módulo de parada de emergencia de manera que cuando sea activado el sistema se desenergice completamente.
- El sistema debe ser activado por medio de un pulsador con retención y con luz piloto, de manera que tras su activación la operación del sistema sea cíclica, hasta que el pulsador sea desactivado.

Problema 2:

En el segundo problema, de manera un tanto más práctica, se pretende simular el proceso de una máquina estampadora tal como muestra la siguiente figura:

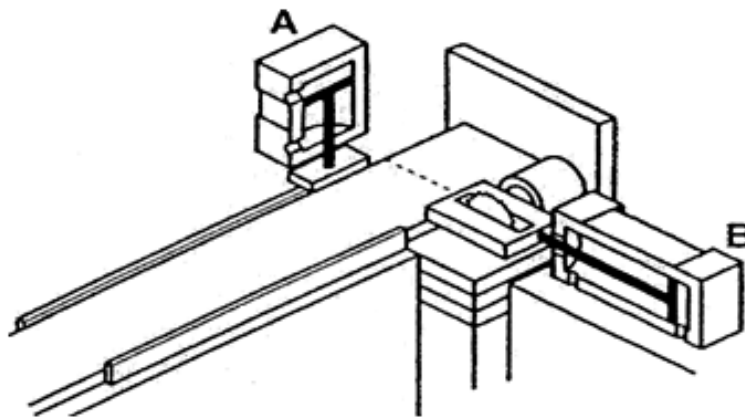


Figura. 5.3.9.1. Máquina estampadora a simular en el problema 2

En la figura anterior se observa que la máquina está formada por dos cilindros. El cilindro A sujeta la pieza y el cilindro B la estampa. El sistema debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- El cilindro A debe desplegar su vástago hasta su final de carrera y sujetar la pieza a estampar.

- El cilindro B realiza el estampado al llevar su vástago hasta su fin de carrera y regresa de manera rápida a su posición inicial.
- Solamente cuando B haya regresado completamente, el cilindro A también debe retornar.
- Se debe utilizar un módulo de parada de emergencia de manera que cuando sea activado el sistema se desenergice completamente.
- El sistema debe ser activado por medio de un pulsador con retención y con luz piloto, de manera que tras su activación la operación del sistema sea cíclica, hasta que el pulsador sea desactivado.

DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

Problema 1:

Diagrama Espacio-Fase:

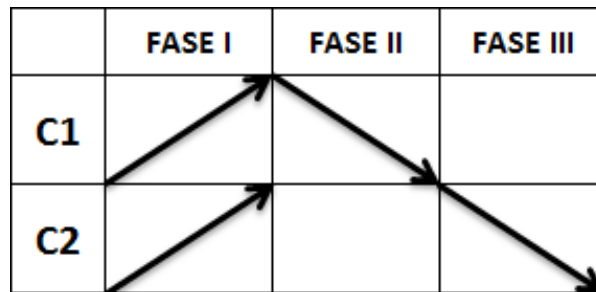


Figura. 5.3.9.2. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al problema 1

Plano de desarrollo de programa:

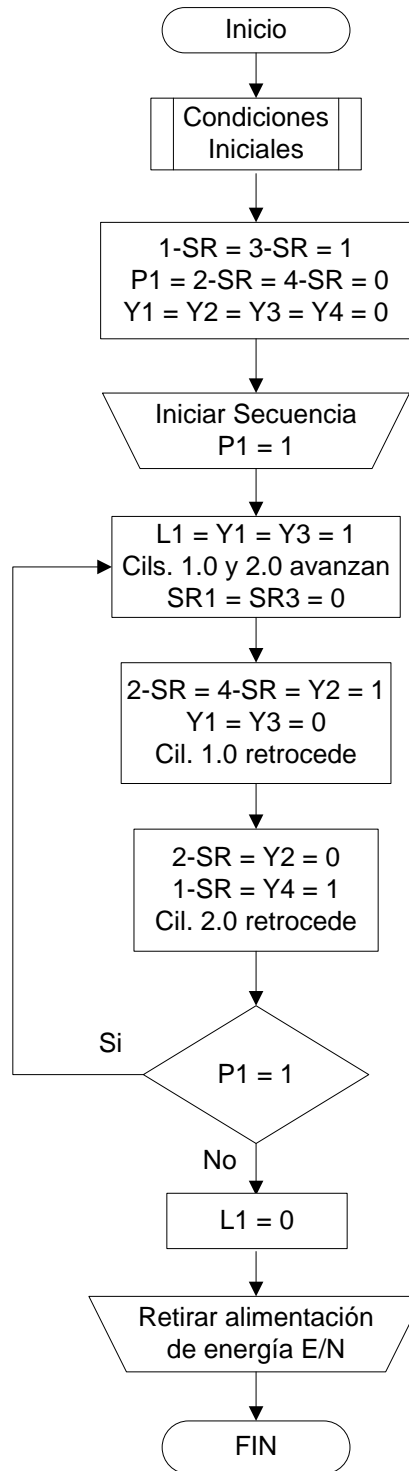


Figura. 5.3.9.3. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 1

Esquemas del sistema:

Esquema neumático:

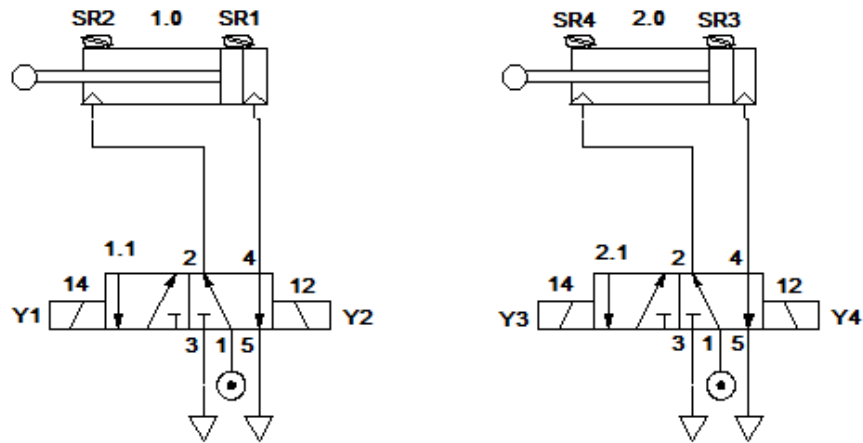


Figura. 5.3.9.4. Sistema neumático correspondiente al problema 1

Esquema eléctrico:

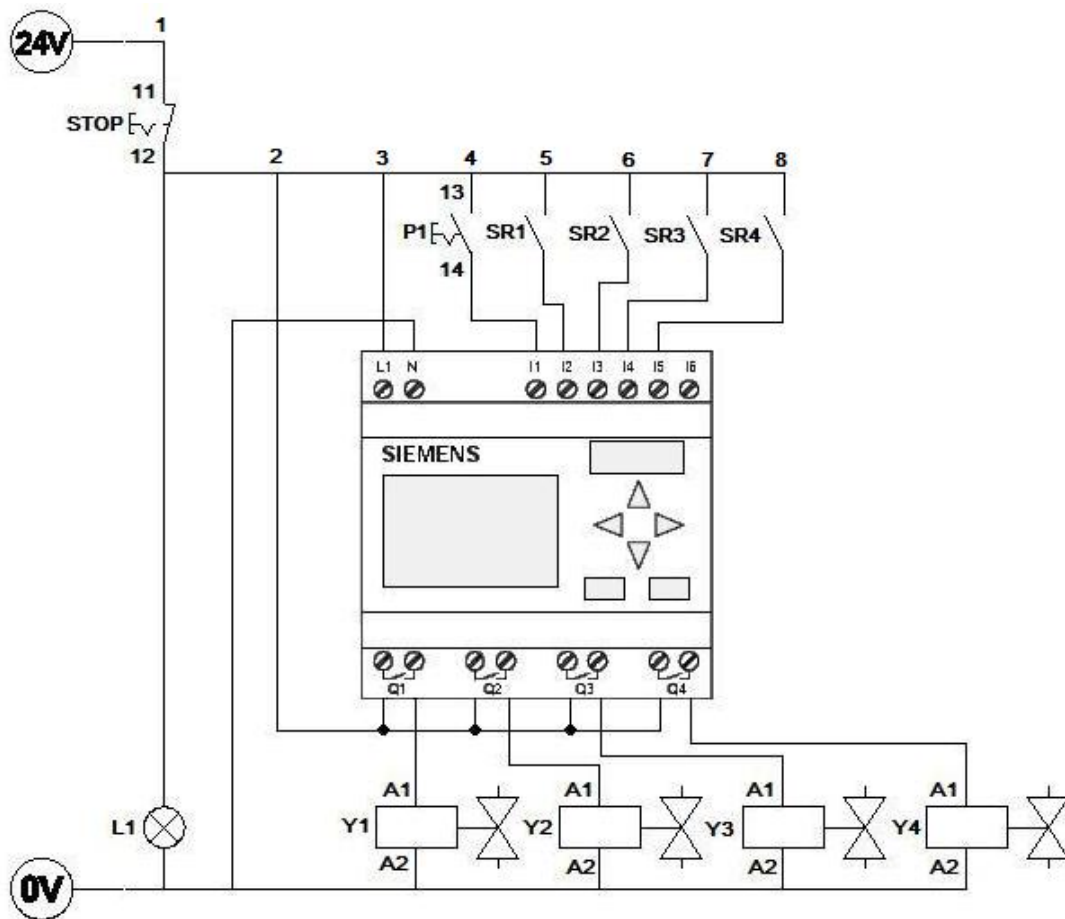


Figura. 5.3.9.5. Sistema eléctrico correspondiente al problema 1

Análisis de corrientes:

- La fuente de poder entrega hasta 2.0 A.
- Los contactos del pulsador y del botón de emergencia soportan hasta 1.0 A.
- Los contactos de los sensores reed soportan hasta 40 mA.
- Cada salida del LOGO! soporta hasta 10.0 A.
- Los solenoides de las electroválvulas consumen 25 mA.
- La luz piloto consume 12 mA.
- El Micro PLC LOGO! Siemens consume como máximo 120 mA.

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$12 \text{ mA} + 4 \times (25 \text{ mA}) + 120 \text{ mA} = 232 \text{ mA}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito y el Micro PLC puede manejar sin problema las cargas conectadas a él.

Programa del Micro PLC LOGO! Siemens 12/24 RC

El programa del Micro PLC es el que se muestra en la siguiente página.

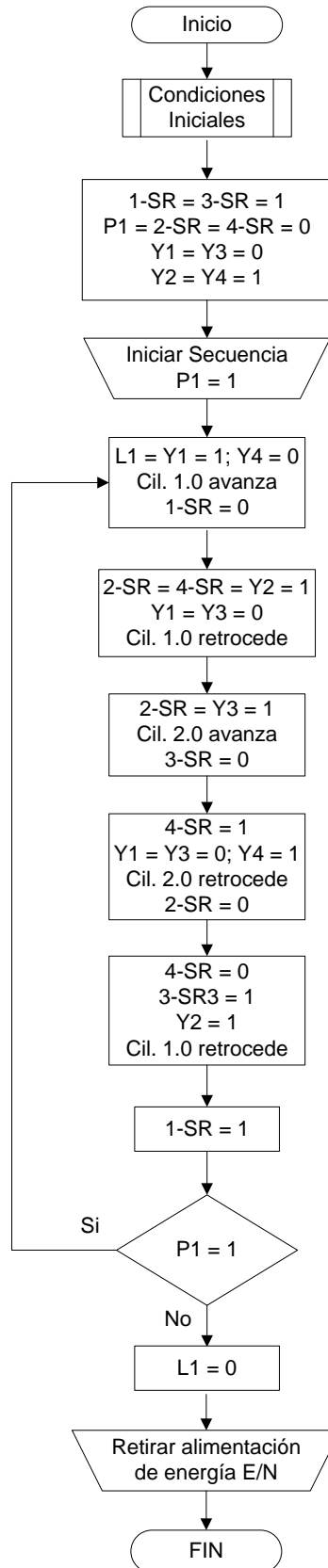


Figura. 5.3.9.8 Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 2

Esquemas del sistema:

Esquema neumático:

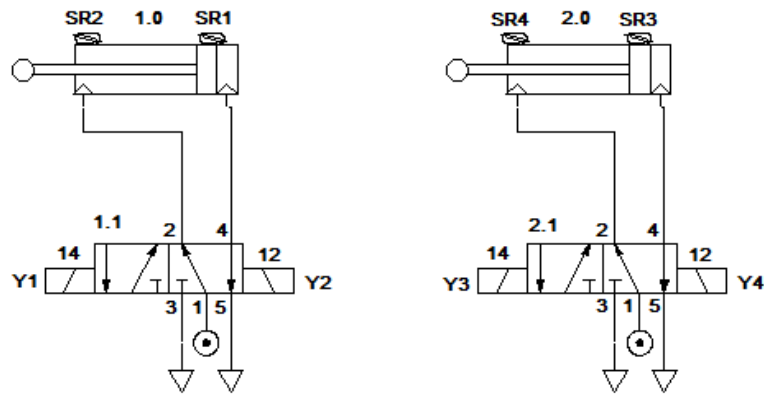


Figura. 5.3.9.9. Sistema neumático correspondiente al problema 2

Esquema eléctrico:

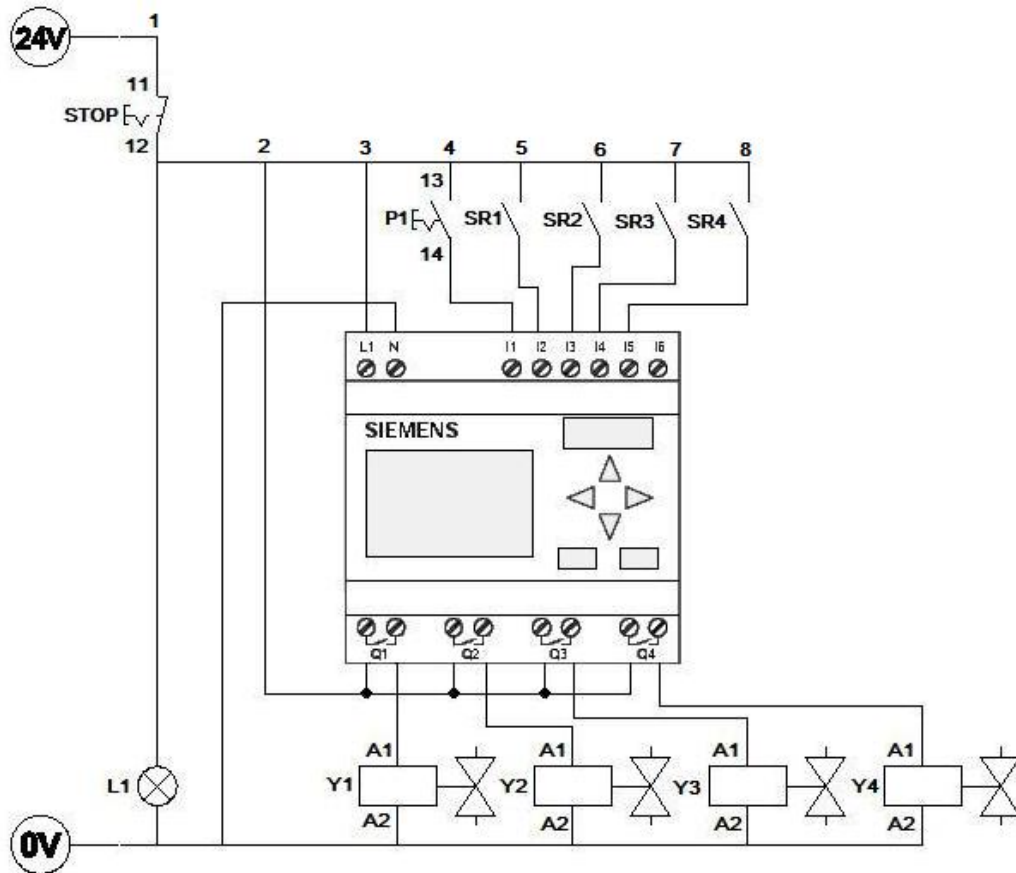


Figura. 5.3.9.10. Sistema eléctrico correspondiente al problema 2

Análisis de corrientes:

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$12 \text{ mA} + 4 \times (25 \text{ mA}) + 120 \text{ mA} = 232 \text{ mA}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito y el Micro PLC puede manejar sin problema las cargas conectadas a él.

Programa del Micro PLC LOGO! Siemens 12/24 RC

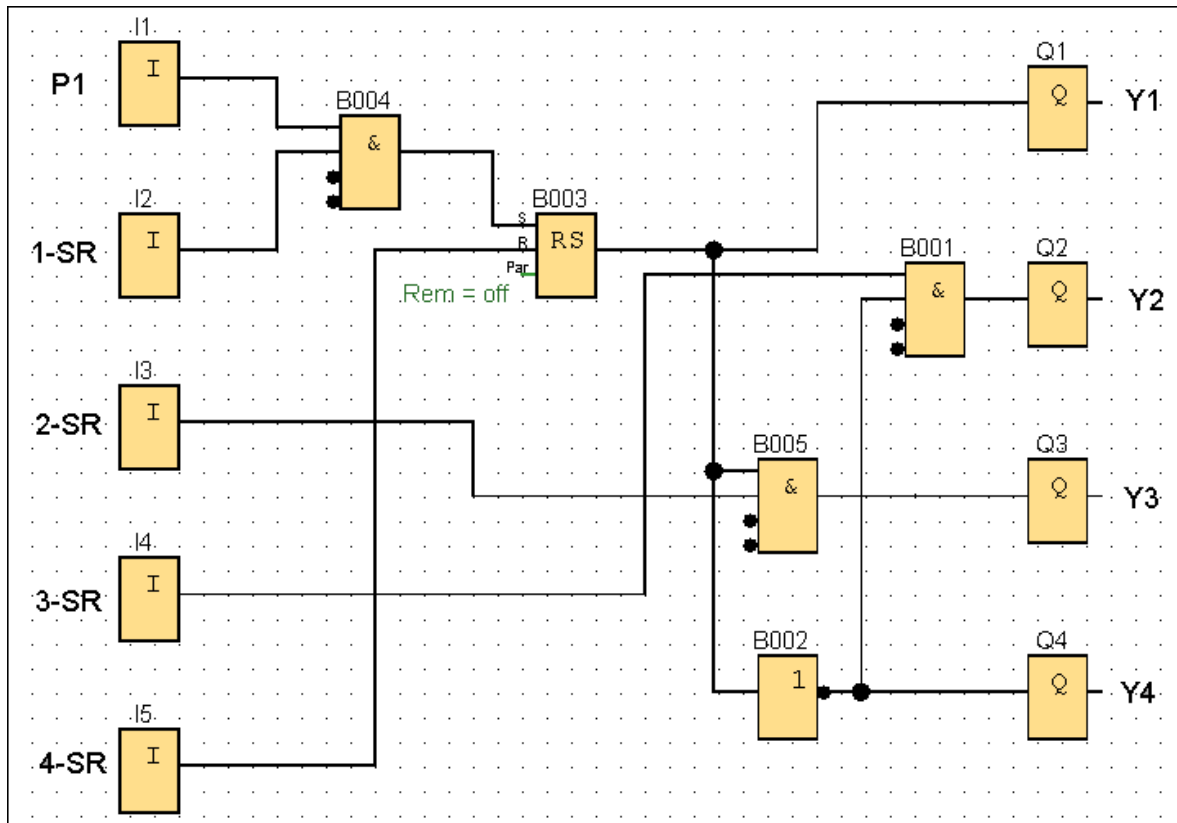


Figura. 5.3.9.11 Programa del Micro PLC LOGO! correspondiente al problema 2

Equipos a utilizarse:

El profesor deberá entregar a cada mesa de trabajo los siguientes elementos:

- 2 cilindros de doble efecto con sensores reed.
- 2 válvulas distribuidora 5/2 vías biestables.
- 1 Micro PLC LOGO! Siemens 12/24 RC
- 1 módulo de botoneras.
- 1 módulo de parada de emergencia.
- Tubería y fitting necesaria.
- Cables de conexión eléctrica necesarios.

Ya que el único elemento nuevo a utilizar en esta práctica es el Micro PLC, se presenta a continuación una breve descripción del mismo, con el fin de que el estudiante conozca las principales características de este elemento de control.

Módulo de control con Micro PLC LOGO! Siemens 12/24 RC

Este es un micro PLC muy versátil que tiene integradas características tales como: control, unidad de operación y visualización, fuente de alimentación, interface para módulos de programa y cable de PC, activación y desactivación retardada, reloj temporizador, entre otras; lo que permite realizar diversas tareas de automatización sobre los sistemas electroneumáticos que se implementen en las prácticas de laboratorio.

Las principales características de este PLC son las que se muestran a continuación:

- **Tensión de alimentación:** 12/24 VDC.
- **Entradas digitales:** 6 (I1 – I6).
- **Entradas analógicas:** 2 (0 a 10 VDC) (I7 e I8).
- **Salidas a relé:** 4:
 - 10 A por cada salida.

- El voltaje depende de la tensión de alimentación.
- **Formas de programar:** Panel frontal y por PC.
- **Lenguaje de programación:** Diagrama por bloques de función.

Se detallan a continuación algunas recomendaciones necesarias a tomar en cuenta al momento de realizar un programa en el Micro PLC a través del display del LOGO!:

- Para ingresar al modo de “*Programación*” se debe presionar al mismo tiempo las siguientes teclas: ◀, ▶ y **OK**.
- Los valores de tiempo y parámetros se modifican en el modo de “*Parametrización*”. Para ingresar a este modo, se debe pulsar simultáneamente las teclas: **ESC** y **OK**.
- Todos los circuitos deben introducirse siempre desde la salida hacia la entrada.
- Es posible enlazar una salida con varias entradas pero no hay como enlazar una entrada con varias salidas.
- No se puede enlazar una salida con una entrada precedente. Para tales fines se deben utilizar las marcas.
- Para insertar un elemento en la posición del cursor, cambie a “*Elegir borne/bloque*” pulsando **OK**.
- Para terminar la inserción del elemento, pulse **ESC**.
- Para conmutar el LOGO! a RUN, se debe volver al menú principal mediante la tecla **ESC**, posicionar “>” en “*Start*” y pulsar la tecla **OK**.
- Antes de ingresar un circuito por medio del display del LOGO!, se debería dibujar el mismo completamente en papel o bien programar el Micro PLC LOGO! mediante LOGO!Soft o LOGO!Soft Comfort.
- LOGO! solo guarda programas completos. Si no se concluye el programa LOGO! no puede salir del modo de “*Programación*”.
- Como número máximo, LOGO!! permite 56 bloques de función, 16 temporizadores y 8 marcas.

Si bien es cierto que se han mencionado cosas importantes acerca del Micro PLC LOGO!, queda aún mucha información por conocer. Es así que con el fin de obtener mayores detalles acerca de este micro PLC, se recomienda descargar y revisar el datasheet del LOGO! desde la siguiente dirección web:

http://www.automation.siemens.com/download/internet/cache/3/1138066/pub/de/LOGO!_0500_sp.pdf

Cuestionario:

- 1. Existen dos conceptos fundamentales para realizar la programación del Micro PLC, estos son *borne* y *bloque*. Explique brevemente en qué consiste cada uno de ellos.**

Borne.- Por borne se refiere a todas las conexiones y estados que encuentran aplicación en LOGO! De esta manera se tienen los bornes de las entradas y los bornes de las salidas. Las entradas y salidas pueden tener los siguientes estados: 1 o *hi (high)* y 0 o *lo (low)*. Si no se desea cablear la entrada de un bloque, debe utilizarse el borne "x".

Bloque.- Es una función que convierte informaciones de entrada en informaciones de salida. Ya en la programación, se enlazan bornes con bloques. Existen bloques lógicos y bloques de funciones especiales.

- 2. ¿Cuáles fueron los principales bloques de función del Micro PLC utilizados en la práctica? Explique brevemente su funcionamiento.**

Los principales bloques de función utilizados en los programas del Micro PLC realizados en esta práctica fueron los siguientes:

Función AND.- Esta función presenta en su salida un 1 cuando todas las entradas (3) tienen como estado 1, es decir, están cerradas. Si una de las entradas no es cableada y se coloca una "x", se tiene el valor $x = 1$.

Función NOT.- También llamado inversor. Su salida presenta un 0 cuando en su entrada se tiene un 1, es decir que esta función invierte el estado de la entrada.

Bloque Set – Reset.- Con este bloque, a través de la entrada "Set" se puede activar la salida a 1, mientras que con la entrada de reposición "Reset", la misma que tiene preferencia sobre las demás entradas, la salida se pone a 0.

3. ¿De qué tipo son las salidas del Micro PLC? ¿Qué ventaja o desventaja implica que el Micro PLC tenga ese tipo de salidas?

Las cuatro salidas que posee el Micro PLC son salidas a relé, las mismas que presentan como principal ventaja la posibilidad de conectar a ellas cargas que tengan corrientes significativas de consumo. En este caso, las salidas soportan hasta 10A por cada una.

4. ¿Cuáles son las cuatro listas que presenta el Micro PLC en el modo de programación? De una breve descripción acerca de qué elementos se encuentran en cada una de las listas.

El Micro PLC LOGO! presenta cuatro listas en el modo de programación, las mismas que se mencionan a continuación:

- **Co: Lista de Constantes y Bornes.-** De donde se seleccionan las entradas, las salidas, las marcas y niveles de tensión fijos (constantes).
- **GF: Lista de Funciones Básicas.-** Donde se encuentran elementos sencillos del Álgebra de Boole, tales como funciones AND, OR, NOR, NAND, etc.

- **SF: Lista de Funciones Especiales.**- En esta lista se encuentran los bloques para las funciones especiales requeridas al introducir un programa en LOGO! Algunas de estas funciones son las siguientes: Retardo de activación, retardo de desactivación, relé de impulsos, temporizador, contador, etc.
- **BN: Lista de bloques ya listos en el circuito y utilizables posteriormente.**- Lista en donde se almacenan bloques ya creados por el usuario y que pueden ser utilizados en aplicaciones posteriores.

5. ¿Para qué sirve el número de bloque asignado por el Micro PLC al momento de realizar un programa en él?

Este número de bloque es de gran importancia ya que cada vez que se ingresa un bloque en el programa, LOGO! establece un número para ese bloque. A través de este número de bloque asignado, LOGO! muestra la relación existente entre los bloques y además sirven de gran ayuda en la orientación del usuario en el programa.

Conclusiones:

- El implementar los sistemas utilizando el Micro PLC Siemens LOGO! disminuyó notablemente el cableado que se realizaba en prácticas anteriores cuando se utilizaban los módulos de relé.
- El Micro PLC Siemens LOGO! tiene una gran versatilidad en cuanto a las funciones que trae incorporadas, las mismas que de acuerdo a las necesidades del sistema, simplifican sobre manera la extensión del circuito que se llegue a diseñar.
- Cuando se ingresa un programa por medio del display del Micro PLC LOGO! se lo debe realizar desde la salida hacia las entradas o activaciones ya que el LOGO! va asignando números de bloque a cada función insertada, los mismos que son

utilizados para relacionar las funciones nuevas que se vayan haciendo con funciones ya existentes.

- Mientras se realiza un programa a través del display del LOGO! solamente pueden ser utilizados como entradas en los bloques que se vayan insertando, aquellas salidas de los bloques que se encuentren ubicados antes de este.
- El display del LOGO! brinda al usuario una gran versatilidad al momento de introducir un programa nuevo en el Micro PLC o corregir alguno ya cargado en memoria. Esto sin lugar a duda disminuye significativamente el tiempo necesario que el usuario trabaja sobre el programa.
- El Micro PLC LOGO! con el que cuenta cada módulo de entrenamiento electroneumático posee cuatro salidas a relé por lo que, cuando se quiera controlar el movimiento de cilindros con el LOGO!, solamente sería factible el controlar directa e individualmente cuatro solenoides de las electroválvulas.
- Mientras un programa no se encuentre completo y correctamente ingresado en el display del LOGO!, este no quedará grabado y el Micro PLC no podrá salir del modo de servicio de Programación. Esta característica puede ser útil en el sentido en que el PLC identifica la parte defectuosa del programa y permite al usuario corregirla.
- A pesar de que se retire la energía eléctrica del Micro PLC, el programa que se haya desarrollado en él se mantendrá en memoria cuando se lo encienda nuevamente. Esto evita el tener que ingresar o descargar nuevamente el programa al Micro PLC después de un corte de energía accidental o premeditado.

Recomendaciones:

- Antes de ingresar el programa por medio del display del LOGO! es recomendable realizar el mismo completamente en una hoja de papel o a la vez utilizar el software LOGO!Soft, propio de la marca Siemens, para realizar el programa íntegramente allí, luego descargarlo al PLC por medio del cable o pasarlo al PLC a través de su display.
- Tener en cuenta el tipo de entradas y salidas con las que cuenta el Micro PLC con el fin de que las conexiones hacia y desde el mismo sean hechas de manera correcta y se evite cualquier tipo de daño en el mismo.
- Revisar el manual del micro PLC LOGO! previamente a utilizarlo con el fin de conocer con mayor detalle sus características y funciones de manera que al momento de programarlo y realizar las conexiones necesarias, se tenga el conocimiento necesario para realizar dichas tareas y a consecuencia se vuelvan más sencillas y seguras de hacerlas por parte del usuario.

5.3.10. Mando y control electroneumático con temporización***Objetivo General:***

- Diseñar sistemas electroneumáticos temporizados que utilicen relés y PLC's como elementos de temporización.

Objetivos Específicos:

- Realizar sistemas electroneumáticos con elementos de temporización que permitan definir tiempos de actuación en los elementos utilizados.

- Comprender el principio de funcionamiento de sistemas con retardo a la activación y con retardo a la desactivación.

Descripción del problema:

En esta práctica se llevarán a cabo dos problemas, uno en el que se emplee el principio de temporización con retardo a la activación y otro con retardo a la desactivación, con el fin de conocer los principales métodos de temporización que se emplean.

En cada uno de los problemas se utilizará tanto el módulo temporizador SAI2039 como el Micro PLC Siemens LOGO! de manera que el estudiante tenga la destreza de llevar a cabo sistemas electroneumáticos temporizados con cualquiera de estos dos elementos.

Problema 1:

Para el primer problema se pretende desarrollar una secuencia con dos cilindros (A y B) utilizando temporización con retardo a la conexión. De esta manera, el sistema debe cumplir lo siguiente:

- Ambos cilindros deben salir simultáneamente (a la misma velocidad) tras recibir la señal de activación.
- Un sensor de fin de carrera (de cualquier tipo) debe estar ubicado en el fin de carrera del cilindro A.
- Tras la activación del sensor de fin de carrera, el cilindro B debe regresar de forma inmediata, mientras que el cilindro A debe regresar al cabo de 10 segundos.
- Debe utilizar el principio de temporización de retardo a la conexión, tomando como señal de control la proporcionada por el sensor de final de carrera.
- Debe utilizar válvulas 5/2 vías monoestables.

- Se debe utilizar un módulo de parada de emergencia de manera que cuando sea activado el sistema se desenergice completamente.
- Desarrollar la solución utilizando el módulo de temporización SAI2039 y el Micro PLC LOGO!
- Ambos sistemas deben ser activados mediante pulsadores sin retención de manera que cuando se dé el pulso de activación el sistema realice un ciclo y se detenga. Sin embargo, el sistema debe estar listo para ser activado nuevamente mediante otro pulso.

Problema 2:

El segundo problema se desarrolla en base a la misma disposición física de los elementos del primer problema. Ahora se pretende utilizar temporización con retardo a la desconexión para realizar la secuencia deseada con ambos cilindros. Es así que el sistema debe cumplir lo siguiente:

- Tras la activación del sistema, el cilindro A debe salir.
- Cuando el cilindro A alcance su fin de carrera, el cilindro B debe salir inmediatamente.
- Se debe hacer que los cilindros regresen a su posición inicial por medio de otro pulso de la siguiente manera:
 - El cilindro A regresa inmediatamente.
 - El cilindro B regresa 10 segundos después que el cilindro A haya empezado su movimiento de regreso. (10 segundos después de la desactivación del sensor de fin de carrera).
- Se debe utilizar el principio de temporización de retardo a la desconexión, tomando como señal de control la proporcionada por el sensor de final de carrera.
- Debe utilizar válvulas 5/2 vías monoestables.

- Se debe utilizar un módulo de parada de emergencia de manera que cuando sea activado el sistema se desenergice completamente.
- Desarrollar la solución utilizando el módulo de temporización SAI2039 y el Micro PLC LOGO!
- Para desarrollar el sistema en ambos casos se deben utilizar pulsadores sin retención.

DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

Problema 1:

Diagrama Espacio-Fase:

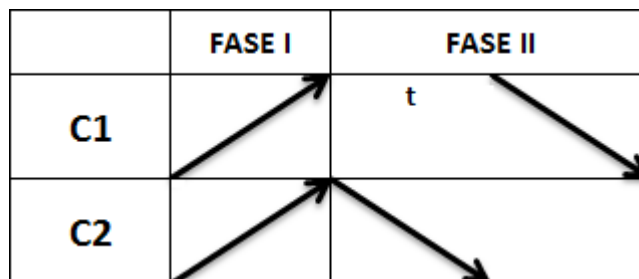


Figura. 5.3.10.1. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al problema 1

Plano de desarrollo de programa:

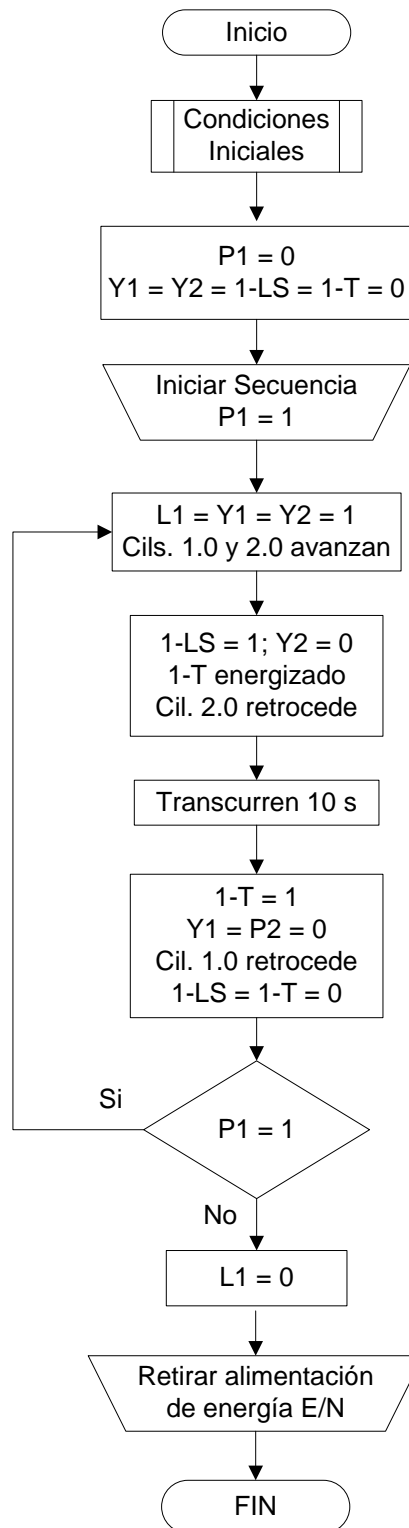


Figura. 5.3.10.2. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 1

Esquemas del sistema:

Esquema neumático:

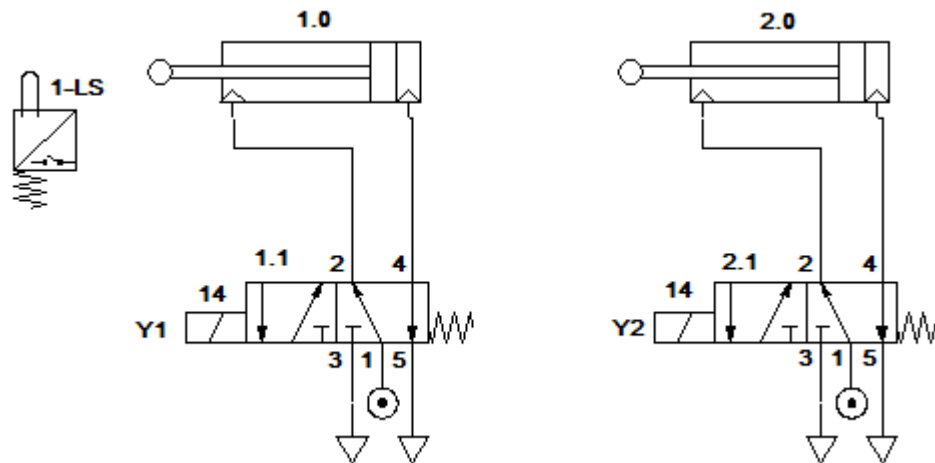


Figura. 5.3.10.3. Sistema neumático correspondiente al problema 1

Esquemas eléctricos:

Con el módulo de temporización SAI2039:

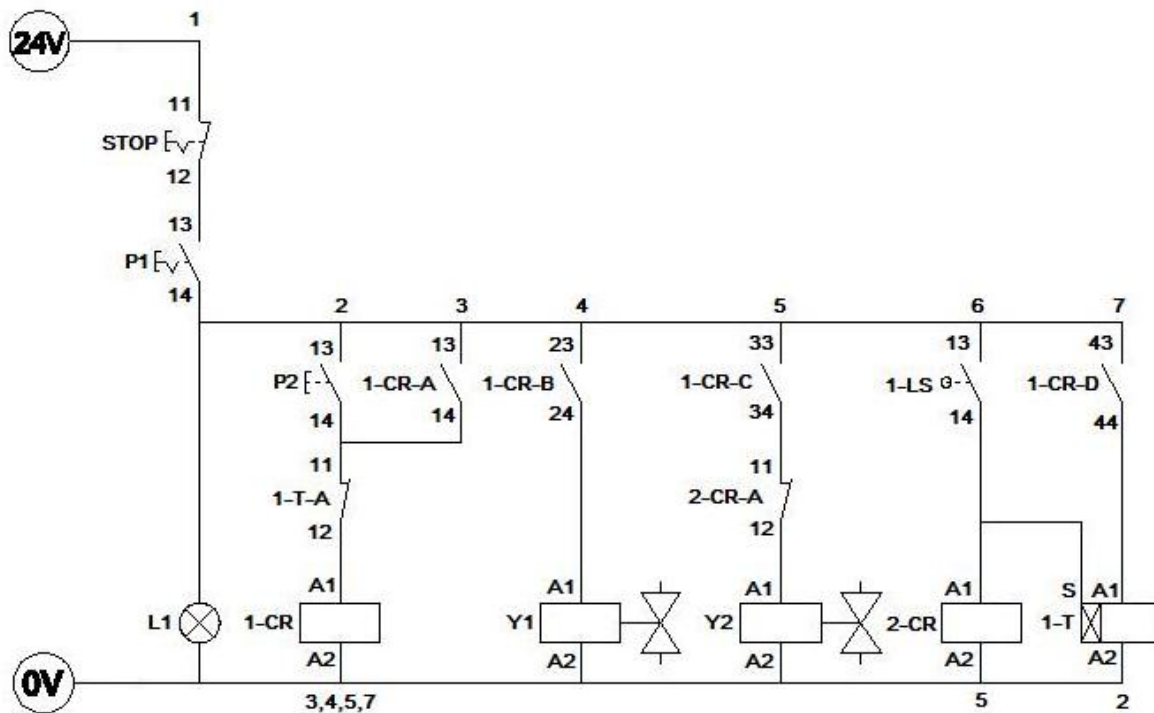


Figura. 5.3.10.4. Sistema eléctrico con el módulo de temporización SAI2039 correspondiente al problema 1

Análisis de corrientes:

- La fuente de poder entrega hasta 2.0 A.
- Los contactos del pulsador y del botón de emergencia soportan hasta 1.0 A.
- Los contactos de los finales de carrera soportan hasta 200 mA.
- Los contactos del módulo temporizador soportan hasta 5.0 A.
- Cada salida del LOGO! soporta hasta 10.0 A.
- Los solenoides de las electroválvulas consumen 25 mA.
- La luz piloto consume 12 mA.
- El Micro PLC LOGO! Siemens consume como máximo 120 mA.

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$12 \text{ mA} + 5 \times (25 \text{ mA}) = 137 \text{ mA}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito así como los contactos de los elementos utilizados para manejar las cargas del sistema.

Con el Micro PLC Siemens LOGO!

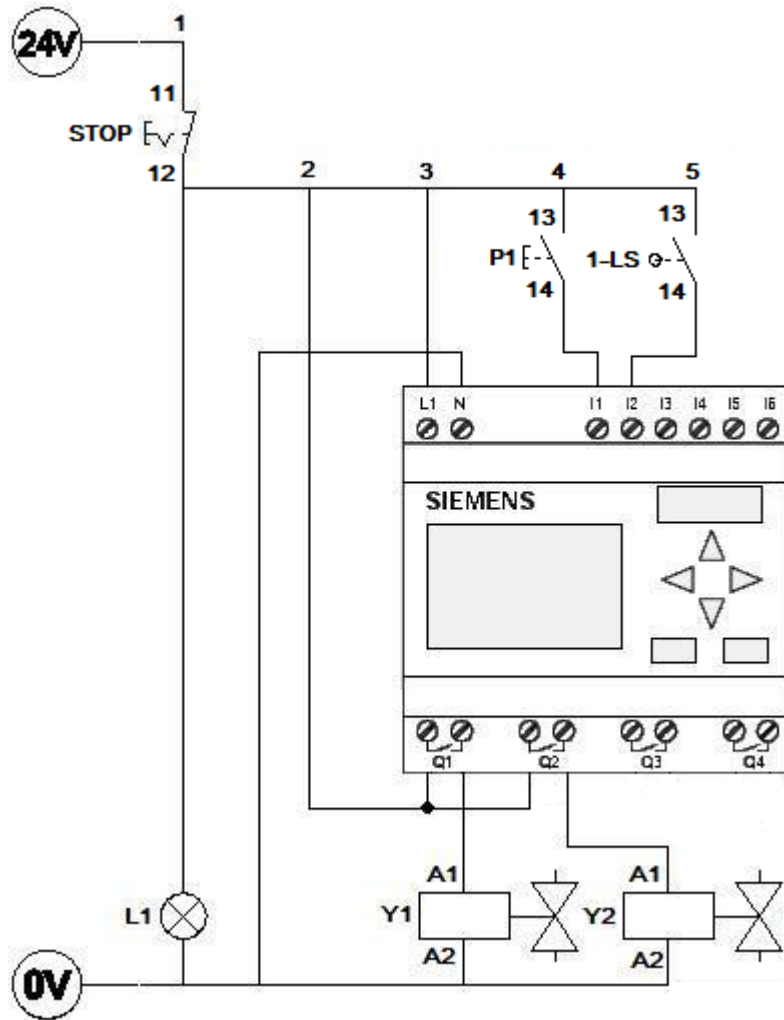


Figura. 5.3.10.5. Sistema eléctrico con el Micro PLC Siemens LOGO! correspondiente al problema 1

Análisis de corrientes:

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$12 \text{ mA} + 2 \times (25 \text{ mA}) + 120 \text{ mA} = 182 \text{ mA}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito así como los contactos del utilizados para manejar las cargas del sistema.

Programa del Micro PLC LOGO! Siemens 12/24 RC

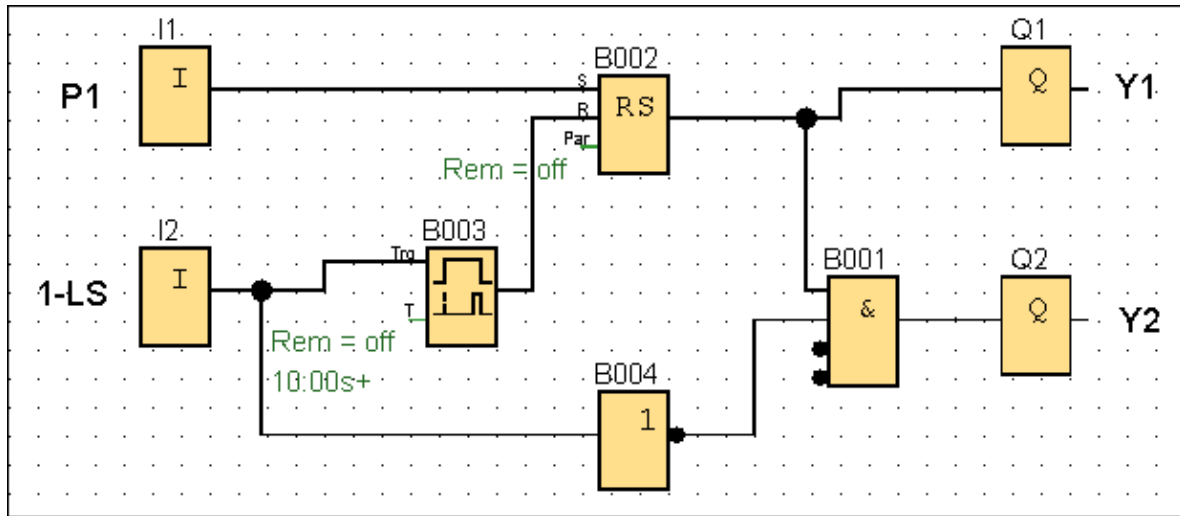


Figura. 5.3.10.6. Programa del Micro PLC Siemens LOGO! correspondiente al problema 1

Problema 2:

Diagrama Espacio-Fase:

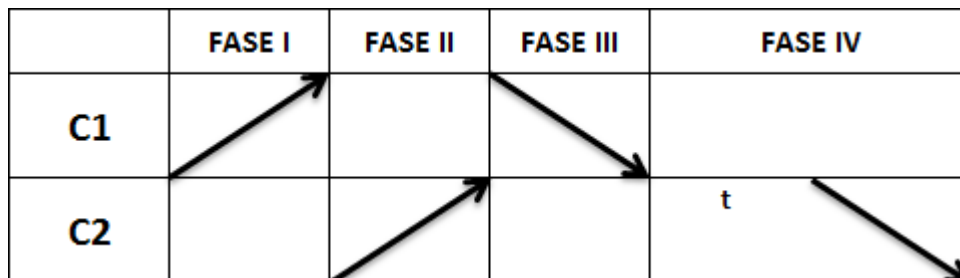


Figura. 5.3.10.7. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al problema 2

Plano de desarrollo de programa:

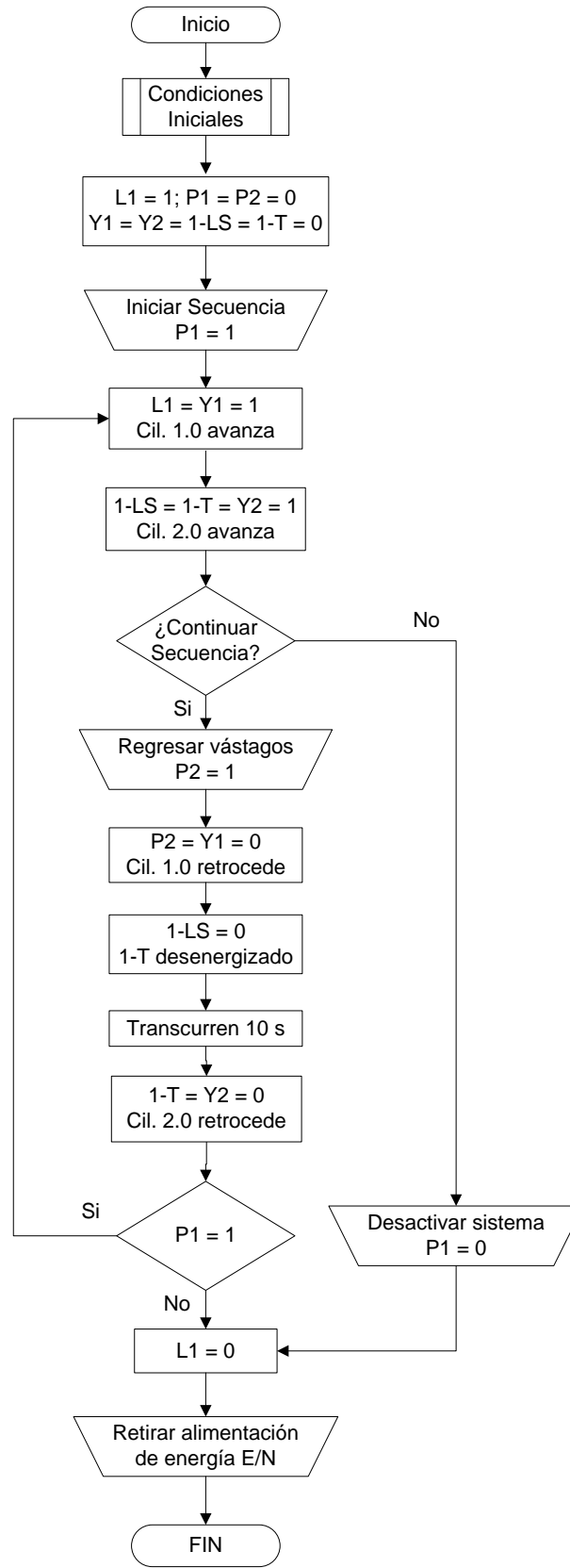


Figura. 5.3.10.8. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 2

Esquemas del sistema:

Esquema neumático:

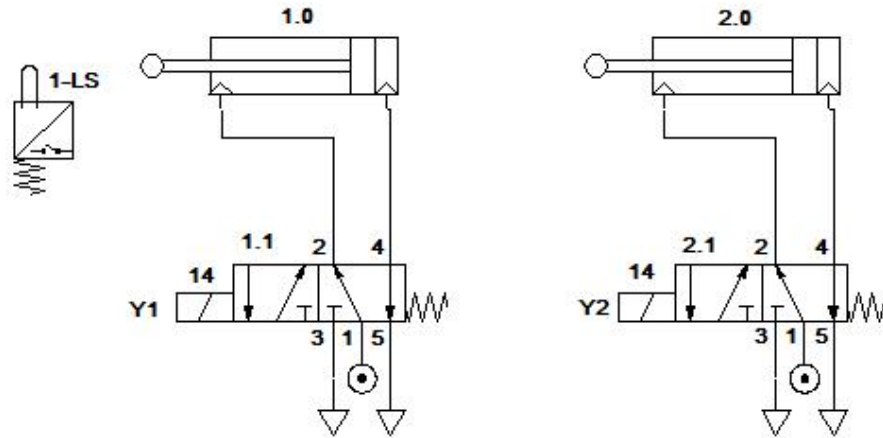


Figura. 5.3.10.9. Sistema neumático correspondiente al problema 2

Esquemas eléctricos:

Con el módulo de temporización SAI2039:

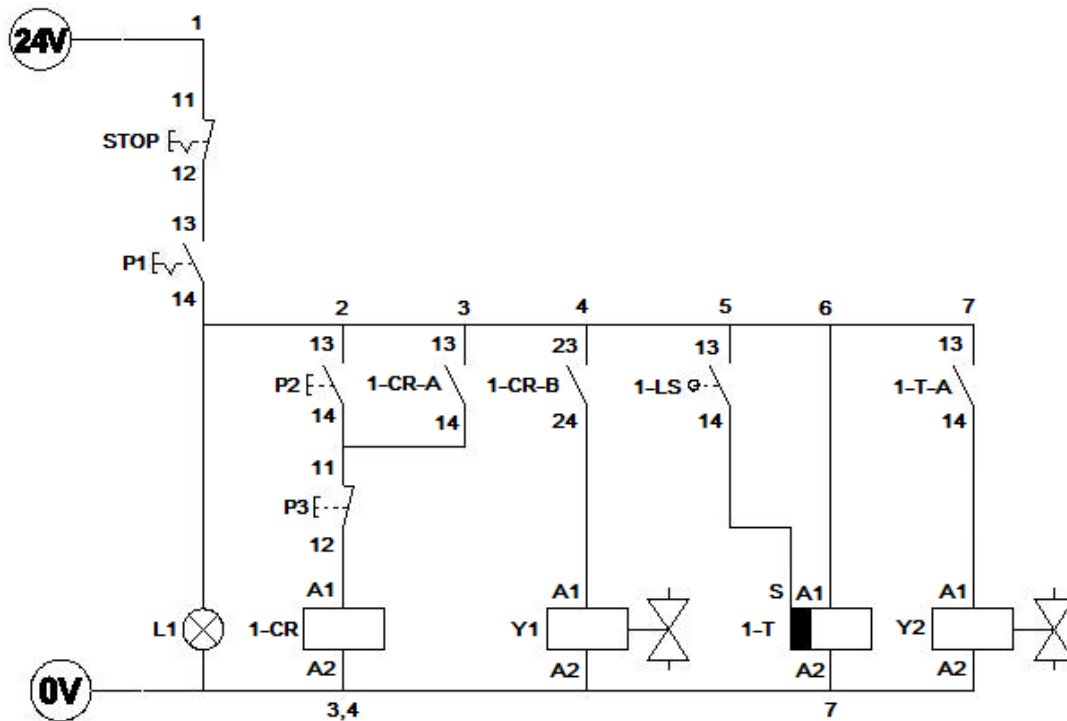


Figura. 5.3.10.10. Sistema eléctrico con el módulo de temporización SAI2039 correspondiente al problema 2

Análisis de corrientes:

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$12 \text{ mA} + 4 \times (25 \text{ mA}) = 112 \text{ mA}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito así como los contactos de los elementos utilizados para manejar las cargas del sistema.

Con el Micro PLC Siemens LOGO!

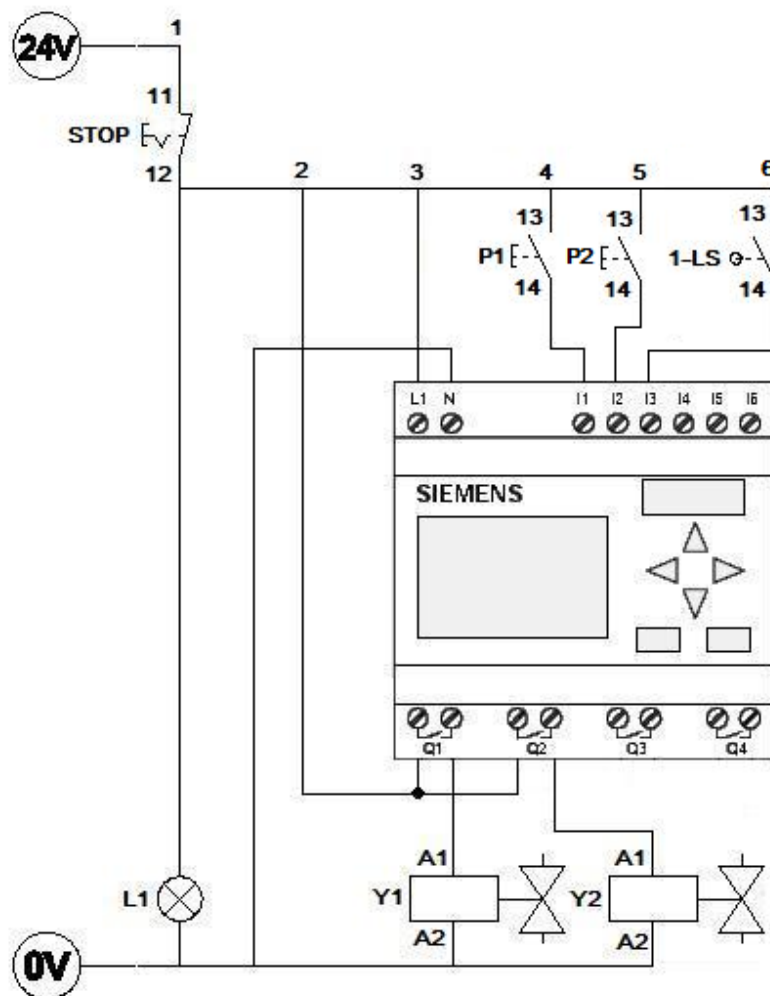


Figura. 5.3.10.11. Sistema eléctrico con el Micro PLC Siemens LOGO! correspondiente al problema 2

Análisis de corrientes:

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$12 \text{ mA} + 2 \times (25 \text{ mA}) + 120 \text{ mA} = 182 \text{ mA}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito así como los contactos del utilizados para manejar las cargas del sistema.

Programa del Micro PLC LOGO! Siemens 12/24 RC:

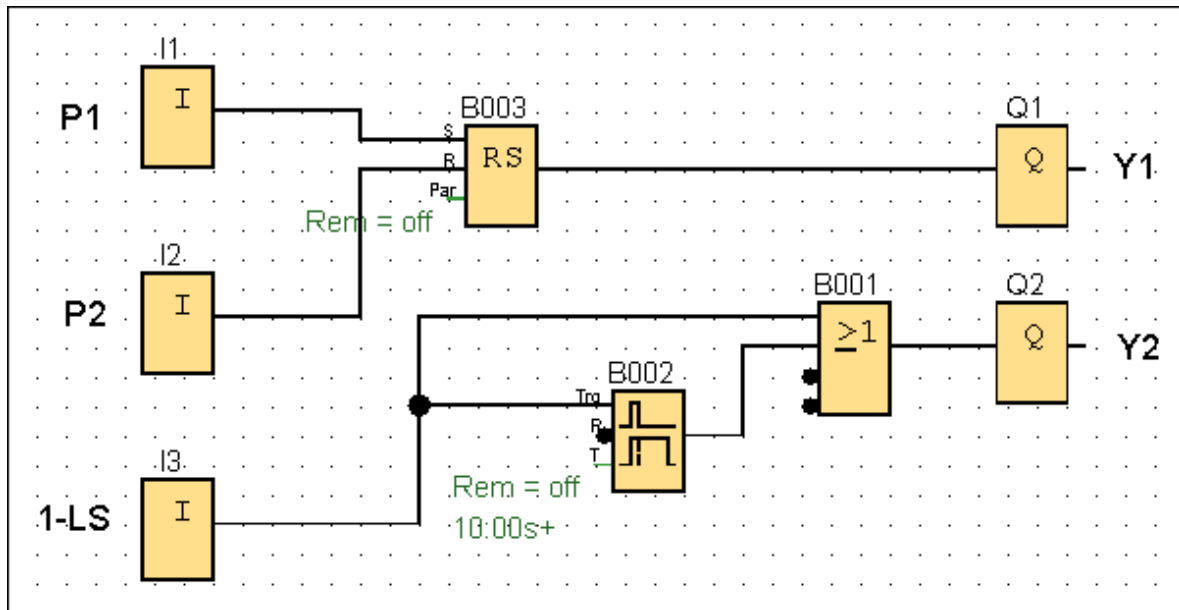


Figura. 5.3.10.12. Programa del Micro PLC Siemens LOGO! correspondiente al problema 2

Equipos a utilizarse:

El profesor deberá entregar a cada mesa de trabajo los siguientes elementos:

- 2 cilindros de doble efecto con o sin sensores reed.
- 2 válvulas distribuidora 5/2 vías monoestables.

- 1 Micro PLC LOGO! Siemens 12/24 RC
- 1 módulo temporizador.
- 1 módulo de botoneras.
- 1 módulo de parada de emergencia.
- Tubería y fitting necesaria.
- Cables de conexión eléctrica necesarios.

De los elementos anteriores, tan solo no se ha utilizado anteriormente el módulo temporizador, del mismo que se presenta a continuación una breve descripción:

Módulo temporizador SAI2039:

Se trata de un módulo temporizador multivoltaje, con siete funciones de temporización seleccionables y rango de programación entre 0.1 s y 100 h.

Tiene los siguientes componentes:

- 1 temporizador multifunción DMB51, el mismo que tiene las siguientes características:
 - Tiempo programable entre 0.1 s y 100 h.
 - 7 modos de operación.
 - Inicio de temporización automática o manual.
 - Indicadores LED que muestran el estado del temporizador.
- Terminales de 2 mm para usar con los cables conectores.
- 1 contacto conmutable: 24 VDC, 5 A.

Cuestionario:**1. De acuerdo a su criterio, ¿Cuál de los dos elementos empleados en esta práctica utilizaría en futuras aplicaciones para realizar sistemas temporizados?**

Sin duda es mucho más sencillo y preciso el utilizar el Micro PLC LOGO! para realizar cualquier tipo de sistema temporizado en comparación con el módulo SAI2039. Esto debido a que a través del LOGO! se realiza una temporización completamente digital y además a través de este elemento se cuenta con un mayor número de funciones en relación a las siete que incorpora el módulo de temporización SAI2039. Además el cableado que se debe realizar cuando se utiliza el LOGO! es mucho menor en comparación al que se realiza con el módulo de temporización.

De ahí que para futuras aplicaciones utilizaría el Micro PLC LOGO! tanto por la variedad de funciones de temporización que presenta como por el reducido cableado que se debe realizar.

2. Explique brevemente cuál es la principal diferencia entre un sistema temporizado con retardo a la conexión y uno con retardo a la desconexión.

La principal diferencia que se puede mencionar entre un sistema con retardo a la conexión y otro con retardo a la desconexión es el instante desde el cual el tiempo programado empieza a ser contado.

En el primero, el tiempo empieza a correr desde que en la señal de disparo o activación del temporizador se registra un flanco ascendente, es decir cuando ella pasa de un estado bajo a un alto. En el segundo por otra parte, el tiempo empieza a correr desde que en la señal de disparo o activación del temporizador se registra un flanco descendente, es decir

cuando pasa de un estado alto a un estado bajo. Al cabo de que el tiempo programado haya transcurrido, la salida del temporizador se activa en un estado alto.

3. Mencione las siete funciones del módulo temporizador SAI2039

- Demora en la activación.
- Intervalo.
- Intervalo con disparador abierto.
- Doble intervalo.
- Demora en la desactivación.
- Reciclador simétrico, primero encendido.
- Reciclador simétrico, primero apagado.

4. Mencione las principales funciones de temporización con las que cuenta el Micro PLC Siemens LOGO!

- Retardo de activación.
- Retardo de desactivación.
- Retardo de activación / desactivación.
- Retardo de activación memorizable.
- Relé disipador – Emisión de impulsos.
- Relé disipador activado por flancos.
- Temporizador semanal.
- Temporizador anual.
- Emisor de cadencias simétrico.
- Generador de impulsos asíncrono.
- Generador aleatorio.
- Interruptor de alumbrado para escalera.
- Pulsador de confort.

5. Describa el funcionamiento de los dos bloques de función del LOGO!: *Retardo de activación y Retardo de desactivación.*

Bloque Retardo de activación.- Este bloque cuenta con los siguientes parámetros:

- *Entrada Trg.*- Por medio de esta entrada (trigger) se inicia el tiempo que retarda la activación de la salida.
- *Parámetro T.*- T es el tiempo después del cual debe activarse la salida, pasando esta de 0 a 1.
- *Salida Q.*- Se activa después de haber transcurrido el tiempo T, si aún está activada la entrada *Tgr.*

Vale mencionar que si la entrada *Tgr* pasa a ser cero nuevamente y el tiempo *T* no ha terminado, el tiempo es repuesto.

Bloque Retardo de desactivación.- Este bloque cuenta con los siguientes parámetros:

- *Entrada Trg.*- Cuando se produzca un flanco descendente (cambio de 0 a 1) en la entrada *trigger*, se inicia el tiempo para el retardo de desactivación.
- *Entrada R.*- Por medio de esta entrada, el tiempo para el retardo de desactivación se repone y la salida se conmuta a cero. Es llamada "*entrada Reset*".
- *Parámetro T.*- T es el tiempo después del cual debe desactivarse la salida, pasando esta de 1 a 0.
- *Salida Q.*- Se activa con *Tgr* y se desactiva cuando haya transcurrido el tiempo *T*.

6. ¿Cómo se ajusta el valor del tiempo en las funciones anteriores?

Para ajustar el valor de este parámetro, se debe tener en cuenta que los valores deben indicarse según la base de tiempo ajustada, sean estos segundos, minutos u horas tal como se muestra en la siguiente tabla:

Base de tiempo	Formato de introducción
Segundos	segundos : 1/100 de segundo
Minutos	minutos : segundos
Horas	horas : minutos

Tabla. 5.3.10.1. Formas de programación del tiempo en el Micro PLC Siemens LOGO!

Conclusiones:

- Dentro del laboratorio se cuenta con dos elementos útiles para realizare sistemas temporizados. Estos son: el módulo temporizador SAI2039 y el Micro PLC LOGO! Cualquier sistemas temporizado que se requiera hacer, puede ser implementado sin problemas con cualquiera de estos dos elementos, quedando a opción del estudiante cuál de los dos elementos utilizará.
- Al utilizar el Micro PLC Siemens LOGO! para desarrollar sistemas temporizados se simplifica el cableado que se realiza en comparación a cuando se utiliza el módulo temporizador. Esto facilita a quien implementa el sistema la corrección de errores y además una mejor organización en el circuito de control.
- Mediante el Micro PLC Siemens LOGO! se pueden realizar las mismas funciones que permite llevar a cabo el módulo temporizador SAI2039 y adicionalmente funciones de temporización más avanzadas tales como generación de pulsos y temporización semanal e incluso anual, ya que en él se fija la hora y la fecha actual y trabaja en base a ella para realizar las activaciones programas.

- El módulo SAI2039 es un módulo de temporización netamente analógico que permite fijar tiempos entre 0.1 s y 100 h de manera muy sencilla de tal forma que el estudiante puede utilizarlo en la implementación de sus sistemas sin que le tome mucho tiempo el programar el elemento mencionado.
- Dentro del Micro PLC Siemens LOGO! el tiempo que se ajuste en las funciones de temporización es un valor parametrizable que debe ser fijado de manera correcta con el fin de que el tiempo programado para cada una de las funciones sea el requerido por el sistema y el usuario. Para este fin, se debe tomar en cuenta la base de tiempo que se utilice, ya sea esta, segundos, minutos u horas.

Recomendaciones:

- Revisar cuál es el funcionamiento de cada una de las siete funciones del módulo temporizador y también de las funciones de temporización con las que cuenta el Micro PLC Siemens LOGO! con el fin de conocer la potencialidad de cada una de ellas y saber usarlas de la manera más adecuada en cada uno de los sistemas que se tengan que llevar a cabo.
- Idear más aplicaciones en las cuales se utilicen las funciones que tienen los módulos de temporización del laboratorio que en esta práctica no fueron utilizadas; esto con el fin de mejorar la destreza de los estudiantes al momento de seleccionar correctamente la función que se debe utilizar y los parámetros que sobre ella se deben fijar.

5.3.11. Circuitos electroneumáticos con presóstatos digitales y electroválvulas

Objetivo General:

- Utilizar elementos electroneumáticos más avanzados que permitan introducir en los sistemas implementados nuevas y mejores características que mejoren su desempeño.

Objetivos Específicos:

- Comprender el funcionamiento de los presóstatos digitales con los que cuenta el laboratorio y utilizarlos en los sistemas electroneumáticos que se lleven a cabo.
- Emplear electroválvulas proporcionales para regular el flujo y la presión neumática que se tiene sobre los sistemas implementados.

Descripción del problema:

Problema 1:

Por medio del primer problema de esta práctica se pretende manipular la presión neumática del sistema que se implemente. Para tal fin, se emplearán las electroválvulas proporcionales reguladoras de presión y los presóstatos digitales con las que cuenta el laboratorio. El sistema deberá cumplir los siguientes requerimientos:

- Se deberá ajustar una presión de 0.4 MPa en el regulador de presión de la unidad de mantenimiento.
- Posteriormente la presión del sistema deberá ser manipulada electrónicamente a través de la electroválvula proporcional reguladora de presión VEP3121-2.

- La salida de la electroválvula VEP3121-2 deberá ser conectada al presóstato, con el fin de observar el valor de presión que se regula para el sistema y también deberá constituir la fuente neumática para la actuación de los cilindros que se accionarán.
- Se deberán emplear las dos salidas del presóstato con el fin de que realicen lo siguiente:
 - Cada una de las salidas deberá accionar un cilindro de simple efecto, de manera que cuando se activen, el vástago del cilindro correspondiente salga y cuando estén desactivadas, el vástago permanezca retraído.
 - Las dos salidas deberán ser fijadas como NA (normalmente abiertas).
 - La salida 1 deberá estar configurada en el modo de funcionamiento con histéresis y se deberán fijar los siguientes valores de presión:
 - *Presión mínima:* 0.200 MPa.
 - *Presión máxima:* 0.250 MPa.
 - La salida 2 deberá estar configurada en el modo de ventana de comparación y se deberán fijar los siguientes valores de presión:
 - *Presión mínima:* 0.100 MPa.
 - *Presión máxima:* 0.300 MPa.
- Se debe manipular la señal de control que va hacia la tarjeta amplificadora de corriente con el fin de que la presión varíe entre los valores programados en el presóstato digital y de esta manera se pueda ver el funcionamiento completo del sistema.
- Como interfaz entre el circuito de control y la electroválvula reguladora de presión se deberá emplear la tarjeta amplificadora de corriente VEA251.
- Incluir en el sistema eléctrico un botón de parada de emergencia que permita desactivar el mismo en caso necesario.
- Utilizar una luz piloto que indique que el sistema se encuentra activo y listo para ser utilizado.

Problema 2:

En este problema se pretende variar la velocidad de salida de un cilindro neumático de doble efecto de manera electrónica, a diferencia de la forma mecánica con la que se venía realizando en prácticas anteriores. Para ello se deberá utilizar la electroválvula proporcional 5/2 VER2000 con la que cuenta el laboratorio junto con la tarjeta amplificadora de corriente VEA251 como interfaz entre el circuito de control y la electroválvula.

El sistema deberá cumplir los siguientes requerimientos:

- Se debe controlar un cilindro neumático de doble efecto de manera que se regule de manera electrónica la velocidad de salida del mismo.
- Tras un pulso como señal de mando, el vástago del cilindro sale a una velocidad relativamente baja.
- Con otro pulso, el vástago del cilindro debe retornar.
- Las válvulas reguladoras de caudal que vienen integradas con los cilindros deben estar completamente abiertas con el fin de que se pueda observar la regulación del flujo a través de la electroválvula proporcional.
- Manipular de manera muy sutil la señal de control que va hacia la tarjeta amplificadora de corriente con el fin de que se pueda notar la variación en la velocidad de salida del vástago del cilindro.
- Realizar los cambios necesarios en el sistema para controlar la velocidad de entrada del mismo cilindro.
- Incluir en el sistema eléctrico un botón de parada de emergencia que permita desactivar el mismo en caso necesario.
- Utilizar una luz piloto que indique que el sistema se encuentra activo y listo para ser utilizado.

DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

Problema 1:

Diagrama Espacio-Fase:

De acuerdo a las condiciones de activación, el diagrama espacio – fase para los dos cilindros que intervienen en este problema es el que se muestra a continuación:

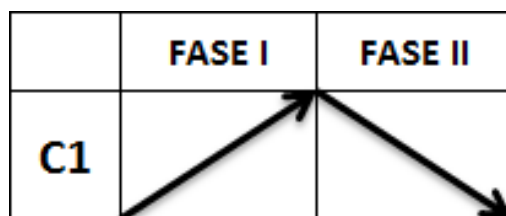


Figura. 5.3.11.1. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al problema 1

Plano de desarrollo de programa:

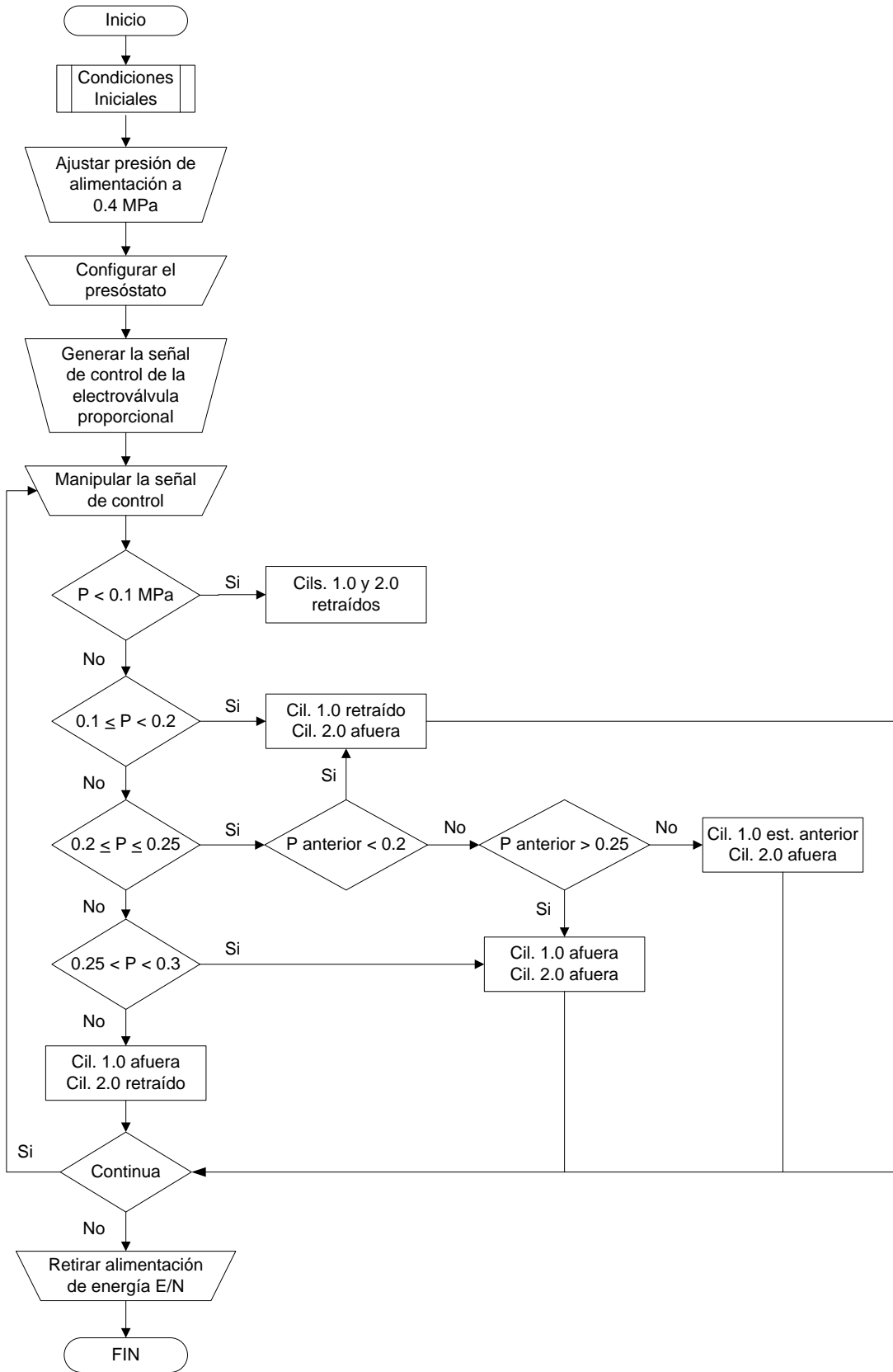


Figura. 5.3.11.2. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 1

Esquemas del sistema:

Esquema neumático:

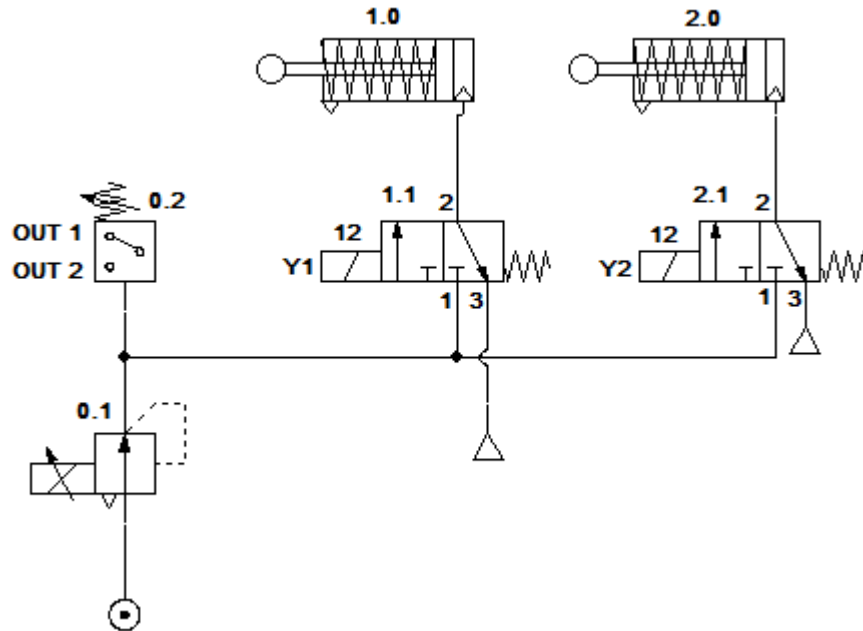


Figura. 5.3.11.3. Sistema neumático correspondiente al problema 1

Esquema eléctrico:

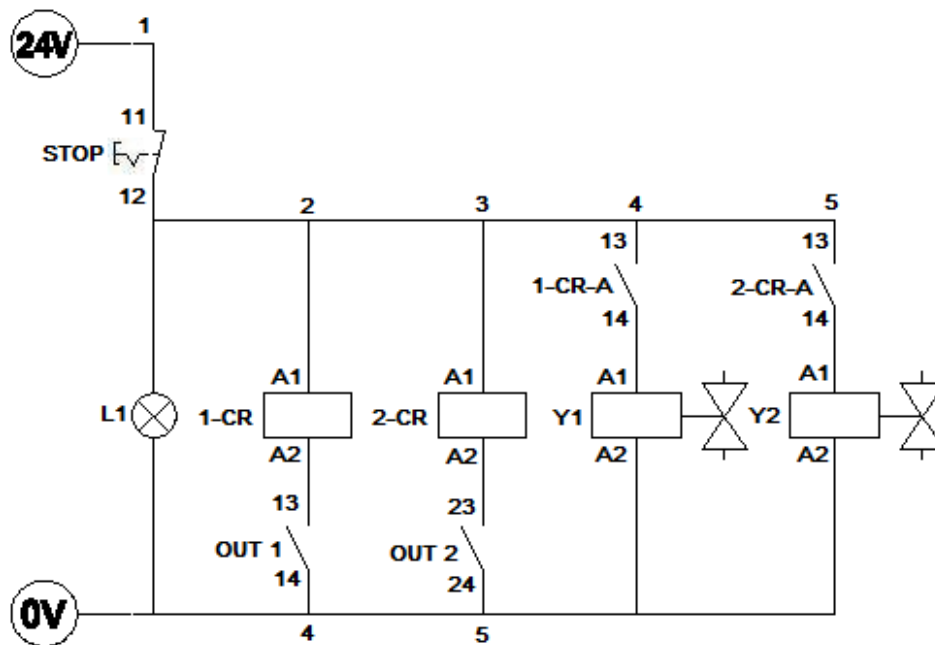


Figura. 5.3.11.4. Sistema eléctrico correspondiente al problema 1

Esquema eléctrico del circuito de control analógico:

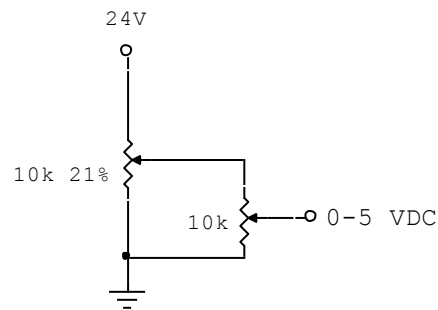


Figura. 5.3.11.5: Circuito para la generación de la señal de control de la tarjeta amplificadora de potencia

Se debe mencionar que para generar la señal de control se debe utilizar otra fuente adicional a la que se emplea para el circuito anterior.

Diagrama de bloques del sistema:

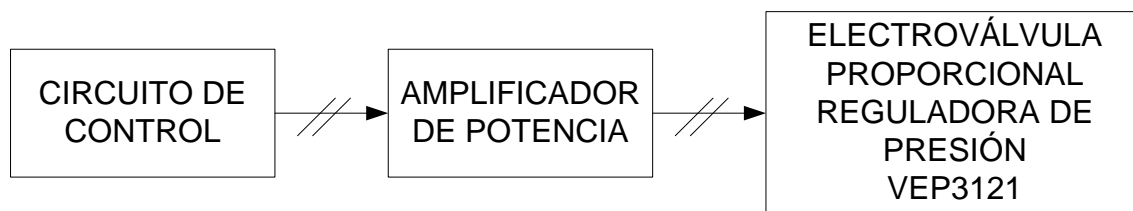


Figura. 5.3.11.6. Diagrama de bloques del sistema correspondiente al problema 1

Análisis de corrientes:

- La fuente de poder entrega hasta 2.0 A.
- Los contactos del pulsador y del botón de emergencia soportan hasta 1.0 A.
- Los contactos de los relés soportan corrientes de hasta 1.5 A
- Los contactos del presóstato soportan cargas de hasta 80 mA.
- Los solenoides de los relés y de las electroválvulas consumen 25 mA.
- El solenoide de la electroválvula proporcional consume máximo 1.0 A.

- La salida del amplificador de potencia va de 0 a 1 A, pudiendo satisfacer la demanda máxima de corriente de la electroválvula.
- El sensor digital de presión consume 55 mA.
- La luz piloto consume 12 mA.

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$12 \text{ mA} + 4 \times (25 \text{ mA}) + 55 \text{ mA} + 1.0 \text{ A} = 1.167 \text{ A}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito así como los elementos utilizados para manejar las cargas del sistema.

Problema 2:

Diagrama Espacio-Fase:

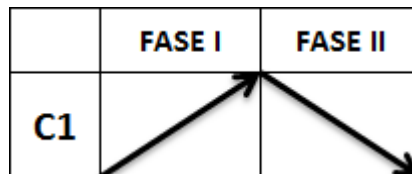


Figura. 5.3.11.7. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al problema 2

Plano de desarrollo de programa:

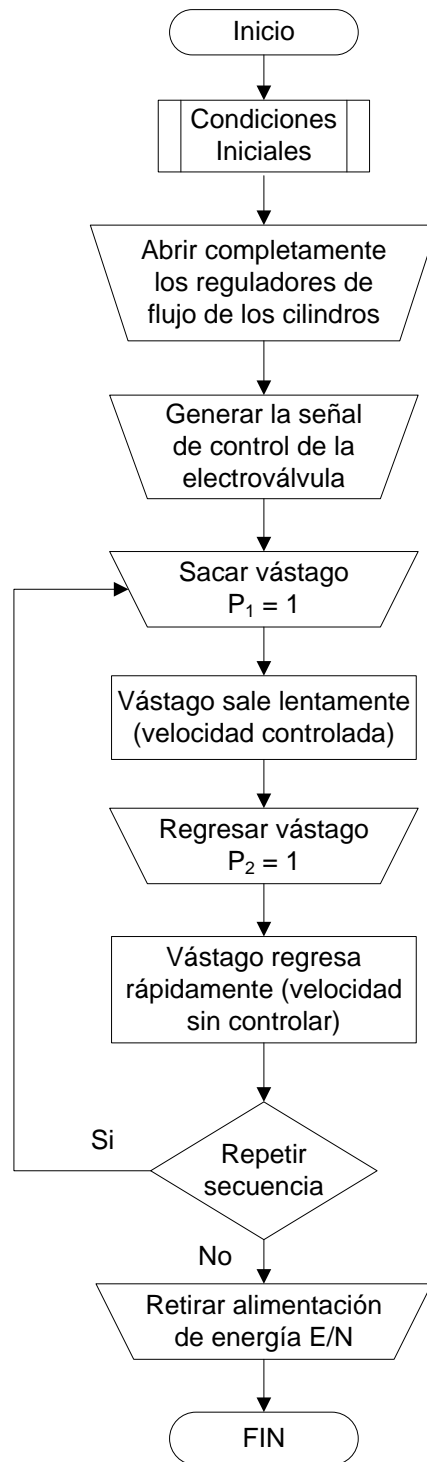


Figura. 5.3.11.8. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 2

Esquemas del sistema:

Esquema neumático:

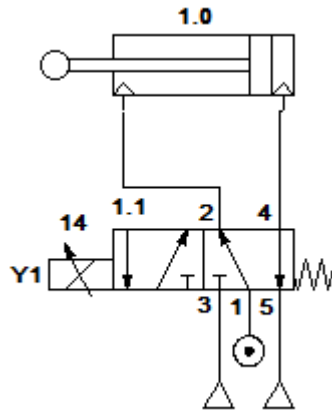


Figura. 5.3.11.9. Sistema neumático correspondiente al problema 2

Esquema eléctrico:

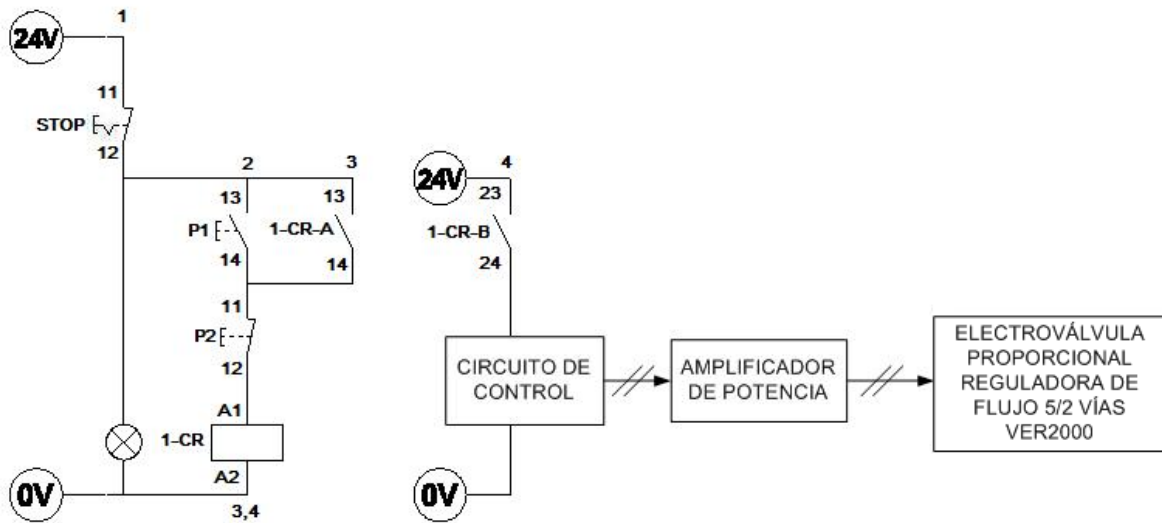


Figura. 5.3.11.10. Sistema eléctrico correspondiente al problema 2

Consumo total de corriente del sistema (considerando todas las cargas activas a la vez):

$$12 \text{ mA} + 25 \text{ mA} + 1.0 \text{ A} = 1.037 \text{ A}$$

Por lo que la fuente de poder puede satisfacer sin problema la demanda del circuito así como los elementos utilizados para manejar las cargas del sistema.

Diagrama de bloques del sistema:

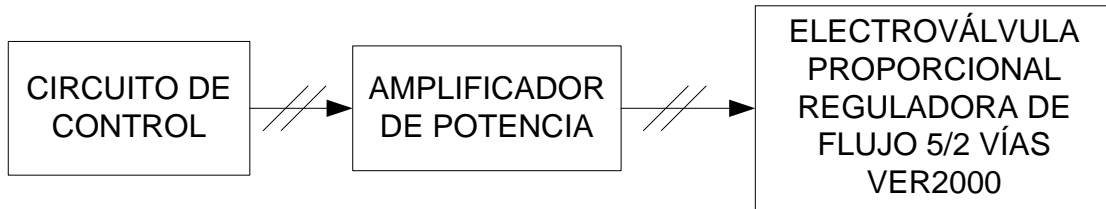


Figura. 5.3.11.11. Diagrama de bloques del sistema correspondiente al problema 2

Equipos a utilizarse:

Para esta práctica, el laboratorio no cuenta con los elementos necesarios para que la práctica pueda ser llevada a cabo en cada una de las estaciones de trabajo neumáticas por lo que esta práctica deberá ser desarrollada por un grupo de estudiantes a la vez, en un solo módulo electroneumático.

De esta manera, el profesor deberá entregar los siguientes elementos:

- 2 cilindros de simple efecto.
- 1 cilindro de doble efecto con o sin sensores reed.
- 2 válvulas 3/2 vías monoestables NA.
- 1 presóstato digital.
- 2 fuentes de poder de 24 VDC.
- 1 módulo de botoneras.
- 1 módulo de relés.
- 1 módulo de parada de emergencia.
- 1 electroválvula proporcional reguladora de presión VEP3121.
- 1 electroválvula proporcional 5/2 vías VER2000.
- 1 circuito amplificador de potencia VEA251.

- Tubería y fitting necesaria.
- Cables de conexión eléctrica necesarios.

Se presenta a continuación una breve descripción de los elementos que se utilizan por primera vez en esta práctica. Es recomendable sin embargo, revisar el datasheet de cada uno de estos elementos antes de manipularlos.

Sensor de presión digital ISE40:

Permite realizar una medición muy precisa del valor de presión que tiene el sistema en su totalidad en parte de él según las necesidades de quien lo implemente. Presenta dos salidas que permiten accionar cargas de acuerdo a cómo sea programado para su funcionamiento.

Las principales características que definen este sensor son las siguientes:

- **Rango de presión de medición:** 0.000 a 1.000 MPa.
- **Rango de presión ajustable:** -0.100 a 1.000 MPa.
- **Máxima presión soportada:** 1.5 MPa.
- **Resolución:** 0.001 MPa, 0.01 kgf/cm², 0.01 bar, 0.1 psi.
- **Tiempo de respuesta:** 2.5 s.
- **Rango de temperatura de trabajo:** 0 a 50 °C.
- **Tamaño del conector entrada neumática:** 1/4".
- **Tipo de conector:** R(PT).
- **Voltaje de alimentación:** 24VDC
- **Consumo de corriente:** 55 mA.
- Dos salidas de contacto:
 - Tipo: NPN.
 - Máxima corriente de carga: 80 mA.
 - Máximo voltaje: 30 VDC.

Válvula electroneumática proporcional con regulación de presión VEP3121

Se trata de una electroválvula de tres vías que permite realizar control de presión del fluido de forma progresiva de acuerdo a la corriente que actúe sobre ella. Esta válvula posee una gran capacidad de escape por lo cual puede ser usada como válvula de alivio.

Las principales características que definen esta electroválvula son las siguientes:

- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** R(PT).
- **Máxima presión de operación:** 1.0 MPa.
- **Rango de presión regulable:** 0.1 a 0.9 MPa
- **Rango de temperatura de trabajo:** 0 a 50 °C.
- **Tiempo de respuesta:** 0.03 s.
- **Histéresis:** 3%.
- **Repetitividad:** 3%.
- **Sensibilidad:** 0.5%.
- **Linealidad:** 3%.
- **Tensión de operación:** 0 a 24 VDC.
- **Máxima corriente de solenoide:** 1 A.
- **Resistencia de la bobina:** 13 Ω a 20 °C.
- **Consumo de energía:** 13 W.

Válvula electroneumática proporcional 5/2 de doble bobina VER2000

Esta es una electroválvula proporcional de 5/2 vías que permite realizar un control analógico de la velocidad con la cual se desplaza el actuador. Puede ser utilizada para controlar la velocidad de entrada o de salida de un cilindro de doble efecto.

Las principales características que definen esta electroválvula son las siguientes:

- **Tamaño del conector:** 1/4".
- **Tipo de conector:** R(PT).
- **Máxima presión de operación:** 1.0 MPa.
- **Rango de presión ajustable para el control:** 0.1 a 0.9 MPa
- **Rango de temperatura de trabajo:** 0 a 50 °C.
- **Tiempo de respuesta:** 0.04 s.
- **Histéresis:** 3%.
- **Repetitividad:** 3%.
- **Sensibilidad:** 0.5%.
- **Linealidad:** 3%.
- **Tensión de operación:** 0 a 24 VDC.
- **Máxima corriente de solenoide:** 1 A.
- **Resistencia de la bobina:** 13 Ω a 20 °C.
- **Consumo de energía:** 13 W.

Circuito amplificador de potencia VEA251.

Constituye la interfaz necesaria entre el circuito de control y la electroválvula proporcional y tiene como función el amplificar la corriente de la señal que se envía a la electroválvula para mediante ella realizar el control de la misma.

Sus principales características son las siguientes:

- Genera una señal de comando analógica que gobierna la electroválvula.
- Usa un sistema PWM (modulación por ancho de pulso) lo que ayuda a minimizar la histéresis de la electroválvula proporcional.
- Cuenta con un sistema de suministro de corriente constante, lo que permite un funcionamiento estable incluso en caso de fluctuaciones de voltaje.
- Detecta el funcionamiento anormal del circuito generando una señal de salida.

Los terminales con los que cuenta son los siguientes:

- Entrada de energía de 24 VDC: *DC24V*.
- Conexión a la electroválvula proporcional: *OUTPUT*.
- Conexión para la señal de control externa: *SIGNAL*.
- Dos terminales abiertos: *SENSOR*.
- Terminales de salida de detección de mal funcionamiento: *DETECT*.

Entre sus principales características técnicas se puede mencionar las siguientes:

- **Tensión de alimentación:** 24 VDC.
- **Corriente de salida:** 0 a 1 A.
- **Consumo de energía:** 29 W.
- **Impedancia de la electroválvula:** 13 a 18.5 Ω .
- **Voltaje de la señal externa de control:** 0 a 5 VDC, con un potenciómetro de 10 K Ω (1/8 W)
- **Tiempo de respuesta:** 0.06 s.
- **Rango de temperatura de operación:** 0 a 50 °C.
- Detecta fallo en el cable de salida de la tarjeta.

Cuestionario:

1. Mencione los aspectos de mayor relevancia que usted cree se deben tomar en cuenta al momento de realizar esta práctica.

- La tierra de alimentación de la tarjeta con la tierra de la señal de control no pueden ser conectadas en común.
- Las resistencias de potencia de la tarjeta amplificadora generan calor como parte de su función, por lo que se debe tener cuidado con el contacto con ellas.

- Los terminales a conectarse de la bobina de la electroválvula son el 1 y el 2 sin tomar en cuenta su polaridad pues no la tiene. El terminal 3 no se lo utiliza.
- El valor de la señal de control debe ser de 0 a 5 VDC y debe ser variada de manera muy leve con el fin de poder notar los cambios en la acción de la electroválvula.

2. ¿Cuáles son los modos de funcionamiento que presenta el presóstato digital? Explique brevemente cada uno de ellos.

El presóstato digital puede ser configurado en modo manual o automático, presentando los siguientes modos de operación:

- *Modo de histéresis.*- En este modo, dependiendo si la salida es configurada como NA o como NC, se tendrá la activación y desactivación de la salida en los valores de presión máximo y mínimo fijados para la ventana de histéresis configurada. Este modo fue fijado en la salida uno del presóstato en el primer problema.
- *Modo de ventana de comparación.*- De igual manera, de acuerdo si la salida es configurada como NA o como NC, la salida se activará en alto o en bajo entre los valores de presión establecidos. Esta modo fue configurado en la salida dos del presóstato en el primer problema.
- *Modo de fijación automática.*- En este modo, el presóstato toma el valor que en el momento de ser configurado registra y con él determina su activación para valores mayores a este y su desactivación para valores menores al mismo. En este modo pueden ser utilizadas las dos salidas o solamente una de ellas.

3. Tomando en cuenta que en esta práctica se controló solo la velocidad de salida del cilindro de doble efecto, ¿qué se debería hacer para controlar tanto la velocidad de entrada como la de salida del mismo?

Para poder controlar tanto la velocidad de entrada como de salida del cilindro de doble efecto se debería contar con una electroválvula proporcional biestable de manera que posea dos solenoides regulables electrónicamente por medio de dos señales individuales de control. De esta manera se podría fijar velocidades diferentes para el avance y para el retroceso del vástago del cilindro.

4. Explique brevemente el modo de funcionamiento de las electroválvulas proporcionales con las que cuenta el laboratorio.

En ambas electroválvulas empleadas en la presenta práctica se da el mismo modo de funcionamiento, el cual consiste en lo siguiente: La bobina controla, de acuerdo al nivel de corriente que se inyecte sobre ella, el desplazamiento interno de las cámaras de la válvula, superando de esta manera la fuerza ejercida por el resorte en el estado inicial. Conforme el nivel de corriente que es aplicado a la bobina de la electroválvula aumenta, el área que permite el paso del fluido también aumenta.

Conclusiones:

- Las electroválvulas proporcionales con las que cuenta el Laboratorio de Electrofluidos permiten regular de manera electrónica la presión y el caudal del fluido en el sistema electroneumático que se implemente, lo que permite realizar un control netamente electrónico de los sistemas que se implementen.
- Los presóstatos digitales con los que cuenta el laboratorio permiten registrar el valor de presión del sistema mediante un *display* que permite leer hasta con tres cifras significativas y además cuentan con dos salidas a transistor que pueden ser configuradas de acuerdo a las necesidades del sistema como NA o NC y en el modo de funcionamiento de histéresis o de ventana de comparación.

- Es necesario utilizar un amplificador de potencia, en este caso la tarjeta VEA251, como elemento de interfaz entre el circuito de control y la electroválvula proporcional ya que la máxima corriente que consume el solenoide de la válvula es de 1 A y el circuito de control no puede satisfacer dicha demanda de corriente.
- La señal de control que llega como entrada a la tarjeta amplificadora de potencia, es una señal analógica comprendida entre 0 y 5 VDC. Se debe tomar muy en cuenta que la tierra de esta señal no debe estar conectada en común con la tierra del voltaje de alimentación de la tarjeta. Se deben utilizar fuentes diferentes, caso contrario la tarjeta no funcionará de la forma esperada.
- Se pudo constatar mediante el presóstato digital la variación que se producía en la presión del sistema a través de la electroválvula reguladora de presión. Sin embargo no hubo forma de medir el caudal regulado mediante la electroválvula proporcional de flujo, por lo que para constatar su correcto funcionamiento fue necesario notar a simple vista la variación en la velocidad de actuación del cilindro.
- Para que la electroválvula conmute de posición y empiece a regular tanto la presión como el flujo según sea el caso, el nivel de la señal de control debe ser lo suficientemente alta para vencer la fuerza del resorte por medio del solenoide que controla.

Recomendaciones:

- Es muy recomendable que el estudiante, antes de realizar esta práctica, revise los datasheets de los elementos que van a intervenir en la misma como son los presóstatos digitales y las electroválvulas proporcionales. Esto con el fin de que

comprendan su funcionamiento, la forma de operación y se eviten posibles daños en los equipos.

- Mientras la tarjeta amplificadora de potencia esté trabajando, las resistencias de potencia con las que cuenta tienden a generar calor como parte de su funcionamiento. Se debe tener cuidado en tocarlas pues el excesivo calor que generan pueden producir ligeras quemaduras en la persona que lo hace.
- Las salidas del presóstato digital soportan como corriente de carga hasta 80 mA por lo que se recomienda utilizar dicha salida como señal de activación de un relé y utilizar el contacto del relé para accionar la carga necesaria; esto con el fin de evitar daños en las salidas del presóstato.

CONCLUSIONES

- Es importante conocer la teoría de Mecánica de Fluidos antes de manipular sistemas hidráulicos y neumáticos con el fin de conocer en teoría el funcionamiento esperado de los sistemas implementados y a la vez estar en capacidad de detectar precisamente algún posible error que se suscite en los mismos.
- Es imprescindible también tener el suficiente conocimiento en lo que se refiere a la electrónica de control pues al implementar sistemas electroneumáticos y electrohidráulicos, será la parte electrónica la que determine el modo de operación de los mismos y defina el comportamiento de los actuadores. En estos sistemas, la hidráulica y la neumática son prácticamente la parte de fuerza del sistema.
- Todos los equipos adquiridos por la Escuela para la implementación del Laboratorio de Electrofluidos del Departamento de Eléctrica y Electrónica son completamente nuevos y funcionales acorde a lo que actualmente se utiliza en la industria, por lo que el alumno de la materia de Electrofluidos podrá tener acceso a un excelente laboratorio del cual podrán obtener una experiencia muy buena para cuando tengan que trabajar con sistemas similares en su vida profesional.
- Todos los equipos y elementos que forman parte del Laboratorio de Electrofluidos del DEE fueron probados en su funcionamiento, de tal forma que todos ellos trabajan de buena manera y de la implementación del laboratorio en adelante dependerá de los alumnos el cuidarlos y mantenerlos en buen estado. Sin embargo se debe mencionar que al tratarse de equipos completamente nuevos, gozan de garantía con la empresa proveedora Assistech S.A. por el período de un año a partir de la fecha de su recepción, es decir el 5 de enero del 2009.

- En el capítulo 3 de este texto, se realizó un completo informe de las características técnicas y funcionales de los equipos del laboratorio de tal forma que ante cualquier duda por parte del estudiante o del docente con respecto a características de los mismos, ellos podrán tener la información a la mano de manera muy precisa.
- El Laboratorio de Electrofluidos fue ubicado junto al Laboratorio de Control Industrial. Se trata de un espacio de 6 x 6 m del cual se analizó su funcionalidad y a partir de ello se colocaron los diferentes módulos, equipos y muebles que ahora forman parte del Laboratorio que tras la finalización de este proyecto fue implementado para uso de los estudiantes de la carrera de Automatización y Control.
- Actualmente los sistemas electrohidráulicos y electroneumáticos son ampliamente utilizados en la industria del país. Empresas tales como General Motors, Plywood y Adelca utilizan estos sistemas en sus procesos industriales con equipos muy similares a los que se cuenta en el laboratorio. De allí surge la importancia de que el alumno de la carrera de Automatización y Control tenga acceso a este tipo de sistemas y pueda con ellos incrementar su conocimiento en el diseño y manejo de los mismos, pues la hidráulica y la neumática son un tipo de energía que actualmente se utiliza en gran proporción a nivel mundial.
- Tras analizar la currícula de la asignatura de Electrofluidos, se establecieron once prácticas de laboratorio a realizar que abarcan en su totalidad los temas de estudio de la materia. Estas guías fueron planteadas y resueltas en este texto con el fin de verificar su veracidad y precisión. Además se generó un libro adicional titulado *“Laboratorio de Electrofluidos – Guías de prácticas para el Estudiante”*, el mismo que se deberá entregar a cada alumno que tome la materia con el fin de que sean

ellos quienes, a partir de las direcciones que se dan en el libro, resuelvan las once prácticas planteadas.

- Tanto el profesor de la materia de Electrofluidos como los estudiantes de la misma, cuentan ahora con un moderno y funcional laboratorio en las instalaciones del Departamento de Eléctrica y Electrónica, el cual podrán utilizarlo inclusive en horas posteriores a las de clase, constituyendo esto una gran ventaja para el estudiante, pues tendrá la oportunidad de profundizar en gran medida con sus conocimientos.
- De igual manera, el profesor y los alumnos de la materia de Electrofluidos cuentan ahora con una guía de prácticas que les permitirá poner en juego todos sus conocimientos y además permitirá que al finalizar el curso se hayan empleado todos los equipos del laboratorio, siendo esto de gran provecho para los estudiantes ya que se aprovechará al máximo las capacidades del laboratorio ahora implementado.
- Este texto constituye la primera y principal fuente de información del Laboratorio de Electrofluidos en lo que se refiere a su constitución física y técnica. Es a este documento, que tanto el docente como el alumno, deberán recurrir ante cualquier duda de los equipos del mismo o de la solución de alguna de las práctica planteadas.

RECOMENDACIONES

- Dar un cuidado y un mantenimiento constante al Laboratorio que ahora se ha implementado en el Departamento de Eléctrica y Electrónica. El objetivo ahora es que este laboratorio sea duradero para las generaciones que vendrán en el futuro; de ahí que la principal recomendación es el cuidado oportuno de los equipos que forman parte del laboratorio así como de sus instalaciones.
- Revisar periódicamente el buen estado y funcionamiento de los equipos, especialmente mientras la garantía por parte del vendedor esté en vigencia. Esto con el fin de detectar posibles fallos o mal funcionamientos y exigir a la empresa vendedora la reparación necesaria, o de ser el caso el cambio del equipo.
- Chequear la información técnica necesaria antes de manipular los equipos del laboratorio con el fin de evitar daños por mal uso, lo cual no cubre la garantía y en ese caso debería ser el mismo alumno quien repare el daño. Si la información necesaria no se la encuentra en este documento, no está por demás buscar información adicional en el Internet.
- Llevar a cabo las once prácticas planteadas en este texto en orden secuencial y de forma completa. Todas las prácticas están planteadas en secuencia por lo que lo ideal sería el cumplirlas en ese orden con el fin de que el estudiante, al final del ciclo, haya obtenido el mayor de los beneficios por parte de la asignatura y de manera mucho más práctica del laboratorio.
- Es necesario conocer la teoría de funcionamiento de los sistemas neumáticos e hidráulicos así como de los sistemas electrónicos de control. La correcta combinación de estos sistemas y de estas formas de energía, llevarán al estudiante a poder aplicar al 100% sus conocimientos y a desarrollar mejores soluciones a los problemas planteados en cada una de las prácticas de laboratorio.

- Estudiar de manera consciente y detallada la simbología eléctrica, neumática e hidráulica necesaria para realizar los esquemas de cada uno de los sistemas diseñados y a la vez entender aquellos esquemas que se piden ser implementados. El buen uso de la simbología y de los estándares para la representación de los sistemas, simplificará sobremanera al profesor interpretar los esquemas realizados por los alumnos, y a los estudiantes el poder observar su sistema desde una perspectiva diferente y a consecuencia poder detectar con mayor facilidad posibles errores o daños que se puedan producir.

- Seguir las guías de laboratorio planteadas en el libro *“Laboratorio de Electrofluidos – Guías de prácticas para el Estudiante”*, completar cada una de las prácticas con la información solicitada y también hacer uso de las hojas de presentación en clase para la revisión en el laboratorio por parte del profesor del trabajo realizado por los estudiantes en las horas destinadas a la práctica.

- No trabajar con los equipos al máximo de sus capacidades con el fin de no exigir mucho de su funcionamiento y no dañarlos en el corto plazo. Seguir las recomendaciones de cada práctica en lo que se refiere a presión de trabajo y no sobrepasar los límites mencionados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

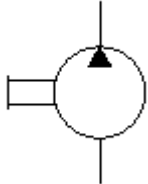
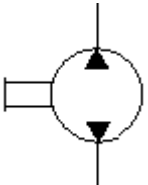
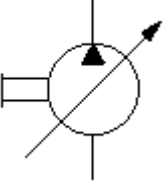
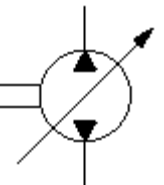
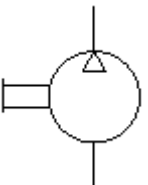
- [1] DEPERT, W y STOLL, K, **Aplicaciones de la neumática**, Alfaomega Grupo Editor S.A, México D.F. 2001.
- [2] ROLDÁN VILORIA, José, **Prontuario de Hidráulica Industrial. Electricidad Aplicada**, Thomson Editores & Spain Paraninfo S.A., España. 2001.
- [3] MILLAN, Salvador, **Automatización Neumática y Electroneumática**, Alfaomega Grupo Editor S.A., México D.F. 1996.
- [4] FRANZINI, Joseph y FINNEMORE, John, **Mecánica de Fluidos con aplicaciones en Ingeniería**, 9ed, Mc.Graw-Hill / Interamericana de España S.A., Madrid.
- [5] NORVELLE, F, **Electrohydraulic Control Systems**, Prentice Hall, New Jersey. 2000
- [6] **Practical Fluid Power-Control – Electrical and Fluidic**, 1 ed, Womack Educational Publications, Estados Unidos. 1981.
- [7] CASTELLANOS, Alex, **Documentación del sistema de calidad para el laboratorio de fluidos e hidráulica de la ESPE**.
- [8] http://www.emagister.com/tutorial/frame.cfm?id_centro=25022080010157686969496653564555&id_curso=64461020051550554850575365694556&id_segmento=4&id_categ=29&url_frame=http://www.uamerica.edu.co/virtualfluid/index.htm, Virtual Fluid (presentación en Flash).
- [9] <http://d.scribd.com/docs/1tf3denspemiwv6upf75.pdf>, Hidráulica y Neumática. Reporte de las prácticas realizadas en clase.
- [10] <http://www.monlau.es/btecnologico/disenio/diapo2.htm>, Teoría Neumática.
- [11] <http://www.monlau.es/btecnologico/circuitoneu/circuitoneu.htm>, Componentes de un circuito neumático.
- [12] http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_mecanica/compresores/, Compresores.
- [13] http://www.tecnologiaindustrial.info/index.php?main_page=site_map&cPath=412, Neumática.
- [14] <http://www.diee.unican.es/Neumática/T12%20CILINDROS.pdf>, Actuadores Neumáticos.

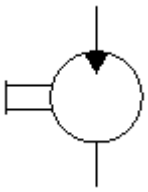
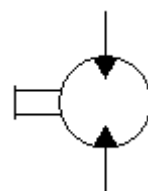
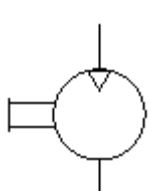
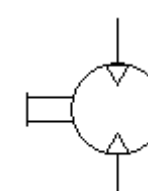
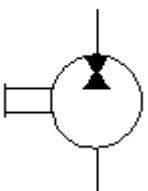
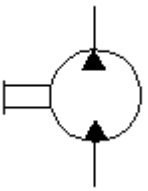
- [15] http://www.neumac.es/storage/pdf/113/MOTORES%20NEUMATICOS_FOLLETO%20GENERAL%20Rev0105.pdf, Motores neumáticos.
- [16] <http://blog.artegijon.com/toni/files/2007/11/motores.pdf>, Elementos motores.
- [17] http://www.tecniguala.edu.ec/file.php/1/Educacion_Tecnica_del_Ecuador/AUTOMO,TRIZ%20REFERENCIAL/BIBLIOTECA/NEUMATICA/ACCESORIOS%20NEUMATICOS.pdf, Elementos neumáticos.
- [18] http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica.htm, Conceptos básicos de neumática e hidráulica.
- [19] <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica28.htm>, Neumática.
- [20] http://www.fing.edu.uy/iimpi/academica/grado/sistoleo/teorico/modulo-neumatica/02-080617-Compresores_e_Instalaciones.pdf, Compresores.
- [21] <http://www.esi2.us.es/~bordons/Sensores.pdf>, Tecnología de Control.
- [22] <http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/Usrn/fisica/Recursos/flash2/rele.swf>, El relé.
- [23] <http://www.smctraining.com/pdf/c/pneutrainner.pdf>, Pneutrainner-200. Neumática – Electroneumática.
- [24] <http://www.nickersoneurope.co.uk/cgroup.asp?MID=13&PID=15&CID=03>, Hydraulic Fittings.
- [25] <http://www.insidersecretstohydraulics.com/conexiones-hidraulica.html>, Conexiones hidráulicas.
- [26] http://portaleso.homelinux.com/usuarios/Toni/web_simbolos/unidad_simbolos_electricos_indice.html#transformacion, Simbología eléctrica.

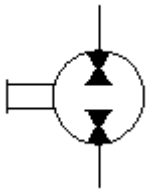
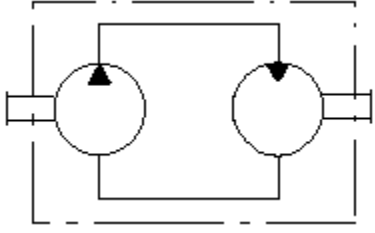
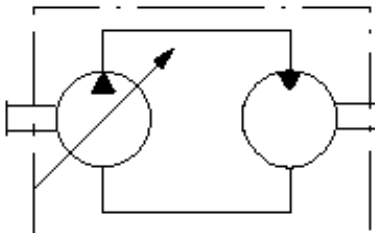
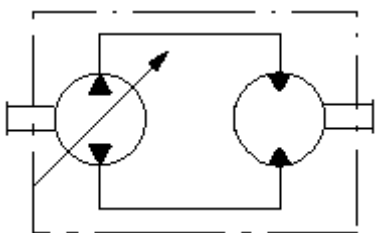
ANEXO 1


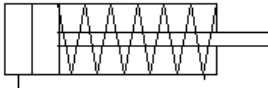
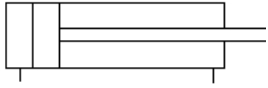
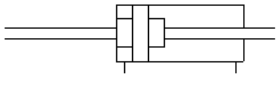
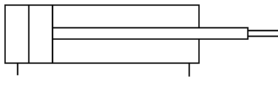
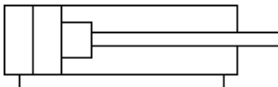
SÍMBOLOGÍA NEUMÁTICA - HIDRÁULICA

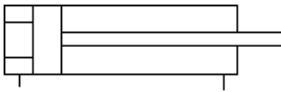
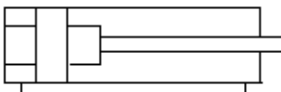
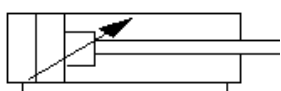

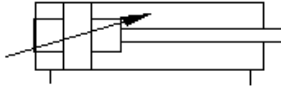
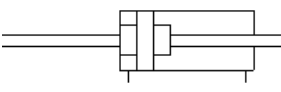
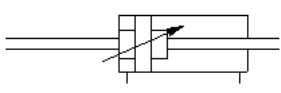

Se presenta a continuación la simbología neumática e hidráulica, basada en normas ISO 1219-2, con una breve descripción de cada elemento. Se debe tomar en cuenta las cabezas de flecha de los símbolos tratándose de elementos hidráulicos cuando la flecha está pintada y de elementos neumáticos cuando la flecha está vacía.

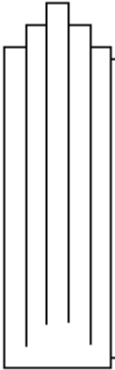
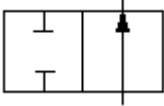
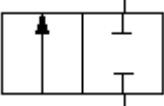
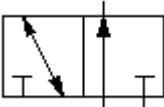
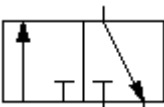
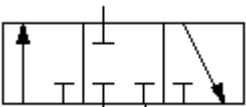
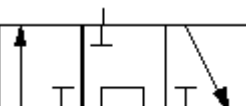
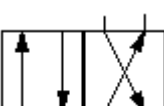
Descripción	Uso del elemento o explicación del símbolo	Símbolo
Bombas Oleohidráulicas y compresores	Elementos que transforman la energía mecánica en energía hidráulica o neumática	
Bombas Oleohidráulicas de caudal o desplazamiento constante	De un solo sentido de giro y dirección de flujo	
	De dos sentidos de giro dirección de flujo según flujo	
Bombas Oleohidráulicas de caudal o desplazamiento variable	De un solo sentido de giro y dirección de flujo	
	De dos sentidos de giro dirección de flujo según flujo	
Compresor neumático de caudal o desplazamiento constante	Siempre de un solo sentido de giro y dirección de flujo	

Motores	Elementos que transforman la energía hidráulica o neumática en energía mecánica rotatoria	
Motores Oleohidráulicos de cilindrada constante	De un sentido de giro	
	De giro en cualquiera de las dos direcciones	
Motores neumáticos de cilindrada constante	De un sentido de giro	
	De giro en cualquiera de las dos direcciones	
Bombas – motores	Elementos que pueden realizar dos funciones: trabajar como bombas o motor Oleohidráulico	
Bomba – motor de cilindrada constante	De dos sentidos de giro, en uno trabaja como bomba y en el otro como motor	
	De un solo sentido de giro según conexión puede trabajar como bomba o como motor	



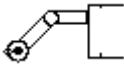










Bomba – motor de cilindrada constante	De dos sentido de giro, funcionando como bomba o como motor en ambos sentidos	
Unidad o grupo convertidor de torque	Conjunto compacto formado por bomba – motor Oleohidráulico	
Convertidor de torque	De un solo sentido de giro con cilindrada constante en bomba	
	De un solo sentido de giro con cilindrada variable	
	Bomba de sentido de flujo reversible cilindrada variable (sin cambio en su giro)	
Cilindros	Elementos que transforman la energía hidráulica neumática en energía mecánica con desplazamiento lineal	

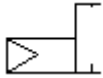
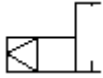
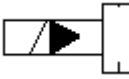
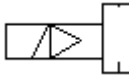
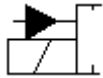
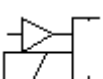


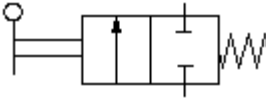
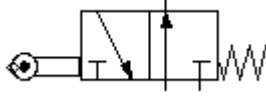
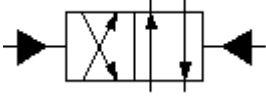
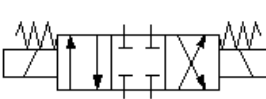
Cilindro de simple efecto	Tiene una sola conexión para recibir la presión. Trabajo útil en un solo sentido Retorno por fuerza externa	
	Retorno por resorte	
Cilindros de doble efecto	Tienen dos conexiones para recibir la presión en alternativa trabajo útil en ambos sentidos Con un vástago sin equilibrar	
	Con doble vástago o equilibrado	
Cilindro diferencial	Posee un vástago de émbolo sólo en un lado de la superficie del émbolo. Dispone de 2 superficies activas de diferente tamaño	
Cilindros con amortiguación interna	La amortiguación actúa solo al final del recorrido del conjunto embolo – vástago, en tanto el choque con el cilindro, pueda estar incorporado a un cilindro con vástago simple o doble	
Cilindro doble efecto sin equilibrar	Con amortiguación interna no regulable, solo en cámara del vástago	

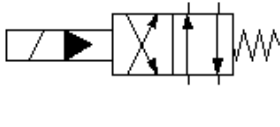
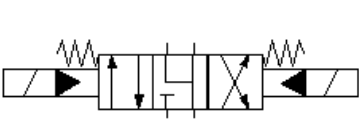


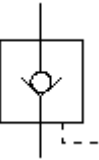
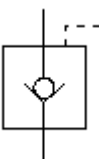
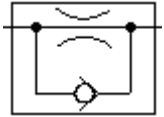

Cilindro doble efecto sin equilibrar	Con amortiguación interna no regulable, solo en la cámara del embolo	
	Con amortiguación interna no regulable en ambas cámaras	
	Con amortiguación interna regulable en la cámara del vástago	
	Con amortiguación interna regulable en la cámara del embolo	
	Con amortiguación interna regulable en ambas cámaras	
Cilindro de doble efecto equilibrado	Con amortiguación interna no regulable en ambas cámaras	
	Con amortiguación interna regulable en ambas cámaras	
Cilindros telescópicos	Elementos con vástagos de varias etapas	
Cilindros telescópicos	De simple efecto	

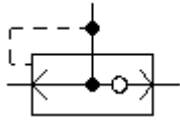

	De doble efecto	
Válvulas distribuidoras selectores o direccionales	Elementos que permiten controlar el paso, el corte, el cambio de dirección del flujo proveniente de la unidad productora de energía dando origen en la maquina al arranque. La parada y la dirección deseada del actuador	
Válvulas distribuidoras	2 / 2	
	2 / 2	
	3 / 2	
	3 / 2	
	3 / 3	
	3 / 3	
	4 / 2	

Válvulas distribuidoras	4 / 3	
	4 / 3	
	4 / 3	
	4 / 3	
	4 / 3	
	5 / 2	
	5 / 3	
Accionamientos de válvulas	Accesorios montados en válvulas que permiten su conmutación	
Musculares	Símbolo general por pulsador	
	Por botón	
Musculares	Por palanca	
	Por pedal	

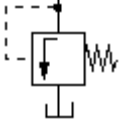
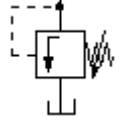
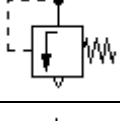
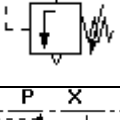
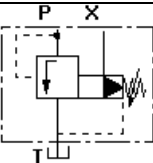
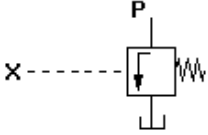
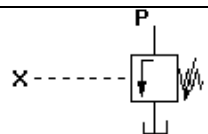
Mecánicos	Símbolo general por leva sensor	
	Rodillo de accionamiento bidireccional	
	Por rodillo descuartizable accionamiento unidireccional	
	Por resorte	
	Por enclavamiento	
Accionamiento eléctrico	Por un solenoide	
	Por dos solenoides en la misma dirección	
	Por dos solenoides opuestos entre si	
	Accionamiento por motor eléctrico giro reversible	
Accionamiento Hidráulico	Accionamiento por pilotaje hidráulico positivo, o sea, por presión hidráulica	
	Accionamiento por servopilotaje hidráulico, o sea, por presión hidráulica a través de una válvula auxiliar montada normalmente sobre la principal	
Accionamiento neumático	Accionamiento por pilotaje neumático positivo, o sea, por presión neumática	
	Accionamiento por pilotaje neumático negativo, o sea, por descarga de las cámaras de pilotaje	

Accionamiento neumático	Accionamiento por servopilotaje neumático positivo, o sea, por presión neumática a través de una microválvula montada interior de la principal	
	Accionamiento por servopilotaje neumático negativo, o sea, por descarga de las causas de pilotaje a través de una microválvula montada interior de la principal	
Combinados	Accionamiento por solenoide y servopilotaje hidráulico	
	Accionamiento por solenoide y servopilotaje neumático	
Combinados	Accionamiento por solenoide o pilotaje hidráulico positivo	
	Accionamiento por solenoide o pilotaje neumático positivo	
	Accionamiento por rodillo simple o servopilotaje neumático positivo	
	Accionamiento por palanca con enclavamiento	
Válvulas distribuidoras con accionamiento	Válvula distribuidora 2/2 normal cerrada, accionamiento por palanca, retorno por resorte	
	Válvula distribuidora 3/2 normalmente abierta accionamiento por rodillo simple, retorno por resorte	
	Válvula distribuidora 4/2 accionamiento por pilotaje hidráulico positivo, biestable (función memoria)	
	Válvula distribuidora 4/3 con centro cerrado, accionamiento solenoide, centrado por resorte	







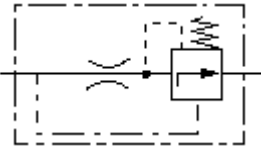

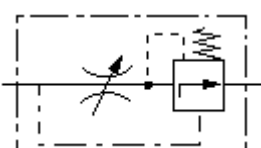

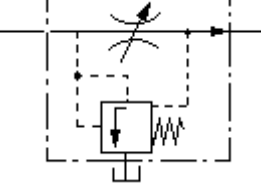
Válvulas distribuidoras con accionamiento	Bloque de válvula distribuidora 4/2 accionamiento por solenoide y servopilotada	
	Válvula distribuidora 4/2 accionamiento por solenoide y servopilotaje hidráulico positivo centrado por resorte	
Válvulas de retención	Son elementos que permiten el paso del flujo libre en un solo sentido	
Válvulas de retención	Simple sin resorte	
	Simple con resorte antagonista	
	Piloteada a la apertura	
	Piloteada al cierre	
Válvula de retención con estrangulación	Conjunto formado por una estrangulación y una válvula de retención en paralelo permite el pase libre del fluido en una dirección, pero en el sentido contrario pasen restringido	
Válvula selectora de circuito	Elemento utilizado para producir la descarga en un punto cercano del actuador, logrando su velocidad máxima	

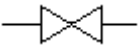


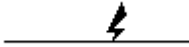
Válvula de descarga rápida	Elemento utilizado para producir la descarga en un punto cercano del actuador, logrando su velocidad máxima	
Válvula de simultaneidad	Elemento para el gobierno del fluido en serie	

SÍMBOLOS DE LOS CONTROLES DE PRESIÓN










Descripción	Uso del elemento o explicación del símbolo	Símbolo
Válvula limitadora de presión	Elementos en los que se regula y limita la presión de servicio del circuito	
Válvula de alivio o seguridad	Oleohidráulica de acción directa no regulable	
	Oleohidráulica de acción directa regulable	
	Neumática de acción directa no regulable	
	Neumática de acción directa regulable	
	Oleohidráulica de acción indirecta regulable	
Limitadora de presión con pilotaje externo o válvula de puesta en vacío	De acción directa no regulable	
	De acción directa regulable	



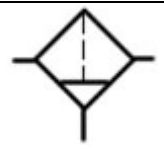
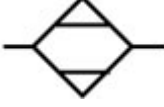


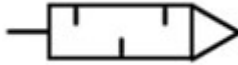

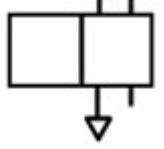
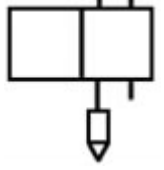
	Elemento que cumple con la función de alimentar un subcircuito, una vez alcanzado la presión de tiraje	
Válvulas de secuencia	De acción directa no regulable	
	De acción directa no regulable	
	De acción indirecta regulable (simplificada)	
Válvula reductora o reguladora de presión	Elementos que mantienen el valor de la presión de salida independiente del valor que puede alcanzar en la entrada	
Oleohidráulica	De acción directa regulable sin conexión de drenaje	
	De acción directa regulable, con conexión de drenaje	
	De acción indirecta regulable con conexión de drenaje	
Neumática	De acción directa regulable, con conexión de purga hacia la atmósfera	
Válvula reguladora de caudal	Elementos que actúan sobre el caudal variando la sección de paso	
Válvulas reguladoras no compensadas	Estrangulador fijo dependiente de la presión y la viscosidad acción bidireccional.	


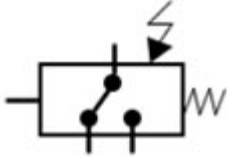

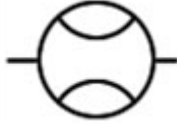

Válvulas reguladoras no compensadas	Estrangulador fijo tipo diafragma dependiente de la presión e independiente de la viscosidad, acción bidireccional	
	Regulable acción bidireccional	
	Regulable acción bidireccional	
	Regulable de acción unidireccional	
	Regulable de acción unidireccional	
Válvulas reguladoras de caudal compensadas	El caudal es mantenido sensiblemente constante independiente de las presiones de entrada y de salida	
De dos vías	- No regulable y simplificada	
	- Versión detallada	
De tres vías	- No regulable y simplificada	
	- Versión detallada	
De tres vías	- Regulable y simplificada	
	- Simbología completa	

Válvulas de paso	Elementos de múltiples seccionamiento o corte total del fluido	
Fuente de energía	Presión oleohidráulica o neumática	
Motor eléctrico	Monofásico o trifásico	
Línea eléctrica		

OTROS SÍMBOLOS ADICIONALES

Descripción	Uso del elemento o explicación del símbolo	Símbolo
Línea de trabajo	Tubo que lleva aire o aceite	
Línea de mando	Tubo que lleva aire o aceite de mando	
Línea de conjunto	La línea delimita a los elementos de un conjunto	
Conexión	Unión de tubos	
	Unión de tubos con cierre	
Enchufe rápido	Unión de tubos con válvulas de retención	
Acumulador	Recipiente que almacena aire a presión	
Filtro	Elemento para limpiar el aire o el aceite del circuito	
Purga manual	Elemento que recoge las condensaciones de agua del circuito	


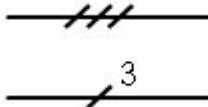
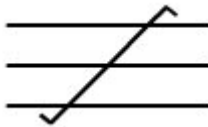



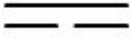





Purga automática	Elemento que recoge automáticamente las condensaciones	
Filtro con purga	Elemento de filtro con purga	
Filtro con secador	Símbolo Din/ISO/CETOP	
Secador	Elemento que quita el agua del aire	
Refrigerador	Enfría el fluido antes de ser empleado en el sistema	
Lubricador	Elemento que vaporiza lubricante en el aire para lubricar otros elementos	
Silenciador	Disminuye el ruido que el aire produce al escapar desde el circuito hacia la atmósfera	
Escape	Escape simple sin tubo de conexión	
	Escape con tubo de conexión	
	Escape con elemento silenciador	
Orificio taponado	Impide la circulación de fluido en una línea de trabajo	T

Manómetro	Mide la presión	
Presóstato	Convierte la señal neumática en eléctrica	
Termómetro	Mide temperatura	
Medidor de caudal	Mide el caudal del circuito	
Medidor de volumen	Mide el volumen del fluido	

ANEXO 2

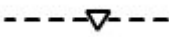














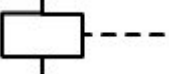
SÍMBOLOGÍA ELÉCTRICA

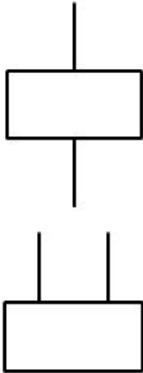
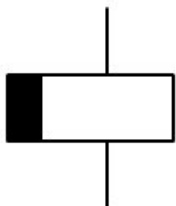
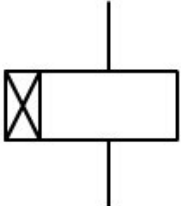
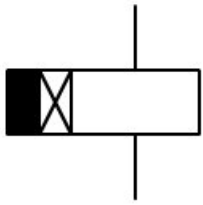
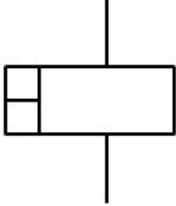
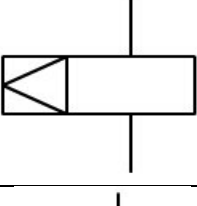
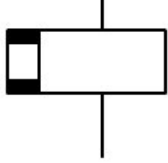
Se presenta a continuación la simbología eléctrica que se emplea en el desarrollo de los sistemas eléctricos de este texto. Esta simbología está basada en normas UNE-EN 60617 (IEC 60617), que es la que se viene usando en el campo eléctrico desde 1999.

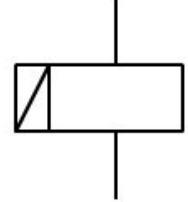
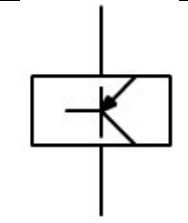
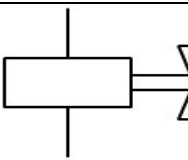

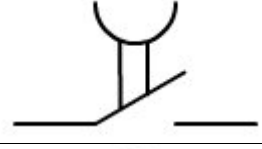


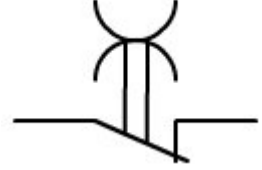
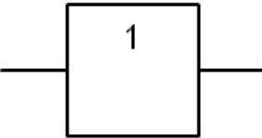
Descripción	Uso del elemento o explicación del símbolo	Símbolo
Conductor	Elemento que conduce la energía eléctrica	
	Se pueden dar informaciones complementarias. Por ejemplo: Circuito trifásico, 380 V, 50 Hz, 3 conductores de 120 mm ² con cable neutro de 70 mm ²	L1 <u>3N~380V,50Hz</u> L2 _____ L3 _____ N _____ 3(1x120)+1x70
Conductores	Representación para 3 conductores	
Conexión trenzada	Se muestran 3 conexiones	
Unión	Punto de conexión de dos o más conductores	
Terminal	Punto de toma de energía	
Regleta de terminales	Se puede añadir marcas de terminales	
Corriente continua		
Corriente alterna		
Corriente rectificada con componente alterna	Es necesario distinguirla de una corriente rectificada y filtrada	
Polaridad positiva		
Polaridad negativa		
Neutro		

Tierra	Se puede dar información adicional sobre el estado de la tierra si su finalidad no es evidente	
Masa - chasis	Se puede omitir completa o parcialmente las rayas si no existe ambigüedad. Si se omiten, la línea de masa debe ser más gruesa	
Equipotencialidad		
Contacto hembra – Base de enchufe	En una representación unifilar, el símbolo indica la parte hembra de un conector multicontacto	
Contacto macho – Clavija de enchufe	En una representación unifilar, el símbolo indica la parte macho de un conector multicontacto	
Base y clavija		
Lámpara	Símbolo general	
Resistencia	Símbolo general	
Resistencia variable		
Condensador	Símbolo general	
Bobina	Inductancia, arrollamiento o reactancia	
Bobina con núcleo magnético		

Interruptores	Interruptor normalmente abierto (NA)	
	Interruptor normalmente cerrado (NC)	
	Interruptor automático	
Conmutador		
Pulsador normalmente cerrado (NC)		
Pulsador normalmente abierto (NA)		
Fusible		
Conexión	Mecánica, hidráulica, óptica o funcional	
	Se utiliza cuando no se puede utilizar el símbolo anterior	
	Con indicación del sentido de la fuerza o movimiento de la translación	
	Con indicación del sentido del movimiento de la rotación	
	Con retorno automático. El triángulo se dirige hacia el sentido del retorno	
	Trinquete, retén o retorno no automático	
	Trinquete o retén liberado	
	Trinquete o retén encajado	

Conexión	Enclavamiento mecánico entre dos dispositivos	
	Dispositivo de enganche liberado	
	Dispositivo de enganche enganchado	
	Dispositivo de bloqueo	
Accionadores	Accionador manual	
	Accionador manual protegido contra una operación no intencionada	
	Mando de tirador	
	Mando rotatorio	
	Mando de pulsador	
	Mando por efecto de proximidad	
	Mando por contacto	
	Accionamiento de emergencia tipo "hongo"	
	Mando de palanca	
	Mando de llave	
	Mando de corredera o roldana. Final de carrera	
	Accionamiento por efecto electromagnético. Relé.	

Relés	Bobina de relé, contactor u otro dispositivo de mando.	
	Dispositivo de mando retardado a la desconexión	
	Dispositivo de mando retardado a la conexión	
	Dispositivo de mando retardado a la conexión y a la desconexión	
	Mando de un relé rápido	
	Mando de un relé de enclavamiento mecánico	
	Mando de un relé polarizado	

Relés	Mando de un relé de remanencia	
	Mando de un relé electrónico	
	Bobina de una electroválvula	
Contactos temporizados	Contacto de cierre retardado a la conexión de su dispositivo de mando	
	Contacto de cierre retardado a la desconexión de su dispositivo de mando	
	Contacto de apertura retardado a la conexión de su dispositivo de mando	
	Contacto de apertura retardado a la desconexión de su dispositivo de mando	
	Contacto de cierre retardado a la conexión y también a la desconexión de su dispositivo de mando	
Operadores lógicos binarios	Puerta lógica SI	

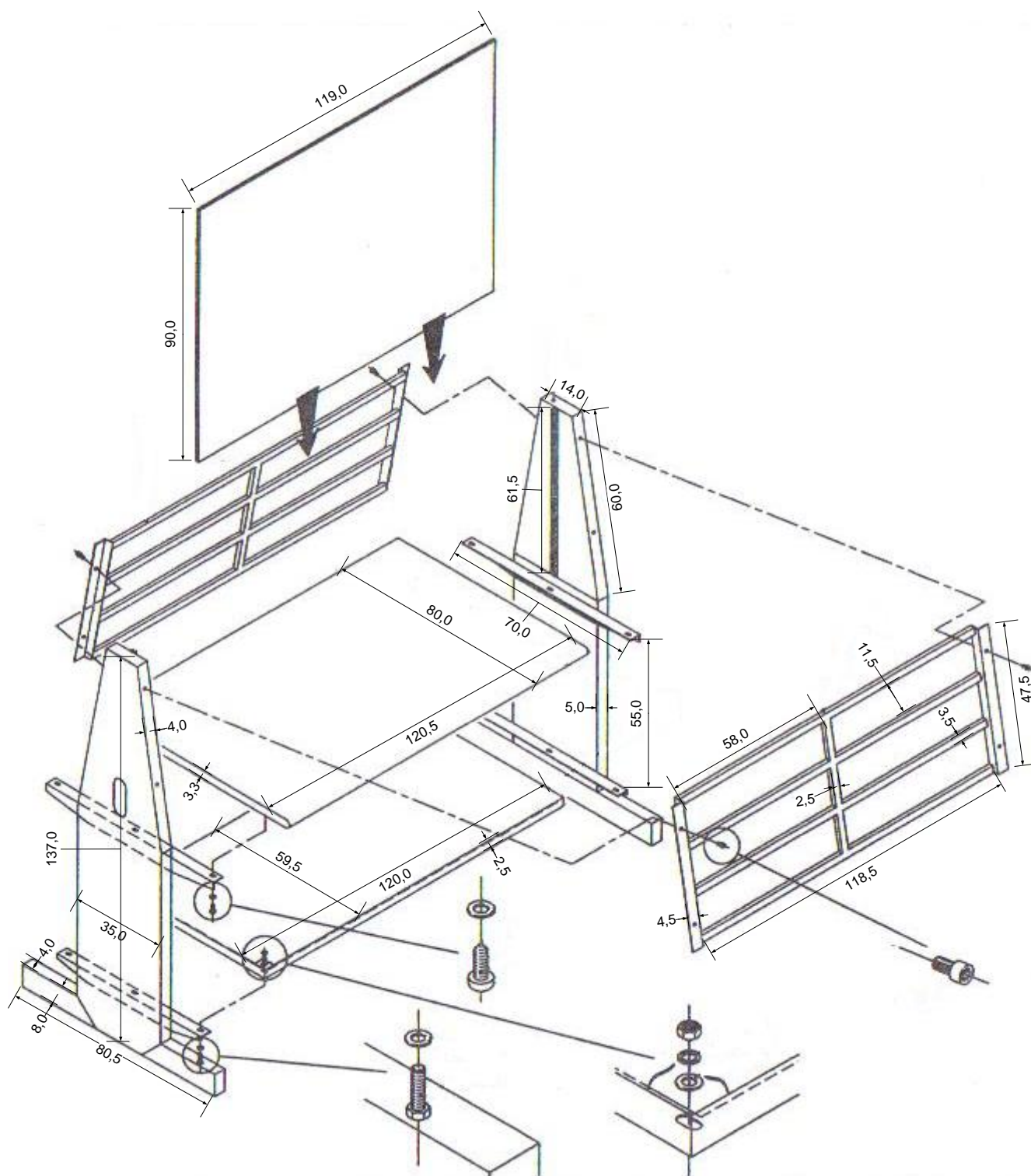
Operadores lógicos binarios	Puerta lógica NO o inversora (NOT)	
	Puerta lógica Y (AND)	
	Puerta lógica O (OR)	

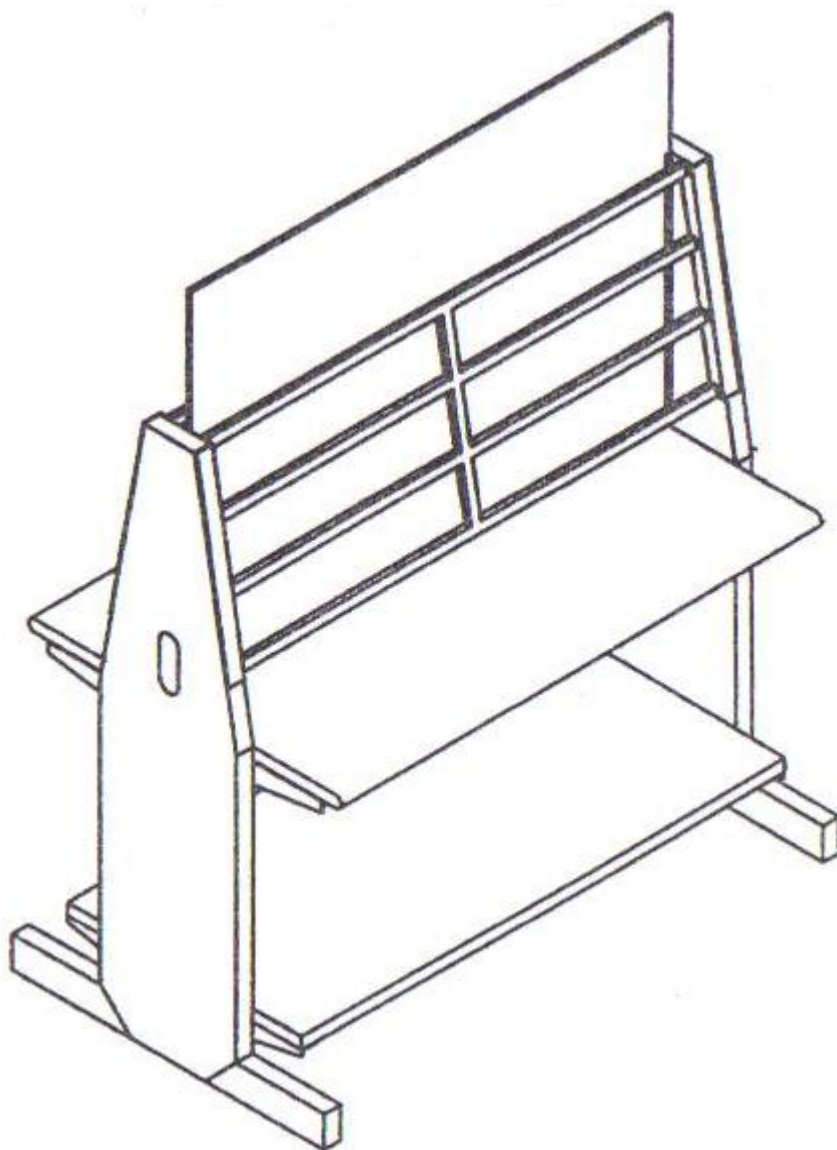
ANEXO 3

DATASHEETS DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO

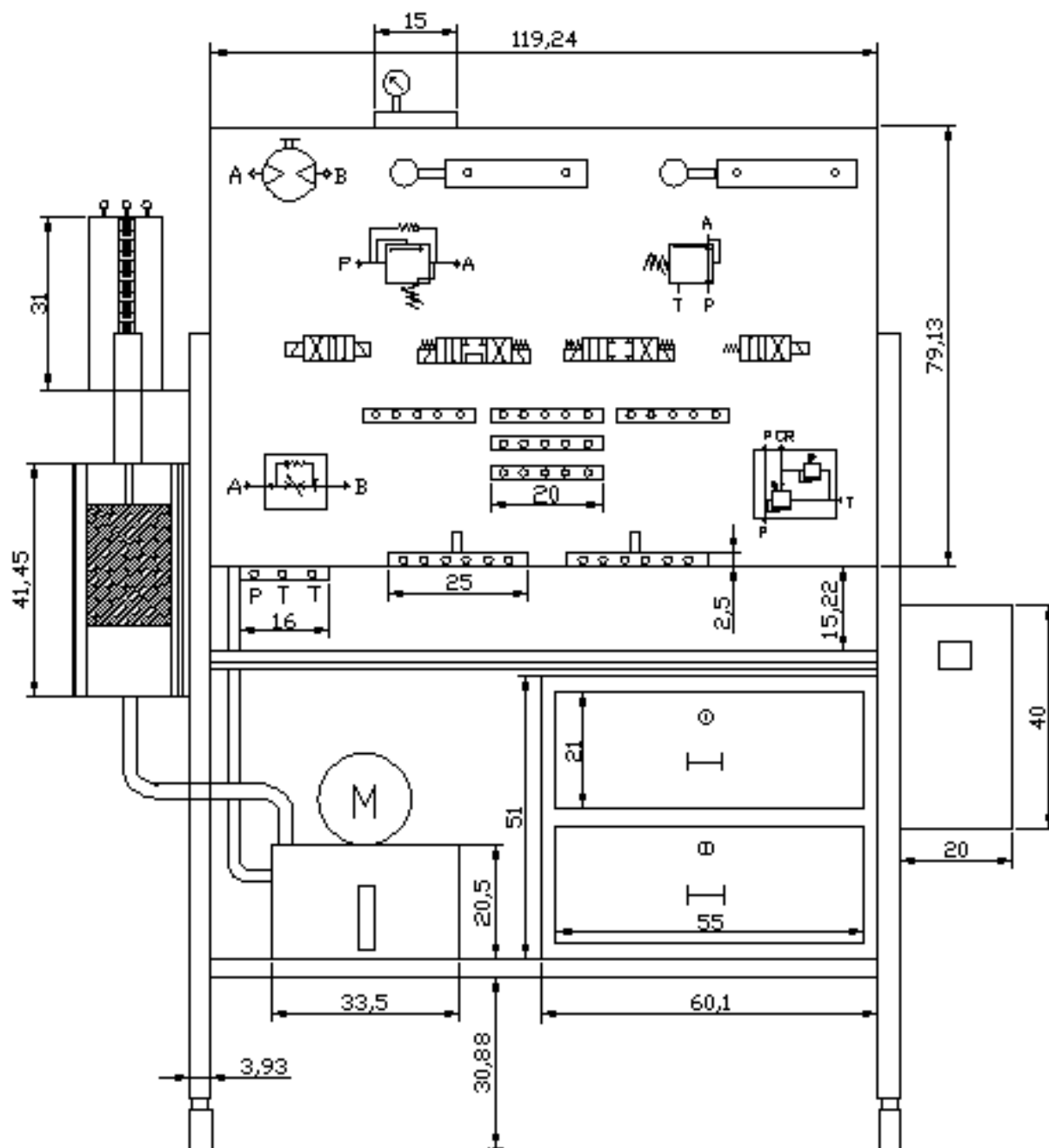
ANEXO 4

ESQUEMAS DE LOS MÓDULOS Y DISPOSICIÓN FÍSICA DEL LABORATORIO

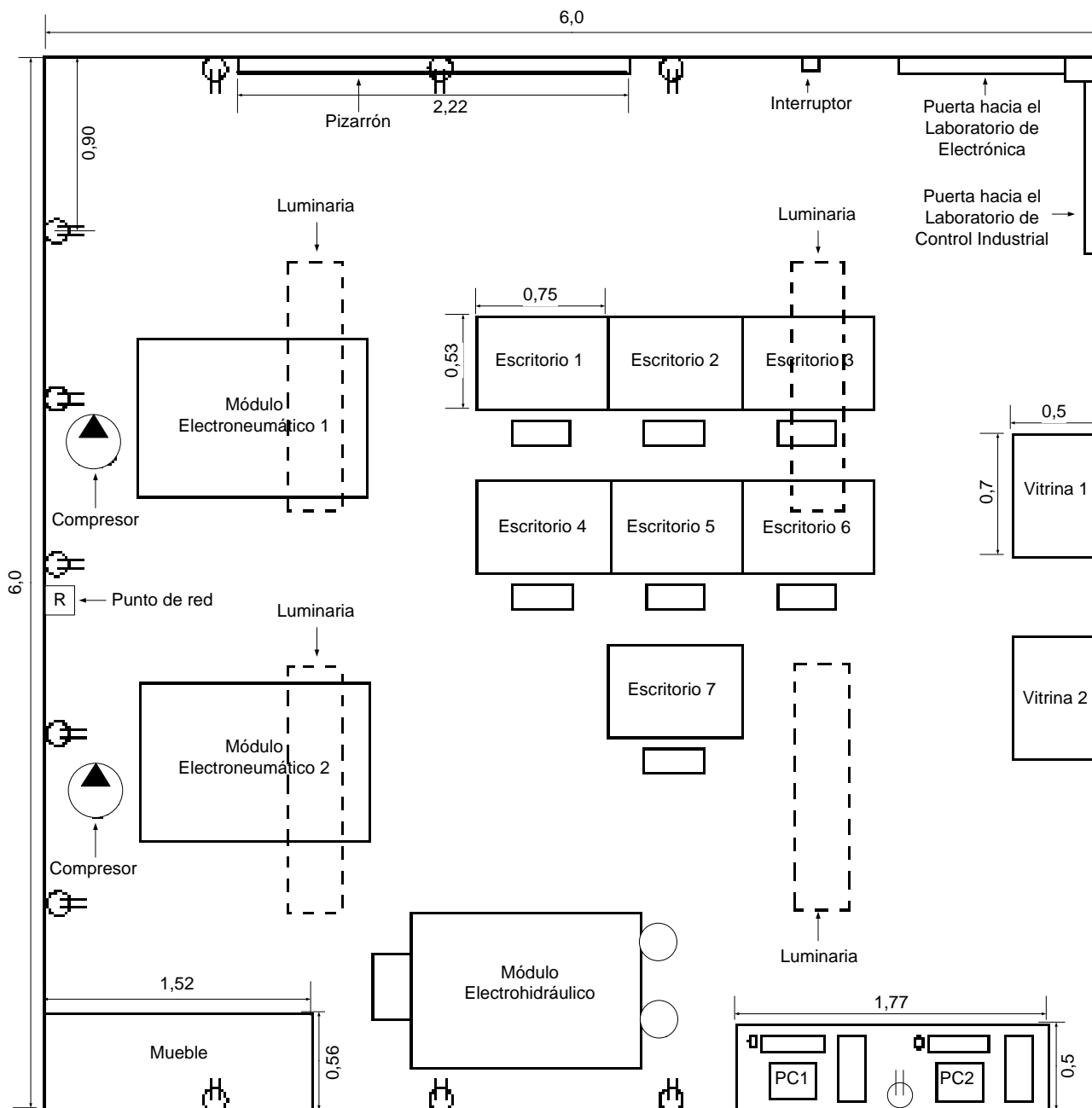
Anexo 4.1. Despiece del módulo neumático con dimensiones en centímetros

Anexo 4.2. Vista del módulo neumático armado

Anexo 4.3. Vista frontal del módulo hidráulico
(las dimensiones mostradas están en centímetros)



Anexo 4.4. Disposición física del laboratorio con sus equipos y muebles
(las dimensiones mostradas están en metros)



Anexo 4.5. Fotografías del Laboratorio implementado



Se observan los módulos neumáticos junto a la ventana



Se observan las computadoras y el módulo hidráulico



Se observan las vitrinas de almacenamiento de equipos y las puertas de acceso



Se observa el pizarrón al igual que los escritorios para los estudiantes

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1: TEORÍA DE MECÁNICA DE FLUÍDOS EN APLICACIONES INDUSTRIALES	11
Figura. 1.1. Placas paralelas en movimiento	16
Figura 1.2. Identificación de orificios en una válvula direccional de 5 vías y 2 posiciones	24
Figura. 1.3. Esquema para un sistema de remachado.....	25
Figura. 1.4. Esquema eléctrico ladder horizontal (basado en normas JIC) de un sistema que permite controlar el accionamiento de un motor DC.....	28
Figura. 1.5. Esquema eléctrico ladder vertical (basado en normas IEC) de un sistema que permite controlar el accionamiento de un motor	29
Figura. 1.6. Compresor de émbolo.....	33
Figura. 1.7. Compresor de paletas.....	34
Figura. 1.8. Acumulador.....	36
Figura. 1.9. Disposición completa de todos los elementos que pueden integrar una unidad de mantenimiento según la normativa CE	37
Figura. 1.10. Filtro de aire.....	38
Figura. 1.11. Regulador de presión	39
Figura. 1.12. Lubricador	40
Figura. 1.13. Constitución física de un cilindro.....	42
Figura. 1.14. Cilindro de simple efecto	43
Figura. 1.15. Cilindro de doble efecto.....	44
Figura. 1.16. Nomenclatura para válvulas distribuidoras.....	46
Figura. 1.17. Montaje de la tubería.....	50
Figura. 1.18. Depósito Hidráulico.....	51
Figura. 1.19. Bomba de paletas	53
Figura. 1.20. Bomba de paletas balanceadas.....	53
Figura. 1.21. Válvula antirretorno	56
Figura. 1.22. Válvula de secuencia	57

Figura. 1.23. Válvula de estrangulación.....	58
Figura. 1.24. Variación de fuerza y recorrido mediante una transmisión por palanca.....	60
Figura. 1.25. Aumento de la carrera de un cilindro por cable a tracción.....	62
Figura. 1.26. Giro de 90° y elevación simultánea de una pieza desde la salida de la estación anterior a la entrada de la siguiente	68
Figura. 1.27. Desvío de 180° en el circuito principal de una cadena de transporte.....	68
Figura. 1.28. Almacén de caída por gravedad.....	72
Figura 1.29. Plato divisor de ocho estaciones.....	74
 CAPÍTULO 2: ELECTRÓNICA DE CONTROL EN MECÁNICA DE FLUIDOS.....	80
 Figura. 2.1. Final de carrera mecánico.....	85
Figura. 2.2. Final de carrera mecánico.....	86
Figura. 2.3. Esquema interno de un sensor inductivo.....	87
Figura. 2.4. Sensor capacitivo.....	88
Figura. 2.5. Sensor óptico.....	89
Figura. 2.6. Constitución física de un relé.....	90
Figura. 2.7. Relé con cierre retardado.....	91
Figura. 2.8. Relé con apertura retardada.....	92
Figura. 2.9. Electroválvula biestable.....	93
Figura. 2.10. Presóstato	95
Figura. 2.11. Micro PLC LOGO! Siemens.....	96
Figura. 2.12. Plano de desarrollo de programa para una máquina remachadora.....	100
Figura. 2.13. Diagrama espacio-fase para la máquina de remachado.....	101
Figura. 2.14. Diagrama espacio-tiempo para la máquina de remachado.....	102
Figura. 2.15. Ciclo semiautomático de un cilindro neumático de doble efecto (esquema eléctrico).....	105
Figura. 2.16. Ciclo semiautomático de un cilindro neumático de doble efecto (esquema neumático).....	105

Figura. 2.17. Ciclo automático de un cilindro neumático de doble efecto (esquema eléctrico).....	107
Figura. 2.18. Ciclo automático de un cilindro neumático de doble efecto (esquema neumático).....	108
Figura. 2.19. Ciclo manual de un cilindro hidráulico de doble efecto (esquema eléctrico).....	110
Figura. 2.20. Ciclo manual de un cilindro hidráulico de doble efecto (esquema hidráulico).....	111
CAPÍTULO 3: ESTUDIO DE LOS EQUIPOS DE LABORATORIO.....	112
Figura. 3.1. Módulo de electroneumática.....	113
Figura. 3.2. Módulo de electrohidráulica.....	113
Figura. 3.3. Sistema de seguridad neumático.....	120
Figura. 3.4. Compresor portátil.....	122
Figura. 3.5. Unidad de mantenimiento neumático.....	123
Figura. 3.6. Cilindro de simple efecto.....	124
Figura. 3.7. Cilindro de doble efecto sin sensores reed.....	124
Figura. 3.8. Cilindro de doble efecto con sensores reed.....	125
Figura. 3.9. Válvula 3/2 vías monoestable.....	126
Figura. 3.10. Válvula 5/2 vías monoestable.....	126
Figura. 3.11. Válvula 5/2 vías biestable.....	127
Figura. 3.12. Válvula electroneumática proporcional con regulación de flujo VEF3121.....	128
Figura. 3.13. Válvula electroneumática proporcional con regulación de presión.....	129
Figura. 3.14. Válvula electroneumática proporcional 5/2 de doble bobina.....	130
Figura. 3.15. Tarjeta amplificadora de potencia VEA251.....	133
Figura. 3.16. Tarjeta amplificadora de potencia VEA252.....	134
Figura. 3.17. Final de carrera eléctrico de activación por rodillo.....	135
Figura. 3.18. Sensor inductivo.....	136
Figura. 3.19. Sensor fotoeléctrico.....	136

Figura. 3.20. Sensor capacitivo.....	137
Figura. 3.21. Sensor digital de presión.....	138
Figura. 3.22. Fuente de poder 24 VDC, 2 A.....	139
Figura. 3.23. Módulo de botoneras de tres botones.....	140
Figura. 3.24. Módulo de relés.....	140
Figura. 3.25. Módulo temporizador.....	141
Figura. 3.26. Módulo de parada de emergencia.....	142
Figura. 3.27. Módulo de control con Micro PLC LOGO Siemens 12/24 RC.....	144
Figura. 3.28. Elementos de Fitting. Desde la izquierda: unió, teé y tapón.....	145
Figura. 3.29: Central hidráulica.....	146
Figura. 3.30. Caja eléctrica del circuito partida – parada del motor de la central hidráulica.....	147
Figura. 3.31. Cilindro hidráulico de doble efecto.....	149
Figura. 3.32. Sensor reed SMC D-B54.....	150
Figura. 3.33. Cilindro de doble efecto con sistema de peso.....	151
Figura. 3.34. Motor hidráulico (actuador).....	152
Figura. 3.35. Válvula distribuidora 4/2 vías monoestable.....	153
Figura. 3.36. Válvula distribuidora 4/2 vías biestable.....	153
Figura. 3.37. Válvula distribuidora 4/3 vías biestable posición central Tándem.....	154
Figura. 3.38. Válvula distribuidora 4/3 vías biestable posición central Tándem.....	155
Figura. 3.39. Válvula limitadora de presión directa VMD2001C.....	156
Figura. 3.40. Válvula de secuencia de acción directa.....	157
Figura. 3.41. Válvula reductora de presión de tres vías.....	158
Figura. 3.42. Válvula limitadora de presión indirecta con CR.....	159
Figura. 3.43. Válvula de caudal unidireccional compensado con llave de seguridad de dos vías.....	160
Figura. 3.44. Válvula reguladora de caudal unidireccional VRFU9002.....	161
Figura. 3.45. Válvulas de cierre o corte rápido.....	161
Figura. 3.46 Válvula de retención simple.....	162
Figura. 3.47. Válvula de retención pilotada.....	163

Figura. 3.48. Medidor de volumen con tres llegadas.....	163
Figura. 3.49. Manómetro con glicerina.....	164
Figura. 3.50. Mangueras hidráulicas flexibles	165
Figura. 3.51. Estructura física de las mangueras de conexión hidráulicas bajo norma DIN 20022 1SN / EN853 1SN	166
Figura. 3.52. Manifold de presión	166
Figura. 3.53. Manifolds distribuidores.....	167

CAPITULO 4: IMPLEMENTACIÓN DE LABORATORIO168

Figura. 4.1. Esquema neumático para proporcionar aire comprimido a cada módulo de trabajo	174
--	-----

CAPITULO 5: ELABORACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO177

Práctica 1:

Figura. 5.3.1.1. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al problema 1.....	184
Figura. 5.3.1.2. Subproceso “Condiciones Iniciales”	185
Figura. 5.3.1.3. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 1	185
Figura. 5.3.1.4. Sistema de suministro de energía neumática a cada módulo	186
Figura. 5.3.1.5: Sistema neumático correspondiente al problema 1.....	186
Figura. 5.3.1.6. Sistema eléctrico correspondiente al problema 1.....	187
Figura. 5.3.1.7. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al problema 2.....	188
Figura. 5.3.1.8. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 2	189
Figura. 5.3.1.9: Sistema neumático correspondiente al problema 2.....	190
Figura. 5.3.1.10. Sistema eléctrico correspondiente al problema 2.....	190

Práctica 2:

Figura. 5.3.2.1. Diagrama Espacio – Fase.....	199
---	-----

Figura. 5.3.2.2. Plano de desarrollo de programa.....	200
Figura. 5.3.2.3. Sistema neumático.....	201
Figura. 5.3.2.4. Sistema eléctrico.....	202

Práctica 3:

Figura. 5.3.3.1. Diagrama Espacio – Fase para las funciones lógicas AND, OR, NAND y NOR.....	214
Figura. 5.3.3.2. Plano de desarrollo de programa correspondiente a la función lógica AND.....	214
Figura. 5.3.3.3. Sistema neumático correspondiente a la función lógica AND.....	215
Figura. 5.3.3.4. Sistema eléctrico correspondiente a la función lógica AND.....	215
Figura. 5.3.3.5. Plano de desarrollo de programa correspondiente a la función lógica OR.....	217
Figura. 5.3.3.6. Sistema neumático correspondiente a la función lógica OR.....	218
Figura. 5.3.3.7. Sistema eléctrico correspondiente a la función lógica OR.....	218
Figura. 5.3.3.8. Plano de desarrollo de programa correspondiente a la función lógica NAND.....	219
Figura. 5.3.3.9. Sistema neumático correspondiente a la función lógica NAND.....	220
Figura. 5.3.3.10. Sistema eléctrico con pulsadores en paralelo correspondiente a la función lógica NAND.....	220
Figura. 5.3.3.11. Sistema eléctrico con pulsadores en serie correspondiente a la función lógica NAND.....	221
Figura. 5.3.3.12. Plano de desarrollo de programa correspondiente a la función lógica NOR.....	222
Figura. 5.3.3.13. Sistema neumático correspondiente a la función lógica NOR.....	223
Figura. 5.3.3.14. Sistema eléctrico con pulsadores en paralelo correspondiente a la función lógica NOR.....	223
Figura. 5.3.3.15. Sistema eléctrico con pulsadores en serie correspondiente a la función lógica NOR.....	224

Figura. 5.3.3.16. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al sistema completo.....	225
Figura. 5.3.3.17. Plano de desarrollo de programa correspondiente al sistema completo.....	226
Figura. 5.3.3.18. Sistema neumático correspondiente al sistema completo.....	227
Figura. 5.3.3.19. Sistema eléctrico correspondiente al sistema completo.....	228

Práctica 4:

Figura. 5.3.4.1. Diagrama Espacio – Fase correspondiente problema 1.....	236
Figura. 5.3.4.2. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 1.....	236
Figura. 5.3.4.3. Sistema neumático correspondiente al problema 1.....	237
Figura. 5.3.4.4. Sistema eléctrico correspondiente al problema 1.....	237
Figura. 5.3.4.5. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al problema 2.....	238
Figura. 5.3.4.6. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 2.....	239
Figura. 5.3.4.7. Sistema neumático correspondiente al problema 2.....	240
Figura. 5.3.4.8. Sistema eléctrico correspondiente al problema 2.....	240

Práctica 5:

Figura. 5.3.5.1. Disposición de actuadores para la trituración de latas de aluminio.....	246
Figura. 5.3.5.2. Diagrama Espacio – Fase.....	247
Figura. 5.3.5.3. Plano de desarrollo de programa (parte 1).....	248
Figura. 5.3.5.4. Plano de desarrollo de programa (parte 2).....	249
Figura. 5.3.5.5. Sistema hidráulico.....	249
Figura. 5.3.5.6. Sistema eléctrico.....	250

Práctica 6:

Figura. 5.3.6.1. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 1.....	266
Figura. 5.3.6.2. Sistema hidráulico correspondiente al problema 1.....	267
Figura. 5.3.6.3. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al problema 2.....	268
Figura. 5.3.6.4. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 2.....	268
Figura. 5.3.6.5. Sistemas hidráulicos correspondientes al problema 2: a) control de	

velocidad de avance, b) control de velocidad de retroceso, c) control de ambas velocidades	269
Figura. 5.3.6.6. Sistema eléctrico correspondiente al problema 2	269
Figura. 5.3.6.7. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al problema 3	270
Figura. 5.3.6.8. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 3	271
Figura. 5.3.6.9. Sistema hidráulico correspondiente al problema 3	272
Figura. 5.3.6.10. Sistema eléctrico correspondiente al problema 3	272

Práctica 7:

Figura. 5.3.7.1. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al problema 1	285
Figura. 5.3.7.2. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 1	285
Figura. 5.3.7.3. Sistemas hidráulicos correspondientes al problema 1: a) control de velocidad de avance, b) control de velocidad de retroceso, c) control de ambas velocidades	286
Figura. 5.3.7.4. Sistema eléctrico correspondiente al problema 1	286
Figura. 5.3.7.5. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 2	287
Figura. 5.3.7.6. Sistema hidráulico correspondiente al problema 2	288
Figura. 5.3.7.7. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 3	289
Figura. 5.3.7.8. Sistema hidráulico correspondiente al problema 3	289
Figura. 5.3.7.9. Sistema eléctrico correspondiente al problema 3	290

Práctica 8:

Figura. 5.3.8.1. Sistema de carga por gravedad a simular en la práctica	296
Figura. 5.3.8.2. Diagrama Espacio – Fase	297
Figura. 5.3.8.3. Plano de desarrollo de programa	298
Figura. 5.3.8.4. Sistema neumático	299
Figura. 5.3.8.5. Sistema eléctrico	299

Práctica 9:

Figura. 5.3.9.1. Máquina estampadora a simular en el problema 2	307
---	-----

Figura. 5.3.9.2. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al problema 1.....	308
Figura. 5.3.9.3. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 1	309
Figura. 5.3.9.4. Sistema neumático correspondiente al problema 1.....	310
Figura. 5.3.9.5. Sistema eléctrico correspondiente al problema 1.....	310
Figura. 5.3.9.6. Programa del Micro PLC LOGO! correspondiente al problema 1.....	312
Figura. 5.3.9.7. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al problema 2.....	312
Figura. 5.3.9.8 Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 2.....	313
Figura. 5.3.9.9. Sistema neumático correspondiente al problema 2.....	314
Figura. 5.3.9.10. Sistema eléctrico correspondiente al problema 2.....	314
Figura. 5.3.9.11 Programa del Micro PLC LOGO! correspondiente al problema 2.....	315

Práctica 10:

Figura. 5.3.10.1. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al problema 1.....	325
Figura. 5.3.10.2. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 1.....	326
Figura. 5.3.10.3. Sistema neumático correspondiente al problema 1.....	327
Figura. 5.3.10.4. Sistema eléctrico con el módulo de temporización SAI2039 correspondiente al problema 1.....	327
Figura. 5.3.10.5. Sistema eléctrico con el Micro PLC Siemens LOGO! correspondiente al problema 1	329
Figura. 5.3.10.6. Programa del Micro PLC Siemens LOGO! correspondiente al problema 1.....	330
Figura. 5.3.10.7. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al problema 2.....	330
Figura. 5.3.10.8. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 2.....	331
Figura. 5.3.10.9. Sistema neumático correspondiente al problema 2.....	332
Figura. 5.3.10.10. Sistema eléctrico con el módulo de temporización SAI2039 correspondiente al problema 2.....	332
Figura. 5.3.10.11. Sistema eléctrico con el Micro PLC Siemens LOGO! correspondiente al problema 2.....	333
Figura. 5.3.10.12. Programa del Micro PLC Siemens LOGO! correspondiente al problema 2.....	334

Práctica 11:

Figura. 5.3.11.1. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al problema 1.....	344
Figura. 5.3.11.2. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 1.....	345
Figura. 5.3.11.3. Sistema neumático correspondiente al problema 1.....	346
Figura. 5.3.11.4. Sistema eléctrico correspondiente al problema 1.....	346
Figura. 5.3.11.5: Circuito para la generación de la señal de control de la tarjeta amplificadora de potencia.....	347
Figura. 5.3.11.6. Diagrama de bloques del sistema correspondiente al problema 1.....	347
Figura. 5.3.11.7. Diagrama Espacio – Fase correspondiente al problema 2.....	348
Figura. 5.3.11.8. Plano de desarrollo de programa correspondiente al problema 2.....	349
Figura. 5.3.11.9. Sistema neumático correspondiente al problema 2.....	350
Figura. 5.3.11.10. Sistema eléctrico correspondiente al problema 2.....	350
Figura. 5.3.11.11. Diagrama de bloques del sistema correspondiente al problema 2.....	351

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 1.1. Identificación de orificios según el CETOP	24
Tabla 1.2. Relación del diámetro del émbolo con la carrera máxima que se puede obtener en un cilindro.....	61
Tabla 2.1. Principales símbolos utilizados para planos de desarrollo de programa según DIN 66001.....	99
Tabla. 5.3.3.1. Lógica de operación de la función lógica AND.....	209
Tabla. 5.3.3.2. Lógica de operación de la función lógica OR.....	210
Tabla. 5.3.3.3. Lógica de operación de la función lógica NAND.....	211
Tabla. 5.3.3.4. Lógica de operación de la función lógica NOR.....	212
Tabla. 5.3.6.1. Tabla de datos correspondiente al problema 1.....	264
Tabla. 5.3.6.2. Tabla de datos correspondiente al problema 2.....	265
Tabla. 5.3.7.1. Tabla de datos correspondiente al problema 1.....	282
Tabla. 5.3.7.2. Tabla de datos correspondiente al problema 2.....	283
Tabla. 5.3.7.3. Tabla de datos correspondiente al problema 3.....	284
Tabla. 5.3.10.1. Formas de programación del tiempo en el Micro PLC Siemens LOGO!.....	339

GLOSARIO

Álgebra de Boole.- Es una estructura algebraica que está basada en las operaciones lógicas Y, O y NO, así como el conjunto de operaciones unión, intersección y complemento.

Amplificador electrónico.- Circuito electrónico cuya función es incrementar alguna magnitud eléctrica de un circuito, entre ellas la intensidad de corriente, la tensión o la potencia de una señal.

Braker.- Switth eléctrico de operación automática diseñado para proteger un circuito eléctrico de daños causados por una sobrecarga o un corto circuito.

CETOP.- Acrónimo de *Comité Européen des Transmissions Oléohydrauliques et Pneumatiques*: Comité Europeo de Transmisiones Oleohidráulicas y Neumáticas.

Conveyor.- Es una estructura mecánica orientada a la manipulación de materiales que se mueven de un lugar a otro. Son ampliamente utilizados en la industria en sus líneas de producción.

DIN.- Acrónimo de *Deutsches Institut für Normung*: Instituto Alemán de Normalización.

Display.- Visualizador electrónico que permite mostrar información al usuario.

Electroneumático.- Sistema que combina la energía eléctrica junto con la neumática para realizar alguna aplicación específica.

Entrada trigger.- Entrada de activación o disparo de un circuito electrónico.

Fitting.- Cualquier elemento que puede unir o conectar dos o más piezas.

IEC.- Acrónimo de *International Electrotechnical Commission*. Es una organización de estandarización no gubernamental que publica estándares relacionados a lo eléctrico, electrónico y todo lo relacionado con tecnología.

Inducido.- Es lo que se refiere a las máquinas eléctricas, es la parte que tiene como función transformar el campo magnético en fuerza electromotriz (fem) para los generadores, o en par de giro para los motores. Suele estar constituido por un conjunto de bobinas de hilo de cobre sobre núcleos de hierro o acero.

INEN.- Acrónimo de *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. Es la entidad dentro del país encargada de publicar normas y estándares para todo aquello que deba ser normado en el país.

ISO.- Es la *Organización Internacional para la Estandarización*. Sus siglas provienen del griego *iso*: igual.

JIC.- Acrónimo de *Joint Industrial Council*. Es el Consejo Conjunto de Normalización para la Industria Eléctrica.

Manifold.- Válvula neumática o hidráulica de múltiples conexiones que permite distribuir la energía a través de ella hacia cada una de sus conectores.

Muelle.- Resorte, pieza elástica helicoidal de metal u otra materia.

Multivoltaje.- Que soporta varios niveles de tensión para su funcionamiento.

Newton.- Unidad de fuerza en el Sistema Internacional de Unidades.

Oleoneumático.- Aceite sometido a presión a través de un sistema de aire. Por lo general este tipo de sistemas se utilizan para ejercer grandes fuerzas, para grúas o gatos neumáticos.

Optoacoplador.- También llamado *optoaislador* o *aislador acoplado ópticamente*, es un dispositivo de emisión y recepción de luz que funciona como un interruptor excitado mediante la luz.

Pandeo.- Fenómeno de inestabilidad elástica que puede darse en elementos comprimidos esbeltos, y que se manifiesta por la aparición de desplazamientos importantes transversales a la dirección principal de compresión.

Repetibilidad.- Es una medida estadística de la consistencia entre medidas repetidas de un mismo carácter en un mismo individuo.

Servopillada.- Es aquella válvula que internamente contiene dos válvulas diferentes: una encargada del pilotaje y la otra de permitir el paso de aire.

Slug.- Unidad de masa en el sistema inglés, equivalente al utm del SI.

Solenoid.- Es un alambre aislado enrollado en forma de bobina con un número de espiras, acorde a las necesidades, por el cual circula una corriente eléctrica, que genera un campo magnético dentro del solenoide. Los solenoides generan campo magnético uniforme.

Superficie equipotencial.- Es el lugar geométrico de los puntos de un campo escalar en los cuales el "potencial de campo" o valor numérico de la función que representa el campo, es constante.

Triac.- También llamado *Triodo para Corriente Alterna*. Es un semiconductor de la familia de los transistores. La diferencia con un tiristor es que éste es unidireccional mientras que el

Triac es bidireccional. Se dice que el Triac es un interruptor capaz de conmutar la corriente alterna.

Uma.- De símbolo u , es la llamada *unidad de masa atómica*, equivalente a una duodécima parte de la masa de un átomo de carbono-12.

Vacuómetro.- Instrumento medidor de presión para valores inferiores a la presión atmosférica. Es en sí un manómetro adecuado para realizar medidas negativas de presiones relativas.

VDI.- Acrónimo de "*Verein Deutscher Ingenieure*": La Asociación de Ingenieros de Alemania.

INDICE DE DATASHEETS

Datasheets del Equipo Neumático

- D1. 2/3 Mechanical Valve Series VM200
- D2. Pneumatic Indicator VR3100
- D3. Campbell Air Compressor HL410100
- D4. Air Filter Series AF
- D5. Pressure Regulator Series AR
- D5. Lubricator Series AL
- D7. Electro-pneumatic Proportional Valve Series VEF/VEP
- D8. 5 Port Electro-pneumatic Proportional Valve Series VER2000/4000
- D9. Power Amplifier for Electro-pneumatic Proportional Valve Series VEA
- D10. High Precision Digital Pressure Switch Series ZSE40/ISE40
- D11. Timers Multifunction Types DMB51, DMB71
- D12. Micro PLC LOGO! Siemens
- D13. Reed Switch/Band Mounting D-C73/D-C76/D-C80
- D14. One-touch Fittings

Datasheets del Equipo Hidráulico

- D16. DRA240 Series
- D17. Reed Switth/Band Mounting D-B53/D-B54/D-B64
- D18. Relief Valve – Direct Acting Type VMD20
- D19. 90° Flow Regulator with Check Valve VRFU90
- D20. Check Valve VUR

FECHA DE ENTREGA

El día jueves 30 de abril del 2009, en la ciudad de Sangolquí, firman en constancia de la entrega del presente Proyecto de Grado titulado “DISEÑO DE IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE ELECTROFLUIDOS PARA LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO”, en calidad de Autor el Sr. Darío Andrés Alulema Luzuriaga, estudiante de la carrera de Ingeniería Electrónica – Automatización y Control, y recibe por parte del Departamento de Eléctrica y Electrónica el Director de Carrera de Ingeniería Electrónica Automatización y Control, el Señor Ing. Víctor Proaño.

Darío Andrés Alulema Luzuriaga

CC: 1715293807

Ing. Víctor Proaño

COORDINADOR DE LA CARRERA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL