

Fluidos

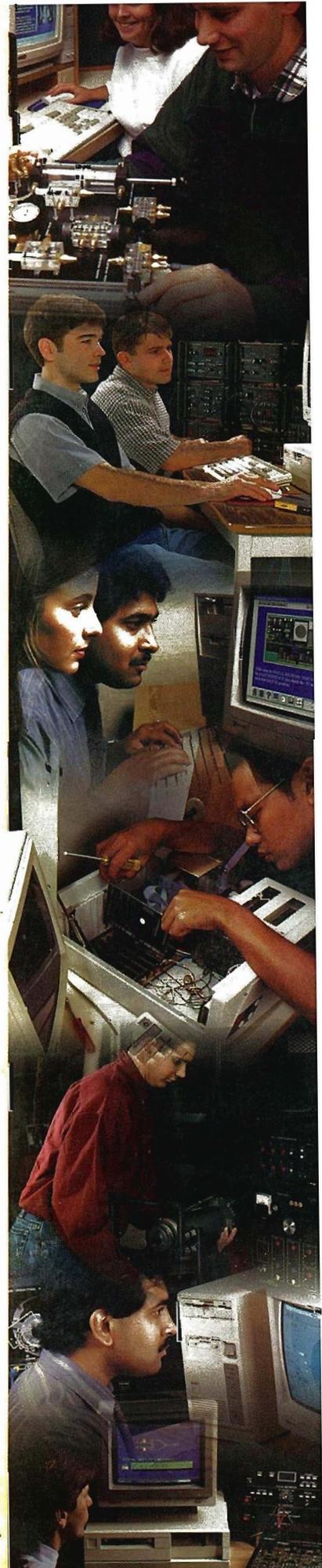
# Fundamentos de neumática

Manual del estudiante  
31290-02

Impreso en Canadá



3 0 3 1 2 9 0 0 2 0 3 1 1 d



**Loib-Volt®**



Fluidos

# Fundamentos de neumática

Manual del estudiante  
31290-02



***Lab-Volt***<sup>®</sup>





FLUIDOS  
FUNDAMENTOS DE NEUMÁTICA

por  
el personal  
de  
Lab-Volt (Quebec) Ltda.

**Copyright © 1999 Lab-Volt Ltda.**

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, de ninguna forma ni por ningún medio, sin la previa autorización escrita de Lab-Volt Quebec Ltda.

**Depósito legal – Tercer trimestre de 1999**

**ISBN 2-89289-453-0**

**PRIMERA EDICIÓN, SEPTIEMBRE DE 1999**

**Impreso en Canadá  
Noviembre de 2003**

# Prólogo

El Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt es una presentación modularizada de los principios de la energía neumática y su aplicación controlada. El Sistema Didáctico en Neumática consta de un programa de entrenamiento introductorio y uno avanzado.

El programa introductorio se basa en dos manuales: Volumen 1, Fundamentos de Neumática, que cubre los principios básicos de neumática; Volumen 2, Control Eléctrico de Sistemas Neumáticos, que cubre los circuitos eléctricos y los diagramas en escalera para aplicaciones neumáticas. Ambos manuales están destinados para utilizarlos con el Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt.

El programa de entrenamiento avanzado amplía el curso introductorio con aplicaciones neumáticas que demuestran los controles neumáticos, controladores programables, sensores, controles proporcionales y servocontroles. Las aplicaciones cubiertas se basan en las que podemos encontrar en la industria. El programa introductorio es un requisito previo para el programa avanzado.

Este manual, volumen 1 de la serie Neumática, introduce a los estudiantes en los principios básicos de esta rama de la física. Incluye la identificación y operación de los componentes básicos de la neumática tales como: válvulas, reguladores de caudal y actuadores. También se cubren las relaciones entre fuerza, presión, área y volumen aplicadas al aire comprimido.

La Guía del Instructor para Fundamentos de Neumática de Lab-Volt y Control Eléctrico de Sistemas Neumáticos (P/N 31290-12) proporciona las respuestas a los pasos de los procedimientos y a las preguntas de revisión que se encuentran en cada ejercicio de este manual.

# Reconocimientos

Queremos agradecer al Sr. Patrick Quirion, Ingeniero Mecánico, CEFP, MGI, por su participación en la elaboración del curso de neumática. El señor Quirion imparte clases de energía de los fluidos en Montreal, Canadá.

# Índice

<b>Introducción</b> .....	IX
<b>Unidad 1 Introducción a la Neumática</b> .....	1-1
<i>Exploración del Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt y sus componentes. Reglas de seguridad, identificación de componentes, descripción y operación general. Introducción al equipamiento para el acondicionamiento y distribución de aire.</i>	
<b>Ej. 1-1 Familiarización con el Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt</b> .....	1-3
<i>Descripción del Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt. Configuración de la superficie de trabajo. Identificación de los diferentes componentes. Familiarización con los símbolos, características y usos de cada componente. Reglas de seguridad.</i>	
<b>Ej. 1-2 Introducción a la Neumática</b> .....	1-17
<i>Introducción a las características, aplicaciones, ventajas y desventajas de la potencia neumática. Experiencia con un circuito de demostración utilizando una válvula de control direccional y un cilindro.</i>	
<b>Ej. 1-3 Equipamiento para el acondicionamiento y distribución de aire</b> .....	1-25
<i>Introducción a la unidad de acondicionamiento y sus componentes: válvulas de interrupción, filtro, manómetro, regulador de presión y silenciador. Estudio acerca de los depósitos, acumuladores y válvulas de alivio de seguridad. Observación del efecto de la fricción en un circuito de demostración utilizando un acumulador, una válvula de control direccional, una válvula de control de flujo y un cilindro.</i>	
<b>Unidad 2 Conceptos básicos de Física</b> .....	2-1
<i>Introducción a las relaciones entre presión, fuerza, volumen y caudal. Generación de vacío. Mediciones utilizando componentes neumáticos. Introducción a los caudalímetros, válvulas de aguja, válvulas de retención, válvulas de control de flujo y generadores de vacío.</i>	
<b>Ej. 2-1 Relación entre presión y fuerza</b> .....	2-3
<i>Introducción a la relación entre presión y fuerza. Verificación de la fórmula <math>F = P \times A</math>. Medición de la fuerza provocada por un cilindro en los circuitos de demostración utilizando un cilindro, un manómetro y un dispositivo de carga. Observación de la proporcionalidad entre la fuerza aplicada en una superficie y la presión resultante sobre dicha superficie.</i>	

## Tabla de contenido (continuación)

<b>Ej. 2-2</b>	<b>Relación entre presión y volumen</b> . . . . .	2-13
	<i>Introducción a la relación entre presión y volumen. Verificación de la fórmula <math>(P1 \times V1)/T1 = (P2 \times V2)/T2</math>, comprimiendo aire en la cámara de un cilindro en circuitos de demostración utilizando un cilindro y un manómetro.</i>	
<b>Ej. 2-3</b>	<b>Relación entre caída de presión y caudal</b> . . . . .	2-19
	<i>Introducción a la relación entre la caída de presión y el caudal generado. Observación del efecto de la carga sobre el caudal en circuitos de demostración utilizando un caudalímetro, una válvula de control de flujo y un manómetro. Introducción al caudalímetro, válvulas de aguja, válvulas de retención y válvulas de control de flujo.</i>	
<b>Ej. 2-4</b>	<b>Generación de vacío</b> . . . . .	2-29
	<i>Introducción a la generación de vacío en circuitos de demostración utilizando un generador de vacío, cilindros, un colchón de aire y un manómetro. Demostración de los principios de operación de un manómetro, midiendo la altura de una columna de agua en el circuito de demostración.</i>	
<b>Unidad 3</b>	<b>Controles básicos de cilindros</b> . . . . .	3-1
	<i>Introducción a los componentes empleados en los circuitos fundamentales, en particular, las válvulas de control direccional y los cilindros. Introducción a los métodos de control de velocidad, fuerza y sincronización.</i>	
<b>Ej. 3-1</b>	<b>Válvulas de control direccional</b> . . . . .	3-3
	<i>Introducción a la operación de las válvulas de control direccional. Estudio de los símbolos, operadores, construcción y clasificación. Estudio de las válvulas normalmente de paso y normalmente de no paso. Estudio acerca de cómo seleccionar los circuitos de derivación y las fuentes de alimentación en circuitos de demostración utilizando un caudalímetro, una válvula de control de flujo y una válvula de control direccional de 3 vías y 2 posiciones.</i>	
<b>Ej. 3-2</b>	<b>Control direccional y de velocidad de cilindros</b> . . .	3-11
	<i>Introducción a la operación de los cilindros. Estudio de los símbolos, parámetros dimensionales, construcción y clasificación. Estudio acerca de cómo controlar la velocidad de los cilindros utilizando las válvulas de control de flujo. Verificación de los métodos de regulación de entrada y salida de control en circuitos de demostración utilizando válvulas de control de flujo, control direccional y cilindros.</i>	

# Tabla de contenido (continuación)

<b>Ej. 3-3 Cilindros en serie</b> . . . . .	3-25
<i>Descripción de la operación de un circuito en serie y sincronización de un cilindro. Demostración de la intensificación de presión en los circuitos de demostración utilizando una válvula de control direccional y cilindros.</i>	
<b>Ej. 3-4 Cilindros en paralelo</b> . . . . .	3-33
<i>Descripción de la operación de un circuito para verificar la secuencia de extensión de dos cilindros en paralelo que tienen diferentes cargas. Demostración de cómo sincronizar la extensión de los cilindros en paralelo en los circuitos de demostración utilizando válvulas de control direccional, cilindros y válvulas de control de flujo.</i>	
<b>Unidad 4 Controles básicos de motores neumáticos</b> . . . . .	4-1
<i>Introducción a las válvulas de control direccional accionadas por piloto y a los motores neumáticos. Estudio de los métodos para controlar el par, velocidad y dirección de rotación de los motores neumáticos.</i>	
<b>Ej. 4-1 Control indirecto utilizando válvulas accionadas por piloto</b> . . . . .	4-3
<i>Introducción a la operación de las válvulas de control direccional accionadas por piloto. Estudio acerca de la construcción y clasificación. Demostración de las ventajas del control indirecto en circuitos utilizando un dispositivo con conducto largo, cilindros y válvula de control direccional accionada por piloto de 5 orificios, 4 vías y 2 posiciones.</i>	
<b>Ej. 4-2 Circuitos de motores neumáticos</b> . . . . .	4-13
<i>Introducción a los símbolos, construcción y clasificación de los motores neumáticos. Demostración de cómo controlar el par, la dirección y la velocidad de un motor en un circuito de prueba utilizando válvulas de control direccional, válvulas de control de flujo y un motor neumático.</i>	
<b>Ej. 4-3 Rendimiento de un motor neumático</b> . . . . .	4-25
<i>Utilización de las hojas de datos del fabricante. Estudio sobre cómo evaluar el rendimiento de un motor neumático en los circuitos de demostración utilizando un caudalímetro, una válvula de control de flujo y un motor.</i>	

## Tabla de contenido (continuación)

<b>Apéndices</b>	<b>A</b>	<b>Cuadro de utilización del equipo</b>
	<b>B</b>	<b>Protección del equipo Didáctico en Neumática</b>
	<b>C</b>	<b>Símbolos gráficos de Neumática e Hidráulica</b>
	<b>D</b>	<b>Factores de conversión</b>
	<b>E</b>	<b>Nueva terminología</b>

### **Bibliografía**

**¡Nosotros valoramos su opinión!**

# Introducción

Los principios básicos de la energía de los fluidos nos remonta a las experiencias de Pascal y a la invención del pistón, pero sólo recientemente esta rama de la física ha llegado a ser una aplicación en gran escala.

Este manual, Fundamentos de Neumática, proporciona la enseñanza básica en neumática y está dividido en cuatro unidades:

- La Unidad 1 introduce a los estudiantes en el Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt, los conceptos en neumática y el equipamiento para el acondicionamiento y distribución de aire.
- La Unidad 2 es una introducción a los conceptos básicos de física: relaciones entre presión con la fuerza, el volumen y el caudal.
- La Unidad 3 es una introducción a los controles básicos de cilindros: direccional y de velocidad utilizando válvulas de control direccional y válvulas de control de flujo.
- La Unidad 4 es una introducción a los controles básicos de motores neumáticos y al funcionamiento del motor. También se trata el control indirecto utilizando válvulas accionadas por piloto.

Las cuatro unidades representan un curso completo en neumática y proporcionan las bases sólidas para el estudio del Volumen 2 de la serie: Control Eléctrico de Sistemas Neumáticos.

Los ejercicios en este manual permiten un aprendizaje sistemático y práctico del tema expuesto. Cada ejercicio contiene:

- Una clara definición del Objetivo del Ejercicio.
- Una Presentación de la teoría correspondiente.
- Una lista del Equipo Necesario.
- Un Resumen del Procedimiento, el cual proporciona un enlace entre la Presentación teórica y el Procedimiento de laboratorio.
- Un Procedimiento de laboratorio detallado paso a paso, en el cual el estudiante observa y mide importantes fenómenos. Las ilustraciones facilitan la conexión de los módulos y guían las observaciones del estudiante. Por su parte, las tablas ayudan en la realización de los cálculos. Las preguntas dirigen el proceso de razonamiento del estudiante y ayudan a la comprensión de los principios involucrados.
- Una Conclusión para confirmar que el objetivo ha sido alcanzado.
- Las Preguntas de Revisión, con las cuales se verifica si el material ha sido bien asimilado.



## Introducción a la Neumática

### **OBJETIVO DE LA UNIDAD**

Cuando haya completado esta unidad, será capaz de identificar los componentes del Sistema Didáctico en Neumática y operar en forma segura el equipo didáctico. Demostrará su habilidad construyendo circuitos de neumática simple.

### **FUNDAMENTOS**

El creciente empleo de la neumática en la industria actual es el resultado de la necesidad mundial de alcanzar una producción rápida y de bajo costo con mayor calidad, mejor aprovechamiento del material y disminución en el consumo de energía de la maquinaria. Los principios básicos de la energía de los fluidos se pueden comprobar con el descubrimiento de Pascal y la invención del pistón, pero sólo recientemente el equipo neumático ha llegado a ser una aplicación industrial en gran escala.

La automatización hizo ganar popularidad al uso de la neumática en procesos industriales que incluyen los Sistemas de Manufacturación Flexible mediante la robótica (FMS) y líneas de ensamble. La diversidad de válvulas y actuadores neumáticos permiten a los técnicos diseñar sistemas automatizados que se pueden controlar fácil y eficientemente a distancia. El aire se dispone fácilmente como un medio de bajo costo para transmitir energía y las fugas de aire no representan un peligro de incendio, a diferencia de las fugas hidráulicas o de cables eléctricos dañados.

Los sistemas neumáticos tienen otras ventajas sobre sus pares hidráulicos y eléctricos. Por ejemplo, para rangos de salida de potencia comparables, los motores neumáticos son más pequeños, livianos y menos costosos que los motores hidráulicos o eléctricos. Además, los motores neumáticos se pueden detener o pueden invertir su giro fácilmente, sin experimentar problemas de sobrecalentamiento como sucede con otros tipos de motores. En general, el fácil control de velocidad de los cilindros y motores neumáticos, la mínima vibración de estos dispositivos y la simplicidad y versatilidad de sus componentes, asegurarán la popularidad de la neumática en los próximos años.



## Familiarización con el Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt

### OBJETIVO DEL EJERCICIO

- Familiarización con el Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt;
- Identificación de los diferentes componentes del sistema;
- Conocimiento de las reglas de seguridad que se deben respetar cuando se utiliza el Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt.

### PRESENTACIÓN

#### El Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt

El Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt cuenta con una superficie de trabajo, componentes neumáticos, tubos y una fuente de alimentación.

#### *Superficie de trabajo*

La superficie de trabajo consta de un panel principal perforado en el cual se pueden instalar los componentes neumáticos, tanto en forma horizontal como vertical. Es posible inclinar el panel principal para facilitar la instalación de los componentes. Dos paneles adicionales perforados, que cubren un tercio y dos tercios respectivamente de la superficie del panel principal, pueden instalarse en éste para aumentar el área de la superficie de trabajo. El sistema permite colocar y fijar cualquier número de superficies de trabajo, una al lado de la otra, y es posible instalar los componentes en puente a través de las superficies de trabajo adyacentes.

#### *Componentes y tubos neumáticos*

Cada componente neumático está fijo a una placa base, la cual permite que aquellos queden asegurados a la superficie de trabajo mediante los broches de fijación, como se muestra en la Figura 1-1. Cada componente tiene su símbolo y su número de pieza indicados en el cuerpo del componente o en la placa base.

# Familiarización con el Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt

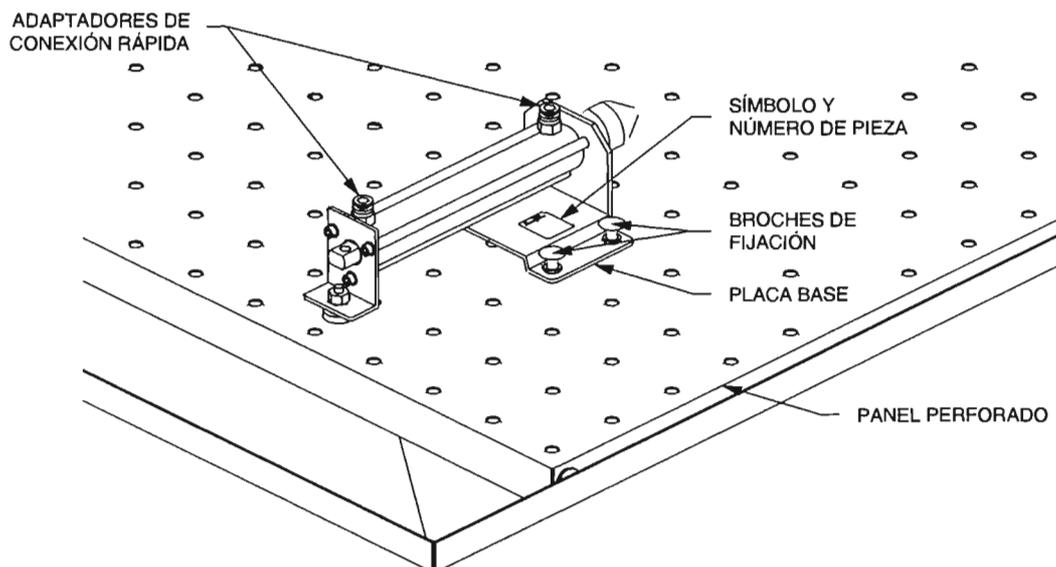


Figura 1-1. Cilindro neumático asegurado en la superficie de trabajo.

Los componentes neumáticos y el juego de tuberías utilizan uniones de acople rápido. Este tipo de uniones permite conectar y desconectar fácil y rápidamente los circuitos. Observe, sin embargo, que estas uniones se deben conectar y desconectar sólo cuando no estén bajo presión.

## *Suministro de aire comprimido*

El aire comprimido se debe obtener de un suministro adecuado y existente en el salón de clases o a partir de un compresor de aire.

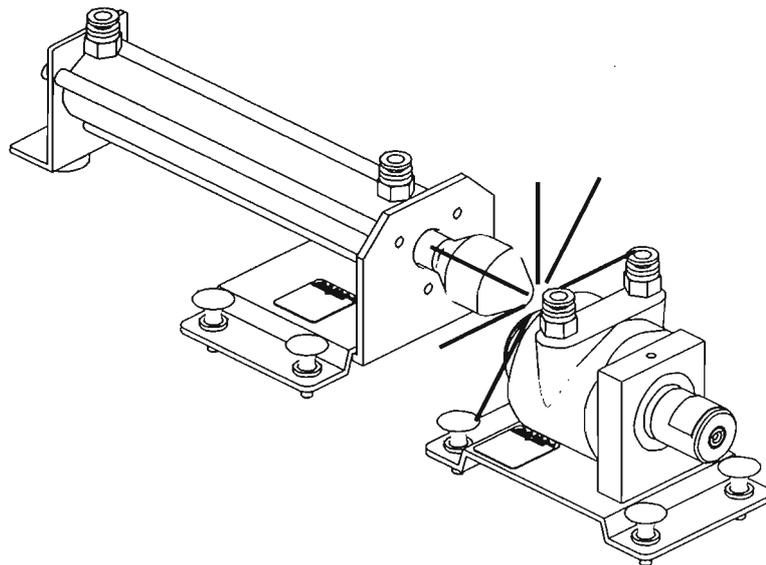
## **Reglas de seguridad**

El Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt está diseñado teniendo en cuenta la seguridad como una preocupación primordial. Sin embargo, como cualquier otra fuerza, el aire comprimido puede ser altamente destructivo. Un tramo de tubo flexible abierto en un extremo y presurizado puede regresarse bruscamente con suficiente fuerza como para causar un daño serio. El aire comprimido puede penetrar la piel, creando burbujas de aire en la corriente sanguínea que pueden causar la muerte. Si se inhala, el aire comprimido puede ocasionar ceguera, sordera, desgarramiento de pulmones y un sinnúmero de otros problemas graves. El instructor y el estudiante deben estar conscientes de ciertos peligros potenciales que existen cuando se utiliza el Sistema Didáctico en Neumática.

- a. No intente bloquear las líneas o adaptaciones de aire comprimido con los dedos o las manos.
- b. No se deben utilizar tubos, componentes y otros dispositivos que no formen parte del sistema, debido a que pueden explotar y dañar al operador.

## Familiarización con el Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt

- c. Las fugas en el equipo de neumática nunca deben ajustarse mientras exista presión en el sistema. Detenga el suministro de aire, libere la presión, luego repare la fuga.
- d. Nunca coloque los cilindros neumáticos en una posición donde puedan quedar presionados o limitados entre las partes rígidas del equipo didáctico. Esto puede causar daños al operador y a la unidad. Un margen de seguridad inadecuado entre componentes se muestra en la Figura 1-2.



**Figura 1-2. Margen de seguridad inadecuado entre componentes.**

- e. Nunca libere el aire comprimido cerca o en las cavidades del cuerpo.
- f. Siempre se deben utilizar lentes de seguridad con protectores laterales cuando se trabaje con el aire comprimido.
- g. Mantenga el equipo didáctico y sus componentes limpios y ordenados para poder trabajar adecuadamente. Limpie los componentes de plástico con jabón suave y agua. Asegúrese de que los componentes y el resto del equipo no estén dañados. Cualquier equipo dañado no debe utilizarse hasta que una inspección adecuada indique que el mismo está seguro para su operación.
- h. Ciertos niveles de ruido pueden dañar los oídos. Evite la constante exposición a la expulsión de aire del sistema. Reduzca el nivel de ruido que produce el aire comprimido y/o utilice protectores para los oídos.

# Familiarización con el Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt

## **Resumen del procedimiento**

En la primera parte del ejercicio, configurará la superficie de trabajo.

En la segunda parte, identificará los diferentes componentes de su Sistema Didáctico en Neumática y dibujará sus símbolos.

## **EQUIPO NECESARIO**

A fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio, consulte el cuadro de utilización del equipo del Apéndice A de este manual.

## **PROCEDIMIENTO**

### **Configuración de la superficie de trabajo**

- 1. Instale la superficie de trabajo en su mesa o en el banco de trabajo de Lab-Volt. Verifique que dicha superficie esté fijada a la mesa o al banco para asegurarse de que no se moverá o caerá. Si utiliza un banco de trabajo, cerciórese de que los frenos de sus cuatro ruedas estén bloqueados.
- 2. La figura 1-3 muestra las diferentes formas de configurar la superficie de trabajo. El panel principal se puede inclinar para facilitar la instalación del componente. Es posible instalar paneles adicionales en el panel principal para aumentar el área de la superficie de trabajo. Ambos pueden inclinarse y utilizarse como paneles de control, instalando los instrumentos de neumática.

# Familiarización con el Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt

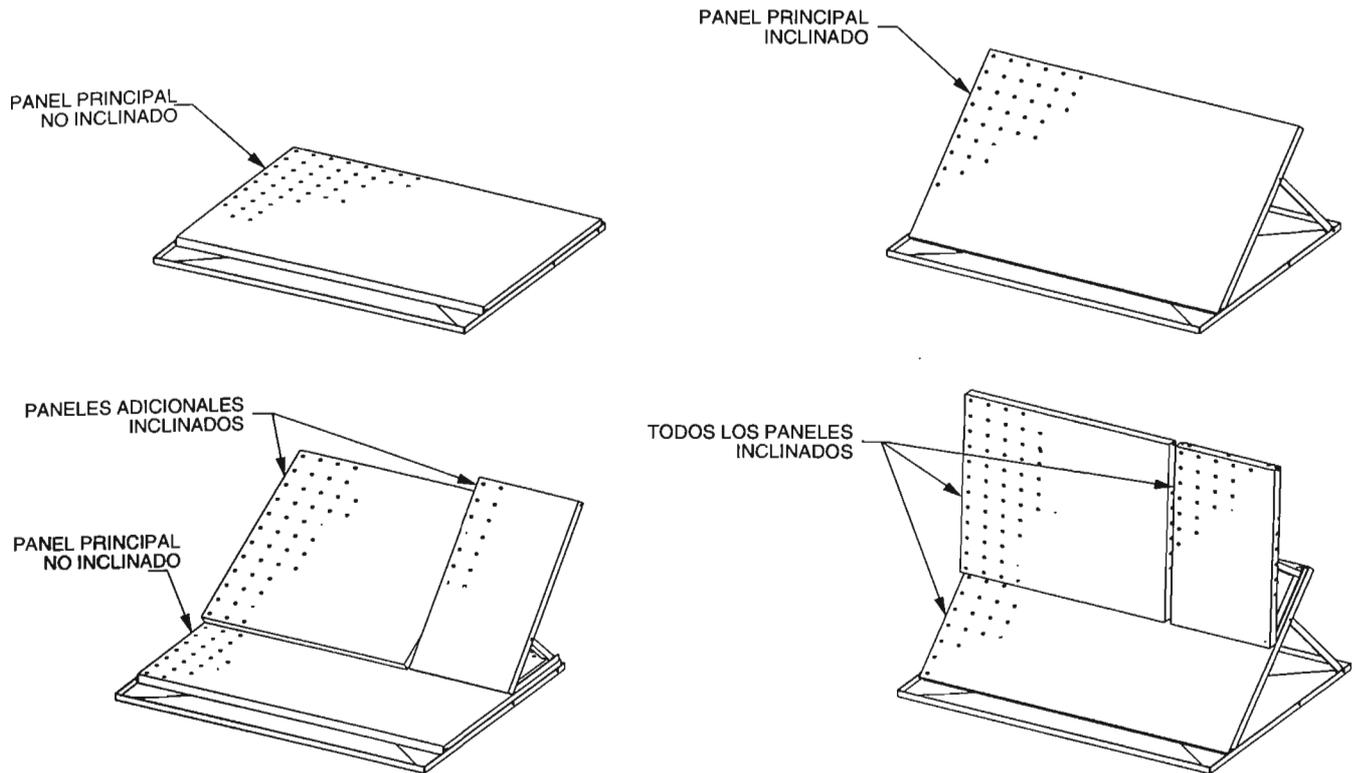


Figura 1-3. Configuraciones de la superficie de trabajo.

- 3. Para ayudarlo a levantar e inclinar los paneles, el equipo didáctico incluye un par de manijas. Para fijar una manija en el panel, alinee los broches de fijación con las perforaciones del panel, luego presione con firmeza los broches, como se muestra en la Figura 1-4.

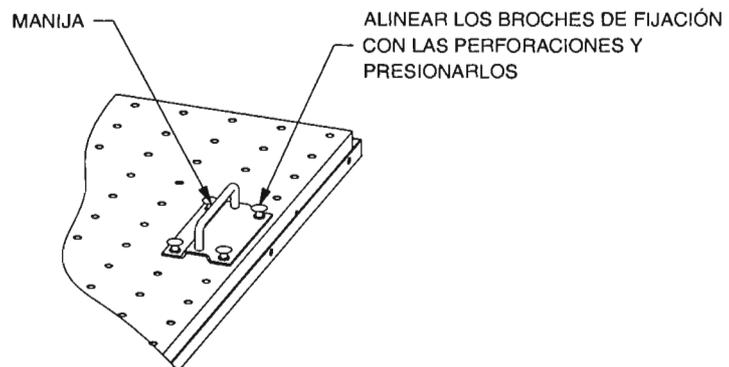


Figura 1-4. Fijación de una de las manijas para levantar un panel.

## Familiarización con el Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt

- 4. Para inclinar un panel, elévelo lentamente hasta alcanzar la inclinación deseada y luego fíjelo en esa posición utilizando los dos soportes ubicados en su parte trasera. Los broches de fijación y los orificios en cada lado del panel le permiten asegurar los soportes, como se muestra en la Figura 1-5.

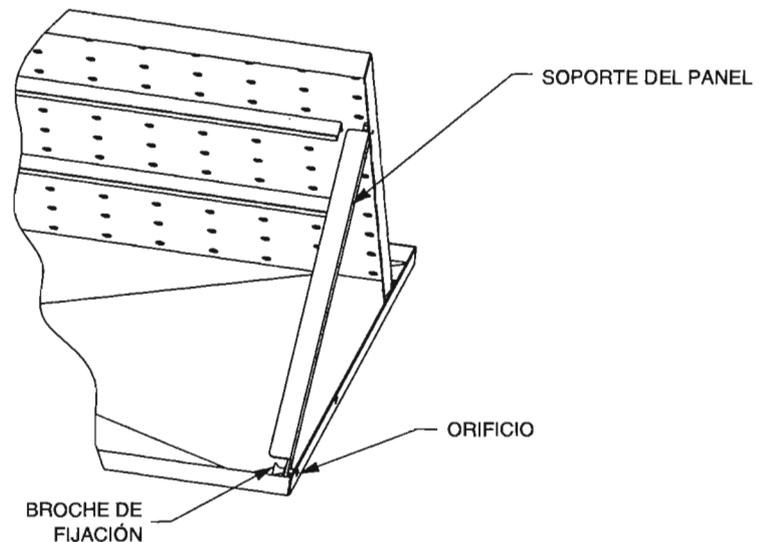
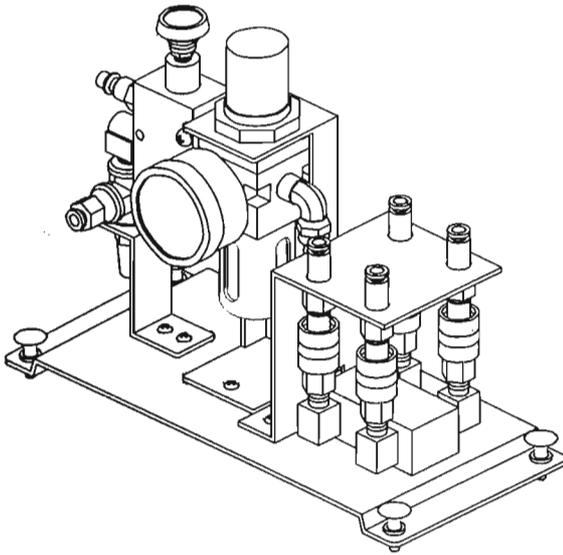


Figura 1-5. Fijación de uno de los soportes del panel.

### Identificación de los componentes del sistema

- 5. Saque los componentes del Sistema Didáctico en Neumática del lugar de almacenamiento. Cada componente está identificado por medio de un símbolo serigrafiado en el cuerpo o base. Examine la unidad de acondicionamiento. Ésta cuenta con una válvula de interrupción principal, un filtro, un regulador de presión, un manómetro y un colector con 4 orificios. Complete los dibujos de los componentes y símbolos simplificados en la Figura 1-6.

# Familiarización con el Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt



N/P : 6411

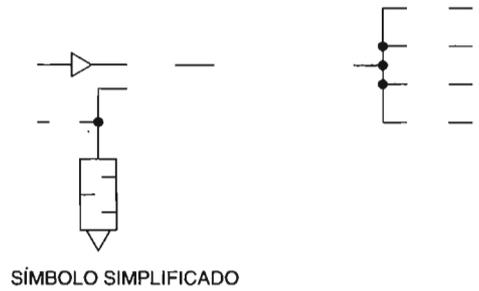
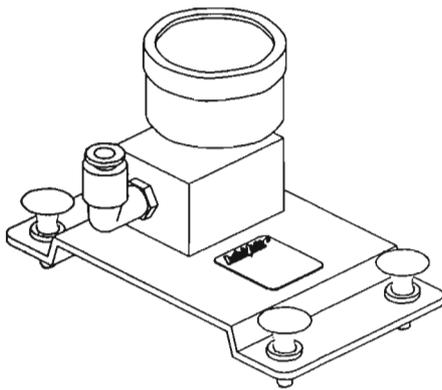
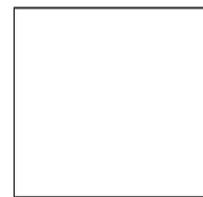


Figura 1-6. Unidad de acondicionamiento.

- 6. Examine el manómetro de su equipo didáctico. Los manómetros convierten la presión en una lectura de cuadrante. Dibuje el símbolo del componente en la Figura 1-7.



N/P : 6450

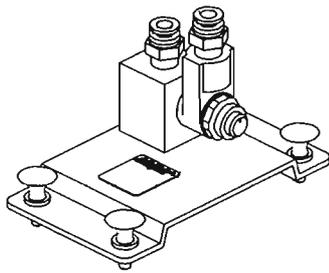


SÍMBOLO

Figura 1-7. Manómetro.

# Familiarización con el Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt

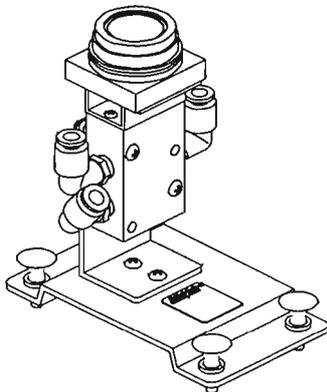
- 7. Examine las diferentes válvulas de su equipo didáctico. Las válvulas se utilizan para controlar el flujo y/o su dirección. Algunas válvulas tienen dos orificios. Otras tienen más. Dibuje el símbolo de cada componente en la Figura 1-8.



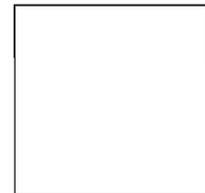
N/P : 6421



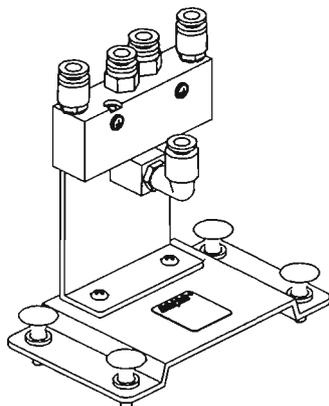
SÍMBOLO



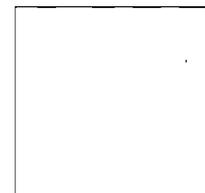
N/P : 6420



SÍMBOLO



N/P : 6422

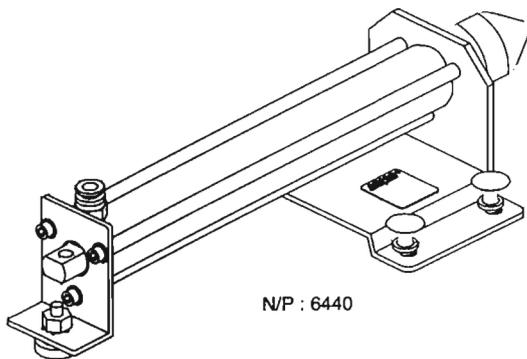


SÍMBOLO

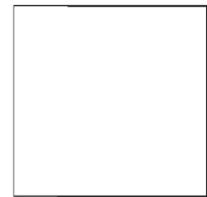
Figura 1-8. Válvulas.

# Familiarización con el Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt

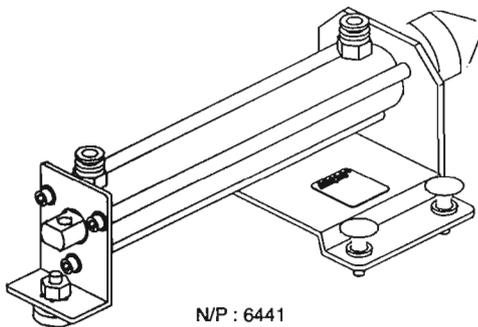
- 8. Examine los cilindros y el dispositivo de carga de su equipo didáctico. Los cilindros son actuadores que convierten la energía del fluido en potencia mecánica lineal. Uno de los cilindros de su equipo didáctico es del tipo de efecto doble, debido a que trabaja tanto en la extensión como en la retracción de la carrera del vástago del pistón. El otro cilindro es del tipo de retorno por resorte. El dispositivo de carga se utiliza para medir la fuerza generada por los cilindros. Dibuje el símbolo de cada componente en la Figura 1-9.



N/P : 6440



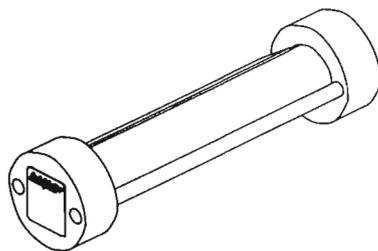
SÍMBOLO



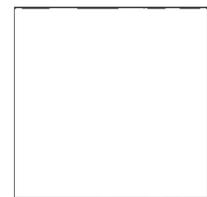
N/P : 6441



SÍMBOLO



N/P : 6480

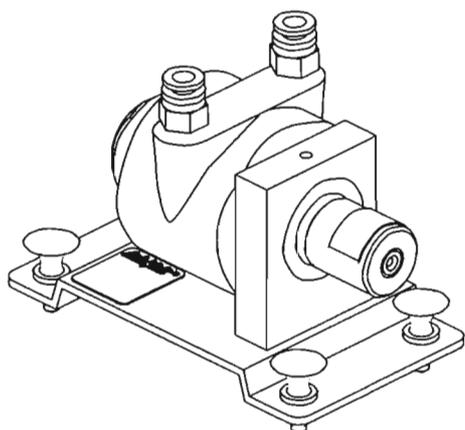


SÍMBOLO

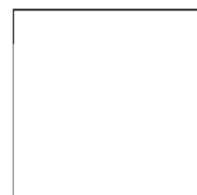
Figura 1-9. Cilindros y dispositivo de carga.

# Familiarización con el Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt

- 9. Examine el motor neumático de su equipo didáctico. Los motores neumáticos son actuadores que convierten la energía del fluido en energía mecánica rotatoria. El motor incluido en el equipo didáctico es bidireccional porque puede girar en ambas direcciones. Dibuje el símbolo del componente en la Figura 1-10.



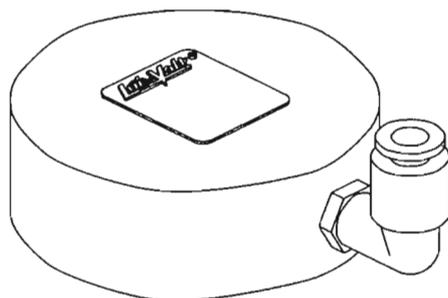
N/P : 6442



SÍMBOLO

Figura 1-10. Motor neumático.

- 10. Examine el colchón de aire de su equipo didáctico. Los colchones de aire son actuadores de potencia neumática que reducen o eliminan la fricción entre el colchón y la superficie de trabajo. Dibuje el símbolo del componente en la Figura 1-11.



N/P : 6443

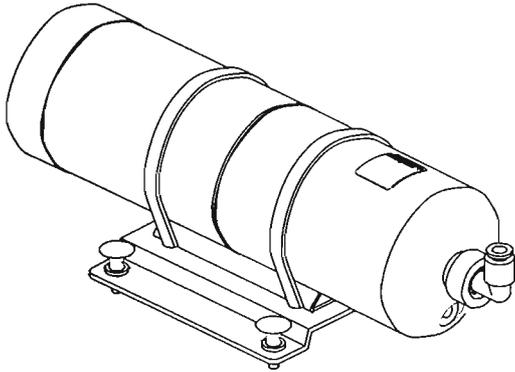


SÍMBOLO

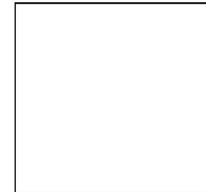
Figura 1-11. Colchón de aire.

# Familiarización con el Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt

11. Examine el acumulador de su equipo didáctico. Los acumuladores son depósitos que se utilizan en los sistemas neumáticos para almacenar aire presurizado. Dibuje el símbolo del componente en la Figura 1-12.



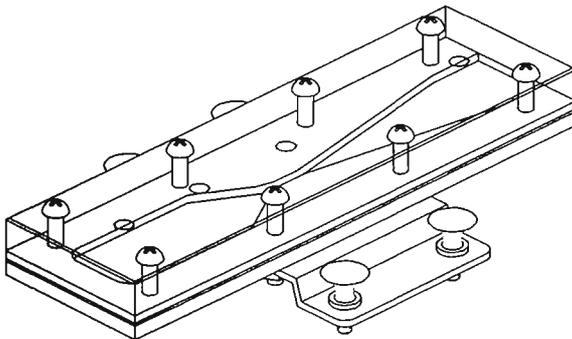
N/P : 6412



SÍMBOLO

**Figura 1-12. Acumulador.**

12. Examine el generador de vacío de su equipo didáctico. Los generadores de vacío se utilizan para crear vacío. Dibuje el símbolo del componente en la Figura 1-13.



N/P : 6413

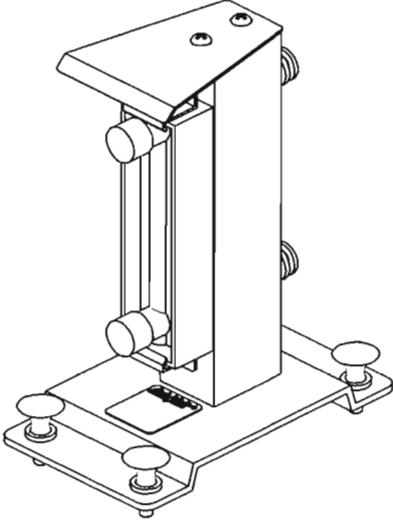


SÍMBOLO

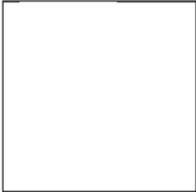
**Figura 1-13. Generador de vacío.**

13. Examine el caudalímetro de su equipo didáctico. Los caudalímetros se utilizan en los sistema neumáticos para medir el caudal de aire. Dibuje el símbolo del componente en la Figura 1-14.

# Familiarización con el Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt



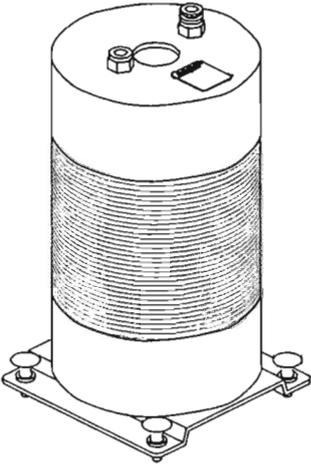
N/P : 6451



SÍMBOLO

Figura 1-14. Caudalímetro.

- 14. Examine el dispositivo de conducto largo de su equipo didáctico. El dispositivo de conducto largo se utiliza para provocar una fricción en el circuito. Dibuje el símbolo del componente en la Figura 1-15.



N/P : 6492

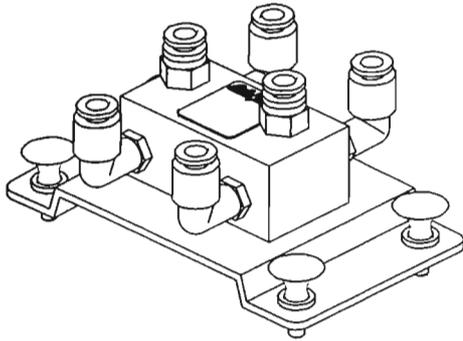


SÍMBOLO

Figura 1-15. Dispositivo de conducto largo.

- 15. Examine las tes de su equipo didáctico. Las tes se utilizan para interconectar o dividir las líneas de aire comprimido. Dibuje el símbolo del componente en la Figura 1-16.

# Familiarización con el Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt



N/P : 6490



SÍMBOLO

Figura 1-16. Tes.

## CONCLUSIÓN

En este ejercicio, se familiarizó con el Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt y configuró la superficie de trabajo de acuerdo con sus preferencias.

Asimismo, se familiarizó con las reglas de seguridad que deben respetarse e identificó los diferentes componentes de su equipo didáctico. Además, observó los diferentes símbolos que representan los componentes.

## PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. La conexión entre los componentes neumáticos se hace usando uniones de acople rápido que se deben
  - a. conectar cuando estén bajo presión.
  - b. desconectar cuando estén bajo presión.
  - c. conectar y desconectar cuando estén bajo presión.
  - d. conectar y desconectar cuando no estén bajo presión.
2. Los motores neumáticos son actuadores que convierten la energía del fluido en
  - a. energía de presión rotatoria.
  - b. energía del flujo rotatorio.
  - c. energía mecánica rotatoria.
  - d. energía eléctrica rotatoria.

# Familiarización con el Sistema Didáctico en Neumática de Lab-Volt

3. Los colchones de aire son actuadores de potencia neumática que reducen o eliminan
  - a. el caudal.
  - b. la presión.
  - c. la fricción.
  - d. todas las anteriores.
  
4. Los cilindros son actuadores que convierten la energía del fluido en
  - a. energía de presión lineal.
  - b. energía del flujo lineal.
  - c. energía mecánica lineal.
  - d. energía eléctrica lineal.
  
5. Los que convierten la presión en una lectura de cuadrante son los
  - a. motores neumáticos.
  - b. manómetros.
  - c. colchones de aire.
  - d. cilindros.

## Introducción a la Neumática

### OBJETIVO DEL EJERCICIO

- Introducción a las características, aplicaciones, ventajas y desventajas de la potencia neumática;
- Experiencia con un circuito neumático básico.

### PRESENTACIÓN

Los sistemas de potencia neumática convierten la energía mecánica en energía neumática y luego transforman a ésta nuevamente en energía mecánica para realizar el trabajo útil. Los dispositivos de potencia neumática que convierten la energía del fluido presurizado en energía mecánica para realizar un trabajo se llaman actuadores. Los dos tipos básicos de actuadores son los cilindros, que generan un movimiento lineal y los motores o actuadores rotativos, los cuales generan un movimiento giratorio.

La mayoría de los circuitos neumáticos contienen una fuente de aire comprimido, un dispositivo de control de presión, conductores tales como tubos o tuberías, un actuador y una válvula de control direccional para controlar la operación del actuador. La alimentación proviene de un motor o maquinaria, llamada fuente primaria, que opera un compresor el cual tiene un orificio de entrada conectado a la atmósfera. Cuando el aire se comprime, la energía mecánica se convierte en energía neumática. Además de la fuente primaria y del compresor, una fuente de alimentación neumática incluye un tanque de almacenamiento de aire llamado depósito. El depósito almacena el aire comprimido hasta que esta energía se necesite en otra parte del sistema.

Los circuitos neumáticos sirven para transmitir energía utilizando un gas. Normalmente, el gas que se utiliza en neumática es el aire, debido a que está disponible inmediatamente, no es costoso y se puede regresar a la atmósfera después de utilizarse.

El aire es extremadamente comprimible y adaptable. Es capaz de absorber grandes cantidades de energía potencial. Estas propiedades del aire comprimido hacen posible una aceleración y desaceleración uniformes, así como una inversión de la dirección de los movimientos mecánicos, con relativa libertad de impacto.

Como medio de transmisión de potencia, el aire comprimido tiene numerosas ventajas concretas, como son:

- fácil transporte y almacenamiento;
- ilimitada geometría conductiva;
- ofrece muy poco riesgo de explosión o incendio;

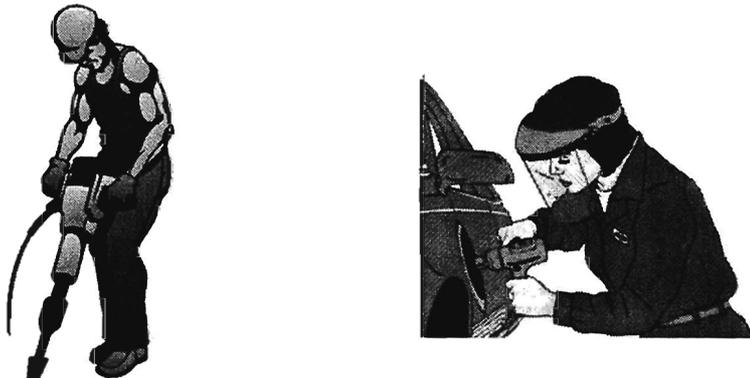
# Introducción a la Neumática

- como su tiempo de respuesta es muy rápido, permite obtener una alta velocidad de trabajo;
- proporciona flexibilidad en el control de máquinas;
- proporciona un método eficiente para multiplicar la fuerza;
- no necesita líneas de retorno;
- es eficiente y confiable.

Las desventajas principales del aire comprimido son:

- se deben tomar precauciones de seguridad durante su manejo;
- para una aplicación determinada, resulta más costoso cuando se lo compara con algunos medios mecánicos, eléctricos o hidráulicos;
- en general es conveniente para exigencias relativamente bajas de potencia;
- límites de presión;
- las fugas se deben controlar para mantener las presiones aprovechables;
- debe evitarse la presencia de polvo y humedad.

El aire comprimido tiene un amplio uso en los campos del transporte y de la industria: freno neumático, cilindro de aire, herramientas, troquelado, etc. La Figura 1-17 muestra algunas aplicaciones comunes.



**Figura 1-17. Aplicaciones del aire comprimido.**

La Figura 1-18 ilustra el flujo de aire a través de un circuito neumático fundamental. El aire se extrae de la atmósfera por medio del compresor y se comprime en el depósito. Cuando la válvula de control direccional (DCV) está operando, el aire fluye a través de la válvula y hacia el lado A del cilindro. Esto provoca que el cilindro se extienda y el aire del lado B se agote y retorne a la atmósfera.

# Introducción a la Neumática

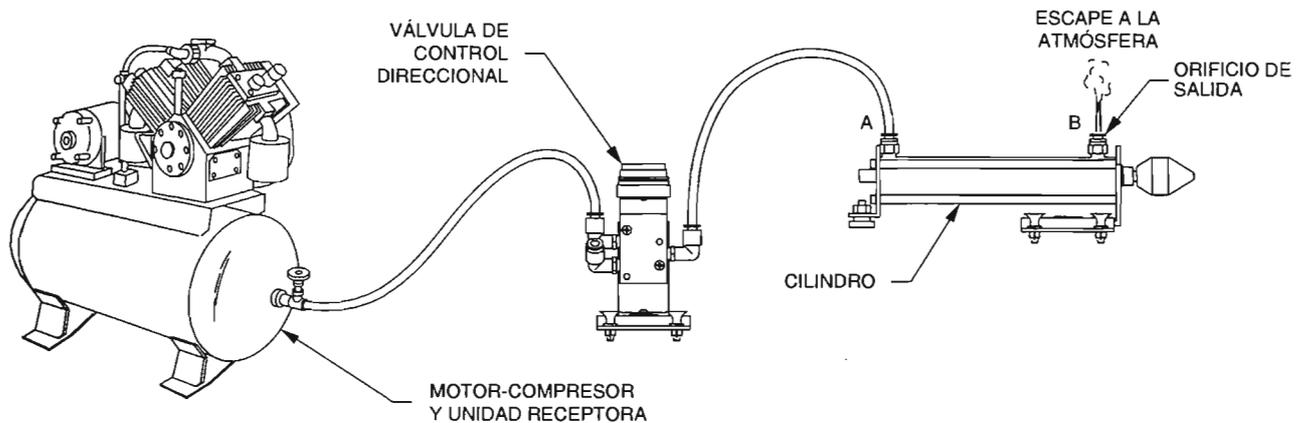


Figura 1-18. Flujo del circuito fundamental.

## Familiarización con la operación de las uniones de tubo a presión

Los componentes del sistema están equipados con uniones de tubo a presión que permiten ensamblar y desarmar los circuitos neumáticos en forma rápida. Para conectar un tubo a una unión, simplemente presione al máximo el tubo. Para desconectar a este último, sujételo cerca de la unión y empujelo, junto con el collarín de la unión, hacia el componente. Sostenga con una mano el collarín y tire del tubo con la otra mano.

Los extremos del tubo se gastarán con el uso continuo. Con el tiempo, el tubo no sellará apropiadamente en las uniones. Cuando esto suceda, el lado del tubo gastado se debe cortar. Utilice un cortador de tubo para quitar más o menos 12 mm (ó ½ pulg) del tubo gastado.

## Resumen del procedimiento

En la primera parte del ejercicio, verificará el estado del equipo didáctico, ejecutando el "procedimiento de verificación de estado del equipo didáctico".

En la segunda parte del ejercicio, ajustará y operará un circuito neumático utilizando la unidad de acondicionamiento, una válvula de control direccional y un cilindro.

## EQUIPO NECESARIO

A fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio, consulte el cuadro de utilización del equipo del Apéndice A de este manual.

# Introducción a la Neumática

## PROCEDIMIENTO

### Procedimiento de verificación del estado del equipo didáctico

- 1. Cada procedimiento de este manual que requiere el uso del Sistema Didáctico en Neumática incluye el siguiente enunciado: "Verificar el estado del equipo didáctico de acuerdo con procedimiento dado en el Ejercicio 1-2". Este procedimiento consta de los siguientes pasos:
- Instale la superficie de trabajo, ya sea en una mesa o en un banco de trabajo.
  - Verifique que la superficie de trabajo esté fijada a la mesa o al banco para asegurarse de que no se moverá o caerá.
  - Si utiliza un banco de trabajo, cerciórese de que los frenos de sus cuatro ruedas estén bloqueados.
  - En la unidad de acondicionamiento, cierre la válvula de interrupción principal, presionando el botón de control.
  - Haga salir la perilla de ajuste del regulador para que éste se abra y gírela completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj.
  - Cierre las cuatro válvulas de interrupción de derivación del colector (el collarín en la posición más baja). La Figura 1-19 muestra la unidad de acondicionamiento con las válvulas de interrupción.

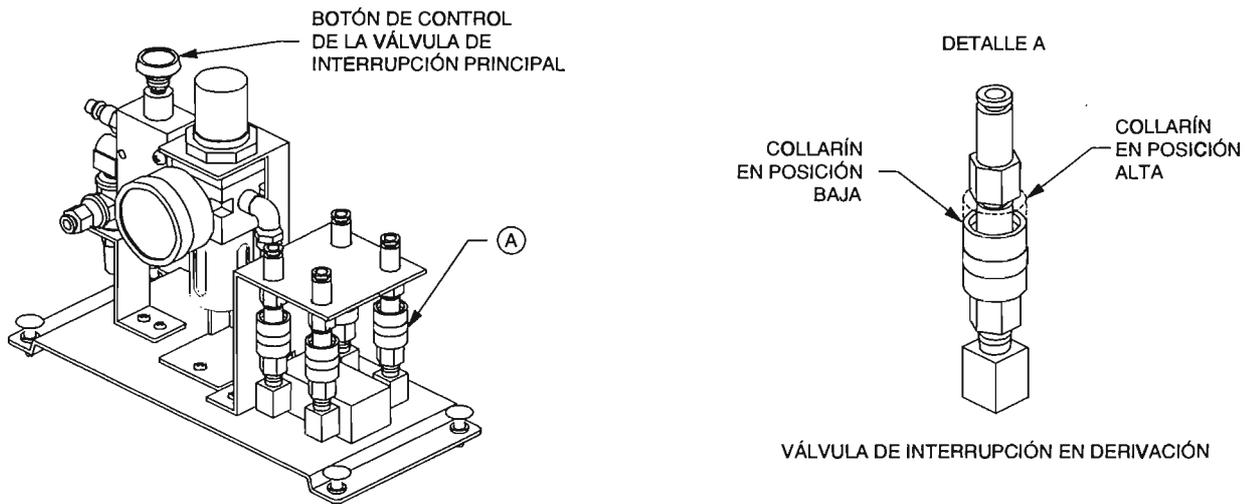


Figura 1-19. Unidad de acondicionamiento con válvulas de interrupción en derivación.

# Introducción a la Neumática

## Circuito neumático fundamental

□ 2. Identifique los siguientes componentes:

- Unidad de acondicionamiento;
- Válvula de control direccional accionada con botón pulsador de 3 vías y 2 posiciones;

**Nota:** Una válvula de control direccional es un dispositivo utilizado para abrir y cerrar las trayectorias del flujo en un circuito neumático.

- Cilindro de simple acción con retorno por resorte, diámetro interior de 2,7 cm (ó 1 1/16 pulg) y carrera de 10 cm (ó 4 pulg).

**Nota:** Un cilindro es un actuador que convierte la energía del fluido en energía mecánica. Los cilindros de simple acción generan fuerza en una sola dirección.

□ 3. Instale los componentes en la superficie de trabajo y conecte el circuito mostrado en la Figura 1-20. Consulte el diagrama de conexión mostrado en la Figura 1-21 para realizar sus conexiones. Conecte la unidad de acondicionamiento al orificio NC (normalmente de no paso) de la válvula de control direccional.

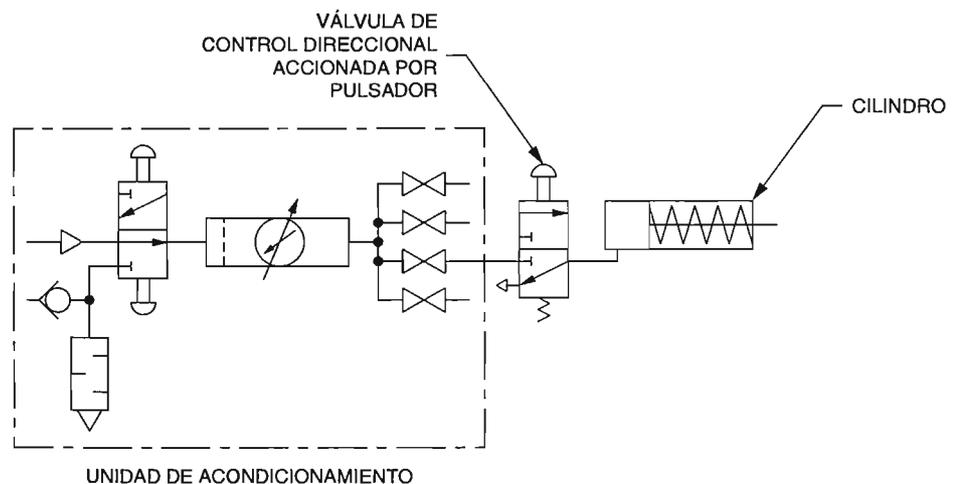


Figura 1-20. Diagrama esquemático de un circuito neumático.

# Introducción a la Neumática

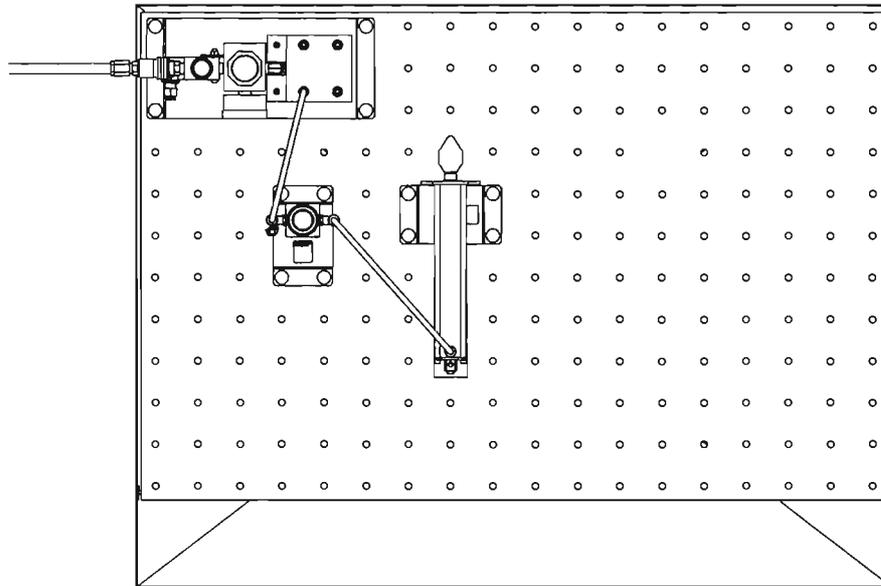


Figura 1-21. Diagrama de conexión de un circuito neumático.

- 4. En la unidad de acondicionamiento, abra la válvula de interrupción principal y la válvula de interrupción en derivación del colector. Enrosque una punta (tipo bala) en el vástago del cilindro.
- 5. Haga salir la perilla de ajuste del regulador para que éste se abra y gírela en el sentido de las manecillas del reloj hasta leer una presión de 200 kPa (ó 30 psi) en el manómetro regulado.

**Nota:** Cada vez que usted ajusta la presión, se recomienda cerrar y abrir de nuevo la válvula de interrupción principal para vencer la fricción. Si es necesario, vuelva a ajustar la presión.

- 6. ¿Se extendió el vástago del cilindro? Explique por qué.

---

---

- 7. Presione el botón de la válvula de control direccional y manténgalo presionado aproximadamente 5 segundos. Luego suéltelo. ¿Se extendió el vástago del cilindro cuando presionó el botón?

Sí       No

# Introducción a la Neumática

8. Explique qué le sucede al cilindro cuando deja de presionar el botón.

---

---

9. ¿El cilindro puede convertir la energía del fluido en movimiento mecánico lineal?

Sí       No

10. Cierre las válvulas de interrupción y gire la perilla de ajuste del regulador completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj. Debe leer 0 kPa (ó 0 psi) en el manómetro regulado.

11. Desconecte y almacene toda la tubería y los componentes.

## CONCLUSIÓN

En la primera parte del ejercicio, aprendió cómo ajustar su equipo didáctico. Comprobó el procedimiento de verificación del estado de dicho equipo.

En la segunda parte, instaló y operó un circuito neumático utilizando una válvula de control direccional y un cilindro. Observó que la válvula de control direccional se utiliza para abrir y cerrar las trayectorias del flujo en un circuito neumático. Observó que un circuito convierte la energía del fluido en movimiento mecánico lineal.

## PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. Los dispositivos de potencia neumática que convierten la energía de un fluido presurizado en energía mecánica para hacer un trabajo se llaman
  - a. activadores.
  - b. actuadores.
  - c. acumuladores.
  - d. convertidores.
  
2. ¿Cuál gas se utiliza por lo general en neumática?
  - a. Oxígeno;
  - b. Aire;
  - c. Hidrógeno;
  - d. Nitrógeno.

# Introducción a la Neumática

3. ¿Cuáles son las dos propiedades del aire comprimido que hacen posible una aceleración uniforme y la inversión de la dirección de los movimientos mecánicos?
  - a. Fácil almacenamiento y un medio más rápido para trabajar;
  - b. Adaptable y un medio más rápido para trabajar;
  - c. Comprimito y adaptable;
  - d. Eficiente y comprimito.
  
4. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones no es una ventaja del aire comprimido?
  - a. Ofrece muy poco riesgo de explosión;
  - b. No se necesita línea de retorno;
  - c. La humedad debe estar ausente;
  - d. Se obtiene una velocidad de trabajo alta.
  
5. La energía mecánica se convierte en potencia neumática cuando el aire
  - a. se comprime.
  - b. se agota.
  - c. es inexistente.
  - d. está extendido.

## Equipamiento para el acondicionamiento y distribución de aire

### OBJETIVO DEL EJERCICIO

- Introducción a la unidad de acondicionamiento y sus componentes;
- Conocimientos sobre la operación de los depósitos, acumuladores, líneas de tubería larga y válvulas de alivio de seguridad.

### PRESENTACIÓN

El equipo didáctico en circuitos neumáticos debe tener un suministro adecuado de aire presurizado y relativamente seco para completar los procedimientos en este manual. El aire comprimido se obtiene de un suministro adecuado de ese fluido, localizado en el salón de clases, o de un compresor de aire. El suministro de aire debe entregar 690 kPa (ó 100 psi) con un caudal de 90 litros por minuto,  $\ell/\text{min}$  (ó 3,2 Pies Cúbicos Estándar por Minuto, SCFM).

Los circuitos incluidos en los procedimientos de este manual requieren presiones más bajas que la del suministro de aire. Las válvulas del equipo didáctico proporcionan a los estudiantes un recurso adecuado para controlar la presión y el caudal del circuito.

### Unidad de acondicionamiento

La unidad de acondicionamiento consta de una válvula de interrupción principal, un regulador de presión, un manómetro, un filtro, un colector de 4 orificios y un silenciador, como se muestra en la Figura 1-22.

# Equipamiento para el acondicionamiento y distribución de aire

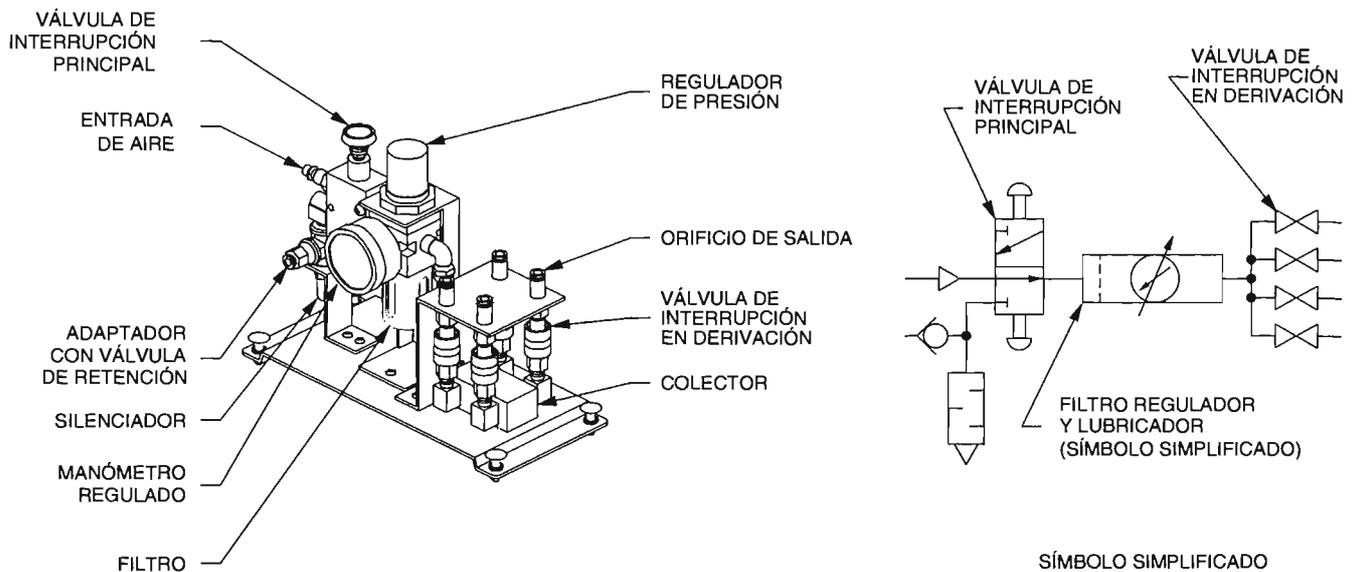


Figura 1-22. Unidad de acondicionamiento y sus componentes.

## *Válvula de interrupción principal*

La válvula de interrupción principal abre y cierra la línea de suministro de aire entre la alimentación de ese fluido y el circuito. La línea de suministro de aire se encuentra ACTIVADA (ON) cuando el botón está en la posición superior y está DESACTIVADA (OFF) cuando el botón se encuentra en la posición inferior. Cuando el botón está en la posición DESACTIVADA, la presión en el regulador se libera a la atmósfera.

## *Regulador de presión*

Los reguladores de presión se utilizan para limitar y mantener una presión constante en un circuito. Esto permite al operador ajustar manualmente la presión en el circuito aguas abajo de la válvula.

La operación de un regulador de presión simple se ilustra en la Figura 1-23. Los fluidos circulan a través de la válvula, ingresando por el orificio de entrada y saliendo a través del orificio de salida. El resorte ejerce una fuerza descendente contra la parte superior del diafragma, manteniendo el obturador fuera de la vía. El paso del piloto interno permite que la presión ejerza una fuerza ascendente por debajo del diafragma. Todo el flujo del sistema pasará a través de esta válvula, mientras el obturador no esté bloqueando la vía.

Cuando la presión aumenta en el orificio de salida, la presión reacciona contra el resorte y moverá el obturador hacia arriba, bloqueando la vía a la presión de entrada.

# Equipamiento para el acondicionamiento y distribución de aire

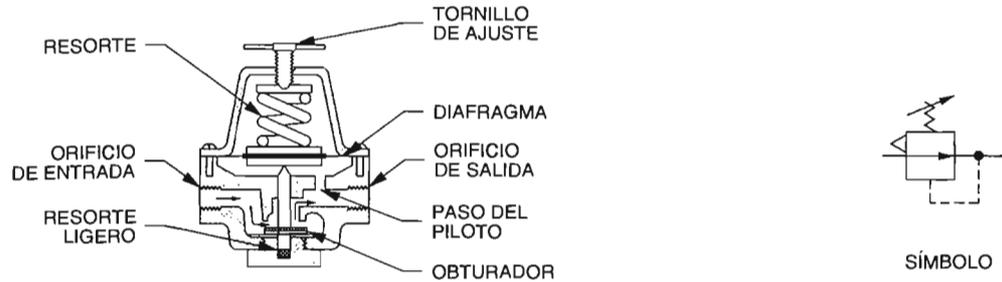


Figura 1-23. Regulador de presión.

**Nota:** Su unidad de acondicionamiento está equipada con un manómetro, el cual indica la presión después del regulador de presión. Nos referiremos a este medidor como un manómetro regulado.

## Manómetro

Los manómetros neumáticos miden la fuerza aplicada por el aire comprimido en los circuitos neumáticos. Permiten al operador monitorear la presión en un sistema, o en un circuito en derivación, para asegurar que la cantidad de trabajo que se está realizando es la correcta y que la presión no es muy alta como para dañar los componentes.

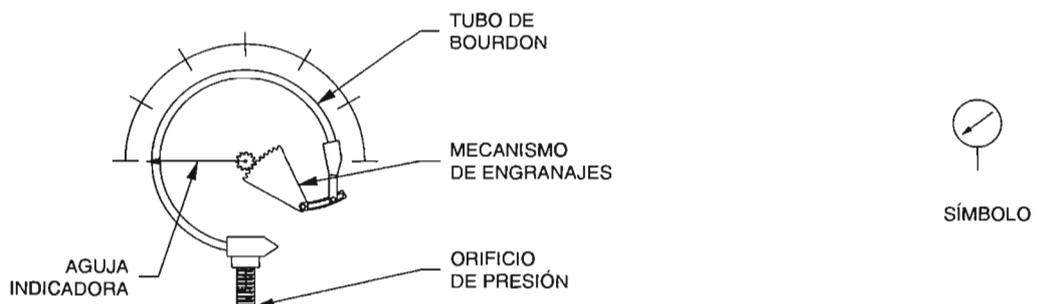


Figura 1-24. Manómetro.

El manómetro utilizado por lo general en neumática es del tipo tubo de Bourdon. Las partes internas de un manómetro de este tipo se muestran en la Figura 1-24. La línea de presión se conecta en la unión, ubicada en la parte inferior del tubo de Bourdon. La presión se dirige a través de la unión hacia el tubo. Cuando la presión del fluido en el interior de dicho tubo aumenta, éste tiende a enderezarse, comunicando su movimiento a través del mecanismo de engranajes a la aguja indicadora.

Los cuadrantes del manómetro se pueden calibrar para medir la presión absoluta, la presión manométrica (por arriba de la atmosférica), el vacío o una combinación

# Equipamiento para el acondicionamiento y distribución de aire

de presión manométrica y vacío. También, pueden calibrarse para medir la presión en kPa, psi, bares o una combinación de los mismos.

## Filtro

El aire comprimido no filtrado contiene contaminantes. Los filtros se instalan en los sistemas neumáticos para apartar estos contaminantes. La Figura 1-25 muestra un filtro en línea neumático.

El filtro en línea neumático utilizado en su equipo didáctico está combinado con su regulador de presión y aparta el polvo en dos etapas. En la primera etapa, el aire se introduce por el orificio de entrada y fluye a través de las aberturas de la placa de desviación. Estas aberturas ocasionan que el aire forme un remolino en el interior del filtro en una dirección. La fuerza centrífuga empuja al polvo y a los líquidos hacia el interior de las paredes del tazón, donde la gravedad hará que aquellos viajen hacia el fondo del tazón.

El deflector crea una zona inactiva en el tazón del filtro para permitir que el polvo y la humedad sean recolectados sin que resulten afectados por el remolino de aire. La zona inactiva evita que los contaminantes vuelvan a entrar en la corriente de aire. El polvo y los líquidos recolectados en el fondo de la zona inactiva se eliminan abriendo el drenaje manual, localizado en el fondo del tazón.

En la segunda etapa, el aire fluye a través del elemento del filtro y después a través del orificio de salida. Este elemento del filtro separa las pequeñas partículas que no fueron apartadas por la fuerza centrífuga.

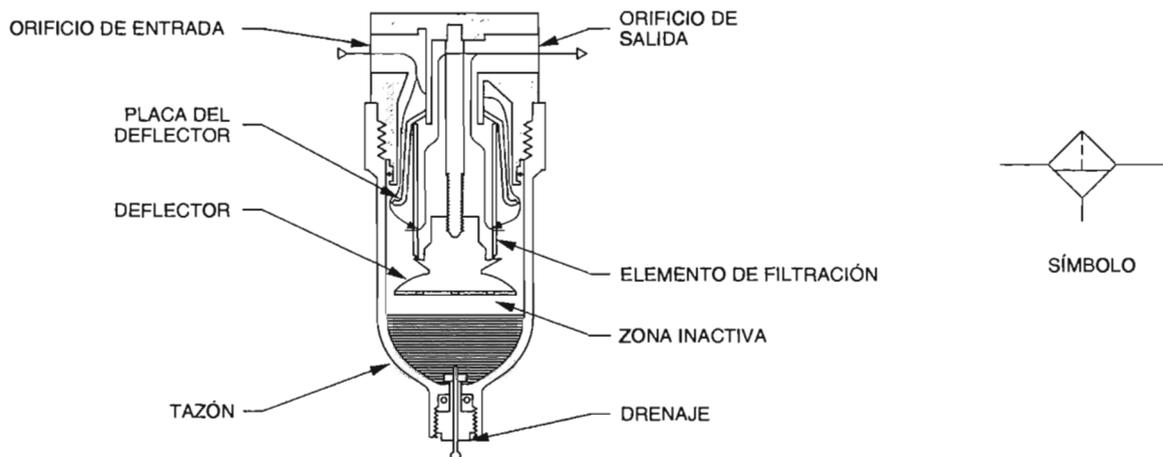


Figura 1-25. Filtro en línea neumático.

En ciertas aplicaciones, tales como odontología, medicina, procesamiento de alimentos o rociadores de pintura, es posible utilizar los filtros de unión para quitar el aceite suspendido y los aerosoles que pudiesen pasar a través de los filtros ordinarios.

# Equipamiento para el acondicionamiento y distribución de aire

## *Colector de 4 orificios*

El colector en su unidad de acondicionamiento permite la distribución del aire comprimido a través de cuatro derivaciones. Los cuatro orificios de salida están equipados con uniones de acople rápido. Los orificios de salida están conectados para que los tubos unidos al colector también lo estén a través de las válvulas de interrupción en derivación.

## *Silenciador*

Los sistemas neumáticos que emplean el aire como fluido para la transmisión de energía, lo liberan después de utilizarlo. Como este aire regresa a su estado libre, se expande, convirtiendo algo de la energía no utilizada en energía sonora de alta intensidad. Para disminuir el nivel de ruido creado por la expansión, en general se utilizan los silenciadores en los sistemas neumáticos. Para obtener una atenuación adecuada del sonido, se debe seleccionar un silenciador con baja resistencia al flujo de aire.

Como se muestra en la Figura 1-22, el silenciador proporcionado con la unidad de acondicionamiento se encuentra localizado en el orificio de salida de la válvula de interrupción principal. Una unión rápida, que se encuentra arriba del silenciador, permite la conexión de cualquier línea de aire comprimido que se desee liberar a la atmósfera a través del silenciador.

## *Lubricador*

Muchos de los componentes neumáticos que contienen partes móviles requieren lubricación. Ésta se puede llevar a cabo inyectando manualmente aceite o grasa en el componente a través de un orificio o unión extra. Un método más común utiliza un lubricador en línea de tipo gotero para agregar aceite en forma de rocío o vapor en el flujo de aire comprimido. Los dos principales lubricadores en línea de tipo gotero son: el lubricador de rocío estándar y el de recirculación (también llamado lubricador de microrrocío).

# Equipamiento para el acondicionamiento y distribución de aire

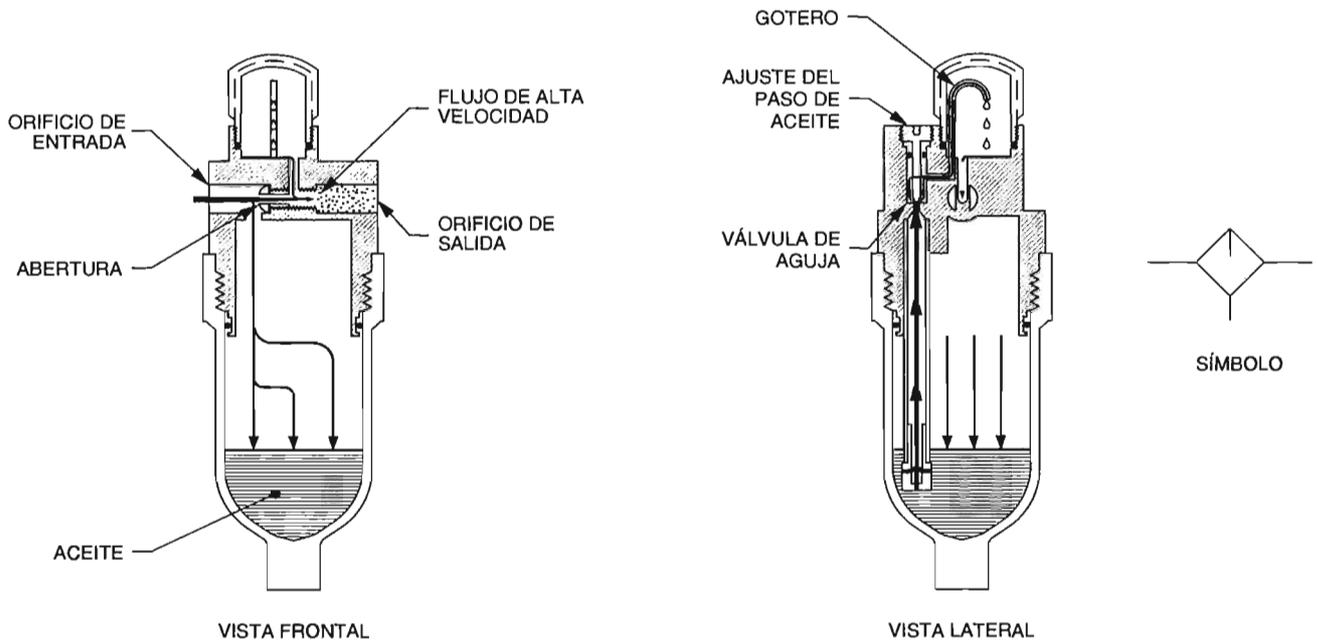


Figura 1-26. Lubricador de rocío estándar.

La operación de un lubricador de rocío estándar se ilustra en la Figura 1-26. En este diseño, el aire ingresa por el orificio de entrada y se dirige a través de una abertura que mantiene una diferencia de presión entre los dos lados de la misma. La presión más alta se aplica al depósito de aceite, empujando el aceite hacia el calibrador de gota y hacia la corriente de aire. Cuando las gotitas de aceite caen en la corriente de aire, la fuerza del aire en movimiento rompe el aceite en pequeñas partículas. La válvula de aguja, localizada en el paso del alimentador de aceite, permite que el operador ajuste la cantidad de aceite que fluye hacia la corriente de aire.

**Nota:** En las aplicaciones industriales, las unidades de acondicionamiento se suministran con un lubricador. Sin embargo, para poder mantener los tubos y los componentes limpios, la unidad de acondicionamiento de su equipo didáctico no tiene un lubricador. Por lo tanto es necesario lubricar manualmente los componentes que contengan partes móviles. Aplique una gota de aceite neumático a través de las uniones cada dos semanas.

## Depósitos y acumuladores

Generalmente, los compresores bombean aire hacia los depósitos para almacenarlo y así reducir los arranques y paradas de sus motores. Como se muestra en la Figura 1-27, la mayoría de los depósitos están localizados cerca del compresor y tienen un orificio de drenaje en la parte inferior del tanque para permitir que la humedad y el polvo se puedan eliminar del sistema.

Los acumuladores, tanto como los depósitos, se utilizan para almacenar aire presurizado en un sistema neumático. Sin embargo, pueden contar con un solo

# Equipamiento para el acondicionamiento y distribución de aire

orificio para la entrada del fluido y ninguno para el drenaje. Los acumuladores se utilizan para proporcionar un suministro de aire comprimido de corta duración a un dispositivo en particular.

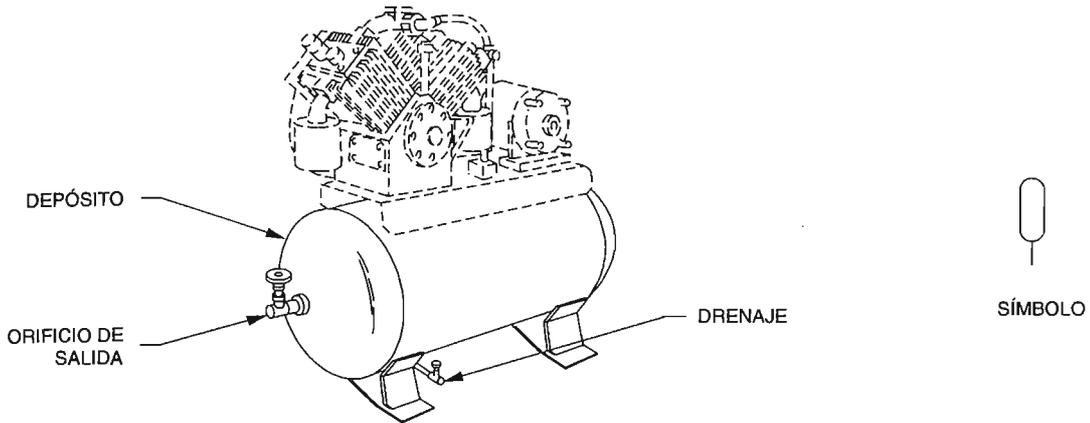


Figura 1-27. Compresor montado sobre un depósito.

## Válvulas de alivio

Una válvula de alivio es un dispositivo que limita la presión máxima en un sistema. Es una válvula normalmente de no paso, esto significa que el fluido no circula a través de la válvula cuando ésta no se encuentra en su posición normal o en reposo. Cuando la presión del sistema se eleva por arriba del ajuste de la válvula de alivio, ésta se abre permitiendo que el exceso de presión escape.

Un tipo especial de válvula de alivio, llamada válvula de alivio de seguridad, se utiliza para proteger al sistema de presiones elevadas causadas por una falla de otro equipo. Por ejemplo, si el presostato que controla un compresor falla, éste continuará aumentando la presión en el depósito, hasta que la válvula de alivio de seguridad se abra. La presión del sistema no puede superar el valor ajustado en la válvula de alivio.

Las válvulas de alivio de seguridad deben localizarse cerca del compresor para proporcionar la protección necesaria y es muy común encontrarlas instaladas en el depósito. La Figura 1-28 muestra una válvula de alivio de seguridad común.

# Equipamiento para el acondicionamiento y distribución de aire

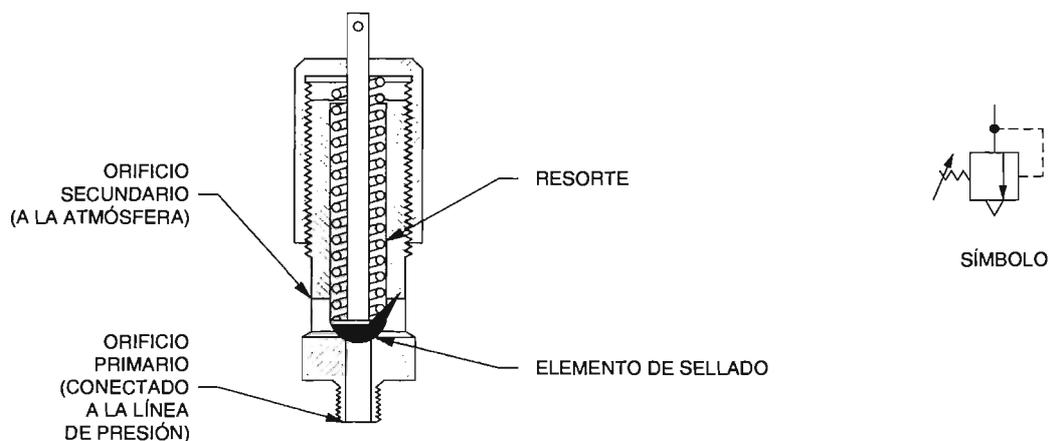


Figura 1-28. Válvula de alivio de seguridad.

## MATERIAL DE REFERENCIA

Para más información acerca de los componentes anteriores, consulte el manual *Industrial Pneumatic Technology* de Parker-Hannifin.

## Resumen del procedimiento

En este ejercicio, utilizará un acumulador para proporcionar un suministro de aire comprimido de corta duración a un cilindro. Empleará un conducto largo de tubería de diámetro pequeño y una válvula de control de flujo para simular la fricción causada por los conductos largos en los sistemas de distribución de aire comprimido.

## EQUIPO NECESARIO

A fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio, consulte el cuadro de utilización del equipo del Apéndice A de este manual.

## PROCEDIMIENTO

1. La Figura 1-29 muestra el símbolo (no simplificado) de la unidad de acondicionamiento. Complete el diagrama, indicando el nombre de los diferentes componentes. Si es necesario, consulte los símbolos gráficos de Neumática e Hidráulica en el Apéndice C.

## Equipamiento para el acondicionamiento y distribución de aire

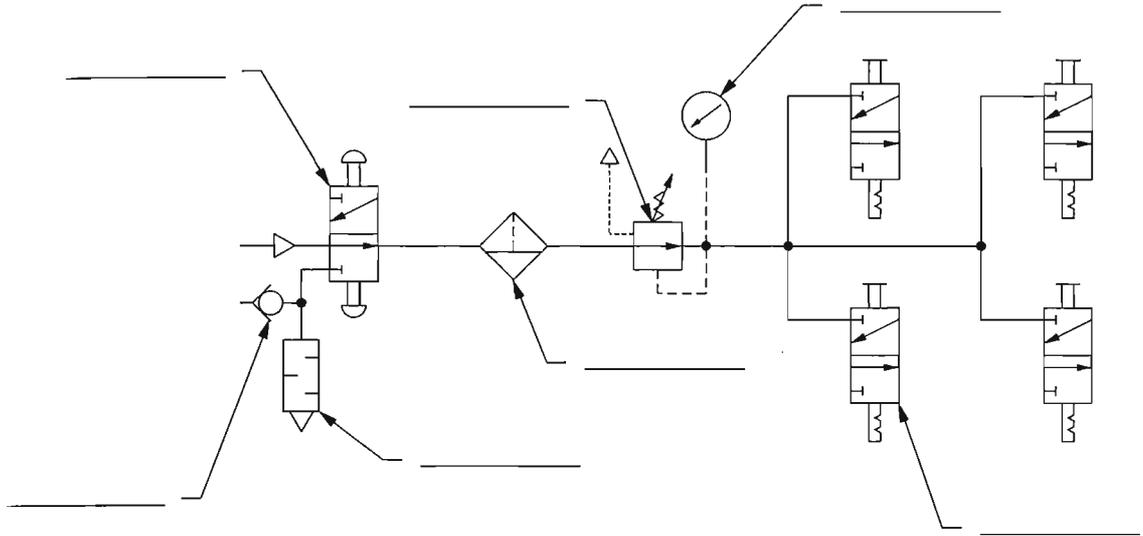


Figura 1-29. Unidad de acondicionamiento.

- 2. Verifique el estado del equipo didáctico de acuerdo con el procedimiento dado en el Ejercicio 1-2.
- 3. Utilice el conducto largo de tubería de diámetro pequeño proporcionado con su equipo didáctico para conectar la unidad de acondicionamiento con la válvula de control direccional. Conecte el circuito mostrado en la Figura 1-30. Consulte el diagrama de conexión mostrado en la Figura 1-31 para realizar sus conexiones. Conecte el dispositivo de conducto largo al orificio NC (normalmente de no paso) de la válvula de control direccional. Enrosque una punta (tipo bala) en el vástago del cilindro.

**Nota:** La tubería de diámetro pequeño simula la fricción causada por un conducto de tubería muy largo. Este dispositivo tiene 11 m (ó 37 pies) de tubería en espiral (0,318 cm (ó 1/8 pulg) de diámetro) y dos uniones rápidas para las conexiones.

# Equipamiento para el acondicionamiento y distribución de aire

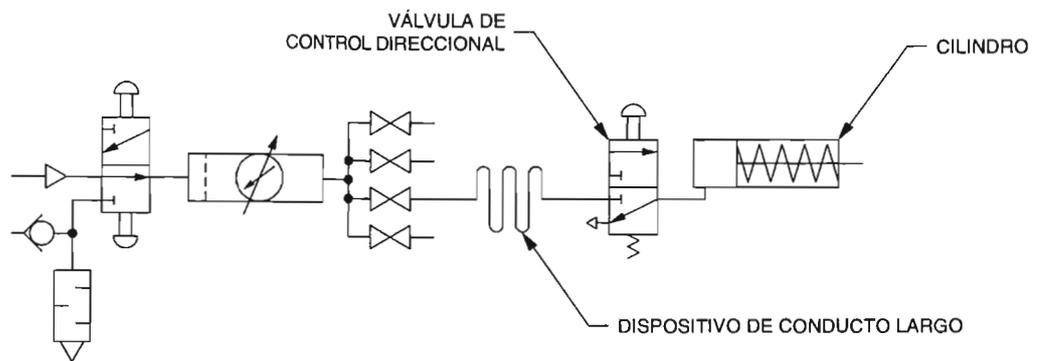


Figura 1-30. Diagrama esquemático de un circuito utilizando un conducto largo.

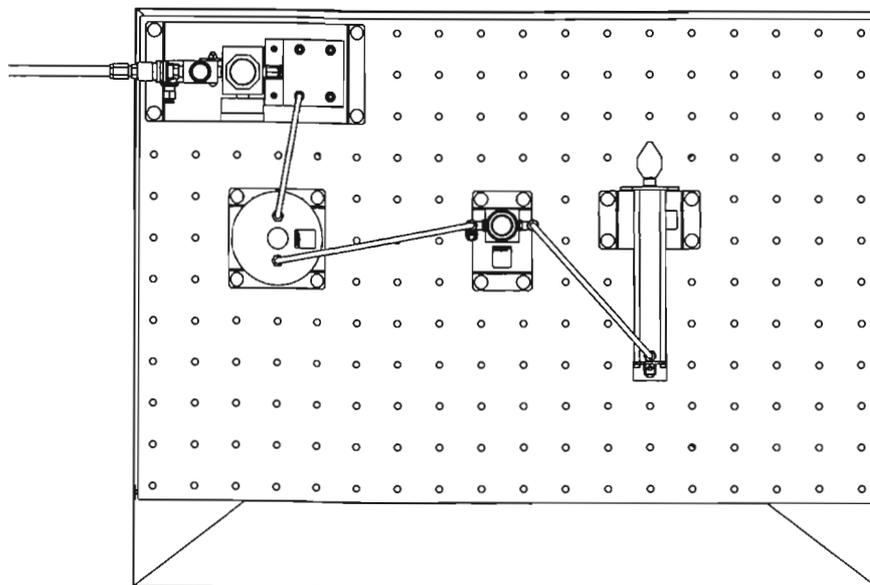
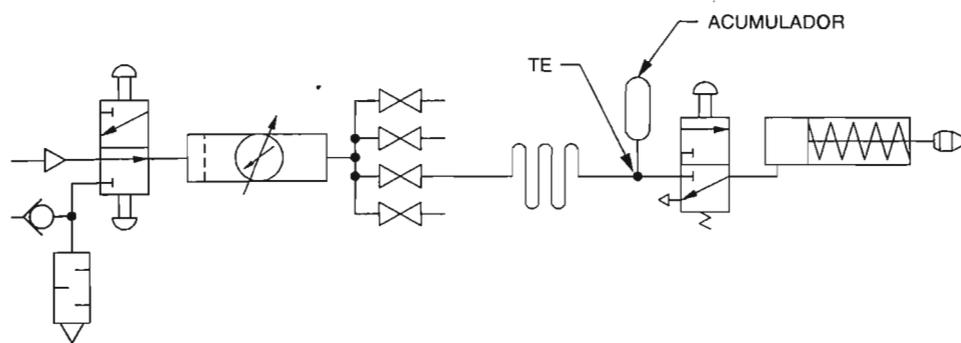


Figura 1-31. Diagrama de conexión de un circuito utilizando un conducto largo.

- 4. Abra la válvula de interrupción principal y la válvula de interrupción en derivación del colector.
- 5. Ajuste el regulador de presión hasta leer 100 kPa (ó 15 psi) en el manómetro regulado.
- 6. Presione el botón de la válvula de control direccional y observe el tiempo que toma la extensión completa del vástago del cilindro. Espere unos segundos y repita la acción.

# Equipamiento para el acondicionamiento y distribución de aire

- 7. ¿El vástago del cilindro se extendió lentamente con un poco de dificultad?
  - Sí
  - No
  
- 8. Cierre la válvula de interrupción y modifique el circuito para agregar un acumulador en la proximidad del cilindro como se muestra en la Figura 1-32. Consulte el diagrama de conexión mostrado en la Figura 1-33 para realizar sus conexiones.



**Figura 1-32. Diagrama esquemático de un circuito utilizando un conducto largo y un acumulador.**

- 9. Abra la válvula de interrupción y ajuste el regulador de presión hasta leer 100 kPa (ó 15 psi) en el manómetro regulado.
  
- 10. Espere hasta que el acumulador esté lleno con aire comprimido (aproximadamente 30 s), luego presione el botón de la válvula de control direccional y observe el tiempo que se requiere para una completa extensión del vástago del cilindro. Espere unos segundos y repita la acción.
  
- 11. ¿Qué cambio observó en el tiempo que tomó el vástago para su completa extensión? Explique.

---

---

---

## Equipamiento para el acondicionamiento y distribución de aire

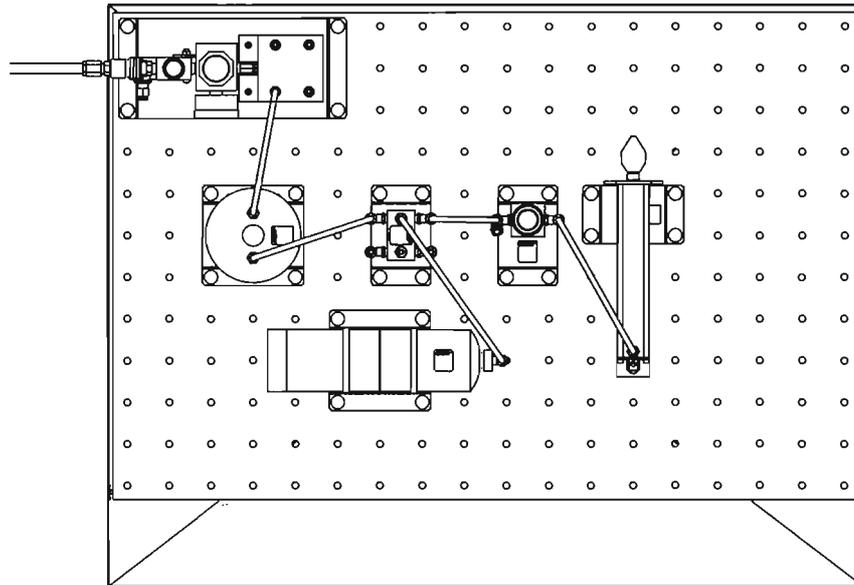


Figura 1-33. Diagrama de conexión de un circuito utilizando un conducto largo y un acumulador.

12. ¿El acumulador proporcionó un suministro de aire comprimido de corta duración al cilindro?

Sí       No

**Nota:** El acumulador almacena aire a la presión del sistema. Cuando la válvula se abre, el movimiento del pistón del cilindro causa una repentina caída de presión en el circuito. El acumulador minimiza esta caída de presión, reduciendo el tiempo de respuesta. Cuando la válvula se cierra, el acumulador se vuelve a cargar más lentamente.

13. Cierre las válvulas de interrupción.
14. Saque las tes y el acumulador del circuito y reemplace el dispositivo de conducto largo en el circuito por una válvula de control de flujo. Consulte las Figuras 1-30 y 1-31 utilizando la válvula de control de flujo en lugar del dispositivo de conducto largo. El orificio de entrada de la válvula de control de flujo es el que se encuentra instalado en el cubo metálico.

**Nota:** Una válvula de control de flujo es una resistencia ajustable para el flujo que opera como un grifo. Ajustando la resistencia o abriendo, esta válvula, puede modificar el caudal de un cilindro y por lo tanto, la velocidad del vástago del pistón. Si es necesario consulte la Unidad 2 de este manual.

## Equipamiento para el acondicionamiento y distribución de aire

- 15. En la válvula de control de flujo gire la perilla de control de caudal completamente en el sentido de las manecillas del reloj para cerrar la válvula. Consulte la marca en la perilla de control, luego abra la válvula girando la perilla 1/2 vuelta en el sentido contrario al de las manecillas del reloj. Este ajuste corresponde a un caudal muy bajo y simula la fricción causada por un conducto muy largo.
  
- 16. Abra las válvulas de interrupción y ajuste la presión hasta leer 200 kPa (ó 30 psi) en el manómetro regulado.
  
- 17. Presione el botón de la válvula de control direccional y observe la extensión del vástago. Espere unos segundos y repita la acción.
  
- 18. ¿El vástago del cilindro se extendió lentamente con un poco de dificultad?  
 Sí       No
  
- 19. Repita las observaciones sobre el tiempo que el vástago toma para extenderse completamente, cuando se ajusta la válvula de control de flujo con 1, 2, 3 y 4 vueltas en el sentido contrario al de las manecillas del reloj. ¿El tiempo de extensión varió cuando la válvula de control de flujo estaba abierta? Explique.  
  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  
- 20. Cierre la válvula de interrupción y modifique el circuito para agregar un acumulador en la proximidad del cilindro como se muestra en la Figura 1-32. Consulte el diagrama de conexión mostrado en la Figura 1-33 para realizar sus conexiones. Utilice la válvula de control de flujo en lugar del dispositivo de conducto largo.
  
- 21. En la válvula de control de flujo gire su perilla completamente en el sentido de las manecillas del reloj para cerrarla. Luego abra la válvula girando su perilla 1/2 vuelta en el sentido contrario al de las manecillas del reloj.
  
- 22. Abra las válvulas de interrupción y ajuste el regulador de presión hasta leer 200 kPa (ó 30 psi) en el manómetro regulado.
  
- 23. Espere hasta que el acumulador esté lleno de aire comprimido (aproximadamente 30 s), luego presione el botón de la válvula de control direccional

# Equipamiento para el acondicionamiento y distribución de aire

y observe la extensión del vástago. Espere unos segundos y repita la operación.

24. ¿Qué cambio observó en el tiempo que tomó el vástago para extenderse completamente? Explique.

---

---

---

25. ¿El acumulador proporciona un suministro de aire comprimido de corta duración al cilindro?

Sí       No

26. En la unidad de acondicionamiento, cierre las válvulas de interrupción y gire la perilla de ajuste del regulador completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj. Debe leer 0 kPa (ó 0 psi) en el manómetro regulado.

27. Desconecte y almacene toda la tubería y los componentes.

## CONCLUSIÓN

En este ejercicio, observó el efecto de un conducto largo y una válvula de control de flujo. Aprendió cómo compensar los efectos negativos de un conducto largo.

Observó que los acumuladores se utilizan para almacenar aire presurizado y para proporcionar un suministro de aire comprimido de corta duración.

## PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. ¿Cuál componente se utiliza para medir la presión en un circuito neumático?
  - a. Lubricador.
  - b. Manómetro.
  - c. Válvula de control de flujo.
  - d. Regulador.

# Equipamiento para el acondicionamiento y distribución de aire

2. Las válvulas de alivio se utilizan para
  - a. limitar la presión mínima en un sistema.
  - b. controlar el flujo de un sistema.
  - c. limitar la presión máxima de un sistema.
  - d. controlar la presión en un sistema.
  
3. ¿Cuál componente se utiliza para ajustar la presión en un circuito neumático?
  - a. Lubricador.
  - b. Manómetro
  - c. Válvula de control de flujo.
  - d. Regulador de presión.
  
4. Los acumuladores se utilizan para
  - a. proporcionar un suministro de aire comprimido de corta duración a un dispositivo en particular.
  - b. enfriar el aire comprimido antes que entre al circuito.
  - c. comprimir aire a un valor en particular.
  - d. mantener una presión constante en un circuito.
  
5. ¿Cuál de los siguientes componentes no forma parte de la unidad de acondicionamiento?
  - a. Válvula de interrupción.
  - b. Manómetro.
  - c. Válvula de control de flujo.
  - d. Regulador de presión.



# Examen de la unidad

1. ¿Cuál es la finalidad de un depósito en un sistema neumático?
  - a. Filtrar el agua.
  - b. Incrementar la presión.
  - c. Acumular el aire para minimizar los arranques y paradas del compresor.
  - d. Apoyar al compresor.
  
2. Por lo general, los sistemas neumáticos se prefieren a los sistemas eléctricos, mecánicos e hidráulicos debido a que
  - a. son más eficientes.
  - b. son más potentes.
  - c. son menos costosos.
  - d. utilizan un medio disponible.
  
3. Los actuadores neumáticos se utilizan para
  - a. convertir la energía lineal en rotativa.
  - b. convertir la energía del fluido en neumática.
  - c. convertir la energía del fluido en mecánica.
  - d. convertir la energía neumática en eléctrica.
  
4. Una válvula de alivio de seguridad se utiliza para
  - a. prevenir que el aire fluya en dirección inversa.
  - b. evitar un aumento excesivo de presión.
  - c. controlar el regulador de presión.
  - d. drenar el agua sucia del depósito de aire.
  
5. Los compresores usualmente bombean aire en
  - a. los motores neumáticos.
  - b. los cilindros neumáticos.
  - c. los depósitos.
  - d. la atmósfera.
  
6. ¿Qué significa SCFM?
  - a. Movimiento de fuerza del cilindro de simple acción.
  - b. Unidad de volumen.
  - c. Unidad de caudal de aire.
  - d. Unidad de presión.

## Examen de la unidad (continuación)

7. Los compresores de aire se utilizan para
  - a. convertir la energía mecánica en neumática.
  - b. convertir la energía neumática en eléctrica.
  - c. lubricar el servicio de las líneas de aire.
  - d. leer la presión de las líneas de aire.
  
8. En general, las líneas de aire se lubrican para
  - a. evitar el incremento excesivo de la presión.
  - b. crear un flujo mínimo de aire en la línea.
  - c. reducir las fugas o desgastes internos.
  - d. transportar los contaminantes del aire y el polvo.
  
9. ¿Cuál dispositivo convierte la energía del fluido en movimiento mecánico lineal?
  - a. El colchón de aire.
  - b. El motor neumático.
  - c. El cilindro neumático.
  - d. La válvula de aire.
  
10. Los dispositivos de potencia neumática que convierten la energía de un fluido presurizado en energía mecánica para realizar un trabajo se llaman
  - a. activadores.
  - b. actuadores.
  - c. acumuladores.
  - d. convertidores.

## Conceptos básicos de Física

### **OBJETIVO DE LA UNIDAD**

Cuando haya completado esta unidad, será capaz de medir la fuerza liberada por un actuador utilizando un manómetro. Será capaz de formular las leyes que rigen la neumática y realizar cálculos simples que involucran fuerza, presión, área, velocidad y caudal.

### **FUNDAMENTOS**

Las leyes de física aplicadas a la neumática explican por qué un globo llega a ser redondo cuando se lo infla; por qué un neumático inflado con aire se expande en días de calor y por qué el aire se presuriza cuando está comprimido. Cuando estas leyes se utilizan para diseñar y operar un equipo neumático, el resultado es un sistema eficiente que utiliza gas para transmitir energía en forma predecible y a bajo costo.



# Ejercicio 2-1

## Relación entre presión y fuerza

### OBJETIVO DEL EJERCICIO

- Introducción a la relación entre presión y fuerza;
- Verificación de la fórmula  $F = P \times A$  utilizando un cilindro y un dispositivo de carga;
- Medición de la fuerza provocada por un cilindro;
- Observación de la proporcionalidad entre la fuerza aplicada en una superficie y la presión resultante sobre dicha superficie.

### PRESENTACIÓN

La tecnología neumática utiliza un fluido gaseoso para transmitir potencia. El gas que se utiliza más frecuentemente en neumática es el aire corriente. El aire es un fluido altamente comprimible. Esto significa que las moléculas de una masa de aire se pueden empujar para encerrarlas en un espacio limitado para hacer que dicha masa ocupe un volumen más pequeño. Esta propiedad del aire se ilustra en la Figura 2-1.

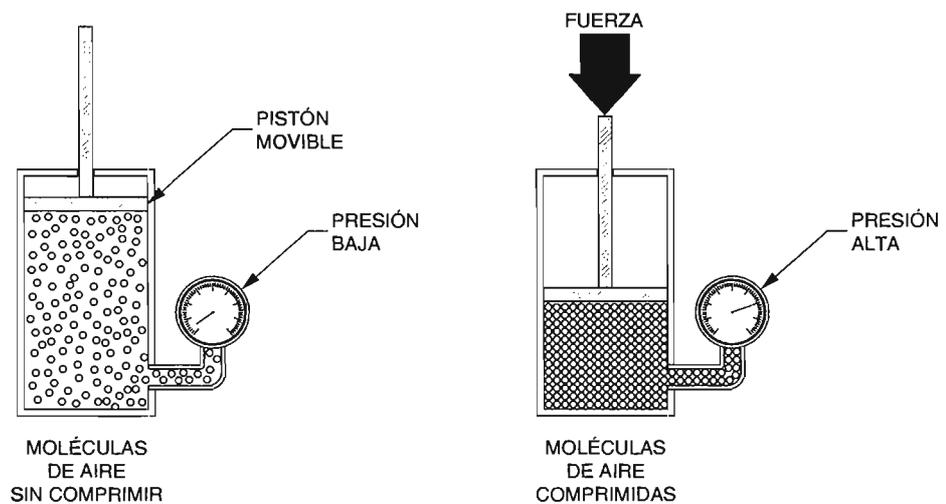


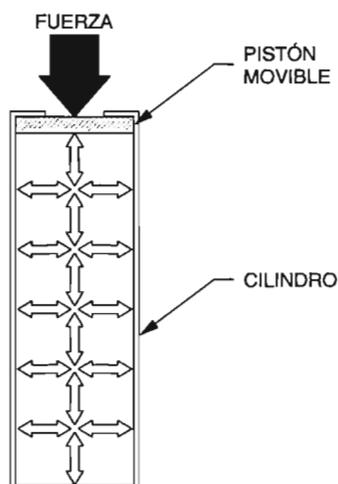
Figura 2-1. Compresibilidad del aire.

### Ley de Pascal

La Ley de Pascal establece que la presión aplicada a un fluido encerrado se transmite de manera uniforme en todas las direcciones, actuando con la misma fuerza sobre áreas iguales y perpendicularmente a éstas.

## Relación entre presión y fuerza

El cilindro en la Figura 2-2 está completamente lleno con fluido. Cuando se aplica una fuerza en la parte superior del pistón, en el fluido se crea una presión que se transmite en forma uniforme en todas las direcciones.



**Figura 2-2. Fuerza aplicada a un fluido encerrado.**

La Ley de Pascal trata la relación entre presión, fuerza y área. En la tecnología de fluidos, la presión es la relación de una fuerza sobre una unidad de superficie. En las fórmulas matemáticas, la palabra "sobre" puede reemplazarse por un signo de división, de la siguiente manera:

$$P = \frac{F}{A}$$

donde P es la presión en kilopascales (o libra-fuerza por pulgada cuadrada),  
F es la fuerza en newtons (o libra-fuerza),  
A es el área en centímetros cuadrados (o pulgadas cuadradas).

Los gases tienen peso. Por ejemplo, cuando la gravedad empuja sobre una masa de aire localizada dentro de una columna de aire de 1 m<sup>2</sup> (ó 1 pulg<sup>2</sup>), ésta ejerce una fuerza sobre el aire de la parte inferior de dicha columna. Al nivel del mar, la presión de esta columna de aire es cercana a 101,3 kPa (ó 14,7 psi) y se llama presión atmosférica.

El manómetro para fluidos por lo general mide la presión por arriba de la presión atmosférica sobre escalas calibradas en kPa (o psi), en las cuales se lee el valor de cero al nivel del mar. En neumática, el término aire comprimido se refiere al aire que está comprimido por encima de la presión atmosférica.

# Relación entre presión y fuerza

## Fuerza en el cilindro en función de la presión neumática

La ley de Pascal y las relaciones entre fuerza, presión y área, permiten el cálculo de la fuerza generada por el pistón mostrado en la Figura 2-3.

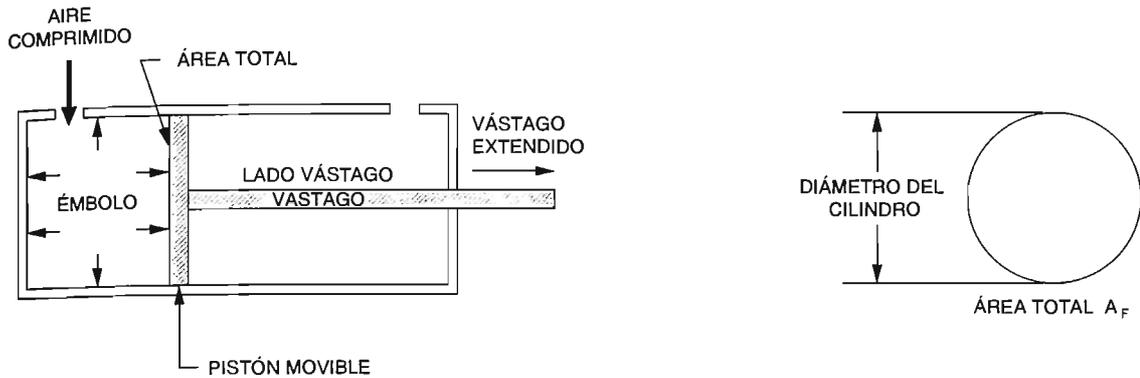


Figura 2-3. Lado émbolo del cilindro.

El aire comprimido está limitado dentro del lado émbolo del cilindro y desarrolla una presión en dicho lado. Esta presión se ejerce uniformemente sobre toda la superficie del lado émbolo, dando como resultado una fuerza mecánica que empuja el pistón.

Para calcular la fuerza generada por el pistón durante su extensión, podemos volver a escribir la fórmula  $P = F / A$  como  $F = P \times A$ . Por lo tanto, la fuerza generada es igual a la presión en el lado émbolo del cilindro multiplicada por el área del pistón donde está actuando. Esta área se llama área total o área de la "superficie" ( $A_F$ ).

$$A_F = \pi \times R_{\text{CILINDRO}}^2 = \frac{\pi \times D_{\text{CILINDRO}}^2}{4}$$

donde  $A_F$  es el área total,  
 $R_{\text{CILINDRO}}$  es el radio del cilindro,  
 $D_{\text{CILINDRO}}$  es el diámetro del cilindro.

En la Figura 2-4, el aire comprimido está encerrado en el lado vástago del cilindro. Esta vez, sin embargo, la fuerza generada es más baja debido a que el área disponible del pistón para que la presión actúe está reducida por el área que el

## Relación entre presión y fuerza

vástago ocupa sobre el pistón. El área reducida se llama área anular ( $A_A$ ). Por lo tanto, el sistema debe generar más presión para traer la carga que para empujarla.

$$A_A = A_F - \pi \times R_{VÁSTAGO}^2 = A_F - \frac{\pi \times D_{VÁSTAGO}^2}{4}$$

donde  $A_A$  es el área anular,  
 $A_F$  es el área total,  
 $R_{VÁSTAGO}$  es el radio del vástago,  
 $D_{VÁSTAGO}$  es el diámetro del vástago.

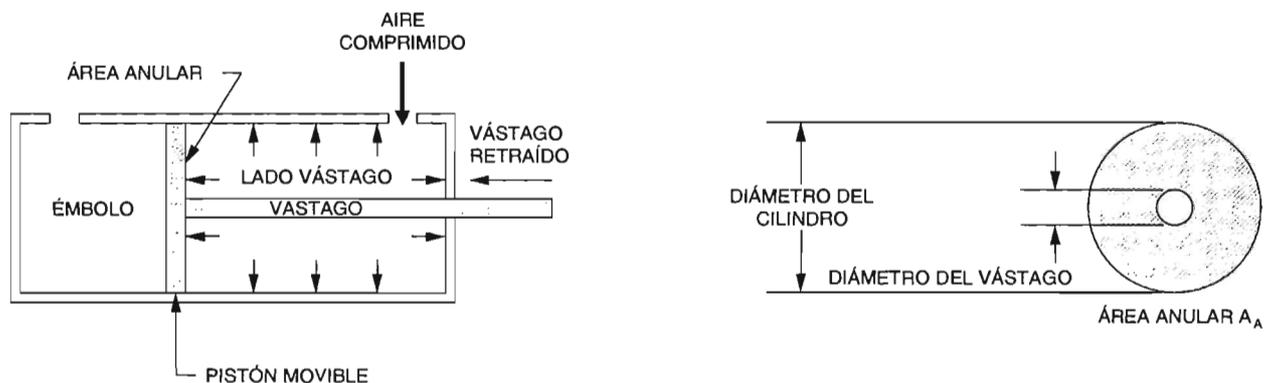


Figura 2-4. Lado vástago del cilindro.

### MATERIAL DE REFERENCIA

Para más información acerca de las relaciones entre la fuerza y la presión, consulte el capítulo titulado *Force Transmission Through a Fluid* en el manual *Industrial Pneumatic Technology* de Parker-Hannifin.

### Resumen del procedimiento

En la primera parte del ejercicio, verificará la fórmula  $F = P \times A$ . Para ello medirá la fuerza de compresión de un cilindro utilizando el dispositivo de carga. En la segunda parte, observará la relación entre las presiones de ambas secciones de un cilindro.

### EQUIPO NECESARIO

A fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio, consulte el cuadro de utilización del equipo del Apéndice A de este manual.

# Relación entre presión y fuerza

## PROCEDIMIENTO

### Conversión de presión en fuerza

1. Utilice el diámetro del cilindro,  $D_{\text{CILINDRO}}$ : 2,7 cm (ó 1,06 pulg) para calcular el área total  $A_F$ :

$$\text{Área Total } A_F = \frac{\pi \times D_{\text{CILINDRO}}^2}{4} = \underline{\hspace{2cm}}$$

2. Utilice sus cálculos de área total  $A_F$  y la fórmula  $F = P \times A$  para calcular la fuerza del cilindro que corresponde a los niveles de presión indicados en la Tabla 2-1. Registre sus resultados en las celdas correspondientes de la Tabla 2-1.

**Nota:** Una presión de 1 Pa representa una fuerza de 1 N aplicada en una superficie de 1 m<sup>2</sup> (ó 1 psi = 1 lbf / 1 pulg<sup>2</sup>).

PRESIÓN APLICADA AL ÁREA TOTAL DEL PISTÓN	FUERZA DEL CILINDRO CALCULADA	FUERZA DEL CILINDRO MEDIDA
600 kPa (ó 90 psi)		
400 kPa (ó 60 psi)		
200 kPa (ó 30 psi)		

Tabla 2-1. Fuerza del cilindro en función de la presión.

3. Verifique el estado del equipo didáctico de acuerdo con el procedimiento dado en el Ejercicio 1-2.
4. Como muestra la Figura 2-5, enrosque el dispositivo de carga de resorte en el cilindro hasta que el pistón de dicho dispositivo comience a empujar el resorte que lo rodea. No utilice ninguna herramienta para enroscar el dispositivo de carga.

## Relación entre presión y fuerza

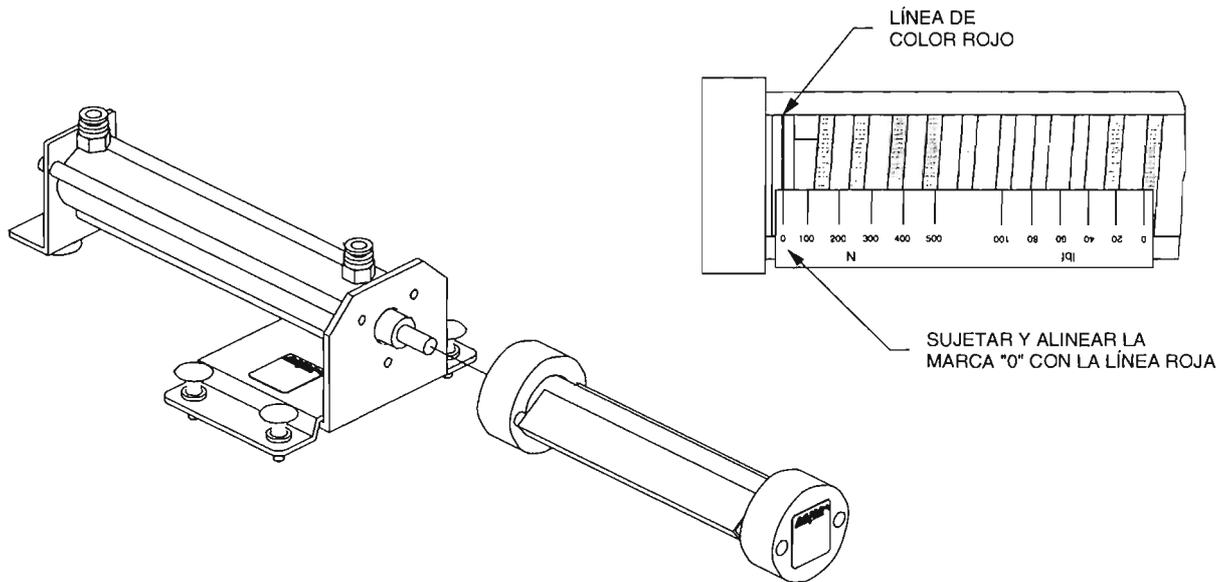


Figura 2-5. Ensamble del dispositivo de carga.

- 5. Sujete la regla graduada N/lbf contra el dispositivo de carga de resorte y alinee la marca "0" con la línea de color rojo del pistón de carga. Para invertir las unidades de medición, instale la regla del lado opuesto.

**Nota:** Asegúrese de que la regla graduada N/lbf corresponda a las características del resorte de carga. Para ello, verifique si hay una letra dentro de un círculo a la izquierda del símbolo N de la regla. Si es así, esa letra debe ser la misma que la que está grabada en una de los extremos del dispositivo de carga.

- 6. Conecte el circuito mostrado en la Figura 2-6.

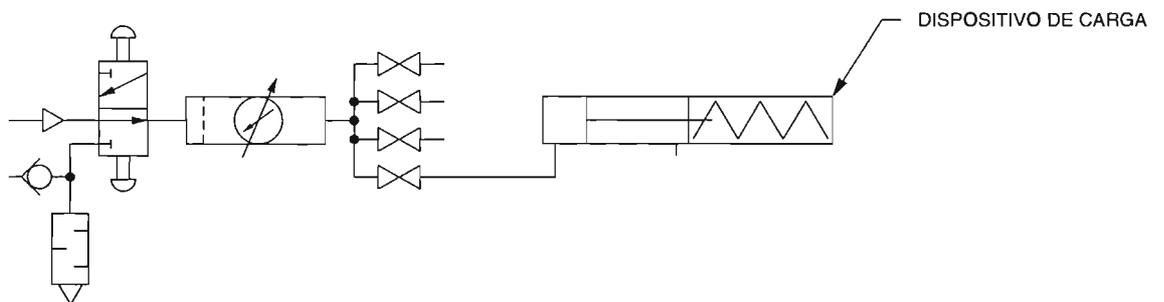


Figura 2-6. Diagrama esquemático del circuito usado para medir la fuerza de salida del cilindro.

- 7. Abra la válvula de interrupción principal y la válvula de interrupción en derivación del colector.

## Relación entre presión y fuerza

- 8. Ajuste el regulador de presión hasta leer 600 kPa (ó 90 psi) en el manómetro regulado. Esto corresponde a la presión aplicada sobre el área total del pistón.
- 9. En el dispositivo de carga de resorte, observe que la presión aplicada hace que el cilindro comprima el resorte. Registre el valor de la fuerza que indica el dispositivo de carga en la celda correspondiente de la Tabla 2-1.
- 10. Cierre la válvula de interrupción principal para liberar el aire comprimido, luego ajuste la presión en 400 kPa (ó 60 psi) y registre el valor de la fuerza en la celda correspondiente de la Tabla 2-1. Repita la acción para un ajuste de presión de 200 kPa (ó 30 psi).
- 11. ¿Los valores de la fuerza calculados y medidos en la Tabla 2-1 son aproximadamente iguales, mostrando que la fuerza corresponde a la presión aplicada multiplicada por el área?
  - Sí
  - No

**Nota:** Para los ejemplos teóricos presentados en este manual se acepta que se trata de sistemas perfectos. Lamentablemente, los sistemas neumáticos siempre experimentan fugas ligeras a través de las uniones y sellos. Una diferencia del 15% entre los valores calculados y medidos es aceptable.

- 12. Gire la perilla de ajuste del regulador completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj, cierre las válvulas de interrupción y retire el dispositivo de carga.
- 13. Utilice el diámetro del vástago,  $D_{\text{VÁSTAGO}}$ : de 0,8 cm (ó 0,31 pulg) y el área total  $A_F$  calculada en el paso 1, para calcular el área anular  $A_A$  del pistón.

$$\text{Área anular } A_A = A_F - \frac{\pi \times D_{\text{VÁSTAGO}}^2}{4} = \underline{\hspace{2cm}}$$

- 14. Calcule la relación de áreas.

$$\frac{A_A}{A_F} = \underline{\hspace{2cm}}$$

- 15. Asegúrese de que el vástago del pistón esté completamente retraído, luego conecte el manómetro en el lado vástago del cilindro. Enrosque una punta (tipo bala) en el vástago.

## Relación entre presión y fuerza

**Nota:** Para resultados exactos, el volumen de aire en el tubo conectado al manómetro debe mantenerse pequeño con respecto al volumen de aire en el circuito. Por lo tanto, es importante utilizar tubos que sean los más cortos posibles.

- 16. Abra la válvula de interrupción principal y ajuste el regulador de presión hasta leer 350 kPa (ó 50 psi) en el manómetro regulado. Esto corresponde a la presión aplicada sobre el área total del pistón.
- 17. Para eliminar la fricción causada por la extensión del vástago, tire y empuje ligeramente la punta del vástago, luego suéltelo. Registre en la celda correspondiente de la Tabla 2-2, la presión en el lado vástago del cilindro.

PRESIÓN APLICADA ( $P_F$ ) EN EL ÁREA TOTAL DEL PISTÓN	PRESIÓN MEDIDA ( $P_A$ ) EN EL LADO VÁSTAGO DEL CILINDRO	$P_F / P_A$
350 kPa (ó 50 psi)		

Tabla 2-2 Resultados de las mediciones de presión.

- 18. Utilice los valores indicados en la Tabla 2-2 para calcular el cociente  $P_F / P_A$  y registre los resultados en la celda correspondiente.
  - 19. Compare la relación de presiones  $P_F / P_A$  con la relación de áreas  $A_A / A_F$  calculada en el paso 14. ¿La relación de presiones es aproximadamente igual al recíproco de la relación de áreas?
    - Sí       No
  - 20. ¿Sus resultados confirman la relación  $F = P_A \times A_A = P_F \times A_F$ ?
    - Sí       No
  - 21. Utilice los valores de  $A_F$  y  $A_A$  para calcular la presión en el lado vástago del cilindro, cuando la presión aplicada sobre el área total del pistón es de 700 kPa (ó 100 psi).
-

# Relación entre presión y fuerza

22. Utilice los valores de  $A_F$ ,  $A_A$ ,  $P_F$  y  $P_A$  para calcular la fuerza en el lado émbolo y en el lado vástago del cilindro.

Fuerza en el lado émbolo = \_\_\_\_\_ Fuerza en el lado vástago = \_\_\_\_\_

23. ¿Los resultados son aproximadamente iguales? Explique.

---

---

---

24. En la unidad de acondicionamiento, cierre la válvula de interrupción y gire la perilla de ajuste del regulador completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj. Debe leer 0 kPa (ó 0 psi) en el manómetro regulado.

25. Desconecte y almacene toda la tubería y los componentes.

## CONCLUSIÓN

En este ejercicio, aprendió cómo medir la fuerza utilizando un dispositivo de carga. Observó que la fuerza ejercida en una superficie dada es directamente proporcional a la presión aplicada sobre dicha superficie.

Puesto que la relación entre la fuerza y la presión es lineal, es posible predecir la fuerza ejercida por el cilindro para cualquier ajuste de presión.

## PREGUNTAS DE REVISIÓN

- De acuerdo con la relación entre fuerza, presión y área, la fuerza puede calcularse utilizando la fórmula
  - $F = P / A$ .
  - $F = P \times A$ .
  - $F = P^2 \times A$ .
  - $F = A / P$ .
- En general, los manómetros de fluidos miden la presión
  - arriba de la presión atmosférica.
  - abajo de la presión atmosférica.
  - a la presión atmosférica.
  - abajo de la presión absoluta.

## Relación entre presión y fuerza

3. La presión es una medida de
  - a. peso.
  - b. fuerza por unidad de superficie.
  - c. caudal por unidad de tiempo.
  - d. fuerza por unidad de tiempo.
  
4. La presión al nivel del mar se llama
  - a. presión al nivel del mar.
  - b. presión absoluta.
  - c. presión atmosférica.
  - d. presión de referencia.
  
5. El área anular de un cilindro corresponde al
  - a. área de la superficie más el área del vástago.
  - b. área del vástago menos el área de la superficie.
  - c. área de la superficie menos el área del vástago.
  - d. área del vástago más el área de la superficie.

## Relación entre presión y volumen

### OBJETIVO DEL EJERCICIO

- Verificación de la relación entre presión y volumen, comprimiendo aire en la cámara de un cilindro;
- Observación del fenómeno de la compresibilidad del aire.

### PRESENTACIÓN

#### Relación entre presión y volumen

Cuando una masa gaseosa se comprime, la presión del gas aumenta. La relación entre presión y volumen se conoce como Ley de Boyle. Ésta establece que, a temperatura constante, la presión absoluta (es decir, la presión medida por un manómetro más la presión atmosférica) de una masa de gas dada varía inversamente con el cambio de volumen. Escribiéndola como una relación matemática simple, esto es:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

donde  $P_1$  es la presión absoluta inicial,  
 $P_2$  es la presión absoluta final,  
 $V_1$  es el volumen inicial,  
 $V_2$  es el volumen final.

Cuando la temperatura cambia, la fórmula es:

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$$

donde  $T_1$  es la temperatura inicial,  
 $T_2$  es la temperatura final.

Por ejemplo, la Ley de Boyle puede utilizarse para calcular la presión final dentro de un tanque de aire cuando se conocen la presión inicial, el volumen inicial y el volumen final, como se muestra en la Figura 2-7.

## Relación entre presión y volumen

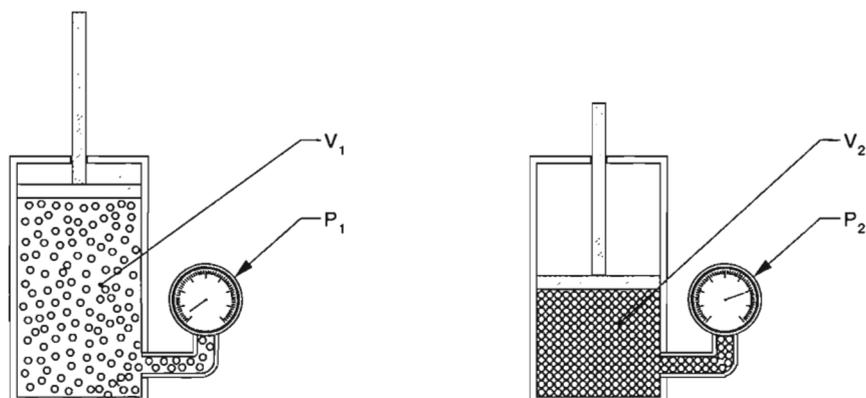


Figura 2-7. Utilización de la Ley de Boyle para calcular la presión final.

En este ejemplo, el tanque retiene un volumen inicial de aire  $V_1$  a una presión inicial  $P_1$ . El aire se comprime para ocupar un volumen final  $V_2$ . Primero, convierta la lectura de la presión inicial en presión absoluta, agregando 101,3 kPa (ó 14,7 psi). Luego, vuelva a escribir la fórmula para aislar la variable desconocida ( $P_2$ ) de un lado de la ecuación. En este caso, la Ley de Boyle se escribe como  $P_2 = (P_1 \times V_1) / V_2$ . Estos cálculos dan como resultado un valor absoluto de presión. La lectura del manómetro correspondiente al volumen final de aire es igual al valor absoluto menos 101,3 kPa (ó 14,7 psi).

### MATERIAL DE REFERENCIA

Para más información, consulte el capítulo titulado *Energy Transmission Using a Pneumatic System* en el manual *Industrial Pneumatic Technology* de Parker-Hannifin.

### Resumen del procedimiento

En este ejercicio, observará la relación entre presión y volumen comprimiendo aire en la cámara de un cilindro.

### EQUIPO NECESARIO

A fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio, consulte el cuadro de utilización del equipo del Apéndice A de este manual.

### PROCEDIMIENTO

- 1. Busque el cilindro de doble acción, enrosque una punta (tipo bala) en el vástago y extienda a éste completamente hacia afuera del cilindro.

## Relación entre presión y volumen

- 2. Haga una marca con el lápiz en la mitad del recorrido del vástago. No considere la parte roscada del vástago en sus mediciones.

**Nota:** Para los cálculos teóricos de este procedimiento se acepta que se trata de sistemas neumáticos perfectos. En éstos, no existen pérdidas de presión o energía debidas al calor o las fugas. Sin embargo, en el mundo real, existen pérdidas de presión y fricción en todo sistema mecánico. También, cuando el aire se encierra en un cilindro, su volumen real es igual al volumen interior del cilindro más el volumen interno del tubo conectado a la cámara del cilindro. Por lo tanto, es importante utilizar tubos tan cortos como sea posible.

- 3. Empuje el vástago del pistón hacia el cilindro y conecte el manómetro en el lado vástago con un tubo corto, como se muestra en la Figura 2-8.

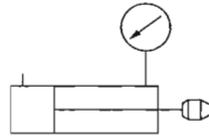


Figura 2-8. Diagrama esquemático de un circuito utilizando un manómetro y un cilindro.

- 4. Extraiga el vástago del pistón hasta la marca que se encuentra en la mitad de su recorrido y lea la presión ( $P_2$ ) en el manómetro. Repita la operación para confirmar la lectura y registrar el valor de la presión.

$$P_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- 5. Explique, ¿qué le sucede al aire en el lado vástago del cilindro cuando se extrae el vástago del pistón?

---

---

- 6. Utilice la Ley de Boyle para calcular la presión final teórica ( $P_2$ ) para el paso 4. Acuérdesse de utilizar la presión absoluta en lugar de la presión manométrica para sus cálculos.

**Nota:** El volumen final ( $V_2$ ) es la mitad del volumen inicial ( $V_1$ ).

$$P_2 = \frac{P_1 \times V_1}{V_2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

# Relación entre presión y volumen

7. Compare la presión teórica y la presión real, medidas en el paso 4. ¿Son similares?

Sí       No

8. ¿Sus resultados confirman la Ley de Boyle? Explique.

---

---

9. ¿A qué presión corresponden sus resultados?

---

10. Desconecte y almacene toda la tubería y componentes.

## CONCLUSIÓN

En este ejercicio, aprendió que el aire es comprimible.

Aprendió que la relación entre presión y volumen se conoce como Ley de Boyle.

Observó que, a temperatura constante, esta relación puede expresarse con la fórmula  $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$ .

Calculó y midió la presión en la cámara de un cilindro para verificar esa relación.

## PREGUNTAS DE REVISIÓN

- 1.. La relación entre presión y volumen se conoce como

- Ley de Pascal.
- Ley de Boyle.
- Ley de Gas.
- Ley de la Neumática.

2. La presión absoluta se refiere a

- la presión medida por un manómetro más la presión atmosférica.
- la presión medida por un manómetro menos la presión atmosférica.
- la presión más alta que un componente puede soportar.
- la presión medida por un manómetro de tubo de Bourdon.

3. Cuando la temperatura del aire de un depósito se duplica,

## Relación entre presión y volumen

- a. el volumen se duplicará.
  - b. el volumen disminuirá a la mitad.
  - c. la presión se duplicará.
  - d. la presión disminuirá a la mitad.
4. Cuando la temperatura permanece constante, la relación entre presión y volumen se puede expresar por
- a.  $P_2 = V_2 / (P_1 \times V_1)$ .
  - b.  $P_2 = (P_1 \times V_1) / T_2$ .
  - c.  $P_2 = (P_1 \times T_1) / V_2$ .
  - d.  $P_2 = (P_1 \times V_1) / V_2$ .
5. ¿Cuál de los siguientes enunciados es verdadero, suponiendo que la temperatura permanece constante?
- a. Si el volumen de un gas se duplica, la presión manométrica disminuirá a la mitad.
  - b. La presión manométrica debe convertirse en presión absoluta para utilizar la Ley de Boyle.
  - c. Si la presión manométrica de un gas se duplica, el volumen se debe disminuir a la mitad.
  - d. La presión de un líquido permanecerá igual cuando su volumen se comprima a la mitad de su volumen original.



# Ejercicio 2-3

## Relación entre caída de presión y caudal

### OBJETIVO DEL EJERCICIO

- Introducción al caudalímetro, válvulas de aguja, válvulas de retención y válvulas de control de flujo.
- Demostración de la relación entre la caída de presión y el caudal generado. Observación del efecto de la carga sobre el caudal utilizando un circuito de prueba.

### PRESENTACIÓN

#### Caudalímetros

El caudal de un circuito de potencia neumática describe el volumen de fluido que pasa a través del circuito durante un período de tiempo determinado. El caudal se mide en litros por minuto,  $\ell/\text{min}$  (Pie Cúbico Estándar por Minuto, SCFM, o Pie Cúbico Estándar por Hora, SCFH).

El dispositivo utilizado para medir el caudal se llama caudalímetro. El que se proporciona con su equipo didáctico es uno de área variable. En este tipo de caudalímetro, el flujo de aire se utiliza para hacer flotar una esfera liviana o un elemento en forma de bala a través de un tubo coneiforme. Cuando el flujo de aire aumenta, se necesita una abertura más grande dentro del caudalímetro para permitir que el aire escape. El estrechamiento del tubo requiere una escala no lineal, lo que significa que la calibración de la escala no está espaciada de igual forma. El caudalímetro proporcionado con su equipo didáctico aparece en la Figura 2-9.

El caudalímetro de área variable se debe instalar en forma vertical para permitir que la gravedad actúe en la esfera o bala. Este dispositivo está calibrado para medir el caudal de aire a la presión atmosférica, lo cual significa que se debe colocar en un circuito para medir el caudal cuando el aire está regresando a la presión atmosférica.

# Relación entre caída de presión y caudal

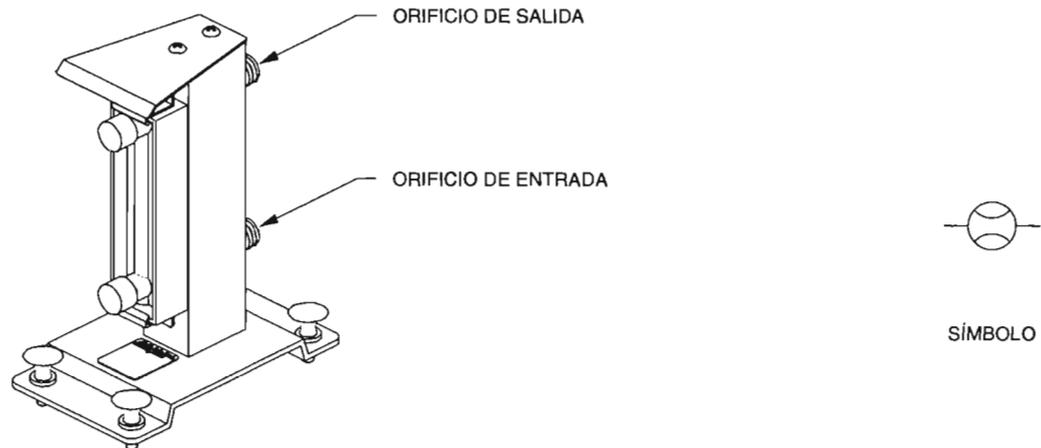


Figura 2-9. Caudalímetro típico y su símbolo.

## Válvulas de aguja

La válvula de aguja es un componente que permite controlar el caudal en un sistema. El cuerpo de esta válvula contiene dos orificios, una aguja ajustable, un asiento y un sellado para el vástago. Su operación se muestra en la Figura 2-10.

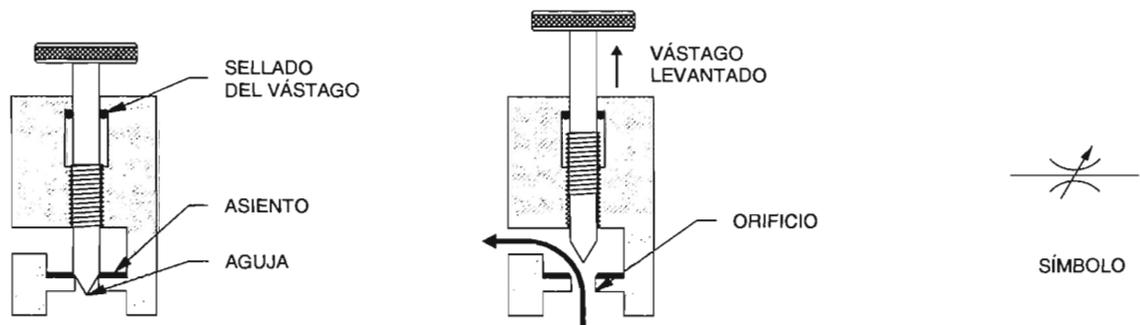


Figura 2-10. Válvula de aguja común y su símbolo.

Cuando se enrosca el vástago hasta que la aguja se apoya sobre su asiento, el fluido (aire) no puede circular a través de la válvula. Cuando la aguja está ligeramente separada de su asiento, se crea una abertura, permitiendo que una pequeña cantidad de fluido pase por la misma. Cuanto más se separa la aguja de su asiento, más grande será la abertura y una mayor cantidad de fluido la atravesará. Si la abertura no es lo suficientemente grande para permitir que el flujo completo del sistema pase a través de la válvula, la abertura actúa como una restricción, creando una presión aguas arriba de la válvula. La diferencia entre las presiones aguas arriba y aguas abajo de la válvula de aguja se llama caída de presión, o diferencia de presión, a través de la válvula.

# Relación entre caída de presión y caudal

El flujo a través de la válvula se puede aumentar de dos maneras: agrandando la abertura, o bien, si el tamaño de ésta permanece constante, aumentando la caída por medio de una elevación de la presión aguas arriba. Las válvulas de aguja controlan el flujo en ambas direcciones.

## Válvulas de retención

Las válvulas de retención permiten que el fluido circule a través del componente en una sola dirección. Una válvula de retención simple, como la que se muestra en la Figura 2-11, consta de un cuerpo con dos orificios, un elemento de sellado, tal como una esfera o un obturador, y un resorte ligero.

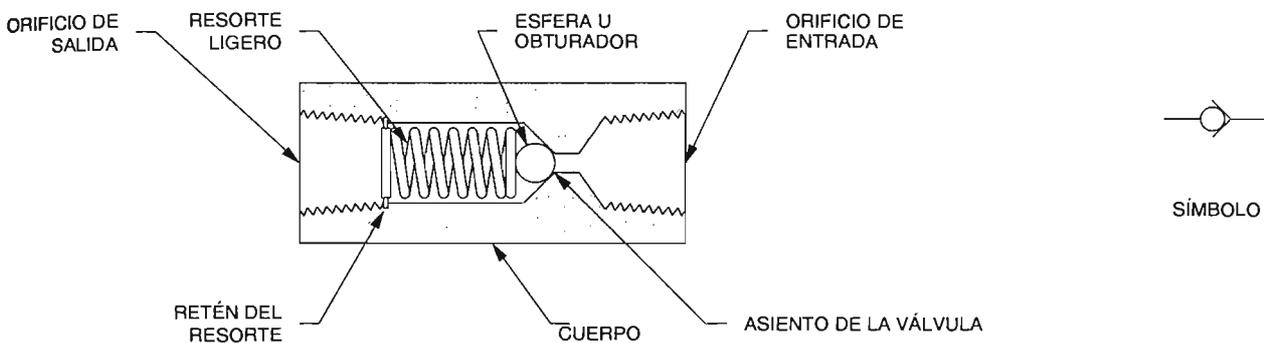


Figura 2-11. Válvula de retención común y su símbolo.

Cuando el fluido ingresa por el orificio de entrada de una válvula de retención, el elemento de sellado se separa de su asiento y el fluido circula a través de la válvula. Cuando se invierte la dirección del flujo, ese elemento resulta empujado contra su asiento y el fluido no puede pasar a través de la válvula.

Generalmente, se necesita una presión de 20 a 35 kPa (o de 3 a 5 psi) para comprimir el resorte ligero de una válvula de retención y separar el elemento de sellado de su asiento. En ocasiones, a la presión de entrada necesaria para abrir la válvula se la llama presión de apertura.

## Válvula de control de flujo

La válvula de control de flujo proporcionada con su equipo didáctico consta de una válvula de aguja y una válvula de retención, ambas conectadas en paralelo e integrando un solo cuerpo. La gran diferencia entre una válvula de aguja simple y una válvula de control de flujo es la dirección del flujo regulado. Una válvula de aguja colocada en una línea de presión permite el pasaje del fluido en ambas direcciones. En cambio, una válvula de retención lo deja pasar en una sola dirección. Por lo tanto, como estas dos válvulas forman parte de la válvula de control de flujo, en ésta el flujo pasará en una sola dirección. Una válvula de control de flujo común y su símbolo gráfico correspondiente se muestran en la Figura 2-12.

# Relación entre caída de presión y caudal

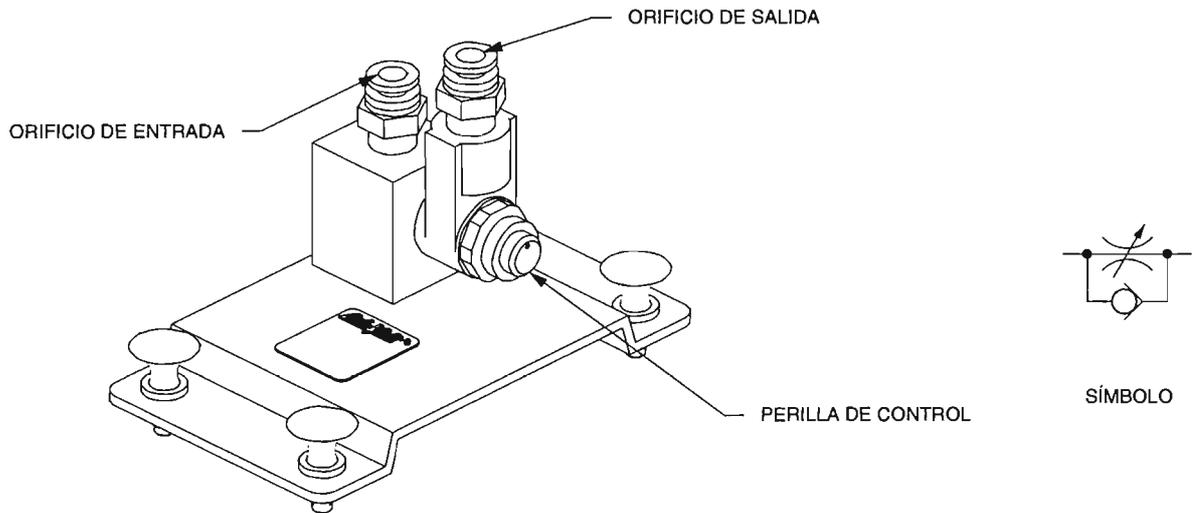


Figura 2-12. Válvula de control de flujo común y su símbolo.

## MATERIAL DE REFERENCIA

Para más información, consulte los capítulos titulados *Control of Pneumatic Energy* y *Flow Control Valves, Silencers, Quick Exhausts* en el manual *Industrial Pneumatic Technology* de Parker-Hannifin.

## Resumen del procedimiento

En la primera parte del ejercicio, instalará un circuito para poder observar el efecto de una válvula de retención.

En la segunda parte, variará el caudal a través de una válvula de control de flujo, alterando el tamaño de la abertura de la válvula de aguja y modificando la caída de presión a través de la primera.

## EQUIPO NECESARIO

A fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio, consulte el cuadro de utilización del equipo del Apéndice A de este manual.

## PROCEDIMIENTO

1. Verifique el estado del equipo didáctico de acuerdo con el procedimiento proporcionado en el Ejercicio 1-2.
2. Conecte el circuito mostrado en la Figura 2-13.

# Relación entre caída de presión y caudal

**Nota:** El silenciador está conectado en el orificio de salida de la válvula de interrupción principal de la unidad de acondicionamiento.

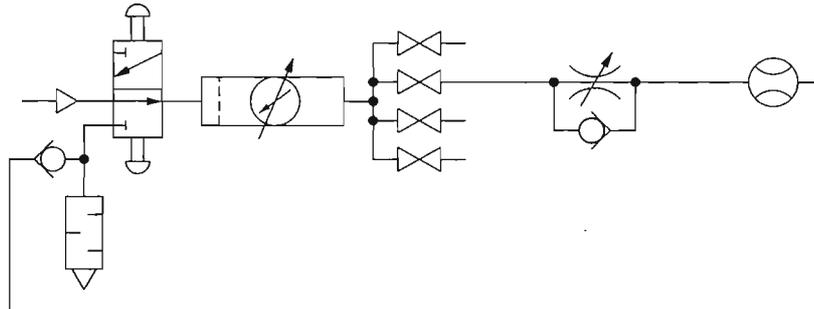


Figura 2-13. Diagrama esquemático de un circuito utilizando una válvula de control de flujo.

- 3. Cierre la válvula de control de flujo girando la perilla de control completamente en el sentido de las manecillas del reloj.
- 4. Abra la válvula de interrupción principal y la válvula de interrupción en derivación del colector. Ajuste el regulador de presión hasta leer 200 kPa (ó 30 psi) en el manómetro regulado.
- 5. Registre la lectura que indica el caudalímetro.

---

- 6. Abra la válvula de control de flujo girando la perilla de control completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj.
- 7. Registre la lectura que indica el caudalímetro.

---

- 8. Cierre la válvula de control de flujo girando la perilla de control completamente en el sentido de las manecillas del reloj y cerrando la válvula de interrupción principal, sin modificar el ajuste del regulador de presión.
- 9. Intercambie los tubos de los orificios de la válvula de control de flujo para invertir la dirección de la circulación del aire a través de la válvula.

## Relación entre caída de presión y caudal

- 10. Abra la válvula de interrupción principal.
- 11. Registre la lectura que indica el caudalímetro.  
  
\_\_\_\_\_
- 12. Puesto que la válvula de control de flujo está cerrada, explique por qué el caudalímetro indica un flujo a través de la válvula.  
  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 13. Abra la válvula de control de flujo girando la perilla de control completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj.
- 14. Registre la lectura que indica el caudalímetro.  
  
\_\_\_\_\_
- 15. Compare los caudales medidos en los pasos 11 y 14. Explique por qué el caudal es un poco mayor cuando la válvula de control de flujo está completamente abierta.  
  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 16. Cierre las válvulas de interrupción y gire la perilla de ajuste del regulador completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj.
- 17. De los resultados obtenidos, ¿qué puede concluir acerca de la medición de una válvula de control de flujo?  
  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 18. Modifique el circuito como se muestra en la Figura 2-14.

# Relación entre caída de presión y caudal

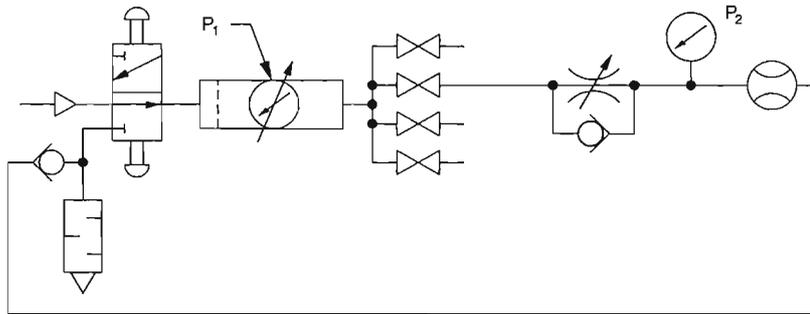


Figura 2-14. Diagrama esquemático de un circuito utilizando una válvula de control de flujo.

- 19. Abra las válvulas de interrupción.
- 20. Cierre la válvula de control de flujo girando la perilla de control completamente en el sentido de las manecillas del reloj. Ajuste el regulador de presión hasta leer 400 kPa (ó 60 psi) en el manómetro regulado.
- 21. De forma gradual abra la válvula de control de flujo girando la perilla de control en el sentido contrario al de las manecillas del reloj, como se indica en la Tabla 2-3. Consulte la marca en la perilla de control para ayudarse a ajustar la posición correcta. Para cada ajuste, asegúrese de que la presión regulada se encuentre en 400 kPa (ó 60 psi). Registre los caudales en las celdas correspondientes de la Tabla 2-3.

REGULADOR DE PRESIÓN	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO	CAUDAL
400 kPa (ó 60 psi)	3 vueltas	
400 kPa (ó 60 psi)	4 vueltas	
400 kPa (ó 60 psi)	5 vueltas	
400 kPa (ó 60 psi)	completamente abierta	

Tabla 2-3. Caudal en función del tamaño de la abertura.

- 22. ¿Qué relación existe entre la abertura de la válvula de control de flujo y el caudal?

---



---



---

## Relación entre caída de presión y caudal

23. Sin modificar los ajustes de la válvula de control de flujo, ajuste el regulador de presión para obtener una lectura de 50 ℓ/min (ó 2 SCFM) en el caudalímetro. Registre el valor de  $P_1$  y  $P_2$  en la Tabla 2-4.

CAUDAL	$P_1$	$P_2$	$\Delta P$
50 ℓ/min (ó 2 SCFM)			
75 ℓ/min (ó 3 SCFM)			
100 ℓ/min (ó 4 SCFM)			

Tabla 2-4. Caudal en función de la caída de presión.

24. Ajuste el regulador de presión para obtener los valores de los caudales restantes indicados en la Tabla 2-4. Para cada ajuste, registre el valor de  $P_1$  y  $P_2$ .
25. Cierre todas las válvulas de interrupción.
26. Calcule la caída de presión ( $\Delta P$ ) para cada caudal y registre el resultado en la Tabla 2-4.
27. ¿Qué relación existe entre la caída de presión y el caudal?

---



---



---

28. En la unidad de acondicionamiento, gire la perilla de ajuste del regulador completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj. Debe leer 0 kPa (ó 0 psi) en el manómetro regulado.
29. Desconecte y almacene toda la tubería y los componentes.

### CONCLUSIÓN

En la primera parte del ejercicio, observó el efecto de una válvula de retención. Pudo ver que ésta permite que el fluido circule en una sola dirección.

Ha observado también que una válvula de retención conectada en paralelo con una válvula de aguja permite que el fluido atraviese a esta última en una sola dirección.

# Relación entre caída de presión y caudal

En la segunda parte del ejercicio, pudo comprobar que el caudal a través de la válvula de control de flujo varía de acuerdo con el tamaño de la abertura o, si el tamaño permanece constante, con la caída de presión a través de la válvula.

## PREGUNTAS DE REVISIÓN

4. Una válvula de aguja se utiliza para
  - a. ajustar el caudal en un circuito.
  - b. ajustar la presión aguas abajo de la válvula.
  - c. controlar la dirección de la circulación del fluido.
  - d. alinear la aguja en una operación de costura neumática industrial.
  
5. ¿Cuáles componentes se combinan dentro de una válvula de control de flujo?
  - a. Una válvula de alivio y una válvula de aguja.
  - b. Una válvula de aguja y una válvula de retención.
  - c. Una válvula de retención y un regulador.
  - d. Un regulador y una válvula de aguja.
  
6. Una válvula de aguja consta de un cuerpo que contiene
  - a. dos orificios, un resorte y un carrete.
  - b. dos orificios, una aguja con su asiento y el vástago roscado de la aguja.
  - c. tres orificios, un resorte y una esfera.
  - d. un orificio, una aguja con su asiento y un resorte.
  
7. El flujo a través de una válvula de control aumentará ya sea si el tamaño de la abertura se aumenta o
  - a. si el tamaño de la abertura permanece constante pero la caída de presión aumenta, elevando la presión aguas arriba.
  - b. si el tamaño de la abertura permanece constante pero la caída de presión disminuye, bajando la presión aguas arriba.
  - c. si el tamaño de la abertura permanece constante pero la caída de presión aumenta, disminuyendo la presión aguas arriba.
  - d. si el tamaño de la abertura permanece constante pero la caída de presión disminuye, elevando la presión aguas arriba.
  
8. La gran diferencia entre una válvula de aguja simple y una válvula de control de flujo es
  - a. el tamaño de la válvula.
  - b. el método de construcción.
  - c. el número de orificios.
  - d. la dirección del flujo regulado.

## Relación entre caída de presión y caudal

## Generación de vacío

### OBJETIVO DEL EJERCICIO

- Introducción a la generación de vacío;
- Operación del colchón de aire;
- Generación de vacío mediante un circuito.

### PRESENTACIÓN

El vacío es la ausencia parcial o completa de presión atmosférica. Cuando la presión interior de un recipiente sellado es igual a 0 kPa (ó 0 psi), la presión interior y exterior del recipiente es igual a (101,3 kPa [ó 14,7 psi] absoluta). Cuando la presión interior del recipiente es menor que la presión atmosférica se origina el vacío.

Como la presión positiva, la intensidad del vacío se debe medir por la fuerza que el mismo puede ejercer sobre una unidad de superficie. Es posible medirla con las mismas unidades que la presión positiva, pero por lo general se mide en milímetros (o pulgadas) de mercurio, y se abrevia como mmHg (o pulgHg). Esta unidad de medida se basa en las propiedades físicas del barómetro, el cual mide la presión barométrica.

Un barómetro consta de un tubo de vidrio que está sellado en un extremo y abierto en el otro. El tubo se llena con mercurio y se lo coloca en forma vertical dentro de un baño de mercurio, como se muestra en la Figura 2-15. Bajo condiciones estándares a nivel del mar, la presión atmosférica soporta una columna de mercurio de 760 mm (ó 30 pulg). Debido a su peso (13,6 veces más liviano que el mercurio), el agua no se utiliza en los barómetros. Bajo las mismas condiciones, la presión atmosférica puede soportar una columna de agua de 10 m (ó 34 pies).

# Generación de vacío

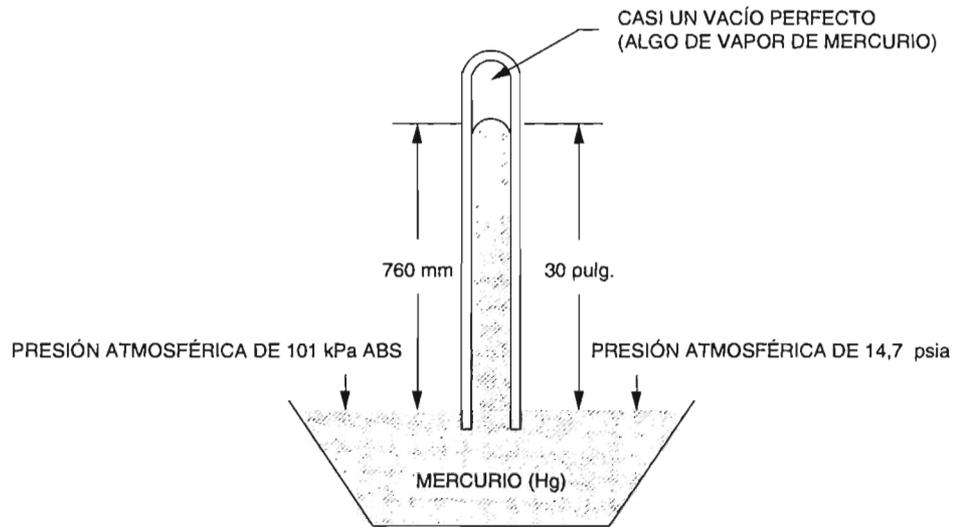


Figura 2-15. Barómetro simple.

Por lo general, el vacío se genera por medio de una bomba de vacío. Ésta es simplemente una bomba de aire que se utiliza para hacer descender la presión del aire de un lado de un objeto para que la presión atmosférica actúe contra el lado opuesto.

La Figura 2-16 muestra un venturi que se puede utilizar para producir un vacío. El aire comprimido ingresa a través del orificio de entrada A. En la parte más angosta del venturi la velocidad del aire aumenta reduciendo su presión. El difusor D crea un vacío, el cual actúa a través del orificio C. La corriente de aire se libera a través del orificio B.

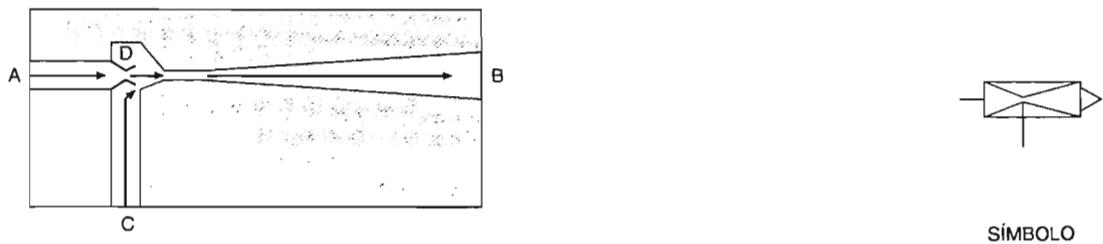


Figura 2-16. Operación del venturi.

Puesto que la diferencia de presión entre el vacío y la presión atmosférica tiene un límite teórico de 760 mmHg (ó 14,7 psi), el vacío no puede realizar la misma cantidad de trabajo que el aire comprimido a la presión más alta. Sin embargo, existen muchos usos invalorable. Por ejemplo, las bombas de vacío hacen funcionar las máquinas ordeñadoras para que una persona pueda ordeñar 20 veces más vacas con la máquina que de forma manual. Los lubricadores de rocío

# Generación de vacío

estándar de los sistemas neumáticos también pueden utilizar un tubo venturi para bombear el aceite del depósito.

Los factores de conversión para las diferentes unidades de medida son:  
1 mmHg = 13,6 mmH<sub>2</sub>O = 0,133 kPa (ó 1 pulgHg = 13,6 pulgH<sub>2</sub>O = 0,491 psi).

## Colchón de aire

Un colchón de aire es un actuador que reduce o elimina la fricción entre el colchón y la superficie de trabajo. La operación de un colchón de aire se ilustra en la Figura 2-17. El aire se introduce a través del orificio de entrada y se libera a través de un pequeño orificio que se encuentra en una de las caras del colchón de aire. La presión actúa en el espacio entre el colchón y la superficie lisa de trabajo. Esta presión evita que estas dos superficies hagan contacto entre sí, reduciendo así la fricción.

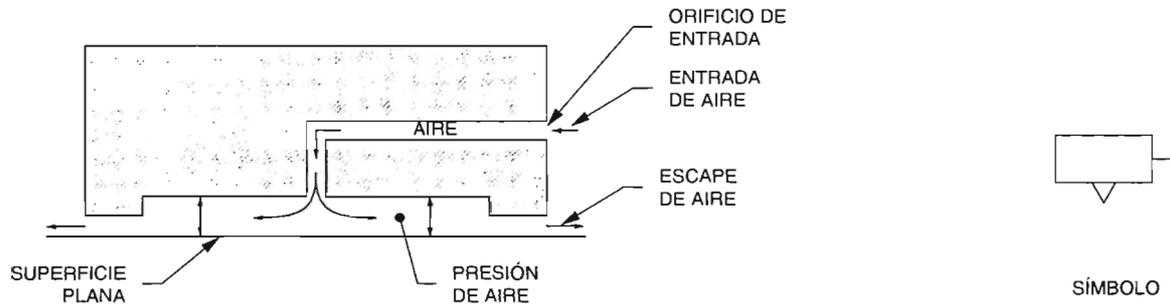


Figura 2-17. Operación del colchón de aire.

El área de la superficie de un colchón de aire y la presión aplicada determinan la cantidad de fuerza de izado generada por el colchón de aire. La fórmula  $F = P \times A$  se utiliza para calcular la cantidad de fuerza generada. Cuando la carga aumenta o el tamaño del colchón disminuye, la presión debe aumentar para que el colchón opere adecuadamente.

## MATERIAL DE REFERENCIA

Para más información acerca del vacío, consulte el capítulo titulado *Force Transmission Through a Fluid* en el manual *Industrial Pneumatic Technology* de Parker-Hannifin.

## Resumen del procedimiento

En la primera parte del ejercicio, utilizará dos cilindros para observar el efecto de vacío.

En la segunda parte, empleará un generador de vacío (venturi) para producir el vacío que operará un cilindro.

# Generación de vacío

En la tercera parte del ejercicio, utilizará un colchón de aire para observar el efecto de vacío.

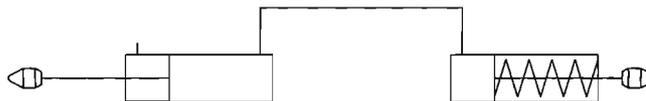
En la cuarta parte, calculará la fuerza de vacío del venturi midiendo la altura de una columna de agua.

## EQUIPO NECESARIO

A fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio, consulte el cuadro de utilización del equipo del Apéndice A de este manual.

## PROCEDIMIENTO

- 1. Retire los dos cilindros proporcionados con su equipo didáctico del lugar donde se encuentran almacenados y enrosque una punta en cada vástago del cilindro.
- 2. Extienda el vástago del pistón del cilindro de doble acción y conecte el circuito mostrado en la Figura 2-18.



**Figura 2-18. Diagrama esquemático de un circuito de vacío de dos cilindros.**

- 3. Extraiga el vástago del pistón del cilindro de simple acción.
- 4. Explique por qué el vástago del pistón del cilindro de doble acción se retrae cuando se extrae el vástago del pistón del cilindro de simple acción.

---

---

---

# Generación de vacío

- 5. ¿Cómo puede este circuito crear vacío en la cámara del cilindro de doble acción?

---

---

---

- 6. Desconecte el circuito y verifique el estado del equipo didáctico, de acuerdo con el procedimiento dado en el Ejercicio 1-2.

- 7. Conecte el circuito mostrado en la Figura 2-19.

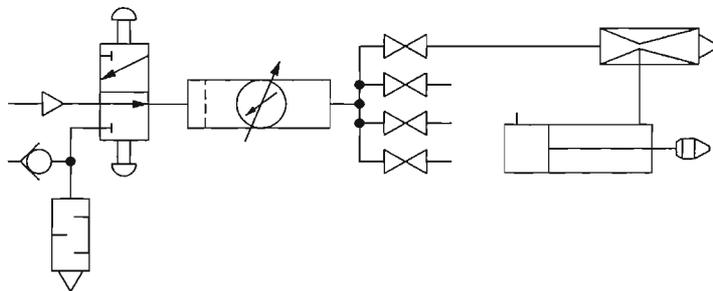


Figura 2-19. Diagrama esquemático de un circuito de vacío utilizando un cilindro.

- 8. Con el diagrama esquemático en la Figura 2-19, explique cómo reaccionará el cilindro cuando el aire comprimido fluya a través del venturi.

---

---

---

- 9. Retraiga el vástago del cilindro y abra la válvula de interrupción principal y la válvula de interrupción en derivación del colector. Luego ajuste el regulador de presión hasta leer 100 kPa (ó 15 psi) en el manómetro regulado.

- 10. ¿El cilindro reaccionó como se pensaba? Si no fue así, explique por qué.

---

---

---

# Generación de vacío

- 11. Cierre las válvulas de interrupción.
- 12. Reemplace el cilindro por el colchón de aire. Conecte el colchón de aire al venturi utilizando un tubo largo de 600 mm (ó 2 pies).
- 13. Coloque el colchón de aire en una superficie horizontal. El orificio del centro del colchón de aire debe estar hacia abajo.
- 14. Abra las válvulas de interrupción y ajuste el regulador de presión hasta leer 100 kPa (ó 15 psi) en el manómetro regulado.
- 15. Trate de levantar el colchón de aire. Explique lo que sucede.

---

---

---

- 16. En la unidad de acondicionamiento, cierre las válvulas de interrupción.
- 17. Desconecte el colchón de aire del generador de vacío y conéctelo en una válvula de interrupción en derivación de la unidad de acondicionamiento. Coloque el colchón de aire en una superficie horizontal. El orificio del centro del colchón de aire debe estar hacia abajo.
- 18. Abra las válvulas de interrupción y ajuste el regulador de presión hasta leer 100 kPa (ó 15 psi) en el manómetro regulado.
- 19. Trate de mover el colchón de aire. Explique lo que sucede.

---

---

---

- 20. ¿El colchón de aire reduce la fricción entre el colchón y la superficie horizontal?  
 Sí       No

# Generación de vacío

- 21. Cierre las válvulas de interrupción y desconecte su circuito.
- 22. Ahora calculará la fuerza de vacío del venturi midiendo la altura de la columna de agua soportada por el mismo.
- 23. Conecte el circuito mostrado en la Figura 2-20.

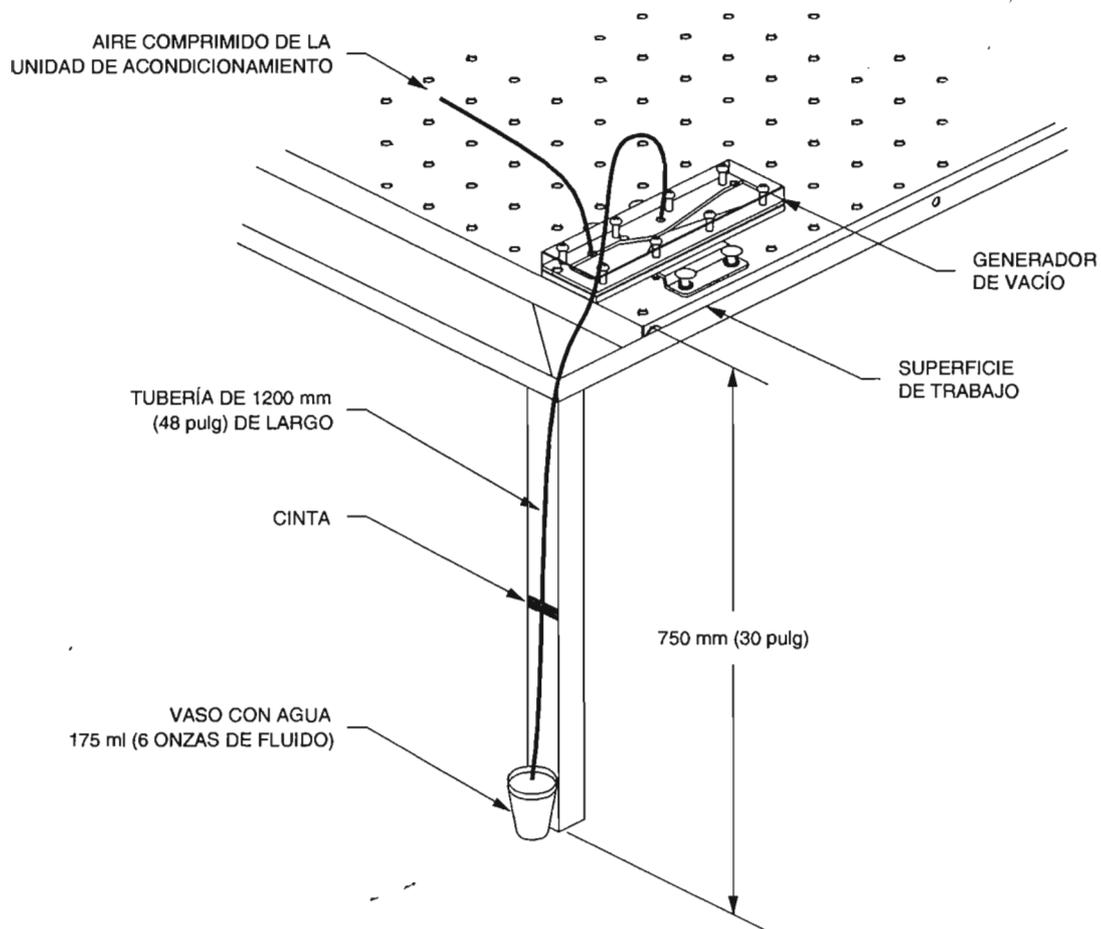


Figura 2-20. Diagrama esquemático del circuito utilizado para medir vacío.

- 24. Consultando los factores de conversión dados en la sección Presentación, calcule la presión (kPa (o psi)) correspondiente a la fuerza de vacío cuando la altura de la columna de agua es de 76 cm (ó 30 pulg).

Vacío = \_\_\_\_\_

# Generación de vacío

- 25. Abra la válvula de interrupción principal. Ajuste lentamente el regulador de presión para obtener una columna de agua de una altura de 76 cm (ó 30 pulg) en el tubo.

**Nota:** *El agua rebasará el nivel si llega al venturi.*

- 26. ¿El nivel del agua indica que el vacío aumenta cuando se incrementa la presión regulada?

Sí       No

- 27. Desconecte y almacene toda la tubería y componentes.

- 28. En la unidad de acondicionamiento, cierre las válvulas de interrupción y gire la perilla de ajuste del regulador completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj. Debe leer 0 kPa (ó 0 psi) en el manómetro regulado.

- 29. Desconecte y almacene todas las tuberías y componentes.

## CONCLUSIÓN

En la primera parte del ejercicio, utilizó un cilindro para crear vacío. Observó que se pueden mover objetos utilizando la fuerza del vacío.

En la segunda parte, utilizó un generador de vacío para operar un cilindro y un colchón de aire. Pudo comprobar que el colchón de aire se adhiere a una superficie horizontal cuando se hace el vacío. También observó que el colchón de aire reduce la fricción cuando se aplica una presión.

En la tercera parte del ejercicio, calculó la fuerza de vacío, midiendo la altura de una columna de agua.

## PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. La cantidad de fuerza de izado generada por el colchón de aire está determinada por
  - a. el área de la superficie de un colchón de aire y la presión aplicada.
  - b. el peso de un objeto.
  - c. la altura del espacio de aire entre el colchón y la superficie lisa de trabajo.
  - d. el tamaño del compresor.

# Generación de vacío

2. ¿Por qué se utiliza mercurio en lugar de agua en los barómetros?
  - a. El mercurio es más estable.
  - b. Debido a la viscosidad del mercurio, éste no causará fugas como el agua.
  - c. El mercurio no se evaporará como el agua.
  - d. Debido al peso del mercurio.
  
3. La función básica de un colchón de aire es
  - a. bajar la presión en un circuito en derivación.
  - b. hacer que un motor neumático desarrolle más par.
  - c. permitir que un cilindro neumático sostenga una carga.
  - d. reducir la fricción entre dos superficies.
  
4. El vacío no puede hacer la misma cantidad de trabajo que el aire comprimido a la presión más alta. ¿Por qué?
  - a. El generador de vacío sería enorme.
  - b. La diferencia de presión entre el vacío y la presión atmosférica es sólo de 760 mmHg (ó 14,7 psi).
  - c. Para hacer la misma cantidad de trabajo, los tubos serían más grandes y costosos.
  - d. Las bombas de vacío son más costosas que los compresores.
  
5. ¿Cuál palabra indica la ausencia parcial o completa de presión atmosférica?
  - a. Volumen.
  - b. Fuerza.
  - c. Barométrica.
  - d. Vacío.



# Examen de la unidad

1. La Ley de Pascal establece que la presión aplicada a un fluido encerrado se transmite de manera uniforme en todas las direcciones y actúa con igual
  - a. presión en las mismas áreas y perpendicularmente a éstas.
  - b. flujo en las mismas áreas y perpendicularmente a éstas.
  - c. fuerza en las mismas áreas y perpendicularmente a éstas.
  - d. presión y fuerza en las mismas áreas y perpendicularmente a éstas.
  
2. Cuando se comprime una masa gaseosa, la presión del gas
  - a. disminuye.
  - b. aumenta.
  - c. permanece constante.
  - d. varía según el caudal.
  
3. Las válvulas de aguja se utilizan para
  - a. ajustar el caudal en ambas direcciones.
  - b. ajustar el caudal en una sola dirección.
  - c. ajustar la presión en ambas direcciones.
  - d. ajustar la presión en una sola dirección.
  
4. La cantidad de fuerza generada por un colchón de aire disminuye cuando
  - a. la carga disminuye.
  - b. la presión disminuye.
  - c. el área aumenta.
  - d. la presión aumenta.
  
5. Una válvula de control de flujo consta de
  - a. una válvula de aguja y una válvula de retención conectadas en serie.
  - b. una válvula de aguja y una válvula de retención conectadas en paralelo.
  - c. una válvula de interrupción y una válvula de retención conectadas en serie.
  - d. una válvula de interrupción y una válvula de retención conectadas en paralelo.
  
6. La unidad de medida del vacío se basa en las propiedades físicas del
  - a. barómetro.
  - b. caudalímetro.
  - c. termómetro.
  - d. medidor de vacío.

## Examen de la unidad (continuación)

7. Con frecuencia, las válvulas de retención se utilizan con otras válvulas para
  - a. permitir que el fluido se filtre a través de otra válvula.
  - b. forzar al fluido a circular en ambas direcciones a través de otras válvulas.
  - c. ajustar un regulador o una válvula de reducción de presión.
  - d. aumentar la presión en un circuito de derivación.
  
8. La caída de presión a través de la válvula de aguja es
  - a. la presión máxima en un circuito de derivación.
  - b. la presión máxima que la aguja puede soportar.
  - c. la diferencia entre la presión aguas arriba y la presión aguas abajo.
  - d. la presión mínima necesaria para la creación de un flujo.
  
9. Una válvula de retención
  - a. se abre y cierra manualmente por el operador.
  - b. se utiliza sólo en aplicaciones industriales.
  - c. se utiliza para ajustar un regulador o una válvula reductora de presión.
  - d. permite que el fluido circule a través de la válvula en una sola dirección.
  
10. ¿Por qué las calibraciones de escala no están espaciadas uniformemente en el área variable del caudalímetro?
  - a. El flujo de aire no es lineal.
  - b. El tubo es estrecho.
  - c. La presión no es lineal.
  - d. Para facilitar la lectura.

## Controles básicos de cilindros

### **OBJETIVO DE LA UNIDAD**

Cuando haya completado esta unidad, será capaz de operar y probar circuitos neumáticos simples utilizando válvulas de control direccional y cilindros. Podrá, además, describir la operación de estos dispositivos.

### **FUNDAMENTOS**

En los sistemas de transmisión de potencia por medio de un fluido, diferentes formas de energía se convierten en otras formas de energía para realizar un trabajo útil. Los actuadores son dispositivos lineales o rotativos que transforman la energía de un fluido en movimiento mecánico y fuerza.

El control de los actuadores es uno de los aspectos más importantes en la neumática. Las válvulas de control direccional se utilizan para abrir y cerrar las trayectorias del flujo en un circuito de potencia neumática. Dichas válvulas permiten que el operador active, detenga e invierta la dirección del movimiento de un dispositivo de salida. Las válvulas de control direccional se clasifican según el número de posiciones, vías y orificios.

Los tipos básicos de actuadores son: los cilindros, los cuales convierten la energía del fluido en energía mecánica rectilínea, o lineal; los motores neumáticos, que transforman la energía del fluido en energía mecánica rotatoria y los colchones de aire, los cuales utilizan la energía del fluido para reducir la fricción entre dos superficies.



## Válvulas de control direccional

### OBJETIVO DEL EJERCICIO

- Introducción a las válvulas de control direccional y sus símbolos;
- Operación de las válvulas de control direccional normalmente de paso y de no paso.

### PRESENTACIÓN

#### Válvulas de control direccional

Las válvulas de control direccional (DCV) se utilizan para detener y controlar la dirección del flujo en un circuito en derivación de potencia neumática. Dichas válvulas se clasifican de acuerdo con el número de posiciones, vías y orificios. Existen de dos, tres y cuatro vías. La cantidad de vías corresponde al número de orificios para el pasaje del fluido en una posición de la válvula. El número de posiciones representa la cantidad de configuraciones posibles de las trayectorias del fluido. Por ejemplo, una válvula de control direccional de dos vías y dos posiciones se muestra en la Figura 3-1.

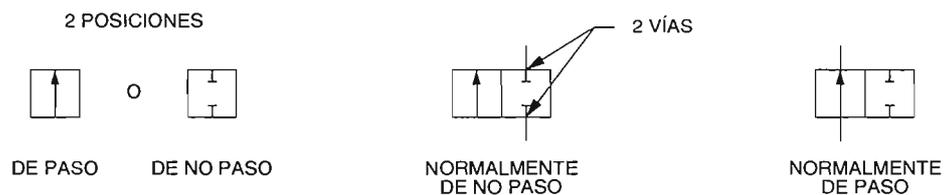


Figura 3-1. Válvula de control direccional de 2 vías y 2 posiciones.

El símbolo para una válvula de control direccional consta de una envoltura separada para cada posición. El número de orificios o vías se indican por medio de las líneas que sobresalen de una de las envolturas. La envoltura con líneas sobresalientes, o con orificios identificados por una letra o número, muestra la trayectoria del flujo a través de la válvula en la posición normal o en reposo.

Una válvula de control direccional de 3 vías y 2 posiciones, tiene tres orificios y dos posibles configuraciones de las trayectorias del flujo. La válvula de control direccional de 3 vías y 2 posiciones, proporcionada con su equipo didáctico, puede utilizarse con aplicaciones normalmente de paso o normalmente de no paso. También se puede emplear para alimentar uno o dos circuitos en derivación o seleccionar entre dos suministros de energía. Estos cuatro posibles usos se muestran en la Figura 3-2.

# Válvulas de control direccional

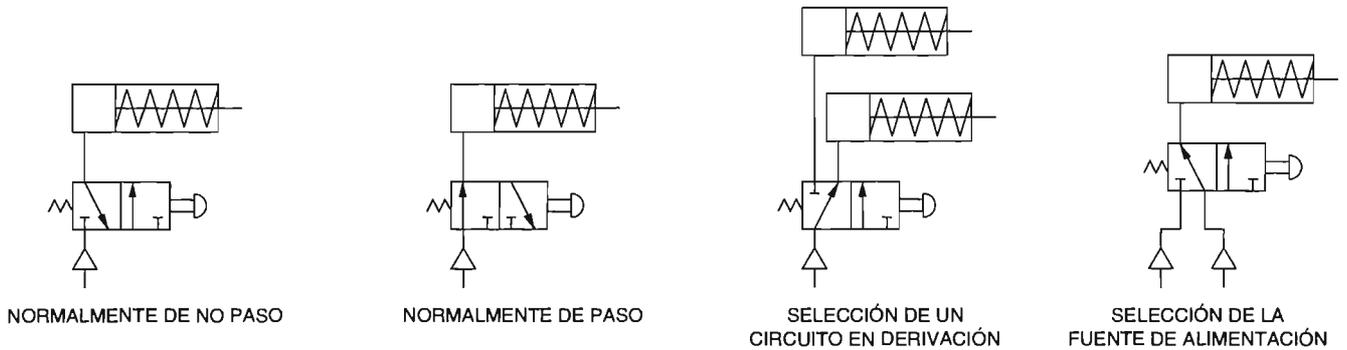


Figura 3-2. Aplicaciones de la válvula de control direccional de 3 vías y 2 posiciones.

La operación de una válvula de control direccional normalmente de no paso se ilustra en la Figura 3-3. Cuando la válvula está en la posición normal, el orificio 1 está presurizado. Los orificios 2 y 3 quedan interconectados a través de la válvula y el circuito en derivación se comunica con la atmósfera. Al desplazar el carrete, el fluido circula del orificio 1, que está presurizado, hacia el orificio 2 a través de la válvula, poniendo bajo presión el circuito en derivación. El resorte regresa el carrete a su posición normal cuando se libera el dispositivo utilizado para desplazarlo.

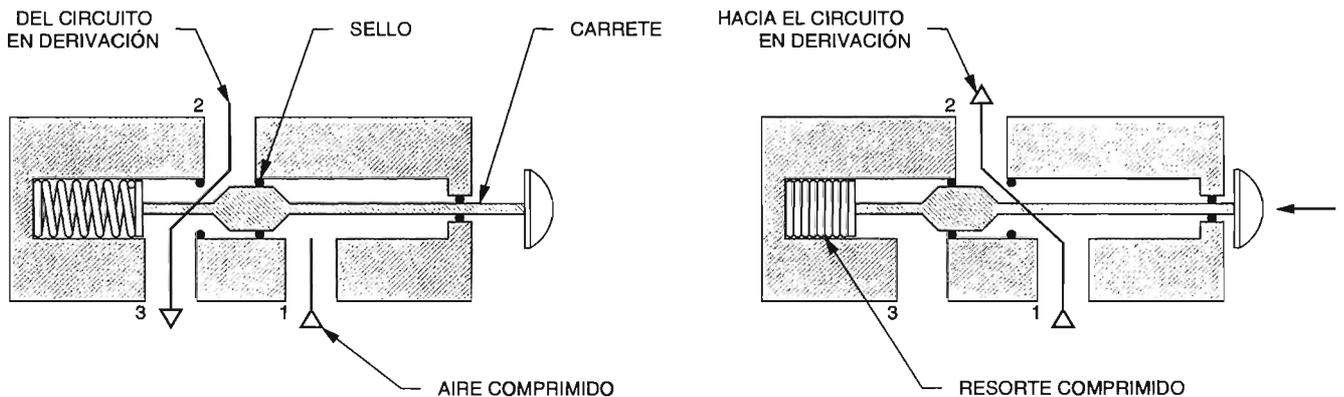


Figura 3-3. Operación de la válvula de control direccional de 3 vías y 2 posiciones.

Se puede utilizar una amplia variedad de dispositivos, llamados actuadores de válvula, para desplazar el carrete de las válvulas de control direccional. Los diferentes tipos son:

- Manual y mecánico: botón pulsador, palanca, leva o conexión de una pieza de la máquina;
- Piloto: un pistón accionado por presión, controlado por otra válvula direccional;
- Solenoide: un vástago accionado por fuerzas magnéticas.

Los actuadores de válvula se ilustran en el Apéndice C.

# Válvulas de control direccional

## MATERIAL DE REFERENCIA

Para más información acerca de las válvulas de control direccional, consulte el capítulo titulado *Directional Control Valves* en el manual *Industrial Pneumatic Technology* de Parker-Hannifin.

## Resumen del procedimiento

En este ejercicio, verificará la operación de una válvula de control direccional de 3 vías y 2 posiciones.

En la primera parte del ejercicio, experimentará con las configuraciones normalmente de paso y normalmente de no paso.

En la última parte, experimentará con una serie de aplicaciones de la válvula de control direccional.

## EQUIPO NECESARIO

A fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio, consulte el cuadro de utilización del equipo del Apéndice A de este manual.

## PROCEDIMIENTO

- 1. Verifique el estado del equipo didáctico de acuerdo con el procedimiento dado en el Ejercicio 1-2.
- 2. Monte el circuito mostrado en la Figura 3-4. Conecte la unidad de acondicionamiento al orificio NC (normalmente de no paso) de la válvula de control direccional.

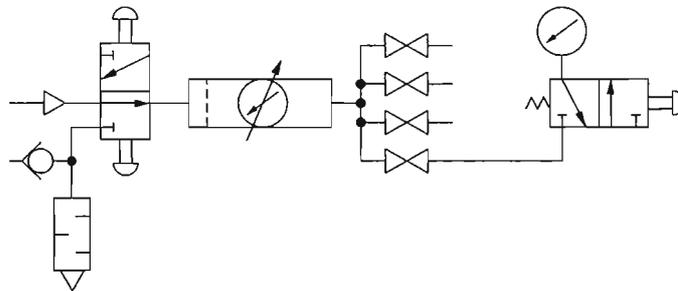


Figura 3-4. Diagrama esquemático de un circuito utilizando una DCV.

# Válvulas de control direccional

- 3. Abra la válvula de interrupción principal y la válvula de interrupción en derivación del colector. Luego ajuste el regulador de presión hasta leer 100 kPa (ó 15 psi) en el manómetro regulado.
  
- 4. Registre la lectura que indica el manómetro.  

---
  
- 5. Presione el botón de la válvula de control direccional y registre la lectura que indica el manómetro para esta posición del botón.  

---
  
- 6. Cierre las válvulas de interrupción.
  
- 7. ¿Sus observaciones confirman que esta trayectoria del flujo corresponde a una válvula normalmente de paso o normalmente de no paso? Explique.  

---

---

---
  
- 8. Modifique el circuito, conectando la unidad de acondicionamiento en el orificio NO (normalmente de paso) de la válvula de control direccional.
  
- 9. Abra las válvulas de interrupción y ajuste el regulador de presión hasta leer 100 kPa (ó 15 psi) en el manómetro regulado.
  
- 10. Registre la lectura que indica el manómetro.  

---
  
- 11. Presione el botón de la válvula de control direccional y registre la lectura que indica el manómetro para esta posición del botón.  

---

# Válvulas de control direccional

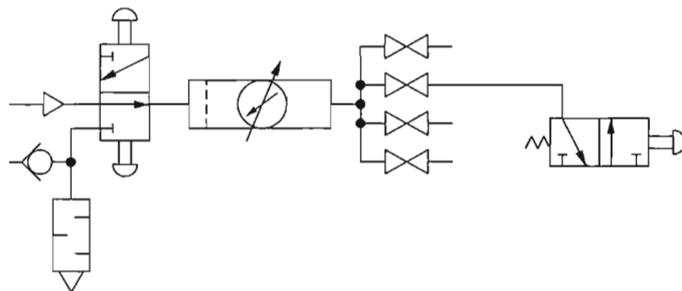
- 12. ¿Esta configuración de la trayectoria del flujo corresponde a una válvula normalmente de paso o normalmente de no paso? Explique.

---

---

---

- 13. Cierre las válvulas de interrupción y gire la perilla de ajuste del regulador completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj.
- 14. Modifique el circuito como se muestra en la Figura 3-5. Conecte la unidad de acondicionamiento al orificio OUT (SALIDA) de la válvula de control direccional.

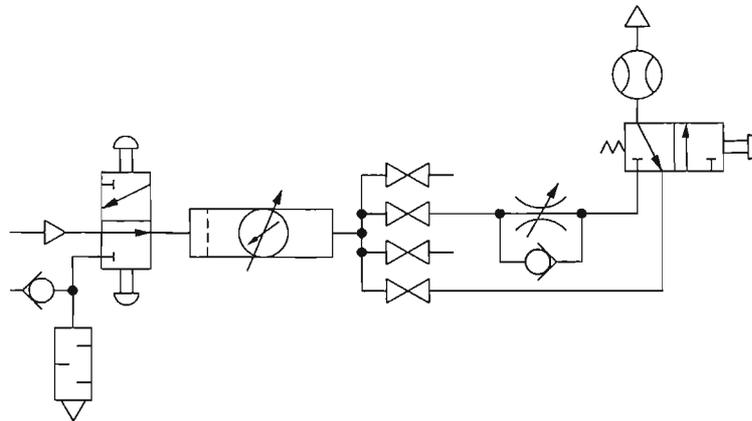


**Figura 3-5. Diagrama esquemático de un circuito utilizando una DCV para seleccionar un circuito en derivación.**

- 15. Abra las válvulas de interrupción y gire lentamente la perilla de ajuste del regulador en el sentido de las manecillas del reloj hasta que escuche un ruido generado por el aire comprimido.
- 16. Observe por cuál orificio fluye el aire comprimido.
- 17. Presione el botón de la válvula de control direccional y repita su observación.
- 18. ¿El aire fluye a través del mismo orificio cuando se presiona el botón?  
 Sí       No

# Válvulas de control direccional

- 19. ¿Sus observaciones confirman que la válvula de control direccional puede utilizarse para seleccionar un circuito en derivación para presurizarlo?
  - Sí
  - No
  
- 20. Cierre las válvulas de interrupción.
  
- 21. Modifique el circuito como se muestra en la Figura 3-6. Conecte la válvula de control de flujo en el orificio NC de la válvula de control direccional y la unidad de acondicionamiento al orificio NO.



**Figura 3-6. Diagrama esquemático de un circuito utilizando una DCV para seleccionar una fuente de alimentación.**

- 22. Asegúrese de que la válvula de control de flujo esté completamente cerrada.
  
  - 23. Abra las válvulas de interrupción necesarias y ajuste el regulador de presión hasta leer 200 kPa (ó 30 psi) en el manómetro regulado.
  
  - 24. Abra parcialmente la válvula de control de flujo girando la perilla de control tres vueltas en el sentido contrario al de las manecillas del reloj. Observe la marca en la perilla de control para ayudarse a ajustar la posición correcta.
  
  - 25. Registre el caudal que indica el caudalímetro.
-

# Válvulas de control direccional

- 26. Presione el botón de la válvula de control direccional y repita su observación. Registre el caudal que indica el caudalímetro mientras mantiene presionado el botón.

---

- 27. Cierre las válvulas de interrupción.

- 28. ¿Sus observaciones confirman que la válvula de control direccional permite seleccionar una fuente de alimentación? Explique.

---

---

---

- 29. En la unidad de acondicionamiento, cierre las válvulas de interrupción y gire la perilla de ajuste del regulador completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj. Debe leer 0 kPa (ó 0 psi) en el manómetro regulado.

- 30. Desconecte y almacene toda la tubería y componentes.

## CONCLUSIÓN

En este ejercicio, verifiqué la operación de una válvula de control direccional de 3 vías y 2 posiciones. Observé que la válvula de control direccional proporcionada con su equipo didáctico se puede emplear en aplicaciones normalmente de paso y normalmente de no paso.

Pudo comprobar que es posible utilizar este tipo de válvulas para alimentar uno o dos circuitos en derivación o seleccionar entre dos suministros de energía.

Aprendió que existe una variedad de dispositivos, llamados actuadores de válvulas, que se pueden utilizar para desplazar el carrete de las válvulas de control direccional.

# Válvulas de control direccional

## PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. Una válvula de control direccional de 3 vías y 2 posiciones no se puede utilizar para
  - a. seleccionar entre dos fuentes de alimentación.
  - b. seleccionar entre dos circuitos en derivación.
  - c. ajustar la presión en dos circuitos en derivación.
  - d. accionar y detener un actuador.
  
2. Una válvula de control direccional de 3 vías y 2 posiciones
  - a. puede ser de retroceso por resorte.
  - b. se puede utilizar para ajustar la presión de dos circuitos en derivación diferentes.
  - c. no puede desplazarse manualmente.
  - d. tiene dos orificios.
  
3. Una válvula de control direccional de 3 vías y 2 posiciones puede tener
  - a. tres envolturas y dos orificios para el fluido.
  - b. tres envolturas y tres orificios para el fluido.
  - c. dos envolturas y tres posiciones.
  - d. dos envolturas y tres orificios para el fluido.
  
4. Los dispositivos utilizados para desplazar el carrete de las válvulas de control direccional se llaman
  - a. actuadores de válvula.
  - b. controles de válvula.
  - c. pilotos de válvula.
  - d. palancas.
  
5. En una válvula de control direccional de 3 vías y 2 posiciones, ¿cuántas configuraciones de trayectorias del flujo son posibles?
  - a. 1
  - b. 2
  - c. 3
  - d. 6

## Control direccional y de velocidad de cilindros

### OBJETIVO DEL EJERCICIO

- Introducción a la operación de los cilindros;
- Estudio acerca de cómo controlar la dirección y velocidad de los cilindros.

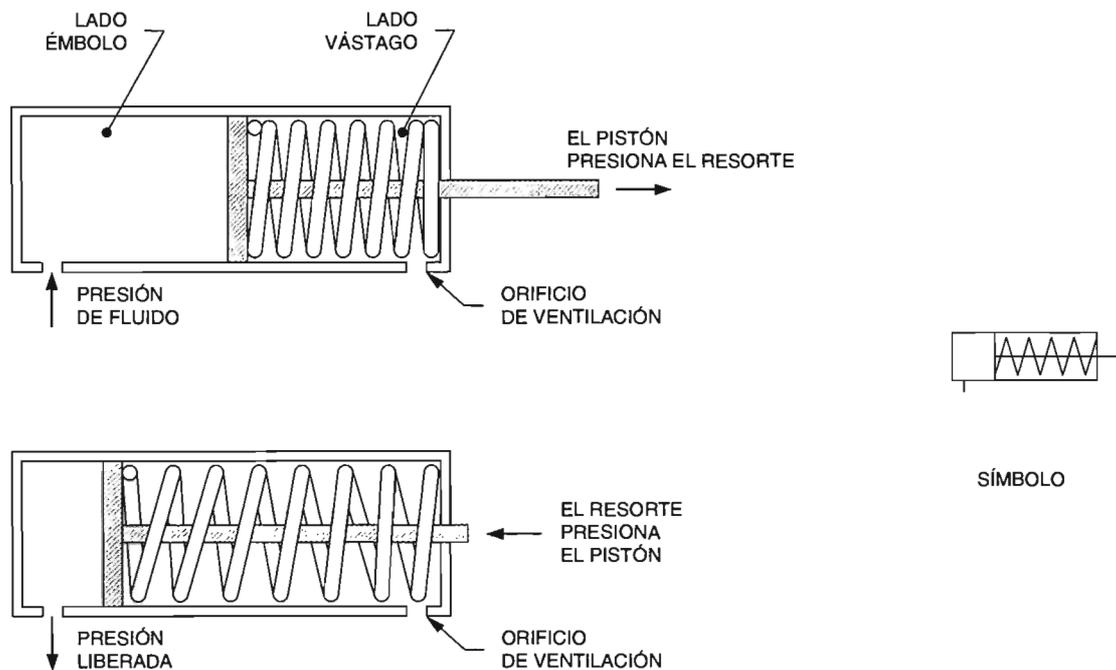
### PRESENTACIÓN

En los sistemas de transmisión de potencia por medio de un fluido, diferentes formas de energía se convierten en otras formas de energía para realizar un trabajo útil. Los dispositivos que transforman la energía del fluido en energía mecánica se llaman actuadores.

El cilindro es un actuador que convierte la energía del fluido en energía mecánica rectilínea o lineal. Los cilindros de simple acción transmiten las fuerzas en una sola dirección, mientras que los de doble acción lo hacen durante la extensión y retracción del vástago.

La operación de un cilindro de simple acción, de retroceso por resorte, se ilustra en la Figura 3-7. Cuando el flujo se dirige hacia el lado émbolo del cilindro la presión en dicho lado se eleva hasta que se genera una cantidad suficiente de fuerza para comprimir el resorte. El aire en el lado vástago se libera hacia la atmósfera a través del orificio de ventilación. Cuando el cilindro alcanza el final de su carrera, o es detenido por una carga, la presión en el lado émbolo se eleva hasta la presión del sistema. Cuando la presión del fluido se libera, la fuerza del resorte retrae el cilindro. Los cilindros de simple acción se aplican en los elevadores, embragues, circuitos de bloqueo y frenos.

## Control direccional y de velocidad de cilindros



**Figura 3-7. Operación de un cilindro de retroceso por resorte de simple acción.**

La construcción básica de un cilindro de doble acción es similar a la de un cilindro de simple acción, excepto que el primero cuenta con dos orificios para el fluido en lugar de uno y no incluye ningún resorte. Cuando los fluidos entran en uno de los orificios del cilindro, el pistón se mueve hacia el otro orificio. Un cilindro de doble acción se muestra en la Figura 3-8.

En general, las válvulas de control de flujo se utilizan para controlar la velocidad de los actuadores. En algunas aplicaciones, la válvula de control de flujo se coloca aguas arriba del actuador. Esta aplicación se llama circuito con regulación de entrada porque controla o mide el caudal que llega al actuador. Este tipo de circuito se utiliza para controlar la velocidad del actuador cuando éste trabaja constantemente contra la carga. Esto significa que siempre existe una resistencia al flujo aguas abajo de la válvula.

Por ejemplo, un cilindro utilizado para empujar una carga se puede controlar mediante un circuito con regulación de entrada, como el que se muestra en la Figura 3-9. Con frecuencia, se incluye una válvula de retención para permitir una carrera de retroceso rápida.

# Control direccional y de velocidad de cilindros

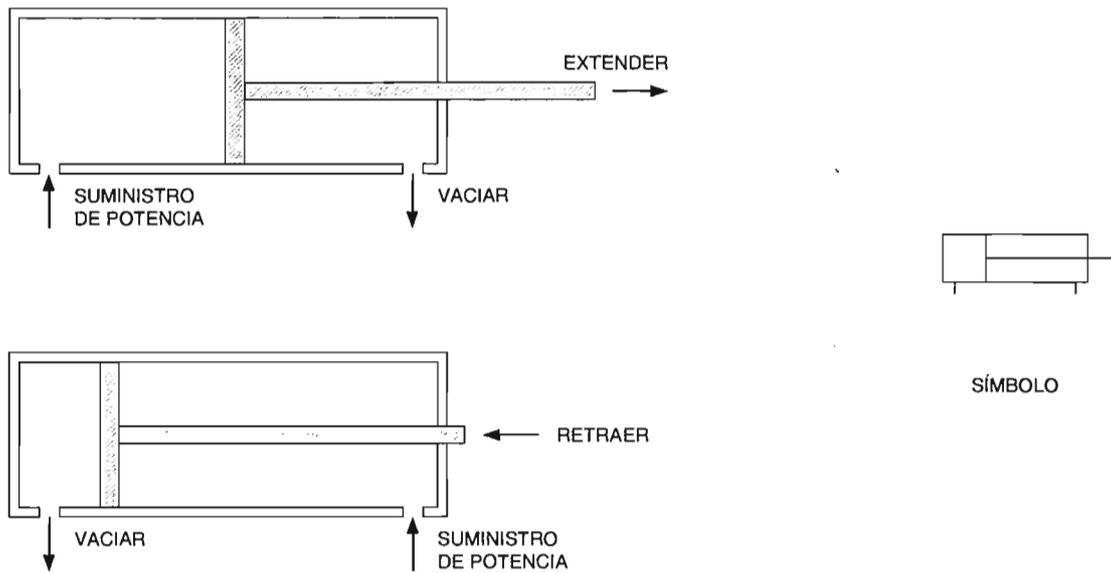


Figura 3-8. Operación de un cilindro de doble acción.

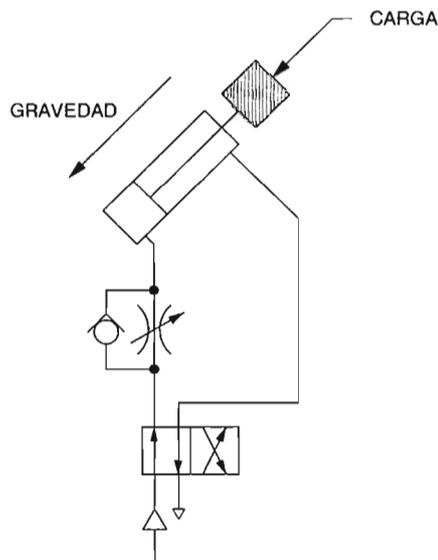


Figura 3-9. Circuito con regulación de entrada.

Cuando el actuador no trabaja constantemente contra una carga, tal como en una operación de barrenado donde la máquina interrumpe el taladrado de una pieza, se debe emplear un circuito con regulación de salida. Este tipo de circuito controla el caudal que abandona el actuador. En la Figura 3-10 se ilustra uno de estos circuitos para controlar la velocidad de extensión de un cilindro. En este caso, la gravedad aplica una fuerza constante que intenta extender el cilindro. Si la válvula de control

# Control direccional y de velocidad de cilindros

de flujo del circuito con regulación de salida no estuviese incluida, posiblemente el cilindro se extendería en forma rápida, creando una condición fuera de control.

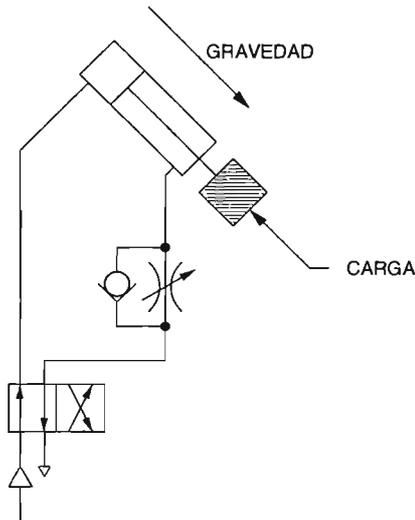


Figura 3-10. Circuito con regulación de salida.

Cuando se necesita un control de velocidad independiente para cada dirección de la carrera, deben utilizarse dos válvulas de control de flujo, es decir, una para cada dirección. Como se muestra en la Figura 3-11, en la carrera de extensión el aire ingresa libremente en el lado émbolo del cilindro, a través de la válvula de retención de la válvula de control de flujo FCV1, y la velocidad se controla midiendo el aire que se libera a través de la válvula de control de flujo FCV2. En la carrera de retracción, el aire entra libremente en el lado vástago, a través de la válvula de retención de la válvula FCV2, mientras que el aire liberado se mide a través de la válvula FCV1. Como FCV1 y FCV2 controlan el caudal que abandona el actuador, estas válvulas se encuentran conectadas en una configuración con regulación de salida.

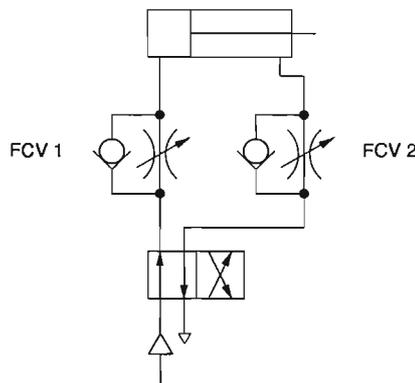


Figura 3-11. Regulación de salida de ambas direcciones.

# Control direccional y de velocidad de cilindros

El control de velocidad también se obtiene utilizando una configuración de paso. En esta configuración, se conecta una válvula de aguja entre el suministro de aire y el lado émbolo del cilindro como se muestra en la Figura 3-12. La abertura de la válvula de aguja controla el flujo de aire comprimido que se libera a la atmósfera. Esta configuración tiene menor rendimiento de potencia, pero sólo necesita una válvula de aguja para controlar la velocidad en ambas direcciones.

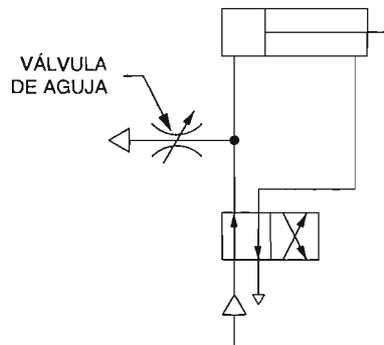


Figura 3-12. Configuración de paso del control de velocidad.

## MATERIAL DE REFERENCIA

Para más información, consulte el capítulo titulado *Flow Control Valves, Silencers, Quick Exhausts* en el manual *Industrial Pneumatic Technology* de Parker-Hannifin.

## Resumen del procedimiento

En la primera parte del ejercicio, controlará la operación de un cilindro utilizando la configuración con regulación de entrada.

En la segunda parte, controlará la operación del cilindro utilizando la configuración con regulación de salida.

En la última parte, controlará la velocidad del cilindro en ambas direcciones.

## EQUIPO NECESARIO

A fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio, consulte el cuadro de utilización del equipo del Apéndice A de este manual.

# Control direccional y de velocidad de cilindros

## PROCEDIMIENTO

### Control de caudal con regulación de entrada

- 1. Verifique el estado del equipo didáctico de acuerdo con el procedimiento dado en el Ejercicio 1-2.
- 2. Conecte el circuito mostrado en la Figura 3-13.

**Nota:** Debido a la compresibilidad del aire, siempre utilice tubos tan cortos como sea posible entre el cilindro y la válvula de control de flujo.

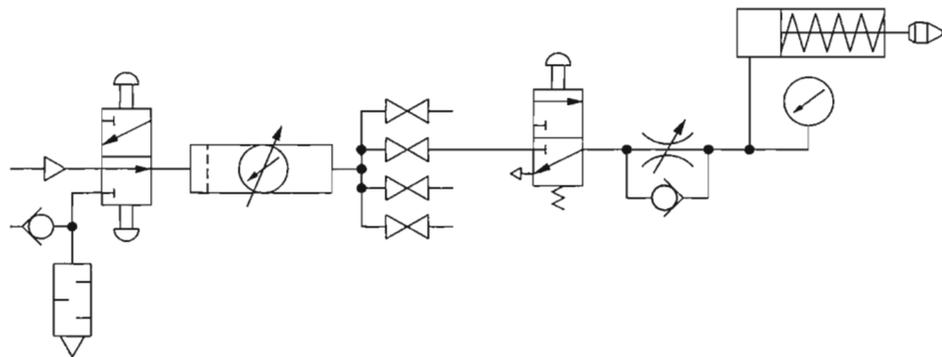


Figura 3-13. Diagrama esquemático de un circuito con regulación de entrada.

- 3. Cierre la válvula de control de flujo girando la perilla de control completamente en el sentido de las manecillas del reloj. Enrosque una punta (tipo bala) en el vástago del cilindro.
- 4. Abra la válvula de interrupción principal y la válvula de interrupción en derivación del colector. Luego ajuste el regulador de presión hasta leer 500 kPa (ó 70 psi) en el manómetro regulado.
- 5. Abra la válvula de control de flujo girando la perilla de control en el sentido contrario al de las manecillas del reloj, como se indica en la Tabla 3-1. Observe la marca en la perilla de control para ayudarse a ajustar la posición correcta.
- 6. Presione el botón de la válvula de control direccional y mida el tiempo de extensión y el de retracción del vástago del pistón. Registre sus resultados en las celdas correspondientes de la Tabla 3-1. Repita las mediciones para validar sus resultados.

# Control direccional y de velocidad de cilindros

PRESIÓN REGULADA: 500 kPa (ó 70 psi)		
VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO	TIEMPO DE EXTENSIÓN segundos	TIEMPO DE RETRACCIÓN segundos
¼ vuelta		
½ vuelta		
¾ vuelta		
1 vuelta		
2 vueltas		
completamente abierta		

**Tabla 3-1. Control de caudal con regulación de entrada.**

7. Explique la relación entre el ajuste de la válvula de control de flujo y el tiempo de extensión del vástago.

---



---

8. ¿Qué observó acerca del tiempo de retracción del vástago? Explique.

---



---



---

9. Cierre la válvula de control de flujo girando la perilla de control completamente en el sentido de las manecillas del reloj, luego cierre las válvulas de interrupción.

### Control de caudal con regulación de salida

10. Intercambie los tubos en los orificios de la válvula de control de flujo para invertir la dirección de la circulación del aire a través de la válvula.
11. Abra la válvula de interrupción principal y ajuste el regulador de presión hasta leer 500 kPa (ó 70 psi) en el manómetro regulado.
12. Abra la válvula de control de flujo girando la perilla de control en el sentido contrario al de las manecillas del reloj como se indica en la Tabla 3-2. Observe la marca en la perilla de control para ayudarse a ajustar la posición correcta.

# Control direccional y de velocidad de cilindros

- 13. Presione el botón de la válvula de control direccional y mida el tiempo de extensión y de retracción del vástago del pistón. Registre los resultados en las celdas correspondientes de la Tabla 3-2. Repita las mediciones para validar sus resultados.

REGULADOR DE PRESIÓN: 500 kPa (6 70 psi)		
VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO	TIEMPO DE EXTENSIÓN segundos	TIEMPO DE RETRACCIÓN segundos
¼ vuelta		
½ vuelta		
¾ vuelta		
1 vuelta		
2 vueltas		
completamente abierta		

**Tabla 3-2. Control de caudal con regulación de salida.**

- 14. Compare el tiempo de extensión y el de retracción del cilindro cuando la válvula de control de flujo está abierta con una vuelta en el sentido contrario al de las manecillas del reloj. Explique.

---



---



---

- 15. Explique la relación entre el ajuste de la válvula de control de flujo y el tiempo de retracción del vástago.

---



---



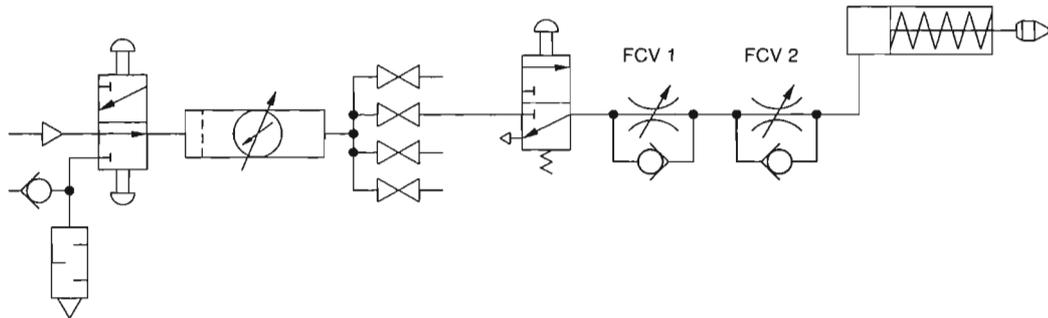
---

- 16. Cierre las válvulas de interrupción y gire la perilla de ajuste del regulador completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj.

# Control direccional y de velocidad de cilindros

## Control de velocidad en ambas direcciones

17. Modifique su circuito como se muestra en la Figura 3-14. Tenga en cuenta que las válvulas de control de flujo se deben conectar en la dirección correcta.



**Figura 3-14. Diagrama esquemático de un circuito utilizando un control de velocidad en ambas direcciones**

18. Consulte el diagrama esquemático como se muestra en la Figura 3-14, ¿cuál válvula controla la velocidad de extensión del cilindro?

19. Consultando el diagrama esquemático mostrado en la Figura 3-14, indique en la Tabla 3-3 cómo la combinación de los ajustes de las válvulas de control de flujo FCV1 y FCV2 afectará la operación del cilindro.

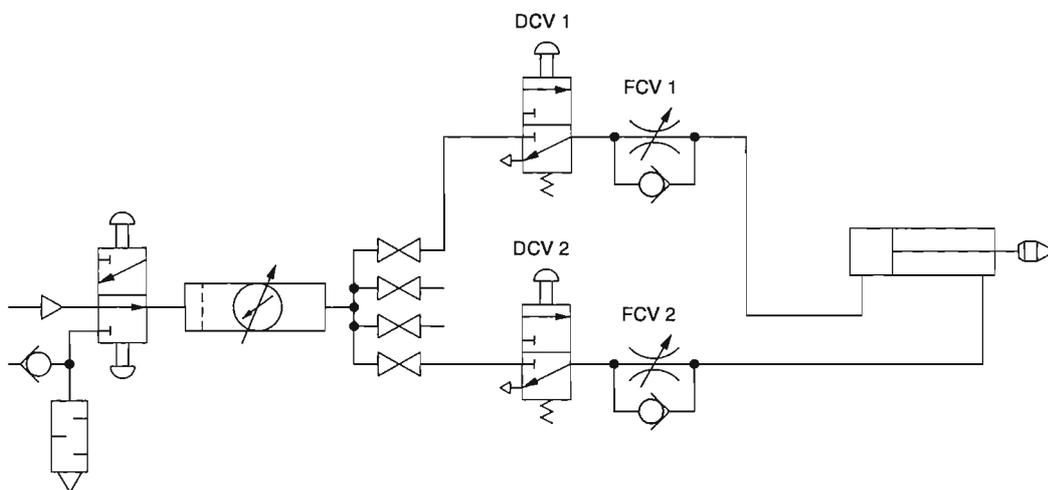
FCV1	FCV2	OPERACIÓN DEL CILINDRO
cerrada	cerrada	
abierta	cerrada	
cerrada	abierta	
abierta	abierta	

**Tabla 3-3. Descripción de la operación del cilindro.**

20. Cierre las válvulas de control de flujo girando la perilla de control completamente en el sentido de las manecillas del reloj.
21. Abra la válvula de interrupción principal y ajuste el regulador de presión hasta leer 300 kPa (ó 40 psi) en el manómetro regulado.

# Control direccional y de velocidad de cilindros

- 22. Presione el botón de la válvula de control direccional mientras observa la operación del cilindro. Verifique sus pronósticos indicados en la Tabla 3-3.
- 23. Repita las observaciones para la combinación de los ajustes de FCV1 y FCV2 indicados en la Tabla 3-3.
- 24. ¿Sus observaciones confirman sus pronósticos indicados en la Tabla 3-3?  
 Sí       No
- 25. Cierre las válvulas de interrupción y gire la perilla de ajuste del regulador completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj.
- 26. Modifique su circuito como se muestra en la Figura 3-15. Tenga en cuenta que las válvulas de control de flujo se deben conectar en la dirección correcta.



**Figura 3-15. Diagrama esquemático de un circuito utilizando un control de velocidad en ambas direcciones**

- 27. Consultando el diagrama esquemático mostrado en la Figura 3-15, indique si el circuito está conectado en una configuración con regulación de entrada o de salida.

---

- 28. Cierre las válvulas de control de flujo girando la perilla de control completamente en el sentido de las manecillas del reloj.

## Control direccional y de velocidad de cilindros

29. Abra las válvulas de interrupción y ajuste el regulador de presión hasta leer 500 kPa (ó 70 psi) en el manómetro regulado.

30. ¿Cuál válvula de control direccional debe estar abierta para permitir que el vástago del cilindro se extienda?

---

31. Abra la válvula de control de flujo FCV1 girando la perilla de control completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj y presione el botón de la válvula de control direccional DCV1 para abrirla.

32. ¿El cilindro se extendió confirmando sus pronósticos indicados en el paso 30?

Sí       No

33. Pruebe con diferentes combinaciones de ajustes para FCV1 y FCV2 a fin de obtener un tiempo de extensión del vástago de 2 segundos y un tiempo de retracción del mismo de 1 segundo.

34. ¿Su circuito le permite ajustar el tiempo de extensión y el tiempo de retracción del cilindro? Si no es así, explique.

---

---

---

35. Cierre las válvulas de interrupción y las válvulas de control de flujo.

36. Invierta los tubos en los orificios de las válvulas de control de flujo (ambas válvulas) para cambiar la configuración del circuito. Indique si el circuito ahora está conectado en una configuración con regulación de entrada o regulación de salida.

---

# Control direccional y de velocidad de cilindros

- 37. Indique, ¿cuál válvula de control de flujo controla la velocidad de extensión del cilindro?

---

- 38. Verifique la operación de su circuito utilizando diferentes ajustes de configuración de las válvulas de control de flujo y verifique sus pronósticos hechos en el paso anterior.

- 39. Ajuste FCV1 y FCV2 para obtener un tiempo de extensión del vástago de 1 segundo y un tiempo de retracción de 2 segundos.

- 40. ¿Su circuito le permite ajustar el tiempo de extensión y el tiempo de retracción del cilindro? Si no es así, explique.

---

---

---

- 41. En la unidad de acondicionamiento, cierre las válvulas de interrupción y gire la perilla de ajuste del regulador completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj. Debe leer 0 kPa (ó 0 psi) en el manómetro regulado.

- 42. Desconecte y almacene toda la tubería y sus componentes.

## CONCLUSIÓN

En este ejercicio, operé los cilindros de simple y doble acción.

Observé que las válvulas de control de flujo se utilizan para controlar la velocidad de extensión y retracción de los vástagos de los cilindros. Verificó que los tiempos de extensión y retracción se pueden controlar, de forma independiente, utilizando dos válvulas de control de flujo.

También observó cómo se pueden utilizar las configuraciones con regulación de entrada y de salida para controlar la operación de los cilindros.

# Control direccional y de velocidad de cilindros

## PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. Un cilindro de simple acción
  - a. convierte la energía del fluido en movimiento rotativo.
  - b. puede extenderse y retraerse bajo potencia.
  - c. se vale de un resorte o una carga para regresar el cilindro a su posición original.
  - d. necesita utilizar una válvula de control direccional de 3 vías y 3 posiciones.
  
- 2.. El lado émbolo y el lado vástago se refieren a
  - a. los dos lados de un cilindro.
  - b. los dos lados de un circuito.
  - c. los cilindros de simple acción únicamente.
  - d. los orificios para el fluido que acciona un motor.
  
- 3.. Un cilindro de doble acción
  - a. necesita utilizar una válvula de control direccional de 3 vías y 3 posiciones.
  - b. convierte la energía mecánica lineal en energía mecánica rotativa durante la extensión y retracción.
  - c. contiene un orificio para el fluido y un elemento de ventilación.
  - d. convierte la energía del fluido en energía mecánica lineal durante la extensión y retracción.
  
- 4.. La configuración con regulación de salida controla el caudal
  - a. que llega a un actuador.
  - b. que abandona un actuador.
  - c. que llega y abandona un actuador.
  - d. Ninguna de las anteriores.
  
- 5.. La configuración con regulación de entrada se utiliza para controlar la velocidad del actuador cuando éste trabaja constantemente
  - a. en forma vertical.
  - b. en forma horizontal.
  - c. en forma lenta.
  - d. contra la carga.



## Cilindros en serie

### OBJETIVO DEL EJERCICIO

- Descripción de la operación de los cilindros conectados en serie;
- Demostración de la intensificación de presión en un circuito en serie.

### PRESENTACIÓN

#### Cilindros en serie

En algunas aplicaciones de neumática se necesita que dos cilindros trabajen al mismo tiempo. Por ejemplo, puede ser necesario que dos cilindros se pongan en movimiento y se detengan al mismo tiempo. Los cilindros que operan de esta manera se dicen que están sincronizados.

Un método para sincronizar dos cilindros consiste en conectarlos en serie para que el flujo de descarga de uno de ellos sirva como flujo de entrada del segundo. La Figura 3-16 muestra dos cilindros conectados en serie. El lado vástago de uno de los cilindros se conecta en el lado émbolo del otro. Con este circuito, ningún cilindro puede moverse a menos que el otro también se esté moviendo.

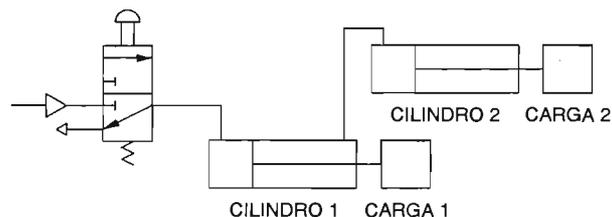


Figura 3-16. Cilindros conectados en serie.

Al presionar el botón de la válvula de control direccional de la Figura 3-16 los vástagos de los cilindros se moverán y detendrán al mismo tiempo. Sin embargo, si dichos cilindros tienen el mismo tamaño y la misma carrera, el cilindro 2 (de aguas abajo) se moverá lentamente y no se extenderá por completo, debido a que en el cilindro 1 (de aguas arriba) el flujo que sale de su lado vástago es menor que el que entra por su lado émbolo.

Si dos cilindros tienen el mismo tamaño, la fuerza total de ambos conectados en serie es igual a la presión del sistema multiplicada por el área de uno de los pistones. Sin embargo, las diferencias de tamaño de los cilindros causarán variaciones considerables.

# Cilindros en serie

## Intensificación de presión

Un intensificador es un dispositivo que permite utilizar la presión del aire comprimido de un circuito para incrementar la presión del aire comprimido en otro circuito. Por lo general, un intensificador de base está contenido en un cilindro o se compone de dos cilindros en serie. El lado de presión más baja se llama cilindro maestro porque controla a otro cilindro. El de presión más alta se llama cilindro esclavo debido a que está controlado por el cilindro maestro.

Cuando un intensificador está contenido en un cilindro único con un sólo vástago, el lado émbolo se utiliza como lado de presión más baja y el lado vástago como lado de presión más alta. Se emplea de esta forma porque el área del pistón en el lado émbolo es mayor que en el lado vástago. Como se muestra en la Figura 3-17, la presión más baja en la cámara A actúa sobre el émbolo del pistón y transmite la fuerza al vástago del pistón que se encuentra en la cámara B.

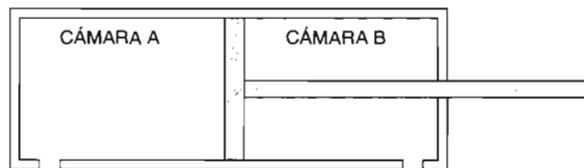


Figura 3-17.

El cociente de las áreas determina la posible multiplicación de presión que puede lograrse con un intensificador. Esto corresponde al área total más grande del pistón (área de la superficie) dividida por el área total más pequeña del pistón (área anular):  $A_p/A_A$ . El cociente obtenido se llama cociente de las áreas y es el factor por el cual la presión más baja se debe multiplicar para obtener la presión teórica que un intensificador puede producir.

La Figura 3-18 muestra un ejemplo. Si el área transversal del vástago es exactamente igual a la mitad del área total del pistón (área de la superficie), la presión en el lado vástago resultará igual al doble de la presión aplicada en el lado émbolo.

# Cilindros en serie

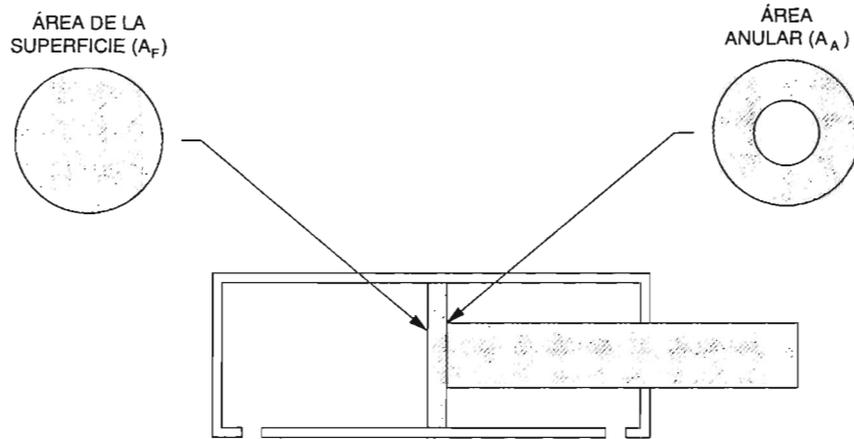


Figura 3-18. Intensificación de la presión.

La intensificación está presente en cualquier cilindro que tenga áreas desiguales en los lados opuestos del pistón. Todos los componentes utilizados en el circuito del lado vástago deben estar especificados para la presión intensificada.

## MATERIAL DE REFERENCIA

Para más información acerca de los cilindros, consulte el capítulo titulado *Check Valve Cylinders, and Motors* en el manual *Industrial Pneumatic Technology* de Parker-Hannifin.

## Resumen del procedimiento

En la primera parte del ejercicio, conectará dos cilindros en serie para observar la operación sincronizada de ambos.

En la segunda parte, montará un circuito para observar la intensificación de presión.

## EQUIPO NECESARIO

A fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio, consulte el cuadro de utilización del equipo del Apéndice A de este manual.

# Cilindros en serie

## PROCEDIMIENTO

### Sincronización

- 1. Verifique el estado del equipo didáctico de acuerdo con el procedimiento dado en el Ejercicio 1-2.
- 2. Asegúrese de que el vástago del pistón del cilindro de doble acción esté retraído y conecte el circuito mostrado en la Figura 3-19. Para minimizar la compresión de aire, utilice un tubo corto para conectar los cilindros y enrosque una punta en cada vástago.

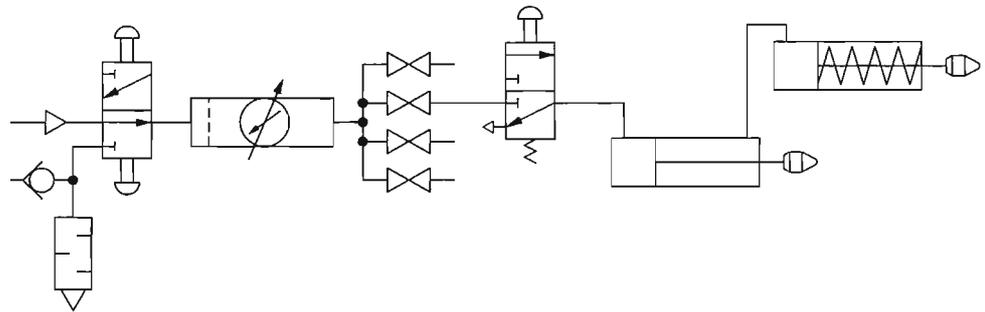


Figura 3-19. Diagrama esquemático de un circuito utilizando dos cilindros en serie.

- 3. Abra la válvula de interrupción principal y la válvula de interrupción en derivación del colector. Luego ajuste el regulador de presión hasta leer 100 kPa (ó 15 psi) en el manómetro regulado.
- 4. Presione el botón de la válvula de control direccional para abrirla mientras observa la operación de los cilindros. Libere el botón para retraer los cilindros.
- 5. Si es necesario, repita las observaciones. ¿Los cilindros arrancan y se detienen al mismo tiempo?
  - Sí
  - No
- 6. ¿Se extendió completamente el vástago del cilindro de simple acción? Explique.

---

---

# Cilindros en serie

- 7. Cierre las válvulas de interrupción y gire la perilla de ajuste del regulador completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj.
- 8. ¿Qué provoca la retracción del cilindro de doble acción?

---

---

## Intensificación de presión

- 9. Utilice el área de la superficie y el área anular calculadas en el Ejercicio 2-1 para determinar la posible multiplicación de presión que puede obtenerse con el cilindro de doble acción.

$$\text{Multiplicación de presión} = \frac{A_F}{A_A} = \underline{\hspace{2cm}}$$

- 10. Calcule la presión teórica que un cilindro puede producir cuando la presión más baja aplicada al área de la superficie es 400 kPa (ó 60 psi).

---

- 11. Modifique el circuito mostrado en la Figura 3-20. Utilice el tubo más corto posible para conectar el manómetro del lado vástago del cilindro.

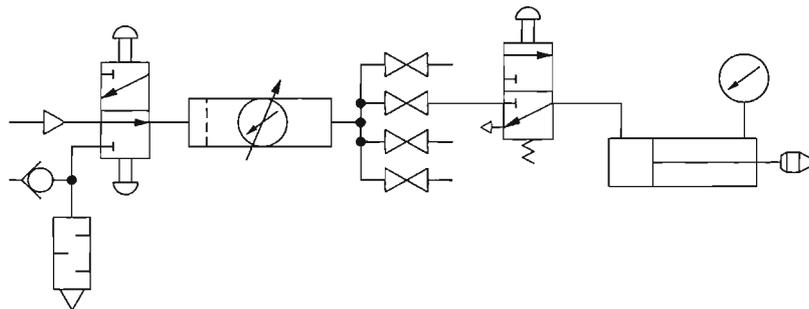


Figura 3-20. Diagrama esquemático de un circuito utilizado para mostrar la intensificación.

- 12. Abra las válvulas de interrupción y ajuste el regulador de presión hasta leer 400 kPa (ó 60 psi) en el manómetro regulado.

## Cilindros en serie

13. Abra la válvula de control direccional mientras observa las lecturas de presión. Registre las presiones inicial y final en las celdas correspondientes de la Tabla 3-4.

PRESIÓN INICIAL (lado émbolo del cilindro)	PRESIÓN FINAL (lado vástago del cilindro)	MULTIPLICACIÓN DE PRESIÓN

**Tabla 3-4. Multiplicación de presión.**

14. Utilice los valores de presión indicados en la Tabla 3-4 para calcular la multiplicación de presión producida por el cilindro. Registre sus resultados en la celda correspondiente de la Tabla 3-4.
15. Compare el factor de multiplicación de presión calculado en el paso anterior con el valor teórico obtenido en el paso 10. ¿Los valores son similares? Si no es así, explique.

---

---

---

16. De sus cálculos y observaciones, ¿puede concluir que el cilindro de doble acción, proporcionado con su equipo didáctico, es un buen dispositivo para intensificar la presión? Explique.

---

---

---

17. En la unidad de acondicionamiento, cierre las válvulas de interrupción y gire la perilla de ajuste del regulador completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj. Debe leer 0 kPa (ó 0 psi) en el manómetro regulado.

18. Desconecte y almacene toda la tubería y componentes.

# Cilindros en serie

## CONCLUSIÓN

En la primera parte del ejercicio, observó que un método para sincronizar la operación de dos cilindros consiste en conectarlos en serie.

En la segunda parte, verificó la intensificación de presión. También pudo observar que la intensificación de presión se logra con cilindros que tienen áreas desiguales en los lados opuestos del pistón.

## PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. ¿Cuál es la finalidad de un intensificador?
  - a. Producir baja presión a partir de una fuente de alta presión.
  - b. Aumentar la temperatura del aire comprimido.
  - c. Producir alta presión a partir de una fuente de baja presión.
  - d. Aumentar el volumen del aire comprimido.
  
2. ¿Cuál de las siguientes expresiones hace posible la multiplicación de presión con un intensificador?
  - a. El cilindro esclavo.
  - b. El cilindro maestro.
  - c. El diámetro interior del cilindro.
  - d. El cociente de las áreas.
  
3. Dos cilindros se pueden sincronizar
  - a. utilizando cargas.
  - b. utilizando válvulas de control direccional.
  - c. conectándolos en serie.
  - d. Las respuestas a y c.
  
4. El lado de baja presión de un intensificador se llama
  - a. cilindro maestro.
  - b. cilindro esclavo.
  - c. lado émbolo del cilindro.
  - d. lado vástago del cilindro.
  
5. Si dos cilindros conectados en serie tienen el mismo tamaño y la misma carrera, el cilindro aguas abajo se extenderá
  - a. más rápidamente.
  - b. más lentamente.
  - c. exactamente a la misma velocidad.
  - d. y llegará más lejos.



## Cilindros en paralelo

### OBJETIVO DEL EJERCICIO

- Descripción de la operación de los cilindros conectados en paralelo;
- Descripción de la secuencia de extensión de cilindros en paralelo que tienen diferentes cargas;
- Sincronización de la extensión de los cilindros en paralelo utilizando una válvula de control de flujo.

### PRESENTACIÓN

#### Cilindros en paralelo

La Figura 3-21 muestra dos cilindros conectados en paralelo. Los lados del vástago y del émbolo de un cilindro están conectados a los lados correspondientes del otro cilindro. Cuando se aplica aire comprimido en el circuito, el cilindro C1 se extiende primero debido a que necesita menor presión para mover su carga. Después que dicho cilindro se extendió, la presión ascenderá lentamente hasta alcanzar el nivel requerido para extender el cilindro C2. Una vez que éste se extendió, la presión aumentará lentamente hasta igualar la del suministro de aire.

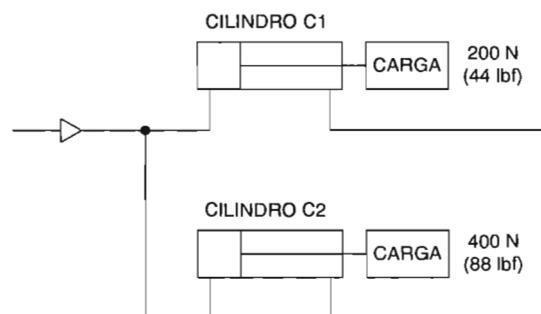


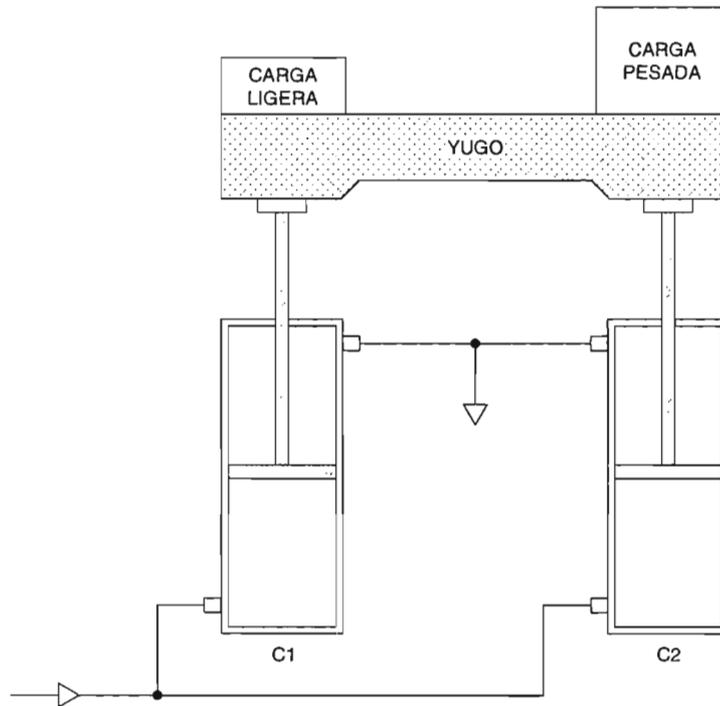
Figura 3-21. Cilindros conectados en paralelo.

#### Sincronización de los cilindros en paralelo

En teoría, dos cilindros de igual tamaño y carrera, conectados en paralelo y con iguales cargas aplicadas deberían operar en sincronización, ya que ambos reciben igual caudal desde el mismo suministro de aire. Sin embargo, en la práctica, es imposible fabricar dos cilindros que sean exactamente idénticos. Siempre existe una pequeña diferencia en sus dimensiones, fricción interna, textura de la superficie, fugas internas, etc.

## Cilindros en paralelo

Esto no significa que la sincronización de los cilindros en paralelo sea imposible. Un método para lograr esa sincronización se llama método del yugo mecánico, el cual se ilustra en la Figura 3-22. En este método, un yugo resistente conecta los vástagos de ambos cilindros entre sí. El peso de las dos cargas se distribuye uniformemente entre ambos cilindros para que éstos se puedan extender a la misma velocidad, incluso si las cargas tienen diferente peso.



**Figura 3-22. Sincronización de los cilindros en paralelo utilizando un yugo mecánico.**

Si la sincronización mecánica no es posible, los cilindros en paralelo se pueden sincronizar de manera aproximada utilizando el método de la válvula de control de flujo. En este método, se conecta una válvula de ese tipo en serie con el cilindro que necesita la presión más baja para moverse, a fin de aumentar la resistencia de esta línea (trayectoria del circuito).

La Figura 3-23 muestra un ejemplo. Los cilindros C1 y C2 tienen el mismo tamaño. Sin embargo, el cilindro C1 necesita 350 kPa (ó 50 psi) en su lado émbolo para levantar la carga liviana, mientras que el cilindro C2 requiere 700 kPa (ó 100 psi) en su lado émbolo para levantar la carga más pesada. Una válvula de control de flujo, conectada en la línea del cilindro C1, se ajusta para crear una caída de presión adicional de 350 kPa (ó 50 psi) en esta línea cuando el cilindro C1 se extiende. Como se necesitan presiones iguales a 700 kPa (ó 100 psi) en la línea de cada cilindro, el aire comprimido se dividirá de la misma forma entre las dos líneas, haciendo que los cilindros se muevan al mismo tiempo y con igual velocidad.

# Cilindros en paralelo

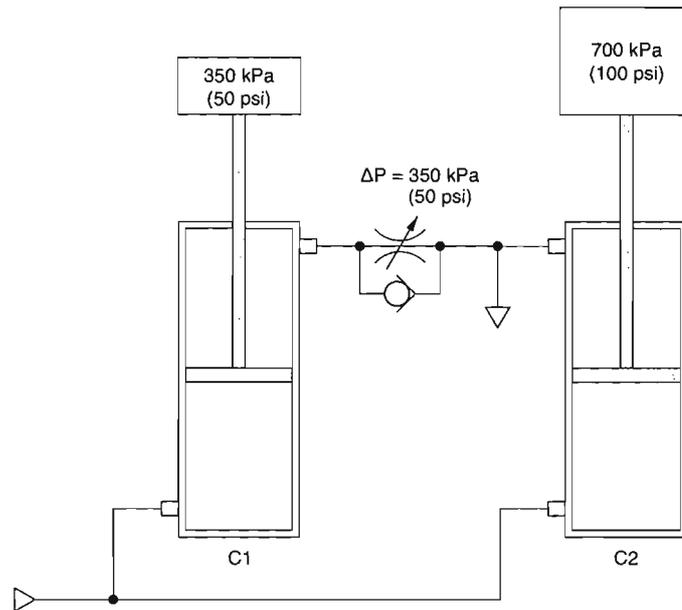


Figura 3-23. Sincronización de cilindros en paralelo utilizando una válvula de control de flujo.

## MATERIAL DE REFERENCIA

Para más información acerca de los cilindros, consulte el capítulo titulado *Check Valve Cylinders, and Motors* en el manual *Industrial Pneumatic Technology* de Parker-Hannifin.

## Resumen del procedimiento

En la primera parte del ejercicio, conectará dos cilindros en paralelo y determinará cuál se moverá primero.

En la segunda parte, conectará una válvula de control de flujo en serie con el cilindro que necesita la presión más baja para mover su carga, a fin de sincronizar la operación de dos cilindros conectados en paralelo.

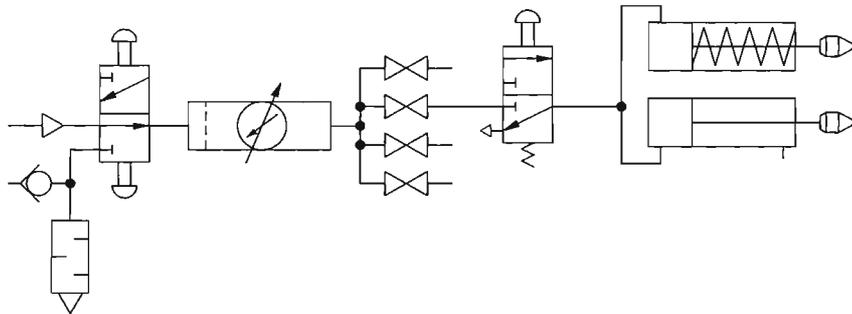
## EQUIPO NECESARIO

A fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio, consulte el cuadro de utilización del equipo del Apéndice A de este manual.

# Cilindros en paralelo

## PROCEDIMIENTO

- 1. Verifique el estado del equipo didáctico de acuerdo con el procedimiento dado en el Ejercicio 1-2.
- 2. Conecte el circuito mostrado en la Figura 3-24. Enrosque una punta (tipo bala) en el vástago.



**Figura 3-24. Diagrama esquemático de un circuito con cilindros en paralelo.**

- 3. Del diagrama esquemático, pronostique cuál cilindro se extenderá primero cuando el aire comprimido fluya en el circuito y explique por qué.

---

---

---

- 4. Abra la válvula de interrupción principal y la válvula de interrupción en derivación del colector. Luego ajuste el regulador de presión hasta leer 200 kPa (ó 30 psi) en el manómetro regulado.

**Nota:** En los siguientes pasos, cada vez que opere la válvula de control direccional, debe empujar manualmente el vástago del pistón del cilindro de doble acción.

- 5. Abra la válvula de control direccional, mientras observa los cilindros cuando se extienden. Si es necesario, repita la acción.

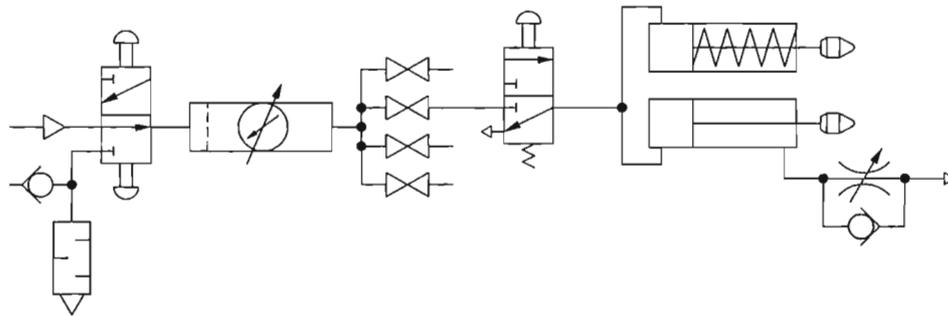
## Cilindros en paralelo

- 6. ¿Los cilindros se extendieron como se pronosticó en el paso 3? Si no es así, explique.

---

---

- 7. Conecte la válvula de control de flujo en el lado vástago del cilindro de doble acción, como se muestra en la Figura 3-25.



**Figura 3-25. Sincronización del cilindro utilizando una válvula de control de flujo.**

- 8. Ajuste la válvula de control de flujo para que ambos cilindros completen su carrera al mismo tiempo durante la extensión. Para lograr ajustes exactos, puede ser necesario extraer y retraer los cilindros varias veces.
- 9. ¿Sus observaciones confirmaron que la extensión del cilindro puede sincronizarse utilizando una válvula de control de flujo? Si no es así, explique.

---

---

- 10. En la unidad de acondicionamiento, cierre las válvulas de interrupción y gire la perilla de ajuste del regulador completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj. Debe leer 0 kPa (ó 0 psi) en el manómetro regulado.

- 11. Desconecte y almacene toda la tubería y componentes.

# Cilindros en paralelo

## CONCLUSIÓN

Este ejercicio le mostró algunos principios de los circuitos que controlan dos cilindros conectados en paralelo.

Observó que las cargas individuales controlaban el movimiento del cilindro. También pudo ver que el cilindro que necesita la presión más baja para mover su carga siempre se mueve primero.

Aprendió que los cilindros en paralelo pueden sincronizarse utilizando una válvula de control de flujo conectada en serie con el cilindro que necesita la presión más baja para mover su carga.

## PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. ¿Cuál de los dos cilindros idénticos, que están conectados en paralelo, se extenderá primero?
  - a. El cilindro con la carga más baja.
  - b. El cilindro con la carga más alta.
  - c. Depende del caudal.
  - d. Ninguno; estarán sincronizados.
  
2. Uno de los métodos mecánicos para la sincronización de cilindros en paralelo se llama
  - a. sincronizador.
  - b. método mecánico.
  - c. método del yugo mecánico.
  - d. método en paralelo.
  
3. Los cilindros en paralelo se pueden sincronizar utilizando
  - a. válvulas de control direccional.
  - b. válvulas de retención.
  - c. válvulas de control de flujo.
  - d. válvulas de interrupción.
  
4. Dos cilindros conectados en paralelo deben operar en sincronización si
  - a. tienen el mismo tamaño.
  - b. ambos reciben el mismo caudal.
  - c. tienen aplicadas las mismas cargas.
  - d. todas las anteriores.

## Cilindros en paralelo

5. Cuando los cilindros están conectados en paralelo,
  - a. los lados vástago de cada cilindro están conectados entre sí.
  - b. los lados émbolo de cada cilindro están conectados entre sí.
  - c. los lados vástago y los lados émbolo de cada cilindro están conectados entre sí.
  - d. el lado vástago de un cilindro está conectado en el lado émbolo del otro cilindro.



# Examen de la unidad

1. Cuando se calcula el área total del pistón para el lado vástago de un cilindro
  - a. el área del vástago se debe sumar al área del pistón.
  - b. el área del vástago se debe restar del área del pistón.
  - c. el área del pistón se debe restar del área del vástago.
  - d. el área del pistón se debe sumar al área del vástago.
  
2. Una válvula de control direccional con dos configuraciones de trayectoria del flujo y tres orificios para el fluido se llama
  - a. válvula de control direccional de 3 vías y 2 posiciones.
  - b. válvula de control direccional de 2 vías y 3 posiciones.
  - c. válvula de control direccional de 2 vías y 2 posiciones.
  - d. válvula de control direccional de 3 vías y 3 posiciones.
  
3. Si se aplica la misma presión en ambos lados del pistón de un cilindro de doble acción, el cilindro
  - a. se extenderá debido a que la fuerza de extensión es mayor que la fuerza de retracción.
  - b. se extenderá debido a que el sello en el cilindro permitirá que el flujo en el lado vástago ocasione una fuga en el lado émbolo.
  - c. se retraerá debido a que la presión aplicada al vástago del cilindro creará una fuerza de retracción mayor que la fuerza de extensión.
  - d. permanecerá en su posición original, porque la presión en cada lado evita que el pistón se mueva.
  
4. Los dispositivos que convierten la energía del fluido en energía mecánica se llaman
  - a. colchones de aire.
  - b. motores neumáticos.
  - c. cilindros.
  - d. actuadores.
  
5. Comúnmente se utilizan para controlar la velocidad de un actuador de fluido.
  - a. Válvulas de control direccional.
  - b. Válvulas de retención.
  - c. Válvulas de control de flujo.
  - d. Válvulas de interrupción.

## Examen de la unidad (continuación)

6. El símbolo de una válvula de control direccional consiste en una envoltura separada para cada
  - a. válvula.
  - b. trayectoria del flujo.
  - c. vía.
  - d. posición.
  
7. Comúnmente se utilizan para controlar la dirección de los actuadores de fluido.
  - a. Válvulas de retención.
  - b. Válvulas de control direccional.
  - c. Válvulas de control de flujo.
  - d. Válvulas de interrupción.
  
8. Cuando el actuador no trabaja constantemente contra la carga, por lo general
  - a. se utiliza la configuración con regulación de entrada para controlar la velocidad.
  - b. se utilizan las configuraciones con regulación de entrada y de salida para controlar la velocidad.
  - c. se utiliza la configuración con regulación de salida para controlar la velocidad.
  - d. se utiliza la configuración de paso para controlar la velocidad.
  
9. Cuando un intensificador está contenido en un cilindro único,
  - a. el lado vástago se utiliza como el lado de baja presión.
  - b. el lado vástago se utiliza como el lado de alta presión.
  - c. el lado émbolo se utiliza como el lado de alta presión.
  - d. el lado vástago se utiliza como cilindro maestro.
  
10. Si dos cilindros conectados en serie tienen igual tamaño y carrera, el cilindro aguas arriba se extenderá
  - a. más rápidamente.
  - b. más lentamente.
  - c. exactamente a la misma velocidad.
  - d. después del cilindro aguas abajo.

## Controles básicos de motores neumáticos

### **OBJETIVO DE LA UNIDAD**

Cuando haya completado esta unidad, será capaz de operar y probar circuitos neumáticos simples utilizando las válvulas de control direccional accionadas por piloto y los motores neumáticos.

### **FUNDAMENTOS**

Como una alternativa a los motores eléctricos e hidráulicos, los motores neumáticos se encuentran entre los dispositivos neumáticos más ampliamente utilizados. En contraste con los motores eléctricos e hidráulicos, cuando un motor neumático se bloquea no causa ningún daño y tiene pequeñas pérdidas de potencia. Además, un motor neumático es más liviano y más pequeño que un motor eléctrico equivalente. Comparado con los motores hidráulicos, los motores neumáticos son menos costosos, requieren menos mantenimiento y son más limpios durante su operación.



# Ejercicio 4-1

## Control indirecto utilizando válvulas accionadas por piloto

### OBJETIVO DEL EJERCICIO

- Estudio acerca de las válvulas accionadas por piloto;
- Demostración de las ventajas del control indirecto de un cilindro de simple acción.

### PRESENTACIÓN

La diferencia principal entre las válvulas de control direccional accionadas por piloto y las accionadas directamente es cómo se desplazan sus carretes. En las primeras, una señal de aire reemplaza la fuerza mecánica que se debe aplicar para desplazar el carrete de una válvula accionada directamente. Por otra parte, las cubiertas y carretes de ambos tipos de válvulas son tan similares que con frecuencia esas piezas son intercambiables.

La gran ventaja de una válvula accionada por piloto es que permite la operación teledirigida de válvulas grandes mediante líneas piloto de bajo costo. De este modo, las líneas de trabajo, que son más caras, se pueden mantener cortas a fin de bajar los costos. Como las líneas piloto son más económicas, se pueden emplear para ciertas distancias sin ninguna pérdida en el funcionamiento del circuito. Dado que las válvulas accionadas por piloto no deben operarse manualmente, es posible controlarlas con dispositivos o sistemas externos. Esto permite la automatización de procesos. Además, debido a que los pilotos necesitan presiones y volúmenes de aire mínimos para desplazar los carretes, en comparación con las presiones de trabajo, se reducen los retrasos causados por la compresibilidad del aire y la fricción en las líneas de tubería larga.

Las válvulas accionadas por piloto pueden ser de 3 y 4 vías (4 ó 5 orificios). Pueden ser, además, de 2 ó 3 posiciones. Por lo general, las de 3 vías se utilizan para teledirigir los actuadores lineales o rotativos en una dirección y para luego permitir el escape del aire de las líneas de trabajo. Las válvulas piloto de 4 vías se emplean para teledirigir los actuadores lineales o rotativos en dos direcciones, así como también para permitir el escape del aire de las líneas de trabajo.

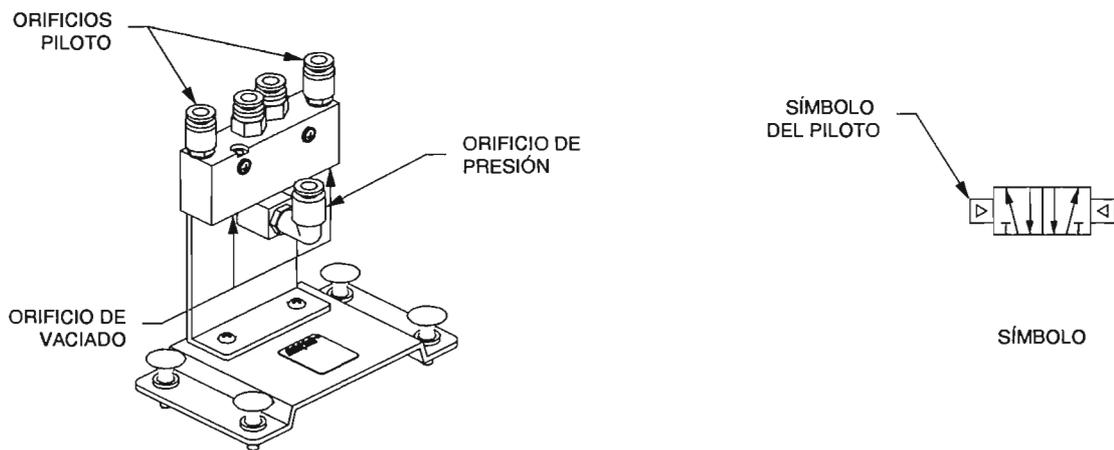
Las válvulas accionadas por piloto pueden mover su carrete utilizando uno o dos pilotos junto con el resorte de retroceso. Si una válvula de 2 posiciones utiliza un piloto, éste mueve el carrete de la válvula contra un resorte y hacia la cubierta opuesta al piloto. El resorte regresa el carrete cuando se deja sin presión el piloto.

Las válvulas de doble piloto tienen un piloto en cada lado de la cubierta. Los pilotos opuestos se utilizan para desplazar los carretes de un lado al otro, pero el circuito debe liberar un piloto antes que el otro pueda desplazar el carrete. La ausencia de

# Control indirecto utilizando válvulas accionadas por piloto

resorte de retroceso en las válvulas de doble piloto permite mantener o memorizar la posición del carrete sin tener presión en el piloto.

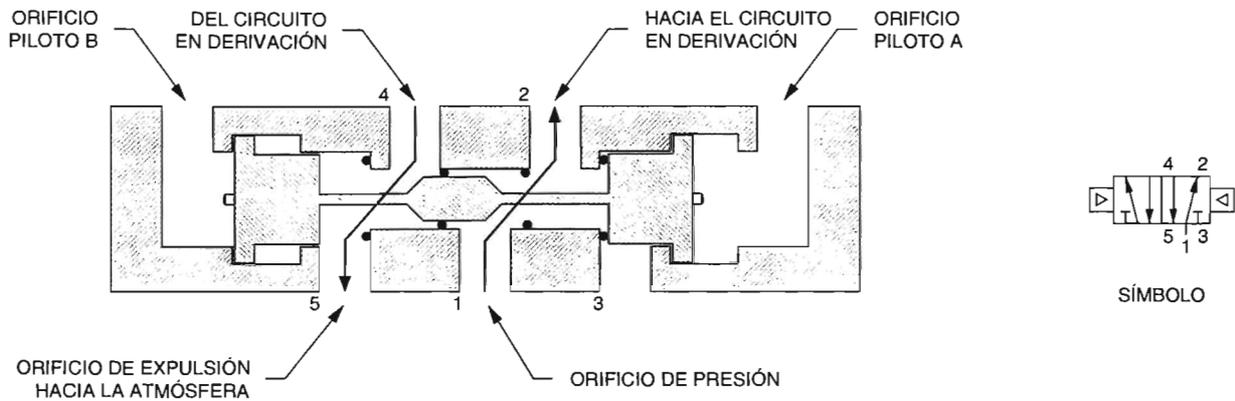
La válvula accionada por piloto proporcionada con su sistema es una válvula de control direccional de doble piloto de 4 vías, 5 orificios y 2 posiciones. Se la llama válvula de 4 vías en lugar de válvula de 5 vías debido a que, en general, uno de los orificios de escape no se utiliza en una posición dada de la válvula. Esto se ilustra en la Figura 4-1.



**Figura 4-1. Válvula de control direccional de doble piloto de 4 vías y 2 posiciones.**

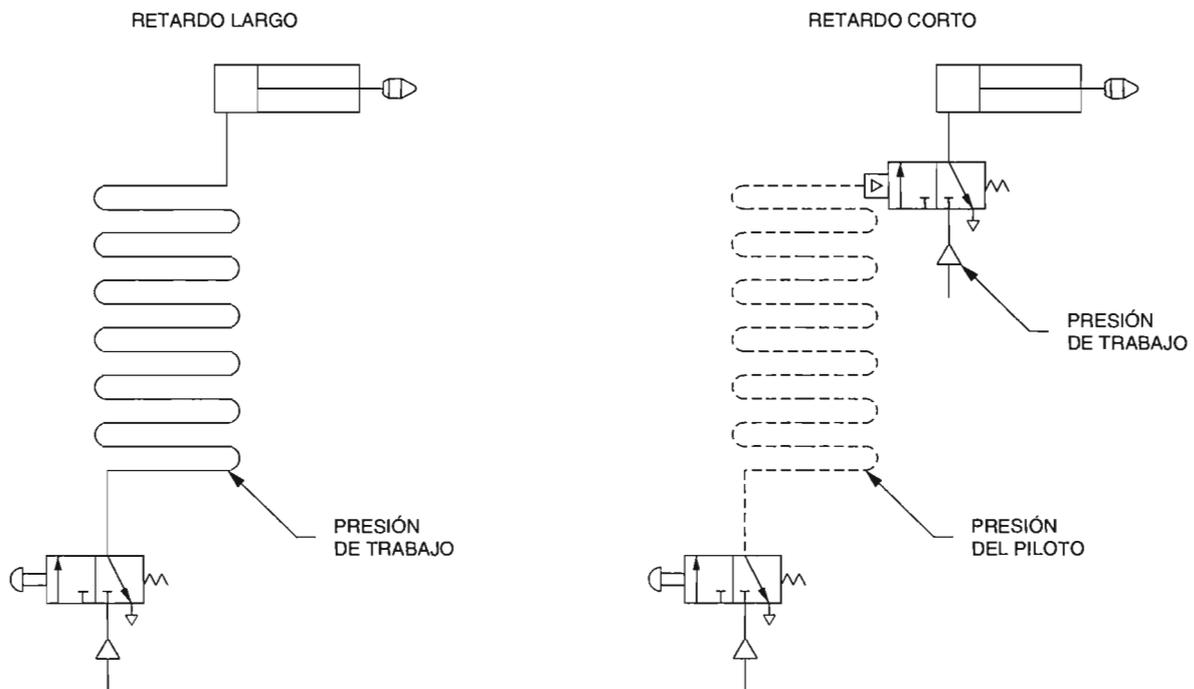
La operación de una válvula de control direccional de doble piloto de 4 vías y 2 posiciones se ilustra en la Figura 4-2. Cuando el orificio piloto A está presurizado, los orificios 1 y 2 están interconectados a través de la válvula, suministrando aire comprimido al circuito en derivación. Los orificios 3 y 4 también están interconectados a través de la válvula, conectando el circuito en derivación a la atmósfera. Cuando el carrete está desplazado, presurizando el orificio piloto B, los orificios 1 y 4 quedan interconectados para suministrar aire comprimido al circuito en derivación. El aire comprimido se libera del circuito en derivación a la atmósfera a través de los orificios interconectados 2 y 3. Las válvulas accionadas por piloto pueden tener un comando manual para mover el carrete sin presión en el piloto a fin de realizar un ajuste del sistema y la localización y reparación de fallas.

# Control indirecto utilizando válvulas accionadas por piloto



**Figura 4-2. Operación de una válvula de control direccional de doble piloto de 4 vías y 2 posiciones.**

El circuito de la Figura 4-3 indica que una válvula accionada por piloto de 3 vías y 2 posiciones, permite el uso de líneas de trabajo menos costosas. Como las líneas piloto son más económicas, se pueden utilizar para ciertas distancias sin ninguna pérdida en el funcionamiento del circuito, al mismo tiempo que se minimizan los retrasos.



**Figura 4-3. Control indirecto utilizando la válvula de control direccional accionada por piloto de 3 vías y 2 posiciones.**

# Control indirecto utilizando válvulas accionadas por piloto

## MATERIAL DE REFERENCIA

Para más información acerca de las válvulas de control direccional, consulte el capítulo titulado *Directional Control Valves* en el manual *Industrial Pneumatic Technology* de Parker-Hannifin.

## Resumen del procedimiento

En la primera parte de este ejercicio, verificará la operación de una válvula de control direccional de 4 vías, 5 orificios y 2 posiciones, operando un cilindro de doble acción.

En la segunda parte, utilizará un dispositivo de conducto largo para verificar que las líneas piloto necesitan un mínimo de presión y volumen para desplazar el carrete.

Verificará que se puede mantener la prioridad de una posición, cuando el orificio piloto permanece presurizado. También verificará que el control directo reduce los retrasos causados por la compresibilidad del aire y la fricción en las líneas de tubería larga.

## EQUIPO NECESARIO

A fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio, consulte el cuadro de utilización del equipo del Apéndice A de este manual.

## PROCEDIMIENTO

- 1. Verifique el estado del equipo didáctico de acuerdo con el procedimiento dado en el Ejercicio 1-2.
- 2. Retraiga el vástago del pistón del cilindro de doble acción y conecte el circuito mostrado en la Figura 4-4.

# Control indirecto utilizando válvulas accionadas por piloto

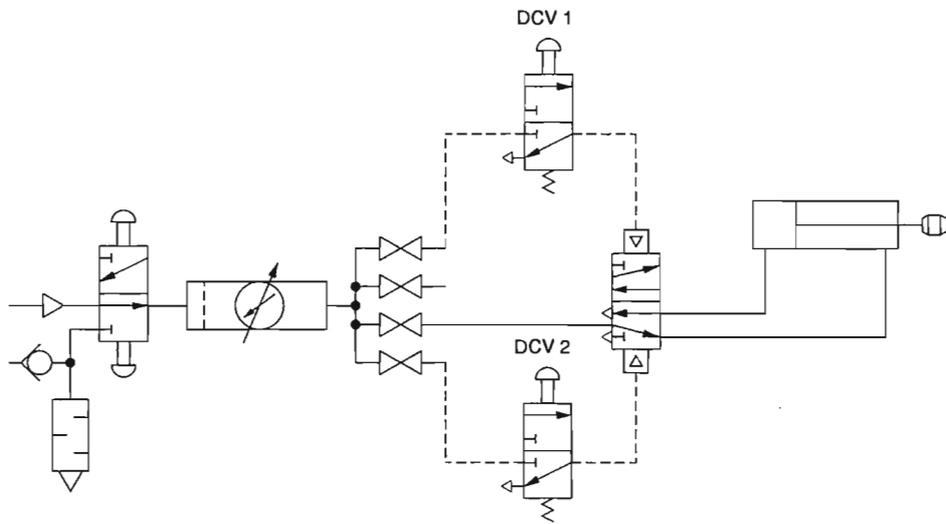


Figura 4-4. Diagrama esquemático de un circuito accionado por piloto.

- 3. Del diagrama esquemático mostrado en la Figura 4-4, pronostique si es la válvula DCV1 o la DCV2 la que controla la extensión y/o retracción del vástago del pistón.

---

---

---

- 4. Abra la válvula de interrupción principal y la válvula de interrupción en derivación del colector. Luego ajuste el regulador de presión hasta leer 100 kPa (ó 15 psi) en el manómetro regulado.
- 5. Presione el botón de la válvula de control direccional DCV2 para ajustar el carrete de la válvula accionada por piloto, como se ilustra en la Figura 4-4. El vástago del pistón debe estar retraído.
- 6. Haga actuar el cilindro utilizando las válvulas de control direccional DCV1 y DCV2. ¿Las válvulas DCV1 y DCV2 controlan la extensión y retracción del vástago del pistón como se suponía? Si no es así, explique por qué.

---

---

---

# Control indirecto utilizando válvulas accionadas por piloto

- 7. Presione el botón de la válvula de control direccional DCV2 y manténgalo en esta posición. Con su otra mano, presione el botón de la válvula de control direccional DCV1. ¿Se extendió el vástago del pistón?

Sí       No

- 8. Libere el botón de la válvula de control direccional DCV2, luego presione el botón de la válvula DCV1 y manténgalo en esta posición. Con su otra mano, presione el botón de la válvula DCV2. ¿Se retrajo el vástago del pistón? Explique por qué.

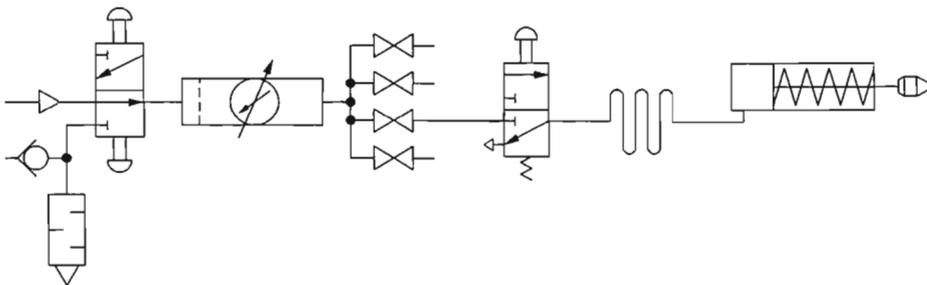
---

---

---

- 9. Cierre las válvulas de interrupción y gire la perilla de ajuste del regulador completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj.

- 10. Modifique su circuito como se muestra en la Figura 4-5.



**Figura 4-5. Diagrama esquemático de un circuito utilizando una línea de tubería larga.**

- 11. Abra las válvulas de interrupción y ajuste el regulador de presión hasta leer 100 kPa (ó 15 psi) en el manómetro regulado.
- 12. Presione el botón de la válvula de control direccional mientras observa el tiempo que toma el vástago para extenderse completamente. Calcule ese tiempo y registre su resultado en la Tabla 4-1. Repita su observación tres veces, luego calcule el valor promedio.
- 13. Cierre las válvulas de interrupción y gire la perilla de ajuste del regulador completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj.

# Control indirecto utilizando válvulas accionadas por piloto

- 14. Modifique su circuito como se muestra en la Figura 4-6.

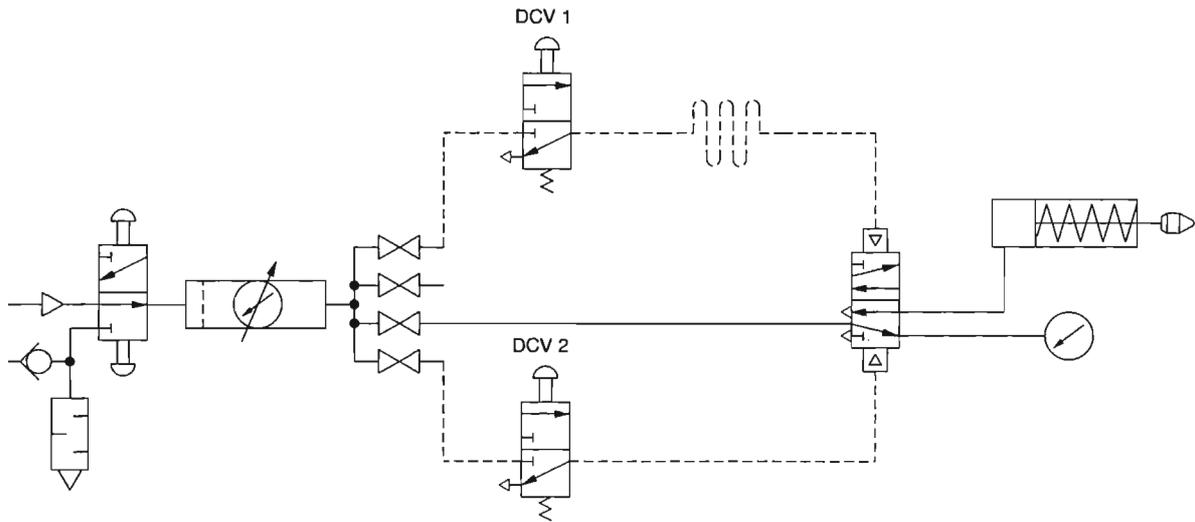


Figura 4-6. Diagrama esquemático de un circuito de control indirecto.

- 15. Abra la válvula de interrupción principal y ajuste el regulador de presión hasta leer 100 kPa (ó 15 psi) en el manómetro regulado.
- 16. Presione el botón de la válvula de control direccional DCV2 para colocar el carrete de la válvula accionada por piloto como se ilustra en la Figura 4-6. El vástago del pistón debe estar retraído.
- 17. Presione el botón de la válvula de control direccional DCV1 mientras observa el tiempo que necesita el vástago para extenderse completamente. Calcule ese tiempo y registre su resultado en la Tabla 4-1. Repita su observación tres veces, luego calcule el valor promedio.

LECTURAS	TIEMPO DE EXTENSIÓN DEL VÁSTAGO DEL PISTÓN	
	CONTROL DIRECTO	CONTROL INDIRECTO
Primera lectura		
Segunda lectura		
Tercera lectura		
Valor promedio		

Tabla 4-1. Tiempo de extensión del vástago del pistón

- 18. Compare los resultados mostrados en la Tabla 4-1. ¿El vástago se extendió más rápidamente cuando la válvula se controló en forma indirecta?

# Control indirecto utilizando válvulas accionadas por piloto

Sí       No

19. En vista de que se utilizó el mismo conducto largo para proporcionarle potencia primero al cilindro y luego al piloto de la válvula de control direccional, ¿qué se puede concluir?

---

---

---

20. ¿El vástago del pistón se retrae cuando se libera el botón de la válvula de control direccional DCV1? Explique por qué.

---

---

---

21. En la unidad de acondicionamiento, cierre las válvulas de interrupción y gire la perilla de ajuste del regulador completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj. Debe leer 0 kPa (ó 0 psi) en el manómetro regulado.

22. Desconecte y almacene toda la tubería y componentes.

## CONCLUSIÓN

En este ejercicio, verifiqué la operación de una válvula de control direccional accionada por piloto de 4 vías, 5 orificios y 2 posiciones. Pudo ver que la válvula con piloto proporcionada con su equipo didáctico puede utilizarse para teledirigir los actuadores lineales y rotativos en dos direcciones.

Observé que cuando un orificio piloto se mantiene presurizado, la prioridad la conserva esa posición, aunque los otros orificios también se presuricen.

Además, pudo observar que los pilotos requieren un mínimo de presión y volumen para desplazar el carrete en comparación con las presiones de trabajo, lo cual minimiza los retardos causados por la compresibilidad del aire y la fricción de las líneas de tubería larga.

# Control indirecto utilizando válvulas accionadas por piloto

## PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. ¿Cuál es la principal ventaja de las válvulas accionadas por piloto sobre las válvulas accionadas manualmente?
  - a. Requieren de alta presión para operar.
  - b. Permiten la operación teledirigida de válvulas grandes.
  - c. Pueden hacerse más chicas que otras válvulas.
  - d. Pueden hacerse más grandes que otras válvulas.
  
2. ¿Cuál es la función de las válvulas accionadas por piloto de 4 vías?
  - a. Teledirigir los actuadores lineales en una dirección.
  - b. Teledirigir los actuadores rotativos en una dirección.
  - c. Teledirigir los actuadores lineales y rotativos en una dirección.
  - d. Teledirigir los actuadores lineales y rotativos en dos direcciones.
  
3. ¿Cuál es la diferencia principal entre las válvulas accionadas por piloto y las válvulas de control accionadas directamente?
  - a. Las válvulas de control accionadas por piloto son más pequeñas.
  - b. La forma en que los carretes se desplazan.
  - c. Las válvulas de control accionadas por piloto pueden trabajar en ambas direcciones.
  - d. Las válvulas de control accionadas por piloto no pueden ser de retroceso por resorte.
  
4. ¿Cuál es la finalidad del comando manual en una válvula accionada por piloto?
  - a. Purgar el exceso del aire comprimido.
  - b. Invertir la dirección de la válvula.
  - c. Invertir la operación del piloto.
  - d. Duplicar manualmente la operación de la válvula.
  
5. ¿Indique la razón por la cuál las válvulas accionadas por piloto doble pueden memorizar una posición?
  - a. Necesitan una señal piloto para desplazar el carrete.
  - b. No necesitan de una señal piloto para desplazar el carrete.
  - c. Es una característica de la válvula accionada por piloto.
  - d. Debido a que son teledirigidas.

# Control indirecto utilizando válvulas accionadas por piloto

## Circuitos de motores neumáticos

### OBJETIVO DEL EJERCICIO

- Descripción del diseño y operación de un motor neumático;
- Demostración de cómo controlar la dirección y velocidad de los motores neumáticos.

### PRESENTACIÓN

Los motores neumáticos convierten la energía del fluido en energía mecánica rotatoria. Cuando se crea una presión diferencial en un motor neumático, el aire a mayor presión se expandirá. Este aire expandido actúa sobre las superficies internas del motor para que el eje de salida del motor gire. La Figura 4-7 muestra un motor neumático y su símbolo.

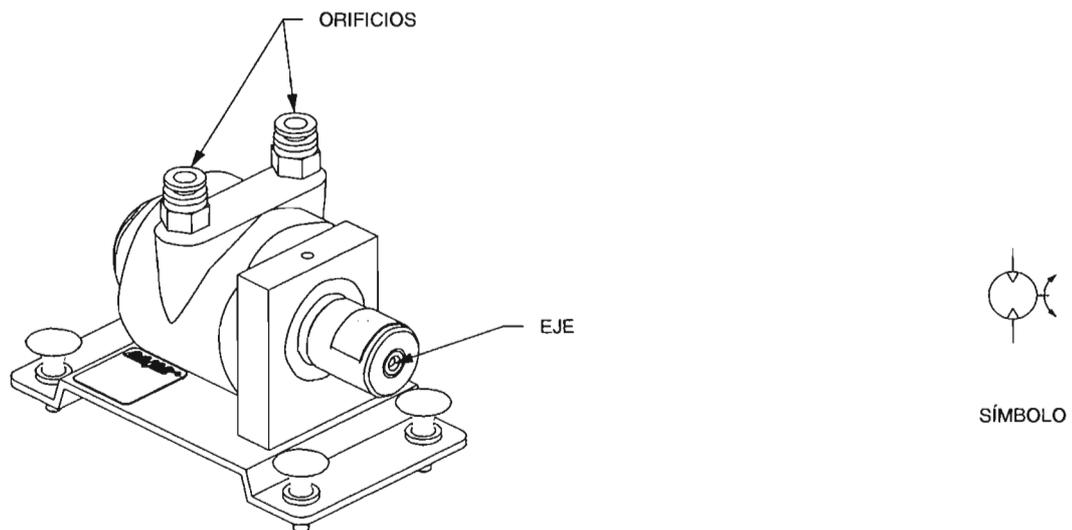


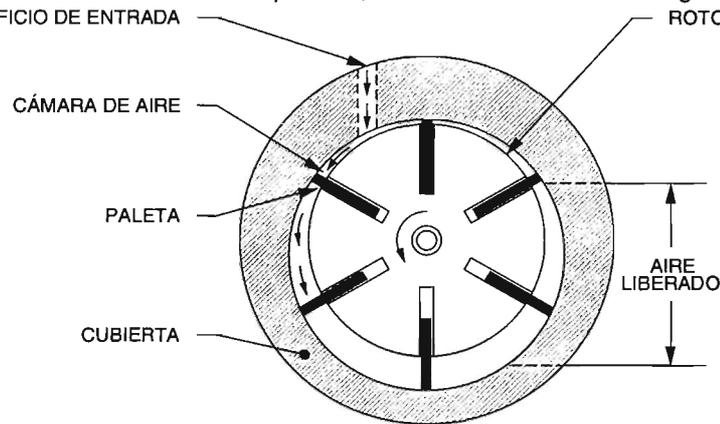
Figura 4-7. Motor neumático y su símbolo.

### Tipos de motores neumáticos

Existen tres tipos básicos de motores neumáticos: de paleta, de pistones y de turbina.

## Circuitos de motores neumáticos

- El motor suministrado con su equipo didáctico es del tipo de paletas. Su construcción es relativamente simple: un rotor ranurado excéntrico montado dentro de la cubierta de las paletas, como se muestra en la Figura 4-8.



**Figura 4-8. Motor neumático de paletas.**

Cuando el aire comprimido ingresa a través del orificio de entrada, se expande dentro de una de las cámaras de aire entre dos paletas. El rotor gira para crear un aumento de volumen entre éstas para alojar el aire expandido. Cuando alcanza el lado de salida del motor, el aire se libera a la atmósfera a través del orificio de escape. Los motores de paletas pueden ser unidireccionales o bidireccionales.

- La operación de un motor neumático de pistones se muestra en la Figura 4-9. Cuando el aire entra en las cámaras de compresión, los pistones se desplazan dentro de los cilindros para adaptarse al aumento de volumen del aire. Este movimiento lineal de los pistones se convierte en movimiento rotativo a través de las bielas que hacen girar al eje propulsor. Los motores neumáticos de pistones se utilizan para baja velocidad y pueden generar un par de arranque alto.

## Circuitos de motores neumáticos

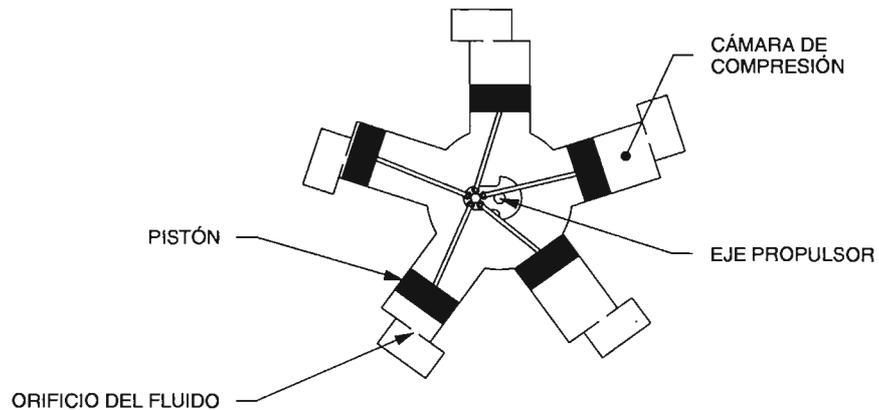


Figura 4-9. Motor neumático de pistones.

- La operación de un motor neumático de turbina se muestra en la Figura 4-10. Éste utiliza una rueda de turbina para convertir la energía cinética del aire en movimiento rotativo. Estos motores se emplean para accionar dispositivos tales como taladros pequeños o herramientas para pulir, como las que utilizan los dentistas. También pueden accionar sierras y taladros rotativos para trabajo pesado. Los motores de turbina convierten la energía del fluido en movimiento rotativo en una sola dirección.

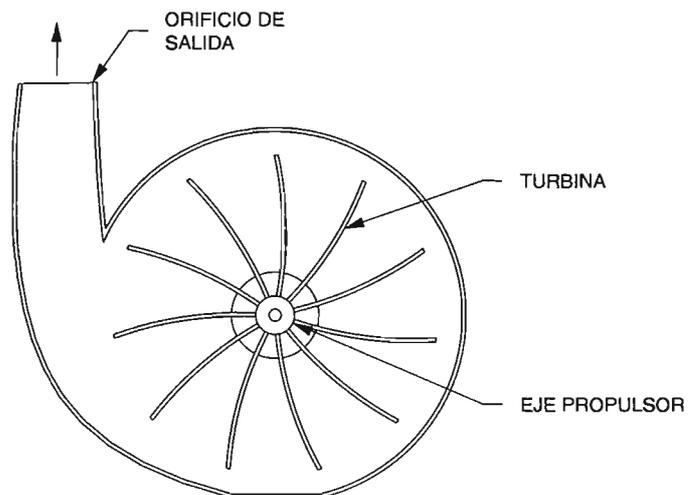


Figura 4-10. Motor neumático de turbina.

Las ventajas principales de los motores neumáticos son: su velocidad se puede ajustar fácilmente; es posible utilizarlos en ambientes desfavorables para los motores eléctricos; pueden funcionar en atmósferas inflamables o corrosivas; es posible detenerlos sin sufrir ningún daño; son simples en su diseño y construcción.

# Circuitos de motores neumáticos

Las desventajas principales de los motores neumáticos son: su bajo rendimiento; su velocidad disminuye cuando el par aumenta y viceversa; el nivel de ruido es más alto que el de un motor eléctrico.

## Desplazamiento del motor

El desplazamiento de un motor neumático es igual al volumen de aire necesario para que el eje del motor gire una revolución completa. Se expresa en centímetros cúbicos por revolución ( $\text{cm}^3/\text{r}$ ) (o pulgadas cúbicas por revolución ( $\text{pulg}^3/\text{r}$ )). Debido a la fricción mecánica y a las fugas internas, el desplazamiento varía con la presión de aire.

## Velocidad del motor

La velocidad teórica de un motor neumático se calcula dividiendo el caudal por el desplazamiento del motor. La velocidad es directamente proporcional al caudal a través del motor e inversamente proporcional a su desplazamiento. La fórmula para calcular la velocidad teórica de un motor es:

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Caudal}}{\text{Desplazamiento}}$$

Debido a las fugas internas y a la compresibilidad del aire, la velocidad real del motor será menor que la velocidad teórica obtenida con la fórmula.

## Par del motor

El par del motor corresponde a la cantidad de fuerza que entrega un motor a una determinada distancia, perpendicular a su eje. Por ejemplo, la fuerza aplicada al extremo de una llave para ajustar una tuerca se llama par. Por lo general, el par se expresa en Newton-metro ( $\text{N}\cdot\text{m}$ ) (o libras fuerza-pulgadas ( $\text{lbf}\cdot\text{pulg}$ )). Una fuerza rotativa de 22,2 N (ó 5 lbf) aplicada a un eje de 0,0508 m (ó 2 pulg) desde su centro, se expresará como un par de 1,13  $\text{N}\cdot\text{m}$  (ó 10  $\text{lbf}\cdot\text{pulg}$ ).

La resistencia de la carga acoplada al eje determina la presión que el sistema entrega en la entrada del motor y, por lo tanto, el par generado en su eje. No se obtendrá ningún par si no existe una carga en el eje.

## Potencia de salida del motor

La potencia en W (o hp) entregada por un motor neumático es igual al par desarrollado en su eje multiplicado por la velocidad de éste. Por lo tanto, se tendrá una potencia nula cuando la velocidad o el par se haga cero. En forma de ecuación:

*Unidades SI:*

$$\text{Potencia (W)} = \frac{\text{Par (N}\cdot\text{m)} \times \text{Velocidad (r/min)}}{9,54}$$

# Circuitos de motores neumáticos

*Unidades del Sistema en Inglés:*

$$\text{Potencia (hp)} = \frac{\text{Par (lbf}\cdot\text{in)} \times \text{Velocidad (r/min)}}{63.025}$$

Debido a las fugas internas, la fricción mecánica y la compresibilidad del aire, la potencia real generada por un motor neumático será menor que el valor teórico determinado con la fórmula.

## **Cilindros y motores**

Los cilindros neumáticos son actuadores lineales, mientras que los motores neumáticos son actuadores rotativos. Sin embargo, como ocurre con los cilindros, la velocidad de un motor es una función del caudal, mientras que la fuerza de salida, o par, es una función de la presión. Por lo tanto, al aumentar la presión del sistema que alimenta el motor, éste incrementa su par de salida. Por otro lado, cuando se aumenta el caudal a través de un motor, éste incrementa su velocidad de rotación.

## **MATERIAL DE REFERENCIA**

Para más información, consulte el capítulo titulado *Check Valves, Cylinders, and Motors* en el manual *Industrial Pneumatic Technology* de Parker-Hannifin.

## **Resumen del procedimiento**

En la primera parte del ejercicio, verificará la relación entre el par y la presión.

En la segunda parte, verificará la relación entre la velocidad de rotación y el flujo.

En la tercera parte, montará un circuito que permitirá el control de la dirección y de la velocidad de rotación del motor.

## **EQUIPO NECESARIO**

A fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio, consulte el cuadro de utilización del equipo del Apéndice A de este manual.

## **PROCEDIMIENTO**

### **Relación entre el par y la presión**

1. Verifique el estado del equipo didáctico de acuerdo con el procedimiento dado en el Ejercicio 1-2.

**Nota:** Tenga mucho cuidado cuando utilice los motores neumáticos. Consulte las reglas de seguridad en el Ejercicio 1-1.

# Circuitos de motores neumáticos

- 2. Conecte el circuito mostrado en la Figura 4-11. Colóquese frente al eje del motor e identifique su orificio izquierdo. Conecte en éste la válvula de control direccional.

**Nota:** Debido a los niveles elevados de ruido generados por los motores neumáticos, siempre debe liberar el aire comprimido del circuito a través del silenciador, conectando el retorno en el orificio de escape de la válvula de interrupción principal que forma parte de la unidad de acondicionamiento.

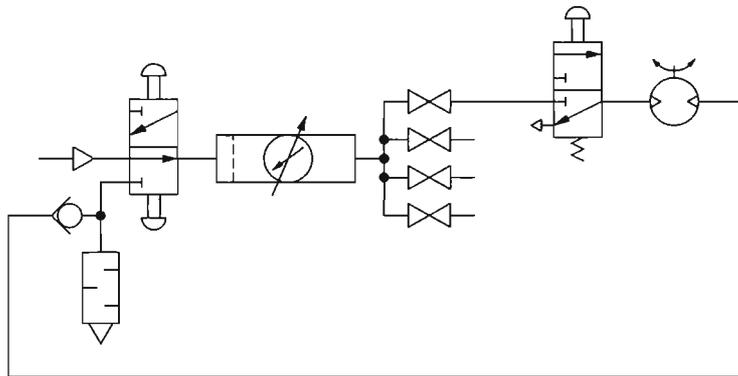


Figura 4-11. Diagrama esquemático de un circuito de motor neumático.

- 3. Consulte el diagrama esquemático mostrado en la Figura 4-11, indique, ¿en qué dirección girará el motor?

---

- 4. Abra la válvula de interrupción principal y la válvula de interrupción en derivación del colector. Luego ajuste el regulador de presión hasta leer 100 kPa (ó 20 psi) en el manómetro regulado.

- 5. Presione el botón de la válvula de control direccional mientras observa la dirección de rotación del eje del motor. ¿El motor giró como se pronosticó en el paso 3? Si no es así, explique por qué.

---

---

- 6. Libere el botón e indique cuáles modificaciones debe realizar para invertir la dirección de rotación del eje del motor.

---

---

# Circuitos de motores neumáticos

**Nota:** Cuando realice esta parte del ejercicio utilice guantes protectores.

7. Sostenga el eje del motor con su mano, mientras abre la válvula de control direccional. ¿Es difícil detenerlo?

Sí       No

8. Libere el botón y ajuste el regulador de presión en 600 kPa (u 80 psi). Intente nuevamente detener el eje del motor. ¿Es más difícil o más fácil lograrlo con estos ajustes?

---

---

9. ¿Qué característica observó en el motor cuando trató de detener su eje?

---

10. Cierre las válvulas de interrupción.

## Relación entre velocidad de rotación y caudal

11. Reemplace la válvula de control direccional por la válvula de control de flujo para controlar el caudal a través del motor y conecte un caudalímetro en el orificio de salida del motor.

12. Abra la válvula de control de flujo girando la perilla de control completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj.

13. Abra las válvulas de interrupción y ajuste el regulador de presión en 500 kPa (ó 70 psi).

14. Ajuste la válvula de control de flujo hasta obtener un caudal de 100 l/min (ó 4,0 SCFM) en el caudalímetro. En cada ajuste de la válvula de control de flujo, asegúrese de que la presión regulada esté en 500 kPa (ó 70 psi). Ajuste si es necesario.

15. Use un tacómetro para medir la velocidad de rotación del motor. Registre los resultados en las celdas correspondientes de la Tabla 4-2. Repita las mediciones para los valores del caudal indicados en la Tabla 4-2.

# Circuitos de motores neumáticos

PRESIÓN	CAUDAL	VELOCIDAD DE ROTACIÓN
	100 l/min (ó 4,0 SCFM)	
	80 l/min (ó 3,0 SCFM)	
	60 l/min (ó 2,0 SCFM)	

**Tabla 4-2. Valores de la velocidad de rotación**

- 16. De los valores indicados en la Tabla 4-2, ¿qué puede concluir sobre la relación entre la velocidad de rotación y el caudal?

---

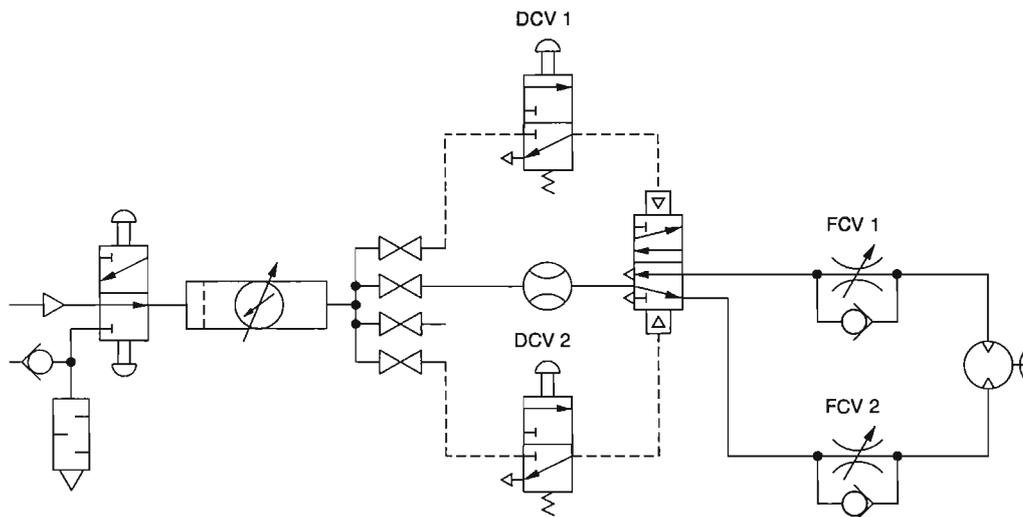


---

- 17. Cierre las válvulas de interrupción y gire la perilla de ajuste del regulador completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj.

## Control direccional y de velocidad de los motores neumáticos

- 18. Modifique su circuito como se muestra en la Figura 4-12. Colóquese frente al eje del motor e identifique su orificio izquierdo. Conecte en éste la válvula de control direccional FCV1.



**Figura 4-12. Diagrama esquemático de un circuito utilizando el control de velocidad en ambas direcciones.**

# Circuitos de motores neumáticos

- 19. Abra las válvulas de control de flujo FCV1 y FCV2 girando las perillas de control completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj.
- 20. Consulte el diagrama esquemático mostrado en la Figura 4-12, determine en qué dirección girará el motor cuando presurice el circuito. Explique por qué.

---

---

**Nota:** Cuando lleve a cabo esta parte del ejercicio utilice protectores para los oídos.

- 21. Abra las válvulas de interrupción y ajuste el regulador de presión hasta leer 400 kPa (ó 60 psi) en el manómetro regulado.
- 22. Utilice la válvula de control direccional que hará rotar el motor en sentido contrario al de las manecillas del reloj.
- 23. Ajuste la válvula de control de flujo FCV1 para obtener una velocidad de rotación de 3.000 r/min.
- 24. Registre el caudal en la celda correspondiente de la Tabla 4-3.
- 25. Presione el botón de la válvula de control direccional DCV2 para hacer rotar el motor en el sentido de las manecillas del reloj.
- 26. Ajuste la válvula de control de flujo FCV2 para obtener una velocidad de rotación de 2.000 r/min.
- 27. Registre el caudal en las celdas correspondientes de la Tabla 4-3.

DIRECCIÓN DE ROTACIÓN	VELOCIDAD	CAUDAL
Sentido contrario a las manecillas del reloj		
Sentido de las manecillas del reloj		

**Tabla 4-3. Parámetros de operación del motor neumático.**

# Circuitos de motores neumáticos

- 28. A partir de los valores indicados en la Tabla 4-3, ¿qué puede concluir acerca de la operación del circuito?

---

---

- 29. En la unidad de acondicionamiento, cierre las válvulas de interrupción y gire la perilla de ajuste del regulador completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj. Debe leer 0 kPa (ó 0 psi) en el manómetro regulado.
  
- 30. Desconecte y almacene toda la tubería y componentes.

## CONCLUSIÓN

En este ejercicio, observó que los motores neumáticos convierten la energía del fluido en energía mecánica rotatoria. También aprendió acerca de los tres tipos básicos de motores neumáticos: de paletas, de pistones y de turbina.

Aprendió que la velocidad del motor es proporcional al caudal a través del motor e inversamente proporcional al desplazamiento. También pudo ver que el par de un motor neumático es directamente proporcional a la presión del sistema en la entrada del motor y al desplazamiento.

Experimentó cómo controlar la dirección de rotación, la velocidad y el par de un motor neumático.

# Circuitos de motores neumáticos

## PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. El par se refiere a
  - a. la fuerza lineal generada por un cilindro de simple acción.
  - b. la velocidad de un motor neumático.
  - c. la fuerza de rotación generada por un motor.
  - d. la fuerza de elevación generada por un colchón de aire.
  
2. La velocidad de rotación de un motor es directamente proporcional
  - a. al caudal.
  - b. al desplazamiento.
  - c. a la presión.
  - d. a la carga.
  
3. Para aumentar el par de salida de un motor
  - a. se debe disminuir el caudal.
  - b. se debe aumentar el caudal.
  - c. se debe aumentar el desplazamiento.
  - d. se debe aumentar la presión.
  
4. Los tres tipos básicos de motores neumáticos son
  - a. de paletas, de pistones y de turbina.
  - b. rotativo, de paletas y de pistones.
  - c. de turbina, rotativo y de paletas.
  - d. de pistones, de turbina y rotativo.
  
5. La potencia de salida de un motor es
  - a. igual al par desarrollado en su eje multiplicado por el caudal.
  - b. cero, cuando la velocidad o el par es máximo.
  - c. máxima, cuando la velocidad o el par se hace cero.
  - d. igual al par desarrollado en su eje multiplicado por la velocidad del eje.



## Rendimiento de un motor neumático

### OBJETIVO DEL EJERCICIO

- Utilización de las hojas de datos del fabricante;
- Estudio acerca de cómo determinar la potencia, el par y el caudal de un motor neumático utilizando las hojas de datos.

### PRESENTACIÓN

El par es el factor más importante cuando se selecciona un motor neumático. Si el par no es el adecuado, el motor no girará y no entregará potencia. En general, un motor debe entregar la potencia de salida requerida con el 65% de la presión del sistema. Esto permite disponer de la presión total del sistema para mantener en servicio el motor y absorber sus sobrecargas.

Con frecuencia, los fabricantes proporcionan las características de potencia, velocidad y par de los motores neumáticos en forma de gráficas. Las gráficas para el motor neumático del equipo didáctico se muestran en la Figura 4-13.

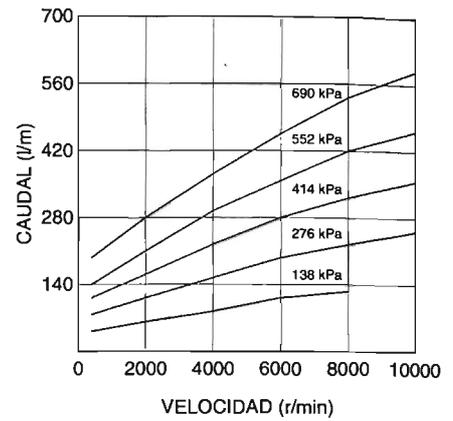
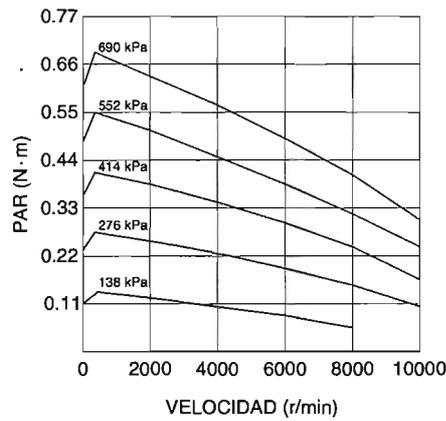
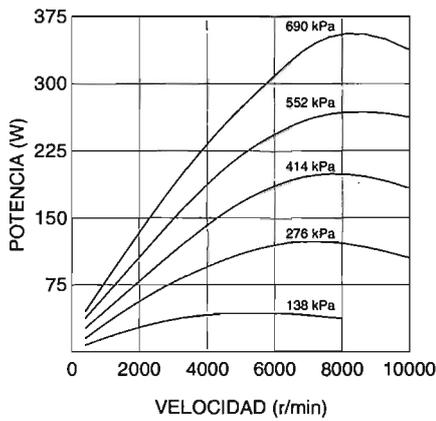
Por ejemplo, suponga que una aplicación necesita un motor neumático que entregue un par de 0,226 N·m (ó 2 lbf·pulg) a una velocidad de rotación de 4.000 r/min. De acuerdo con la gráfica, par en función de la velocidad, el motor responderá a estas exigencias si la caída de presión a través del mismo es igual a 276 kPa (ó 40 psi). Las otras gráficas revelan que, para esa presión y velocidad, se necesita un caudal de 157  $\ell$ /min (ó 5,55 SCFM) y que el motor tendrá una potencia de salida en régimen de 97 W (ó 0,13 hp).

### MATERIAL DE REFERENCIA

Para más información acerca de los motores, consulte el capítulo titulado *Check Valve Cylinders, and Motors* en el manual *Industrial Pneumatic Technology* de Parker-Hannifin.

# Rendimiento de un motor neumático

UNIDADES SI:



UNIDADES DEL SISTEMA INGLÉS:

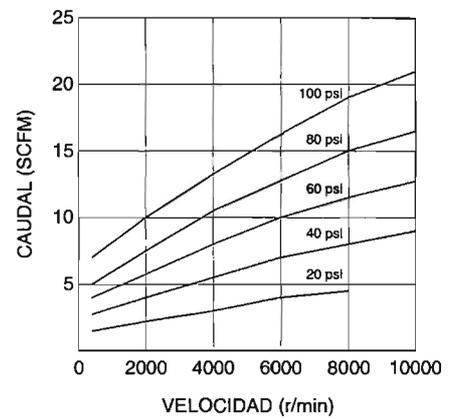
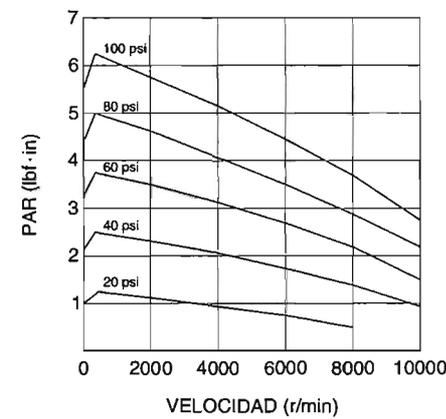
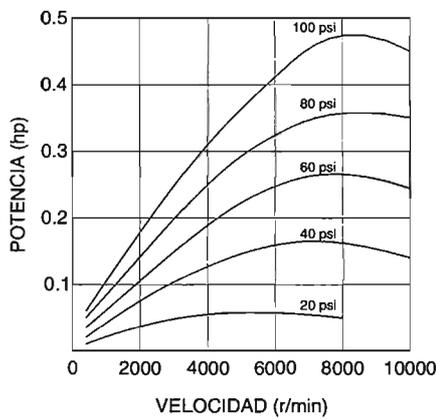


Figura 4-13. Gráficas para el motor neumático del equipo didáctico.

## Resumen del procedimiento

En la primera parte del ejercicio, utilizará las hojas de datos del fabricante para determinar el caudal, el par y la potencia de salida del motor neumático, a partir de los valores medidos de presión y velocidad.

En la segunda parte, verificará el efecto causado por un incremento de la carga.

## EQUIPO NECESARIO

A fin de obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio, consulte el cuadro de utilización del equipo del Apéndice A de este manual.

# Rendimiento de un motor neumático

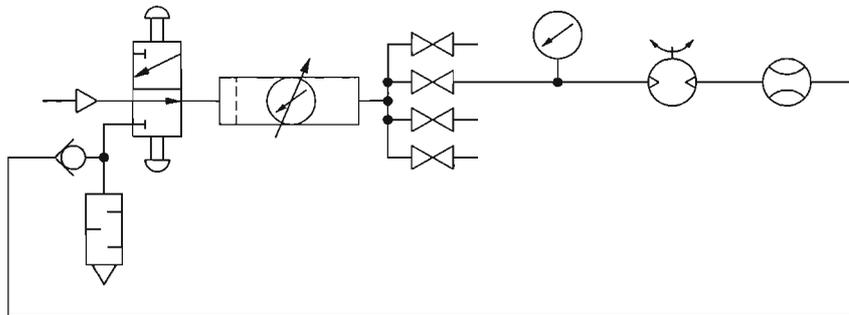
## PROCEDIMIENTO

- 1. Verifique el estado del equipo didáctico de acuerdo con el procedimiento dado en el Ejercicio 1-2.

**Nota:** Utilice guantes protectores cuando realice este ejercicio y consulte las reglas de seguridad en el Ejercicio 1-1.

- 2. Conecte el circuito mostrado en la Figura 4-14. Colóquese frente al eje del motor e identifique su orificio izquierdo. Conecte en éste la válvula de control direccional.

**Nota:** Debido a los niveles elevados de ruido generados por los motores neumáticos, siempre debe liberar el aire comprimido del circuito a través del silenciador, conectando el retorno en el orificio de escape de la válvula de interrupción principal que forma parte de la unidad de acondicionamiento.



**Figura 4-14.** Diagrama esquemático de un circuito utilizando un motor bidireccional.

- 3. Abra la válvula de interrupción principal y la válvula de interrupción en derivación del colector. Luego ajuste el regulador de presión hasta leer 300 kPa (ó 40 psi) en el manómetro conectado en el orificio de entrada del motor.

# Rendimiento de un motor neumático

- 4. Utilizando un tacómetro mida la velocidad de rotación del motor. Registre sus resultados en las celdas correspondientes de la Tabla 4-4.

PRESIÓN EN EL ORIFICIO DE ENTRADA DEL MOTOR	VELOCIDAD	CAUDAL*	PAR*	POTENCIA DE SALIDA *

\* de las gráficas del fabricante

**Tabla 4-4. Parámetros de operación del motor neumático.**

- 5. Cierre las válvulas de interrupción.
  
- 6. Consultando las gráficas de la Figura 4-13, determine el caudal, el par y la potencia de salida correspondientes a la presión y velocidad medidas en los pasos 3 y 4. Registre los valores en la Tabla 4-4.
  
- 7. Consultando las gráficas en la Figura 4-13, determine la velocidad para la cual el par es máximo.  
  
\_\_\_\_\_
  
- 8. Conecte un caudalímetro entre el orificio de salida del motor y el silenciador.
  
- 9. Abra las válvulas de interrupción y ajuste el regulador de presión hasta leer 300 kPa (ó 40 psi) en el manómetro conectado en el orificio de entrada del motor.
  
- 10. Utilice un tacómetro para medir la velocidad de rotación del motor. Registre su resultado en la celda apropiada de la Tabla 4-4.
  
- 11. Detenga el motor con la mano mientras observa la lectura del caudalímetro. Explique por qué el caudal no es igual a cero siendo que el motor está bloqueado.  
  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

# Rendimiento de un motor neumático

12. En la unidad de acondicionamiento, cierre las válvulas de interrupción y gire la perilla de ajuste del regulador completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj.

13. Consulte las gráficas de la Figura 4-13, determine el caudal, el par y la potencia de salida correspondientes a la presión y velocidad medidas en los pasos 9 y 10. Registre los valores en la Tabla 4-4.

14. Compare los valores de velocidad indicados en la Tabla 4-4. Explique por qué la velocidad disminuye cuando se conecta el caudalímetro.

---

---

---

15. Compare los valores del par determinados en los pasos 6 y 13. Explique por qué el par aumenta cuando se conecta el caudalímetro.

---

---

---

16. Explique qué le sucedería al par y a la velocidad del motor, si el aire comprimido no fuera expulsado a través del silenciador, sino directamente a la atmósfera.

---

---

---

17. Desconecte y almacene toda la tubería y componentes.

## CONCLUSIÓN

En este ejercicio, aprendió cómo utilizar las hojas de datos del fabricante para determinar la potencia de salida, el par y el caudal de un motor neumático.

También observó cómo reacciona el par y la velocidad cuando se aumenta la carga.

# Rendimiento de un motor neumático

## PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. Con frecuencia, los fabricantes proporcionan información acerca de los motores neumáticos
  - a. si se solicita.
  - b. en forma de tablas.
  - c. en forma de figuras.
  - d. en forma de gráficas.
  
2. Consulte la Figura 4-13 para determinar el par correspondiente a una caída de presión de 400 kPa (ó 60 psi) para una velocidad de 6.000 r/min.
  - a. 0,20 N·m (ó 1,75 lbf·pulg).
  - b. 0,30 N·m (ó 2,75 lbf·pulg).
  - c. 0,40 N·m (ó 3,75 lbf·pulg).
  - d. Imposible de determinarlo utilizando las gráficas.
  
3. En general, un motor entrega la potencia de salida requerida
  - a. con el par mínimo.
  - b. con el par máximo.
  - c. con la presión del sistema.
  - d. con el 65% de la presión del sistema.
  
4. ¿Cuál es la característica más importante cuando se selecciona un motor neumático?
  - a. La velocidad.
  - b. El par.
  - c. El caudal.
  - d. El tamaño.
  
5. Consultando la Figura 4-13, ¿cómo se puede determinar el desplazamiento de un motor?
  - a. Con la relación de la potencia de salida y la velocidad.
  - b. Con la relación del par y la velocidad.
  - c. Con la relación del caudal y la velocidad.
  - d. Imposible de determinarlo utilizando las gráficas.

# Examen de la unidad

1. ¿Qué se puede hacer para que una válvula de 4 vías actúe como una de 3 vías?
  - a. Obstruir un orificio.
  - b. Obstruir dos orificios.
  - c. Obstruir un orificio de entrada y otro de salida.
  - d. Obstruir dos orificios de salida.
  
2. Bloquear un motor neumático
  - a. es peligroso.
  - b. no causa daño.
  - c. causa un incremento de presión.
  - d. es imposible.
  
3. Las cubiertas y los carretes de las válvulas accionadas por piloto
  - a. son similares a aquellos de las válvulas accionadas directamente.
  - b. son diferentes de aquellos de las válvulas accionadas directamente.
  - c. son más pequeños que aquellos de las válvulas accionadas directamente.
  - d. son más grandes que aquellos de las válvulas accionadas directamente.
  
4. Las válvulas accionadas por piloto pueden mover sus carretes utilizando
  - a. un pedal.
  - b. un botón pulsador.
  - c. uno o dos pilotos, junto con un resorte de retroceso.
  - d. una palanca.
  
5. Las válvulas accionadas por piloto reducen los retrasos causados por
  - a. los circuitos complejos.
  - b. la compresibilidad del aire y la fricción en las líneas de tubería larga.
  - c. los componentes conectados en serie.
  - d. las líneas piloto de alta presión.
  
6. El desplazamiento de un motor neumático
  - a. es el volumen de aire necesario para que el eje del motor gire una revolución completa.
  - b. es la cantidad de fuerza generada por el motor.
  - c. es la resistencia del motor para girar una revolución completa.
  - d. es la velocidad dividida por el caudal.

## Examen de la unidad (continuación)

7. ¿Qué causa que la velocidad real del motor sea menor que la velocidad teórica?
  - a. La fricción.
  - b. Las fugas internas y la compresibilidad del aire.
  - c. La carga.
  - d. La pérdida de presión.
  
8. Una válvula de control direccional de 4 vías, 5 orificios y 2 posiciones accionada por doble piloto
  - a. no tiene orificios para liberar el aire.
  - b. tiene un orificio para liberar el aire de la configuración de la trayectoria del flujo.
  - c. tiene dos orificios para liberar el aire de la configuración de la trayectoria del flujo.
  - d. Depende del circuito.
  
9. El par desarrollado en el eje del motor multiplicado por la velocidad es igual
  - a. a la fuerza.
  - b. al desplazamiento.
  - c. a la potencia de salida.
  - d. a la potencia del par.
  
10. Un motor neumático no entregará ningún par si
  - a. no existe carga.
  - b. la carga excede la potencia de salida del motor.
  - c. la velocidad del motor es baja.
  - d. la presión excede el 65% de la presión del sistema.

# Apéndice A

## Cuadro de utilización del equipo

Para realizar los ejercicios de este manual, se requiere el siguiente equipo de Lab-Volt.

EQUIPO		EJERCICIO													
MODELO	DESCRIPCIÓN	1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	2-3	2-4	3-1	3-2	3-3	3-4	4-1	4-2	4-3
6411	Unidad de acondicionamiento	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
6412	Acumulador	1		1											
6413	Generador de vacío	1						1							
6420	Válvula direccional accionada por pulsador	1	1	1					1	2	1	1	2	2	
6421	Válvula de control de flujo	1		1			1		1	2		1		2	
6422	Válvula direccional accionada por piloto neumático doble	1											1	1	
6440	Cilindro de simple acción	1	1	1				1		1	1	1	1		
6441	Cilindro de doble acción	1			1	1		1		1	1	1	1		
6442	Motor bidireccional	1												1	1
6443	Colchón de aire	1						1							
6450	Manómetro	1			1	1	1		1	1	1		1		1
6451	Caudalímetro	1					1		1					1	1
6480	Dispositivo de carga	1			1										
6490	Tes	1		1			1			1		1			1
6491	Accesorios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6492	Conducto largo	1		1									1		

### EQUIPO ADICIONAL

Cronómetro, tacómetro (0-10 000 r/min), guantes protectores.



## Protección del equipo didáctico en neumática

- a. Mantenga todos los componentes y el lugar de trabajo limpios y libres de polvo.
- b. Utilice sólo una tela limpia y libre de pelusas para la limpieza o secado de las partes de los componentes o para limpiar el polvo y la suciedad del exterior del sistema.
- c. Haga funcionar los componente por lo menos una vez al mes para evitar que se atasquen.
- d. El silenciador de la unidad de acondicionamiento se debe limpiar con solventes comunes cada dos meses.
- e. Aplique una gota de aceite neumático en la entrada de los tubos de cada componente, como se indica en la Tabla B-1.
- f. El elemento de filtro de la unidad de acondicionamiento se debe reemplazar una vez al año. Para cualquier ayuda contacte su representante de Lab-Volt.

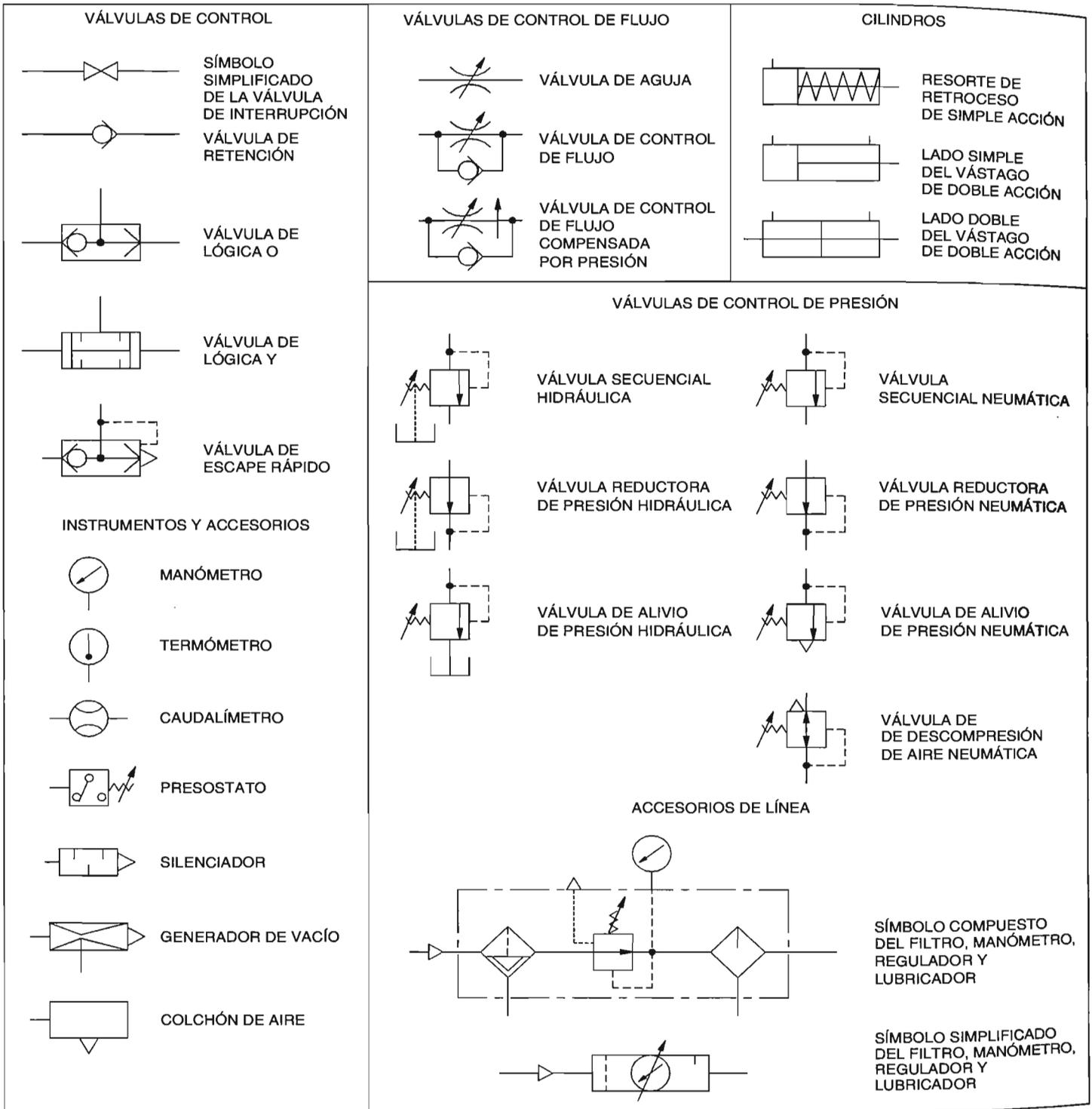
MODELO	EQUIPO	AGREGAR ACEITE NEUMÁTICO
6442	Motor bidireccional	<b>En cada uso</b>
6411 6420 6421 6422 6440 6441	Unidad de acondicionamiento Válvula direccional accionada por pulsador Válvula de control de flujo Válvula direccional accionada por piloto Cilindro de simple acción Cilindro de doble acción	<b>Cada semana</b>
6412 6413 6443 6450 6451 6480 6490 6491 6492	Acumulador Generador de vacío Colchón de aire Manómetro Caudalímetro Dispositivo de carga Tes Accesorios Conducto largo	<b>No se aplica</b>

**Tabla B-1. Frecuencia del agregado de aceite.**





# Símbolos gráficos de Neumática e Hidráulica (continuación)



## Factores de conversión

### SI al Sistema Inglés

(Multiplique la unidad SI por el factor de conversión para obtener la unidad del Sistema Inglés)

<b>Área</b>		
milímetro cuadrado, mm <sup>2</sup>	0,0016	pulgada cuadrada, pulg <sup>2</sup>
centímetro cuadrado, cm <sup>2</sup>	0,155	pulgada cuadrada, pulg <sup>2</sup>
metro cuadrado, m <sup>2</sup>	10,765	pies cuadrados, pie <sup>2</sup>
<b>Desplazamiento de un motor</b>		
centímetro cúbico por revolución, cm <sup>3</sup> /r	0,061	pulgada cúbica por revolución, (pulg <sup>3</sup> /r)
<b>Caudal</b>		
litro por minuto, ℓ/min	0,035	pie cúbico por min (CFM), pie <sup>3</sup> /min
<b>Fuerza</b>		
newton, N	0,225	libra fuerza, lbf
<b>Longitud</b>		
centímetro, cm	0,39	pulgada, pulg
metro, m	3,281	pies, pie
<b>Masa</b>		
gramo, g	0,0353	onza, oz
kilogramo, kg	2,205	libras, lb
<b>Potencia</b>		
vatio, W	0,00134	caballo de fuerza, hp
<b>Presión</b>		
atmósfera, atm	14,7	libras fuerza por pulgada cuadrada (psi), lbf/pulg <sup>2</sup>
bar	14,5	libras fuerza por pulgada cuadrada (psi), lbf/pulg <sup>2</sup>
kilopascal, kPa	0,145	libra fuerza por pulgada cuadrada (psi), lbf/pulg <sup>2</sup>
milímetro de mercurio, mmHg	0,0197	libra fuerza por pulgada cuadrada (psi), lbf/pulg <sup>2</sup>
milímetro de agua, mmH <sub>2</sub> O	0,00142	libra fuerza por pulgada cuadrada (psi), lbf/pulg <sup>2</sup>
<b>Par</b>		
Newton-metro, N·m	8,85	libras fuerza-pulgada, lbf·pulg
<b>Velocidad</b>		
centímetro por minuto, cm/min	0,394	pulgada por minuto, pulg/min
<b>Volumen</b>		
centímetro cúbico, cm <sup>3</sup>	0,061	pulgada cúbica, pulg <sup>3</sup>



## Nueva terminología

**abertura** – Hendidura, agujero u orificio en un tubo o conducto.

**accionada/o manualmente** – Que lo/a acciona una persona utilizando una palanca, un botón, un pedal u otro dispositivo mecánico.

**actuador** – Todo dispositivo lineal o rotativo que convierte la potencia de un fluido en fuerza y movimiento mecánico.

**actuador lineal** – Actuador que convierte la energía del aire comprimido en movimiento lineal.

**actuador rotativo** – Nombre de fábrica para un actuador que convierte la energía del fluido en movimiento rotatorio.

**acumulador** – Recipiente a presión utilizado para almacenar gas comprimido en un circuito en derivación de un sistema de potencia neumática.

**barómetro** – Dispositivo utilizado para medir la presión atmosférica. Para esto, se vale de una columna suspendida de mercurio.

**caída de presión** – Diferencia entre las presiones aguas arriba y aguas abajo del flujo a través de una válvula, una unión u otra abertura o restricción.

**carrera** – Distancia que recorre el pistón durante su extensión y retracción.

**caudal** – Volumen de un fluido que pasa por un punto en una determinada cantidad de tiempo.

**caudalímetro** – Dispositivo para medir el caudal de un fluido que fluye a través de un circuito.

**cilindro** – Cámara en la cual se mueve un pistón; dispositivo que convierte la energía de un fluido en energía mecánica lineal.

**circuito con regulación de entrada** – Circuito que controla el flujo que entra en un actuador.

**circuito con regulación de salida** – Circuito que controla el flujo que sale de un actuador.

**colchón de aire** – Dispositivo que utiliza la presión del aire para reducir la fricción entre dos superficies.

**colector** – Conductor para un fluido que cuenta con múltiples orificios para conexiones.

**compresor** – Dispositivo mecánico que disminuye el volumen de un gas, aumentando su presión.

# Nueva terminología

**configuraciones** – Combinaciones posibles de la trayectoria del fluido en una válvula.

**depósito** – Tanque para almacenar el aire proveniente de la salida de un compresor neumático.

**desconexión rápida** – Acople utilizado en los sistemas de transmisión de potencia por medio de un fluido para conectar o desconectar los conductores en forma rápida y sin herramientas o dispositivos especiales.

**diámetro interior** – Diámetro interior de un orificio, tubo o cilindro.

**doble-acción** – Característica que indica la capacidad de un dispositivo, por ejemplo un cilindro, para utilizar la energía de un fluido a fin de generar una fuerza en dos direcciones.

**extender** – Acción de un dispositivo de abrirse o extenderse a su longitud total.

**flujo** – Movimiento o derrame de los fluidos.

**lado émbolo** – Lado de un cilindro que no contiene el vástago del pistón.

**lado vástago** – Lado de un cilindro que tiene el vástago del pistón.

**lineal** – En línea recta.

**lubricador** – Dispositivo que inyecta aceite en un circuito o componente para lubricarlo.

**manómetro** – Dispositivo que convierte la energía del fluido en un movimiento mecánico proporcional a la presión del fluido. Se utiliza para medir la presión en un circuito de transmisión de potencia por medio de un fluido.

**motor** – Dispositivo que convierte la energía en movimiento rotativo.

**obturador** – Elemento de sellado que se desplaza en un plano perpendicular a su asiento.

**orificio de entrada** – Orificio a través del cual un fluido entra a un componente.

**orificio de salida** – Orificio a través del cual un fluido sale de un componente.

**orificio** – Abertura en una válvula u otro dispositivo en la cual se puede realizar una conexión.

**posición** – Posible configuración de trayectoria del flujo en una válvula de control direccional.

**presión absoluta** – Presión manométrica más la presión atmosférica estándar.

**presión atmosférica** – Presión creada por el peso del aire que rodea a la tierra.

# Nueva terminología

**presión barométrica** – Presión atmosférica medida con un barómetro y expresada como la altura de una columna de mercurio mantenida por dicha presión atmosférica.

**presión de apertura** – La presión a la cual la válvula de escape, etc, comienza a abrirse y pasar el líquido.

**presión de trabajo** – Característica de un conductor que indica la presión máxima continua que el mismo puede resistir.

**presión** – Fuerza ejercida sobre una superficie por un fluido en contacto con esa superficie.

**presostato** – Componente eléctrico que abre y cierra un circuito eléctrico de acuerdo con la presión que el fluido tiene en su orificio de testeo.

**psia** – En libras por pulgada cuadrada absoluta; presión total en un fluido cuando se combinan el peso debido a la presión atmosférica y las fuerzas adicionales.

**psig** (también expresada como psi) – En libras por pulgada cuadrada manométrica; presión que ejercen las fuerzas externas, distintas a la debida a la presión atmosférica, sobre un fluido.

**regulador** – Dispositivo de control que mantiene la presión aguas abajo a un nivel igual o menor que el del sistema.

**silenciador** – Dispositivo utilizado para atenuar el ruido producido por el aire expulsado de un circuito neumático.

**simple acción** – Característica que indica la capacidad de un dispositivo, por ejemplo un cilindro, para utilizar la energía de un fluido a fin de generar una fuerza en una sola dirección.

**teórico** – Basado en la teoría; cálculos matemáticos realizados bajo condiciones ideales.

**uniones** – Pieza utilizada para conectar, unir o acoplar conductores a otros componentes.

**vacío** – Ausencia de materia, especialmente de aire.

**válvula de aguja** – Válvula de control de flujo que contiene una abertura con ajuste variable. Éste se logra por medio de un obturador y su asiento.

**válvula de alivio de seguridad** – Válvula de control de presión diseñada para permanecer cerrada durante la operación normal. Sólo se abre para proteger el sistema cuando un componente falla o hay un problema de funcionamiento.

**válvula de alivio** – Válvula que limita la presión máxima del sistema, liberando el fluido cuando se alcanza la presión preestablecida.

## Nueva terminología

**válvula de control de flujo** – Dispositivo de medición que cuenta con una válvula de aguja y una válvula de retención en paralelo formando una sola pieza.

**válvula de control direccional** – Válvula que permite asignar una dirección a un fluido presurizado.

**válvula de liberación de presión** – Válvula adaptada en algunos presostatos para liberar hacia la atmósfera el aire residual del compresor.

**válvula de retención** – Válvula que limita el flujo del fluido en una dirección.

**válvula normalmente de no paso** – Válvula direccional en la cual el fluido no fluye durante la operación normal de un sistema de transmisión de potencia por medio de un fluido.

**válvula normalmente de paso** – Válvula direccional que proporciona una trayectoria sin restricciones al fluido durante una operación normal.

**vía** – Orificio que representa una posible trayectoria del flujo en una válvula de control direccional.

**volumen** – Masa o cantidad de un fluido o sustancia, expresado en galones, litros o unidades cúbicas.

# Bibliografía

Hedges, Charles S., *Industrial Fluid Power, Volumen 1, Tercera Edición*, Dallas, Texas: Womack Educational Publications, Department of Womack Machine Supply Company, 1993  
ISBN 0-9605644-5-4

Hedges, Charles S., *Industrial Fluid Power, Volumen 2, Cuarta Edición*, Dallas, Texas: Womack Educational Publications, Department of Womack Machine Supply Company, 1988  
ISBN 0-943719-01-1

Parker Hannifin Corporation. *Industrial Pneumatic Technology*. Boletín 0275-B1



### ¡Nosotros valoramos su opinión!

Por favor, tome algunos minutos para completar este cuestionario. Sus respuestas y comentarios nos permitirán mejorar nuestros manuales. Una vez completado, envíelo a la dirección que se indica en el dorso de esta página o solicítele a su profesor que lo haga.

¿Cómo le resultaron los ejercicios?

- Muy largos       Adecuados       Muy cortos

¿Cómo considera la información cubierta por las secciones Presentación?

- Muy poca       Aceptable       Demasiada

¿Cuál es el nivel de dificultad de las secciones Procedimiento?

- Muy difícil       Adecuado       Muy fácil

¿Cuál es el nivel de utilidad de las secciones Resumen del procedimiento?

- Poco útiles       Útiles       Muy útiles

¿Cuántas horas le requirió cada ejercicio?

- 1       2       3 o más

### ERRORES DE PUBLICACIÓN Y COMENTARIOS

Por favor, sírvase hacernos llegar las fotocopias de las páginas donde encontró errores e indique las modificaciones que deben llevarse a cabo.

Si desea recibir las páginas corregidas, por favor llene la sección Identificación.

### INFORMACIÓN BÁSICA

- Profesor       Estudiante  
 Secundaria/Preparatoria       Vocacional  
 Institución Técnica       Universidad

### IDENTIFICACIÓN

NOMBRE \_\_\_\_\_

DIRECCIÓN \_\_\_\_\_

TELÉFONO \_\_\_\_\_ FAX \_\_\_\_\_

Doble y pegue

Doble y pegue

**LAB-VOLT LTD.**  
**Departamento de Publicaciones Técnicas**  
**675, rue du Carbone**  
**Charlesbourg, Québec, Canada**  
**G2N 2K7**

C  
o  
r  
t  
e  
a  
l  
o  
l  
a  
r  
g  
o  
d  
e  
l  
a  
l  
í  
n  
e  
a

Doble y pegue

Doble y pegue



