

## Trabajo y potencia

### OBJETIVO DEL EJERCICIO

- Definirá los términos “trabajo” y “potencia”;
- Establecerá la relación entre fuerza, trabajo y potencia;
- Calculará el trabajo, la potencia y la eficiencia de un sistema hidráulico.

### DISCUSIÓN

#### Trabajo

El **trabajo** es el movimiento de la carga a través de una distancia que proporciona beneficios que es el resultado de algo útil que está siendo realizado. El trabajo es expresado en unidades de fuerza multiplicadas por distancia. En los sistemas hidráulicos, el trabajo es medido en Joules (J) o Newton-metros (N·m) en unidades de S.I. y pies-libras en unidades del Sistema Inglés (pies·lb).

Quando la fuerza ejercida es **constante** a través del movimiento de la carga, la cantidad de trabajo realizada es igual a la fuerza ejercida multiplicada por la distancia recorrida. En forma de ecuación:

*En unidades de S.I.:*

$$\text{Trabajo}_{(J)} = \text{Fuerza}_{(N)} \times \text{Distancia}_{(m)}$$

*En unidades de Sistema Inglés:*

$$\text{Trabajo}_{(\text{pie}\cdot\text{lb})} = \text{Fuerza}_{(\text{lb})} \times \text{Distancia}_{(\text{pie})}$$

En la Figura 2-35, por ejemplo, si el cilindro ejerce una fuerza de 100 N (22,5 libras) sobre una distancia vertical de 1 m (3,28 pies), entonces 100 J (73,8 pies·libra) de trabajo se llevó a cabo.

# Trabajo y potencia

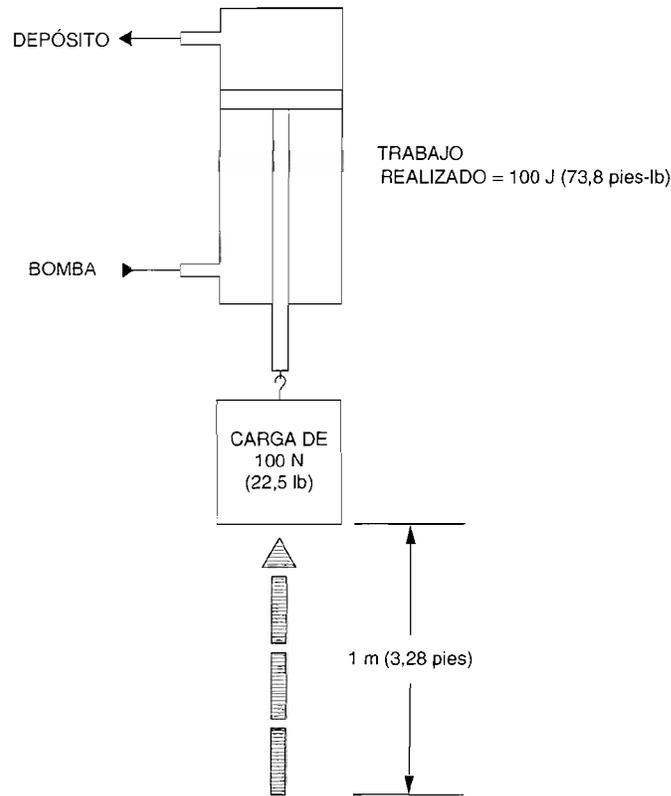


Figura 2-35. Trabajo realizado: 100 J (73,8 pies-libra).

## Potencia

La **potencia** es la razón en la cual el trabajo es realizado. Se mide en watts (W), en unidades de S.I. o en caballos de potencia (hp) en unidades de Sistema Inglés. La potencia es igual a la cantidad de trabajo realizado en un período proporcionado de tiempo. En forma de ecuación:

En unidades de S.I.:

$$\text{Potencia}_{(W)} = \frac{\text{Fuerza}_{(N)} \times \text{Distancia}_{(m)}}{\text{Tiempo}_{(s)}} = \frac{\text{Trabajo}_{(J)}}{\text{Trabajo}_{(s)}}$$

Unidades en Sistema Inglés:

$$\text{Potencia}_{(hp)} = \frac{\text{Fuerza}_{(lb)} \times \text{Distancia}_{(pie)}}{\text{Tiempo}_{(s)} \times 550^*} = \frac{\text{Trabajo}_{(pie \cdot lb)}}{\text{tiempo}_{(s)} \times 550^*}$$

**Nota:** Un caballo de fuerza (hp) es 550 pies-libra por segundo. Por lo tanto, divide el número de pies-libras (pie-lb) por 550 para obtener la potencia en hp.

# Trabajo y potencia

En la Figura 2-35, por ejemplo, si el trabajo de 100 J (73,8 pie·lb) se realizó en 2 segundos, la razón de trabajo realizado sería:

En unidades de S.I.:

$$\frac{100 \text{ J}}{2 \text{ s}}, \text{ ó } 50 \text{ W}$$

En unidades de Sistema Inglés:

$$\frac{73,8 \text{ pie}\cdot\text{lb}}{2 \text{ s} \times 550}, \text{ ó } 0,067 \text{ hp}$$

## Conversión de potencia en un sistema hidráulico

Un sistema hidráulico opera a través de un proceso de conversión de energía de dos pasos como lo muestra la Figura 2-36.

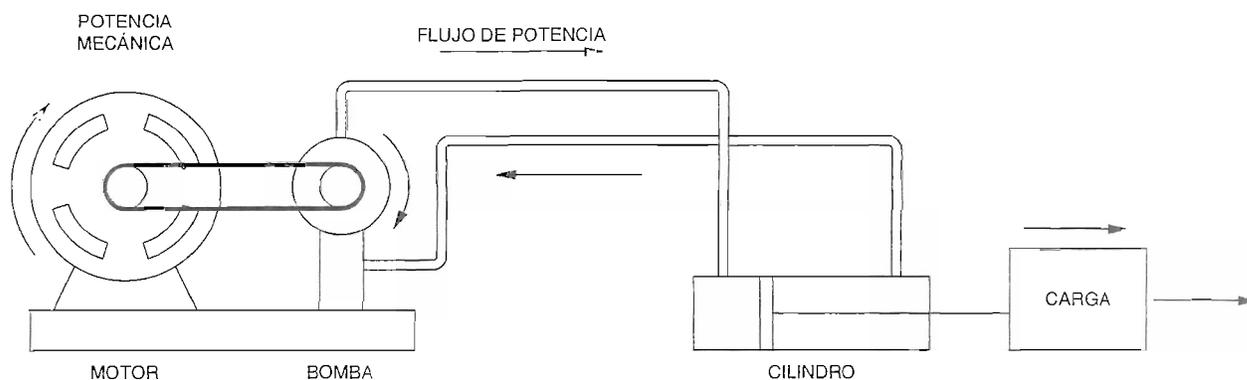


Figura 2-36. Conversión de energía en un sistema hidráulico.

El primer paso consiste en que la bomba convierte potencia mecánica proporcionada por el motor a potencia hidráulica. El segundo paso es donde el cilindro convierte la potencia hidráulica nuevamente a potencia mecánica para mover la carga.

### Potencia de salida de la bomba

La cantidad de potencia hidráulica generada por la bomba es igual a la razón de flujo del circuito multiplicada por la presión del circuito. En forma de ecuación:

En unidades de S.I.:

$$\text{Potencia de salida de la bomba}_{(W)} = \frac{\text{Razón de Flujo}_{(l/min)} \times \text{Presión del Circuito}_{(kPa)}}{60}$$

# Trabajo y potencia

En unidades de Sistema Inglés:

$$\text{Potencia de Salida de la Bomba}_{(hp)} = \frac{\text{Razón de Flujo}_{[gal(US)/min]} \times \text{Presión del Circuito}_{(psi)}}{1714}$$

De esta manera, un aumento en la presión del circuito o razón de flujo aumentará la potencia de fluido generada por la bomba. A la inversa si la presión del sistema o razón de flujo disminuye, la potencia de fluido generada por la bomba disminuirá.

## Potencia disipada

De acuerdo a la Figura 2-37 mostrada, no toda la potencia de fluido de la bomba es convertida en potencia mecánica en el cilindro. Un poco de potencia es perdida debido al **calor** de la resistencia friccional del flujo de aceite en las mangueras, válvulas y sellos del cilindro.

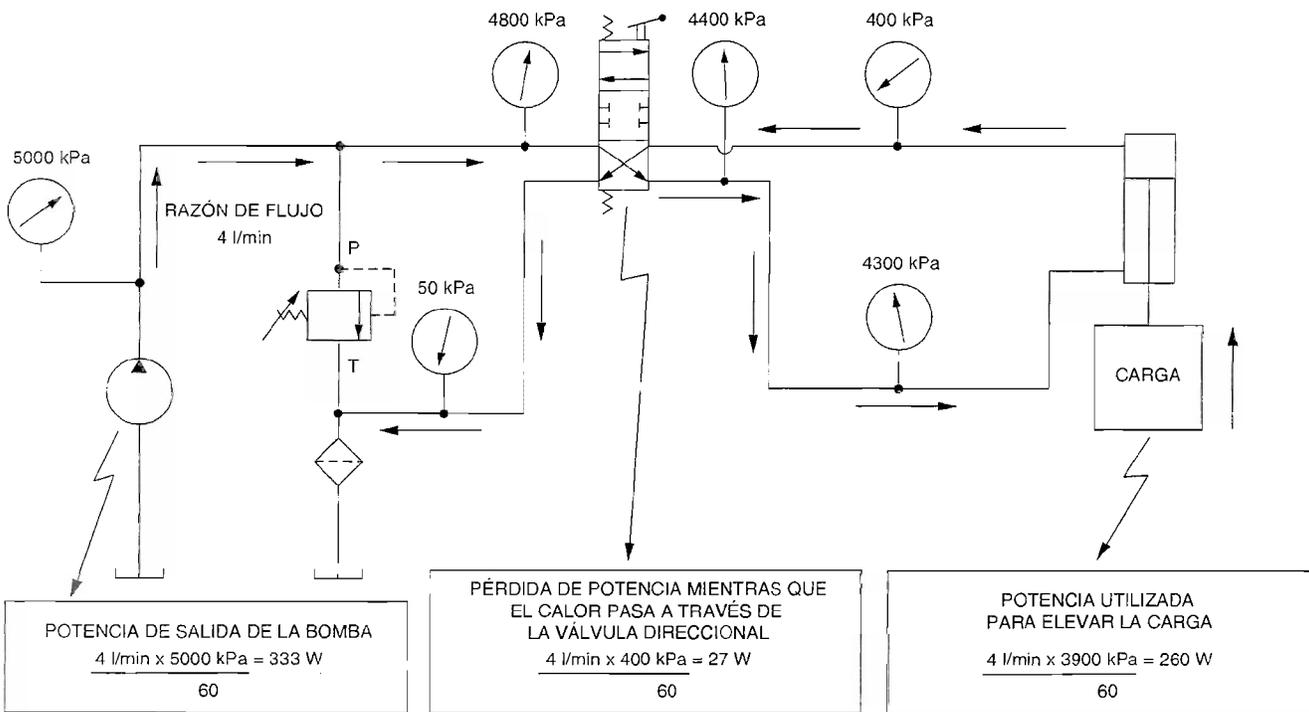


Figura 2-37. Distribución de potencia en un sistema hidráulico.

La cantidad de potencia disipada por el calor en cualquier componente, es igual a la razón de flujo de aceite a través del componente, multiplicada por la caída de presión a través de éste. En forma de ecuación:

# Trabajo y potencia

En unidades de S.I.:

$$\text{Potencia Disipada}_{(w)} = \frac{\text{Razón de Flujo}_{(l/min)} \times \text{Caída de Presión}_{(kPa)}}{60}$$

En unidades de Sistema Inglés:

$$\text{Potencia Disipada}_{(hp)} = \frac{\text{Razón de Flujo}_{[gal(US)/min]} \times \text{Caída de Presión}_{(psi)}}{1714}$$

## Eficiencia

El motor eléctrico, el cual controla la bomba hidráulica de su fuente de alimentación hidráulica, consume potencia eléctrica. La potencia eléctrica es medida en watts. Si el motor eléctrico, la bomba, las mangueras de transmisión y todos los componentes fueran 100% eficientes, el motor eléctrico consumiría la misma cantidad de potencia como el cilindro en la Figura 2-36. Sin embargo, debido a que un poco de energía es siempre perdida por el calor de la fricción, el motor eléctrico consumirá más potencia que el cilindro.

Frecuentemente, la **eficiencia total** de un sistema hidráulico debe ser calculada para conocer cuánta potencia realmente es utilizada. La fórmula para la eficiencia total del sistema como un porcentaje es:

$$\text{Eficiencia total del sistema (\%)} = \frac{\text{Potencia de salida del cilindro}}{\text{Potencia de entrada del motor}} \times 100$$

Note que los valores de potencia de entrada y salida para esta ecuación deben establecerse en el mismo tipo de unidades (watt, caballo de fuerza, etc.)

Algunas veces, sin embargo, estamos más interesados en conocer la eficiencia del circuito eléctrico, eso es la cantidad de potencia de salida de la bomba que realmente ha sido utilizada por el cilindro. La fórmula para la **eficiencia de un circuito hidráulico**, como porcentaje es:

$$\text{Eficiencia del circuito hidráulico (\%)} = \frac{\text{Potencia de salida del cilindro}}{\text{potencia de salida de la bomba}} \times 100$$

## Conversiones métricas

La Tabla 2-8 muestra los **factores de conversión** utilizados para convertir mediciones de trabajo y potencia, de unidades en S.I. a unidades del Sistema Inglés y viceversa.

# Trabajo y potencia

<b>Trabajo</b>			
Joules (J)	x 0,738 =	Pie-libras (pie·lb)	x 1,355 = = Joules (J)
<b>Potencia</b>			
Watts (W)	x 0,0013 =	Caballo de fuerza (hp)	x 745,7 = = Watts (W)

Tabla 2-8. Factores de conversión.

## MATERIAL DE REFERENCIA

Para información detallada sobre trabajo y potencia, consulte el capítulo titulado *The Physical World of a Machine (El Mundo Físico de una Máquina)* en el manual *Industrial Hydraulic Technology* de Parker-Hannifin.

## Resumen del procedimiento

En la primera parte del ejercicio, levantará la fuente de alimentación hidráulica utilizando el cilindro pequeño. Medirá el tiempo de retracción y la presión requerida en el pistón del cilindro, después calculará el trabajo y potencia del cilindro.

En la segunda parte del ejercicio, restringirá el flujo de aceite de la bomba con la válvula de control de flujo no compensada. Medirá la potencia de salida de la bomba y la cantidad de potencia disipada por la válvula a diferentes presiones.

En la tercera parte del ejercicio, calculará la eficiencia del circuito utilizada para elevar la fuente de alimentación hidráulica, utilizando los datos recopilados en la primera y segunda parte del ejercicio.

## EQUIPO REQUERIDO

Consulte la gráfica de utilización del equipo, en el Apéndice A de este manual, para obtener la lista de equipo requerido para realizar este ejercicio.

## PROCEDIMIENTO

### Trabajo y potencia del cilindro

1. Desconecte el cable de la fuente de alimentación hidráulica de la salida de energía.



# Trabajo y potencia

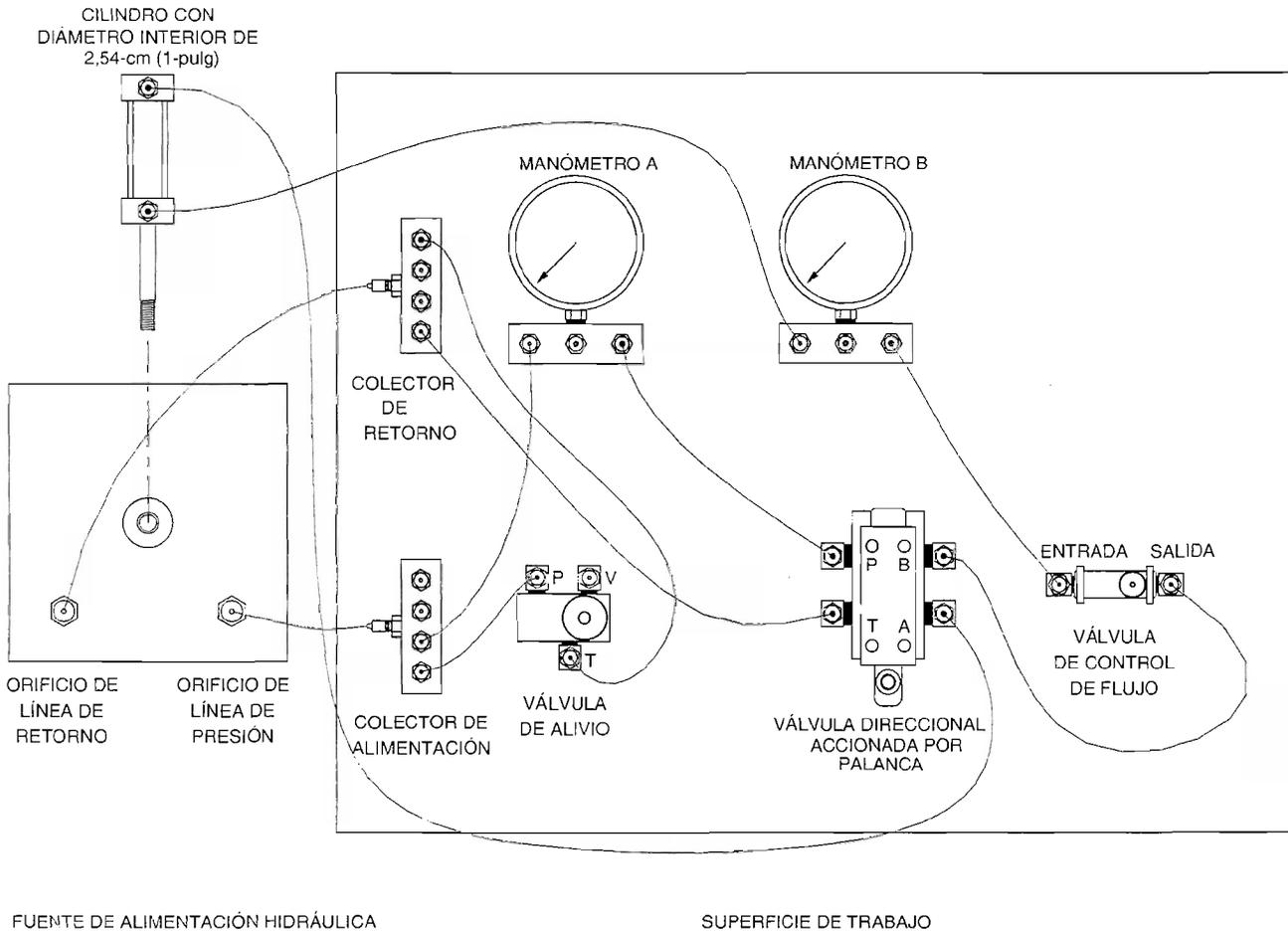


Figura 2-39. Diagrama de conexión del circuito para mediciones de trabajo y potencia del cilindro.

## ADVERTENCIA!

**Asegúrese de que el cable de la fuente de alimentación hidráulica no se llegue a presionar entre la fuente de alimentación hidráulica y el soporte de elevación, cuando la fuente de alimentación hidráulica esté levantada.**

- 6. Antes de activar la fuente de alimentación hidráulica, realice el siguiente procedimiento inicial:
  - a. Asegúrese de que las mangueras estén firmemente conectadas.
  - b. Verifique el nivel de aceite en el depósito. Agregue aceite si se requiere.
  - c. Utilice lentes de seguridad.
  - d. Asegúrese de que el interruptor de energía de la fuente de alimentación hidráulica esté colocado en la posición OFF (APAGADO).
  - e. Conecte el cable de la fuente de alimentación hidráulica a la salida de energía adecuada.

# Trabajo y potencia

- f. Abra completamente la válvula de alivio (gire la perilla totalmente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj).
- 7. Cierre la válvula de control de flujo no compensada completamente (gire la perilla totalmente en el sentido de las manecillas del reloj), luego ábrala  $\frac{3}{4}$  de vuelta.
  - 8. Active la fuente de alimentación hidráulica.
  - 9. Gire la perilla de ajuste de la válvula de alivio en el sentido de las manecillas hasta que la presión alcance 4200 k.Pa (600 psi) en el manómetro A.
  - 10. Aleje la palanca de la válvula direccional del cuerpo de la válvula para levantar la fuente de alimentación hidráulica. Mida el tiempo que le toma a los cilindros retraerse completamente, con la exactitud que le sea posible. Registre el tiempo de retracción en la Tabla 2-9.

TIEMPO DE RETRACCIÓN	PRESIÓN ANULAR	FUERZA DESARROLLADA	TRABAJO DEL CILINDRO	POTENCIA DEL CILINDRO

Tabla 2-9. Trabajo y potencia del cilindro.

- 11. Mueva la palanca de la válvula direccional hacia el cuerpo de la válvula para regresar la fuente de alimentación hidráulica al piso.
- 12. Realice los siguientes pasos para medir con exactitud la presión requerida en el cilindro para levantar la fuente de alimentación hidráulica:
  - Gire la perilla de ajuste de la válvula de alivio completamente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj para ajustar la presión al mínimo.
  - Aleje la palanca de la válvula direccional del cuerpo de la válvula y ligeramente aumente el ajuste de presión de la válvula de alivio (gire la perilla en sentido de las manecillas del reloj), hasta que la fuente de alimentación hidráulica empiece a levantarse. Después, suelte la palanca de la válvula.
  - Registre en la Tabla 2-9 la presión anular requerida para levantar la fuente de alimentación hidráulica, como lo indica el manómetro B.

# Trabajo y potencia

**Nota:** La lectura de presión en el manómetro B puede caer ligeramente después de que la palanca de la válvula direccional es liberada, debido a la fuga interna en la válvula direccional. Tome su lectura inmediatamente después de que la palanca de la válvula es liberada.

- 13. Mueva la palanca de la válvula direccional hacia el cuerpo de la válvula para regresar la fuente de alimentación hidráulica al piso. Desactive la fuente de alimentación hidráulica. Abra la válvula de alivio completamente (gire la perilla totalmente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj).
- 14. Utilizando la fórmula  $F = P \times A$ , calcule la fuerza desarrollada por el cilindro para levantar la fuente de alimentación hidráulica, basándose en la presión anular registrada en la Tabla 2-9. Registre el valor calculado en la Tabla 2-9.
- 15. Calcule la cantidad de trabajo realizada por el cilindro para levantar la fuente de alimentación hidráulica, basándose en el valor de fuerza registrada en la Tabla 2-9 y en una distancia recorrida de 0,102 m (0,333 pies). Registre su valor calculado en la Tabla 2-9.

**Nota:** La distancia recorrida corresponde a la longitud de carrera del cilindro. Esta longitud es de 10,16 cm (4 pulg), ó 0,102 m (0,333 pies).

- 16. Calcule la cantidad de la potencia desarrollada en el cilindro, cuando la fuente de alimentación hidráulica es levantada, basándose en los valores de tiempo de retracción y trabajo registrados en la Tabla 2-9. Registre su valor calculado en la Tabla 2-9.
- 17. Desconecte todas las mangueras y limpie cualquier residuo de aceite hidráulico. Desenrosque la unión de elevación del cilindro de la fuente de alimentación hidráulica. Desenrosque el anillo que retiene el cilindro en el soporte de elevación. Retire el cilindro del soporte de elevación. Reinstale el cilindro en su adaptador fijando su anillos de retención en forma segura.

## Potencia de salida y disipación de potencia de la bomba

- 18. Conecte el circuito mostrado en la Figura 2-40.

# Trabajo y potencia

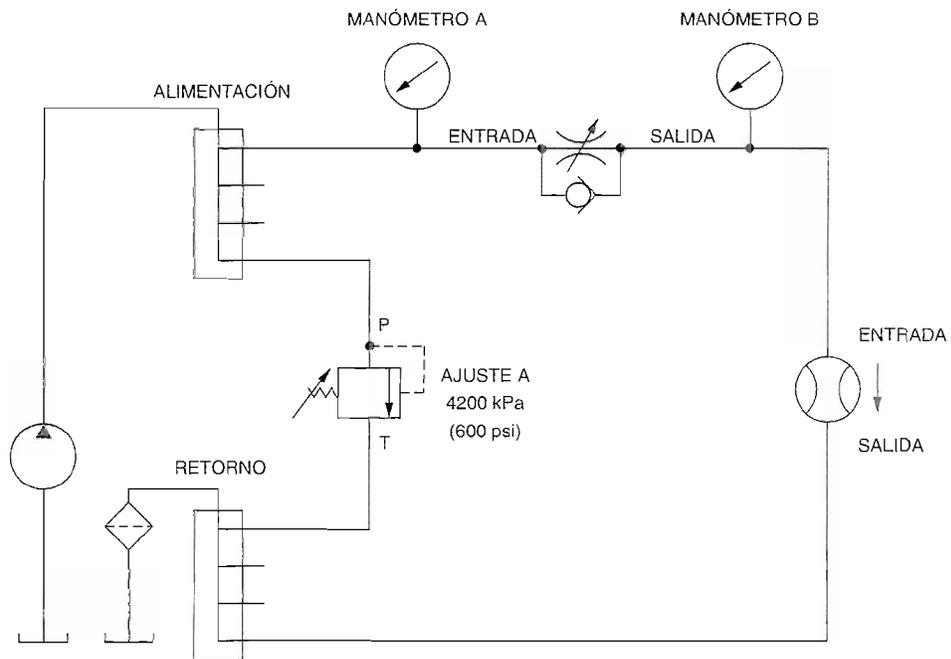


Figura 2-40. Circuito para medir la potencia de salida y potencia disipada de la bomba.

- 19. Cierre completamente la válvula de control de flujo no compensada, girando la perilla de ajuste totalmente en el sentido de las manecillas del reloj.
- 20. Active la fuente de alimentación hidráulica.
- 21. Con la válvula de control de flujo no compensada completamente cerrada, todo el aceite de la bomba fluye a través de la válvula de alivio, y el manómetro A indica el ajuste de presión mínima de la válvula de alivio. Gire la perilla de ajuste de la válvula de alivio en el sentido de las manecillas del reloj hasta que el manómetro A lea 4200 kPa (600 psi).
- 22. Abra completamente la válvula de control de flujo no compensada, girando su perilla de ajuste totalmente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj. El flujo total de la bomba debe pasar a través de la válvula de control de flujo no compensada. Registre en el siguiente renglón la lectura del caudalímetro.

Flujo total de la bomba = \_\_\_\_\_ l/min ó \_\_\_\_\_ gal(US)/min

# Trabajo y potencia

**Nota:** El caudalímetro del equipo didáctico está graduado en litros por minuto solamente. Si está trabajando con unidades en el Sistema Inglés, multiplique la razón de flujo medida en litros por minuto por 0,264, para determinar la razón de flujo equivalente en galones (US) por minuto.

- 23. Ahora reduzca la abertura de la válvula de control de flujo no compensada, hasta que la presión del circuito en el manómetro A sea de 1400 kPa (200 psi). Ya que la presión del sistema se encuentra por debajo del ajuste de presión de la válvula de alivio, la razón de flujo indicada por el caudalímetro, es el máximo flujo disponible de la bomba a esta presión. Registre la lectura del caudalímetro en la Tabla 2-10 debajo de "FLUJO". También registre la lectura de presión en el manómetro B.

PRESIÓN DEL CIRCUITO (MANÓMETRO A)	RAZÓN DE FLUJO	PRESIÓN EN EL MANÓMETRO B	SALIDA DE POTENCIA DE LA BOMBA	POTENCIA DISIPADA POR LA VÁLVULA
1400 kPa (200 psi)				
2100 kPa (300 psi)				
2800 kPa (400 psi)				
3500 kPa (500 psi)				

Tabla 2-10. Disipación de potencia contra la caída de presión.

- 24. Repita el paso 23 para las otras presiones enlistadas en la Tabla 2-10.
- 25. Desactive la fuente de alimentación hidráulica. Abra completamente la válvula de alivio, girando su perilla de ajuste totalmente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj.
- 26. Utilizando los valores registrados en la Tabla 2-10, trace la razón de flujo de la bomba comparándola contra el dato de presión en la gráfica de la Figura 2-41.

# Trabajo y potencia

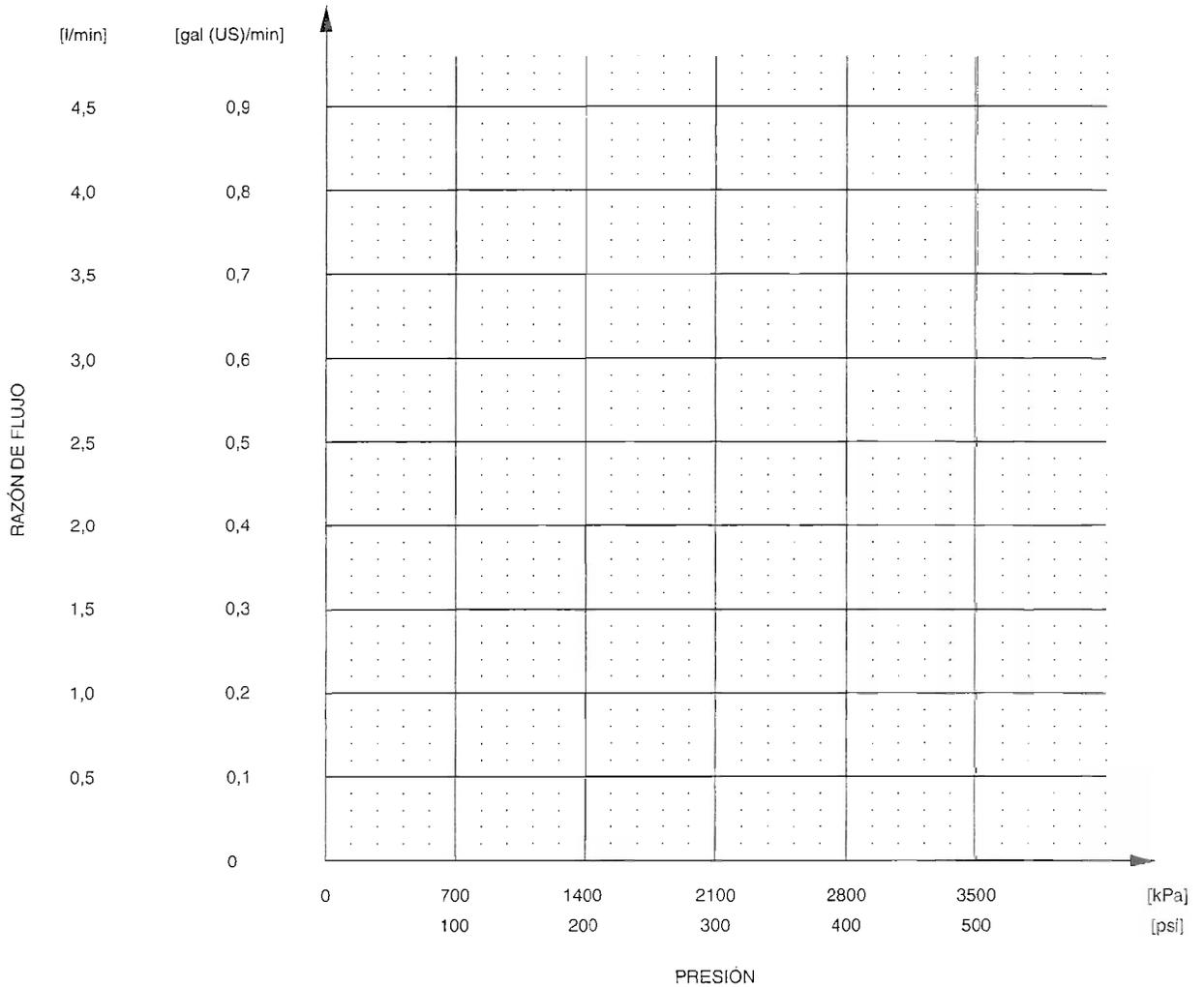


Figura 2-41. Razón de flujo contra presión del circuito.

27. De acuerdo a la Figura 2-41, la razón de flujo ¿disminuye conforme la presión del sistema aumenta?

Sí       No

28. Calcule la potencia de salida de la bomba para cada presión del circuito enlistada en la Tabla 2-10, basándose en los valores de flujo registrados. Registre sus cálculos en la Tabla 2-10 debajo de "POTENCIA DE SALIDA DE LA BOMBA".

# Trabajo y potencia

29. La potencia de salida de la bomba, ¿aumenta conforme la abertura de la válvula de control de flujo no compensada disminuye? Si es así, explique por qué.

---

---

30. Calcule la cantidad de potencia disipada por la válvula de control de flujo no compensada para cada presión de circuito enlistada en la Tabla 2-10, basándose en la razón de flujo registrada y en la caída de presión (manómetro A - manómetro B) a través de la válvula. Registre sus cálculos en la Tabla 2-10 debajo de "DISIPACIÓN DE POTENCIA DE LA VÁLVULA".

31. La potencia disipada ¿aumenta conforme la abertura de la válvula de control de flujo no compensada disminuye? Si es así, explique por qué.

---

---

## Eficiencia

32. Registre en el espacio de abajo la presión anular requerida para levantar la fuente de alimentación hidráulica, como se registra en la Tabla 2-9 de este ejercicio.

---

33. Basándose en la curva trazada en la Figura 2-41 ¿cuál es la razón de flujo en el nivel de presión registrado en el paso 32?

---

34. Calcule la potencia de salida de la bomba, con la presión y razón de flujo registrados en los pasos 32 y 33. Registre su valor calculado en la Tabla 2-11 debajo de "POTENCIA DE SALIDA DE LA BOMBA".

POTENCIA DE SALIDA DE LA BOMBA	POTENCIA DE SALIDA DEL CILINDRO	EFICIENCIA

Tabla 2-11. Eficiencia del circuito.

# Trabajo y potencia

- 35. Registre en la Tabla 2-11 la cantidad de potencia desarrollada en el cilindro cuando la fuente de alimentación hidráulica es levantada, como se registró en la Tabla 2-9.
- 36. Calcule la eficiencia del circuito utilizado para levantar la fuente de alimentación hidráulica, basándose en los datos registrados en la Tabla 2-11. Registre su valor calculado en la Tabla 2-11.

$$\text{Eficiencia del circuito (\%)} = \frac{\text{Potencia de salida del cilindro}}{\text{Potencia de salida de la bomba}} \times 100$$

- 37. El circuito usado para levantar la fuente de alimentación hidráulica, ¿fue 100% eficiente? ¿Por qué?

---

---

- 38. Desconecte el cable de la fuente de alimentación hidráulica de la salida de energía, luego desconecte todas las mangueras. Limpie cualquier residuo de aceite.
- 39. Retire todos los componentes de la superficie de trabajo y limpie cualquier residuo de aceite. Regrese todos los componentes a su lugar de almacenamiento.
- 40. Limpie cualquier aceite hidráulico del piso y del equipo didáctico. Deseche adecuadamente las toallas de papel y tela utilizadas para limpiar el aceite.

## CONCLUSIÓN

En la primera parte del ejercicio, utilizó fórmulas para calcular trabajo y potencia de los resultados de sus pruebas. Fue capaz de encontrar la cantidad de trabajo realizado por el cilindro para levantar la fuente de alimentación hidráulica en una distancia proporcionada sobre la cantidad de fuerza ejercida y sobre la longitud de carrera del cilindro. También calculó la potencia de salida del cilindro utilizando las mediciones de tiempo de retracción del vástago, ya que la potencia es trabajo dividido entre tiempo.

En la segunda parte de este ejercicio, observó que la fluídica es convertida en calor cuando el fluido circula a través de un orificio restringido, como en una válvula de control de flujo no compensada. Entre mayor sea la caída de presión a través de la válvula de control de flujo no compensada, mayor es la potencia disipada. También aprendió que la razón de flujo de la bomba disminuye conforme la presión del circuito aumenta, debido al aumento de la fuga interna de la bomba. La relación

# Trabajo y potencia

entre la razón de flujo de la bomba y la presión del circuito será estudiada en detalle en próximos ejercicios.

En la tercera parte de este ejercicio, aprendió acerca de la eficiencia en los sistemas hidráulicos. Fue capaz de calcular la eficiencia del circuito utilizado para levantar la fuente de alimentación hidráulica, basándose en las mediciones de potencia del cilindro y la bomba previamente realizadas.

## PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. ¿Qué le sucede a la potencia disipada por la válvula direccional accionada por palanca, cuando la razón de flujo a través de la válvula se duplica?

---

2. Una carga de 1300 N es movida 1m por medio de un cilindro de diámetro interior de 3 cm. El cilindro es después reemplazado con un cilindro de diámetro interior de 6 cm y la carga es nuevamente movida 1 m. ¿Cuál cilindro realiza la mayor cantidad de trabajo?

---

3. Un cilindro de 5 pulgadas de diámetro interior y 3 pies de carrera debe levantar una carga de 5000 lb a lo largo de su carrera, en 4 segundos. Calcule la cantidad de potencia requerida en el cilindro si el circuito hidráulico es 100% eficiente.

---

---

4. En el sistema hidráulico, cuando la eficiencia combinada del motor eléctrico, la bomba y las mangueras es de 75%, ¿cuántos watts podría el motor eléctrico requerir para satisfacer la potencia requerida de la pregunta de revisión 3?

---

---