

EJEMPLO 8-2

Se aplica una fuerza de 150 lb al borde del miembro mostrado en la figura 8-3a. Desprecie el peso del miembro y determine el estado de esfuerzo en los puntos *B* y *C*.

SOLUCIÓN

Cargas internas. El miembro se secciona por *B* y *C*. Por equilibrio en la sección se debe tener una fuerza axial de 150 lb actuando a través del centroide y un momento flexionante de 750 lb · pulg respecto al eje centroidal principal, figura 8-3b.

Componentes de esfuerzo

FUERZA NORMAL. La distribución del esfuerzo normal uniforme debido a la fuerza normal se muestra en la figura 8-3c. Por tanto

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{150 \text{ lb}}{(10 \text{ pulg})(4 \text{ pulg})} = 3.75 \text{ psi}$$

MOMENTO FLEXIONANTE. La distribución del esfuerzo normal debido al momento flexionante se muestra en la figura 8-3d. El esfuerzo máximo es:

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{Mc}{I} = \frac{750 \text{ lb} \cdot \text{pulg} (5 \text{ pulg})}{[\frac{1}{12} (4 \text{ pulg})(10 \text{ pulg})^3]} = 11.25 \text{ psi}$$

Superposición. Si las distribuciones de esfuerzo normal anteriores se suman algebraicamente, la distribución resultante del esfuerzo es como se muestra en la figura 8-3e. Aunque no se requiere aquí, la posición de la línea de esfuerzo cero puede determinarse por triángulos semejantes, esto es,

$$\frac{7.5 \text{ psi}}{x} = \frac{15 \text{ psi}}{(10 \text{ pulg} - x)}$$

$$x = 3.33 \text{ pulg}$$

Los elementos del material en *B* y *C* están sometidos sólo a esfuerzo normal o *uniaxial*, como se muestra en las figuras 8-3f y 8-3g. Por tanto,

$$\sigma_B = 7.5 \text{ psi} \quad (\text{tensión})$$

$$\sigma_C = 15 \text{ psi} \quad (\text{compresión})$$

Resp.

Resp.

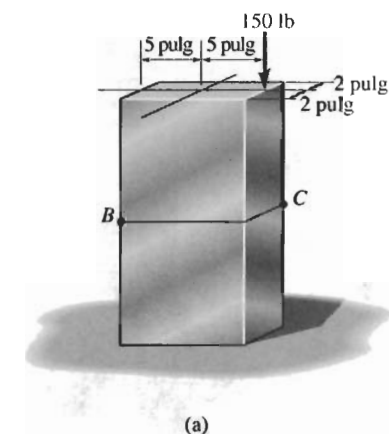
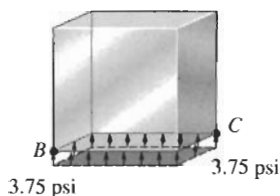
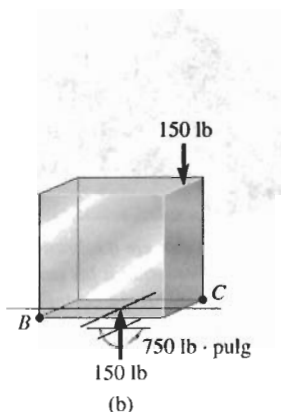
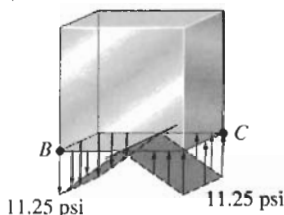


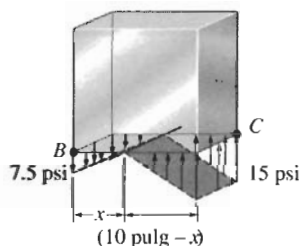
Figura 8-3



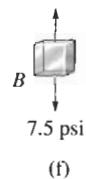
Fuerza normal
(c)



Momento flexionante
(d)



Carga combinada
(e)



(f)



(g)

EJEMPLO 8-3

El tanque en la figura 8-4a tiene un radio interior de 24 pulg y un espesor de 0.5 pulg. Está lleno hasta el borde superior con agua de peso específico $\gamma_w = 62.4 \text{ lb/pie}^3$ y está hecho de acero con peso específico $\gamma_{ac} = 490 \text{ lb/pie}^3$. Determine el estado de esfuerzo en el punto A. El tanque está abierto en su parte superior.

SOLUCIÓN

Cargas internas. El diagrama de cuerpo libre de la sección del tanque y el agua arriba del punto A se muestra en la figura 8-4b. Observe que el peso del agua es soportado por la superficie del agua justo *abajo* de la sección, *no* por las paredes del tanque. En la dirección vertical, las paredes simplemente sostienen el peso del tanque. Este peso es:

$$W_{ac} = \gamma_{ac} V_{ac} = (490 \text{ lb/pie}^3) \left[\pi \left(\frac{24.5}{12} \text{ pies} \right)^2 - \pi \left(\frac{24}{12} \text{ pies} \right)^2 \right] (3 \text{ pies}) = 777.7$$

El esfuerzo en la dirección circunferencial es desarrollado por la presión del agua en el nivel A. Para obtener esta presión debemos usar la *ley de Pascal* que establece que la presión en un punto situado a una profundidad z en el agua es $p = \gamma_w z$. En consecuencia, la presión sobre el tanque en el nivel A es:

$$p = \gamma_w z = (62.4 \text{ lb/pie}^3)(3 \text{ pies}) = 187.2 \text{ lb/pie}^2 = 1.30 \text{ psi}$$

Componentes de esfuerzo

ESFUERZO CIRCUNFERENCIAL. Aplicando la ecuación 8-1 con el radio interior $r = 24 \text{ pulg}$, tenemos:

$$\sigma_1 = \frac{pr}{t} = \frac{1.30 \text{ lb/pulg}^2 (24 \text{ pulg})}{(0.5 \text{ pulg})} = 62.4 \text{ psi} \quad \text{Resp.}$$

ESFUERZO LONGITUDINAL. Como el peso del tanque es soportado uniformemente por las paredes, tenemos:

$$\sigma_2 = \frac{W_{ac}}{A_{ac}} = \frac{777.7 \text{ lb}}{\pi[(24.5 \text{ pulg})^2 - (24 \text{ pulg})^2]} = 10.2 \text{ psi} \quad \text{Resp.}$$

Note que la ecuación 8-2, $\sigma_2 = pr/2t$, *no es aplicable* aquí, ya que el tanque está abierto en su parte superior y por tanto, como se dijo antes, el agua no puede desarrollar una carga sobre las paredes en la dirección longitudinal.

El punto A está sometido entonces al esfuerzo biaxial mostrado en la figura 8-4c.

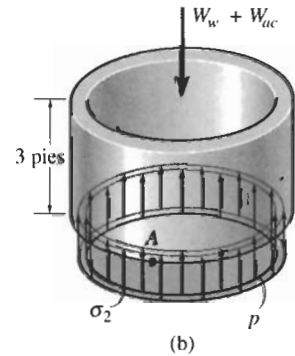
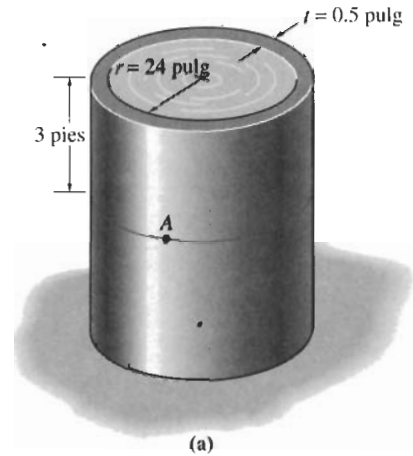
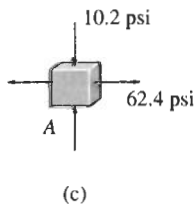


Figura 8-4



EJEMPLO 8-4

El miembro mostrado en la figura 8-5a tiene una sección transversal rectangular. Determine el estado de esfuerzo que la carga produce en el punto C.

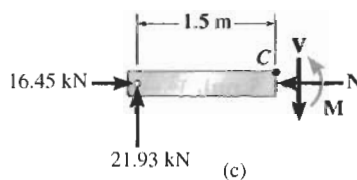
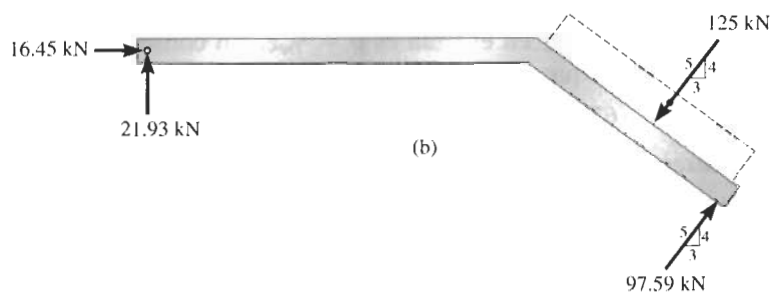
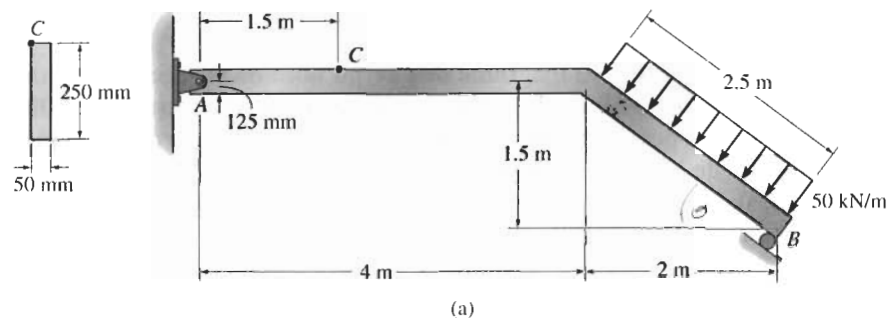
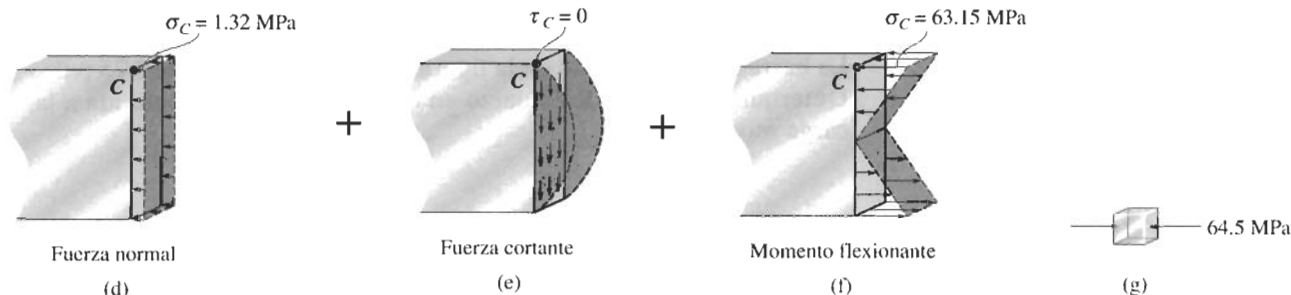


Figura 8-5

SOLUCIÓN

Cargas internas. Las reacciones en los soportes sobre el miembro ya se calcularon y se muestran en la figura 8-5b. Si se considera el segmento AC izquierdo del miembro, figura 8-5c, las cargas resultantes internas en el miembro consisten en una fuerza normal, una fuerza cortante y un momento flexionante. Resolviendo se obtiene

$$N = 16.45 \text{ kN} \quad V = 21.93 \text{ kN} \quad M = 32.89 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



Componentes de esfuerzo

FUERZA NORMAL. La fuerza es producida por una distribución uniforme del esfuerzo normal actuando sobre la sección transversal. En el punto C , figura 8-5d, tiene una magnitud de:

$$\sigma_C = \frac{P}{A} = \frac{16.45 \text{ kN}}{(0.050 \text{ m})(0.250 \text{ m})} = 1.32 \text{ MPa}$$

FUERZA CORTANTE. En este caso, $A' = 0$, ya que el punto C está situado en la parte superior del miembro. Así, $Q = \bar{y}'A' = 0$ y para C , figura 8-5e, el esfuerzo cortante:

$$\tau_C = 0$$

MOMENTO FLEXIONANTE. El punto C está localizado en $y = c = 125 \text{ mm}$ desde el eje neutro, por lo que el esfuerzo normal en C , figura 8-5f, es:

$$\sigma_C = \frac{Mc}{I} = \frac{(32.89 \text{ kN} \cdot \text{m})(0.125 \text{ m})}{\left[\frac{1}{12} (0.050 \text{ m})(0.250 \text{ m})^3\right]} = 63.15 \text{ MPa}$$

Superposición. El esfuerzo cortante es cero. Sumando los esfuerzos normales determinados antes, se obtiene un esfuerzo de compresión en C que tiene un valor de:

$$\sigma_C = 1.32 \text{ MPa} + 63.15 \text{ MPa} = 64.5 \text{ MPa} \quad \text{Resp.}$$

Este resultado, que actúa sobre un elemento en C , se muestra en la figura 8-5g.

EJEMPLO 8-5

La barra sólida mostrada en la figura 8-6a tiene un radio de 0.75 pulg. Determine el estado de esfuerzo en el punto A al estar sometida a la carga mostrada.

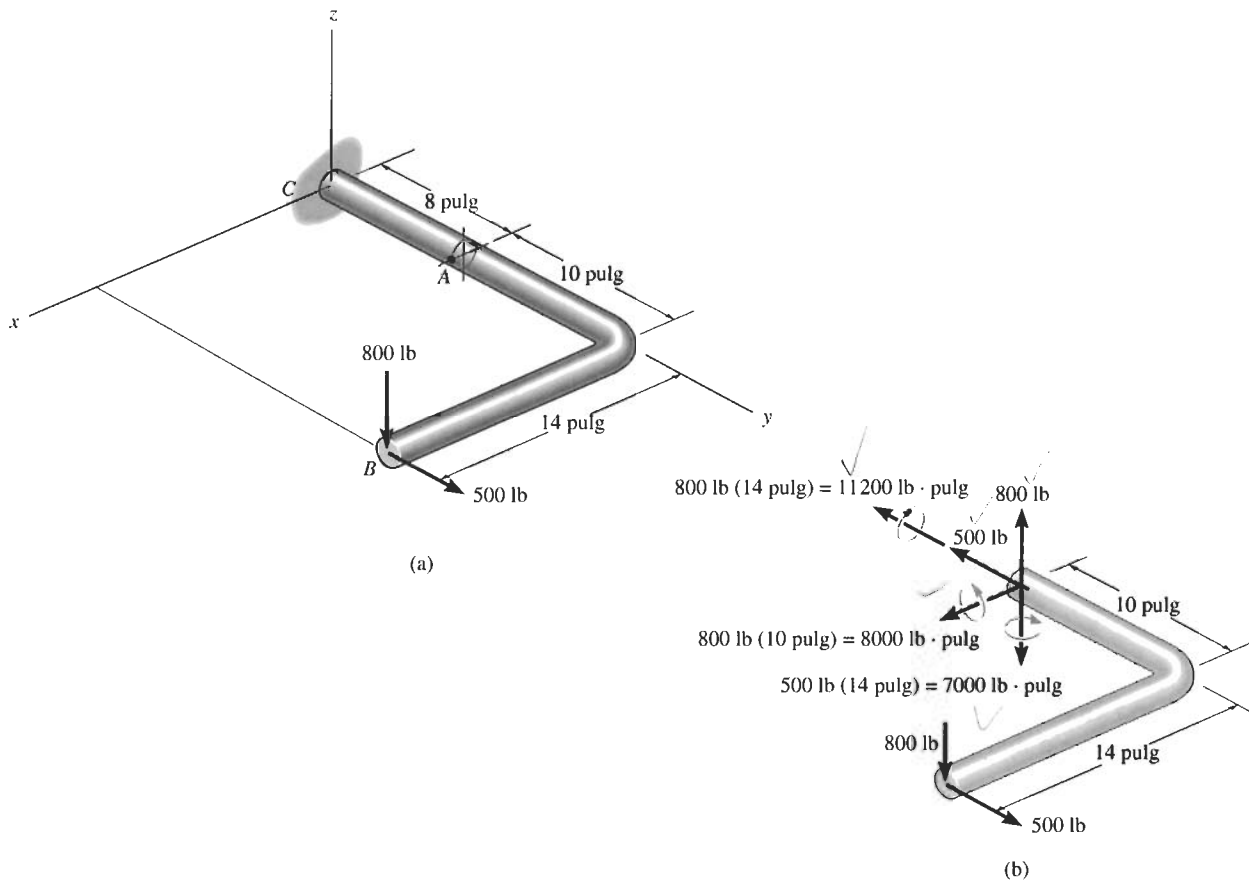
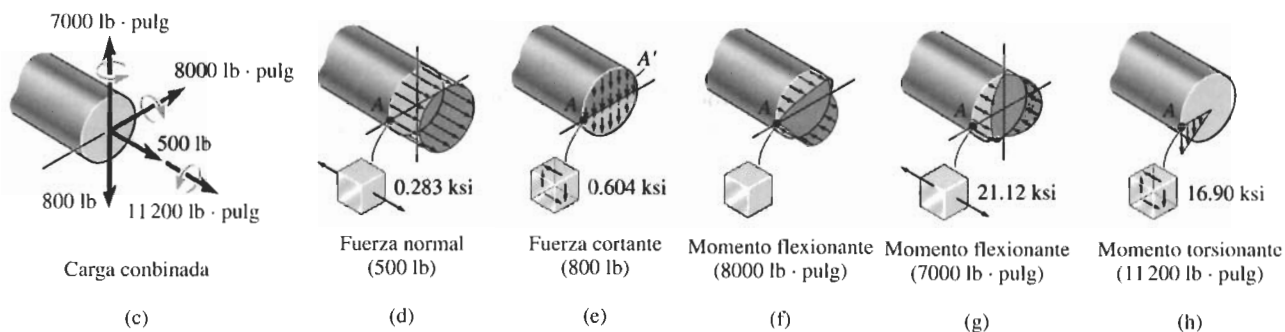


Figura 8-6

SOLUCIÓN

Cargas internas. La barra se secciona por el punto A. Usando el diagrama de cuerpo libre del segmento AB, figura 8-6b, las cargas resultantes internas pueden determinarse por equilibrio. La fuerza normal (500 lb) y la fuerza cortante (800 lb) deben pasar por el centroide de la sección transversal y las componentes del momento flexionante (8000 lb · pulg y 7000 lb · pulg) están aplicadas respecto a ejes centroidales principales. Para “visualizar” mejor las distribuciones de esfuerzo debido a cada una de esas cargas, consideraremos las *resultantes iguales pero opuestas* que actúan sobre el segmento AC de la barra, figura 8-6c.



Componentes de esfuerzo

FUERZA NORMAL. La distribución del esfuerzo normal se muestra en la figura 8-6d. Para el punto A tenemos:

$$\sigma_A = \frac{P}{A} = \frac{500 \text{ lb}}{\pi(0.75 \text{ pulg})^2} = 283 \text{ psi} = 0.283 \text{ ksi}$$

FUERZA CORTANTE. La distribución del esfuerzo cortante se muestra en la figura 8-6e. Para el punto A, Q se determina con el área sombreada *semicircular*. Usando la tabla en el forro interior de la cubierta, tenemos:

$$Q = \bar{y}'A' = \frac{4(0.75 \text{ pulg})}{3\pi} \left[\frac{1}{2}\pi(0.75 \text{ pulg})^2 \right] = 0.2813 \text{ pulg}^3$$

de manera que

$$\tau_A = \frac{VQ}{It} = \frac{800 \text{ lb}(0.2813 \text{ pulg}^3)}{[\frac{1}{4}\pi(0.75 \text{ pulg})^4]2(0.75 \text{ pulg})} = 604 \text{ psi} = 0.604 \text{ ksi}$$

MOMENTOS FLEXIONANTES. Para la componente de 8000 lb · pulg, el punto A se encuentra sobre el eje neutro, figura 8-6f, por lo que el esfuerzo normal es:

$$\sigma_A = 0$$

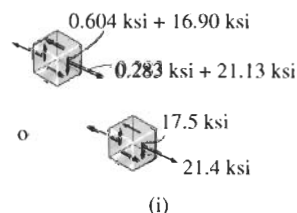
Para el momento de 7000 lb · pulg, $c = 0.75 \text{ pulg}$, por lo que el esfuerzo normal en el punto A, figura 8-6g, es:

$$\sigma_A = \frac{Mc}{I} = \frac{7000 \text{ lb} \cdot \text{pulg} \cdot (0.75 \text{ pulg})}{[\frac{1}{4}\pi(0.75 \text{ pulg})^4]} = 21,126 \text{ psi} = 21.13 \text{ ksi}$$

MOMENTO TORSIONANTE. En el punto A, $\rho_A = c = 0.75 \text{ pulg}$, figura 8-6h. El esfuerzo cortante es entonces,

$$\tau_A = \frac{Tc}{J} = \frac{11,200 \text{ lb} \cdot \text{pulg} \cdot (0.75 \text{ pulg})}{[\frac{1}{2}\pi(0.75 \text{ pulg})^4]} = 16,901 \text{ psi} = 16.90 \text{ ksi}$$

Superposición. Cuando los resultados anteriores se superponen, se ve que un elemento de material en A está sometido tanto a componentes de esfuerzo normal como cortante, figura 8-6i.



EJEMPLO 8-6

El bloque rectangular de peso despreciable mostrado en la figura 8-7a está sometido a una fuerza vertical de 40 kN, aplicada en una de sus esquinas. Determine la distribución del esfuerzo normal que actúa sobre una sección a través de $ABCD$.

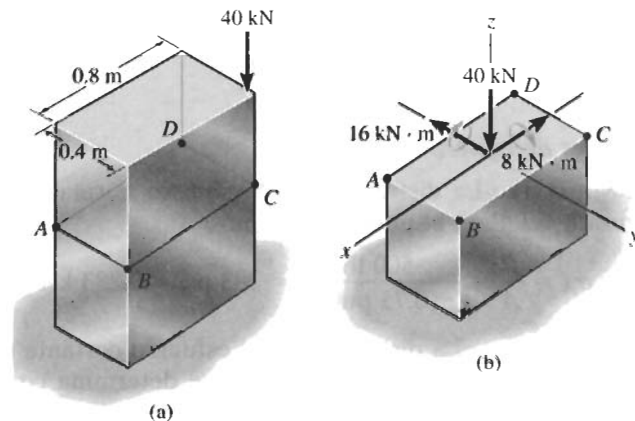


Figura 8-7

SOLUCIÓN

Cargas internas. Si consideramos el equilibrio del segmento inferior del bloque, figura 8-7b, se ve que la fuerza de 40 kN debe pasar por el centroide de la sección transversal y deben actuar también *dos* componentes de momento flexionante respecto a los ejes centroidales principales de inercia de la sección.

Componentes de esfuerzo

FUERZA NORMAL. La distribución uniforme del esfuerzo normal se muestra en la figura 8-7c. Tenemos:

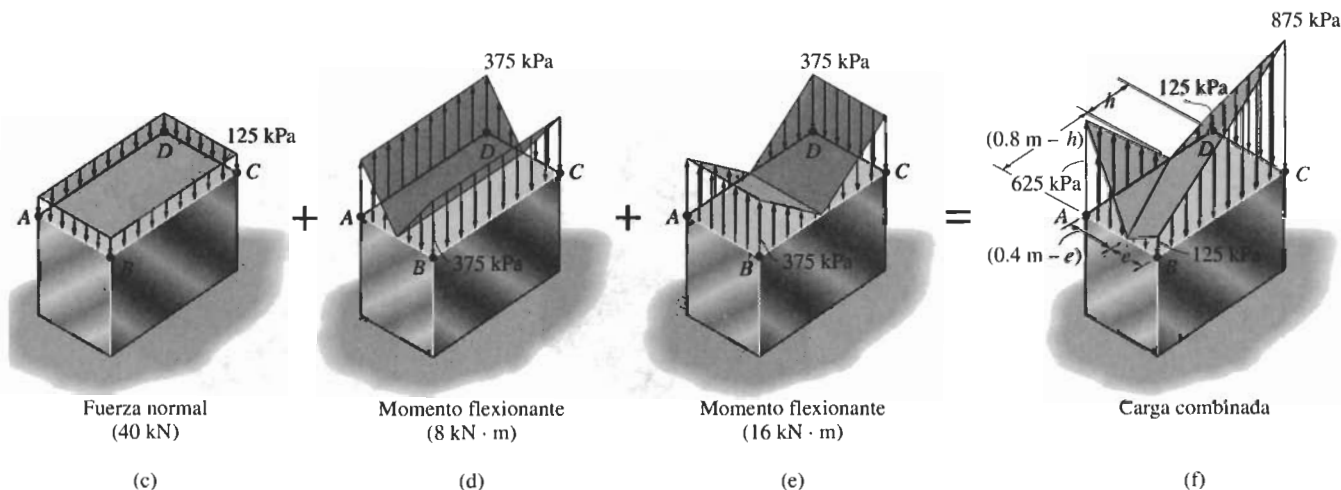
$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{40 \text{ kN}}{(0.8 \text{ m})(0.4 \text{ m})} = 125 \text{ kPa}$$

MOMENTOS FLEXIONANTES. La distribución del esfuerzo normal para el momento de $8 \text{ kN} \cdot \text{m}$ se muestra en la figura 8-7d. El esfuerzo máximo es:

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{M_x c_y}{I_x} = \frac{8 \text{ kN} \cdot \text{m}(0.2 \text{ m})}{\left[\frac{1}{12}(0.8 \text{ m})(0.4 \text{ m})^3\right]} = 375 \text{ kPa}$$

De la misma manera, para el momento de $16 \text{ kN} \cdot \text{m}$, figura 8-7e, el esfuerzo normal máximo es:

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{M_y c_x}{I_y} = \frac{16 \text{ kN} \cdot \text{m}(0.4 \text{ m})}{[\frac{1}{12}(0.4 \text{ m})(0.8 \text{ m})^3]} = 375 \text{ kPa}$$



Superposición. El esfuerzo normal en cada esquina puede determinarse por adición algebraica. Suponiendo que el esfuerzo de tensión es positivo, tenemos:

$$\sigma_A = -125 \text{ kPa} + 375 \text{ kPa} + 375 \text{ kPa} = 625 \text{ kPa}$$

$$\sigma_B = -125 \text{ kPa} - 375 \text{ kPa} + 375 \text{ kPa} = -125 \text{ kPa}$$

$$\sigma_C = -125 \text{ kPa} - 375 \text{ kPa} - 375 \text{ kPa} = -875 \text{ kPa}$$

$$\sigma_D = -125 \text{ kPa} + 375 \text{ kPa} - 375 \text{ kPa} = -125 \text{ kPa}$$

Como las distribuciones de esfuerzo debido al momento flexionante son lineales, la distribución resultante del esfuerzo es también lineal y por lo tanto se ve como se muestra en la figura 8-7f. La línea de esfuerzo cero puede localizarse a lo largo de cada lado por triángulos semejantes. De acuerdo con la figura, se requiere:

$$\frac{(0.4 \text{ m} - e)}{625 \text{ kPa}} = \frac{e}{125 \text{ kPa}}$$

$$e = 0.0667 \text{ m}$$

y

$$\frac{(0.8 \text{ m} - h)}{625 \text{ kPa}} = \frac{h}{125 \text{ kPa}}$$

$$h = 0.133 \text{ m}$$

EJEMPLO 8-7

Un bloque rectangular tiene un peso despreciable y está sometido a una fuerza \mathbf{P} vertical, figura 8-8a. (a) Determine el intervalo de valores para la excentricidad e_y de la carga a lo largo del eje y de manera que no se presente ningún esfuerzo de tensión en el bloque. (b) Especifique la región sobre la sección transversal en que puede aplicarse \mathbf{P} sin que se presente un esfuerzo de tensión en el bloque.

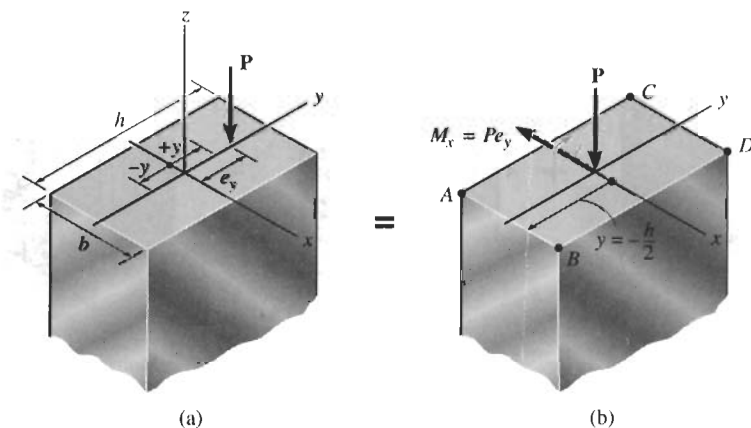


Figura 8-8

SOLUCIÓN

Parte (a). Cuando \mathbf{P} se mueve al centroide de la sección transversal, figura 8-8b, es necesario agregar un momento concentrado $M_x = Pe_y$ para mantener una carga estáticamente equivalente. El esfuerzo normal combinado en cualquier posición $\pm y$ sobre la sección transversal, causado por esas dos cargas, es:

$$\sigma = -\frac{P}{A} - \frac{(Pe_y)y}{I_x} = -\frac{P}{A} \left(1 + \frac{Ae_y y}{I_x} \right)$$

El signo negativo indica aquí un esfuerzo de compresión. Para una e_y positiva, figura 8-8a, el esfuerzo de compresión *más pequeño* se presenta a lo largo del borde AB, donde $y = -h/2$, figura 8-8b. (Por inspección, \mathbf{P} genera compresión en tal lugar, pero \mathbf{M}_x genera tensión.) Por tanto,

$$\sigma_{\min} = -\frac{P}{A} \left(1 - \frac{Ae_y h}{2I_x} \right)$$

Este esfuerzo será negativo, es decir, de compresión, si el término en paréntesis es positivo; esto es,

$$1 > \frac{Ae_y h}{2I_x}$$

Como $A = bh$ e $I_x = \frac{1}{12}bh^3$, entonces

$$1 > \frac{6e_y}{h}$$

$$e_y < \frac{1}{6} h$$

Resp.

En otras palabras, si $-\frac{1}{6}h \leq e_y \leq \frac{1}{6}h$, el esfuerzo en el bloque a lo largo de los bordes AB o CD será cero o de *compresión*. A esto se le llama a veces “*regla del tercio medio*”. Es muy importante mantener esta regla en mente al cargar columnas o arcos con secciones rectangulares y hechos de material de piedra o concreto, que pueden soportar poco o ningún esfuerzo de tensión.

Parte (b). Podemos extender el análisis anterior en dos direcciones suponiendo que \mathbf{P} actúa en el cuadrante positivo del plano x - y , figura 8-8c. La carga estática equivalente cuando \mathbf{P} actúa en el centroide se muestra en la figura 8-8d. En cualquier punto coordenado x , y sobre la sección transversal, el esfuerzo normal combinado debido a carga normal y de flexión es:

$$\begin{aligned}\sigma &= -\frac{P}{A} - \frac{Pe_y y}{I_x} - \frac{Pe_x x}{I_y} \\ &= -\frac{P}{A} \left(1 + \frac{Ae_y y}{I_x} + \frac{Ae_x x}{I_y} \right)\end{aligned}$$

Por inspección, figura 8-8d, ambos momentos generan esfuerzos de tensión en el punto A y la fuerza normal genera un esfuerzo de compresión. Por consiguiente, el esfuerzo de compresión más pequeño se presenta en el punto A , para el cual $x = -b/2$ y $y = -h/2$. Así,

$$\sigma_A = -\frac{P}{A} \left(1 - \frac{Ae_y h}{2I_x} - \frac{Ae_x b}{2I_y} \right)$$

Igual que antes, el esfuerzo normal permanece negativo o de compresión en el punto A , si los términos en paréntesis permanecen positivos, esto es,

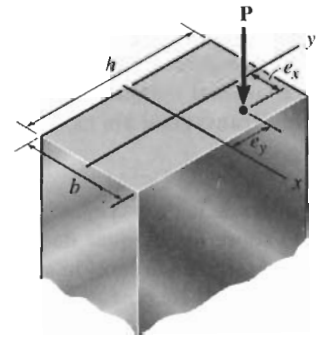
$$0 < \left(1 - \frac{Ae_y h}{2I_x} - \frac{Ae_x b}{2I_y} \right)$$

Sustituyendo $A = bh$, $I_x = \frac{1}{12}bh^3$, $I_y = \frac{1}{12}hb^3$ se obtiene:

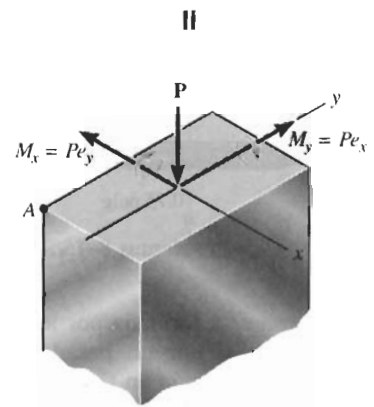
$$0 < 1 - \frac{6e_y}{h} - \frac{6e_x}{b}$$

Resp.

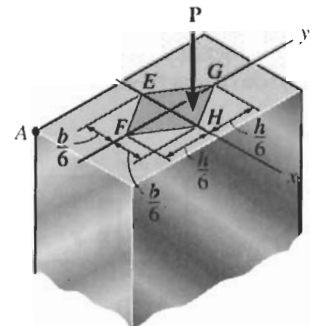
En consecuencia, independientemente de la magnitud de \mathbf{P} , si ésta se aplica en cualquier punto dentro de los límites de la línea GH mostrada en la figura 8-8e, el esfuerzo normal en el punto A será de compresión. De manera similar, el esfuerzo normal en las otras esquinas de la sección transversal será de compresión si \mathbf{P} actúa dentro de los límites de las líneas EG , FE y HF . Al paralelogramo sombreado así definido se le llama *núcleo central* de la sección transversal. De acuerdo con la “regla del tercio medio” vista en la parte (a), las diagonales del paralelogramo tienen longitudes de $b/3$ y $h/3$.



(c)



(d)

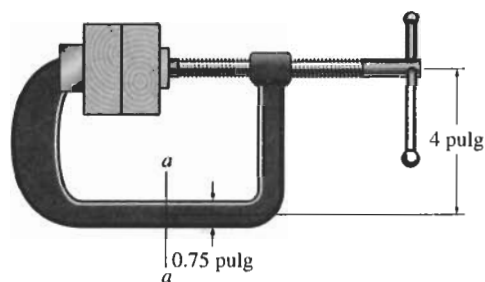


(e)

PROBLEMAS

8-15 El tornillo de la prensa ejerce una fuerza de compresión de 500 lb sobre los bloques de madera. Determine el esfuerzo normal máximo desarrollado en la sección $a-a$. La sección transversal ahí es rectangular, de 0.75 pulg por 0.50 pulg.

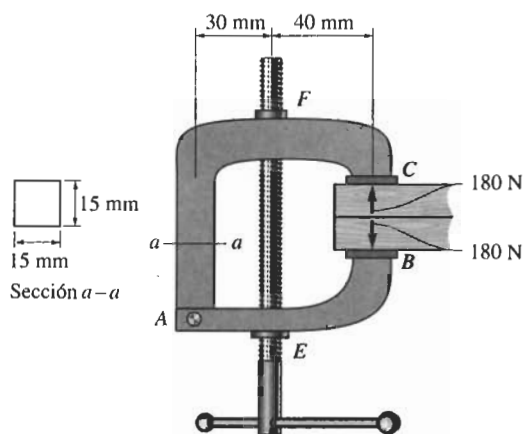
***8-16** El tornillo de la prensa ejerce una fuerza de compresión de 500 lb sobre los bloques de madera. Esboce la distribución del esfuerzo en la sección $a-a$ de la prensa. La sección transversal ahí es rectangular, de 0.75 por 0.50 pulg.



Problemas 8-15/8-16

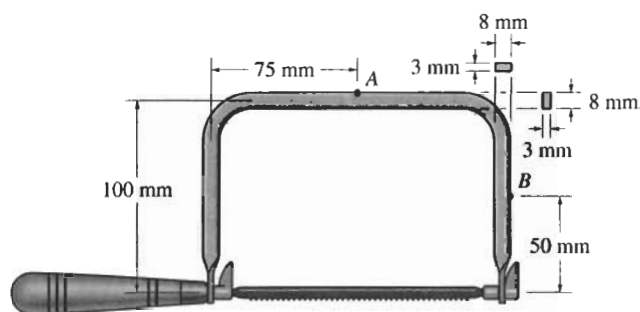
8-17 La prensa está formada por los miembros AB y AC conectados entre sí por un pasador en A . Si se ejerce una fuerza de compresión en C y B de 180 N, determine el esfuerzo máximo de compresión en la sección $a-a$ de la prensa. El tornillo EF está sometido sólo a una fuerza de tensión a lo largo de su eje.

8-18 La prensa está formada por los miembros AB y AC conectados entre sí por un pasador en A . Si se ejerce una fuerza de compresión en C y B de 180 N, esboce la distribución del esfuerzo que actúa sobre la sección $a-a$. El tornillo EF está sometido sólo a una fuerza de tensión a lo largo de su eje.



Problemas 8-17/8-18

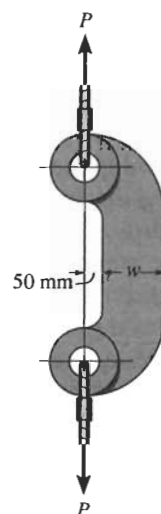
8-19 La segueta tiene una hoja ajustable que se tensa con una fuerza de 40 N. Determine el estado de esfuerzo en los puntos A y B del marco.



Problema 8-19

***8-20** El eslabón acodado soporta la carga $P = 30$ kN. Determine su ancho w requerido si el esfuerzo normal permisible es $\sigma_{perm} = 73$ MPa. El eslabón tiene un espesor de 40 mm.

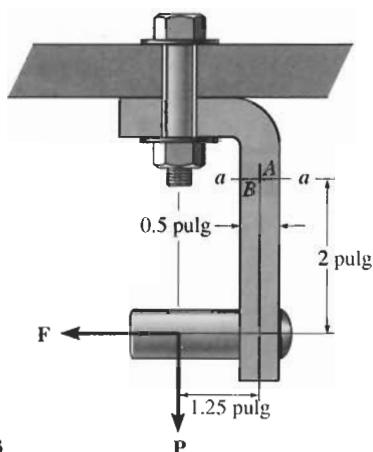
8-21 El eslabón acodado tiene un ancho $w = 200$ mm y un espesor de 40 mm. Si el esfuerzo normal permisible es $\sigma_{perm} = 75$ MPa, determine la carga máxima P que puede aplicarse a los cables.



Problemas 8-20/8-21

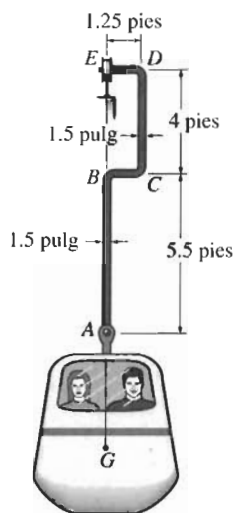
8-22 La junta está sometida a una fuerza $P = 80$ lb y $F = 0$. Esboce la distribución del esfuerzo normal que actúa sobre la sección $a-a$ si el miembro tiene una sección transversal rectangular de 2 pulg de ancho y 0.5 pulg de espesor.

8-23 La junta está sometida a una fuerza $P = 200$ lb y $F = 150$ lb. Determine el estado de esfuerzo en los puntos A y B y esboce los resultados sobre elementos diferenciales situados en esos puntos. El miembro tiene una sección transversal rectangular de 0.75 pulg de ancho y 0.5 pulg de espesor.



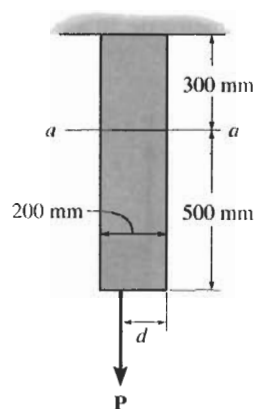
Problemas 8-22/8-23

***8-24** La góndola y pasajeros pesan 1500 lb y su centro de gravedad está en G . El brazo AE tiene una sección transversal cuadrada de 1.5 pulg por 1.5 pulg y está conectada por pasadores en sus extremos A y E . Determine el máximo esfuerzo de tensión generado en las regiones AB y DC del brazo.



Problema 8-24

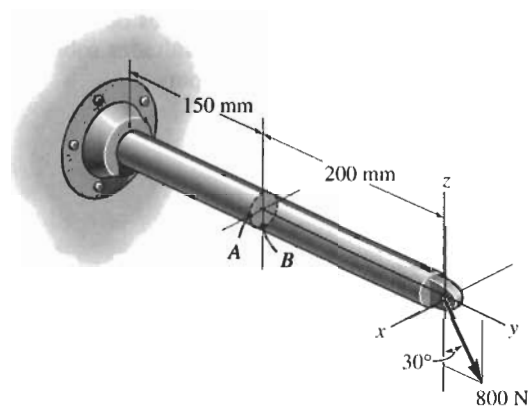
8-25 La fuerza vertical P actúa en el fondo de la placa que tiene un peso despreciable. Determine la distancia más pequeña d al borde de la placa en que P puede aplicarse para que no se generen esfuerzos de compresión sobre la sección $a-a$ de la placa. La placa tiene un espesor de 10 mm y P actúa a lo largo de la línea central de este espesor.



Problema 8-25

8-26 La barra tiene un diámetro de 40 mm. Determine las componentes de esfuerzo que actúan en el punto A cuando está sometida a la fuerza de 800 N, como se muestra. Exponga los resultados sobre un elemento de volumen localizado en ese punto.

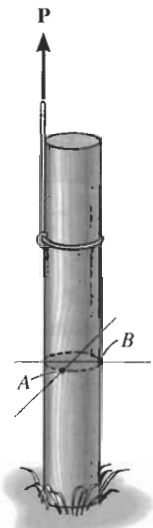
8-27 Resuelva el problema 8-26 para el punto B .



Problemas 8-26/8-27

***8-28** El poste cilíndrico, con diámetro de 40 mm, está siendo jalado del suelo usando una cuerda de espesor despreciable. Si la cuerda está sometida a una fuerza vertical $P = 500\text{ N}$, determine el esfuerzo en los puntos A y B . Muestre los resultados sobre un elemento de volumen situado en cada uno de esos puntos.

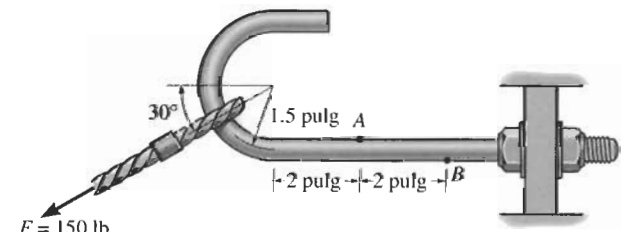
8-29 Determine la carga máxima P que puede aplicarse a la cuerda, que tiene un espesor despreciable, de manera que el esfuerzo normal en el poste no exceda de $\sigma_{\text{perm}} = 30\text{ MPa}$. El poste tiene un diámetro de 50 mm.



Problemas 8-28/8-29

8-30 El ancla de $\frac{1}{2}$ pulg de diámetro está sometida a una carga $F = 150\text{ lb}$. Determine las componentes de esfuerzo en el punto A del vástago. Muestre los resultados sobre un elemento de volumen localizado en este punto.

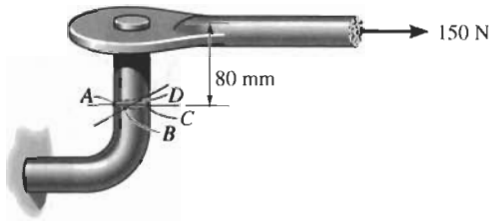
8-31 El ancla de $\frac{1}{2}$ pulg de diámetro está sometida a una carga $F = 150\text{ lb}$. Determine las componentes de esfuerzo en el punto B del vástago. Muestre los resultados sobre un elemento de volumen localizado en este punto.



Problemas 8-30/8-31

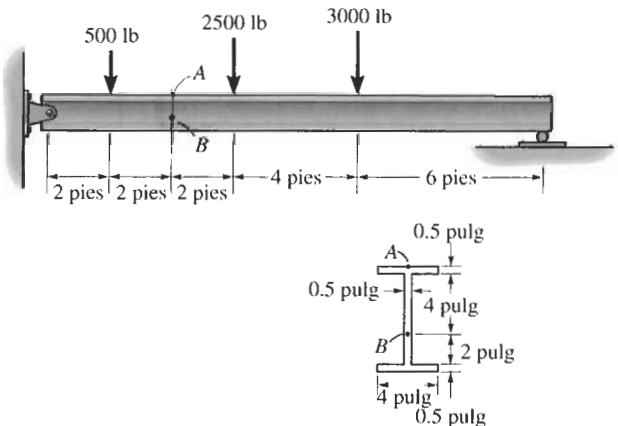
***8-32** El soporte de pasador está hecho de una barra de acero que tiene un diámetro de 20 mm. Determine las componentes de esfuerzo en los puntos A y B y represente los resultados sobre un elemento de volumen localizado en cada uno de estos puntos.

8-33 Resuelva el problema 8-32 para los puntos C y D .



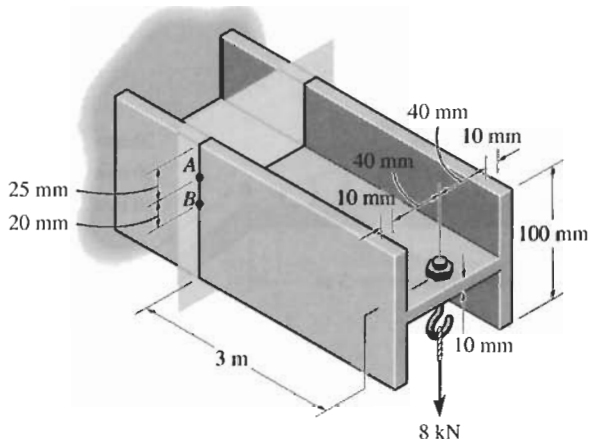
Problemas 8-32/8-33

8-34 La viga de patín ancho está sometida a la carga mostrada. Determine las componentes de esfuerzo en los puntos A y B y muestre los resultados sobre un elemento de volumen en cada uno de esos puntos. Use la fórmula del cortante para calcular el esfuerzo cortante.



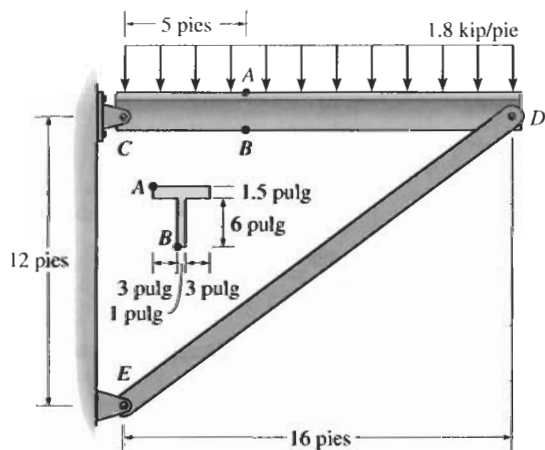
Problema 8-34

8-35 La viga en voladizo se usa para soportar la carga de 8 kN. Determine el estado de esfuerzo en los puntos *A* y *B* y esboce los resultados sobre elementos diferenciales localizados en cada uno de estos puntos.



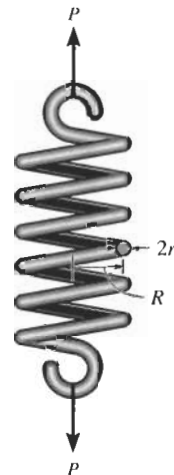
Problema 8-35

***8-36** La ménsula soporta una carga distribuida centralmente aplicada de 1.8 kip/pie. Determine el estado de esfuerzo en los puntos *A* y *B* del miembro *CD* e indique los resultados sobre un elemento de volumen localizado en cada uno de esos puntos. Los pasadores en *C* y *D* están situados al nivel del eje neutro de la sección transversal.



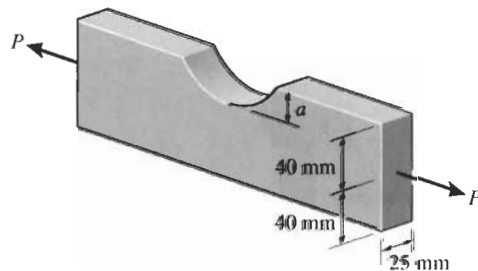
Problema 8-36

8-37 El resorte está sometido a una fuerza *P*. Si suponemos que el esfuerzo cortante causado por la fuerza cortante en cualquier sección vertical del alambre del resorte es uniforme, demuestre que el esfuerzo cortante máximo en el resorte es $\tau_{\max} = P/A + PRr/J$, donde *J* es el momento polar de inercia del alambre del resorte y *A* es su área transversal.



Problema 8-37

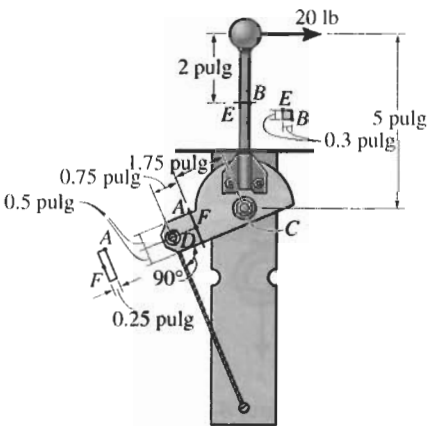
8-38 La barra metálica está sometida a una fuerza axial *P* = 7 kN. Su sección transversal original va a ser alterada cortando una ranura circular en un lado de ella. Determine la distancia *a* que la ranura puede penetrar en la sección transversal de modo que el esfuerzo de tensión no exceda el esfuerzo permisible σ_{perm} de 175 MPa. Proponga una mejor manera de remover esta profundidad de material de la sección transversal y calcule el esfuerzo de tensión para ese caso. Desprecie los efectos de la concentración de esfuerzos.



Problema 8-38

8-39 La palanca de control está sometida a una fuerza horizontal de 20 lb sobre la manija. Determine el estado de esfuerzo en los puntos *A* y *B*. Esboce los resultados sobre elementos diferenciales localizados en cada uno de esos puntos. El conjunto está conectado por un pasador en *C* y unido a un cable en *D*.

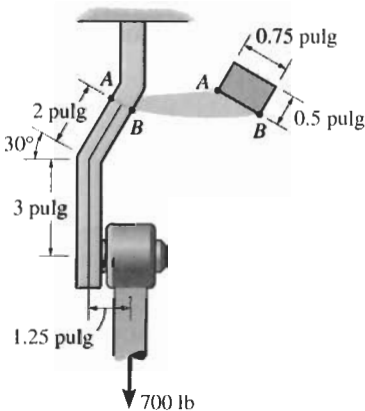
***8-40** La palanca de control está sometida a una fuerza horizontal de 20 lb sobre la manija. Determine el estado de esfuerzo en los puntos *E* y *F*. Esboce los resultados sobre elementos diferenciales localizados en cada uno de esos puntos. El conjunto está conectado por un pasador en *C* y unido a un cable en *D*.



Problemas 8-39/8-40

8-41 El pasador soporta la carga de 700 lb. Determine las componentes de esfuerzo en el miembro de soporte en el punto *A*. El soporte tiene 0.5 pulg de espesor.

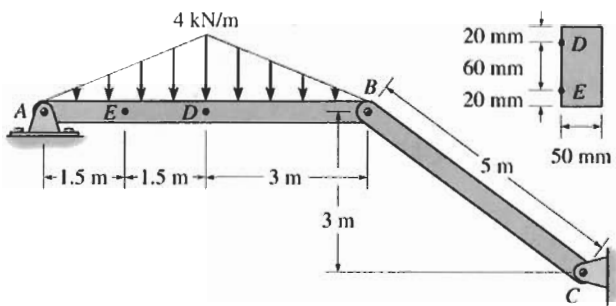
8-42 El pasador soporta la carga de 700 lb. Determine las componentes de esfuerzo en el miembro de soporte en el punto *B*. El soporte tiene 0.5 pulg de espesor.



Problemas 8-41/8-42

8-43 La estructura soporta la carga distribuida mostrada. Determine el estado de esfuerzo que actúa en el punto *D*. Muestre los resultados sobre un elemento diferencial localizado en este punto.

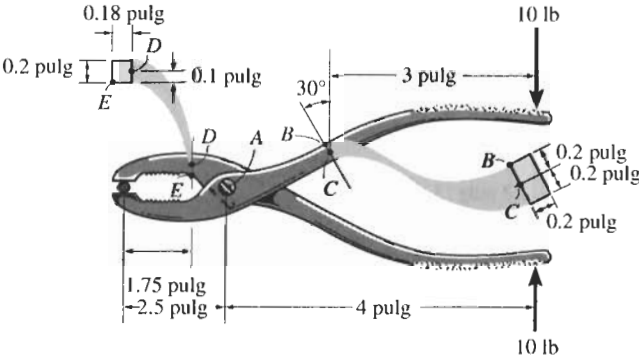
***8-44** La estructura soporta la carga distribuida mostrada. Determine el estado de esfuerzo que actúa en el punto *E*. Muestre los resultados sobre un elemento diferencial localizado en este punto.



Problemas 8-43/8-44

8-45 Las pinzas constan de dos partes de acero unidas entre sí por un pasador en *A*. Si un perno liso se mantiene entre las mordazas y se aplica una fuerza de apriete de 10 lb en las manijas de las pinzas, determine el estado de esfuerzo desarrollado en los puntos *B* y *C*. La sección transversal es rectangular con las dimensiones mostradas en la figura.

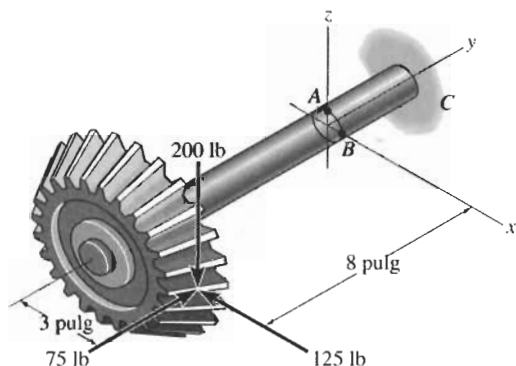
8-46 Resuelva el problema 8-45 para los puntos *D* y *E*.



Problemas 8-45/8-46

8-47 El engrane cónico está sometido a las cargas mostradas. Determine las componentes de esfuerzo que actúan sobre la flecha en el punto A y muestre los resultados sobre un elemento de volumen localizado en este punto. La flecha tiene un diámetro de 1 pulg y está empotrada en la pared en C .

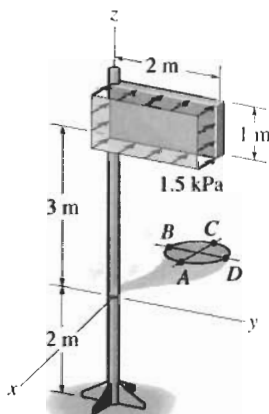
***8-48** El engrane cónico está sometido a las cargas mostradas. Determine las componentes de esfuerzo que actúan sobre la flecha en el punto B y muestre los resultados sobre un elemento de volumen localizado en este punto. La flecha tiene un diámetro de 1 pulg y está empotrada en la pared en C .



Problemas 8-47/8-48

8-49 El letrero está sometido a la carga de viento uniforme mostrada. Determine las componentes de esfuerzo en los puntos A y B sobre el poste de 100 mm de diámetro que lo soporta. Muestre los resultados sobre un elemento de volumen localizado en cada uno de esos puntos.

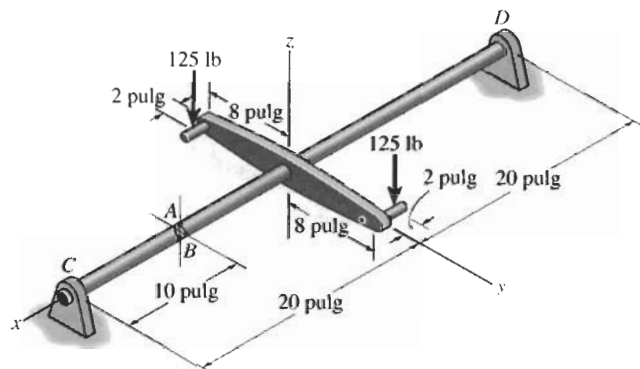
8-50 El letrero está sometido a la carga de viento uniforme mostrada. Determine las componentes de esfuerzo en los puntos C y D sobre el poste de 100 mm de diámetro que lo soporta. Muestre los resultados sobre un elemento de volumen localizado en cada uno de esos puntos.



Problemas 8-49/8-50

8-51 La flecha de $\frac{3}{4}$ pulg de diámetro está sometida a la carga mostrada. Determine las componentes de esfuerzo en el punto A . Esboce los resultados sobre un elemento de volumen localizado en este punto. El cojinete de apoyo en C puede ejercer sólo componentes de fuerza C_y y C_z sobre la flecha y el cojinete de empuje en D puede ejercer componentes de fuerza D_x , D_y y D_z sobre la flecha.

***8-52** Resuelva el problema 8-51 para las componentes del esfuerzo en el punto B .

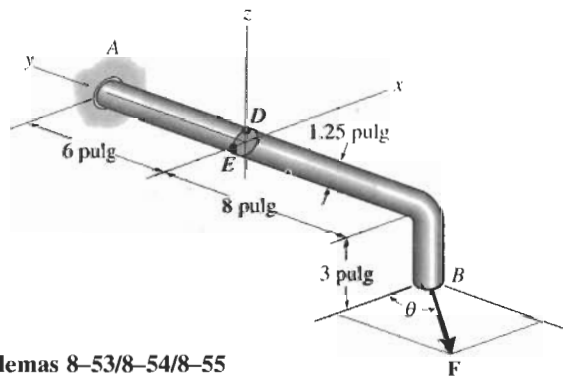


Problemas 8-51/8-52

8-53 La flecha acodada está empotrada en la pared en A . Si una fuerza F se aplica en B , determine las componentes de esfuerzo en los puntos D y E . Muestre los resultados sobre un elemento diferencial localizado en cada uno de esos puntos. Considere $F = 12$ lb y $\theta = 0^\circ$.

8-54 La flecha acodada está empotrada en la pared en A . Si una fuerza F se aplica en B , determine las componentes de esfuerzo en los puntos D y E . Muestre los resultados sobre un elemento diferencial localizado en cada uno de esos puntos. Considere $F = 12$ lb y $\theta = 90^\circ$.

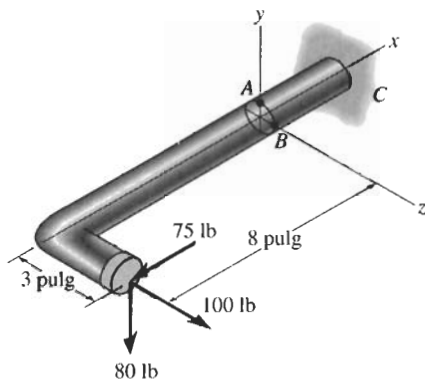
8-55 La flecha acodada está empotrada en la pared en A . Si una fuerza F se aplica en B , determine las componentes de esfuerzo en los puntos D y E . Muestre los resultados sobre un elemento diferencial localizado en cada uno de esos puntos. Considere $F = 12$ lb y $\theta = 45^\circ$.



Problemas 8-53/8-54/8-55

***8-56** La barra de 1 pulg de diámetro está sometida a las cargas mostradas. Determine el estado de esfuerzo en el punto A y muestre los resultados sobre un elemento diferencial localizado en este punto.

8-57 La barra de 1 pulg de diámetro está sometida a las cargas mostradas. Determine el estado de esfuerzo en el punto B y muestre los resultados sobre un elemento diferencial localizado en este punto.



Problemas 8-56/8-57

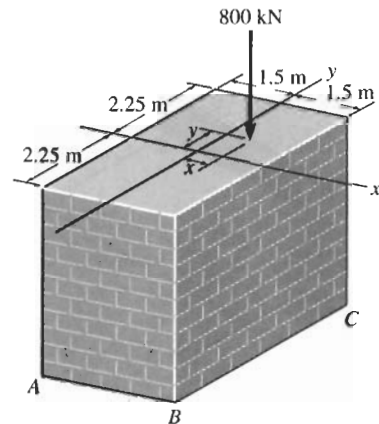
8-58 El poste tiene una sección transversal circular de radio c . Determine el máximo radio e en que la carga puede aplicarse de manera que en ninguna parte del poste se presente un esfuerzo de tensión. Desprecie el peso del poste.



Problema 8-58

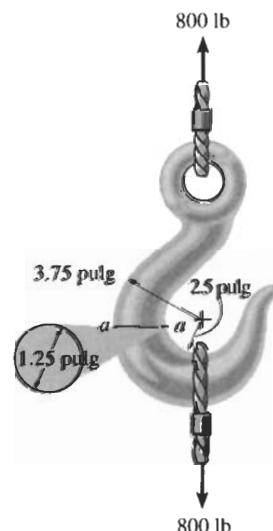
8-59 El pilar de mampostería está sometido a la carga de 800 kN. Determine la ecuación de la línea $y = f(x)$ a lo largo de la cual la carga puede colocarse sin que se generen esfuerzos de tensión en el pilar. Desprecie el peso del pilar.

***8-60** El pilar de mampostería está sometido a la carga de 800 kN. Si $x = 0.25$ m y $y = 0.5$ m, determine el esfuerzo normal en cada esquina A , B , C y D (no mostrada) y trace la distribución del esfuerzo sobre la sección transversal. Desprecie el peso del pilar.



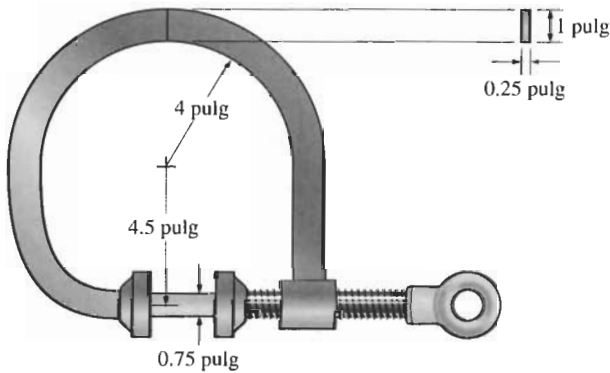
Problemas 8-59/8-60

8-61 El gancho de ojo tiene las dimensiones mostradas. Determine el esfuerzo normal máximo en la sección $a-a$ cuando soporta una carga en el cable de 80 kN y esboce la distribución del esfuerzo que actúa sobre la sección transversal.



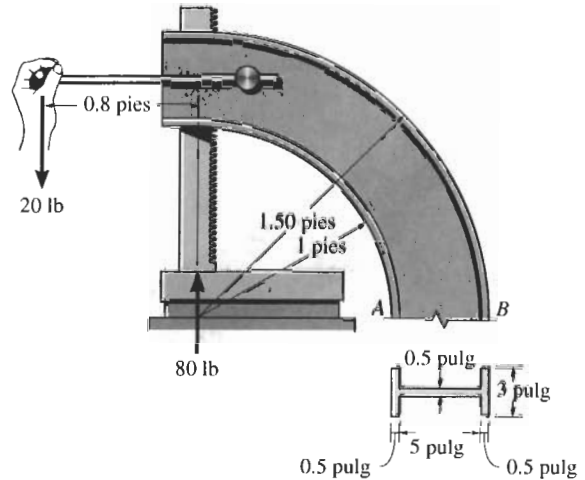
Problema 8-61,

8-62 La prensa de tornillo en forma de *C* aplica un esfuerzo de compresión sobre la pieza cilíndrica de 80 psi. Determine el esfuerzo normal máximo generado en la prensa.



Problema 8-62

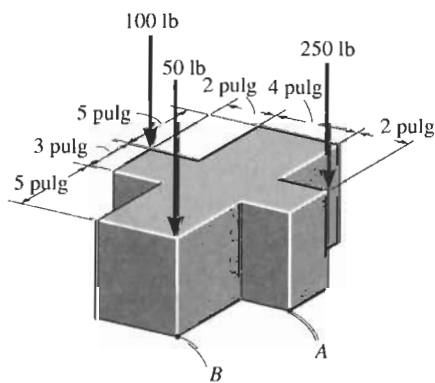
8-63 La manivela de la prensa está sometida a una fuerza de 20 lb. Debido al engranaje interno, esto ocasiona que el bloque quede sometido a una fuerza de compresión de 80 lb. Determine el esfuerzo normal que actúa en puntos a lo largo de los patines exteriores *A* y *B*. Use la fórmula de la viga curva para calcular el esfuerzo de flexión.



Problema 8-63

PROBLEMAS DE REPASO

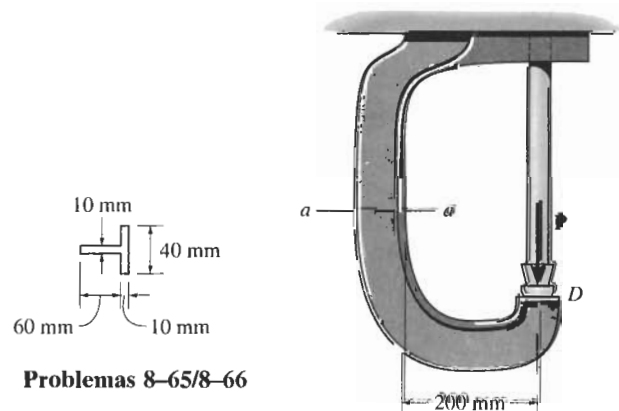
***8-64** El bloque está sometido a las tres cargas axiales mostradas. Determine el esfuerzo normal generado en los puntos *A* y *B*. Desprecie el peso del bloque.



Problema 8-64

8-65 La estructura en forma de *C* se usa en una máquina remachadora. Si la fuerza aplicada por el pistón sobre la pieza en *D* es $P = 8 \text{ kN}$, esboce la distribución del esfuerzo que actúa sobre la sección *a-a*.

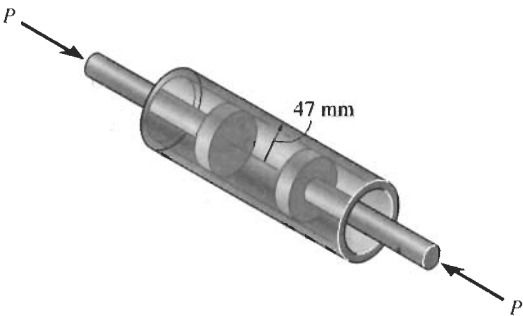
8-66 Determine la fuerza máxima P que el martinete puede aplicar a la cazoleta en *D* si el esfuerzo normal permisible en el material es $\sigma_{\text{perm}} = 180 \text{ MPa}$.



Problemas 8-65/8-66

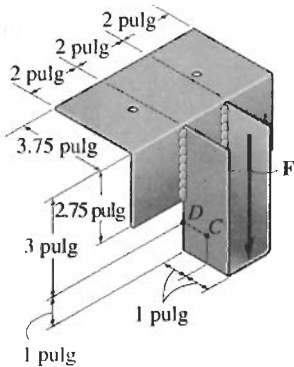
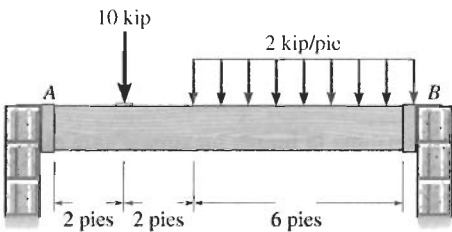
8-67 La presión del aire en el cilindro se incrementa ejerciendo fuerzas $P = 2 \text{ kN}$ sobre los dos pistones, cada uno de los cuales tiene un radio de 45 mm . Si el cilindro tiene un espesor de pared de 2 mm , determine el estado de esfuerzo en la pared del cilindro.

***8-68** Determine la fuerza máxima P que puede ejercerse sobre cada uno de los dos pistones de manera que la componente circunferencial del esfuerzo en el cilindro no exceda de 3 MPa . Cada pistón tiene un radio de 45 mm y el cilindro tiene un espesor de pared de 2 mm .



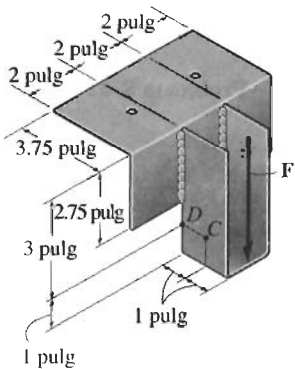
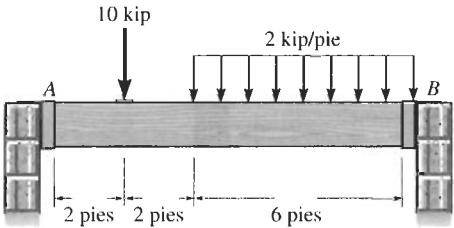
Problemas 8-67/8-68

8-69 La silleta tiene un espesor de 0.25 pulg y se usa para soportar las reacciones verticales de la viga cargada como se muestra. Si la carga se transfiere uniformemente a cada placa lateral de la silleta, determine el estado de esfuerzo en los puntos C y D de la silleta en A . Suponga que una reacción vertical F vertical actúa en este extremo en el centro y sobre el borde de la silleta según se muestra.



Problema 8-69

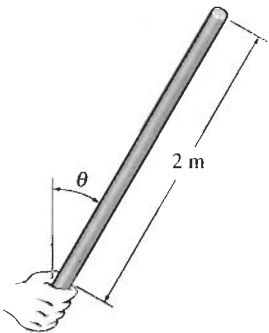
8-70 La silleta tiene un espesor de 0.25 pulg y se usa para soportar las reacciones verticales de la viga cargada como se exhibe. Si la carga se transfiere uniformemente a cada placa lateral de la silleta, determine el estado de esfuerzo en los puntos C y D de la silleta en B . Suponga que una reacción vertical F vertical actúa en este extremo en el centro y sobre el borde de la silleta como se muestra.



Problema 8-70

8-71 Una barra con sección transversal cuadrada de 30 mm por 30 mm tiene 2 m de longitud y es mantenida verticalmente. Si la barra tiene una masa de 5 kg/m , determine el mayor ángulo θ , medido desde la vertical, en que puede ser soportada antes de quedar sometida a un esfuerzo de tensión a lo largo de su eje cerca del agarre.

***8-72** Resuelva el problema 8-71 si la barra tiene una sección transversal circular de 30 mm de diámetro.



Problemas 8-71/8-72

Capítulo 7

- 7-1. $I = 0.21818(10^{-3}) \text{ m}^4$, $\tau_A = 1.99 \text{ MPa}$,
 $\tau_B = 1.65 \text{ MPa}$
- 7-2. 4.62 MPa
- 7-3. 27.1 kN
- 7-5. $I = 4.8646(10^{-6}) \text{ m}^4$, $\tau_B = 98.7 \text{ MPa}$
- 7-6. $\tau_{\text{máx}} = 276 \text{ psi}$, $(\tau_{AB})_w - (\tau_{AB})_F = 156 \text{ psi}$
- 7-7. 3.05 kip
- 7-9. $I = 6.6911(10^{-6}) \text{ m}^4$, $V = 307 \text{ kN}$
- 7-10. $I = 6.6911(10^{-6}) \text{ m}^4$, 1.96 MPa
- 7-11. 9.96 kip
- 7-13. 1.36 ksi
- 7-14. 32.1 kip
- 7-15. 4.48 ksi
- 7-17. 100 kN
- 7-18. 1.50 ksi
- 7-19. $\frac{\tau_{\text{máx}}}{\tau_{\text{prom}}} = \frac{4}{3}$
- 7-21. $\tau_{\text{máx}} = \frac{3V}{ah}$
- 7-22. $a = \frac{L}{4}$, $\tau_{\text{máx}} = \frac{3}{8}w\left(\frac{L}{bd}\right)$
- 7-23. 2.08 pulg
- 7-25. 324 psi
- 7-26. 512 lb
- 7-27. $L = \frac{h}{4}$
- 7-29. $I = 1.78625(10^{-6}) \text{ m}^4$, $\tau_B = 4.41 \text{ MPa}$
- 7-30. $I = 1.78625(10^{-6}) \text{ m}^4$, $\tau_{\text{máx}} = 4.85 \text{ MPa}$
- 7-31. 1.05 MPa
- 7-37. $I = 1196.4375 \text{ pulg}^4$, $V = 4.97 \text{ kip}$, $s_t = 1.14 \text{ pulg}$,
 $s_b = 1.36 \text{ pulg}$
- 7-38. 1.24 kip
- 7-39. $\tau_B = 646 \text{ psi}$, $\tau_A = 592 \text{ psi}$
- 7-41. $I = 29.4909(10^{-6}) \text{ m}^4$, $\tau = 14.4 \text{ MPa}$
- 7-42. 499 kN
- 7-43. 13.8 pulg
- 7-45. 238 N
- 7-46. $I = 0.270236(10^{-3}) \text{ m}^4$, $F = 12.5 \text{ kN}$
- 7-47. 485 lb
- 7-50. 317 lb
- 7-51. $F_B = 316 \text{ lb}$, $F_A = 206 \text{ lb}$
- 7-53. $I = 1196.4375 \text{ pulg}^4$, $P = 4.97 \text{ kip}$, para AC, BD,
 $s_t = 1.14 \text{ pulg}$, $s_b = 1.36 \text{ pulg}$

- 7-54. 983 lb/pie
- 7-55. 1.83 ksi
- 7-57. $\tau_{B'} = 9.36 \text{ MPa}$, $\tau_B = 1.34 \text{ MPa}$, $\tau_C = 1.47 \text{ MPa}$
- 7-58. 215 kN/m
- 7-59. 232 kN/m
- 7-61. $I = 0.98197(10^{-6}) \text{ m}^4$, $q_A = 1.39 \text{ kN/m}$,
 $q_B = 1.25 \text{ kN/m}$
- 7-62. $I = 0.98197(10^{-6}) \text{ m}^4$, $q_{\text{máx}} = 3.00 \text{ kN/m}$
- 7-63. a) 12.6 kN/m, b) 22.5 kN/m
- 7-65. $I = 145.98 \text{ pulg}^4$, $q_{\text{máx}} = 414 \text{ lb/pulg}$
- 7-66. $q_{AB} = 207 - 51.6x$, $q_{CD} = 44.3 - 22.1x$,
 $F_{AB} = 413 \text{ lb}$, $F_{CD} = 44.3 \text{ lb}$
- 7-67. $\tau = \frac{V}{\pi R^2 t} \sqrt{R^2 - y^2}$
- 7-69. 1.07 pulg
- 7-70. $e = \frac{b(6h_1h^2 + 3h^2b + 8h_1^3)}{2h^3 + 6bh^2 - (h - 2h_1)^3}$
- 7-71. $e = \frac{b}{1 + (h_2/h_1)^3}$
- 7-73. $e = \frac{15}{38} d$
- 7-74. $e = \frac{3[h^2b^2 - (h - 2h_1)^2b^2]}{h^3 + 6bh^2 + 6b_1(h - 2h_1)^2}$
- 7-75. 70 mm
- 7-77. $e = \frac{2\sqrt{3}}{3} a$
- 7-78. $q_A = 0$, $q_{\text{máx}} = 375 \text{ N/m}$
- 7-79. $q = (-136y^2 + 424) \text{ lb/pulg}$, $q_{\text{máx}} = 424 \text{ lb/pulg}$
- 7-81. 171 mm
- 7-82. $e = \frac{4r(\sin \alpha - \alpha \cos \alpha)}{2\alpha - \sin 2\alpha}$
- 7-83. $e = 1.26r$
- 7-85. $I = 57.05 \text{ pulg}^4$, $\tau_B = 795 \text{ psi}$, $\tau_C = 596 \text{ psi}$
- 7-86. $I = 57.05 \text{ pulg}^4$, $\tau_{\text{máx}} = 928 \text{ psi}$
- 7-87. $I = 542.86 \text{ pulg}^4$, $s' = 1.49 \text{ pulg}$, $s = 9.88 \text{ pulg}$
- 7-89. $I = 43.71347(10^{-6}) \text{ m}^4$, $q_A = 145 \text{ kN/m}$,
 $q_B = 50.4 \text{ kN/m}$, $\tau_{\text{máx}} = 17.2 \text{ MPa}$
- 7-90. $\tau_A = 1.09 \text{ MPa}$, $\tau_B = 1.91 \text{ MPa}$, $\tau_{\text{máx}} = 3.95 \text{ MPa}$
- 7-91. $\tau_A = 2.99 \text{ MPa}$, $\tau_B = 1.91 \text{ MPa}$, $\tau_{\text{máx}} = 2.99 \text{ MPa}$
- 7-93. 131 kN

Capítulo 8

- 8-1. 18.8 mm
- 8-2. 75.5 pulg

- 8-3. $\sigma_1 = 3.96 \text{ ksi}$, $\sigma_2 = 1.98 \text{ ksi}$
 8-5. $\sigma_2 = 11.5 \text{ ksi}$, $\sigma_1 = 24 \text{ ksi}$
 8-6. $\sigma_1 = 600 \text{ psi}$, $\sigma_2 = 0$
 8-7. $\sigma_1 = 600 \text{ psi}$, $\sigma_2 = 300 \text{ psi}$
 8-9. $\tau_{\text{prom}} = 5.06 \text{ MPa}$, $\sigma_1 = 5.06 \text{ MPa}$, $\sigma_2 = 2.53 \text{ MPa}$
 8-10. 128°F , $\sigma_1 = 12.1 \text{ ksi}$, $p = 252 \text{ psi}$
 8-11. $\sigma_h = 216 \text{ psi}$, $\sigma_b = 4.40 \text{ ksi}$
 8-13. $\sigma_{\text{fil}} = \frac{pr}{(t+t')} + \frac{T}{wt}$, $\sigma_1 = \frac{pr}{(t+t')} - \frac{T}{wt}$
 8-14. $\theta = 54.7^\circ$
 8-15. $\sigma_{\text{máx}} = 44.0 \text{ ksi (T)}$
 8-17. 1.07 MPa
 8-18. 1.07 MPa
 8-19. $\sigma_A = 125 \text{ MPa}$, $\sigma_B = 62.5 \text{ MPa}$
 8-21. 109 kN
 8-22. $(\sigma_{\text{máx}})_t = 1.28 \text{ ksi}$, $(\sigma_{\text{máx}})_c = 1.12 \text{ ksi}$
 8-23. $\sigma_A = 533 \text{ psi (T)}$, $\sigma_B = 1067 \text{ psi (C)}$, $\tau_A = 600 \text{ psi}$, $\tau_B = 0$
 8-25. 66.7 mm
 8-26. $\sigma_A = 0.318 \text{ MPa}$, $\tau_A = 0.735 \text{ MPa}$
 8-27. $\sigma_B = -21.7 \text{ MPa}$, $\tau_B = 0$
 8-29. 11.8 kN
 8-30. $\sigma_A = 28.8 \text{ ksi}$, $\tau_A = 0$
 8-31. -39.7 ksi
 8-33. $\sigma_C = 15.3 \text{ MPa}$, $\tau_D = 0.637 \text{ MPa}$
 8-34. $\sigma_A = -9.41 \text{ ksi}$, $\sigma_B = 2.69 \text{ ksi}$, $\tau_B = 0.869 \text{ ksi}$
 8-35. $\sigma_A = 359 \text{ MPa (T)}$, $\sigma_B = 71.7 \text{ MPa (T)}$, $\tau_A = 4.48 \text{ MPa}$, $\tau_B = 5.92 \text{ MPa}$
 8-38. 61.9 mm , 15.5 MPa
 8-39. $\sigma_B = 8.89 \text{ ksi (C)}$, $\tau_B = 0$, $\sigma_A = 720 \text{ psi (T)}$, $\tau_A = 0$
 8-41. $\sigma_A = -2.12 \text{ ksi}$, $\tau_A = 0$
 8-42. $\sigma_B = 5.35 \text{ ksi}$, $\tau_B = 0$
 8-43. $\sigma_D = -88.0 \text{ MPa}$, $\tau_D = 0$
 8-45. $\sigma_B = 5.56 \text{ ksi (T)}$, $\tau_B = 0$, $\sigma_C = 62.5 \text{ psi (C)}$, $\tau_C = 162 \text{ psi}$
 8-46. $\sigma_D = 0$, $\tau_D = 667 \text{ psi}$, $\sigma_E = 23.3 \text{ ksi}$, $\tau_E = 0$
 8-47. $(\sigma_A)_y = 16.2 \text{ ksi}$, $(\tau_A)_{yx} = -2.84 \text{ ksi}$, $(\tau_A)_{yz} = 0$
 8-49. $\sigma_A = 107 \text{ MPa}$, $\tau_A = 15.3 \text{ MPa}$, $\sigma_B = 0$, $\tau_B = 14.8 \text{ MPa}$
 8-50. $\sigma_C = 107 \text{ MPa}$, $\tau_C = 15.3 \text{ MPa}$, $\sigma_D = 0$, $\tau_D = 15.8 \text{ MPa}$
 8-51. $\tau_A = 0$, $\sigma_A = 30.2 \text{ ksi (C)}$

- 8-53. $\sigma_D = 0$, $(\tau_D)_{yx} = -80.8 \text{ psi}$, $(\sigma_E)_y = -501 \text{ psi}$, $(\tau_E)_{yz} = -93.9 \text{ psi}$
 8-54. $(\sigma_D)_y = -178 \text{ psi}$, $(\sigma_E)_y = 9.78 \text{ psi}$, $(\tau_E)_{yx} = (\tau_E)_{yz} = 0$
 8-55. $(\sigma_D)_y = -126 \text{ psi}$, $(\tau_D)_{yx} = -57.2 \text{ psi}$, $(\sigma_E)_y = -347 \text{ psi}$, $(\tau_E)_{yz} = -66.4 \text{ psi}$
 8-57. $\sigma_B = 5.76 \text{ ksi (C)}$, $(\tau_{xy})_B = 1.36 \text{ ksi}$, $(\tau_{xz})_B = 0$
 8-58. $e = \frac{c}{4}$
 8-59. $y = 0.75 - 1.5x$
 8-61. $(\sigma_t)_{\text{máx}} = 16.0 \text{ ksi}$, $(\sigma_c)_{\text{máx}} = -10.6 \text{ ksi}$
 8-62. 8.38 ksi
 8-63. $\sigma_A = 94.4 \text{ psi (T)}$, $\sigma_B = 59.0 \text{ psi (C)}$
 8-65. $I = 0.4773(10^{-6}) \text{ m}^4$, $\sigma_A = 106 \text{ MPa}$, $\sigma_B = -159 \text{ MPa}$
 8-66. $I = 0.4773(10^{-6}) \text{ m}^4$, $P = 9.08 \text{ kN}$
 8-67. $\sigma_1 = 7.07 \text{ MPa}$, $\sigma_2 = 0$
 8-69. $\sigma_D = -23.2 \text{ ksi}$, $\tau_D = 0$, $\sigma_C = 11.6 \text{ ksi}$, $\tau_C = 0$
 8-70. $\sigma_D = -20.8 \text{ ksi}$, $\tau_D = 0$, $\sigma_C = 10.4 \text{ ksi}$, $\tau_C = 0$
 8-71. 0.286°

Capítulo 9

- 9-2. $\sigma_{x'} = -4.05 \text{ ksi}$, $\tau_{x'y'} = -0.404 \text{ ksi}$
 9-3. $\sigma_{x'} = 31.4 \text{ MPa}$, $\tau_{x'y'} = 38.1 \text{ MPa}$
 9-5. $\sigma_{x'} = -33.3 \text{ MPa}$, $\tau_{x'y'} = 18.3 \text{ MPa}$
 9-6. $\sigma_{x'} = 49.7 \text{ MPa}$, $\tau_{x'y'} = -34.8 \text{ MPa}$
 9-7. $\sigma_{x'} = -4.05 \text{ ksi}$, $\tau_{x'y'} = -0.404 \text{ ksi}$
 9-9. $\sigma_{x'} = 49.7 \text{ MPa}$, $\tau_{x'y'} = -34.8 \text{ MPa}$
 9-10. $\sigma_{x'} = -898 \text{ psi}$, $\tau_{x'y'} = 605 \text{ psi}$, $\sigma_{y'} = 598 \text{ psi}$
 9-11. $\sigma_{x'} = -19.9 \text{ ksi}$, $\tau_{x'y'} = 7.70 \text{ ksi}$, $\sigma_{y'} = 9.89 \text{ ksi}$
 9-13. a) $\sigma_1 = 53.0 \text{ MPa}$, $\sigma_2 = -68.0 \text{ MPa}$, $\theta_{p1} = 14.9^\circ$
 b) $\tau_{\text{máx}} = 60.5 \text{ MPa}$, $\sigma_{\text{prom}} = -7.50 \text{ MPa}$,
 en el plano
 $\theta_s = -30.1^\circ$
 9-14. a) $\sigma_1 = 265 \text{ MPa}$, $\sigma_2 = -84.9 \text{ MPa}$, $\theta_{p1} = 60.5^\circ$
 b) $\tau_{\text{máx}} = 175 \text{ MPa}$, $\sigma_{\text{prom}} = 90.0 \text{ MPa}$,
 en el plano
 $\theta_s = 15.5^\circ$
 9-15. a) $\sigma_1 = 4.21 \text{ ksi}$, $\sigma_2 = -34.2 \text{ ksi}$, $\theta_{p1} = -70.7^\circ$
 b) $\tau_{\text{máx}} = 19.2 \text{ ksi}$, $\sigma_{\text{prom}} = -15 \text{ ksi}$, $\theta_s = -25.7^\circ$,
 en el plano
 9-17. $\sigma_x = 33.0 \text{ MPa}$, $\sigma_y = 137 \text{ MPa}$, $\tau_{xy} = -30 \text{ MPa}$
 9-18. $\sigma_x = -193 \text{ MPa}$, $\sigma_y = -357 \text{ MPa}$, $\tau_{xy} = 102 \text{ MPa}$
 9-19. $\sigma_b = 121 \text{ MPa}$, $\sigma_1 = 126 \text{ MPa}$, $\sigma_2 = -16.1 \text{ MPa}$