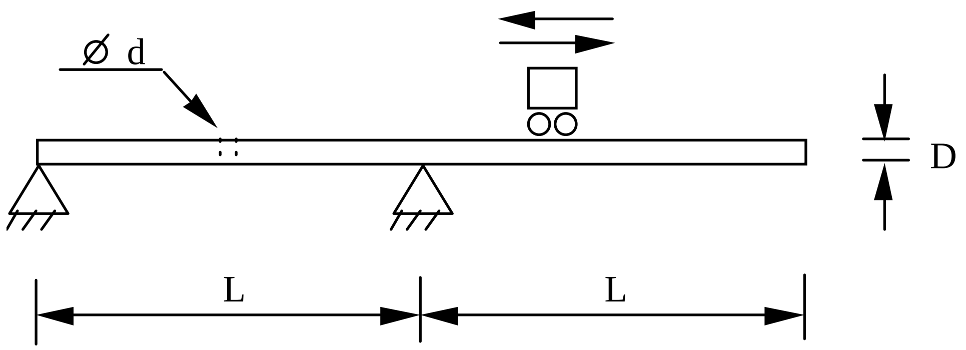
Examen de TECNOLOGIA DE MAQUINAS – Febrero 95

Nombre ....

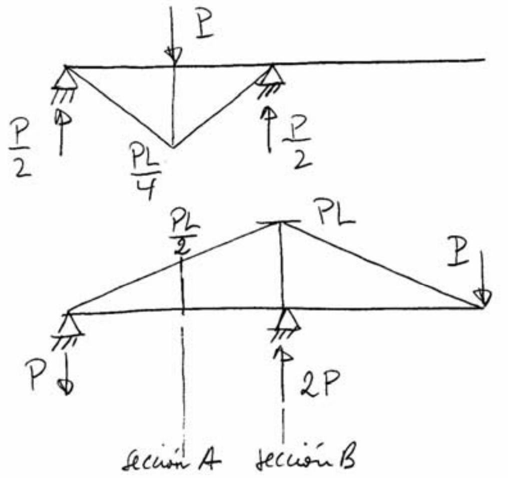
Sobre la barra de sección circular de la figura, fabricada en acero AISI 1040 estirado en frío, se desplaza una carga puntual de 80 Kg, moviéndose constantemente de un extremo al otro de la barra a una velocidad muy pequeña, de manera que pueden despreciarse los efectos de amplificación dinámica. La barra presenta un agujero cilíndrico vertical justo en el punto medio entre apoyos.

Si la carga va y vuelve 50000 veces hasta que se sustituye la barra por otra nueva, calcular el coeficiente de seguridad de que se dispone.

Datos: L = 1 m ; D = 3 cm ; d = 3 mm.



Determinación de secciones críticas



Sección A

$M_{máx} = \frac{PL}{2} = 392 \ Nm$

$M_{mín} = -\frac{PL}{4} = -196 \ Nm$

Sección B

$M_{máx} = PL = 784 \ Nm$

$M_{mín} = 0$

AISI 1040 estirado en frío : $S_u = 590 \ MPa$, $S_y = 490 \ MPa$

Sección A

$$\sigma = \frac{M}{\frac{\pi D^3}{32} - \frac{dD^2}{6}} = \frac{M}{\frac{\pi\, 0'03^3}{32} - \frac{0'003 \times 0'03^2}{6}} = \frac{M}{2'2} \cdot 10^6$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{máx} = \dfrac{\frac{PL}{2}}{2'2} \cdot 10^6 = \dfrac{80 \times 9'8 \times 1}{4'4} \times 10^6 = 178 \ MPa \\ \sigma_{mín} = \dfrac{-\frac{PL}{4}}{2'2} \cdot 10^6 = -\dfrac{80 \times 9'8 \times 1}{8'8} 10^6 = -89 \ MPa \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_m = \dfrac{\sigma_{máx} + \sigma_{mín}}{2} = \dfrac{178 - 89}{2} = 44'5 \ MPa \\ \sigma_a = \dfrac{\sigma_{máx} - \sigma_{mín}}{2} = \dfrac{178 + 89}{2} = 133'5 \ MPa \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} S_{10^3} = 0'9 \, S_u = 0'9 \times 590 = 531 \ MPa \\ S'_e = 0'5 \, S_u = 0'5 \times 590 = 295 \ MPa \\ K_a = a \, S_u^{\,b} = 4'51 \times 590^{-0'265} = 0'83 \\ D_{eq} = 0'37 \, D = 0'37 \times 30 = 11'1 \ mm \\ K_b = 1'189 \, D_{eq}^{-0'097} = 1'189 \times 11'1^{-0'097} = 0'94 \end{array} \right\} \text{igual para la sección B}$$

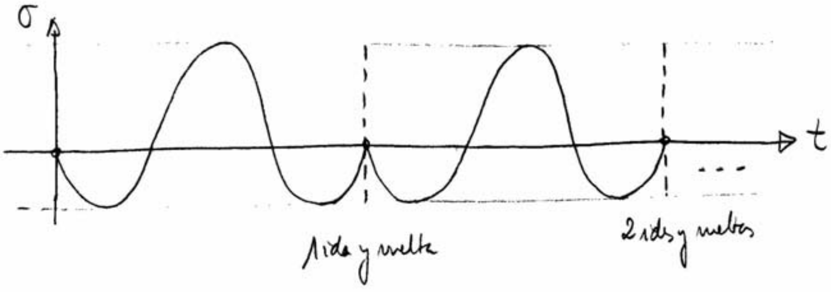
Figura A-15-11 con $\frac{d}{D} = \frac{3}{30} = 0'1 \longrightarrow K_t = 2'25$

Figura 5-16 con $r = \frac{1'5}{25'4} = 0'06 \ in$, $S_u = 0'59 \ GPa \longrightarrow q = 0'76$

$$k_f = 1 + q\,(k_t - 1) = 1 + 0'76\,(2'25 - 1) = 1'95$$

$$S_e = k_a k_b \frac{1}{k_f} S'_e = 0'83 \times 0'94 \times \frac{1}{0'95}\, 295 = 118 \text{ MPa}$$

En la sección A, la historia de tensiones a lo largo del tiempo es,



Entonces, en 50.000 idas y vueltas tendríamos 50.000 ciclos con $\sigma_{min} = -89$ y $\sigma_{máx} = 178$, y otros 50.000 con $\sigma_{máx} = 0$ y $\sigma_{min} = -89$. Se podría aplicar la fórmula de Palmgren-Miner. Sin embargo, dado que los ciclos de 0 a −89 son de compresión y con un bajo nivel de tensión, se van a despreciar, teniéndose en cuenta sólo los ciclos de −89 a 178. Para demostrar que los ciclos de compresión tienen escasa influencia, apliquemos el criterio de Goodman para ellos.

$$\sigma_{min} = -89\,,\quad \sigma_{máx} = 0 \quad \Rightarrow \quad \sigma_m = -44'5\,,\quad \sigma_a = 44'5$$

$$\frac{\sigma_m}{S_u} + \frac{\sigma_a}{S_N} = 1 \quad ; \quad \frac{44'5}{590} + \frac{44'5}{S_N} = 1 \Rightarrow S_N = 48'13 \text{ MPa} < S_e$$

Se ve por tanto que con los ciclos de compresión la pieza aguantaría infinitos ciclos, por lo que se pueden despreciar. Entonces,

$$\log S_{50.000} = \log S_{10^3} + \frac{\log S_e - \log S_{10^3}}{3}\left(\log 50000 - 3\right)$$

$$S_{50.000} = 226'5 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_m}{S_u} + \frac{\sigma_a}{S_{50000}} = \frac{1}{C_S} \quad ; \quad \frac{44'5}{590} + \frac{133'5}{226'5} = 0'6648 \Rightarrow \underline{C_S = 1'5}$$

$$\frac{\sigma_m + \sigma_a}{S_y} = \frac{1}{C_S} \quad ; \quad \frac{178}{490} = 0'3633 \Rightarrow \cancel{C_S = 2'75}$$

Predomina la fatiga, siendo el coeficiente de seguridad 1'5.

Sección B

$$\sigma = \frac{32\,M}{\pi D^3} = \frac{32\,M}{\pi \times 0'03^3} = 0'377\,M \cdot 10^6$$

$$\begin{cases} \sigma_{máx} = 0'377\,PL \cdot 10^6 = 0'377 \times 80 \times 9'8 \times 10^6 = 296 \text{ MPa} \\ \sigma_{mín} = 0 \end{cases}$$

$\sigma_m = 148$ MPa , $\sigma_a = 148$ MPa

$S_{10^3} = 531$ MPa , $S'_e = 295$ MPa , $K_a = 0'83$, $k_b = 0'94$

$S_e = K_a K_b S'_e = 0'83 \times 0'94 \times 295 = 230$ MPa

En esta sección cada ida y vuelta sí coincide con un ciclo.

$$\log S_{50.000} = \log 531 + \frac{\log 230 - \log 531}{3}(\log 50000 - 3)$$

$$S_{50.000} = 331 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_m}{S_u} + \frac{\sigma_a}{S_{50000}} = \frac{1}{C_S} \; ; \; \frac{148}{590} + \frac{148}{331} = 0'698 \Rightarrow \underline{C_S = 1'43}$$

$$\frac{\sigma_m + \sigma_a}{S_y} = \frac{1}{C_S} \; ; \; \frac{148 + 148}{490} = 0'604 \Rightarrow \cancel{C_S = 1'65}$$

Aquí también predomina la fatiga con coeficiente de seguridad 1'43.

Por lo tanto, <u>la sección más crítica será la B</u> y el punto más crítico de dicha sección la fibra superior, dado que hay tracciones.

<u>El coeficiente de seguridad con que se cuenta es 1'43.</u>

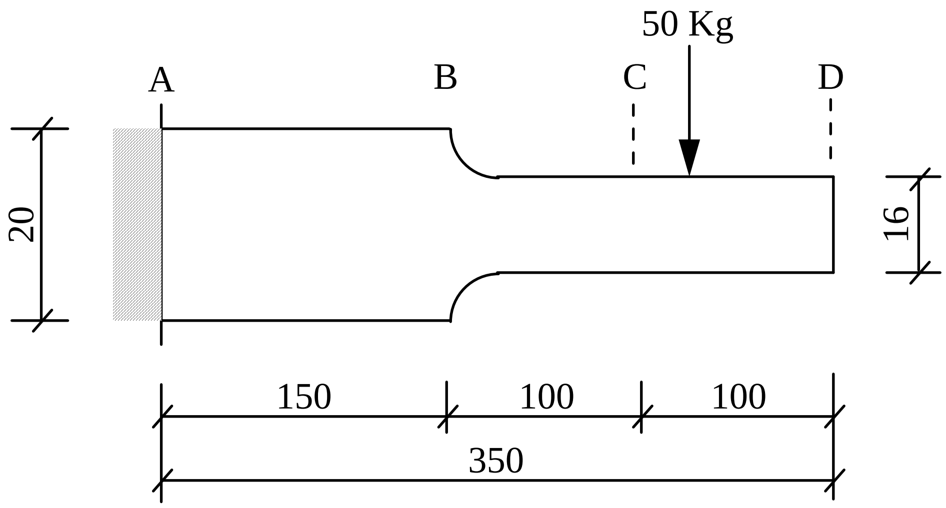
Examen de TECNOLOGIA DE MAQUINAS – Septiembre 95

Nombre ....

La pieza de la figura es de acero AISI 1040 estirado en frío, tiene sección rectangular de espesor 10 mm y se encuentra empotrada en su extremo izquierdo. En su parte derecha actúa una carga de 50 Kg que va y viene ininterrumpidamente, aunque a velocidad muy pequeña (despréciense los efectos dinámicos), entre las secciones C y D.

Determinar el número de ciclos de ida y vuelta de la carga que soportará la pieza antes de romperse, adoptando un coeficiente de seguridad Cs=2. Indicar también por dónde se producirá la rotura.

Nota: todas las dimensiones están en mm.



Comenzamos evaluando la resistencia.

AISI 1040 estirado en frío $\longrightarrow$ $S_u = 590\ MPa$; $S_y = 490\ MPa$.

$$S_{10^3} = 0'9\ S_u = 0'9 \times 590 = 531\ MPa$$

$$S'_e = 0'5\ S_u = 0'5 \times 590 = 295\ MPa$$

ya que estamos en un caso de flexión.

Vamos con los coeficientes de reducción.

$$K_a = a\ S_u^{\,b} = 4'51 \times 590^{-0'265} = 0'831$$

Para K_b hay que calcular un diámetro equivalente, ya que tenemos flexión alternada en una sección rectangular.

Sección A

$$d_{eq} = 0'81 \sqrt{20 \times 10} = 11'46\ mm$$

$$K_b = 1'189 \times 11'46^{-0'097} = 0'938$$

Sección B

$$d_{eq} = 0'81 \sqrt{16 \times 10} = 10'25\ mm$$

$$K_b = 1'189 \times 10'25^{-0'097} = 0'948$$

En cuanto al coeficiente de concentración de tensiones, sólo habrá de ser calculado para la sección B.

$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{r}{d} = \dfrac{2}{16} = 0'125 \\[2ex] \dfrac{D}{d} = \dfrac{20}{16} = 1'25 \end{array}\right\} \Rightarrow K_t = 1'675$$

$$\left.\begin{array}{l} r = 2\ mm = 0'0787\ in \\ S_u = 590\ MPa \end{array}\right\} \Rightarrow q = 0'77$$

$$K_f = 1 + 0'77\,(1'675 - 1) = 1'52$$

$$K_e = \frac{1}{K_f} = \frac{1}{1'52} = 0'658$$

Así pues, el límite de fatiga será:

Sección A

$$S_e = 0'831 \times 0'938 \times 295 = 230 \text{ MPa}$$

Sección B

$$S_e = 0'831 \times 0'948 \times 0'658 \times 295 = 153 \text{ MPa}$$

Ahora se evalúan las cargas.

Sección A

$$M_{máx} = 50 \times 9'8 \times 0'35 = 171'5 \text{ Nm}$$
$$M_{mín} = 50 \times 9'8 \times 0'25 = 122'5 \text{ Nm}$$

$$M_m = \frac{M_{máx} + M_{mín}}{2} = 147 \text{ Nm} \; ; \; M_a = \frac{M_{máx} - M_{mín}}{2} = 24'5 \text{ Nm}$$

$$\sigma_m = \frac{M_m c}{I} = \frac{147 \times 0'01}{\frac{1}{12} 0'01 \times 0'02^3} = 220'5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = \frac{M_a c}{I} = \frac{24'5 \times 0'01}{\frac{1}{12} 0'01 \times 0'02^3} = 36'75 \text{ MPa}$$

Sección B

$$M_{máx} = 50 \times 9'8 \times 0'2 = 98 \text{ Nm}$$
$$M_{mín} = 50 \times 9'8 \times 0'1 = 49 \text{ Nm}$$

$$M_m = \frac{M_{máx} + M_{mín}}{2} = 73'5 \text{ Nm} \; ; \; M_a = \frac{M_{máx} - M_{mín}}{2} = 24'5 \text{ Nm}$$

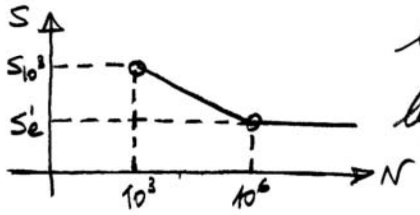
$$\sigma_m = \frac{M_m c}{I} = \frac{73'5 \times 0'008}{\frac{1}{12} 0'01 \times 0'016^3} = 172'25 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = \frac{M_a c}{I} = \frac{24'5 \times 0'008}{\frac{1}{12} 0'01 \times 0'016^3} = 57'5 \text{ MPa}$$

Entonces, ya se puede calcular el número de ciclos que puede soportar cada sección.

Sección A

$$\frac{\sigma_m}{S_u} + \frac{\sigma_a}{S_N} = \frac{1}{CS} \; ; \quad \frac{220'5}{590} + \frac{36'75}{S_N} = \frac{1}{2} \quad \Rightarrow S_N = 291 \text{ MPa}$$



$$\log S_N = \log S_{10^3} + \frac{\log S_e - \log S_{10^3}}{6-3} (\log N - 3)$$

$$\log 291 = \log 531 + \frac{\log 230 - \log 531}{3} (\log N - 3)$$

$$\boxed{N = 143.387 \text{ ciclos}}$$

Sección B

$$\frac{\sigma_m}{S_u} + \frac{\sigma_a}{S_N} = \frac{1}{CS} \; ; \quad \frac{172'25}{590} + \frac{57'5}{S_N} = \frac{1}{2} \quad \Rightarrow \quad S_N = 276 \text{ MPa}$$

$$\log 276 = \log 531 + \frac{\log 153 - \log 531}{3} (\log N - 3)$$

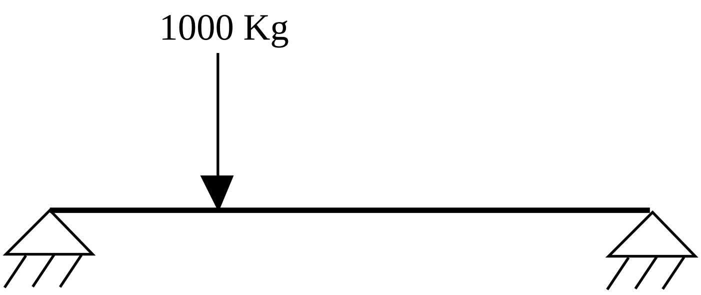
$$\boxed{N = 37.812 \text{ ciclos}}$$

Por lo tanto, la pieza romperá por la sección B después de soportar 37.812 ciclos.

Nota: en ambas secciones se cumple sobradamente la condición $\sigma_m + \sigma_a < S_y$.

Examen de TECNOLOGIA DE MAQUINAS – Septiembre 96
Nombre ....

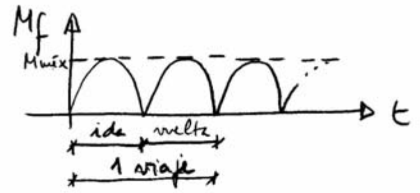
La viga biapoyada de la figura está fabricada en acero AISI 1035 estirado en frío, tiene una longitud de dos metros y sección tubular, siendo el diámetro exterior de 10 cm y el interior de 9 cm. Además, se le ha practicado un agujero vertical centrado de 1 cm de diámetro justamente en la mitad de la barra.
La barra ha de soportar una carga móvil de 1000 Kg. El movimiento de la carga consiste en idas y vueltas contínuas de un extremo al otro de la barra, y se produce a una velocidad muy baja, de manera que pueden despreciarse los efectos dinámicos.
Calcular el número de viajes de la carga que puede soportar la barra hasta romperse, entendiendo por viaje una ida y una vuelta.



AISI 1035 $\Rightarrow$ $S_u = 550$ MPa , $S_y = 460$ MPa

Obviamente, la sección más peligrosa es el centro de la barra, donde se dan las máximas tensiones y hay además un debilitamiento a causa del agujero.

Los momentos flectores en la sección central variarán de la siguiente forma a lo largo del tiempo:



$$Mf_{máx} = \frac{PL}{4} = \frac{1000 \times 9'81 \times 2}{4}$$

$$Mf_{máx} = 4905 \text{ Nm}$$

Las tensiones serán,

$$\sigma_{máx} = \frac{Mf_{máx}\, R}{I} = \frac{4905 \times 0'05}{\frac{1}{4}\pi\left(0'05^4 - 0'045^4\right)} = 145 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{mín} = 0$$

Ahora bien, el agujero vertical produce un debilitamiento en la sección resistente, que se recoge con un coeficiente (ver tabla A-16).

$$\frac{d}{D} = 0'9 \; ; \; \frac{a}{D} = 0'1 \quad \Rightarrow \quad A = 0'86$$

Entonces,

$$\sigma_{máx} = \frac{145}{0'86} = 168'6 \text{ MPa} \quad ; \quad \sigma_{mín} = 0$$

Los valores medio y alternado serán,

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{máx} + \sigma_{mín}}{2} = 84'3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{máx} - \sigma_{mín}}{2} = 84'3 \text{ MPa}$$

Vistas las cargas, vamos con los valores de resistencia.

$S_{10^3} = 0'9\, S_u = 0'9 \times 550 = 495$ MPa

$S_e' = 0'5\, S_u = 0'5 \times 550 = 275$ MPa

$k_a = 4'51 \times 550^{-0'265} = 0'847$

$d_{eq} = 0'37\, d = 0'37 \times 100 = 37$ mm   por ser flexión alternante, no rotativa.

$k_b = 1'189\, d_{eq}^{-0'097} =$

$= 1'189 \times 37^{-0'097} = 0'837$

$k_f = 1 + q(k_t - 1) \quad \left\{ \begin{array}{l} q = 0'81 \\ k_t = 2'49 \end{array} \right.$

$k_f = 1 + 0'81(2'49 - 1) = 2'2069$

$k_e = \dfrac{1}{k_f} = \dfrac{1}{2'2069} = 0'453$

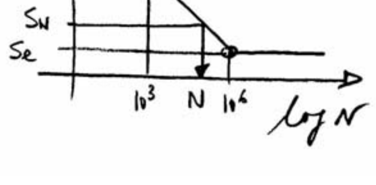
$S_e = k_a k_b k_e S_e' = 0'847 \times 0'837 \times 0'453 \times 275 = 88$ MPa

Así pues, aplicando el criterio de Goodman modificado,

$$\frac{\sigma_m}{S_u} + \frac{\sigma_a}{S_N} = 1$$

$$\frac{84'3}{550} + \frac{84'3}{S_N} = 1 \quad \Rightarrow \quad S_N = 99 \text{ MPa}$$

Entonces, conocida la resistencia a 10^3 ciclos y a vida infinita, la resistencia obtenida equivale a una vida de,



$$\log 99 = \log 495 + \frac{\log 88 - \log 495}{3}(\log N - 3)$$

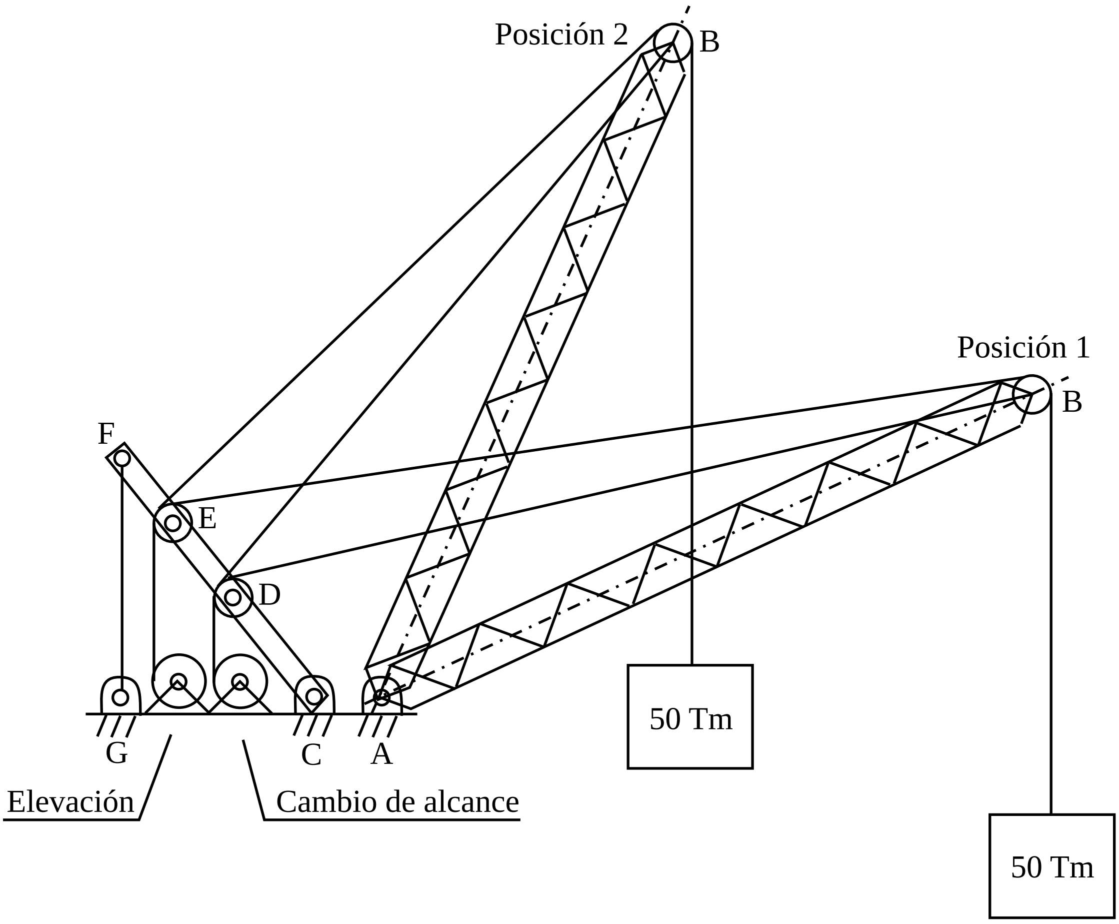
$\underline{N = 624343 \text{ ciclos}}$

Pero como llamamos viaje a una ida y una vuelta, $\boxed{N = 312171 \text{ viajes}}$

Examen de TECNOLOGIA DE MAQUINAS – Septiembre 99

Nombre ....

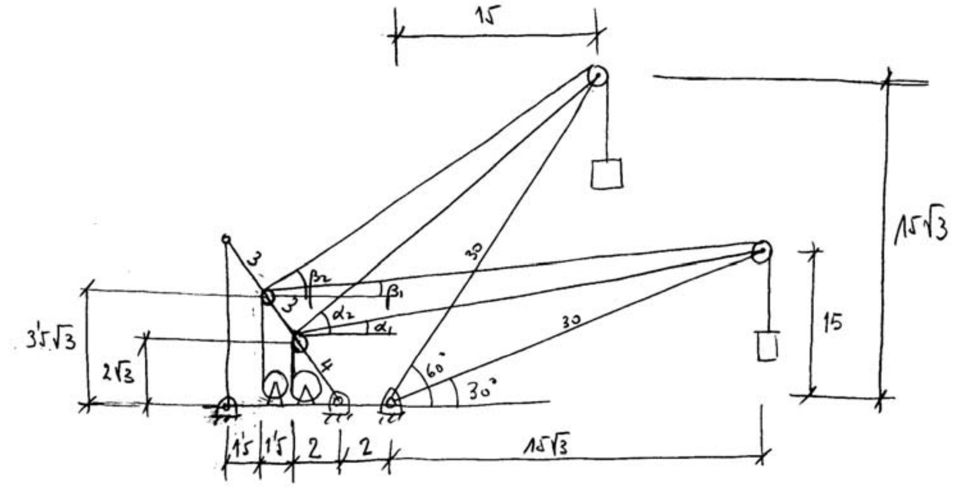
La figura muestra una grúa de pluma que porta una carga de 50 Tm. La pluma AB tiene una longitud de 30 m y un peso de 20 Tm. El funcionamiento de la grúa se produce en base a dos mecanismos: el de elevación, en el que un tambor enrolla o desenrolla un cable que, tras pasar por las poleas montadas en E y B, se une en su extremo a la carga, y así ésta sube o baja; y el de cambio de alcance, en el que otro tambor enrolla o desenrolla un cable que, tras pasar por la polea montada en D, se une en su extremo al punto B de la pluma, y así ésta sube o baja. Los tramos de cable que van de los tambores de elevación y cambio de alcance a las poleas montadas en E y D, respectivamente, se encuentran completamente verticales. Para dar soporte a las poleas D y E, se ha dispuesto una estructura articulada, integrada por la barra CF, que forma 60º con la horizontal, y el tirante vertical FG. Las poleas montadas en B, D y E pueden considerarse de radio despreciable. Además, AC=2 m, CD=4 m, DE=EF=3 m.



En la figura se han representado dos posiciones de trabajo: la posición 1, en la que la pluma forma un ángulo de 30º con la horizontal; y la posición 2, en la que dicho ángulo es de 60º. Para pasar de una a otra se hace girar el tambor de cambio de alcance, permaneciendo fijo el de elevación: si el tambor de cambio de alcance enrolla cable, se pasa de la posición 1 a la 2; si desenrolla cable, se pasa de la 2 a la 1. El paso de la posición 1 a la 2 y regreso se considera un ciclo de trabajo.

Si el tirante FG es de acero AISI 1035 estirado en frío y sección circular, determinar el diámetro que habrá de poseer para soportar 10.000 ciclos de trabajo con un coeficiente de seguridad de valor 2.

Nota: No se tengan en cuenta en el cálculo los efectos dinámicos. Considérense despreciables los pesos de todos los elementos a excepción de los de carga y pluma. Tómese un factor de tamaño para el tirante, k_b=0.7.

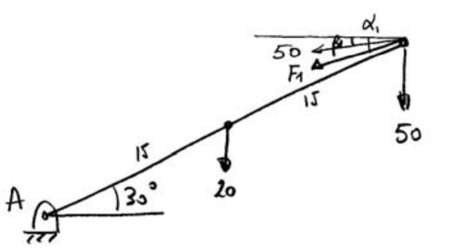


$$tg\,\alpha_1 = \frac{15-2\sqrt{3}}{15\sqrt{3}+4} \Rightarrow \alpha_1 = 21'05^\circ \; ; \; tg\,\alpha_2 = \frac{15\sqrt{3}-2\sqrt{3}}{15+4} \Rightarrow \alpha_2 = 49'84^\circ$$

$$tg\,\beta_1 = \frac{15-3'5\sqrt{3}}{15\sqrt{3}+5'5} \Rightarrow \beta_1 = 15'85^\circ \; ; \; tg\,\beta_2 = \frac{15\sqrt{3}-3'5\sqrt{3}}{15+5'5} \Rightarrow \beta_2 = 44'18^\circ$$

Equilibrio de la pluma en la posición 1

$\Sigma M_A = 0$

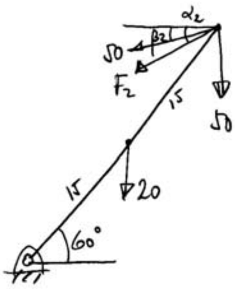


$$20 \times 15 \cos 30 + 50 \times 30 \cos 30 + 50 \,sen\, \beta_1 \times 30 \cos 30 + F_1 \,sen\, \alpha_1 \times 30 \cos 30 = 50 \cos \beta_1 \times 30 \,sen\, 30 + F_1 \cos \alpha_1 \times 30 \,sen\, 30$$

$$F_1 = 255'43 \text{ Tm}$$

Equilibrio de la pluma en la posición 2

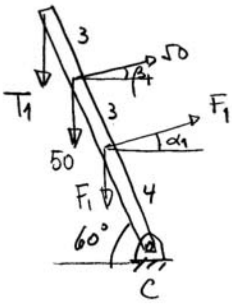
$\Sigma M_A = 0$



$$20 \times 15 \cos 60 + 50 \times 30 \cos 60 + 50 \,sen\, \beta_2 \times 30 \cos 60 + F_2 \,sen\, \alpha_2 \times 30 \cos 60 = 50 \cos \beta_2 \times 30 \,sen\, 60 + F_2 \cos \alpha_2 \times 30 \,sen\, 60$$

$$F_2 = 92'80 \text{ Tm}$$

Equilibrio de la barra CF en la posición 1

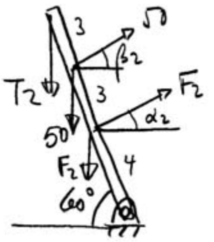


$$\sum M_C = 0$$

$$4F_1\,\text{sen}(60+\alpha_1) + 7\times 50\,\text{sen}(60+\beta_1) = 10\,T_1\,\text{sen}\,30 +$$
$$+\,7\times 50\,\text{sen}\,30 + 4F_1\,\text{sen}\,30$$

$$\underline{T_1 = 132'56 \text{ Tm}}$$

Equilibrio de la barra CF en la posición 2

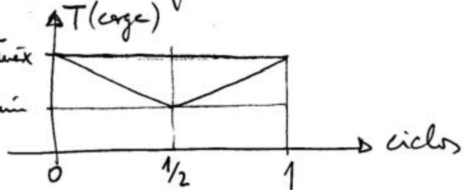


$$\sum M_C = 0$$

$$4F_2\,\text{sen}(60+\alpha_2) + 7\times 50\,\text{sen}(60+\beta_2) = 10\,T_2\,\text{sen}\,30 +$$
$$+\,7\times 50\,\text{sen}\,30 + 4F_2\,\text{sen}\,30$$

$$\underline{T_2 = 65'58 \text{ Tm}}$$

Fatiga del Tirante FG: sometido a carga axial únicamente.



$T_{máx} = 132'56$ Tm

$T_{mín} = 65'58$ Tm

$$T_m = \frac{T_{máx}+T_{mín}}{2} = \frac{132'56+65'58}{2}\times 9'81\times 10^3 = 971876'7 \text{ N}$$

$$T_a = \frac{T_{máx}-T_{mín}}{2} = \frac{132'56-65'58}{2}\times 9'81\cdot 10^3 = 328536'9 \text{ N}$$

AISI 1035 estirado en frío $\longrightarrow$ $S_u = 550$ MPa, $S_y = 460$ MPa

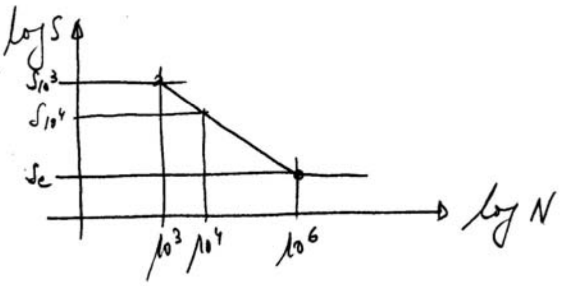
$S_{10^3} = 0'75\,S_u = 0'75\times 550 = 412'5$ MPa

$S'_e = 0'46\,S_u = 0'46\times 550 = 253$ MPa

$$k_a = a\,S_u^{\,b} = 4'51 \times 550^{-0'265} = 0'847$$

$$k_b = 0'7$$

$$S_e = k_a\,k_b\,S'_e = 0'847 \times 0'7 \times 253 = 150 \text{ MPa}$$



$$\log S_{10^4} = \log S_{10^3} + \frac{\log S_e - \log S_{10^3}}{\log 10^6 - \log 10^3}\left(\log 10^4 - \log 10^3\right)$$

$$\log S_{10^4} = \log 412'5 + \frac{\log 150 - \log 412'5}{6-3}\,(4-3)$$

$$\underline{S_{10^4} = 294'4 \text{ MPa}}$$

Entonces, aplicando el criterio de Goodman modificado,

$$\frac{\sigma_m}{S_u} + \frac{\sigma_a}{S_N} = \frac{1}{C_S}$$

$$\frac{\dfrac{971876'7}{A}}{550 \cdot 10^6} + \frac{\dfrac{328536'9}{A}}{294'4 \cdot 10^6} = \frac{1}{2} \quad \Rightarrow \quad A = 5'766 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A = 5'766 \cdot 10^{-3} = \frac{\pi d^2}{4} \quad \Rightarrow \quad d = 0'086 \text{ m} = \boxed{8'6 \text{ cm} = d}$$

Este debe ser, por tanto, el diámetro del tirante.

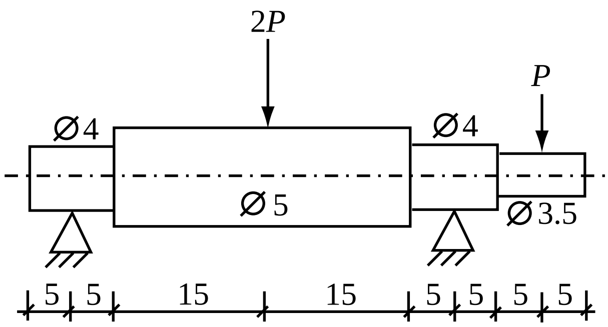
Comprobemos la fluencia,

$$\frac{\sigma_m + \sigma_a}{S_y} = \frac{1}{C_S} \; ; \qquad \frac{\dfrac{971876'7 + 328536'9}{5'766 \cdot 10^{-3}}}{460 \cdot 10^6} = \frac{1}{C_S} \Rightarrow \underline{C_S = 2'03}$$

luego la fluencia es algo menos restrictiva.

1º Ejercicio de TECNOLOGIA DE MAQUINAS – Curso 00/01
Grupo nº …………..
Nombres ....
....
....

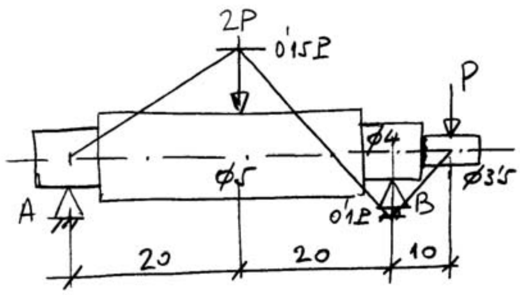
El eje de la figura ha sido fabricado en acero SAE-1040 estirado en frío, y gira soportado en dos apoyos. Las dimensiones están en cm y todos los radios de acuerdo son de 0.25 cm.



El eje pertenece a una máquina cuyo ciclo completo de operación implica los siguientes ciclos y cargas sobre el eje:

Ciclos	*P* (N)
100	15000
10	25000
1	35000

Determinar el número de ciclos completos de operación que podrá soportar el eje hasta romperse.



$0'5P + 0'2 \times 2P = 0'4\, R_B \Rightarrow R_B = 2'25\,P$

$R_A + 2'25\,P = 3P \Rightarrow R_A = 0'75\,P$

La sección más crítica será la de transición de $\phi 4$ a $\phi 3'5$.

AISI-1040 est. en frío: $S_u = 590$ MPa ; $S_y = 490$ MPa

$S_{10^3} = 0'9 \times 590 = 531$ MPa

$S_e' = 0'5 \times 590 = 295$ MPa

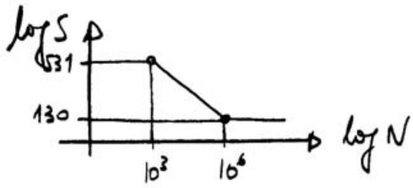
$K_a = 4'51 \times 590^{-0'265} = 0'83$

$K_b = 1'189 \times 35^{-0'097} = 0'84$

$$\left.\begin{aligned} \frac{r}{d} &= \frac{2'5}{35} = 0'071 \\ \frac{D}{d} &= \frac{40}{35} = 1'14 \end{aligned}\right\} K_t = 1'73 \quad ; \quad \left.\begin{aligned} r &= 2'5 \text{ mm} \\ S_u &= 0'59 \text{ GPa} \end{aligned}\right\} q = 0'8$$

$K_f = 1 + 0'8\,(1'73 - 1) = 1'58$

$S_e = 0'83 \times 0'84 \times \dfrac{1}{1'58}\, 295 = 130$ MPa



$$M = 0'05P \Rightarrow \sigma = \frac{0'05P \times 17'5 \cdot 10^{-3}}{\frac{\pi}{4}(17'5 \cdot 10^{-3})^4} = 11879\,P \text{ (Pa)}$$

n (ciclos)	P (N)	σ (MPa)	N (ciclos)
100 cco	15000	183	213829
10 cco	25000	297	17324
1 cco	35000	416	3313

donde "cco" son los ciclos completos de operación de la máquina, y N son los ciclos que aguantaría el eje con ese nivel de tensión, obtenido de,

$$\log \sigma = \log 531 + \frac{\log 130 - \log 531}{6-3}(\log N - 3)$$

Entonces, el número total de "cco" que soportará el eje será,

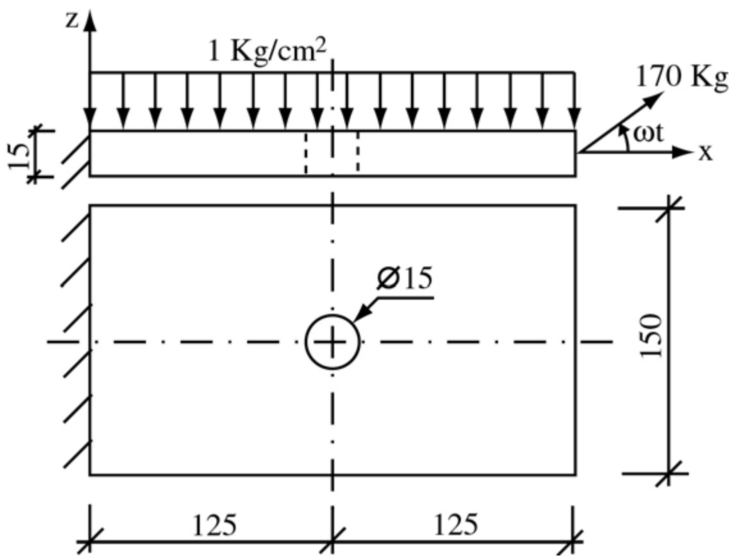
$$\frac{100\,cco}{213829} + \frac{10\,cco}{17324} + \frac{cco}{3313} = 1$$

$$\boxed{cco = 742}$$

Luego el eje soportaría 742 ciclos completos de operación de la máquina antes de romperse.

Examen de TECNOLOGIA DE MAQUINAS – Febrero 01
Nombre ....

La placa en voladizo de la figura se encuentra sometida a una carga permanente de 1 Kg/cm^2, repartida uniformemente en toda su superficie, y a otra carga de 170 Kg provocada por un desequilibrio, distribuida también uniformemente en el borde libre, que gira según muestra el dibujo con velocidad angular constante ω. La placa, fabricada en acero de S_u=60 Kg/mm^2 y S_y=40 Kg/mm^2, se halla completamente mecanizada y ha de soportar 100.000 ciclos de carga. Las dimensiones están en mm.



Determinar el coeficiente de seguridad de que se dispone respecto al fallo por fatiga de la placa, e indicar cuál es la sección más peligrosa.

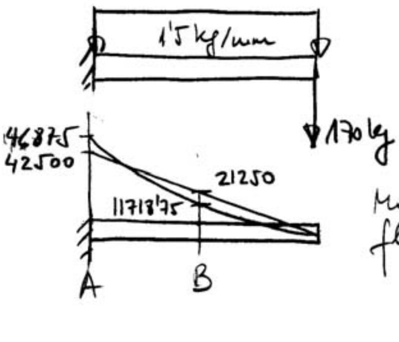
La placa va a verse sometida a esfuerzos de flexión y axiales.
Las dos secciones susceptibles de ser analizadas son el empotramiento (A) y la sección del agujero (B).

Esfuerzos

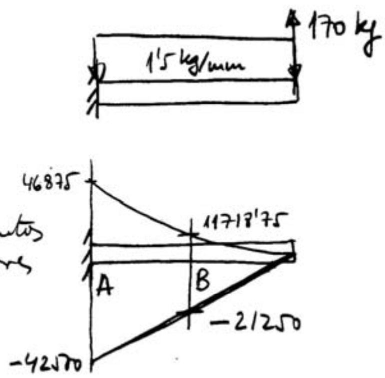
La carga constante por unidad de área puede transformarse a carga por unidad de longitud:

$$1\ kg/cm^2 = 1\times 15\ kg/cm = 1'5\ kg/mm$$

Flexión



Momentos flectores



El momento flector debido a la carga de 1'5 kg/mm vale,

$$M_f = q x \frac{x}{2} = \frac{1}{2} q x^2 = \frac{1}{2} 1'5 x^2 = 0'75 x^2$$

donde x se ha contado desde el extremo derecho. En el empotramiento, $M_f^A = 0'75 \times 250^2 = 46875$ kg mm. En la sección del agujero, $M_f^B = 0'75 \times 125^2 = 11718'75$ kg mm.

En cuanto a la carga de 170 kg, en el empotramiento da, $M_f^A = 170 \times 250 = 42500$ kg mm. En la sección del agujero resulta, $M_f^B = 170 \times 125 = 21250$ kg mm.

Entonces,

Sección A

$$\begin{cases} M_{máx} = 46875 + 42500 = 89375 \text{ kg mm} \\ M_{mín} = 46875 - 42500 = 4375 \text{ kg mm} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sigma_{máx} = \dfrac{M_{máx}\, c}{I} = \dfrac{89375 \times 7'5}{\frac{1}{12} 150 \times 15^3} = 15'89 \ kg/mm^2 \\ \sigma_{mín} = \dfrac{M_{mín}\, c}{I} = \dfrac{4375 \times 7'5}{\frac{1}{12} 150 \times 15^3} = 0'78 \ kg/mm^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sigma_m = \dfrac{\sigma_{máx} + \sigma_{mín}}{2} = \dfrac{15'89 + 0'78}{2} = 8'335 \ kg/mm^2 \\ \sigma_a = \dfrac{\sigma_{máx} - \sigma_{mín}}{2} = \dfrac{15'89 - 0'78}{2} = 7'555 \ kg/mm^2 \end{cases}$$

<u>Sección B</u>

$$\begin{cases} M_{máx} = 11718'75 + 21250 = 32968'75 \ kg\,mm \\ M_{mín} = 11718'75 - 21250 = -9531'25 \ kg\,mm \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sigma_{máx} = \dfrac{M_{máx}\, c}{I} = \dfrac{32968'75 \times 7'5}{\frac{1}{12} 135 \times 15^3} = 6'51 \ kg/mm^2 \\ \sigma_{mín} = \dfrac{M_{mín}\, c}{I} = \dfrac{-9531'25 \times 7'5}{\frac{1}{12} 135 \times 15^3} = -1'88 \ kg/mm^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sigma_m = \dfrac{\sigma_{máx} + \sigma_{mín}}{2} = \dfrac{6'51 - 1'88}{2} = 2'315 \ kg/mm^2 \\ \sigma_a = \dfrac{\sigma_{máx} - \sigma_{mín}}{2} = \dfrac{6'51 - (-1'88)}{2} = 4'195 \ kg/mm^2 \end{cases}$$

<u>Axial</u>

<u>Sección A</u>

$\sigma_{máx} = \dfrac{170}{150 \times 15} = 0'076 \ kg/mm^2$; $\sigma_{mín} = -0'076 \ kg/mm^2$

$\sigma_m = 0$; $\sigma_a = 0'076 \ kg/mm^2$.

Sección B

$$\sigma_{máx} = \frac{170}{135\times 15} = 0'084 \ kg/mm^2 \ ; \ \sigma_{mín} = -0'084 \ kg/mm^2$$

$$\sigma_m = 0 \ ; \ \sigma_a = 0'084 \ kg/mm^2$$

La acción combinada de flexión y axial resulta,

Sección A

$$\bar{\sigma}_m = 8'335 \ kg/mm^2 \ ; \ \bar{\sigma}_a^* = (7'555 + \alpha_a^A \times 0'076) \ kg/mm^2,$$

donde α_a será determinado cuando se conozcan las resistencias a flexión y axial.

Sección B

$$\bar{\sigma}_m = 2'315 \ kg/mm^2 \ ; \ \bar{\sigma}_a^* = (4'195 + \alpha_a^B \times 0'084) \ kg/mm^2$$

$\boxed{\text{Resistencia}}$

Flexión

Sección A

$$S_{10^3} = 0'9\times 60 = 54 \ kg/mm^2$$

$$S'_e = 0'5\times 60 = 30 \ kg/mm^2$$

$$k_a = 4'51\,(60\times 9'81)^{-0'265} = 0'83$$

$$d_{eq} = 0'81\sqrt{150\times 15} = 38'42 \ mm$$

$$k_b = 1'189\times 38'42^{-0'097} = 0'83$$

$$S_e = 0'83\times 0'83\times 30 = 20'67 \ kg/mm^2$$

$$\log S_{10^5}^A = \log 54 + \frac{\log 20'67 - \log 54}{3}\times 2$$

$$S_{10^5}^A = 28'47 \ kg/mm^2$$

Sección B

$$d_{eq} = 0'81\sqrt{135\times 15} = 36'45 \ mm$$

$$k_b = 1'189\times 36'45^{-0'097} = 0'83$$

$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{d}{w} = \dfrac{15}{150} = 0'1 \\ \dfrac{d}{h} = \dfrac{15}{15} = 1 \end{array}\right\} k_t = 2$$

$$\left.\begin{array}{l} r = 7'5 \ mm \\ S_u \simeq 0'6 \ GPa \end{array}\right\} q = 0'83$$

$$k_f = 1 + 0'83\,(2-1) = 1'83$$

$$S_e = 0'83\times 0'83\times \frac{1}{1'83}\,30 = 11'29 \ kg/mm^2$$

$$\log S_{10^5}^B = \log 54 + \frac{\log 11'29 - \log 54}{3}\times 2 \Rightarrow S_{10^5}^B = 19'02 \ kg/mm^2$$

Axial

Sección A

$S_{10^3} = 0'75 \times 60 = 45 \ kg/mm^2$

$S'_e = 0'46 \times 60 = 27'6 \ kg/mm^2$

$K_a = 0'83 \ ; \ K_b = 0'7$

$S_e = 0'83 \times 0'7 \times 27'6 = 16'64 \ kg/mm^2$

$$\log S^A_{10^5} = \log 45 + \frac{\log 16'64 - \log 45}{3} \times 2$$

$S^A_{10^5} = 22'62 \ kg/mm^2$

Sección B

$\frac{d}{w} = \frac{15}{150} = 0'1 \Rightarrow k_t = 2'66$

$q = 0'83$

$k_f = 1 + 0'83(2'66 - 1) = 2'38$

$$S_e = 0'83 \times 0'7 \times \frac{1}{2'38} \times 27'6 = 6'73 \ kg/mm^2$$

$$\log S^B_{10^5} = \log 45 + \frac{\log 6'73 - \log 45}{3} \times 2$$

$S^B_{10^5} = 12'67 \ kg/mm^2$

Factores de comparación

Si se toma como referencia la flexión, se tiene,

Sección A

$$\alpha_f = 1 \ ; \ \alpha^A_a = \frac{28'47}{22'62} = 1'26$$

Sección B

$$\alpha_f = 1 \ ; \ \alpha^B_a = \frac{19'02}{12'67} = 1'50$$

Ya se puede ahora calcular la acción combinada de flexión y axial en lo que a carga se refiere,

Sección A

$\bar{\sigma}_m = 8'335 \ kg/mm^2 \ ; \ \bar{\sigma}^*_a = 7'555 + 1'26 \times 0'076 = 7'65 \ kg/mm^2$

Sección B

$\bar{\sigma}_m = 2'315 \ kg/mm^2 \ ; \ \bar{\sigma}^*_a = 4'195 + 1'50 \times 0'084 = 4'321 \ kg/mm^2$

$\boxed{\text{Goodman}}$

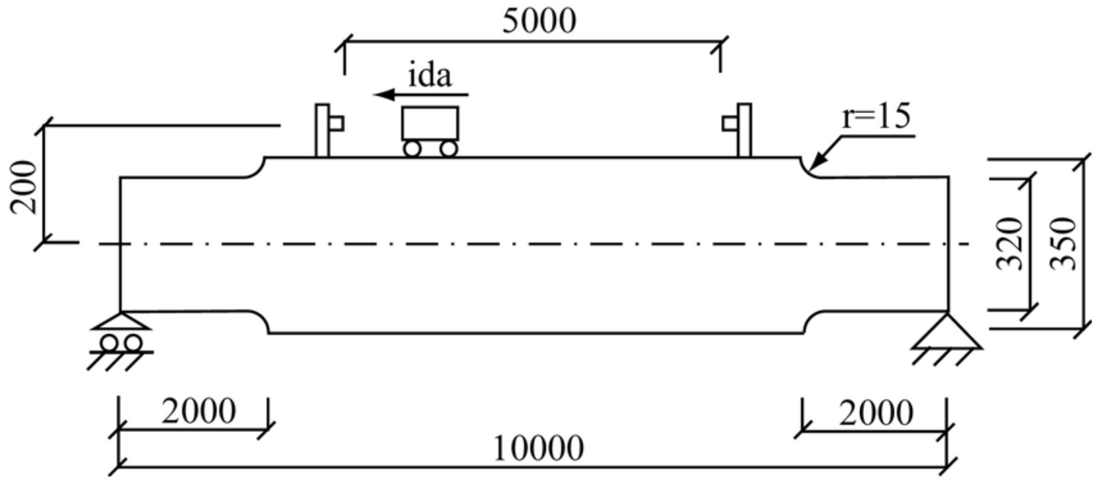
Sección A : $\frac{8'335}{60} + \frac{7'65}{28'47} = \frac{1}{G} \Rightarrow \boxed{G^A = 2'45}$ Sección más crítica

Sección B : $\frac{2'315}{60} + \frac{4'321}{19'02} = \frac{1}{G} \rightarrow G^B = 3'76$

Frente a plasticidad : $\sigma_{máx} = 15'89 + 0'076 = 15'966 < 40 = S_y$

Examen de TECNOLOGIA DE MAQUINAS – Septiembre 01
Nombre ....

En la figura se representa la viga de un puente-grúa. Sobre la viga se desplaza un carro que soporta una carga de 5 Tm. El carro se ve frenado en su recorrido por unos topes de caucho en los que se produce una fuerza igual a tres veces la carga del carro (tómese k_b=0.7 para carga axial, debido a la excentricidad de la misma).



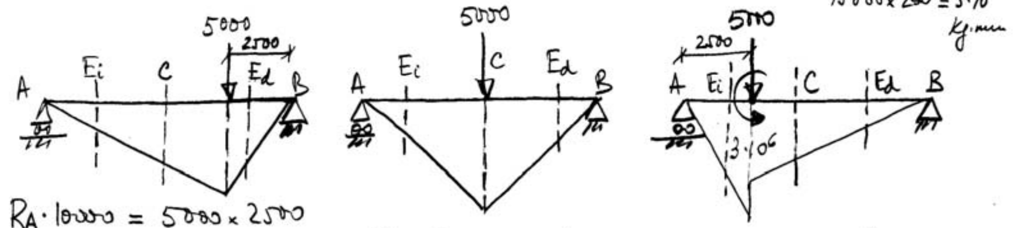
Sabiendo que, a lo largo de la vida útil del puente-grúa, se van a producir 100.000 recorridos completos de ida y vuelta, y que el carro vuelve descargado, determinar el espesor de chapa que debe poseer la viga. Indicar también los dos puntos más críticos de la viga.

Las propiedades resistentes del material a emplear son: S_u=60 Kg/mm^2; S_y=40 Kg/mm^2. El material se ha obtenido por laminación en caliente, pero en las entallas de la viga ha sido después mecanizado. Todas las distancias de la figura se encuentran en mm.

Las secciones más peligrosas serán la sección central de la viga y las correspondientes a las entallas. De las dos entallas, sólo la derecha soportará carga axial.

Vamos a estudiar la flexión de la viga.

$15000 \times 200 = 3\cdot 10^6$ kg·mm



$R_A \cdot 10000 = 5000 \times 2500$

$R_A = 1250$ kg

$R_B = 3750$ kg

$M_C = 1250 \times 5000 = 6'25\cdot 10^6$

$M_{Ei} = 1250 \times 2000 = 2'5\cdot 10^6$

$M_{Ed} = 3750 \times 2000 = 7'5\cdot 10^6$

$R_A = R_B = 2500$ kg

$M_C = 2500 \times 5000 = 12'5\cdot 10^6$

$M_{Ei} = 2500 \times 2000 = 5\cdot 10^6$

$M_{Ed} = 5\cdot 10^6$

$R_A \cdot 10000 = 3\cdot 10^6 + 5000\cdot 7500$

$R_A = 4050$ kg

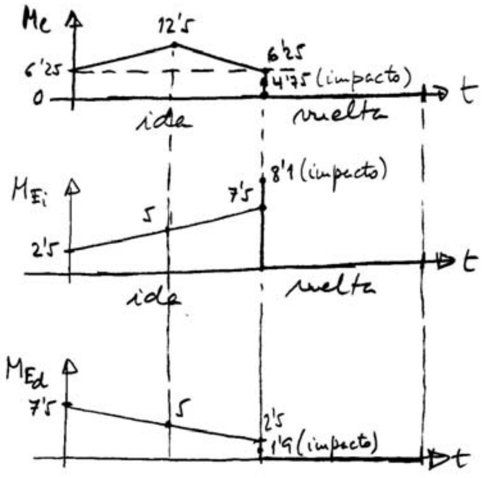
$R_B = 950$ kg

$M_C = 950 \times 5000 = 4'75\cdot 10^6$

$M_{Ei} = 4050 \times 2000 = 8'1\cdot 10^6$

$M_{Ed} = 950 \times 2000 = 1'9\cdot 10^6$

Por tanto, las gráficas de esfuerzo flector en las tres secciones, en cada ciclo, son,



$M = 0 \div 12'5\cdot 10^6$ kg mm

$F = 0 \div 15000$ kg (axial)

$M = 0 \div 8'1\cdot 10^6$ kg·mm

$M = 0 \div 7'5\cdot 10^6$ kg·mm

$F = 0 \div 15000$ kg (axial)

Vamos a realizar ahora el estudio de cada sección.

Sección C

$M = 0 \div 12'5 \cdot 10^6$ kg mm

$\sigma_{máx}^{fl} = \dfrac{12'5 \cdot 10^6 \cdot 175}{\frac{1}{12} b \cdot 350^3} = \dfrac{612'3}{b}$ kg/mm²

$\sigma_m^{fl} = \sigma_a^{fl} = \dfrac{\sigma_{máx}^{fl}}{2} = \dfrac{306'15}{b}$ kg/mm²

$S_{10^3} = 0'9\, S_u = 0'9 \cdot 60 = 54$ kg/mm²

$S_e' = 0'5\, S_u = 0'5 \cdot 60 = 30$ kg/mm²

$K_a = 57'7\,(S_u)^{-0'718} = 57'7\,(60 \cdot 9'81)^{-0'718} = 0'592$

$d_{eq} = 0'81\sqrt{350\, b}$

$K_b = 1'189\, d_{eq}^{-0'097}$

Como depende de b, por el momento dejamos $k_b = 1$

$S_e = 0'592 \cdot 30 = 17'76$ kg/mm²

$\log S_{10^5} = \log 54 + \dfrac{\log 17'76 - \log 54}{3} \times 2$

$S_{10^5}^{fl} = 25'72$ kg/mm²

$\alpha_{fl} = 1$

$F = 0 \div 15000$ kg

$\sigma_{máx}^{ax} = \dfrac{15000}{350\, b} = \dfrac{42'9}{b}$ kg/mm²

$\sigma_m^{ax} = \sigma_a^{ax} = \dfrac{\sigma_{máx}^{ax}}{2} = \dfrac{21'45}{b}$ kg/mm²

$S_{10^3} = 0'75\, S_u = 0'75 \cdot 60 = 45$ kg/mm²

$S_e' = 0'46\, S_u = 0'46 \cdot 60 = 27'6$ kg/mm²

$K_b = 0'7$

$S_e = 0'592 \cdot 0'7 \cdot 27'6 = 11'43$ kg/mm²

$\log S_{10^5} = \log 45 + \dfrac{\log 11'43 - \log 45}{3} \times 2$

$S_{10^5}^{ax} = 18'04$ kg/mm²

$\alpha_{ax} = \dfrac{S_{10^5}^{fl}}{S_{10^5}^{ax}} = \dfrac{25'72}{18'04} = 1'43$

$\overline{\sigma_m} = \sigma_m^{fl} + \sigma_m^{ax} = \dfrac{306'15}{b} + \dfrac{21'45}{b} = \dfrac{327'6}{b}$ kg/mm²

$\overline{\sigma_a}^{*} = \sigma_a^{fl} + \alpha_{ax}\,\sigma_a^{ax} = \dfrac{306'15}{b} + 1'43\,\dfrac{21'45}{b} = \dfrac{336'9}{b}$ kg/mm²

$\overline{\sigma_a} = \sigma_a^{fl} + \sigma_a^{ax} = \dfrac{306'15}{b} + \dfrac{21'45}{b} = \dfrac{327'6}{b}$ kg/mm²

$\dfrac{\overline{\sigma_m}}{S_u} + \dfrac{\overline{\sigma_a}^{*}}{S_{10^5}^{fl}} = 1 \Rightarrow \dfrac{327'6}{60 \cdot b} + \dfrac{336'9}{25'72\, b} = 1 \Rightarrow \underline{b = 18'56 \text{ mm}}$

$$\frac{\overline{\sigma_m} + \overline{\sigma_a}}{S_y} = 1 \Rightarrow \frac{327'6 + 327'6}{40\,b} = 1 \Rightarrow \underline{b = 16'38 \text{ mm}}$$

Luego la condición más restrictiva para esta sección es: $b = 18'56$ mm. Ahora bien, faltaba considerar k_b en la flexión. Vamos pues a rehacer los cálculos con el nuevo dato del ancho.

$$d_{eq} = 0'81\sqrt{350 \cdot 18'56} = 65'3 \text{ mm}$$

$$k_b = 1'189 \cdot 65'3^{-0'097} = 0'792$$

$$S_e = 17'76 \cdot 0'792 = 14'06 \text{ kg/mm}^2$$

$$\log S_{10^5} = \log 54 + \frac{\log 14'06 - \log 54}{3} \times 2 \Rightarrow S_{10^5}^{fl} = 22'01 \text{ kg/mm}^2$$

$$\alpha_{ax} = \frac{22'01}{18'04} = 1'22$$

$$\overline{\sigma_a}^* = \sigma_a^{fl} + \alpha_{ax}\,\sigma_a^{ax} = \frac{306'15}{b} + 1'22\,\frac{21'45}{b} = \frac{332'4}{b} \text{ kg/mm}^2$$

$$\frac{\overline{\sigma_m}}{S_u} + \frac{\overline{\sigma_a}^*}{S_{10^5}^{fl}} = 1 \Rightarrow \frac{327'6}{60\,b} + \frac{332'4}{22'01\,b} = 1 \Rightarrow b = 20'56 \text{ mm}$$

Si se vuelven a modificar los cálculos utilizando para el cálculo de k_b el valor $b = 20'56$, la diferencia es muy pequeña y resulta $b = 20'59$. Por tanto, el espesor mínimo de chapa a que obliga esta sección es $\boxed{b = 21 \text{ mm}}$.

Sección Ei

$$M = 0 \div 8'1 \cdot 10^6 \ \text{kg}\cdot\text{mm}$$

$$\sigma_{máx} = \frac{8'1 \cdot 10^6 \cdot 160}{\frac{1}{12} b \cdot 320^3} = \frac{474'6}{b} \ \text{kg/mm}^2$$

$$\sigma_m = \sigma_a = \frac{\sigma_{máx}}{2} = \frac{237'3}{b} \ \text{kg/mm}^2$$

$$S_{10^3} = 54 \ \text{kg/mm}^2 \ ; \ S'_e = 30 \ \text{kg/mm}^2$$

$$k_a = 4'51 \left(S_u\right)^{-0'265} = 4'51 \left(60 \cdot 9'81\right)^{-0'265} = 0'832$$

Para el cálculo de k_b, podemos utilizar como aproximación inicial el valor de b obtenido en la sección C.

$$d_{eq} = 0'81 \sqrt{320 \times 21} = 66'4 \ \text{mm}$$

$$k_b = 1'189 \cdot d_{eq}^{-0'097} = 1'189 \cdot 66'4^{-0'097} = 0'791$$

$$\left.\begin{array}{l} \left.\begin{array}{l} r = 15 \ \text{mm} \\ S_u \simeq 0'6 \ \text{GPa} \end{array}\right\} q = 0'83 \\ \left.\begin{array}{l} \dfrac{r}{d} = \dfrac{15}{320} = 0'0468 \\ \dfrac{D}{d} = \dfrac{350}{320} = 1'09 \end{array}\right\} k_t = 2'04 \end{array}\right\} \begin{array}{l} k_f = 1 + q\left(k_t - 1\right) = \\ = 1 + 0'83\left(2'04 - 1\right) = \\ = 1'87 \end{array}$$

$$S_e = 0'832 \cdot 0'791 \frac{1}{1'87} \cdot 30 = 10'55 \ \text{kg/mm}^2$$

$$\log S_{10^5} = \log 54 + \frac{\log 10'55 - \log 54}{3} \times 2 \Rightarrow S_{10^5} = 18'18 \ \text{kg/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_m}{S_u} + \frac{\sigma_a}{S_{10^5}} = 1 \Rightarrow \frac{237'3}{60\,b} + \frac{237'3}{18'18\,b} = 1 \Rightarrow \underline{b = 17 \ \text{mm}}$$

$$\frac{\sigma_m + \sigma_a}{S_y} = 1 \Rightarrow \frac{237'3 + 237'3}{40\,b} = 1 \Rightarrow \cancel{b = 11'9 \ \text{mm}}$$

Sección Ed

$M = 0 \div 7'5 \cdot 10^6$ kg·mm

$\sigma^{fl}_{máx} = \dfrac{7'5 \cdot 10^6 \cdot 160}{\frac{1}{12} b \cdot 320^3} = \dfrac{439'5}{b}$ kg/mm²

$\sigma^{fl}_m = \sigma^{fl}_a = \dfrac{\sigma^{fl}_{máx}}{2} = \dfrac{219'75}{b}$ kg/mm²

$S_{10^3} = 54$ kg/mm² ; $S'_e = 30$ kg/mm²

$F = 0 \div 15000$ kg

$\sigma^{ax}_{máx} = \dfrac{15000}{320 b} = \dfrac{46'9}{b}$ kg/mm²

$\sigma^{ax}_m = \sigma^{ax}_a = \dfrac{\sigma^{ax}_{máx}}{2} = \dfrac{23'45}{b}$ kg/mm²

$S_{10^3} = 45$ kg/mm² ; $S'_e = 27'6$ kg/mm²

$k_a = 0'832$

$k_b = 0'791$

$k_f = 1'87$

$S_e = 10'55$ kg/mm²

$S^{fl}_{10^5} = 18'18$ kg/mm²

$\alpha_{fl} = 1$

$k_b = 0'7$

$$\left.\begin{array}{l} q = 0'83 \\ \left.\begin{array}{l} \dfrac{r}{d} = 0'0468 \\ \dfrac{D}{d} = 1'09 \end{array}\right\} k_t = 2 \end{array}\right\} k_f = 1'83$$

$S_e = 0'832 \cdot 0'7 \dfrac{1}{1'83} 27'6 = 8'78$ kg/mm²

$\log S_{10^5} = \log 45 + \dfrac{\log 8'78 - \log 45}{3} \times 2$

$S^{ax}_{10^5} = 15'13$ kg/mm²

$\alpha_{ax} = \dfrac{S^{fl}_{10^5}}{S^{ax}_{10^5}} = \dfrac{18'18}{15'13} = 1'2$

$\overline{\sigma_m} = \sigma^{fl}_m + \sigma^{ax}_m = \dfrac{219'75}{b} + \dfrac{23'45}{b} = \dfrac{243'2}{b}$ kg/mm²

$\overline{\sigma_a}^* = \sigma^{fl}_a + \alpha_{ax}\,\sigma^{ax}_a = \dfrac{219'75}{b} + 1'2\,\dfrac{23'45}{b} = \dfrac{247'9}{b}$ kg/mm²

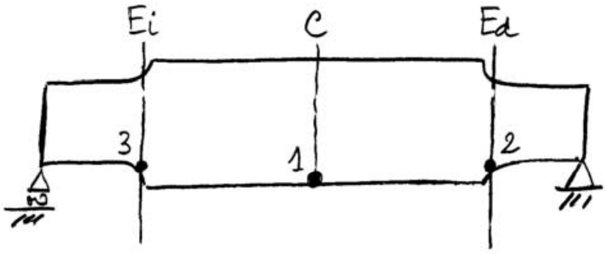
$\overline{\sigma_a} = \sigma^{fl}_a + \sigma^{ax}_a = \dfrac{219'75}{b} + \dfrac{23'45}{b} = \dfrac{243'2}{b}$ kg/mm²

$$\frac{\overline{\sigma_m}}{S_u} + \frac{\overline{\sigma_a}^*}{S_{10^5}^{f\ell}} = 1 \Rightarrow \frac{243'2}{60b} + \frac{247'9}{18'18b} = 1 \Rightarrow \underline{b = 17'7 \text{ mm}}$$

$$\frac{\overline{\sigma_m} + \overline{\sigma_a}}{S_y} = 1 \Rightarrow \frac{243'2 + 243'2}{40b} = 1 \Rightarrow \cancel{b = 12'2 \text{ mm}}$$

Por tanto, la sección más crítica es la C, seguida de la Ed, y después de la Ei.

$$\boxed{b = 21 \text{ mm}}$$



Para concluir, en esta figura se indican los puntos más críticos, numerados por orden de más crítico a menos crítico.

Examen de TECNOLOGIA DE MAQUINAS – Septiembre 07
Nombre...

El punto más desfavorable del eje rotativo de una máquina está sometido a tensiones de flexión, soportando los siguientes tres tipos de carga:

Tipo de carga	σ_{min} (MPa)	σ_{max} (MPa)
1	100	560
2	-200	200
3	-300	300

Datos del eje (de acero):

- Límite de rotura, S_u=1150 MPa
- Límite de fluencia, S_y=780 MPa
- Acabado: rectificado
- Diámetro, d=7.62 mm
- Factor de concentración de tensiones a fatiga en el punto, K_f=2

Determinar:

a) Vida esperada del componente para cada uno de los tipos de carga, si sólo actuara ese tipo de carga.

b) Tanto por ciento de vida del componente consumida si se aplican 20000 ciclos de la carga tipo 1, 100000 ciclos de la carga tipo 2, y 50000 ciclos de la carga tipo 3.

a) Lo primero es obtener las tensiones medias y alternadas para cada tipo de carga:

$$1: \quad \sigma_m = \frac{560+100}{2} = 330 \text{ MPa} \; ; \quad \sigma_a = \frac{560-100}{2} = 230 \text{ MPa}$$

$$2: \quad \sigma_m = \frac{200-200}{2} = 0 \text{ MPa} \; ; \quad \sigma_a = \frac{200+200}{2} = 200 \text{ MPa}$$

$$3: \quad \sigma_m = \frac{300-300}{2} = 0 \text{ MPa} \; ; \quad \sigma_a = \frac{300+300}{2} = 300 \text{ MPa}$$

Ahora, vamos a obtener el diagrama S-N del eje en el punto considerado.

$$\boxed{S_{10^3}} = 0'9\, S_u = 0'9 \times 1150 = \boxed{1035 \text{ MPa}}$$

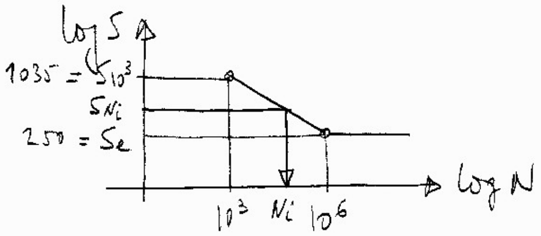
$$S'_e = 0'5\, S_u = 0'5 \times 1150 = 575 \text{ MPa}$$

$$k_a = a\, S_u^b = 1'58 \times 1150^{-0'085} = 0'87$$

$$k_b = 1$$

$$K_f = 2$$

$$\boxed{S_e} = k_a k_b \frac{1}{K_f} S'_e = 0'87 \times 1 \times \frac{1}{2} \times 575 = \boxed{250 \text{ MPa}}$$



Para cada tipo de carga en solitario, se cumplirá, aplicando Goodman,

$$\frac{\sigma_{mi}}{S_u} + \frac{\sigma_{ai}}{S_{Ni}} = 1$$

De donde $S_{Ni} = \dfrac{\sigma_{ai}}{1 - \dfrac{\sigma_{mi}}{S_u}}$

Aplicando esta expresión tenemos, para cada tipo de carga, 1: $S_{N_1} = \dfrac{230}{1-\dfrac{330}{1150}} = 323 \text{ MPa}$

2: $S_{N_2} = \dfrac{200}{1-\dfrac{0}{1150}} = 200 \text{ MPa}$

3: $S_{N_3} = \dfrac{300}{1-\dfrac{0}{1150}} = 300 \text{ MPa}$

Entrando en el diagrama S-N con cada valor S_{N_i}, se obtiene la vida del componente con ese único tipo de carga:

$$\log S_{N_i} = \log S_{10^3} + \frac{\log S_e - \log S_{10^3}}{3}(\log N_i - 3)$$

1: $\log 323 = \log 1035 + \dfrac{\log 250 - \log 1035}{3}(\log N_1 - 3)$

$\boxed{N_1 = 287.750 \text{ ciclos}}$

2: Como $S_{N_2} = 200 \text{ MPa} < S_e = 250 \text{ MPa}$, $\boxed{N_2 = \infty \text{ ciclos}}$

3: $\log 300 = \log 1035 + \dfrac{\log 250 - \log 1035}{3}(\log N_3 - 3)$

$\boxed{N_3 = 412.100 \text{ ciclos}}$

b) Conocidas las vidas esperadas para cada tipo de carga, se puede aplicar la fórmula de Palmgren-Miner para calcular el porcentaje de vida consumido:

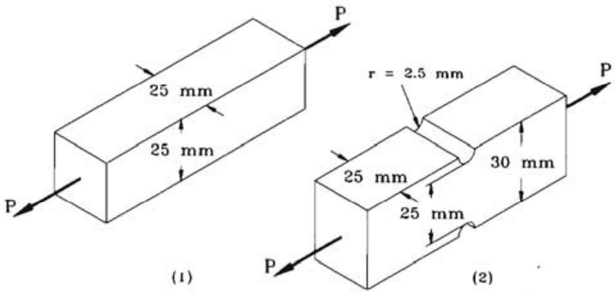
$$\sum_i \frac{n_i}{N_i} = 1$$

$$\frac{20.000}{287.750} + \frac{100.000}{\infty} + \frac{50.000}{412.100} = 0'1908$$

$\boxed{19'08\% \text{ de vida consumida}}$

Examen de TECNOLOGIA DE MAQUINAS – Septiembre 09
Nombre...

La figura muestra dos barras, una lisa, y otra con sendas ranuras de 2.5 mm de radio en sus caras superior e inferior. Ambas barras han sido fabricadas con acero AISI 1020 laminado en caliente, y las superficies han sido mecanizadas.



Determinar, para cada una de las barras:
a) Valor en kN de la carga estática axial P que provocaría el fallo por fluencia.
b) Valor en kN de la carga axial alternante $\pm P$ que provocaría el fallo por fatiga a los 100000 ciclos.

El acero AISI 1020 laminado en caliente tiene:

$S_u = 380$ MPa ; $S_y = 210$ MPa.

En la barra 1, todas las secciones son igualmente peligrosas. En la barra 2, la sección más peligrosa es la de las ranuras. En cualquiera de los dos casos, la tensión es,

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{P}{0'025^2} = 1600P \ [Pa] \Rightarrow \sigma = 1'6\,P \ [MPa] \text{ con } P \ [kN]$$

a) En caso de carga y tensiones constantes, las barras fallan cuando la tensión alcanza el límite de fluencia:

$$\sigma = S_y \rightarrow 1'6\,P = 210 \rightarrow \boxed{P = 131'25 \text{ kN}}$$

b) En el caso de fatiga, hay que calcular la resistencia a la fatiga de cada barra para 100.000 ciclos.

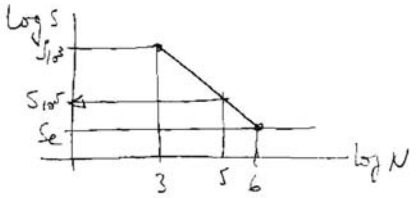
b.1) Barra 1 (lisa)

$S_{10^3} = 0'75\,S_u = 0'75 \times 380 = 285$ MPa

$S'_e = 0'46\,S_u = 0'46 \times 380 = 174'8$ MPa

$k_a = a\,S_u^{\,b} = 4'51 \times 380^{-0'265} = 0'934$

$S_e = k_a\,S'_e = 0'934 \times 174'8 = 163'26$ MPa



$$\log S_{10^5} = \log S_{10^3} + \frac{\log S_e - \log S_{10^3}}{6-3}(5-3)$$

$$\log S_{10^5} = \log 285 + \frac{\log 163'26 - \log 285}{3} \cdot 2$$

$$S_{10^5} = 196'58 \text{ MPa}$$

Entonces, el fallo por fatiga se producirá con la tensión alternada,

$$\sigma = S_{10^5} \longrightarrow 1'6\,P = 196'58 \longrightarrow \boxed{P = 122'86 \text{ kN}}$$

b.2) Barra 2 (ranurada)

$S_{10^3} = 285$ MPa

$S'_e = 174'8$ MPa

$k_a = 0'934$

$k_f = 1'985$

$$\left\{ \begin{array}{l} \left. \begin{array}{l} \frac{r}{d} = \frac{2'5}{25} = 0'1 \\ \frac{w}{d} = \frac{30}{25} = 1'2 \end{array} \right\} k_t = 2'35 \\ \left. \begin{array}{l} r = 2'5 \text{ mm} \\ S_u = 0'38 \text{ GPa} \end{array} \right\} q = 0'73 \end{array} \right\} k_f = 1 + q(k_t - 1) = 1 + 0'73(2'35 - 1) = 1'985$$

$$S_e = k_a \frac{1}{k_f} S'_e = 0'934 \frac{1}{1'985} 174'8 = 82'25 \text{ MPa}$$

$$\log S_{10^5} = \log S_{10^3} + \frac{\log S_e - \log S_{10^3}}{6-3}(5-3)$$

$$\log S_{10^5} = \log 285 + \frac{\log 82'25 - \log 285}{3} \times 2$$

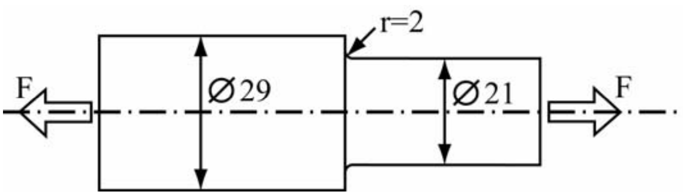
$$S_{10^5} = 124'46 \text{ MPa}$$

Por lo tanto, el fallo se producirá para una tensión alternada,

$$\sigma = S_{10^5} \longrightarrow 1'6P = 124'46 \longrightarrow \boxed{P = 77'78 \text{ kN}}$$

Examen de TECNOLOGIA DE MAQUINAS – Septiembre 10
Nombre..

El componente de sección circular de la figura está sometido a una carga axial F variable, cuya variación sigue el patrón mostrado en la tabla, repitiéndose este patrón en el tiempo. El material es un acero frágil, con límite de rotura S_u=1500 MPa, límite de fluencia S_y=1300 MPa, y que ha sido rectificado.



Ciclos	$F_{máx}$ (kN)	$F_{mín}$ (kN)
2	240	120
1	300	60
2	240	0

Calcular el número de repeticiones del patrón de carga que soportará el componente hasta su fallo por fatiga.

La sección más peligrosa es la de la entalla.

$S'_{10^3} = 0'75\, S_u = 0'75 \times 1500 = 1125$ MPa

$S'_e = 0'46\, S_u = 0'46 \times 1500 = 690$ MPa

$k_a = a\, S_u^b = 1'58 \times 1500^{-0'085} = 0'85$

$k_b = 1$

$$\left.\begin{array}{l} \frac{r}{d} = \frac{2}{21} = 0'095 \\ \frac{D}{d} = \frac{29}{21} = 1'38 \end{array}\right\} k_t = 1'82$$

$$\left.\begin{array}{l} r = 2\text{ mm} \\ S_u = 1'5\text{ GPa} \end{array}\right\} q = 0'96$$

$$K_f = 1 + q(k_t - 1) = 1 + 0'96\,(1'82 - 1) = 1'79$$

$$S_{10^3} = \frac{1}{K_f} S'_{10^3} = \frac{1}{1'79} 1125 = 628 \text{ MPa}$$

$$S_e = k_a k_b \frac{1}{K_f} S'_e = 0'85 \times 1 \times \frac{1}{1'79} 690 = 327 \text{ MPa}$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times (21 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 346 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

1) $F = 120 \div 240$ kN

$$\left\{\begin{array}{l} \sigma_{máx} = \frac{F_{máx}}{A} = \frac{240 \cdot 10^3}{346 \cdot 10^{-6}} = 694 \text{ MPa} \\ \sigma_{mín} = \frac{F_{mín}}{A} = \frac{120 \cdot 10^3}{346 \cdot 10^{-6}} = 347 \text{ MPa} \end{array}\right. \Rightarrow \left\{\begin{array}{l} \sigma_m = 520'5 \text{ MPa} \\ \sigma_a = 173'5 \text{ MPa} \end{array}\right.$$

$$\frac{\sigma_m}{S_u} + \frac{\sigma_a}{S_{N_1}} = 1 \Rightarrow \frac{520'5}{1500} + \frac{173'5}{S_{N_1}} = 1 \Rightarrow S_{N_1} = 266 \text{ MPa}$$

$\underline{N_1 = \infty}$ (ya que $S_{N_1} = 266$ MPa $< S_e = 327$ MPa)

2) $F = 60 \div 300$ kN

$$\begin{cases} \sigma_{máx} = \dfrac{F_{máx}}{A} = \dfrac{300 \cdot 10^3}{346 \cdot 10^{-6}} = 867'5 \text{ MPa} \\ \sigma_{mín} = \dfrac{F_{mín}}{A} = \dfrac{60 \cdot 10^3}{346 \cdot 10^{-6}} = 173'5 \text{ MPa} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \sigma_m = 520'5 \text{ MPa} \\ \sigma_a = 347 \text{ MPa} \end{cases}$$

$$\frac{\sigma_m}{S_u} + \frac{\sigma_a}{S_{N_2}} = 1 \Rightarrow \frac{520'5}{1500} + \frac{347}{S_{N_2}} = 1 \Rightarrow S_{N_2} = 532 \text{ MPa}$$

$$\log 532 = \log 628 + \frac{\log 327 - \log 628}{6-3} (\log N_2 - 3)$$

$\underline{N_2 = 5789 \text{ ciclos}}$

3) $F = 0 \div 240$ kN

$$\begin{cases} \sigma_{máx} = \dfrac{F_{máx}}{A} = \dfrac{240 \cdot 10^3}{346 \cdot 10^{-6}} = 694 \text{ MPa} \\ \sigma_{mín} = \dfrac{F_{mín}}{A} = \dfrac{0}{346 \cdot 10^{-6}} = 0 \text{ MPa} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \sigma_m = 347 \text{ MPa} \\ \sigma_a = 347 \text{ MPa} \end{cases}$$

$$\frac{\sigma_m}{S_u} + \frac{\sigma_a}{S_{N_3}} = 1 \Rightarrow \frac{347}{1500} + \frac{347}{S_{N_3}} = 1 \Rightarrow S_{N_3} = 452 \text{ MPa}$$

$$\log 452 = \log 628 + \frac{\log 327 - \log 628}{6-3} (\log N_3 - 3)$$

$\underline{N_3 = 32494 \text{ ciclos}}$

Entonces, el número de repeticiones hasta el fallo será:

$$n \left(\frac{2}{\infty} + \frac{1}{5789} + \frac{2}{32494} \right) = 1$$

$$\boxed{n = 4268}$$