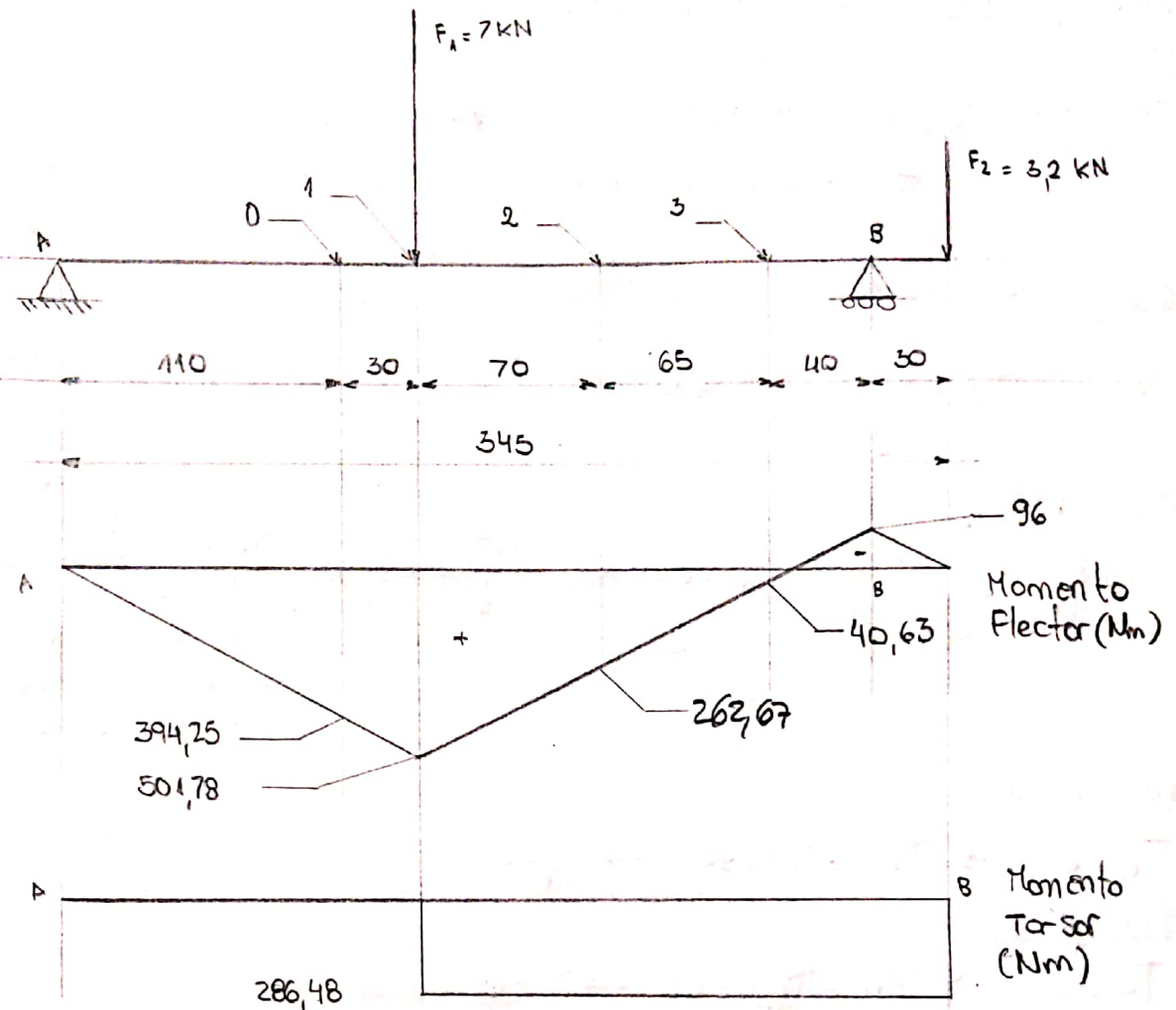


Acero 4140 TyR 4250: $S_{ut} = 1250 \text{ MPa}$ (181 kpsi); $S_y = 1140 \text{ MPa}$ (165 kpsi)



PREGUNTA 1

Cálculo de Reacciones: $(\sum M)_A = F_1 \cdot 110 + F_2 \cdot 345 - R_B \cdot 315 = 0$

$$\rightarrow R_B = 6.62 \text{ kN} \quad (R_2)$$

$$\sum F_y = -(F_1 + F_2) + R_A + R_B = 0 \rightarrow R_A = 3.58 \text{ kN} \quad (R_1)$$

$$M_0 = R_A \cdot 110 = 3.58 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot 110 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 394.25 \text{ Nm.}$$

$$M_1 = R_A \cdot 110 = 501.78 \text{ Nm.}$$

$$M_3 = -F_2 \cdot 70 + R_2 \cdot 40 = 40.63 \text{ Nm.}$$

$$M_2 = -F_2 \cdot 135 + R_2 \cdot 105 = 262.67 \text{ Nm.}$$

Monetas flectoras.

$$P = T \cdot \omega = T \cdot \frac{2\pi n}{60} \rightarrow T = \frac{P}{\frac{2\pi n}{60}} = \frac{30 \cdot 10^3 \text{ W}}{\frac{2\pi \cdot 1000 \text{ rpm}}{60}} = 286.48 \text{ Nm.}$$

Este momento se transmite solo entre chaveteros, el resto del eje no puede recibir momentos torsionales.

PREGUNTA 2

$$\sigma_{max,f} = \frac{M_{oc}}{I}; \quad I = \frac{\pi \phi^4}{64}; \quad C = \phi/2.$$

$$\sigma_{max,f} = \frac{394,25 \text{ Nm} \cdot (45 \times 10^{-3} \text{ m})/2}{\pi (45 \times 10^{-3} \text{ m})^4 / 64} = 44,069 \text{ MPa}.$$

$$\sigma_{min,f} = -\sigma_{max,f} = -44,069 \text{ MPa}.$$

$$\sigma_m f = \frac{\sigma_{max,f} + \sigma_{min,f}}{2} = 0$$

PREGUNTA 3

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max,f} - \sigma_{min,f}}{2} = \frac{44,069 \text{ MPa} - (-44,069 \text{ MPa})}{2} = 44,069 \text{ MPa}$$

Tensión normal
alternativa para
debido a flexión
en las fibras extremas
de la sección O.

PREGUNTA 4

$$T_o = 0 \rightarrow T_{max} = T_{min} = 0 \rightarrow T_m = 0.$$

PREGUNTAS.

$$T_o = 0 \rightarrow T_{max} = T_{min} = 0 \rightarrow T_a = 0.$$

PREGUNTA 6

$$D/d = 55/45 = 1,2$$

Usamos la fórmula: $k_t \approx A \left(\frac{r}{a} \right)^b$. Determinamos las constantes A y b.

por interpolación con:

D/d	A	b
1,50	0,93836	-0,25759
1,20	0,97098	-0,21796

Luego: $A = 0,96856$; $b = -0,22090$

$$k_t = 0,96856 \left(\frac{2}{45} \right)^{-0,22090} = 1,927$$

PREGUNTA 7

Usamos interpolación nuevamente:

obtengo: $A = 0,83677$

$b = -0,21907$

$k_t = 0,83677 \left(\frac{2}{45} \right)^{-0,21907} = 1,655$

PREGUNTA 8.

$$k_f = 1 + q \cdot (kt - 1) : \text{Aquí interviene el } q.$$

Para $r = 2 \text{ mm}$ leo en la gráfica de la figura 10:

$$\left. \begin{array}{l} q_1 = 0,9 \rightarrow S_{ut} = 160 \text{ kpsi} \\ q_2 = 0,94 \rightarrow S_{ut} = 200 \text{ kpsi} \end{array} \right\} \text{ Por interpolación se obtiene } q = 0,920$$

para $S_{ut} = 181 \text{ kpsi}$.

PREGUNTA 9

Para $S_{ut} + 20 \text{ kpsi} = 200 \text{ kpsi}$ es $q_5 = 0,940$

PREGUNTA 10

$$k_f = 1 + q \cdot (kt - 1) = 1 + 0,920 \cdot (1,927 - 1) = 1,853$$

PREGUNTA 11

$$k_{fs} = 1 + q_s \cdot (k_{ts} - 1) = 1 + 0,940 \cdot (1,655 - 1) = 1,616$$

PREGUNTA 12

$$\sigma'_m = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = (0 + 30^2)^{1/2} = 0$$

PREGUNTA 13

$$\sigma'_a = \sqrt{k_f^2 \sigma_{fa}^2 + 3 \cdot k_{fs}^2 \tau_a^2} = \{(1,853 \cdot 44,069 \text{ MPa})^2\}^{1/2}$$

$$\sigma'_a = 1,853 \cdot 44,069 \text{ MPa} = 81,660 \text{ MPa}$$

PREGUNTA 14; Tenaces $S_{ut} = 181 \text{ kpsi} < 200 \text{ kpsi}$

Luego $S_e = 0,5 S_{ut} = 90,5 \text{ kpsi}$ (625 MPa) Ecuación 4-1

$$k_a = a(S_{ut})^b = 1,58(625 - 2)^{-0,085} = 0,862 \cdot \text{ (Ecuación 4-9, tabla 1)}$$

Tenaces $D = 55 \text{ mm} > 51 \text{ mm}$ y $51 \text{ mm} < 254 \text{ mm}$.

Luego $k_b = 1,51(55)^{-0,157} = 0,805 \cdot \text{ (Ecuación 4-10)}$

$$k_e = 0,62 \cdot \text{ (Tabla 3)}$$

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e S_{ut} = k_a k_b k_e S_{ut} = 0,862 \times 0,805 \times 0,62 \times 625 \text{ MPa}$$

$$S_e = 268,890 \text{ MPa}$$

PREGUNTA 15

$$n_{so} = \frac{1}{\frac{\sigma'_m}{S_y} + \frac{\sigma'_a}{S_e}} = \frac{1}{\frac{0}{0} + \frac{81,660}{268,890}} = 3,293$$

PREGUNTA 16.

$$n_{60} = \frac{1}{\frac{\sigma_m}{\sigma_{ut}} + \frac{\sigma_a}{S_e}} = \frac{S_e}{\sigma_a} = \frac{268,890}{81,660} = n_{50} = \boxed{3,293}$$

PREGUNTA 17

$$n_{60} = \frac{1}{\sqrt{\frac{\sigma_m^2}{S_y^2} + \frac{\sigma_a^2}{S_e^2}}} = \frac{S_e}{\sigma_a} = n_{60} = n_{50} = \boxed{3,293}$$

PREGUNTA 18.

PREGUNTA 19

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} = 0. \quad \sigma_a = \frac{|\sigma_{max} - \sigma_{min}|}{2} = \frac{2 \cdot \sigma_{max}}{2} = \sigma_{max}$$

$$\sigma_{max} = M_1 \cdot C / I = \frac{501,78 \text{ Nm} \cdot 45 \text{ mm} / 2}{\pi \cdot (45 \text{ mm})^4 / 64}$$

$$\sigma_{max} = \boxed{56089 \text{ MPa}}$$

PREGUNTA 20.

$$T_m = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} = T_{max} = \frac{T_1 \cdot C}{J} = \frac{28648 \cdot 10^3 \text{ Nmm} \cdot 45 \text{ mm} / 2}{\pi (45 \text{ mm})^4 / 32}$$

$$T_m = \boxed{16011 \text{ MPa}}$$

PREGUNTA 21

$$T_a = \frac{T_{max} - T_{min}}{2} = 0.$$

PREGUNTA 22 $r/d = 2 \text{ mm} / 45 \text{ mm} = 0,044$ $0,45 \text{ mm} / 45 \text{ mm} = 0,01$

Se lee $k_t = \boxed{2,825}$

PREGUNTA 23.

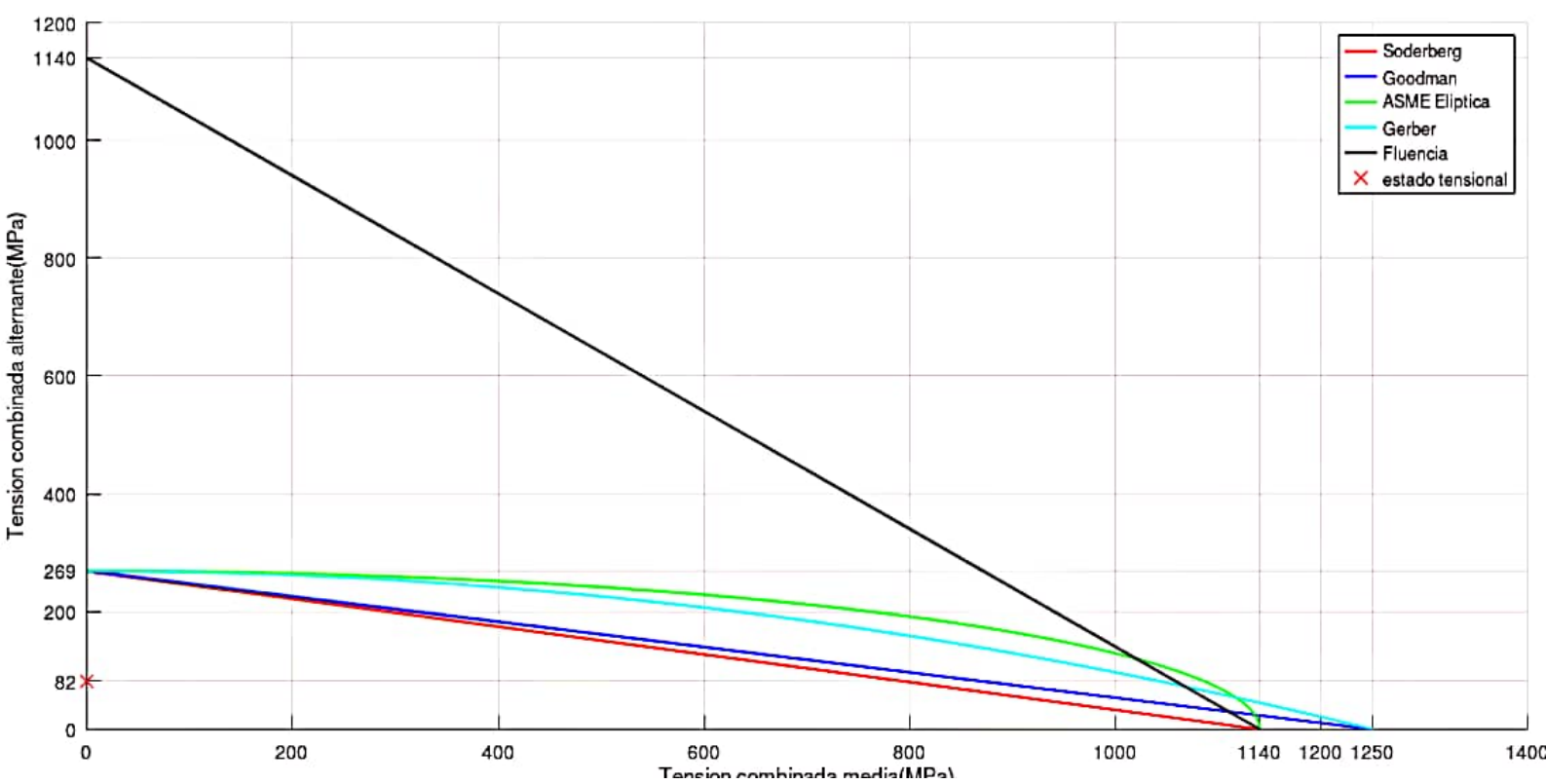
Se lee para $r/d = 0,01 \rightarrow k_{ts} = \boxed{3,625}$

PREGUNTA 24. para $r = 945$. se lee aprox. $p = \boxed{9850}$.

PREGUNTA 25. se lee aprox. $p_s = \boxed{9880}$.

PREGUNTA 26. $k_f = 1 + p \cdot (k_t - 1) = 1 + 9850 (2,825 - 1) = \boxed{2,551}$

PREGUNTA 27. $k_{fs} = 1 + 9880 (3,625 - 1) = \boxed{3,510}$



PREGUNTA 28.

$$\sigma'_m = \sqrt{(k_f \sigma_{fm})^2 + 3(k_{fs} T_m)^2} = \sqrt{3} k_{fs} T_m = \sqrt{3} \times 3,310 \cdot 16,0 \text{ MPa.}$$

$$\sigma'_m = 91,792 \text{ MPa}$$

PREGUNTA 29

$$\sigma'_a = \left[(k_f \sigma_{fa})^2 + 3(k_{fs} T_a)^2 \right]^{1/2} = k_f \sigma_{fa} = 2,551 \cdot 56,089 \text{ MPa.}$$

$$\sigma'_a = 143,083 \text{ MPa}$$

PREGUNTA 30: Los factores k_a, k_b, k_c, k_d, k_e y k_f no cambian.
(por puerhos en la condición más desfavorable tomamos k_b por $\phi = 55 \text{ mm}$). Luego $S_e = 268,890 \text{ MPa}$.

$$n_{30} = \frac{1}{\frac{\sigma'_m}{S_y} + \frac{\sigma'_a}{S_e}} = \frac{1}{\frac{91,792}{1140} + \frac{143,083}{268,890}} = 1,632$$

PREGUNTA 31

$$n_{30} = \frac{1}{\frac{\sigma'_m}{S_{ut}} + \frac{\sigma'_a}{S_e}} = \frac{1}{\frac{91,792}{1250} + \frac{143,083}{268,890}} = 1,651$$

PREGUNTA 32

$$n_{32} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sigma'_m}{S_y}\right)^2 + \left(\frac{\sigma'_a}{S_e}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{91,792}{1140}\right)^2 + \left(\frac{143,083}{268,890}\right)^2}}^{1/2} = 1,858$$

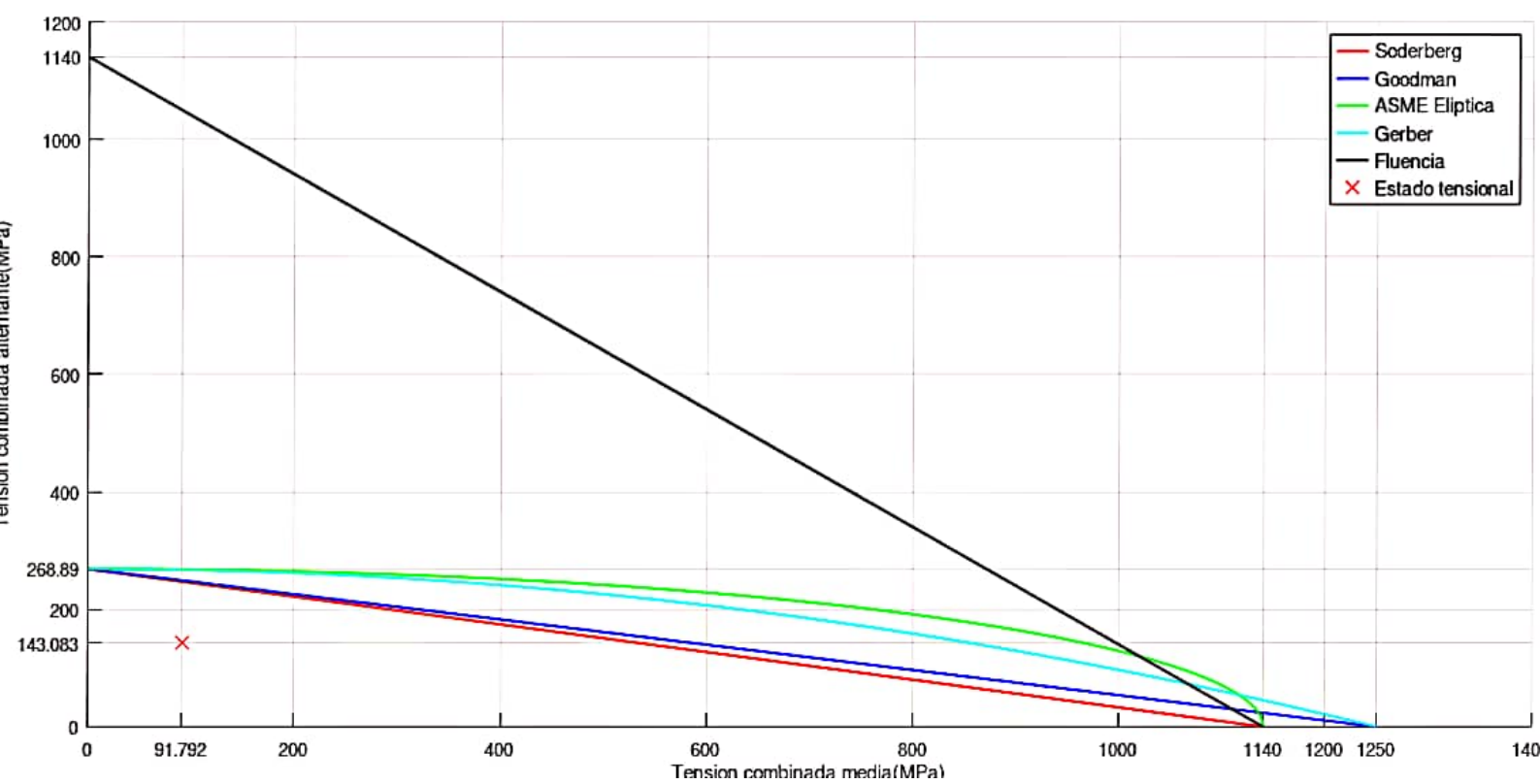
PREGUNTA 33: $\sigma_{max} = \frac{M_c}{I}$; $\sigma_{min} = -\frac{M_c}{I}$; $\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} = 0$.

PREGUNTA 34: $\sigma_a = \frac{|\sigma_{max} - \sigma_{min}|}{2} = \frac{2\sigma_{max}}{2} = \sigma_{max}$

$$\sigma_{max} = \frac{M_z C_z}{I_z} = \frac{262,67 \text{ N}(1000 \text{ mm}) \cdot (40 \text{ mm}/2)}{\pi (40 \text{ mm})^4 / 64} = 41,805 \text{ MPa}$$

PREGUNTA 35: $T_m = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} = \frac{2T_{max}}{2} = T_{max} = \frac{T_z C_z}{J}$

$$T_m = \frac{286,48 \cdot 10^3 \text{ Nmm} \cdot 40 \text{ mm}/2}{\pi (40 \text{ mm})^4 / 32} = 22,797 \text{ MPa}$$



PREGUNTA 36

$$T_a = \frac{|T_{max} - T_{min}|}{2} = 0.$$

PREGUNTA 37

$$k_t \cong A \left(\frac{r}{d} \right)^b; \text{ tenemos } D/d = 45\text{mm}/40\text{mm} = 1,125.$$

Interpolamos con los siguientes datos.

D/d	A	b
1,20	0,97098	-0,21796
1,10	0,95120	-0,23757

Obtenemos $A = 0,95615$; $b = -0,23267$

Luego $k_t = 0,95615 \left(\frac{2\text{mm}}{40\text{mm}} \right)^{-0,23267} = \boxed{1,920}$

PREGUNTA 38

$$k_{ts} \cong A \left(\frac{r}{d} \right)^b; \text{ Interpolamos con los datos.}$$

D/d	A	b
1,09	0,90337	-0,12692
1,20	0,83425	-0,21649

para $D/d = 1,125$.

$$k_{ts} = 0,88138 \left(\frac{2}{40} \right)^{-0,15542}$$

obtenemos: $A = 0,88138$
 $b = -0,15542$.

$$\boxed{k_{ts} = 1,404}$$

PREGUNTA 39 Son los mismos valores obtenidos para la sección 0.

$$\boxed{q = 0,920}$$

PREGUNTA 40: Es el mismo que para la sección 0 o sea $\boxed{q_s = 0,940}$.

PREGUNTA 41: $k_f = 1 + q(k_{tf} - 1) = 1 + 0,920(1,920 - 1) = \boxed{1,846}$

PREGUNTA 42: $k_{fs} = 1 + q_s(k_{ts} - 1) = 1 + 0,940(1,404 - 1) = \boxed{1,380}$

PREGUNTA 43

$$\sigma'_m = \left\{ (k_f \sigma_{fm})^2 + 3(k_{fs} \sigma_m)^2 \right\}^{1/2}.$$

$$\sigma'_m = \left[(1,846 \times 10)^2 + 3 \cdot (1,380 \cdot 22797 \text{ MPa})^2 \right]^{1/2}.$$

$$\boxed{\sigma'_m = 54,490 \text{ MPa}}$$

PREGUNTA 44

$$\sigma'_a = \left\{ (k_f \sigma_{fa})^2 + 3(k_{fs} \sigma_a)^2 \right\}^{1/2}.$$

$$\sigma'_a = k_f \sigma_{fa} = 1,846 \times 41,805 \text{ MPa} = \boxed{77,172 \text{ MPa}}$$

PREGUNTA 45: Los factores k_a, k_b, k_c, k_d, k_e y k_f no cambian respecto a las secciones analizadas anteriormente y k_b lo calculamos para la mayor sección de $\phi 55$ para estar en la condición menos conservadora.
+ luego se reemplaza.

$$n_{50} = \left(\frac{\sigma'_m}{s_y} + \frac{\sigma'_a}{s_e} \right)^{-1} = \left(\frac{54,490}{1140} + \frac{77,172}{268,890} \right)^{-1} = \boxed{2,987}$$

PREGUNTA 46

$$n_{p0} = \left(\frac{\sigma'_m}{s_{ut}} + \frac{\sigma'_a}{s_e} \right)^{-1} = \left(\frac{54,490}{1250} + \frac{77,172}{268,890} \right)^{-1} = \boxed{3,025}$$

PREGUNTA 47

$$n_{As} = \left[\left(\frac{\sigma'_m}{s_y} \right)^2 + \left(\frac{\sigma'_a}{s_e} \right)^2 \right]^{-1/2} = \left[\left(\frac{54,490}{1140} \right)^2 + \left(\frac{77,172}{268,890} \right)^2 \right]^{-1/2} = \boxed{3,437}$$

PREGUNTA 48: $\sigma_{fm} = \frac{\sigma_{fmax} + \sigma_{fmin}}{2} = \frac{M_3 C_3 / I_3 - M_3 C_3 / I_3}{2} = 0.$

PREGUNTA 49 $\sigma_{fa} = \frac{|\sigma_{fmax} - \sigma_{fmin}|}{2} = \frac{M_3 C_3 / I_3 + M_3 C_3 / I_3}{2} = \frac{M_3 C_3}{I_3}.$

$$\sigma_{fa} = \frac{40,63 \times 10^3 \text{ Nmm} \cdot (35 \text{ mm} / 2)}{\pi (35 \text{ mm})^4 / 64} = \boxed{9,653 \text{ MPa.}}$$

PREGUNTA 50: $T_m = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} = \left(\frac{T_3 C_3}{J_3} + \frac{T_3 C_3}{J_3} \right) \frac{1}{2} = \frac{T_3 C_3}{J_3}$

$$T_m = \frac{280,48 \times 10^3 \text{ Nmm} (35 \text{ mm} / 2)}{\pi (35 \text{ mm})^4 / 32} = \boxed{34,030 \text{ MPa.}}$$

PREGUNTA 51: $T_a = \frac{|T_{max} - T_{min}|}{2} = 0. \rightarrow T_{max} = T_{min}.$

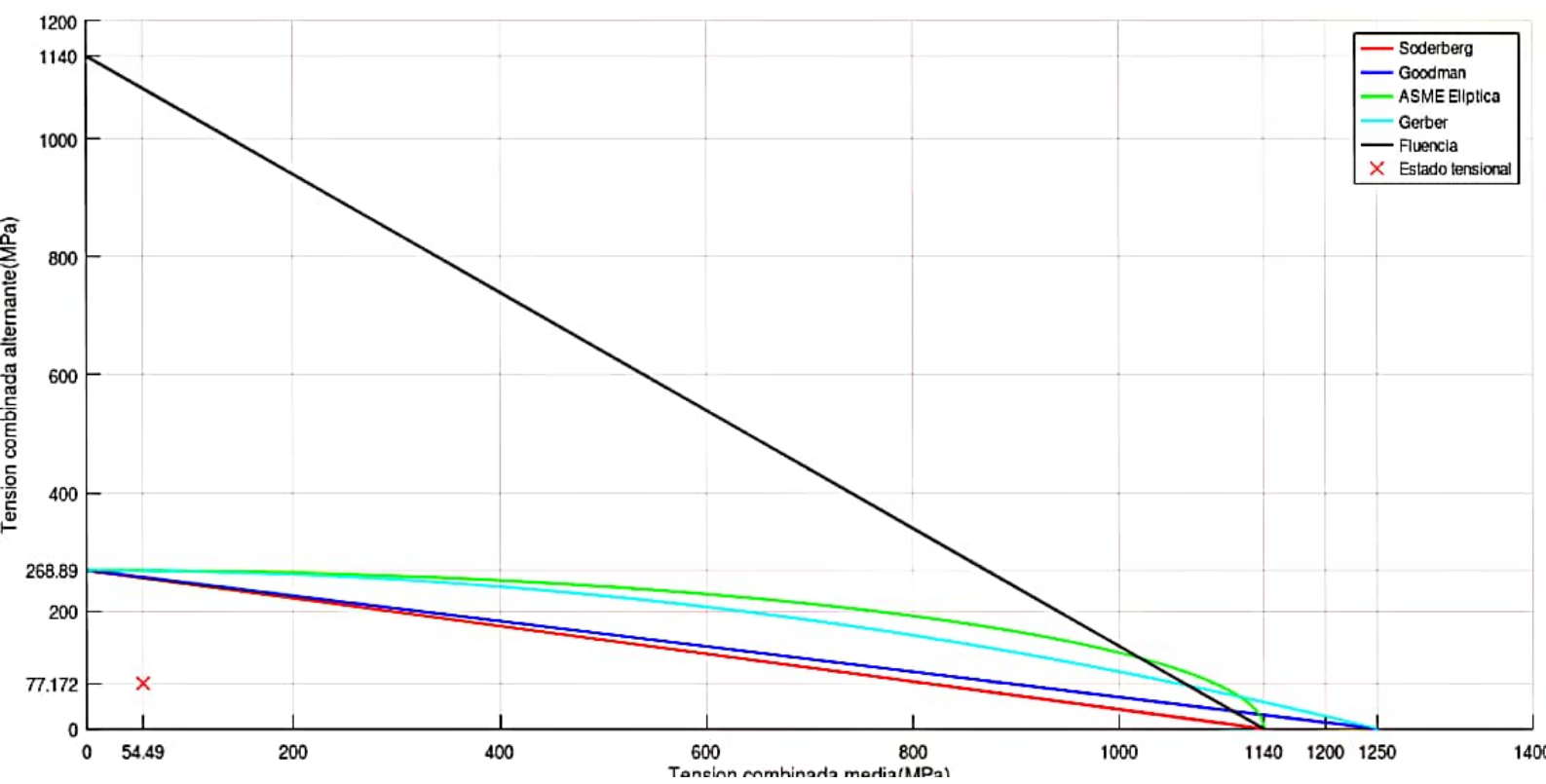
PREGUNTA 52: $P/d = 40 \text{ mm} / 35 \text{ mm} = 1,143.$

Interpolamos con los datos de la tabla:

	A	b
1,20	0,99098	-0,21796
1,10	0,95120	-0,23757

Obtengo: $A = 0,95971$
 $b = -0,22914.$

$$k_t = A(r/d)^b = 0,95971 (2/35)^{-0,22914} = \boxed{1,849.}$$



PREGUNTA 53 Interpolamos con los datos de la tabla. $D/d = 1,143$

$$\left\{ \begin{array}{ccc} D/d & A & b \\ 1,20 & 0,85125 & -0,21649 \\ 1,09 & 0,90337 & -0,12692 \end{array} \right\} \text{ obtenemos: } A = 0,87001 \\ b = -0,17008.$$

$$k_t = A \left(\frac{r}{d} \right)^b = 0,87001 \left(\frac{2}{35} \right)^{-0,17008} = \boxed{1,416}$$

PREGUNTA 54. Es el mismo que el determinado para la sección 0 y 2.
 $q = \boxed{0,920}$

PREGUNTA 55. Es el mismo que el determinado para la sección 0 y 2.
 $q_s = \boxed{0,940}$

PREGUNTA 56: $k_f = 1 + q(k_t - 1) = 1 + 0,920(1,849 - 1) = \boxed{1,781}$

PREGUNTA 57 $k_{fs} = 1 + q_s(k_t - 1) = 1 + 0,940(1,416 - 1) = \boxed{1,391}$

PREGUNTA 58: $\sigma'_m = [(k_f \sigma_{fm})^2 + 3(k_{fs} \sigma_m)^2]^{1/2}.$

$$\sigma'_m = \sqrt{3} k_{fs} \sigma_m = \sqrt{3} \cdot 1,391 \cdot 34,030 \text{ MPa}.$$

$$\boxed{\sigma'_m = 81,988 \text{ MPa}}$$

PREGUNTA 59: $\sigma'_a = [(k_f \sigma_{fa})^2 + 3(k_{fs} \tau_a)^2]^{1/2}.$

$$\sigma'_a = k_f \sigma_{fa} = 1,781 \cdot 9,653 \text{ MPa} = \boxed{17,192 \text{ MPa}}$$

PREGUNTA 60. Como en los casos anteriores no cambian los factores y conservamos k_b por ϕ_{SS} . Luego $S_e = 268,890 \text{ MPa}.$

$$n_{50} = \left(\frac{\sigma'_m}{S_y} + \frac{\sigma'_a}{S_e} \right)^{-1} = \left(\frac{81,988}{1140} + \frac{17,192}{268,890} \right)^{-1} = \boxed{7,361}$$

PREGUNTA 61 $n_{90} = \left(\frac{\sigma'_m}{S_{ut}} + \frac{\sigma'_a}{S_e} \right)^{-1} = \left(\frac{81,988}{1280} + \frac{17,192}{268,890} \right)^{-1} = \boxed{7,720}$

PREGUNTA 62 $n_{AS} = \left\{ \left(\frac{\sigma'_m}{S_y} \right)^2 + \left(\frac{\sigma'_a}{S_e} \right)^2 \right\}^{-1/2} = \left[\left(\frac{81,988}{1140} \right)^2 + \left(\frac{17,192}{268,890} \right)^2 \right]^{-1/2}$

$$\boxed{n_{AS} = 10,392}$$

