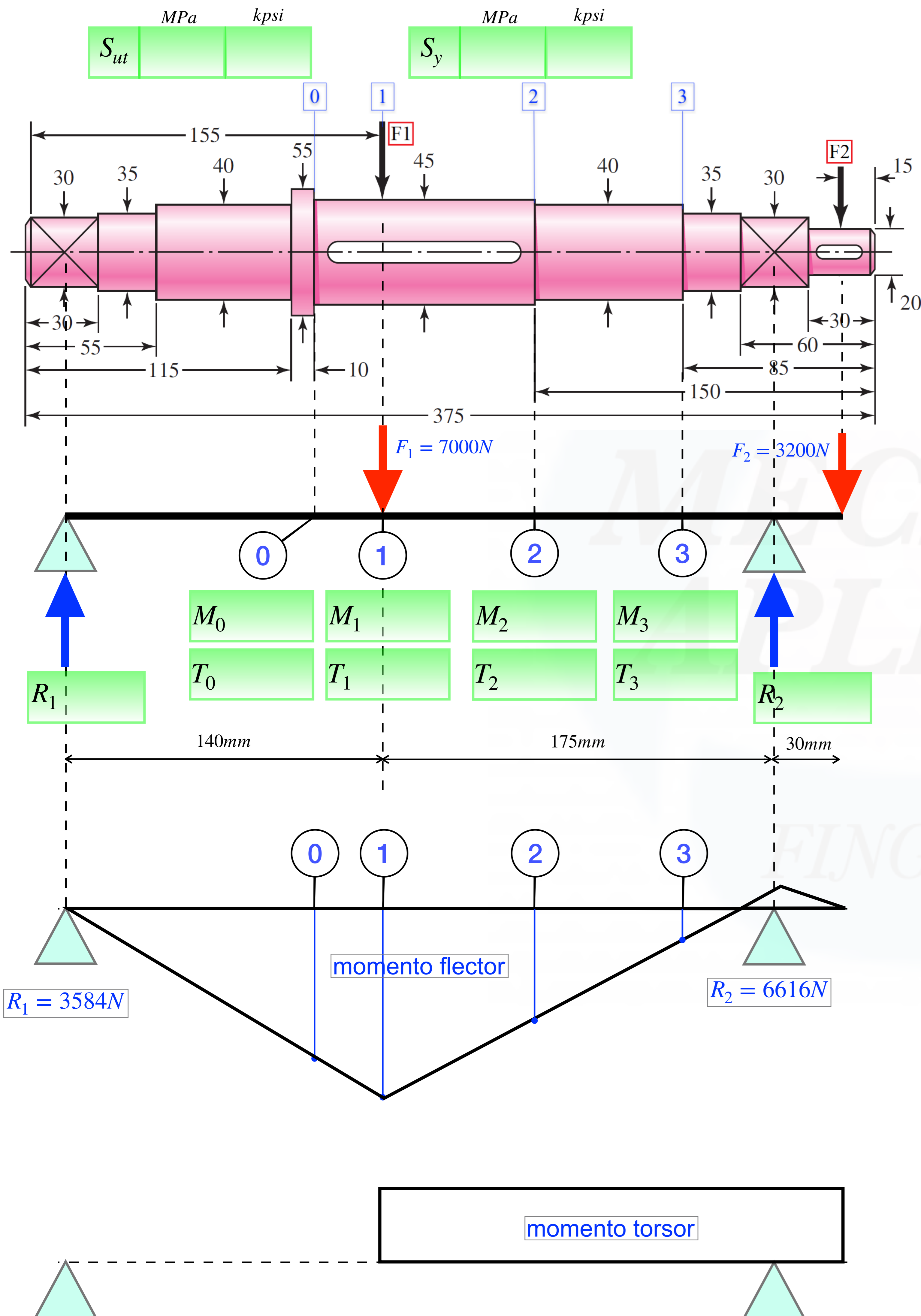


Se requiere verificar el árbol mostrado en la figura. Dicha pieza estará instalada sobre dos apoyos (por lo cual se considera como viga simplemente apoyada) en las zonas donde el diámetro es de 30mm. Tendrá un engranaje instalado en el chavetero mayor (sobre la zona de diámetro 45mm), y una polea en el chavetero menor (sobre la zona de diámetro 15mm). Entre esas zonas el árbol transmite una potencia de **30 kW** y trabaja a una velocidad de **1000 rpm**. El engrane provoca una fuerza transversal **F1 = 7000 N**, y la polea provoca una fuerza transversal **F2 = 3200 N**.

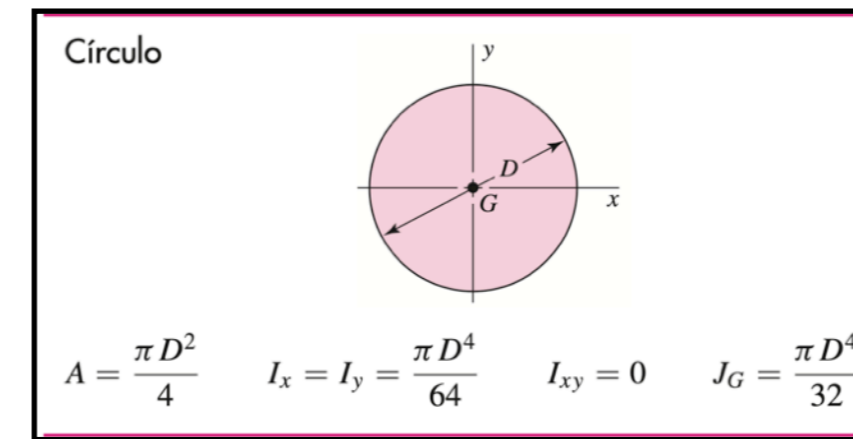
Se usará **acero SAE 4140 TyR a 425°C**, la terminación superficial será **"rectificado"**, y se requiere una confiabilidad de **99,9999%**.

Todos los radios de los hombros son de **2 mm**, y el radio en el fondo de los chavetero es de **0,45 mm**.



SECCION 0 (hombro 55 → 45 r2)

FLEXION



$$\sigma_{flexion} = \frac{M_F}{I_{xx}} * c$$

$$I_{xx} = \frac{\pi * d^4}{64}$$

$$d_2 = 45mm$$

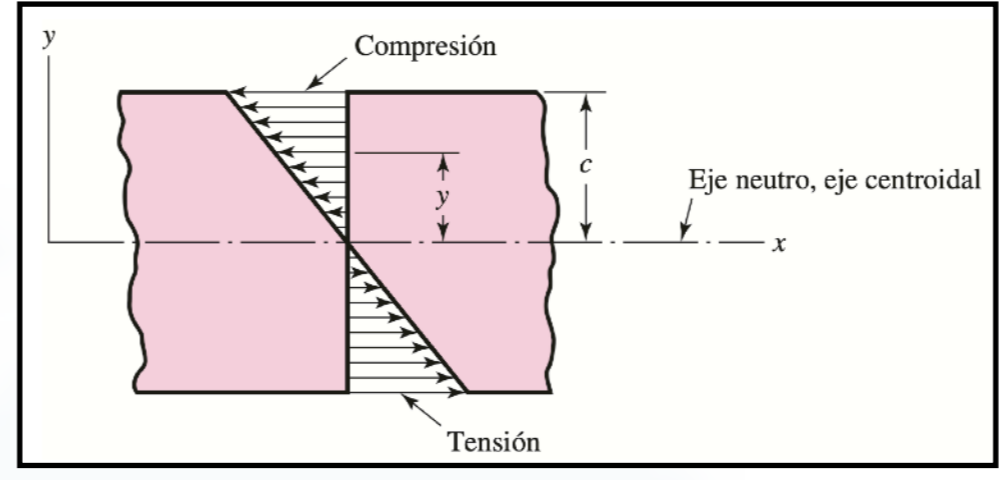
$$M_0 = 394Nm$$

$$M_{0max} = 394Nm$$

$$M_{0min} = -394Nm$$

$$I_{xx} = \frac{\pi * (45mm)^4}{64} = 201289mm^4$$

$$c = d_2/2 = 45mm/2 = 22,5mm$$



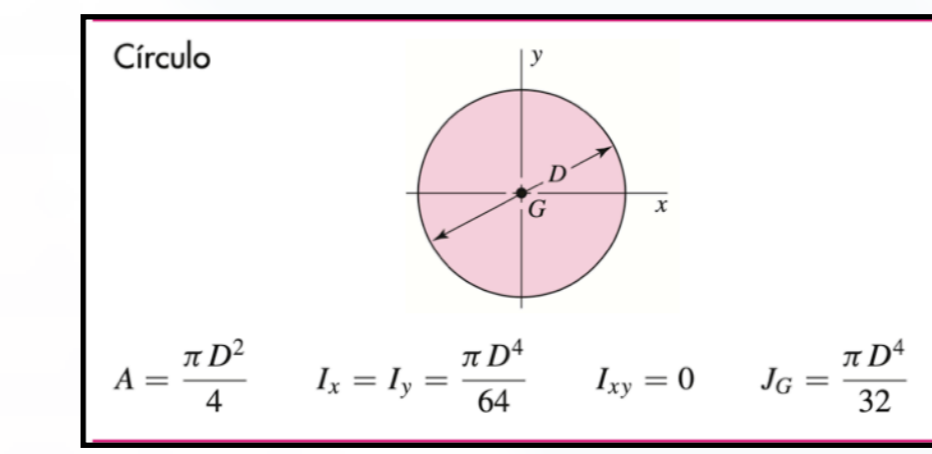
$$M_m = \frac{M_{max} + M_{min}}{2} = 0Nm$$

$$\sigma_m = \frac{M_m}{I_{xx}} * c = 0MPa$$

$$M_a = \left| \frac{M_{max} - M_{min}}{2} \right| = 394Nm$$

$$\sigma_a = \frac{M_a}{I_{xx}} * c = 44,1MPa$$

TORSION



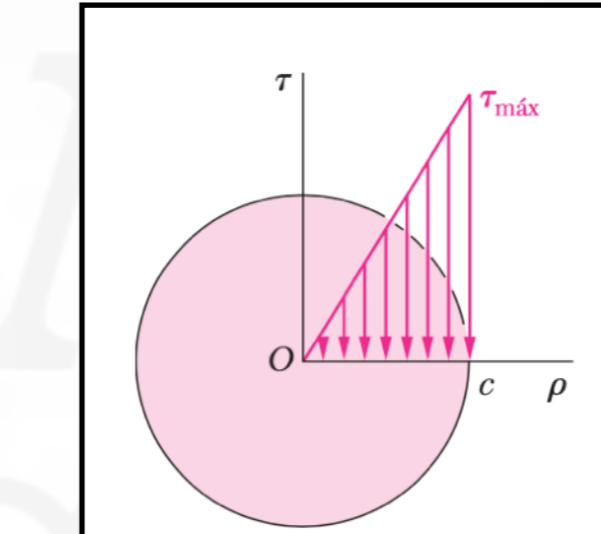
$$\tau = \frac{T}{J} * c$$

$$J = \frac{\pi * d^4}{32}$$

$$d_2 = 45mm$$

$$J = \frac{\pi * (45mm)^4}{32} = 402578mm^4$$

$$c = d_2/2 = 45mm/2 = 22,5mm$$

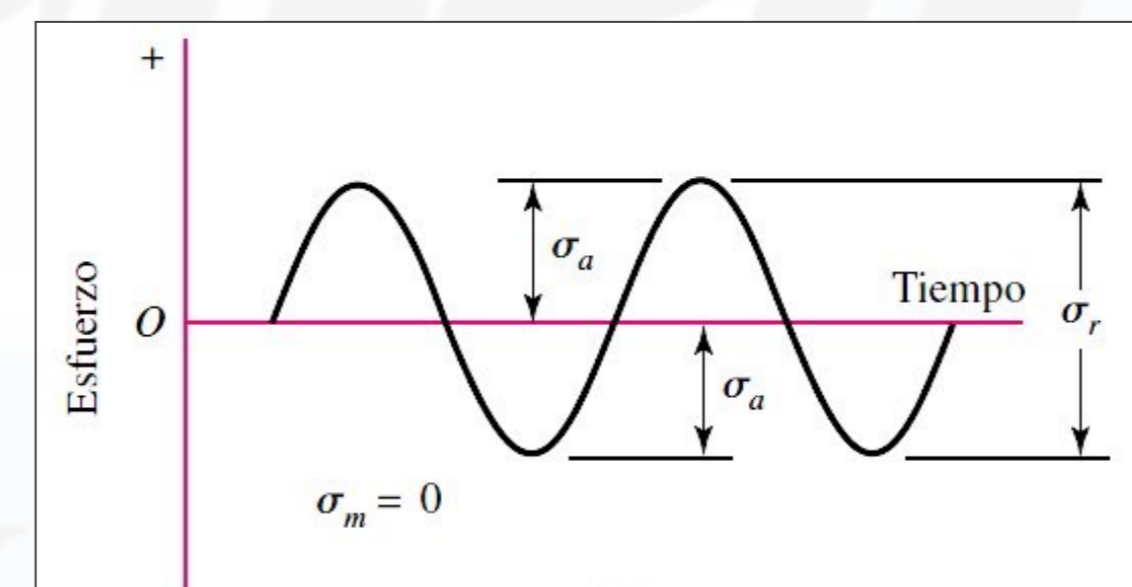


$$T_m = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} = 0Nm$$

$$\tau_m = \frac{T_m}{J} * c = 0MPa$$

$$T_a = \left| \frac{T_{max} - T_{min}}{2} \right| = 0Nm$$

$$\tau_a = \frac{T_a}{J} * c = 0MPa$$



- 1- Calculo del limite de resistencia a la fatiga del material (probeta) (Ec. 4-1)
- 2- Determinacion de los factores que modifican la resistencia a la fatiga de un elemento de maquina.
- 3- Resistencia a la fatiga del elemento de maquina (S_e) (Ec. 4-8)
- 4- Calculo del esfuerzo medio y esfuerzo fluctuante para cargas simples (Ec. 5-1 y 5-2)
- 5- Calculo de los factores de concentracion de tensiones (Ec. 5-3 y 5-4)
- 6- Esfuerzos fluctuantes de fatiga aplicados al elemento de maquina. (σ'_a, σ'_m) (Ec. 5-5 y 5-6)
- 7- Verificacion a la Fatiga para piezas sometidas a esfuerzos fluctuantes, de acuerdo a varios criterios de falla (calculo del factor de seguridad) (Tabla 4)

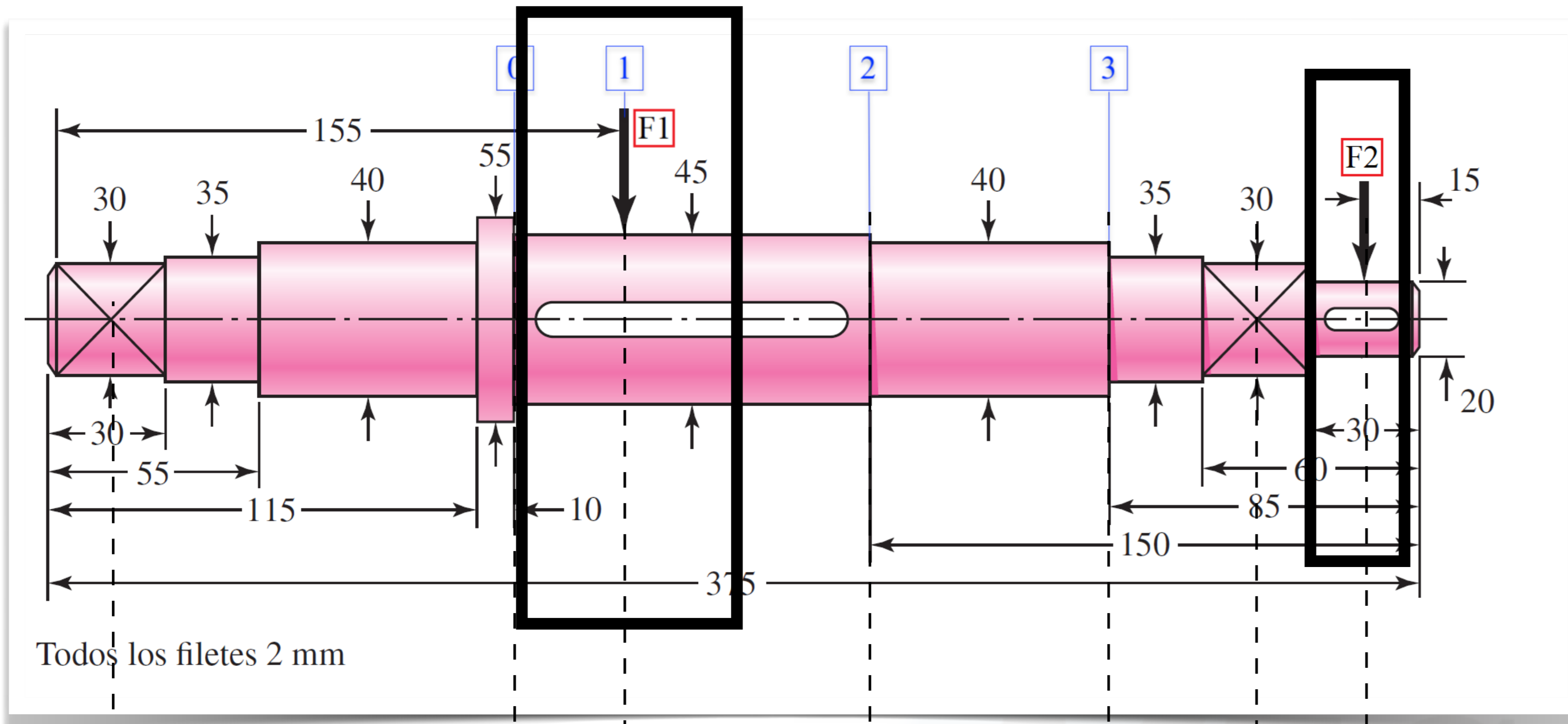
Se requiere verificar el árbol mostrado en la figura. Dicha pieza estará instalada sobre dos apoyos (por lo cual se considera como viga simplemente apoyada) en las zonas donde el diámetro es de 30mm. Tendrá un engranaje instalado en el chavetero mayor (sobre la zona de diámetro 45mm), y una polea en el chavetero menor (sobre la zona de diámetro 15mm). Entre esas zonas el árbol transmite una potencia de 30 kW y trabaja a una velocidad de 1000 rpm. El engrane provoca una fuerza transversal $F_1 = 7000$ N, y la polea provoca una fuerza transversal $F_2 = 3200$ N.

Se usará acero SAE 4140 TyR a 425°C, la terminación superficial será "rectificado", y se requiere una confiabilidad de 99,9999%.

Todos los radios de los hombros son de 2 mm, y el radio en el fondo de los chaveteros es de 0,45 mm.

$$S_{UT} = 1250MPa = 181kpsi$$

$$S_y = 1140MPa = 165kpsi$$



$$F_1 = 7000N$$

$$F_2 = 3200N$$

$$M_0 = 394Nm$$

$$T_0 = 0Nm$$

$$M_1 = 502Nm$$

$$T_1 = 286Nm$$

$$M_2 = 403Nm$$

$$T_2 = 286Nm$$

$$M_3 = 41Nm$$

$$T_3 = 286Nm$$

$$R_1$$

$$R_2$$

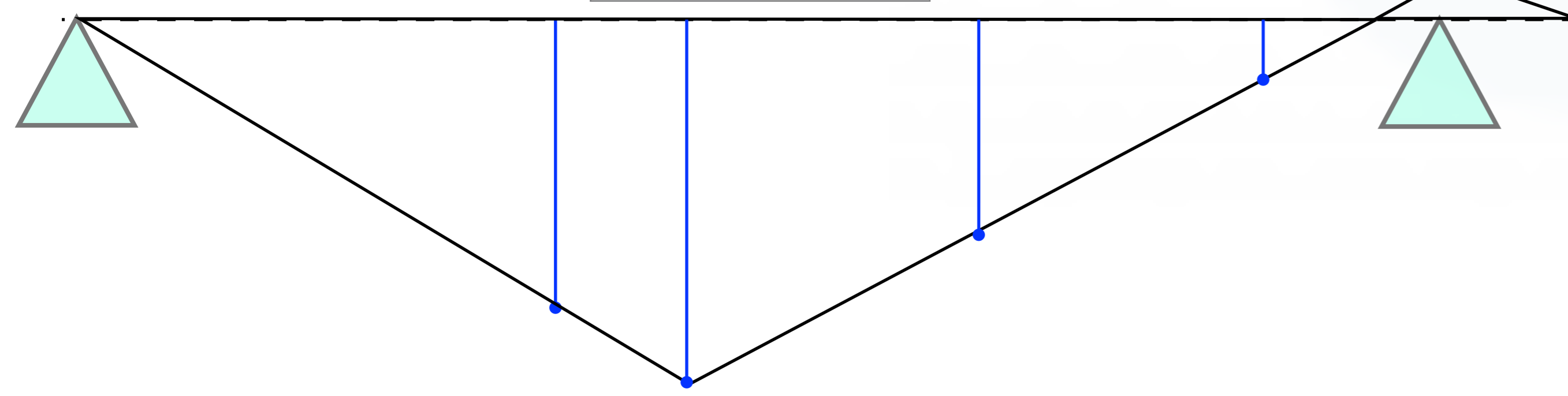
$$140mm$$

$$175mm$$

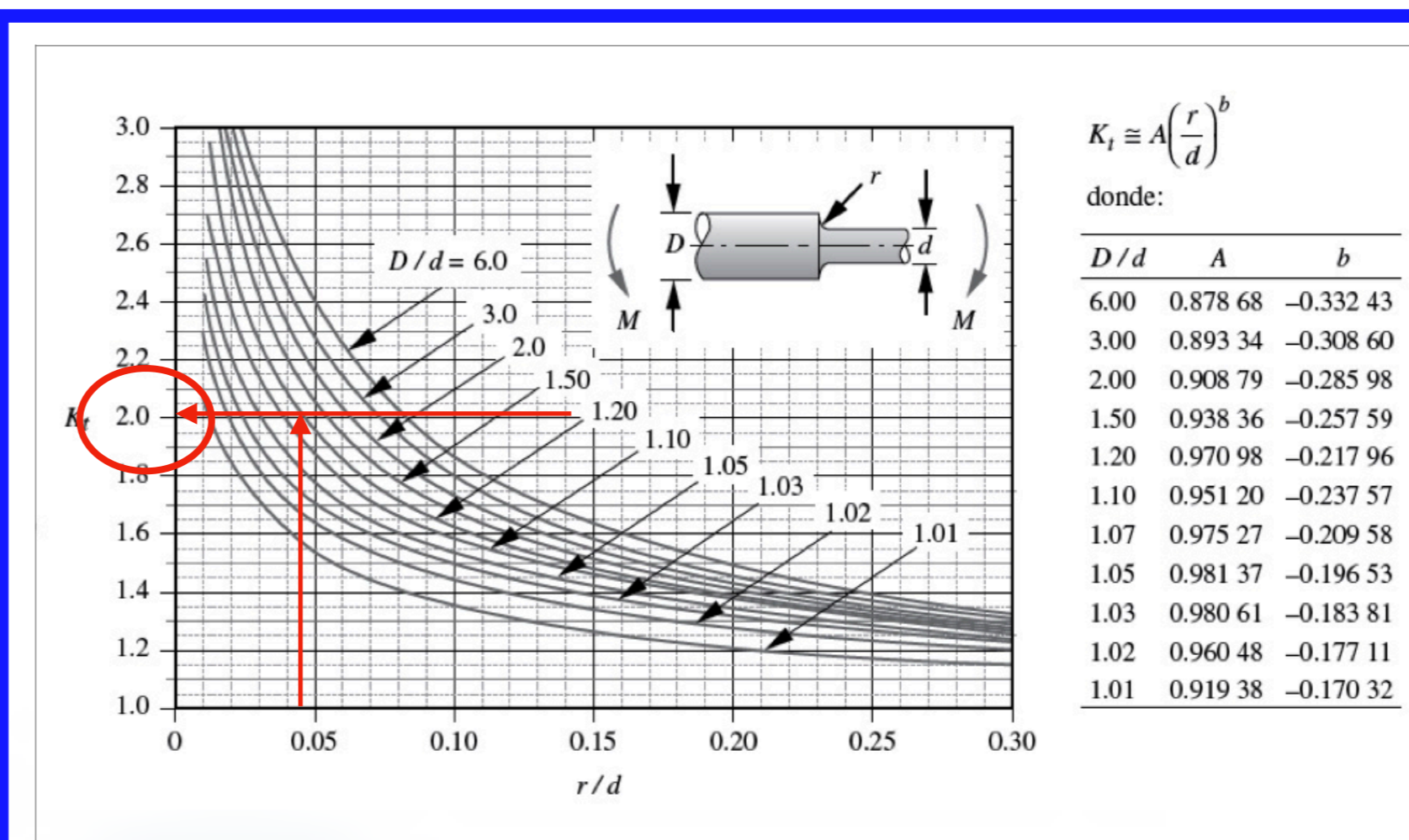
$$R_1 = 3584N$$

$$R_2 = 6616N$$

momento flector



SECCION 0 (hombro 55—>45 r2)



$$K_t = A \left(\frac{r}{d} \right)^b$$

donde:

D/d	A	b
6.00	0.878 68	-0.332 43
3.00	0.893 34	-0.308 60
2.00	0.908 79	-0.285 98
1.50	0.938 36	-0.257 59
1.20	0.970 98	-0.217 96
1.10	0.951 20	-0.237 57
1.07	0.975 27	-0.209 58
1.05	0.981 37	-0.196 53
1.03	0.980 61	-0.183 81
1.02	0.960 48	-0.177 11
1.01	0.919 38	-0.170 32

FLEXION

$$K_f = 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

$$\frac{r}{d} = \frac{2}{45} = 0,044 \quad \frac{D}{d} = \frac{55}{45} = 1,222$$

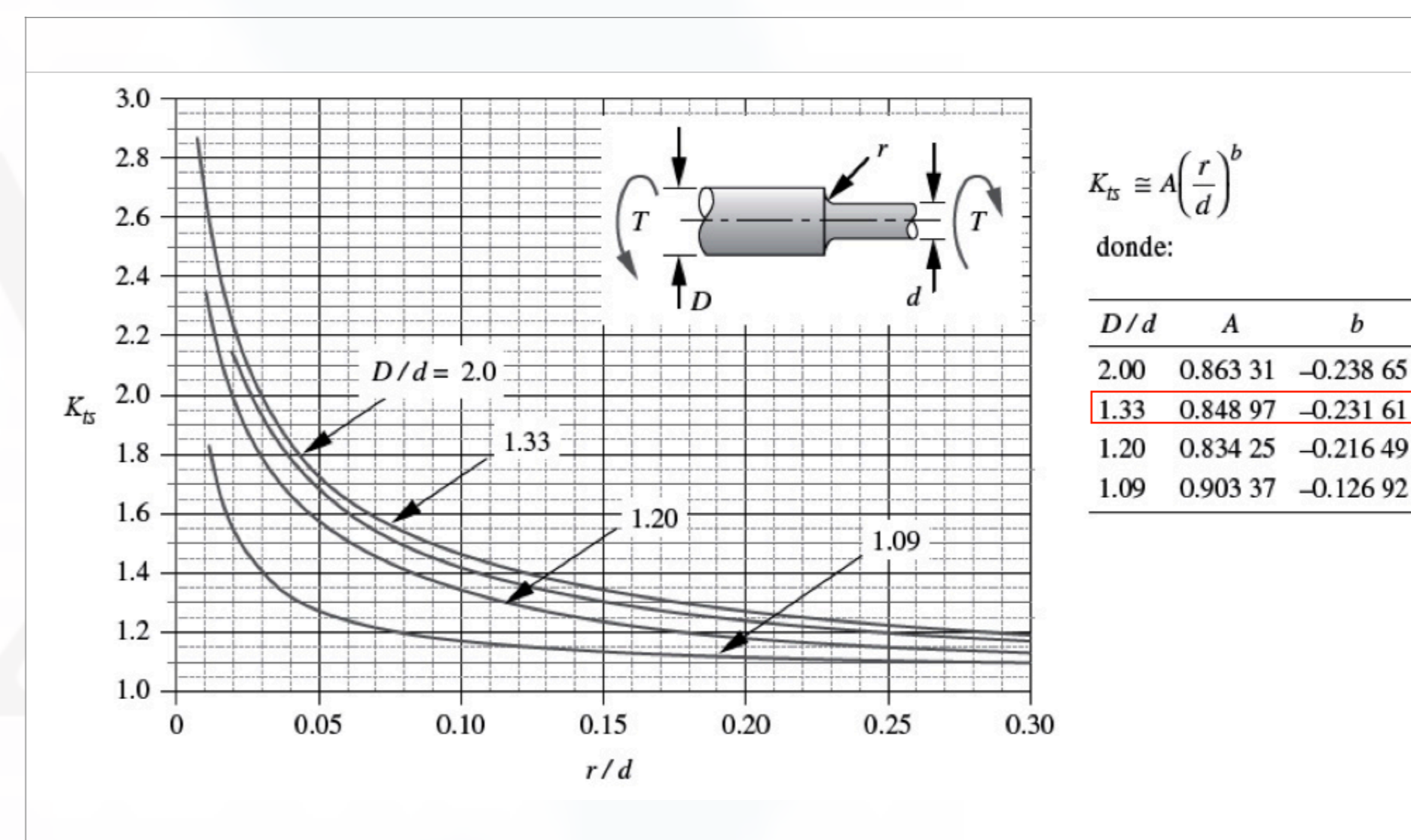
$$K_t = 2$$

$$q = 0,92$$

$$K_f = 1 + 0,92 \cdot (2 - 1) = 1,92$$

$$K_f = 1,92$$

Tensiones normales PARA TORSION en una barra cilíndrica:



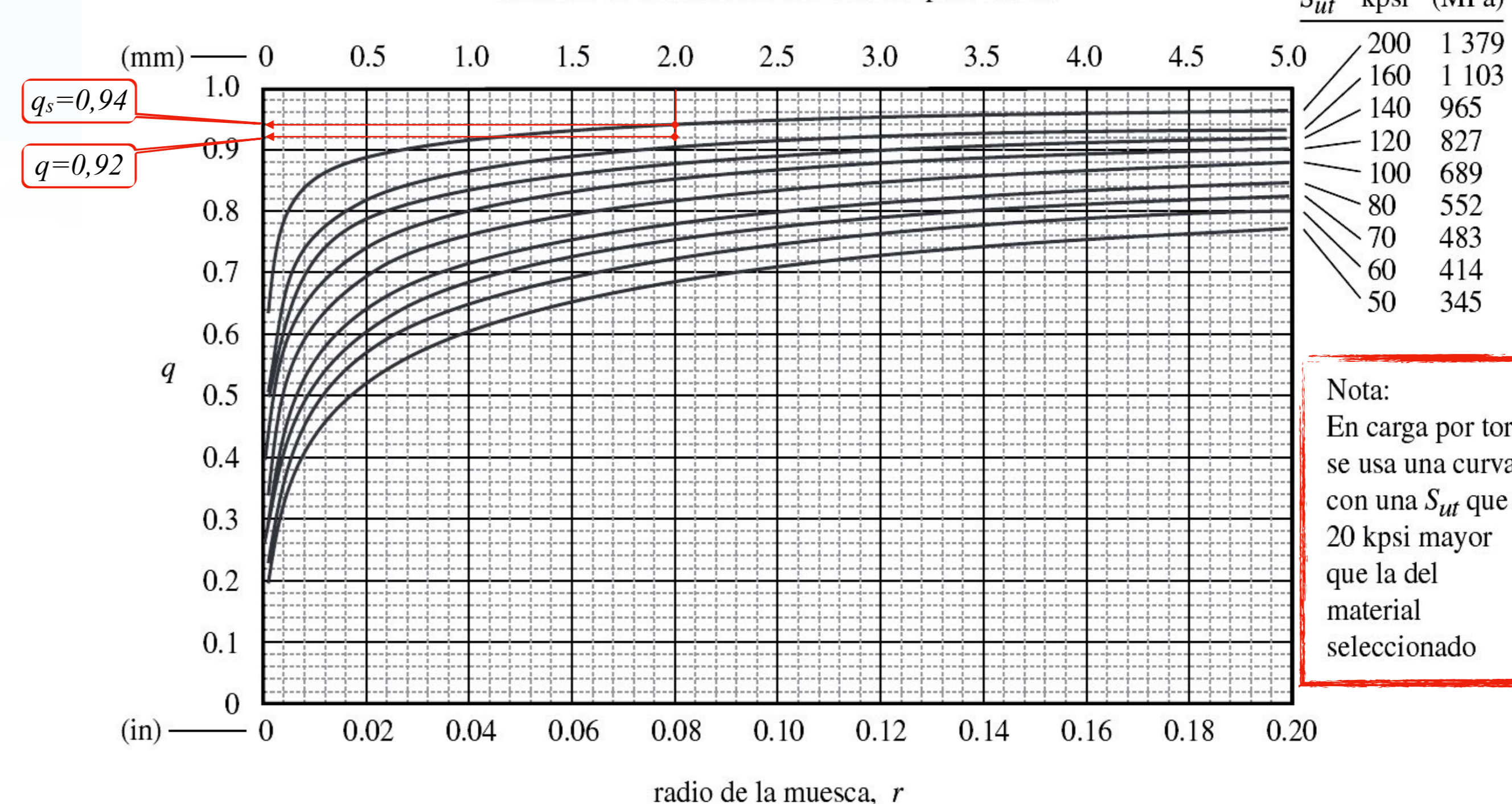
$$K_{ts} = A \left(\frac{r}{d} \right)^b$$

donde:

D/d	A	b
2.00	0.863 31	-0.238 65
1.33	0.848 97	-0.231 61
1.20	0.834 25	-0.216 49
1.09	0.903 37	-0.126 92

TORSION

Factores de sensibilidad a la muesca para aceros



Se requiere verificar el árbol mostrado en la figura. Dicha pieza estará instalada sobre dos apoyos (por lo cual se considera como viga simplemente apoyada) en las zonas donde el diámetro es de 30mm. Tendrá un engranaje instalado en el chavetero mayor (sobre la zona de diámetro 45mm), y una polea en el chavetero menor (sobre la zona de diámetro 15mm). Entre esas zonas el árbol transmite una potencia de **30 kW** y trabaja a una velocidad de **1000 rpm**. El engrane provoca una fuerza transversal **F1 = 7000 N**, y la polea provoca una fuerza transversal **F2 = 3200 N**.

Se usará **acero SAE 4140 TyR a 425°C**, la terminación superficial será **"rectificado"**, y se requiere una confiabilidad de **99,9999%**.

Todos los radios de los hombros son de **2 mm**, y el radio en el fondo de los chavetero es de **0,45 mm**.

Calculo de la tensión límite de fatiga S_e

			S_{ut}	S_y				
1	2	3	4	5	6	7	8	
AISI núm.	Tratamiento	Temperatura, °C (°F)	Resistencia a la tensión MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia MPa (kpsi)	Elongación, %	Reducción del área, %	Dureza Brinell	
4140	TyR	205 (400)	1 770 (257)	1 640 (238)	8	38	510	
	TyR	315 (600)	1 550 (225)	1 430 (208)	9	43	445	
	TyR	425 (800)	1 250 (181)	1 140 (165)	13	49	370	

$$S_e' = S_{ut} \times 0,5 = 1250MPa \times 0,5 = 625MPa$$

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S_e'$$

k_a : factor de modificación de la condición superficial

k_b : factor de modificación del tamaño

k_c : factor de modificación de la carga $k_c = 1$

k_d : factor de modificación de la temperatura $k_d = 1$

k_e : factor de confiabilidad

k_f : factor de efectos diversos $k_f = 1$

S_e' : tensión límite de fatiga de la probeta

S_e : tensión límite de fatiga de la pieza o elemento de maquina

Factor de Superficie

$$k_a = a \cdot (S_{ut})^b$$

Terminación Superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ut} en kpsi	S_{ut} en MPa	
Rectificado	1,34	1,58	-0,085
Mecanizado o laminado en frío	2,70	4,51	-0,265
Laminado en caliente	14,4	57,7	-0,718
Forjado (en bruto)	39,9	272	-0,995

$$k_a = a \cdot (S_{ut})^b = 1,58 \cdot (1250)^{-0,085} = 0,862 \rightarrow k_a = 0,862$$

Factor de Tamaño

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ in} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ in} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

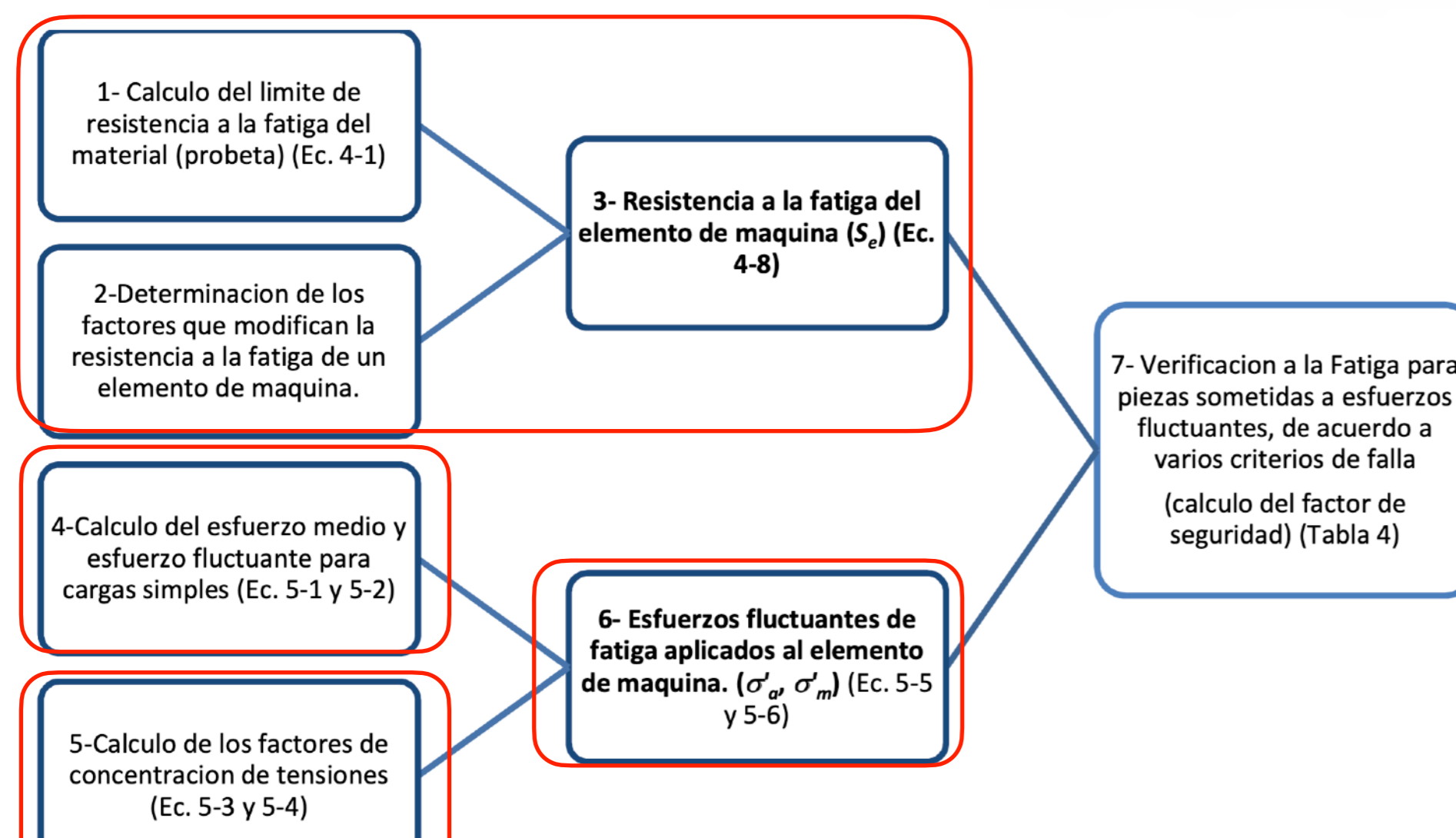
$$k_b = 1,51 \cdot (d)^{-0,157} = 1,51 \cdot (55)^{-0,157} = 0,805 \rightarrow k_b = 0,805$$

Factor de Confiabilidad

Confiabilidad %	Factor de Confiabilidad k_e
50	1
90	0,897
95	0,868
99	0,814
99,9	0,753
99,99	0,702
99,999	0,659
99,9999	0,62

$$k_e = 0,62$$

$$S_e = 625MPa \cdot k_a \cdot k_b \cdot k_e = 268,89MPa \rightarrow 268MPa$$



SECCION 0 (hombro 55—>45 r2)

Calculo de tensiones combinadas

$$K_f = 1,92$$

$$\sigma_m = \frac{M_m}{I_{xx}} * c = 0MPa$$

$$\tau_m = \frac{T_m}{J} * c = 0MPa$$

$$K_{fs} =$$

$$\sigma_a = \frac{M_a}{I_{xx}} * c = 44,1MPa$$

$$\tau_a = \frac{T_a}{J} * c = 0MPa$$

$$\sigma'_m = \sqrt{\left[\left(K_{f-flex} \times \sigma_{m-f} \right) + \left(K_{f-ax} \times \sigma_{m-ax} \right) \right]^2 + 3 \times \left(K_{f-torsion} \times \tau_m \right)^2}$$

$$\sigma'_a = \sqrt{\left[\left(K_{f-flex} \times \sigma_{a-f} \right) + \left(K_{f-ax} \times \frac{\sigma_{a-ax}}{0,85} \right) \right]^2 + 3 \times \left(K_{f-torsion} \times \tau_a \right)^2}$$

$$\sigma'_m = 0MPa$$

$$\sigma'_a = 84,7MPa$$

Calculo de los factores de seguridad

SODERBERG

$$n_{so} = \frac{1}{\frac{\sigma'_a}{S_e} + \frac{\sigma'_m}{S_y}}$$

$$n_{so} = \frac{1}{\frac{84,7MPa}{268MPa} + \frac{0MPa}{1138MPa}} = 3,164 \quad \text{Verifica}$$

$$n_{go} = \frac{1}{\frac{\sigma'_a}{S_e} + \frac{\sigma'_m}{S_{ut}}}$$

$$n_{as} = \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{\sigma'_a}{S_e} \right)^2 + \left(\frac{\sigma'_m}{S_y} \right)^2}}$$

