

## Qüestions numèriques

### Tema 2

#### Exercicis sobre massa i volum

**2.1.** Fa falta instal·lar en la nostra planta industrial una nova conducció. Després d'uns quants càlculs, s'ha determinat que siga cilíndrica, d'acer al carboni, amb un diàmetre nominal interior de 4 cm i un gruix de 3 mm. Cal construir una xarxa de tubs amb una longitud global de 52 m lineals.

Després d'unes quantes gestions comercials, s'ha aclarit que el cost del metre lineal d'aquesta canonada d'acer al carboni és de 27 €/kg quan és subministrada en peces de 5 m de longitud. També cal tenir en compte el transport de la mercaderia, a raó d'1,4 €/kg si la distància per recórrer és inferior a 100 km.

a) Calculeu el preu de cost de la conducció cilíndrica.

Com a alternatives al disseny indicat més amunt, tenim:

- b) Conducció d'acer al carboni amb perfil quadrat de 5 cm de costat i 3 mm de gruix.
- c) Conducció d'acer al carboni amb perfil rectangular de 5 x 4 cm de costat i 3 mm de gruix.
- d) Conducció d'acer al carboni amb perfil triangular de 5 cm de costat i 3 mm de gruix.
- e) Conducció cilíndrica de coure, 65 €/kg, amb un diàmetre nominal interior de 4 cm i 2 mm de gruix.
- f) Conducció cilíndrica d'alumini, 38 €/kg, amb un diàmetre nominal interior de 4 cm i un gruix de 5 mm.

Feu una comparació de costos de les diverses opcions.

Dades. Densitat de l'acer al carboni =  $7,8 \text{ g/cm}^3$

Densitat del coure =  $8,9 \text{ g/cm}^3$

Densitat de l'alumini =  $2,7 \text{ g/cm}^3$

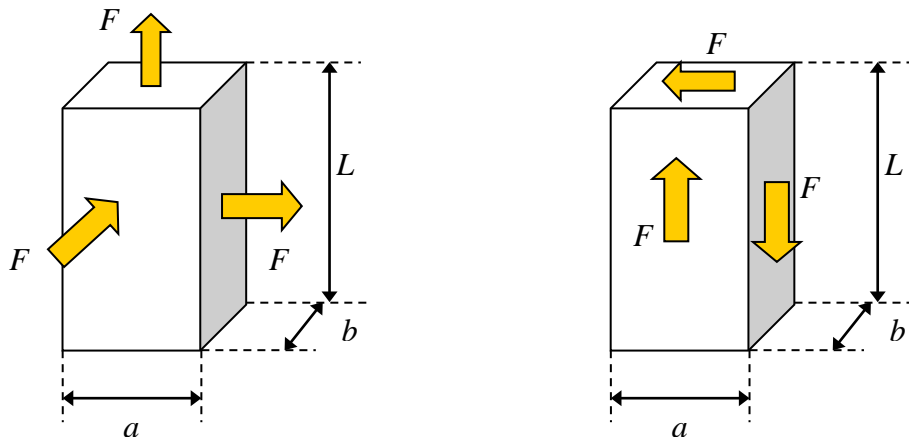
IVA = 21%

Les mesures de les conduccions corresponen a la part interna.

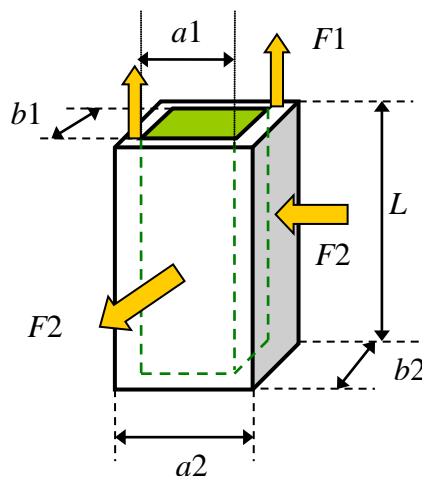
Exercicis sobre càlcul de tensions

**2.2.** Determineu el valor de cadascuna de les tensions que s'apliquen sobre les peces indicades en les figures:

i1) Paral·lelepípede amb les dimensions següents:  $a = 19 \text{ mm}$ ,  $b = 25 \text{ mm}$ ,  $L = 56 \text{ cm}$ . Totes les càrregues aplicades són iguals amb un valor de  $F = 100 \text{ kN}$ . S'apliquen perpendiculars a les superfícies indicades en el cas de la figura de l'esquerra; mentre que en la figura de la dreta són paral·leles a les superfícies indicades.

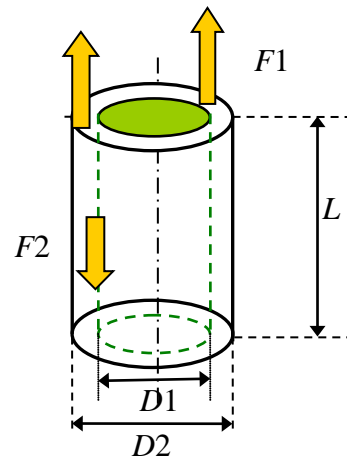
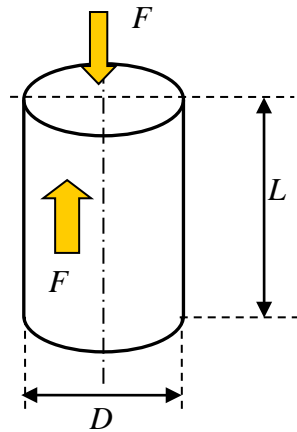


i2) Tub de perfil rectangular amb les dimensions següents:  $a_2 = 25 \text{ mm}$ ,  $b_2 = 35 \text{ mm}$ , gruix de la paret =  $2 \text{ mm}$ ,  $L = 80 \text{ cm}$ . Totes les càrregues aplicades són perpendiculars a les superfícies indicades, amb un valor de  $F_1 = 12 \text{ kN}$ ,  $F_2 = 240 \text{ kN}$  (la força aplicada  $F_1$  és única; s'hi indiquen dos vectors per a indicar que s'aplica sobre tota la superfície sòlida).



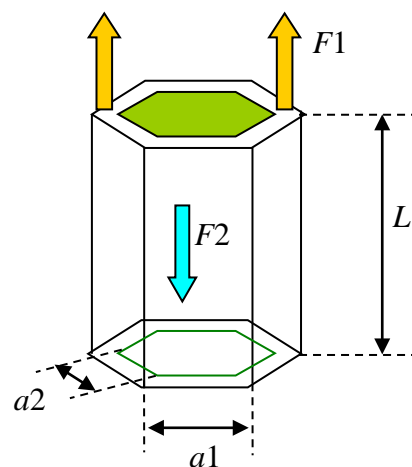
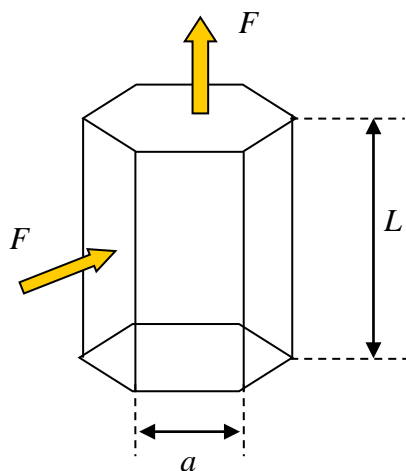
i3) Peça cilíndrica amb les dimensions següents:  $D = 10 \text{ mm}$ ,  $L = 60 \text{ cm}$ . Totes les càrregues aplicades són iguals amb un valor de  $F = 10 \text{ kN}$ .

i4) Conducció cilíndrica amb les dimensions següents:  $D1 = 16 \text{ mm}$ ,  $D2 = 18 \text{ mm}$ ,  $L = 60 \text{ cm}$ . Les càrregues aplicades tenen un valor de  $F1 = 15 \text{ kN}$ ,  $F2 = 600 \text{ kN}$  (la força aplicada  $F1$  és única; s'hi inclouen dos vectors per a indicar que s'aplica sobre tota la superfície anular).



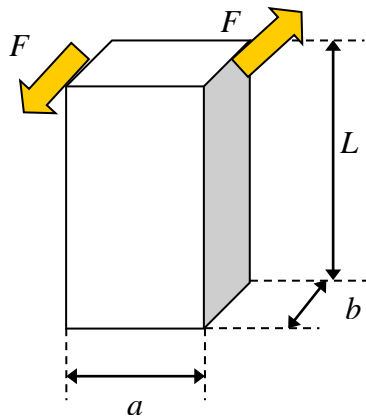
i5) Prisma hexagonal regular amb les dimensions següents:  $a = 10 \text{ mm}$ ,  $L = 60 \text{ cm}$ . Totes les càrregues aplicades són iguals amb un valor de  $F = 10 \text{ kN}$ .

i6) Tub hexagonal amb les dimensions següents:  $a1 = 23 \text{ mm}$ ,  $a2 = 20 \text{ mm}$ ,  $L = 60 \text{ cm}$ . Les càrregues aplicades tenen un valor de  $F1 = 15 \text{ kN}$ ,  $F2 = 600 \text{ kN}$  (la força aplicada  $F1$  és única; s'hi inclouen dos vectors per a indicar que s'aplica sobre tota la superfície anular.  $F2$  és paral·lela a la superfície).

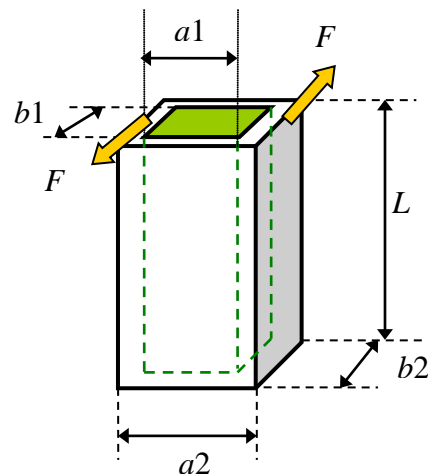


**2.3.** Determineu el valor de les tensions que s'apliquen sobre les peces indicades en les figures:

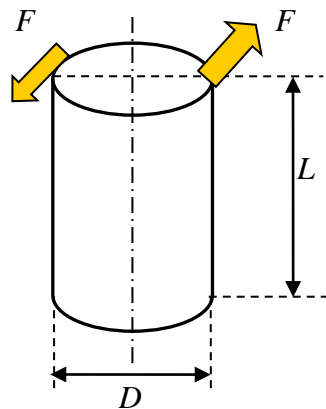
Cas a) Paral·lelepípede amb les dimensions següents:  $a = 120$  mm,  $b = 100$  mm,  $L = 56$  cm. Les càrregues aplicades són iguals amb un valor de  $F = 100$  kN. S'apliquen paral·leles a la superfície assenyalada; l'altre extrem resta fix.



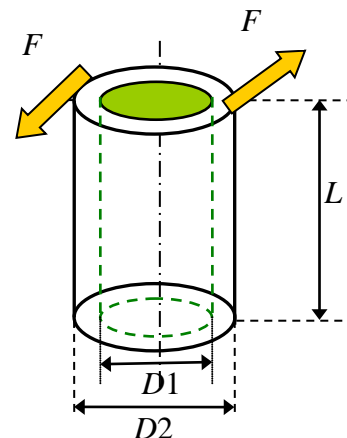
Cas b) Tub de perfil rectangular amb les dimensions següents:  $a_2 = 160$  mm;  $b_2 = 120$  mm i 4 mm de gruix,  $L = 80$  cm. Les càrregues aplicades tenen un valor de  $F = 500$  kN. S'apliquen paral·leles a la superfície assenyalada; l'altre extrem resta fix.



Cas c) Peça cilíndrica amb les dimensions següents:  $D = 10$  mm,  $L = 60$  cm. Les càrregues aplicades són iguals amb un valor de  $F = 80$  kN. S'apliquen paral·leles a la superfície assenyalada; l'altre extrem resta fix.

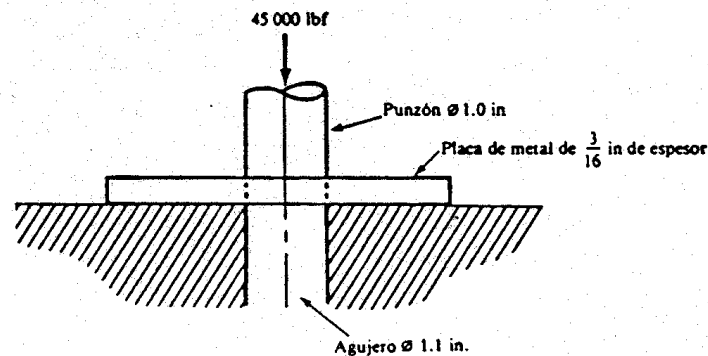


Cas d) Tub cilíndric amb les dimensions següents:  $D_1 = 20$  mm i 1,5 mm de gruix;  $L = 60$  cm. Les càrregues aplicades tenen un valor de  $F = 60$  kN. S'apliquen paral·leles a la superfície assenyalada; l'altre extrem resta fix.



**2.4.** La figura mostra una premsa punxonadora. El punxó tendeix a espentar a través de la placa de metall dins del forat que hi ha davall i deixa un forat circular en la placa. Aquesta última

està subjecta a dues classes de tensions simples. Indiqueu quines són i determineu el valor de cadascuna en la placa.

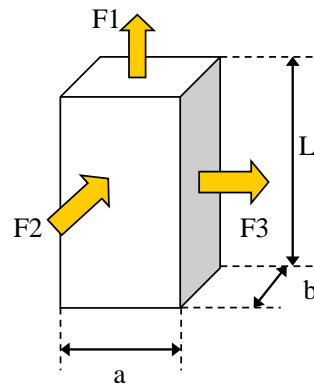


### Exercicis sobre aplicació d'elasticitat i plasticitat

- 2.5.** Una proveta cilíndrica d'un aliatge de níquel, amb mòdul d'elasticitat  $20,7 \cdot 10^4$  MPa, té un diàmetre original de 10,2 mm i experimenta deformació elàstica quan rep una càrrega estàtica de 8.900 N. Calculeu la longitud inicial que, com a màxim, podria tenir la proveta si l'allargament permès és de 0,25 mm.
- 2.6.** Una proveta cilíndrica d'un aliatge metàl·lic de 10,0 mm de diàmetre és deformada elàsticament a tracció. Una força de 15.000 N produeix una reducció en el diàmetre de la proveta de  $7 \cdot 10^{-3}$  mm. Calculeu el coeficient de Poisson d'aquest material si el mòdul d'elasticitat és de  $10^5$  MPa.
- 2.7.** Una proveta cilíndrica d'un aliatge metàl·lic té un diàmetre de 30 mm. En aplicar-hi una càrrega de compressió, el diàmetre és de 30,04 mm, i la longitud de 105,20 mm. Calculeu-ne la longitud original si la deformació és completament elàstica. Quina seria la longitud de la proveta en retirar la càrrega? Els mòduls d'elasticitat i de cisallament per a aquest aliatge són 65,5 i 25,4 GPa, respectivament.
- 2.8.** Una proveta cilíndrica d'un aliatge de llautó té 15,2 mm de diàmetre i 380 mm de longitud. En aplicar-hi una càrrega de tracció, s'allarga 1,9 mm. Basant-se en la informació subministrada, és possible calcular la magnitud de la càrrega necessària per a produir aquest canvi de longitud? En cas afirmatiu, calculeu aquesta càrrega. En cas contrari, expliqueu-ne la raó. (Dades: límit elàstic = 240 MPa; resistència a la tracció = 310 MPa; mòdul d'elasticitat =  $11,0 \cdot 10^4$  MPa).
- 2.9.** Una barra de coure de  $4 \text{ cm}^2$  de secció i 1 m de longitud és sotmesa a una força de tracció de 10 kN. Sabent que les propietats mecàniques del material són  $E = 110$  GPa,  $\sigma_y = 69$  MPa,  $TS = 220$  MPa i  $G = 42$  GPa, quant s'estira per l'aplicació de la càrrega?
- 2.10.** Un bloc cúbic d'acer al carboni, quan se sotmet a una força de compressió elàstica en direcció vertical de  $-800$  kN experimenta un escurçament de 4,3 mm. Si les propietats mecàniques del material són  $E = 207$  GPa,  $\sigma_y = 350$  MPa,  $TS = 520$  MPa i  $G = 83$  GPa, quina és la longitud inicial de l'aresta?
- 2.11.** La longitud d'una fibra elàstica d'1 mm de radi s'estira un 3% quan s'hi aplica una força de tracció de 10 N. Quin és el mòdul d'elasticitat?

- 2.12.** S'usa una peça d'un aliatge metàl·lic les propietats mecàniques més significatives de la qual són:  $\sigma_y = 270$  MPa,  $\sigma_w = 200$  MPa,  $TS = 360$  MPa i  $E = 170$  GPa. Quina és la força màxima de tracció que pot suportar si la peça té  $30 \text{ cm}^2$  de secció?
- 2.13.** Quina secció ha de tenir un cable d'acer perquè pugui alçar pesos de fins a 300 kg? Les propietats mecàniques del material són:  $TS = 520$  MPa,  $\sigma_y = 350$  MPa,  $HB = 149$ ,  $\sigma_w = 250$  MPa.
- 2.14.** Si el límit elàstic d'una peça de plàstic de 25 cm de longitud és de 70 MPa, el mòdul d'elasticitat és de 10 GPa i el mòdul de cisallament és de 4 GPa, quina és la distància màxima que pot estirar-se de forma reversible?

- 2.15.** Determineu les deformacions en cadascuna de les direccions en aquesta peça d'acer quan s'hi apliquen simultàniament les càrregues mostrades en la figura adjunta. Les dimensions són:  $a = 19$  mm,  $b = 25$  mm,  $L = 56$  cm. Totes les càrregues aplicades són iguals, amb un valor de 100 kN, i s'apliquen perpendiculars a les superfícies indicades.



- 2.16.** Per a un aliatge metàl·lic, una tensió real de 345 MPa produeix una deformació plàstica real de 0,02. Quant s'allarga una proveta d'aquest material quan s'hi aplica una tensió real de 415 MPa si la longitud inicial és de 500 mm? Suposem un valor de 0,22 per a l'exponent  $n$  d'enduriment per deformació.
- 2.17.** S'apliquen sobre una peça de llautó diverses tensions nominals que produeixen, abans de l'estracció, les deformacions plàstiques nominals indicades, sense que s'hi observe estricció:

$\sigma$ (MPa)	$\epsilon$
315	0,105
340	0,220

Calculeu la tensió nominal necessària per a produir en la peça una deformació nominal de 0,28.

### Exercicis sobre duresa

- 2.18.** Un penetrador Brinell de 10 mm de diàmetre produeix una empremta de 2,5 mm de diàmetre en un acer quan s'hi aplica una càrrega de 1.000 kg. Calculeu la duresa Brinell d'aquest material.
- 2.19.** Una peça és sotmesa a un assaig de duresa, amb una càrrega de 500 kg sobre una bola de 5 mm de diàmetre. Calculeu el grau de duresa Brinell d'aquesta peça si s'ha obtingut una empremta de 2,3 mm de diàmetre.
- 2.20.** Determineu la duresa Vickers d'una peça d'acer que, sotmesa a una càrrega de 120 kg, produeix una empremta de 0,5 mm de diagonal.

- 2.21.** S'aplica una càrrega de 500 kg sobre una peça amb una duresa Brinell de 300 HB. Si s'ha emprat com a penetrador una bola de 10 mm, quin és el diàmetre de l'empremta produïda?
- 2.22.** En un assaig de duresa Rockwell B, la profunditat  $h1$  quan s'aplica la precàrrega és de 0,01 mm, i la profunditat  $h3$  quan es manté la precàrrega després d'haver aplicat tota la càrrega és de 0,144 mm. Quina és la duresa del material?

### Exercicis sobre torsió

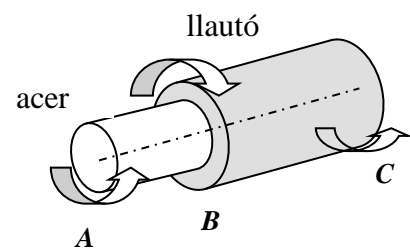
- 2.23.** Un eix buit d'acer té un diàmetre exterior de  $3/4$  polzades i un diàmetre interior d' $1/8$  polzades. Si la tensió de tall màxim permisible és de 35.000 psi, quin és el parell màxim que pot transmetre l'eix?
- 2.24.** Un eix sòlid està compost de dues seccions: la primera,  $AB$ , és d'acer amb un diàmetre d' $1$  inch i  $1$  foot de longitud; la segona secció,  $BC$ , és de llautó i té un diàmetre de  $2$  inch i  $2$  foot de longitud. Les dues seccions estan perfectament acoblades. S'aplica un parell de forces motriu al punt  $B$  de 1.800 ft-lb, la qual cosa genera parells de força en els punts  $A$ , de 800 ft-lb, i  $C$ , de 1.000 ft-lb, tal com es mostra en la figura. L'eix gira a 2.400 rpm. Tasques:
- Determineu la màxima tensió tangencial quan s'aplique un parell de força a l'exterior del punt  $A$  de 800 ft-lb. Quin seria l'angle de torsió en aquesta secció?
  - Determineu la màxima tensió tangencial quan s'aplique un parell de força a l'exterior en el punt  $C$  de 1.000 ft-lb. Quin seria l'angle de torsió en aquesta secció?
  - Determineu la màxima tensió tangencial en el punt  $B$  quan s'apliquen simultàniament els parells de forces indicats en els punts  $A$  i  $C$ . Quin seria l'angle de torsió?

#### Dades

Mòdul de rigidesa tangencial

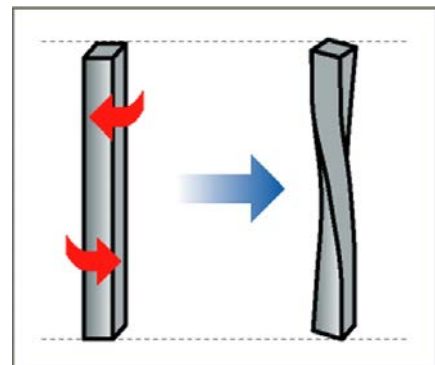
Acer =  $12 \cdot 10^6$  psi

Llautó =  $6 \cdot 10^6$  psi



- 2.25.** Un eix massís d'alumini gira a una velocitat constant de 120 rpm. Quina és la tensió de cisallament màxima que es produeix en l'eix quan s'aplica una càrrega de torsió de 10 kN sobre la superfície exterior? Quin seria l'angle deformat als extrems?

Dades de la peça:  $L = 1,50$  m;  $a = 80$  mm.



Exercicis sobre selecció de materials

**2.26.** Una barra cilíndrica de 120 mm de longitud i 15,0 mm de diàmetre es deforma sota una càrrega de 35.000 N. No ha d'experimentar deformació plàstica, ni tampoc el diàmetre ha de reduir-se en més d' $1,2 \cdot 10^{-2}$  mm. Quin dels materials tabulats són possibles candidats? Raoneu la resposta.

Material	$E$ (MPa)	$\sigma_y$ (MPa)	$\nu$
Aliatge d'alumini	$70 \cdot 10^3$	250	0,33
Aliatge de titani	$105 \cdot 10^3$	850	0,36
Acer	$205 \cdot 10^3$	550	0,27
Aliatge de magnesi	$45 \cdot 10^3$	170	0,29

**2.27.** Una barra cilíndrica de 15 in (polzades) de longitud i 0,395 in de diàmetre és sotmesa a un esforç de tracció. La barra no ha d'experimentar ni deformació plàstica, ni l'elongació ha de ser superior a 0,0354 in quan s'hi aplica una càrrega de 5.508 lbf (lliures força). Quins dels quatre materials de la taula són adequats? Raoneu la resposta

Material	$E$ (psi)	$\sigma_y$ (psi)	$TS$ (psi)
Aliatge d'alumini	$10 \cdot 10^6$	37.000	61.000
Llautó	$14,6 \cdot 10^6$	50.000	61.000
Coure	$16 \cdot 10^6$	30.000	40.000
Acer	$30 \cdot 10^6$	65.000	80.000

**2.28.** Es disposa d'una llista de materials amb informació sobre algunes de les seues propietats mecàniques. Prenent en consideració aquest criteri de disseny, seleccioneu el material més adequat per a cada cas.

Material	$E$ (GPa)	$\sigma_y$ (MPa)	$\nu$
Alumini	69	17	0,33
Llautó	101	75	0,35
Coure	110	69	0,35
Magnesi	45	41	0,29
Níquel	207	138	0,31
Acer	207	295	0,27
Titani	107	240	0,36
Wolframi	407	380	0,28

**Cas a)** Es vol fabricar una proveta cilíndrica, amb un diàmetre de 12,7 mm i 254 mm de longitud, que quan s'hi aplique un esforç de tracció de 6.000 N, l'allargament siga elàstic, de menys de 0,08 mm i que la màxima disminució en el diàmetre siga d' $1,2 \cdot 10^{-3}$  mm. Quins metalls de la taula poden usar-se per a aquesta comesa?

**Cas b)** Es vol fabricar una proveta de perfil hexagonal, amb una aresta de 10 mm i 254 mm de longitud, que quan s'hi aplique un esforç de compressió de 17.400 N, la compressió siga elàstica, de menys de 0,08 mm i que el màxim augment en el costat que es pot permetre és d' $1,2 \cdot 10^{-3}$  mm. Quins metalls de la taula poden usar-se per a aquesta comesa?

**Cas c)** Es vol fabricar una proveta en forma de paral·lelepípede, amb unes dimensions laterals de 5,4 i 12,7 mm i 254 mm de longitud, que quan s'aplique un esforç de cisallament de 6.858



N sobre els extrems, la deformació siga elàstica i de menys de 0,8 graus. Quins metalls de la taula poden usar-se per a aquesta comesa?

### Exercicis sobre determinació gràfica

**2.29.** Una proveta cilíndrica d'un aliatge d'alumini amb un diàmetre de 12,8 mm i una longitud de prova de 50,8 mm és estirada a tracció. Utilitzant les característiques de càrrega-allargament tabulades, contesteu les preguntes següents:

<u>Càrrega (N)</u>	<u>Longitud (mm)</u>	<u>Càrrega (N)</u>	<u>Longitud (mm)</u>
12.700	50,825	119.400	51,562
25.400	50,851	128.300	51,816
38.100	50,876	149.700	52,832
50.800	50,902	159.000	53,848
76.200	50,952	160.400	54,356
89.100	51,003	159.500	54,864
92.700	51,054	151.500	55,880
102.500	51,181	124.700	56,642
107.800	51,308		Fractura

- Representeu les dades de la tensió nominal en relació amb la deformació nominal.
- Calculeu-ne el mòdul d'elasticitat.
- Determineu el límit elàstic de la proveta per a una deformació de 0,002 i, també, la resistència a la tracció.
- Quant val la ductilitat, en allargament relatiu?
- Calculeu el mòdul de resiliència de la proveta.
- Determineu una tensió de treball apropiada per a aquest material.
- Representeu la corba tensió real-deformació real tenint en compte que en els tres últims valors de la càrrega es produeix estricció en la proveta emprada, circumstància que modifica els valors del diàmetre a 12,22, 11,80 i 10,65 mm respectivament.
- Determineu els valors dels paràmetres  $n$  i  $K$ , adequats per a aquest aliatge, que relacionen de manera lineal en paper doble logarítmic la tensió i deformació reals, emprant les dades apropiades.

**2.30.** Una proveta d'un aliatge metàl·lic, amb unes dimensions originals de 12,83 mm de diàmetre i 50,80 mm de longitud, és sotmesa a un assaig de tracció. Després de la fractura, el diàmetre final és de 9,19 mm.

<u>Càrrega (N)</u>	<u>Longitud (mm)</u>	<u>Càrrega (N)</u>	<u>Longitud (mm)</u>
0	50,80	26.689	51,31
4.448	50,81	35.586	52,12
8.896	50,82	44.482	53,64
13.345	50,83	48.930	55,88
17.793	50,85	40.034	69,85
			Fractura

- Representeu les dades de la tensió nominal en relació amb la deformació.
- Calculeu-ne el mòdul d'elasticitat.
- Determineu-ne el límit elàstic i la resistència a la tracció.
- Quant val la ductilitat, en allargament relatiu? I en reducció d'àrea?
- Calculeu la tenacitat del material a la fractura.

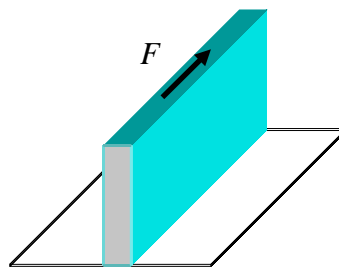
- f) Calculeu-ne el coeficient d'enduriment i l'exponent d'enduriment per deformació. Quina és la tensió nominal i la tensió real en la fractura?
- g) Determineu una tensió de treball apropiada per a aquest material.

**2.31.** Una proveta d'un aliatge de magnesi de secció rectangular, amb unes dimensions de 3,2 x 19,1 mm, és deformada a tracció. Usant les dades tabulades de càrrega i allargament, resoleu les qüestions següents:

Càrrega (N)	Longitud (mm)	Càrrega (N)	Longitud (mm)
0	63,50	12.850	65,41
1.380	63,53	14.100	66,68
2.780	63,58	14.340	67,95
5.630	63,63	13.830	69,22
7.430	63,70	12.500	70,49
8.140	63,75	Fractura	
9.870	64,14		

- a) Representeu les dades tensió nominal en relació amb la deformació.
- b) Calculeu-ne el mòdul d'elasticitat.
- c) Determineu-ne el límit elàstic i la resistència a la tracció.
- d) Quant val la ductilitat en allargament relatiu?
- e) Calculeu-ne el mòdul de resiliència.
- f) Determineu una tensió de treball apropiada per a aquest material.
- g) Una càrrega de 10.500 N s'aplica sobre una proveta de perfil triangular regular d'aquest material, amb una aresta de 15 mm. La proveta experimenta deformació elàstica o plàstica? Per què? Si la longitud inicial és de 500 mm, quant augmenta quan s'hi aplica la càrrega? Quant es modifica l'aresta si el valor de  $\nu$  és 0,33?

**2.32.** Una peça d'un aliatge d'alumini (Al6022-T4) en forma de prisma rectangular (50 mm de llarg, 15 mm d'ample i 1,05 mm de gruix) és sotmesa a un assaig de cisallament. La càrrega s'aplica en direcció longitudinal, recolzada sobre el gruix de la peça i provoca en aquesta una deformació angular. Les dades de l'assaig són les següents:

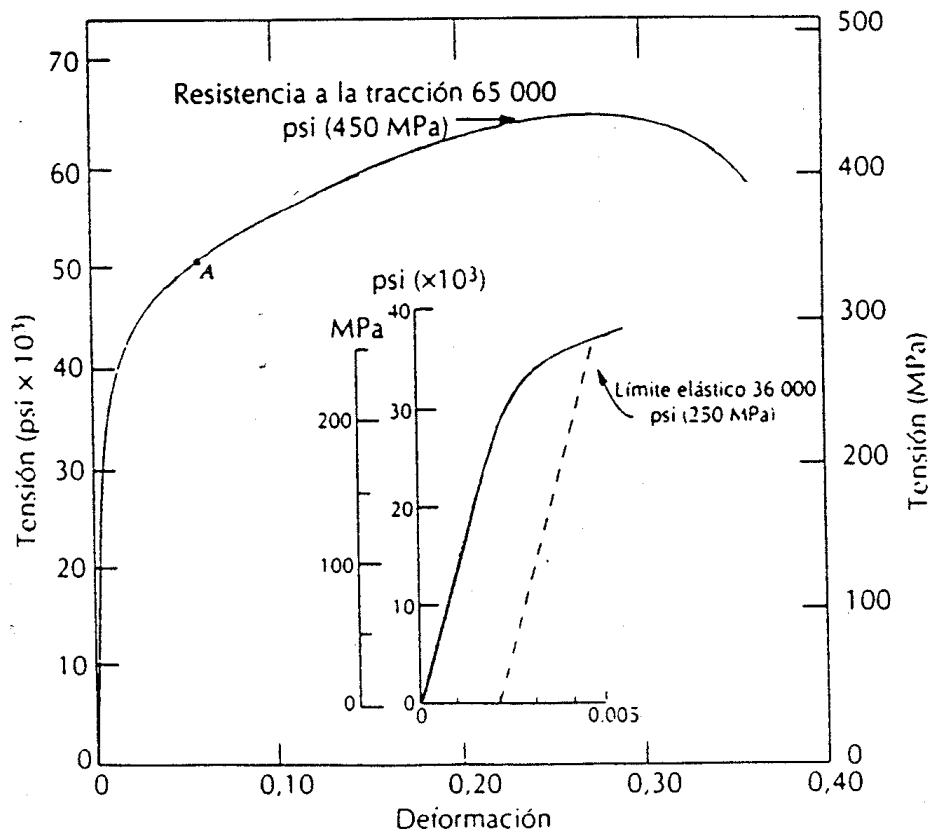


Càrrega (N)	Angle (°)	Càrrega (N)	Angle (°)
1.365	0,06	8.613	4,01
2.048	0,09	9.844	7,50
2.730	0,11	11.320	14,27
3.003	0,13	11.813	19,33
3.413	0,17	12.059	25,76
4.922	0,65	12.082	31,55
7.383	2,01	12.083	33,34
7.875	2,51	Fractura	

- a) Representeu la tensió nominal en relació amb la deformació nominal.
- b) Calculeu el mòdul de cisallament de la peça, el límit elàstic tangencial, el mòdul de resiliència, la ductilitat del material i la tensió tangencial de treball.
- c) Si apliquem a una proveta cúbica, de 20 mm d'aresta, una càrrega de 6.000 N, quina deformació angular s'hi produeix? Què passaria en retirar la càrrega?
- d) Què passaria si la càrrega fóra ara de 56.000 N sobre la mateixa proveta de l'apartat anterior? Què passaria en retirar la càrrega?

**2.33.** Considerem un aliatge de llautó amb el comportament corba-tensió-deformació nominal que es mostra en la figura. Tasques:

- a) Una proveta cilíndrica d'aquest material de 10,0 mm de diàmetre i 101,6 mm de longitud és estirada a tracció amb una força de 10.000 N. Si el coeficient de Poisson d'aquest aliatge és de 0,35, quin és l'allargament de la proveta? Quina és la reducció del diàmetre?
- b) Una proveta té una longitud de 100 mm i ha d'allargar-se només 5 mm quan s'hi aplique una càrrega de tracció de 100.000 N. En aquestes circumstàncies, quant ha de fer el radi de la proveta?
- c) Calculeu-ne el mòdul de resiliència.
- d) Una proveta cilíndrica de 10,0 mm de diàmetre i 120,0 mm de longitud és estirada a tracció amb una força d'11.750 N. A continuació la força és retirada. Quina és la longitud final de la proveta?
- e) Una proveta de secció rectangular amb unes dimensions de 10,4 x 6,4 mm és sotmesa a una força de tracció de 20.000 N. Quin és el valor de la deformació en aquest moment? Si la longitud original de la proveta era de 610,0 mm, quina és la longitud final després que la força s'haja retirat?
- f) Calculeu les dureses Brinell i Rockwell a partir de la resistència a la tracció del material.
- g) Establiu raonadament una tensió de treball adequada.



**2.34.** S'han obtingut les propietats següents per a un aliatge de 90% de cu i 10% de ni (cuproníquel).

Treball en fred (%)	TS (MPa)	%EL	Duresa $R_F$	$R_B$
10	345	25	80	30
20	380	16	95	63
30	407	12	100	70
40	435	11	102	74
50	449	10	105	79

Seleccioneu el grau de tractament de treball en fred adequat per a aconseguir un material amb les propietats finals següents: resistència mínima a la tracció = 373 MPa; duresa mínima  $R_B = 65$ ; elongació màxima 12%.