Exercici 1.

La longitud s es construeix trivialment com

$$s = L_1 - (L_2 + L_3)$$

per una altra banda, els valors extrems en la mesura de la longitud s són s_{max} quan L_1 sigui màxim i L_2, L_3 mínims.

$$\begin{aligned} s_{max} &= L_1 + 0,100 - (L_2 - 0,100 + L_3 - 0,100) \\ &= L_1 - (L_2 + L_3) + 0,300 \\ &= s + 0,300 \end{aligned}$$

i s_{min} quan L_1 sigui mínim i L_2, L_3 màxims.

$$\begin{aligned} s_{min} &= L_1 - 0,100 - (L_2 + 0,100 + L_3 + 0,100) \\ &= L_1 - (L_2 + L_3) - 0,300 \\ &= s - 0,300 \end{aligned}$$

per tant la tolerància de la longitud s és $\pm 300\,\mu m$

Exercici 2.

Tant eix com forat tenen $25\,mm$ de cota nominal. És clar que l'ajust és amb joc, ja que el cas més desfavorable en què l'eix sigui lo més gran possible aquest tindrà com a molt un diàmetre $25 - 0,007 = 24,993\,mm$, mentre que si el forat és el més petit possible tindrà com a poc $25 - 0,000 = 25,000\,mm$. Llavors, el joc mínim es dóna precisament en aquesta situació anterior, i val

$$J_m = 25,000 - 24,993 = 0,007\,mm = 7\,\mu m$$

El joc màxim es dóna quan el forat té diàmetre maxim i l'eix diàmetre mínim,

$$J_M = 25 + 0,021 - (25 - 0,020) = 0,041\,mm = 41\,\mu m$$

Exercici 3.

Anomenem h a l'altura del graó central. És fàcil veure que aquesta longitud es construeix com

$$h = L_3 - (L_1 + L_2) = 325 - (125 + 130) = 70$$

per una altra banda, els valors extrems en la mesura de h són h_{max} quan L_3 sigui màxim i L_1, L_2 mínims.

$$\begin{aligned} h_{max} &= L_3 + 0,500 - (L_1 - 0,500 + L_2 - 0,500) \\ &= L_3 - (L_1 + L_2) + 1,500 \\ &= h + 1,500 \end{aligned}$$

i h_{min} quan L_3 sigui mínim i L_1, L_2 màxims.

$$\begin{aligned} h_{min} &= L_3 - 0,500 - (L_1 + 0,500 + L_2 + 0,500) \\ &= L_3 - (L_1 + L_2) - 1,500 \\ &= h - 1,500 = 70 - 1,500 = 68,500\, mm \end{aligned}$$

Exercici 4.

És evident que la longitud s es construeix a partir de L_1, L_2 i L_3 com

$$s = L_1 - (L_2 + L_3)$$

per una altra banda, els valors extrems en la mesura de la longitud s són s_{max} quan L_1 sigui màxim i L_2, L_3 mínims.

$$\begin{aligned} s_{max} &= L_1 + 0,100 - (L_2 - 0,050 + L_3 - 0,050) \\ &= L_1 - (L_2 + L_3) + 0,200 \\ &= s + 0,200 \end{aligned}$$

i s_{min} quan L_1 sigui mínim i L_2, L_3 màxims.

$$\begin{aligned} s_{min} &= L_1 - 0,050 - (L_2 + 0,100 + L_3 + 0,100) \\ &= L_1 - (L_2 + L_3) - 0,250 \\ &= s - 0,250 \end{aligned}$$

per tant la tolerància de la longitud s és

$$s^{+0,200}_{-0,250}$$

Exercici 5.

Tant eix com forat tenen 147 mm de cota nominal. És clar que l'ajust és amb joc, ja que el cas més desfavorable en què l'eix sigui lo més gran possible aquest tindrà com a molt un diàmetre $147{+}0,000 = 147,000\,mm$, mentre que si el forat és el més petit possible tindrà com a poc $147{+}0,145 = 147,145\,mm$. Llavors, el joc mínim es dóna precisament en aquesta situació anterior, i val

$$J_m = 147,145 - 147,000 = 0,145\,mm = 145\,\mu m$$

Exercici 6.

L'aresta s es construeix geomètricament a partir de L_1, L_2 i L_3 com

$$s = L_1 - (L_2 + L_3)$$

per una altra banda, els valors extrems en la mesura de la longitud s són s_{max} quan L_1 sigui màxim i L_2, L_3 mínims.

$$\begin{aligned} s_{max} &= L_1 + 0,100 - (L_2 - 0,000 + L_3 - 0,000) \\ &= L_1 - (L_2 + L_3) + 0,100 \\ &= s + 0,100 \end{aligned}$$

i s_{min} quan L_1 sigui mínim i L_2, L_3 màxims.

$$\begin{aligned} s_{min} &= L_1 - 0,000 - (L_2 + 0,100 + L_3 + 0,100) \\ &= L_1 - (L_2 + L_3) - 0,200 \\ &= s - 0,200 \end{aligned}$$

per tant la tolerància de la longitud s és

$$s^{\substack{+0,100\\ -0,200}}$$

Exercici 7.

Aquest és un cas d'ajust indeterminat, en el qual es pot produir tant; *serratge*, que serà màxim quan el forat tingui el mínim diàmetre ($45-0,000 = 45,000\,mm$) i l'eix el màxim $45+0,011 = 45,011\,mm$

$$S_M = 45,011 - 45,000 = 0,011\,mm$$

o *joc*, que serà màxim quan el forat tingui el diàmetre màxim ($45+0,025 = 45,025\,mm$) i l'eix el mínim ($45-0,005 = 44,995\,mm$)

$$J_m = 45,025 - 44,995 = 0,030\,mm$$

Exercici 8.

Anomenem h a l'altura del graó central. És fàcil veure que aquesta longitud es construeix com

$$h = L_3 - (L_1 + L_2)$$

per una altra banda, els valors extrems en la mesura de h són h_{max} quan L_3 sigui màxim i L_1, L_2 mínims.

$$\begin{aligned} h_{max} &= L_3 + 0,050 - (L_1 - 0,050 + L_2 - 0,050) \\ &= L_3 - (L_1 + L_2) + 0,150 \\ &= h + 0,150 \end{aligned}$$

i h_{min} quan L_3 sigui mínim i L_1, L_2 màxims.

$$\begin{aligned} h_{min} &= L_3 - 0,050 - (L_1 + 0,050 + L_2 + 0,050) \\ &= L_3 - (L_1 + L_2) - 0,150 \\ &= h - 0,150 \end{aligned}$$

per tant la tolerància de la longitud h és $\pm 150\,\mu m$

Exercici 9.

La distància s entre els forats s'obté fent

$$s = L - 2r = L - d = 25 - 10 = 15\,mm$$

Serà màxima quan L sigui màxima i d mínima

$$s_{max} = L + 0,1 - (d - 0) = L - d + 0,1 = s + 0,1$$

i serà mínima quan L sigui mínima i d màxima

$$s_{min} = L - 0,1 - (d + 0,1) = L - d - 0,2 = s - 0,2$$

per tant la tolerància de la longitud $s = 15$ és

$$15^{+0,1}_{-0,2}$$

Exercici 10.

Amb la informació de l'enunciat podem escriure les següents igualtats

$$J_M = 35 + 0,025 - (35 + di') = 0,075$$

$$J_m = 35 - 0,000 - (35 + ds') = 0,025$$

d'on

$$di' = -0,050\,mm$$

$$ds' = -0,025\,mm$$

i finalment

$$35^{-0,025}_{-0,050}$$

Exercici 11.

La distància s de la figura s'obté a partir de les altres cotes com

$$s = L_1 - L_2 - L_3$$

Anomenant a la tolerància general t_g. La longitud s serà màxima quan L_1 sigui màxima i L_2 i L_3 mínims

$$s_{max} = L_1 + t_g - (L_2 - t_g + L_3 - t_g) = L_1 - L_2 - L_3 + 3t_g$$

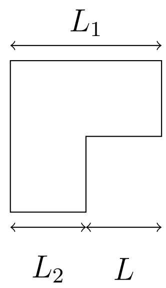
i serà mínima quan L sigui mínima i L_2 i L_3 màxims

$$s_{min} = L - t_g - (L_2 + t_g - L_3 + t_g) = L_1 - L_2 - L_3 - 3t_g$$

com la tolerància de s ha de ser $\pm 150\,\mu m$ es dedueix que $t_g = \pm 50 \mu m$

Exercici 12.

A partir de



L es troba com $L = L_1 - L_2$ llavors, com a curta, la longitud L serà

$$\begin{aligned} L &= (L_1 - d_i) - (L_2 + d_s) \\ &= 31 - 0 - (17 + 0,02) \\ &= 14 - 0,02 \end{aligned}$$

i com llarga

$$\begin{aligned} L &= (L_1 + d_s) - (L_2 - d_i) \\ &= 31 + 0.1 - (17 - 0,005) \\ &= 14 + 0,1005 \end{aligned}$$

podem escriure doncs

$$14^{\substack{0,105 \\ -0,002}}$$

Exercici 13.

- El diàmetre mínim del forat és $100 + 0,072 = 100,072\,mm$
- El diàmetre màxim del forat és $100 + 0,292 = 100,292\,mm$
- El diàmetre mínim de l'eix és $100 - 0,071 = 99,929\,mm$
- El diàmetre màxim de l'eix és $100 - 0,036 = 99,964\,mm$

Exercici 14.

- El joc màxim correspon a "forat gran" i "eix petit", llavors

$$J_M = +0,030 - (-0,007) = 0,037\,mm$$

- El serratge màxim correspon a "forat petit" i "eix gran", llavors

$$S_M = +0,000 + 0,012 = 0,012\,mm$$

Dels resultats anteriors es dedueix que l'ajust és indeterminat ja que hi pot haver serratge i joc.

Exercici 15.

Considerem el sistema eix/forat donat per

$$50^{x}_{y}/50^{+0,039}_{+0,000}$$

El joc màxim correspon a la combinació *forat gran* i *eix petit* de forma que podem escriure

$$0,089 = J_M = 50 + 0,039 - (50 + x) \to x = 0,039 - 0,089 = -0,050\,mm$$

El joc mínim correspon a la combinació *eix petit* i *forat gran* de manera que tenim

$$0,025 = J_m = 50 - 0 - (50 + y) \to y = -0,025\,mm$$

Exercici 16. Considerem el sistema eix/forat donat per

$$35^{x}_{y}/35^{+0,025}_{+0,000}$$

Llavors, el joc màxim correspon a la combinació *forat gran* i *eix petit* de forma que podem escriure

$$0,075 = 35 + 0,025 - (35 + x) \to x = -0,050\,mm$$

mentre que el joc mínim correspon a la combinació *eix petit* i *forat gran* de manera que tenim

$$0,025 = 35 + 0,000 - (35 + y) \to y = -0,025\,mm$$

Exercici 17.

Podem calcular directament

$$J_M = 25 + 0,021 - (25 - 0,020) = 0,041\,mm$$

i

$$J_m = 25 - 0 - (25 - 0,007) = 0,007 = 0,007\,mm$$

Exercici 18.

L'ajust és indeterminat, fem

$$J_M = 45 + 0,025 - (45 - 0,005) = 0,0030\,mm$$

i

$$S_M = 45 - 0 - (45 + 0,011) = -0,0011\,mm$$

Exercici 19.

El joc mínim correspon a la combinació *eix petit* i *forat gran* de manera que tenim

$$J_m = 147 + 0,145 - (147 + 0,000) = 0,145\,mm$$

Exercici 20.

L'angle β es construeix com $\alpha_2 - \alpha_1$ i serà màxim quan sigui α_2 *màxim* i α_1 *mínim*, llavors

$$\beta_{max} = \alpha_2 + 0^\circ\,20' - (\alpha_1 - 0^\circ\,30') = \alpha_2 - \alpha_1 + 0^\circ\,50'$$

i serà mínim quan sigui α_2 *mínim* i α_1 *màxim*, llavors

$$\beta_{min} = \alpha_2 - 0^\circ\,20' - (\alpha_1 + 0^\circ\,30') = \alpha_2 - \alpha_1 - 0^\circ\,50'$$

de forma que la tolerància de β serà $\pm 0^\circ\,50'$.