



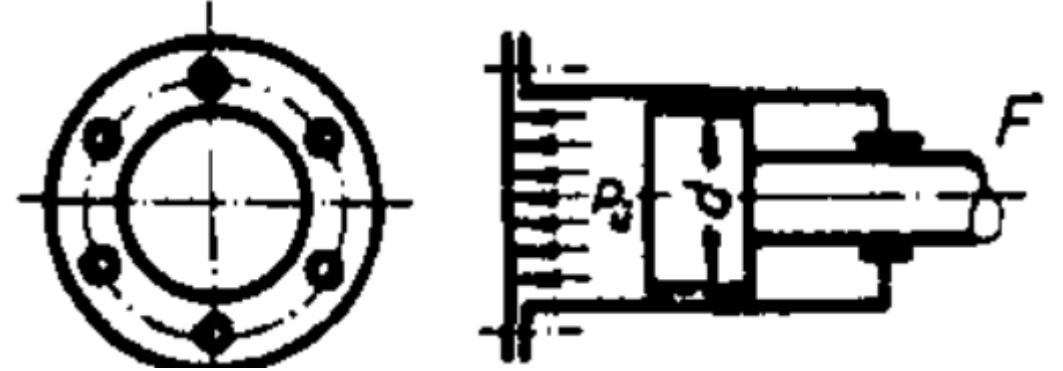
---

$$\begin{array}{lcl} \text{Fuerza} & = & \text{superficie} \times \text{presión} \\ F & = & A \cdot p \end{array}$$

¿Qué fuerza de compresión produce un pistón de trabajo de 180 mm de diámetro con 12 bar de presión de trabajo?

$$1 \text{ Bar} = 1 \text{ kg /cm}^2$$

Sobre el diámetro de un pistón de 255 mm actúan 7 bar. La tensión admisible de tornillo es de 60 N/mm<sup>2</sup>. Calcule el número de tornillos M 14.



?



## Corte y punzonado

$F$  = esfuerzo cortante

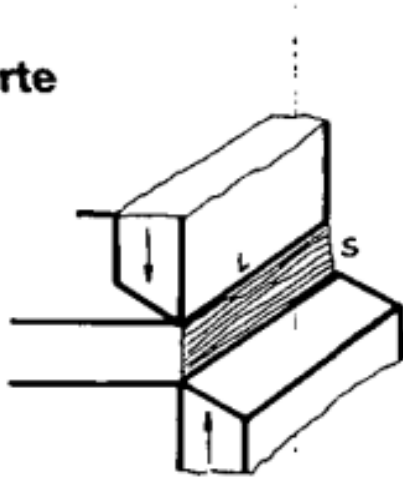
$A$  = superficie de cortadura

$\tau_B$  = resistencia al cizallamiento en  $\text{N/mm}^2$

$s$  = espesor de chapa

|                         |   |                                |          |                              |
|-------------------------|---|--------------------------------|----------|------------------------------|
| Superficie de cortadura | = | longitud de canto de cortadura | $\times$ | espesor de chapa             |
| fuerza de cizallado     | = | superficie de cortadura        | $\times$ | resistencia al cizallamiento |

### 1. Corte



Aquí se tiene una línea de corte abierta.

$$\begin{aligned} \text{superficie de cortadura} &= \text{longitud del canto de cortadura} \times \text{espesor de chapa} \\ A &= L \cdot s \end{aligned}$$

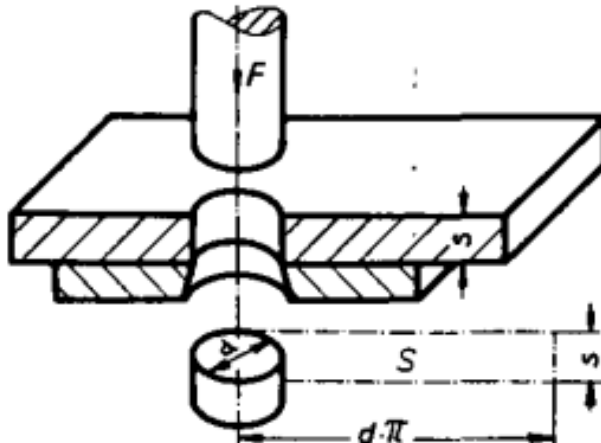
#### Nota

Superficie de cortadura = superficie de corte = superficie separada

$$\text{Perímetro (circulo)} = \pi \times D$$

$$\text{Perímetro (cuadrado)} = \text{Suma de lados}$$

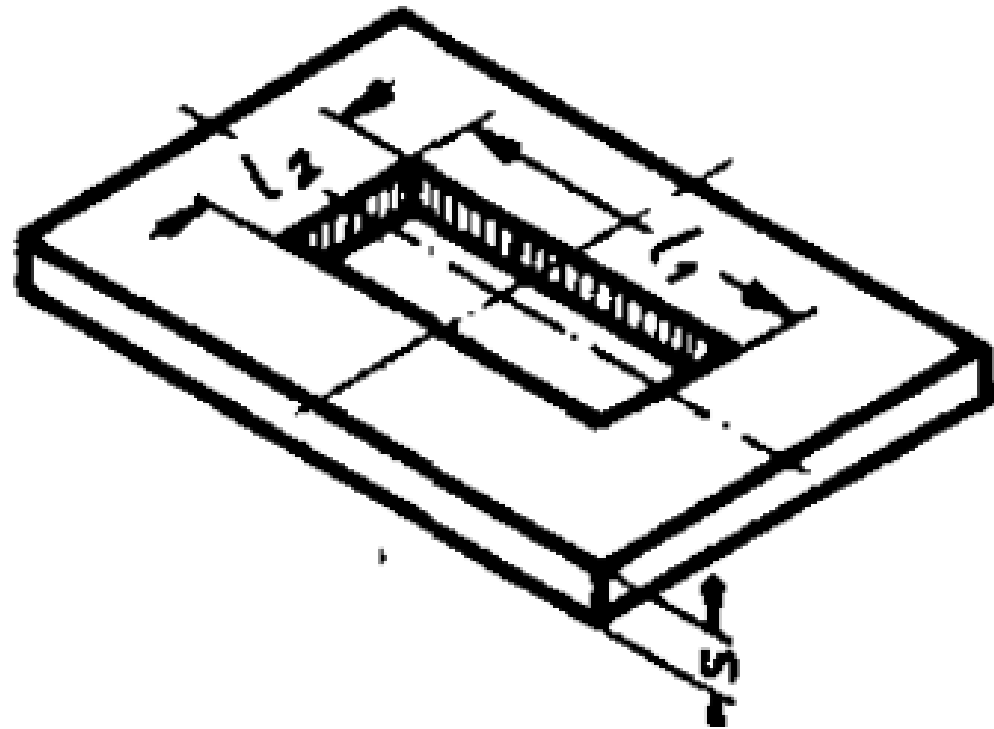
### 4. Esfuerzo cortante



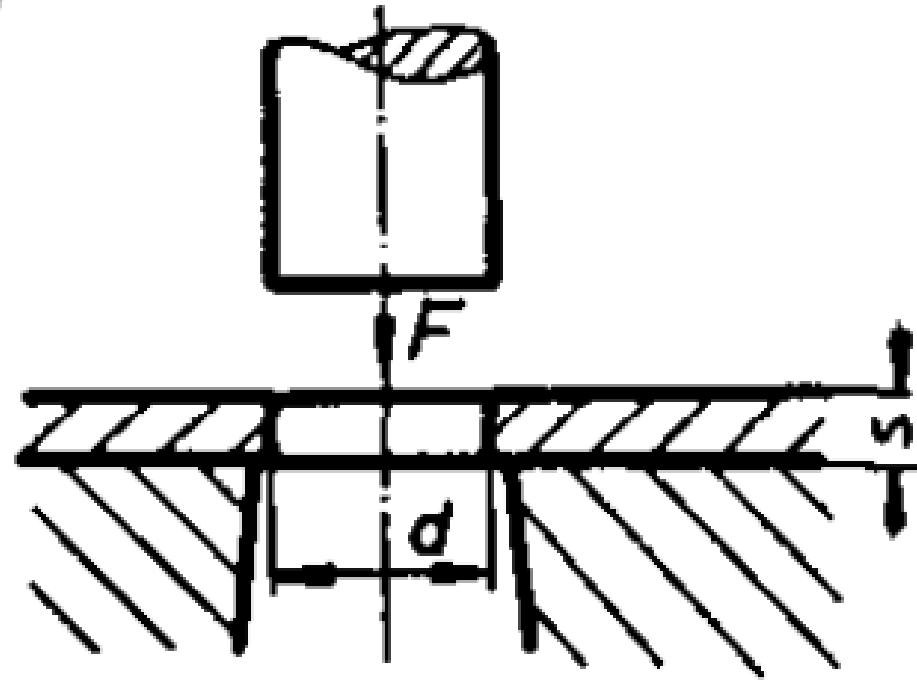
#### Conclusión

$$\begin{aligned} \text{Esfuerzo cortante} &= \text{superficie de cortadura} \times \text{resistencia al cizallamiento} \\ F &= A \cdot \tau_B \end{aligned}$$

7. Hay que calar en una plancha de 5 mm de espesor de acero St 42 un pasante de  $15 \times 35$  mm de corte transversal. ¿Qué fuerza de cizallado se necesita?



10. Un punzón perforador tiene 16 mm de diámetro. ¿Qué fuerza de cizallado es necesaria para una chapa de acero St 37 de 4 mm de espesor?



# Flexión

$F$  = fuerza en general

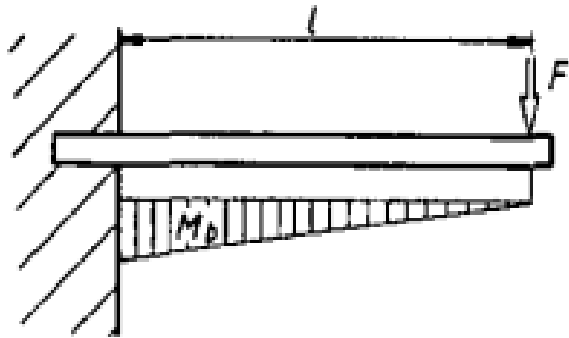
$l$  = longitud activa de palanca

$M_b$  = momento flexor

$\sigma_b$  = esfuerzo de flexión

$W_b$  = momento de resistencia a la flexión

## 1. Momento de flexión exterior



El producto de la fuerza que actúa por el brazo de palanca correspondiente es el momento flexor:

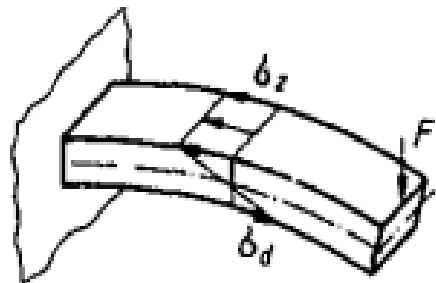
momento de flexión = fuerza  $\times$  brazo de palanca

$$M_b = F \cdot l$$

### Nota

En la flexión simple actúa la fuerza siempre perpendicularmente al eje de la barra. El esfuerzo de flexión se representa gráficamente como superficie del momento flexor.

## 2. Esfuerzo de flexión

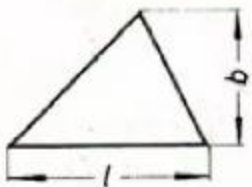


El momento de flexión exterior produce en la sección transversal esfuerzos por tensión y compresión. Este esfuerzo normal se llama esfuerzo de flexión.

### Nota

El esfuerzo de flexión se encuentra en la zona de la mayor deformación debida a la flexión, es decir donde actúa el mayor momento flexor.

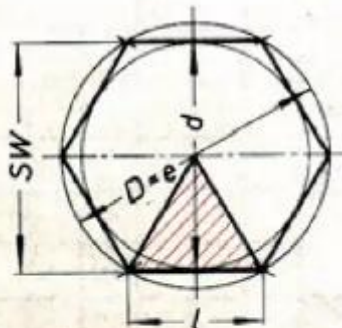




Triángulo

$$A = \frac{l \cdot b}{2}$$

$U$  = Suma de los tres lados



Polígono regular

$$A = \frac{l \cdot d}{4} \cdot n$$

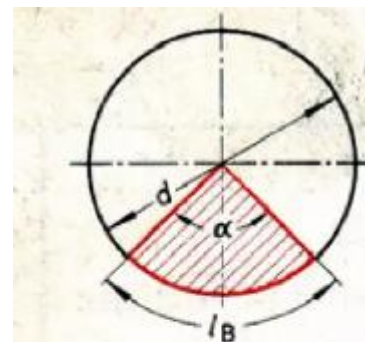
$$U = l \cdot n$$



Círculo

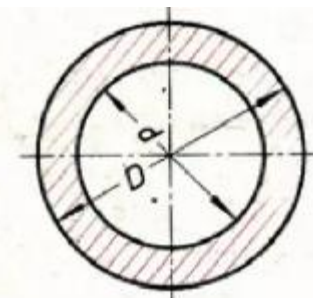
$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

$$U = d \cdot \pi$$



Sector circular

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi \cdot \alpha}{4 \cdot 360^\circ}$$



Corona circular

$A$  = Círculo mayor — círculo menor

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$$

$$\text{Dímetro} = \sqrt{\frac{\text{Sección}}{0,785}}$$

$$1 \text{ Kg} = 9,8 \text{ N}$$

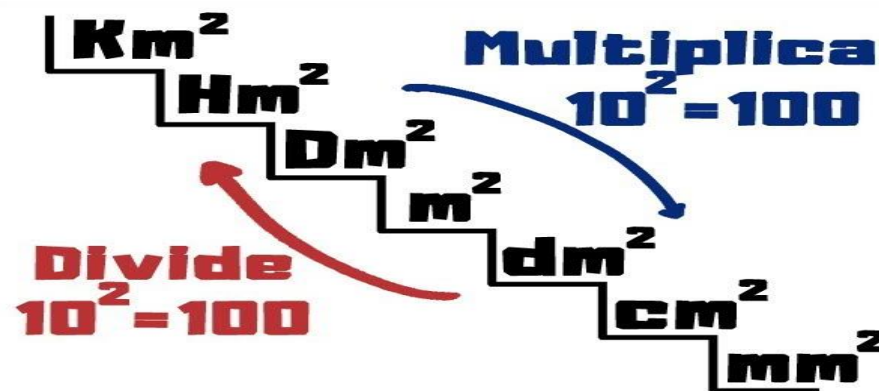
$$Ks_{\text{(resistencia del material)}} = \frac{P \text{ (Carga)}}{S \text{ (Sección)}}$$

$$\sqrt{Adm} = \frac{Ks}{n \text{ (índice de seguridad)}}$$

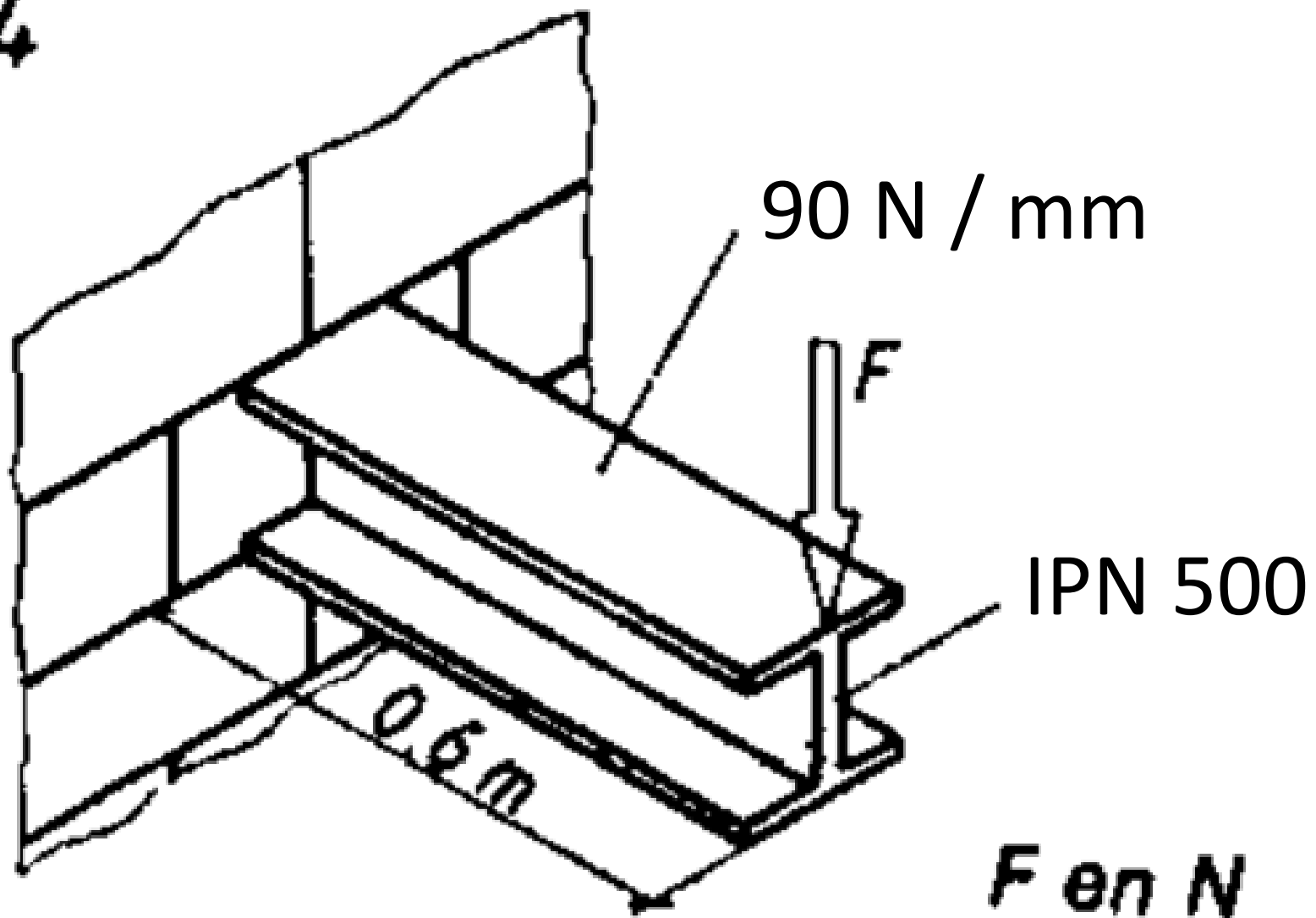
Momento resistente

$$W = \frac{P \times l}{n \times Kd}$$

$$P = \frac{W \times Kd}{l}$$



14





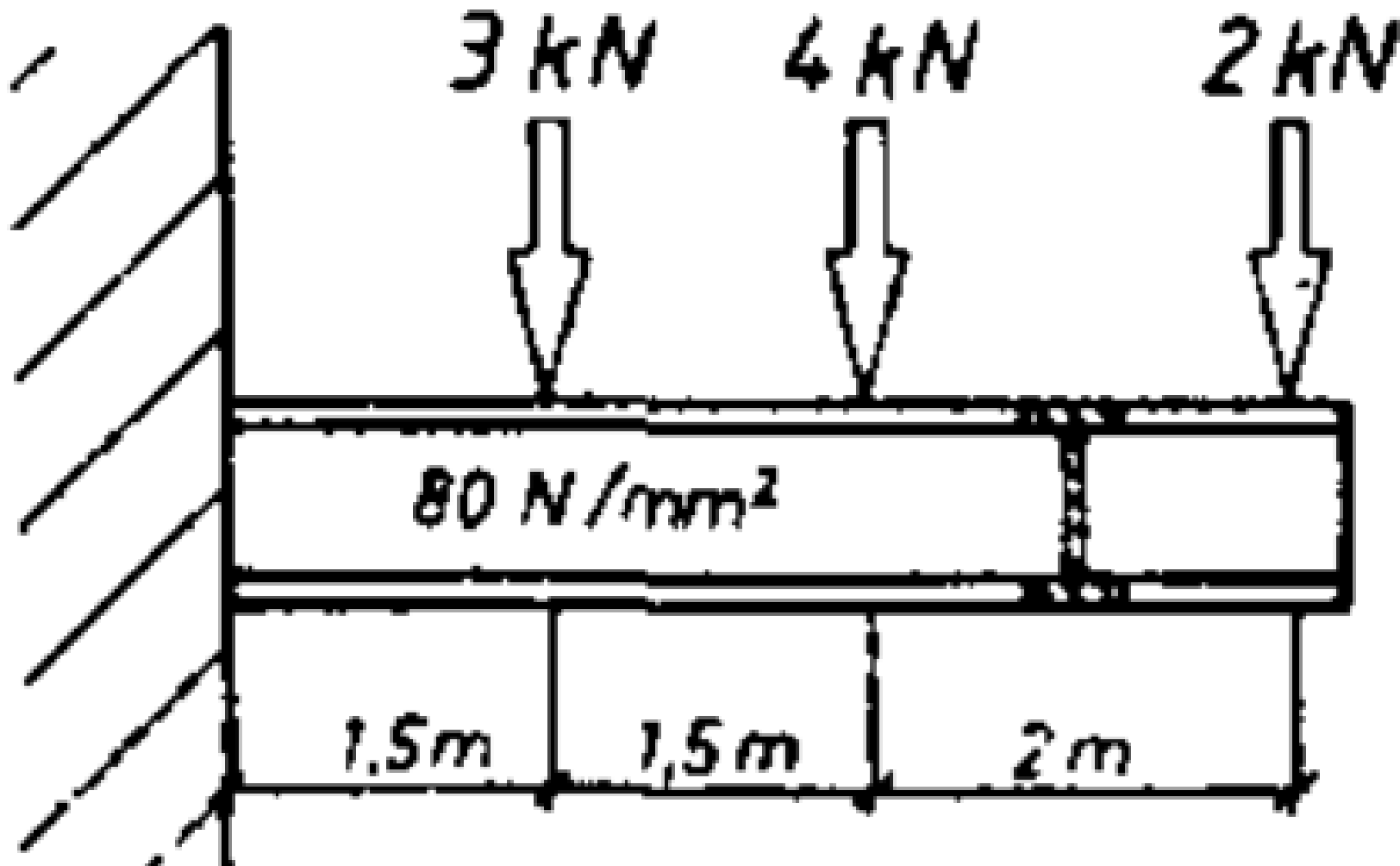
| Perfil  | Dimensiones |         |           |                      |                      |                      |         | Términos de sección  |                                   |                                   |                                   |                      |                                   |                                   |                      |                                   |
|---------|-------------|---------|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|---------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
|         | h<br>mm     | b<br>mm | e=r<br>mm | e <sub>1</sub><br>mm | r <sub>1</sub><br>mm | h <sub>1</sub><br>mm | u<br>mm | A<br>cm <sup>2</sup> | S <sub>x</sub><br>cm <sup>3</sup> | I <sub>x</sub><br>cm <sup>4</sup> | W <sub>x</sub><br>cm <sup>3</sup> | i <sub>x</sub><br>cm | I <sub>y</sub><br>cm <sup>4</sup> | W <sub>y</sub><br>cm <sup>3</sup> | i <sub>y</sub><br>cm | I <sub>t</sub><br>cm <sup>4</sup> |
| IPN 80  | 80          | 42      | 3,9       | 5,9                  | 2,3                  | 59                   | 304     | 7,58                 | 11,4                              | 77,8                              | 19,5                              | 3,20                 | 6,29                              | 3,00                              | 0,91                 | 0,93                              |
| IPN 100 | 100         | 50      | 4,5       | 6,8                  | 2,7                  | 75                   | 370     | 10,60                | 19,9                              | 171,0                             | 34,2                              | 4,01                 | 12,20                             | 4,88                              | 1,07                 | 1,72                              |
| IPN 120 | 120         | 58      | 5,1       | 7,7                  | 3,1                  | 92                   | 439     | 14,20                | 31,8                              | 328,0                             | 54,7                              | 4,81                 | 21,50                             | 7,41                              | 1,23                 | 2,92                              |
| IPN 140 | 140         | 66      | 5,7       | 8,6                  | 3,4                  | 109                  | 502     | 18,30                | 47,7                              | 573,0                             | 81,9                              | 5,61                 | 35,20                             | 10,70                             | 1,40                 | 4,66                              |
| IPN 160 | 160         | 74      | 6,3       | 9,5                  | 3,8                  | 125                  | 575     | 22,80                | 68,0                              | 935,0                             | 117,0                             | 6,40                 | 54,70                             | 14,80                             | 1,55                 | 7,08                              |
| IPN 180 | 180         | 82      | 6,9       | 10,4                 | 4,1                  | 142                  | 640     | 27,90                | 93,4                              | 1.450,0                           | 161,0                             | 7,20                 | 81,30                             | 19,80                             | 1,71                 | 10,30                             |
| IPN 200 | 200         | 90      | 7,5       | 11,3                 | 4,5                  | 159                  | 709     | 33,50                | 125,0                             | 2.140,0                           | 214,0                             | 8,00                 | 117,00                            | 26,00                             | 1,87                 | 14,60                             |
| IPN 220 | 220         | 98      | 8,1       | 12,2                 | 4,9                  | 175                  | 775     | 39,60                | 162,0                             | 3.060,0                           | 278,0                             | 8,80                 | 162,00                            | 33,10                             | 2,02                 | 20,10                             |
| IPN 240 | 240         | 106     | 8,7       | 13,1                 | 5,2                  | 192                  | 844     | 46,10                | 206,0                             | 4.250,0                           | 354,0                             | 9,59                 | 221,00                            | 41,70                             | 2,20                 | 27,00                             |
| IPN 260 | 260         | 113     | 9,4       | 14,1                 | 5,6                  | 208                  | 906     | 53,40                | 257,0                             | 5.740,0                           | 442,0                             | 10,40                | 288,00                            | 51,00                             | 2,32                 | 36,10                             |
| IPN 280 | 280         | 119     | 10,1      | 15,2                 | 6,1                  | 225                  | 966     | 61,10                | 316,0                             | 7.590,0                           | 542,0                             | 11,10                | 364,00                            | 61,20                             | 2,45                 | 47,80                             |
| IPN 300 | 300         | 125     | 10,8      | 16,2                 | 6,5                  | 241                  | 1.030   | 69,10                | 381,0                             | 9.800,0                           | 653,0                             | 11,90                | 451,00                            | 72,20                             | 2,56                 | 61,20                             |
| IPN 320 | 320         | 131     | 11,5      | 17,3                 | 6,9                  | 257                  | 1.090   | 77,80                | 457,0                             | 12.510,0                          | 782,0                             | 12,70                | 555,00                            | 84,70                             | 2,67                 | 78,20                             |
| IPN 340 | 340         | 137     | 12,2      | 18,3                 | 7,3                  | 274                  | 1.150   | 86,80                | 540,0                             | 15.700,0                          | 923,0                             | 13,50                | 674,00                            | 98,40                             | 2,80                 | 97,50                             |
| IPN 360 | 360         | 143     | 13,0      | 19,5                 | 7,8                  | 290                  | 1.210   | 97,10                | 638,0                             | 19.610,0                          | 1.090,0                           | 14,20                | 818,00                            | 114,00                            | 2,90                 | 123,00                            |
| IPN 380 | 380         | 149     | 13,7      | 20,5                 | 8,2                  | 306                  | 1.270   | 107,00               | 741,0                             | 24.010,0                          | 1.260,0                           | 15,00                | 975,00                            | 131,00                            | 3,02                 | 150,00                            |
| IPN 400 | 400         | 155     | 14,4      | 21,6                 | 8,6                  | 323                  | 1.330   | 118,00               | 857,0                             | 29.210,0                          | 1.460,0                           | 15,70                | 1.160,00                          | 149,00                            | 3,13                 | 183,00                            |
| IPN 450 | 450         | 170     | 16,2      | 24,3                 | 9,7                  | 363                  | 1.478   | 147,00               | 1.200,0                           | 45.850,0                          | 2.040,0                           | 17,70                | 1.730,00                          | 203,00                            | 3,43                 | 288,00                            |
| IPN 500 | 500         | 185     | 18,0      | 27,0                 | 10,8                 | 404                  | 1.626   | 180,00               | 1.620,0                           | 68.740,0                          | 2.750,0                           | 19,60                | 2.480,00                          | 268,00                            | 3,72                 | 449,00                            |
| IPN 550 | 550         | 200     | 19,0      | 30,0                 | 11,9                 | 445                  | 1.787   | 213,00               | 2.120,0                           | 99.180,0                          | 3.610,0                           | 21,60                | 3.490,00                          | 349,00                            | 4,02                 | 618,00                            |
| IPN 600 | 600         | 215     | 21,6      | 32,4                 | 13,0                 | 485                  | 1.924   | 254,00               | 2.730,0                           | 139.000,0                         | 4.630,0                           | 23,40                | 4.670,00                          | 434,00                            | 4,30                 | 875,00                            |

Tabla de perfiles  
IPN



16

¿Qué perfil  
IPN usar?





| G    | $I_y$                               | $W_{dy}$                            | $W_{ply}$                           | $i_y$     | $A_{vz}$                            | $I_z$                               | $W_{elz}$                           | $W_{plz}$                           | $i_z$     | $S_s$ | $I_t$                               | $I_w$                               | $y_s$     | $y_m$     |
|------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------|-------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|
| kg/m | mm <sup>4</sup><br>x10 <sup>4</sup> | mm <sup>3</sup><br>x10 <sup>3</sup> | mm <sup>3</sup><br>x10 <sup>3</sup> | mm<br>x10 | mm <sup>2</sup><br>x10 <sup>2</sup> | mm <sup>4</sup><br>x10 <sup>4</sup> | mm <sup>3</sup><br>x10 <sup>3</sup> | mm <sup>3</sup><br>x10 <sup>3</sup> | mm<br>x10 | mm    | mm <sup>4</sup><br>x10 <sup>4</sup> | mm <sup>6</sup><br>x10 <sup>9</sup> | mm<br>x10 | mm<br>x10 |

|         |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| UPN 50  | 5,59 | 26,4  | 10,6 | 13,1 | 1,92 | 2,77 | 9,12 | 3,75 | 6,78 | 1,13 | 16,7 | 1,12 | 0,03 | 1,37 | 2,47 |
| UPN 65  | 7,09 | 57,5  | 17,7 | 21,7 | 2,52 | 3,68 | 14,1 | 5,07 | 9,38 | 1,25 | 18,0 | 1,61 | 0,08 | 1,42 | 2,60 |
| UPN 80  | 8,64 | 106   | 26,5 | 32,3 | 3,10 | 4,90 | 19,4 | 6,36 | 11,9 | 1,33 | 19,4 | 2,20 | 0,18 | 1,45 | 2,67 |
| UPN 100 | 10,6 | 206   | 41,2 | 49,0 | 3,91 | 6,46 | 29,3 | 8,49 | 16,2 | 1,47 | 20,3 | 2,81 | 0,41 | 1,55 | 2,93 |
| UPN 120 | 13,4 | 364   | 60,7 | 72,6 | 4,62 | 8,80 | 43,2 | 11,1 | 21,2 | 1,59 | 22,2 | 4,15 | 0,90 | 1,60 | 3,03 |
| UPN 140 | 16,0 | 605   | 86,4 | 103  | 5,45 | 10,4 | 62,7 | 14,8 | 28,3 | 1,75 | 23,9 | 5,68 | 1,80 | 1,75 | 3,37 |
| UPN 160 | 18,8 | 925   | 116  | 138  | 6,21 | 12,6 | 85,3 | 18,3 | 35,2 | 1,89 | 25,3 | 7,39 | 3,26 | 1,84 | 3,56 |
| UPN 180 | 22,0 | 1350  | 150  | 179  | 6,95 | 15,1 | 114  | 22,4 | 42,9 | 2,02 | 26,7 | 9,55 | 5,57 | 1,92 | 3,75 |
| UPN 200 | 25,3 | 1910  | 191  | 228  | 7,70 | 17,7 | 148  | 27,0 | 51,8 | 2,14 | 28,1 | 11,9 | 9,07 | 2,01 | 3,94 |
| UPN 220 | 29,4 | 2690  | 245  | 292  | 8,48 | 20,6 | 197  | 33,6 | 64,1 | 2,30 | 30,3 | 16,0 | 14,6 | 2,14 | 4,20 |
| UPN 240 | 33,2 | 3600  | 300  | 358  | 9,22 | 23,7 | 248  | 39,6 | 75,7 | 2,42 | 31,7 | 19,7 | 22,1 | 2,23 | 4,39 |
| UPN 260 | 37,9 | 4820  | 371  | 442  | 9,99 | 27,1 | 317  | 47,7 | 91,6 | 2,56 | 33,9 | 25,5 | 33,3 | 2,36 | 4,66 |
| UPN 280 | 41,8 | 6280  | 448  | 532  | 10,9 | 29,3 | 399  | 57,2 | 109  | 2,74 | 35,6 | 31,0 | 48,5 | 2,53 | 5,02 |
| UPN 300 | 46,2 | 8030  | 535  | 632  | 11,7 | 31,8 | 495  | 67,8 | 130  | 2,90 | 37,3 | 37,4 | 69,1 | 2,70 | 5,41 |
| UPN 320 | 59,5 | 10870 | 679  | 826  | 12,1 | 47,1 | 597  | 80,6 | 152  | 2,81 | 43,0 | 66,7 | 96,1 | 2,60 | 4,82 |
| UPN 350 | 60,6 | 12840 | 734  | 918  | 12,9 | 50,8 | 570  | 75,0 | 143  | 2,72 | 40,7 | 61,2 | 114  | 2,40 | 4,45 |



Perfiles U de alas inclinadas

