

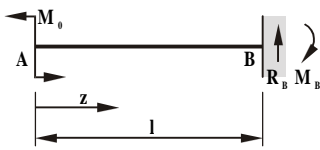
9. Tablas y fórmulas útiles

9.1 Tablas de conversión de unidades físicas

Para convertir	en	multiplicar por
LONGITUD		
pulgada	milímetro	25.4
milímetro	pulgada	0.0393701
pie	metro	0.3048
metro	pie	3.2808399
SUPERFICIE		
pulgada ²	milímetro ²	645.16
milímetro ²	pulgada ²	0.00155
pie ²	metro ²	0.0929030
metro ²	pie ²	10.763910
PESO (FUERZA)		
libra (av)	kilogramo	0.4535924
kilogramo	libra (av)	2.2046226
tonelada(sh)	tonelada(met)	0.9071847
tonelada(met)	tonelada(sh)	1.1023113
tonelada (lg)	tonelada(met)	1.0160469
tonelada(met)	tonelada(lg)	0.9842065
newton	kilogramo	0.1019716
kilogramo	newton	9.8066520
PESO/LONGITUD		
libra/pie	kg/metro	1.4881639
kg/metro	libra/pie	0.6719690
PESO/AREA (Presión-Tensión)		
libra/pulgada ² (psi)	kg/mm ²	0.00070307
kg/mm ²	libra/pulgada ² (psi)	1422.33
Mega-pascal (Mpa)	kg.mm ²	0.1019716
kg/mm ²	Mpa	9.8066520
ksi (1000 psi)	Mpa	6.8947587
Mpa	ksi (1000 psi)	0.1450377
PESO/VOLUMEN (Peso Especifico)		
libra/pulgada ³	gramo/cm ³	27.679905
gramo/cm ³	libra/pulgada ³	0.0361273
TEMPERATURA		
°Centigrado	°Fahrenheit	9/5
°Fahrenheit	°Centigrado	5/9
Temperatura °F	Temperatura °C	5/9·(°F-32)
Temperatura °C	Temperatura °F	9/5·(°C-32)
Notas		
(av) - avoir duppois		
(sh) - short = 2000 libras		
(lg) - long = 2240libras		
(met) - métrica		

9.2 Cálculo de vigas

9.2.1 Empotradas en un extremo



Reacciones en los apoyos: $R_B = 0 ; M_B = M_0$

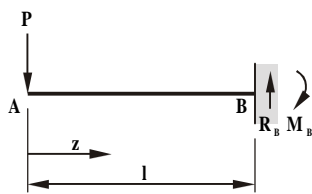
Ecuación del momento flector: $M = -M_0$ para $0 \leq z \leq l$

Momento flector máximo: -----

Ecuación de la línea elástica: $w(z) = -\frac{M_0 \cdot l^2}{2 \cdot E \cdot J} \left(1 - \frac{z}{l}\right)^2$ para $0 \leq z \leq l$

Flecha máxima: $f = -\frac{M_0 \cdot l^2}{2 \cdot E \cdot J}$ para $z = 0$

Angulo: $\theta = \frac{M_0 \cdot l}{E \cdot J}$ para $z = 0$



Reacciones en los apoyos: $R_B = P ; M_B = P \cdot l$

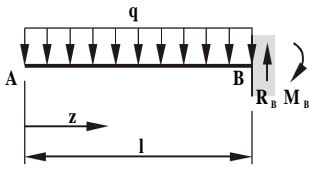
Ecuación del momento flector: $M = -P \cdot z$ para $0 \leq z \leq l$

Momento flector máximo: $M_{MAX} = -P \cdot l$ para $z_0 = l$

Ecuación de la línea elástica: $w(z) = -\frac{P \cdot l^3}{6 \cdot E \cdot J} \left(2 - 3 \frac{z}{l} + \left(\frac{z}{l}\right)^3\right)$ para $0 \leq z \leq l$

Flecha máxima: $f = -\frac{P \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot J}$ para $z = 0$

Angulo: $\theta = \frac{P \cdot l^2}{2 \cdot E \cdot J}$ para $z = 0$



Reacciones en los apoyos: $R_B = q \cdot l ; M_B = \frac{q \cdot l^2}{2}$

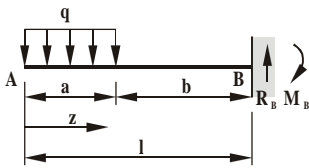
Ecuación del momento flector: $M = -\frac{q \cdot z^2}{2}$ para $0 \leq z \leq l$

Momento flector máximo: $M_{MAX} = -\frac{q \cdot l^2}{2}$ para $z_0 = l$

Ecuación de la línea elástica: $w(z) = -\frac{q \cdot l^4}{24 \cdot E \cdot J} \left(3 - 4 \frac{z}{l} + \left(\frac{z}{l} \right)^4 \right)$ para $0 \leq z \leq l$

Flecha máxima: $f = -\frac{q \cdot l^4}{8 \cdot E \cdot J}$ para $z = 0$

Angulo: $\theta = \frac{q \cdot l^3}{6 \cdot E \cdot J}$ para $z = 0$



Reacciones en los apoyos: $R_B = q \cdot a ; M_B = q \cdot a \left(l - \frac{a}{2} \right)$

Ecuación del momento flector: $M = -\frac{q \cdot z^2}{2}$ para $0 \leq z \leq a ;$

$M = -q \cdot a \left(z - \frac{a}{2} \right)$ para $a \leq z \leq l$

Momento flector máximo: $M = -q \cdot a \left(l - \frac{a}{2} \right)$ para $z_0 = l$

Ecuación de la línea elástica: $w(z) = -\frac{q \cdot l^4}{24 \cdot E \cdot J} \left(3 - 4 \frac{b^3}{l^3} + \frac{b^4}{l^4} - 4 \left(1 - \frac{b^3}{l^3} \right) \frac{z}{l} + \frac{z^4}{l^4} \right)$ para

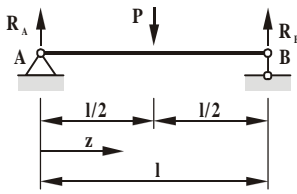
$0 \leq z \leq a ; w(z) = -\frac{q \cdot l^4}{24 \cdot E \cdot J} \left(3 - 4 \frac{b^3}{l^3} + \frac{b^4}{l^4} - 4 \left(1 - \frac{b^3}{l^3} \right) \frac{z}{l} + \frac{z^4}{l^4} - \frac{(z-a)^4}{l^4} \right)$ para $a \leq z \leq l$

Flecha máxima: $f = -\frac{q \cdot l^4}{24 \cdot E \cdot J} \left(3 - 4 \frac{b^3}{l^3} + \frac{b^4}{l^4} \right)$ para $z = 0$

Angulo: $\theta = \frac{q \cdot l^3}{6 \cdot E \cdot J} \left(1 - \frac{b^3}{l^3} \right)$ para $z = 0$

9.2.2 Simplemente apoyadas

Reacciones en los apoyos: $R_A = R_B = \frac{P}{2}$



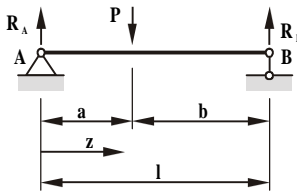
Ecuación del momento flector: $M = \frac{P}{2}z$ para $0 \leq z \leq \frac{l}{2}$; $M = \frac{P}{2}(l-z)$ para $\frac{l}{2} \leq z \leq l$

Momento flector máximo: $M_{MAX} = \frac{P \cdot l}{4}$ para $z_0 = \frac{l}{2}$

Ecuación de la línea elástica: $w(z) = -\frac{P \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot J} \left(3 \frac{z}{l} - 4 \frac{z^3}{l^3} \right)$ para $0 \leq z \leq \frac{l}{2}$

Flecha máxima: $f = -\frac{P \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot J}$ para $z = \frac{l}{2}$

Angulo: $\theta = -\frac{P \cdot l^2}{16 \cdot E \cdot J}$ para $z = 0$; $\theta = \frac{P \cdot l^2}{16 \cdot E \cdot J}$ para $z = l$



Reacciones en los apoyos: $R_A = P \frac{b}{l}$; $R_B = P \frac{a}{l}$

Ecuación del momento flector: $M = P \frac{b \cdot z}{l}$ para $0 \leq z \leq a$; $M = P \frac{a}{l}(l-z)$

para $a \leq z \leq b$

Momento flector máximo: $M_{MAX} = \frac{P \cdot a \cdot b}{l}$ para $z_0 = a$

Ecuación de la línea elástica: $w(z) = -\frac{P \cdot a^2 \cdot b^2}{6 \cdot E \cdot J \cdot l} \left(2 \frac{z}{a} + \frac{z}{b} - \frac{z^3}{a^2 \cdot b} \right)$ para $0 \leq z \leq a$;

$w(z) = -\frac{P \cdot a^2 \cdot b^2}{6 \cdot E \cdot J \cdot l} \left(2 \frac{l-z}{b} + \frac{l-z}{a} - \frac{(l-z)^3}{a^2 \cdot b} \right)$ para $a \leq z \leq l$; $w = -\frac{P \cdot b}{48 \cdot E \cdot J} (3l^2 - 4b^2)$ para $z = \frac{l}{2}$;

$w(z) = -\frac{P \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot J} \left(\frac{a \cdot b}{l^2} \right)^2$ para $z = a$

Flecha máxima: $f = -\frac{P \cdot b \cdot l^2 \cdot \sqrt{3}}{27 \cdot E \cdot J} \sqrt{\left(1 - \frac{b^2}{l^2} \right)^3}$ para $z = \sqrt{\frac{l^2 - b^2}{3}}$

Angulo: $\theta = -\frac{P \cdot a \cdot b}{6 \cdot E \cdot J \cdot l} (a + 2b)$ para $z = 0$; $\theta = \frac{P \cdot a}{6 \cdot E \cdot J \cdot l} (l^2 - a^2)$ para $z = l$

9.3 Propiedades de las secciones

Momentos de Inercia de secciones compuestas: $J_X = \sum_i J_X^i$

Momentos de Inercia respecto a ejes paralelos: $J_{X_1} = J_{X_2} + a^2 \cdot A$

$$J_{Y_1} = J_{Y_2} + b^2 \cdot A$$

$$J_{X_1Y_1} = J_{X_2Y_2} + b \cdot a \cdot A$$

Radio de Giro: $i_X = \sqrt{\frac{J_X}{A}}$

Módulo de inercia: $W_X = \frac{J_X}{y_{\max}}$

Momento de inercia Polar: $J_P = J_X + J_Y$

Módulo de inercia Polar: $W_P = \frac{J_P}{r_{\max}}$

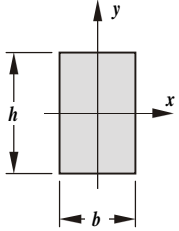
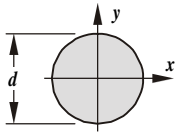
9.3.1 Perfiles U (C)

Altura (mm)	Espesor				Peso (kg/m)	Sección (cm ²)	Momento de inercia		Modulo de resistencia	
	Altura (mm)	Ala (mm)	Alma (mm)	Ala (mm)			J _x (cm ⁴)	J _y (cm ⁴)	W _x (cm ³)	W _y (cm ³)
UL	40	20	5	5	2.87	3.7	7.58	---	3.79	0.86
	50	25	5	6	3.86	4.9	16.8	---	6.73	1.48
	50	38	5	7	5.59	7.1	26.5	---	10.6	3.75
	60	30	6	6	5.07	6.5	31.5	---	10.5	2.16
	65	42	5.5	7.5	7.09	9.0	57.5	---	17.7	5.07
UPN	80	45	6	8	8.64	11.0	106	19.4	26.5	6.36
	100	50	6	8.5	10.6	13.5	206	29.3	41.2	8.49
	120	55	7	9	13.35	17.0	364	43.2	60.7	11.1
	140	60	7	10	16.01	20.4	605	62.7	86.4	14.8
	160	65	7.5	10.5	18.84	24.0	925	85.3	116	18.3
	180	70	8	11	21.98	28.0	1354	114	150	22.4
	200	75	8.5	11.5	25.28	32.2	1911	148	191	27
	220	80	9	12.5	29.36	37.4	2690	197	245	33.6
	240	85	9.5	13	33.21	42.3	3598	248	300	39.6
	260	90	10	14	37.92	48.3	4823	317	371	47.7
	280	95	10	15	41.84	53.3	6276	399	448	57.2
	300	100	10	16	46.16	58.8	8026	495	535	67.8

9.3.2 Perfiles I (doble T)

Altura (mm)	Ala (mm)	Espesor		Peso (kg/m)	Sección (cm ²)	Momento de inercia		Modulo de resistencia	
		Alma (mm)	Ala (mm)			J _x (cm ⁴)	J _y (cm ⁴)	W _x (cm ³)	W _y (cm ³)
80	42	3.9	5.9	6.0	7.58	77.8	6.29	19.4	3.00
100	50	4.5	6.8	8.3	10.6	171	12.2	34.2	4.88
120	58	5.1	7.7	11.2	14.2	328	21.5	54.5	7.41
140	66	5.7	8.6	14.3	18.3	573	35.2	81.7	10.7
160	74	6.3	9.5	17.9	22.8	935	54.7	117	14.8
180	82	6.9	10.4	21.9	27.9	1446	81.3	161	19.8
200	90	7.5	11.3	26.2	33.5	2142	117	214	26.0
220	98	8.1	12.2	31.0	39.6	3060	162	278	33.1
240	106	8.7	13.1	36.2	46.1	4246	221	354	41.7
260	113	9.4	14.1	41.9	53.4	5744	288	442	51.0
280	119	10.1	15.2	47.9	61.1	7587	364	542	61.2
300	125	10.8	16.2	54.1	69.1	9800	451	653	72.2
320	131	11.5	17.3	61.0	77.8	12510	555	782	84.7
340	137	12.2	18.3	68.0	86.8	15695	674	923	98.4
360	143	13.0	19.5	76.2	97	19605	818	1089	114
380	149	13.7	20.5	84.0	107	24012	975	1264	131
400	155	14.4	21.6	92.6	118	29213	1158	1460	149
425	163	15.3	23.0	103.3	132	36973	1437	1740	176
450	170	16.2	24.3	115.4	147	45888	1725	2040	203
475	178	17.1	25.6	128.0	163	56481	2088	2375	235
500	185	18.0	27.0	140.5	180	68738	2478	2750	268
550	200	19.0	30.0	167.0	213	99184	3488	3607	349
600	215	21.6	33.0	199.0	254	138957	4668	4632	434

9.3.3 Secciones simples

Foma de la sección	Área	Bari-centro	Momentos de Inercia	Módulos de Inercia	Radios de giro
	$A = b \cdot h$	$x_G = 0$ $y_G = 0$	$J_x = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{A \cdot h^2}{12}$ $J_y = \frac{b^3 \cdot h}{12} = \frac{A \cdot b^2}{12}$	$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{A \cdot h}{6}$ $W_y = \frac{b^2 \cdot h}{6} = \frac{A \cdot b}{6}$	$i_x = 0.2887 \cdot h$ $i_y = 0.2887 \cdot b$
	$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$	$x_G = 0$ $y_G = 0$	$J_x = J_y = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \cong \frac{d^4}{20}$ $J_p = 2 \cdot J_x = \frac{\pi \cdot d^4}{32} \cong \frac{d^4}{10}$	$W_x = W_y = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \cong \frac{d^3}{10}$ $W_p = 2 \cdot W_x = \frac{\pi \cdot d^4}{32} \cong \frac{d^3}{5}$	$i_x = i_y = \frac{d}{4}$

9.4 Propiedades mecánicas orientativas de algunos aceros en estado laminado

Acero	Resistencia a la tracción (Kg/mm ²)	Resistencia a la fluencia (Kg/mm ²)	Alargamiento s/50 mm (%)
1010	33	21	28
1015	43	24	27
1016	46	28	25
1020	46	30	26
1025	49	32	24
1030	56	35	22
1040	63	38	20
1045	66	40	19
1050	71	42	16
1060	83	46	12
1140	62	37	20
4130	80	56	18
4340	130	86	10
5115	51	39	32
6150	120	94	10
8620	65	39	20
8640	85	61	16
9260	100	64	16