



## Datos 'estructurales'

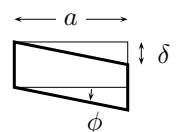
En las siguientes tablas se incluyen diversos datos acerca de las acciones características y de las deformaciones tolerables de las estructuras, así como sobre las propiedades mecánicas de diversos materiales. Aunque el uso de estos datos conducirá en general a diseños estructurales seguros, no exime de la consulta de la normativa pertinente a cada proyecto concreto.

### Acciones usuales en edificios

<b>ACCIONES GRAVITATORIAS TOTALES <math>q</math></b>		kN/m <sup>2</sup>
Superficies transitables, por unidad de superficie		
Viviendas, oficinas, garages		6,5
Edificios públicos		8
Almacenes de material		> 10
Cerramientos, por unidad de superficie		
Ligeros (como muro cortina)		1
Medios (como muro de medio pie y tabique)		2,5
Pesados (como muro de un pie y tabique)		4,5
Cubiertas, por unidad de superficie		
Ligeras (como chapa y nieve)		1,5
Pesadas (como forjado, solado y nieve)		6
<b>VIENTO <math>w</math></b>		kN/m <sup>2</sup>
En fachadas, por unidad de superficie		1
En cubiertas de edificios cerrados, por unidad de superficie		
Inclinadas 30° (presión)		0,6
Inclinadas 15° (presión)		0,4
Planas (presión o succión)		±0,4
En cubiertas de edificios abiertos, por unidad de superficie		
Inclinadas 30° (presión)		0,1
Inclinadas 15° (presión)		0,5
Planas (presión o succión)		±0,3
<b>EMPUJES</b>		kN/m <sup>2</sup> /m
En muros de contención, en cada unidad de superficie y por cada unidad de profundidad		
Agua		10
Suelo-tipo cuando está seco		5
Suelo-tipo cuando está saturado		7
Suelo-tipo cuando está anegado (incluyendo la presión hidrostática)		14
<b>PESO PROPIO <math>\rho</math></b>		kN/m <sup>3</sup>
Hormigón armado		[23 25]
Hormigón en masa		22
Muros de ladrillo		[14 18]
Terrenos		[17 20]
Agua		10
Acero		78,5
Peso específico medio de los edificios habitables		2,5

### Distorsiones tolerables por diversas clases de elementos

$\phi_{tol}$ (mrad)	Cubiertas	Fábricas flexibles	Fábricas rígidas	Fábricas muy rígidas
$a \leq 2,5$ m	8	5	4	3
$2,5$ m $\leq a < 5$ m	6	4	3	2,5
$5$ m $\leq a$	5	3	2,5	2



La distorsión  $\phi$  se define como la razón entre el desplazamiento transversal  $\delta$  y la longitud  $a$  del trozo considerado, expresada en mrad (o en mm/m, que es lo mismo). Para calcular flechas tolerables relativas a la luz de flexión (que jugaría el papel de  $2a$ ) se debe, en general, usar el valor  $\phi_{tol}/2$  (salvo en vuelos, donde ambos valores coinciden).

## Valores usuales del coeficiente de seguridad global

Material	$\gamma$	$\gamma_M$	$\gamma_A$	Norma
Acero laminado	1,33 <b>1,44</b> 1,50	1	1,44	NBE-EA-95
Hormigón	1,96 <b>2,40</b> 3,06	1,5	1,6	EHE
Acero para armar		1,15	1,6	EHE
Hormigón armado	1,54 [ <b>1,84 2,40</b> ] 3,06	[1,15 1,5]	1,6	EHE
Madera	<b>5,00</b>	5,00	1,00	

$\gamma$ : coeficiente global.  $\gamma_M$ : coeficiente de *minoración* del material.  $\gamma_A$ : coeficiente de *mayoración* de las acciones.  $\gamma = \gamma_M \times \gamma_A$ . Sí existe en España una norma aplicable a la madera, el CTE, pero el valor se ha tomado de la correspondiente norma DIN alemana. Las distintas normas dan distintos nombres a estos coeficientes, a pesar de significar lo mismo.

## Propiedades básicas de diversos materiales

Material	$\rho$	$f$	$f_e$	$E$	$\varepsilon_f$	$\mathcal{A}$
	kN/m <sup>3</sup>	N/mm <sup>2</sup> MN/m <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup> MN/m <sup>2</sup>	kN/mm <sup>2</sup> GN/m <sup>2</sup>	mm/m	m
Acero laminado	78,5	180 <sup>b</sup>	260 <sup>b</sup>	200 <sup>e</sup>	0,9 <sup>b</sup>	2.290 <sup>b</sup>
Aluminio aleado	27 <sup>b</sup>	162 <sup>b</sup>	239 <sup>b</sup>	70	2,31 <sup>b</sup>	6.000 <sup>b</sup>
Madera de balsa	1,6 <sup>a</sup>	10,5	40 <sup>a</sup>	1,5 <sup>a</sup>	7,0	6.560
Fábrica de ladrillo <sup>c</sup>	16 <sup>a</sup>	0,9 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>	56,2 <sup>a</sup>
Fibra de carbono	20	850	1.700	320	2,65	42.500
Fibra de vidrio	25	775	1.550	69	11,2	31.000
Hormigón para armar <sup>c</sup>	23 <sup>a</sup>	8,8 <sup>b</sup>	21 <sup>b</sup>	25 <sup>b</sup>	0,35 <sup>b</sup>	383 <sup>b</sup>
Hueso (húmedo) de mamífero	20	75	150	17	4,41	3.750
Madera	7 <sup>a</sup>	7 <sup>b</sup>	120 <sup>a</sup>	10 <sup>b</sup>	0,7 <sup>b</sup>	1.000 <sup>b</sup>
Nylon	11,2	24	48 <sup>b</sup>	?	?	2.140
Poliéster	12	50	100	5	10	4.170
Quitina	16,1	140	280	44	3,18	8.700
Roca-tipo <sup>c</sup>	25	0,5 <sup>b</sup>	50 <sup>ad</sup>	50 <sup>a</sup>	0,01	20 <sup>b</sup>
Seda de araña	12,7	300	600	10	30	23.600
Suelo-tipo <sup>c</sup>	18,5 <sup>a</sup>	0,15 <sup>b</sup>	?	?	?	8
Titanio	45,1	225	450	110	2,05	4.990
Vidrio laminado	25,2	7 <sup>b</sup>	34 <sup>b</sup>	68,9 <sup>b</sup>	0,10	278 <sup>b</sup>

De los valores en cursiva no existe gran certeza o no están convenidos.

**Símbolos:**  $\rho$ , peso específico;  $f$ , tensión que el material resiste con la seguridad habitual;  $f_e$ , límite elástico;  $f_u$ , tensión de rotura;  $E$ , módulo de rigidez longitudinal (módulo de Young);  $\varepsilon_f$ , deformación que el material puede resistir con la seguridad habitual;  $\mathcal{A} = f/\rho$ , “alcance” estructural del material con seguridad o, bien, tamaño máximo que con seguridad es insuperable: un cable colgado de *longitud superior* a  $\mathcal{A}$  es *inseguro* bajo su propio peso —si el material puede resistir tracciones.

**Notas:** **a:** valor medio; **b:** valor usual; **c:** valores para el material trabajando a compresión; **d:** se da el valor de  $f_u$ ; **e:** los británicos prefieren aquí el valor 207 (en el siglo XX se usó generalmente el valor 206, todavía en vigor en algunas normas).

## Costes

### Coste monetario de la compresión

Precio a pie de obra de una pieza poco esbelta capaz de soportar con seguridad una sollicitación de compresión de 1 kN durante un metro, precios de 1992.

Material	Coste estructural pta/(mkN)
Acero laminado	9
Madera de pino corriente	6
Hormigón en masa	1,5
Hormigón armado	3

### Coste energético de la compresión

Energía contaminante necesaria para fabricar una pieza poco esbelta capaz de soportar con seguridad una sollicitación de compresión de 1 kN durante un metro, procedimientos industriales de fabricación de 1992.

Material	Coste estructural kWh/(mkN)
Acero laminado	0,44
Madera de pino corriente	0,01
Hormigón en masa	0,16
Tierra (adobe, tapial)	0,09

Sobre el concepto genérico de ‘coste’, las distintas maneras de medirlo, y su importancia en el diseño, véase “Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales”, Mariano VÁZQUEZ ESPÍ, *Informes de la Construcción*, vol. 52, n° 471, 2001 (ahora también en *Boletín CF+S* n° 20, <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n20>).