



---

**Universidad de Valladolid**

# Cálculo de un forjado de madera

Ejercicio práctico  
Estructuras de Madera (Curso 2017-18)

**Jose Antonio Balmori Roiz**  
(Junio de 2018)

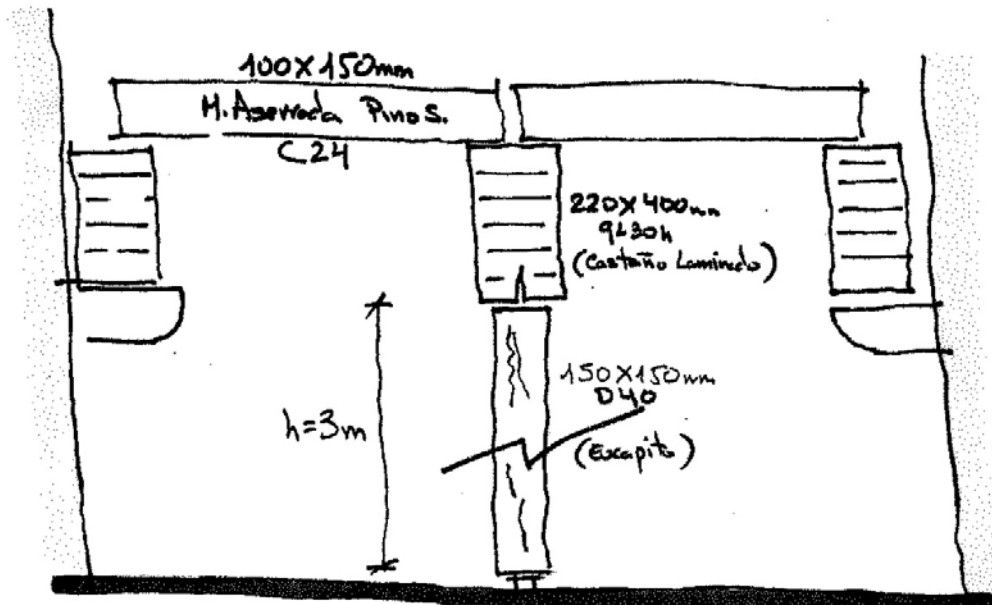
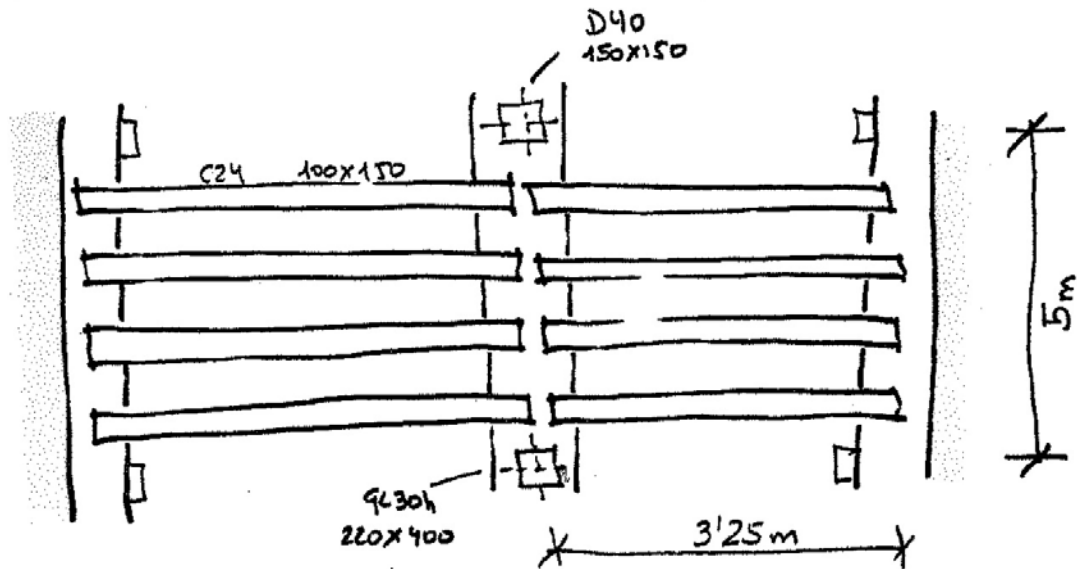


## INDICE

1. VIGUETAS .....	¡Error! Marcador no definido.
2. vIGAS.....	15
3. PILAR.....	29

# EJEMPLO DE CÁLCULO

## FORJADO DE MADERA



**Clase resistente madera aserrada**

MADERA ASERRADA CONIFERAS		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
<b>Resistencia (característica) N/mm<sup>2</sup></b>													
Flexión	$f_{m,k}$	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	24,00	27,00	30,00	35,00	40,00	45,00	50,00
Tracción paralela	$f_{t,0,k}$	8,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	16,00	18,00	21,00	24,00	27,00	30,00
Tracción perpendicular	$f_{t,90,k}$	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Compresión paralela	$f_{c,0,k}$	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	25,00	26,00	27,00	29,00
Compresión perpendicular	$f_{c,90,k}$	2,00	2,20	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80	2,90	3,10	3,20
Cortante	$f_{v,k}$	3,00	3,20	3,40	3,60	3,80	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Cortante de rodadura	$f_{r,k}$												
<b>Rigidez KN/mm<sup>2</sup></b>													
Módulo elasticidad paralelo medio	$E_{0,mean}$	7,00	8,00	9,00	9,50	10,00	11,00	11,5	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00
Módulo elasticidad paralelo 5%	$E_{0,k}$	4,70	5,40	6,00	6,40	6,70	7,40	7,70	8,00	8,70	9,40	10,00	10,70
Módulo elasticidad perpendicular med.	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53
Módulo elasticidad perpendicular 5%	$E_{90,k}$												
Módulo cortante medio	$G_{mean}$	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00
Módulo cortante característico	$G_k$	0,29	0,34	0,38	0,40	0,42	0,46	0,48	0,50	0,54	0,59	0,63	0,67
Módulo cortante rodadura medio	$G_{r,mean}$												
Módulo cortante rodadura caracter.	$G_{r,k}$												
<b>Densidad Kg/m<sup>3</sup></b>													
Densidad característica	$\rho_k$	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460
Densidad media	$\rho_{mean}$	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550

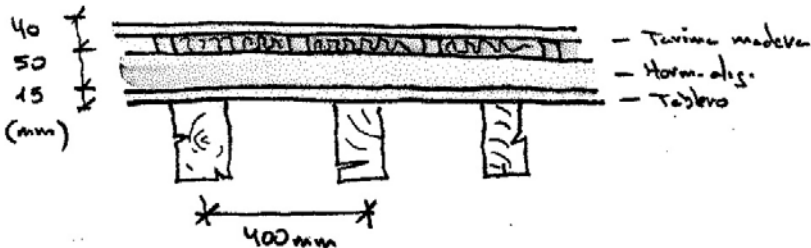
MADERA ASERRADA FRONDOSAS		D18	D24	D30	D35	D40	D50	D60	D70
<b>Resistencia (característica) N/mm<sup>2</sup></b>									
Flexión	$f_{m,k}$	18,00	24,00	30,00	35,00	40,00	50,00	60,00	70,00
Tracción paralela	$f_{t,0,k}$	11,00	14,00	18,00	21,00	24,00	30,00	36,00	42,00
Tracción perpendicular	$f_{t,90,k}$	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Compresión paralela	$f_{c,0,k}$	18,00	21,00	23,00	25,00	26,00	29,00	32,00	34,00
Compresión perpendicular	$f_{c,90,k}$	7,50	7,80	8,00	8,10	8,30	9,30	10,50	13,50
Cortante	$f_{v,k}$	3,40	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,50	5,00
Cortante de rodadura	$f_{r,k}$								
<b>Rigidez KN/mm<sup>2</sup></b>									
Módulo elasticidad paralelo medio	$E_{0,mean}$	9,50	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	17,00	20,00
Módulo elasticidad paralelo 5%	$E_{0,k}$	8,00	8,50	9,20	10,10	10,90	11,80	14,30	16,80
Módulo elasticidad perpendicular med.	$E_{90,mean}$	0,63	0,67	0,73	0,80	0,86	0,93	1,13	1,33
Módulo elasticidad perpendicular 5%	$E_{90,k}$								
Módulo cortante medio	$G_{mean}$	0,59	0,62	0,69	0,75	0,81	0,88	1,06	1,25
Módulo cortante característico	$G_k$	0,50	0,53	0,58	0,63	0,68	0,74	0,89	1,05
Módulo cortante rodadura medio	$G_{r,mean}$								
Módulo cortante rodadura caracter.	$G_{r,k}$								
<b>Densidad Kg/m<sup>3</sup></b>									
Densidad característica	$\rho_k$	475	485	530	540	550	620	700	900
Densidad media	$\rho_{mean}$	570	580	640	650	660	750	840	1080

**Clase resistente madera laminada frondosas**

MADERA LAMINADA CASTAÑO (EN 14080)		GL30h
<b>Resistencia (característica) N/mm<sup>2</sup></b>		
Flexión	$f_{m,g,k}$	30,00
Tracción paralela	$f_{t,0,g,k}$	20,00
Tracción perpendicular	$f_{t,90,g,k}$	0,70
Compresión paralela	$f_{c,0,g,k}$	30,00
Compresión perpendicular	$f_{c,90,g,k}$	5,50
Cortante	$f_{v,g,k}$	5,00
Cortante de rodadura	$f_{r,g,k}$	1,20
<b>Rigidez KN/mm<sup>2</sup></b>		
Módulo elasticidad paralelo medio	$E_{0,g,mean}$	13,00
Módulo elasticidad paralelo 5%	$E_{0,g,k}$	9,30
Módulo elasticidad perpendicular med.	$E_{90,g,mean}$	1,40
Módulo elasticidad perpendicular 5%	$E_{90,g,k}$	.
Módulo cortante medio	$G_{g,mean}$	0,81
Módulo cortante característico	$G_k$	.
Módulo cortante rodadura medio	$G_{r,g,mean}$	0,07
Módulo cortante rodadura caracter.	$G_{r,g,k}$	.
<b>Densidad Kg/m<sup>3</sup></b>		
Densidad característica	$\rho_{g,k}$	520
Densidad media	$\rho_{g,mean}$	540
<b>FABRICADO POR SIEROLAM (ASTURIAS)</b>		

# 1. VIGUETAS

Madera aserrada C24; L=3,25 m; Sección = 100x150mm; Intereje 0,4m; CS 1; Vivienda.

Notas	Cálculos	Valor															
<p><b><math>G_k</math> = peso propio + cargas muertas</b></p> <p><b>CTE-DB-M</b> Madera <math>C24\rho=0,42 \text{ kN/m}^3</math></p> <p><b>F.tecn.Garnica</b> Tablero garnica <math>\rho=0,42 \text{ kN/m}^3</math></p> <p><b>CTE-DB-AE</b> <b>Anejo C</b> Losa hormigón <math>\rho=15 \text{ kN/m}^3</math></p> <p>Tarima madera + rastrel + aislante <math>\rho=0,5 \text{ kN/m}^2</math></p> <p>Tabiquería <math>\rho=1 \text{ kN/m}^2</math></p> <p><b><math>Q_{k1}</math> = sobrecarga de uso repartida</b></p> <p><b>CTE-DB-AE</b> <b>Tabla 3.1</b> Cat.A1 (vivienda) <math>q=2 \text{ kN/m}^2</math></p> <p><b><math>Q_{k1}</math> = sobrecarga de uso puntual</b></p> <p><b>CTE-DB-AE</b> <b>Tabla 3.1</b> Cat.A1 (vivienda) <math>Q=2 \text{ kN}</math></p>	<p><b>1. ACCIONES VALORES CARACTERÍSTICOS</b></p> <p><b><math>G_k</math>. Carga permanente</b> (duración permanente)</p> <p><math>G_k = G_{k1} + G_{k2}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>G_{k1}</math> (Peso propio) <math>0.42 \cdot 0.1 \cdot 0.15 = 0.0063 \text{ kN/m}</math></li> <li><math>G_{k2}</math> (cargas muertas) <ul style="list-style-type: none"> <li>Tablero chopo Garnica = <math>0.015 \cdot 0.4 \cdot 0.42 = 0.0025 \text{ kN/m}</math></li> <li>Losa hormigón aligerado = <math>0.05 \cdot 0.4 \cdot 15 = 0.3 \text{ kN/m}</math></li> <li>Tarima madera + rastrel + aislam. = <math>0.5 \cdot 0.4 = 0.2 \text{ kN/m}</math></li> <li>Tabiquería = <math>1 \cdot 0.4 = 0.4 \text{ kN/m}</math></li> </ul> </li> </ul>  <p><math>H_1 = (0.0063) + (0.0025 + 0.3 + 0.2 + 0.4) = 0.9088 \text{ kN/m}</math></p> <p><b><math>Q_{k1}</math>. Sobrecarga uso uniforme ( )</b> (duración media)</p> <p>Uso vivienda (Cat. A1) <math>H_2 = 2 \cdot 0.4 = 0.8 \text{ kN/m}</math></p> <p><b><math>Q_{k2}</math>. Sobrecarga uso puntual (<math>Q_k</math>)</b> (duración corta)</p> <p>Uso vivienda (Cat. A1) <math>H_3 = 2 \text{ kN}</math></p> <p style="text-align: center;"><b>Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso</b></p> <table border="1" data-bbox="416 1693 1257 1839"> <thead> <tr> <th colspan="2">Categoría de uso</th> <th>Subcategorías de uso</th> <th>Carga uniforme [kN/m<sup>2</sup>]</th> <th>Carga concentrada [kN]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">A</td> <td rowspan="2">Zonas residenciales</td> <td>A1</td> <td>Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>A2</td> <td>Trasteros</td> <td>3</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría de uso		Subcategorías de uso	Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]	A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2	A2	Trasteros	3	2	<p><math>G_k = 0.91 \text{ kN/m}</math></p> <p><math>Q_{k1} = 0.8 \text{ kN/m}</math></p> <p><math>Q_{k2} = 2 \text{ kN}</math></p>
Categoría de uso		Subcategorías de uso	Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]													
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2												
		A2	Trasteros	3	2												

**Coefficientes seguridad**

CTE-DB-SE

Tabla 4.1

Permanentes

$\gamma = 1.35$

Variables

$\gamma = 1.50$

CTE-DB-SE

Tabla 4.2

$\psi_0 = 0.7$

**2. COMBINACIONES DE CARGAS**

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) para las acciones

Tipo de verificación <sup>(1)</sup>	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		<b>desestabilizadora</b>	<b>estabilizadora</b>
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

<sup>(1)</sup> Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad ( $\psi$ )

	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		<sup>(1)</sup>	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

<sup>(1)</sup> En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

ELU 
$$S_d = \sum \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_{k1} + \sum \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

Combinación	C. permanente $G_{k1}$	S. Uso Uniforme $Q_{k1}$	S. Uso Puntual $Q_{k2}$	Duración
1	1,35			Permanente
2	1,35	1,5		Media
3	1,35		1,5	Corta
...				

ELU **Combinación 2 ->  $S_d = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_{k1}$**

<p><math>M = q \cdot l^2 / 8</math> (viga biapoyada con carga repartida)</p> <p><math>M = Q \cdot l / 4</math> (viga biapoyada con carga puntual)</p> <p><math>M_d = 1,35 \cdot M_{Gk} + 1,5 \cdot M_{Qk1}</math></p> <p><math>W_y = b \cdot h^2 / 6</math></p> <p><b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Tabla 2.4 (K<sub>mod</sub>)</b></p> <p>Madera aserrada, Duracion media, Clase servicio 1.</p>	<h3 style="text-align: center;">3. ESTADOS LIMITE ÚLTIMOS</h3> <h4 style="text-align: center;">3.1 ESTADOS LIMITE ÚLTIMO A FLEXIÓN</h4> <p style="text-align: center;"><math>l_{m,y} = \sigma_{m,d} / f_{m,d} \leq 1</math></p> <p style="text-align: right;"><b>A) Tensión máxima de calculo</b> <math>\sigma_{m,d} = M_d / W_y \text{ (N/mm}^2\text{)}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Calcular M<sub>d</sub> (N·mm)</b></li> </ul> <p><i>Momento máximo cálculo para G<sub>k</sub></i> <math>M_{Gk} = q_{Gk} \cdot l^2 / 8</math> <math>M_{Gk} = 0,91 \cdot 3,25^2 / 8 = 1,20 \text{ kN}\cdot\text{m} = 1201484,4 \text{ N}\cdot\text{mm}</math></p> <p><i>Momento máximo cálculo para Q<sub>k1</sub></i> <math>M_{Qk1} = q_{Qk1} \cdot l^2 / 8</math> <math>M_{Qk1} = 0,8 \cdot 3,25^2 / 8 = 1,04 \text{ kN}\cdot\text{m} = 1056250,0 \text{ N}\cdot\text{mm}</math></p> <p><i>Combinacion 2 para Momento maximo (M<sub>d</sub>)</i> <math>M_d = 1,35 \cdot M_{Gk} + 1,5 \cdot M_{Qk1}</math> <math>M_d = 1,35 \cdot 1201484,4 + 1,5 \cdot 1056250 = 3206378,9 \text{ N}\cdot\text{mm}</math> <li><b>Calcular W<sub>y</sub> (mm<sup>3</sup>)</b></li> <p><i>Módulo resistente</i> <math>W_y = b \cdot h^2 / 6</math> <math>W_y = 100 \cdot 150^2 / 6 = 375000 \text{ mm}^3</math></p> <p style="text-align: right;"><math>\sigma_{m,d} = M_d / W_y</math> <math>\sigma_{m,d} = 3206378,9 / 375000 = 8,55 \text{ N/mm}^2</math></p> <p style="text-align: center;"><b>B) Resistencia de calculo a flexión</b> <math>f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_{sys} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M \text{ (N/mm}^2\text{)}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Factor de modificacion (k<sub>mod</sub>)</b></li> </ul> <p>Corrige la Resistencia de la Madera (para cada tipo: aserrada, laminada, microlaminada,...) en función de la duración de la carga y de la clase de servicio.</p> <p style="text-align: center;"><small>Tabla 2.4 Valores del factor k<sub>mod</sub></small></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Material</th> <th rowspan="2">Norma</th> <th rowspan="2">Clase de servicio</th> <th colspan="5">Clase de duración de la carga</th> </tr> <tr> <th>Permanente</th> <th>Larga</th> <th>Media</th> <th>Corta</th> <th>Instantánea</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Madera maciza</td> <td rowspan="3">UNE-EN 14081-1</td> <td>1</td> <td>0,60</td> <td>0,70</td> <td>0,80</td> <td>0,90</td> <td>1,10</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,60</td> <td>0,70</td> <td>0,80</td> <td>0,90</td> <td>1,10</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,50</td> <td>0,55</td> <td>0,65</td> <td>0,70</td> <td>0,90</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Madera laminada encolada</td> <td rowspan="3">UNE-EN 14080</td> <td>1</td> <td>0,60</td> <td>0,70</td> <td>0,80</td> <td>0,90</td> <td>1,10</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,60</td> <td>0,70</td> <td>0,80</td> <td>0,90</td> <td>1,10</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,50</td> <td>0,55</td> <td>0,65</td> <td>0,70</td> <td>0,90</td> </tr> </tbody> </table> <p>Para madera maciza, CS1 y carga media duración (menor de la combinación), <math>K_{mod} = 0,8</math></p> </p>	Material	Norma	Clase de servicio	Clase de duración de la carga					Permanente	Larga	Media	Corta	Instantánea	Madera maciza	UNE-EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90	Madera laminada encolada	UNE-EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90	<p><math>M_d = 3206378,9 \text{ N}\cdot\text{mm}</math></p> <p><math>W_y = 375000 \text{ mm}^3</math></p> <p><math>\sigma_{m,d} = 8,55 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>K_{mod} = 0,8</math></p>
Material	Norma				Clase de servicio	Clase de duración de la carga																																																	
		Permanente	Larga	Media		Corta	Instantánea																																																
Madera maciza	UNE-EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10																																																
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10																																																
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90																																																
Madera laminada encolada	UNE-EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10																																																
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10																																																
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90																																																



<p>CTE-DB-SE-M Pto. 2.2.1.2 (4) (K<sub>sys</sub>)</p> <p>*NOTA: separación piezas &lt; 0,6m</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Factor de carga compartida (K<sub>sys</sub>)</b></li> </ul> <p>Cuando un conjunto de elementos estructurales a <b>flexión</b> similares, dispuestos a <b>intervalos regulares*</b> se encuentre, transversalmente <b>conectado</b> a través de un sistema continuo de distribución de carga, las propiedades resistentes características de los elementos del conjunto pueden multiplicarse por un factor denominado de carga compartida k<sub>sys</sub>.</p> <p>Siempre que el sistema de distribución de carga sea <b>capaz de transferir las cargas de un elemento a otros</b> que estén en sus proximidades, puede tomarse un valor de k<sub>sys</sub>=1,1. (sino K<sub>sys</sub> =1)</p> $k_{sys}=1,1$	<p>k<sub>sys</sub>=1,1</p>																		
<p>CTE-DB-SE-M Pto. 2.2.1.2 (1) (K<sub>h</sub>)</p> <p>Siendo <b>h</b> el canto a flexión o mayor dimensión de la sección a tracción (mm)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Factor de altura (K<sub>h</sub>)</b></li> </ul> <p>Existe una relación entre la resistencia de la madera y el tamaño de la pieza, de tal forma que cuanto mayor sea el volumen de la pieza menor resulta la tensión de rotura (teoría de la cadena; rompe por el eslabon más débil, cuanto mas eslabones mayor probabilidad de fallo).</p> <p>Al aumentar la luz, necesariamente aumenta el canto, por ello la altura de la viga puede relacionarse con su volumen.</p> <p><i>Madera aserrada</i></p> <p>Si <math>h \leq 150\text{mm}</math>,  <math>K_h = (150 / h)^{0,2} \leq 1,3</math>  <math>K_h = (150 / 150)^{0,2} = 1</math></p>	<p>K<sub>h</sub>=1</p>																		
<p>CTE-DB-SE-M Tabla 2.3 (γ<sub>M</sub>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Coefficiente parcial de seguridad (γ<sub>M</sub>)</b></li> </ul> <table border="1" data-bbox="427 1256 1249 1442"> <caption>Tabla 2.3 Coeficientes parciales de seguridad para el material, γ<sub>M</sub>.</caption> <thead> <tr> <th colspan="2">Situaciones persistentes y transitorias:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>- Madera maciza</td> <td>1,30</td> </tr> <tr> <td>- Madera laminada encolada</td> <td>1,25</td> </tr> <tr> <td>- Madera microlaminada, tablero contrachapado, tablero de virutas orientadas</td> <td>1,20</td> </tr> <tr> <td>- Tablero de partículas y tableros de fibras (duros, medios, densidad media, blandos)</td> <td>1,30</td> </tr> <tr> <td>- Uniones</td> <td>1,30</td> </tr> <tr> <td>- Placas clavo</td> <td>1,25</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Situaciones extraordinarias:</th> </tr> <tr> <td></td> <td>1,0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Para madera aserrada, γ<sub>M</sub> = 1,30</p>	Situaciones persistentes y transitorias:		- Madera maciza	1,30	- Madera laminada encolada	1,25	- Madera microlaminada, tablero contrachapado, tablero de virutas orientadas	1,20	- Tablero de partículas y tableros de fibras (duros, medios, densidad media, blandos)	1,30	- Uniones	1,30	- Placas clavo	1,25	Situaciones extraordinarias:			1,0	<p>γ<sub>M</sub> = 1,30</p>
Situaciones persistentes y transitorias:																				
- Madera maciza	1,30																			
- Madera laminada encolada	1,25																			
- Madera microlaminada, tablero contrachapado, tablero de virutas orientadas	1,20																			
- Tablero de partículas y tableros de fibras (duros, medios, densidad media, blandos)	1,30																			
- Uniones	1,30																			
- Placas clavo	1,25																			
Situaciones extraordinarias:																				
	1,0																			
<p>CTE-DB-SE-M Anejo E (tabla E1)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Valor característico a flexión (f<sub>m,k</sub>)</b></li> </ul> <p>Para C24, f<sub>m,k</sub> = 24 N/mm<sup>2</sup></p> $f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_{sys} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$ $f_{m,d} = 0,8 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 24 / 1,30 = 16,25 \text{ N/mm}^2$	<p>f<sub>m,k</sub> = 24 N/mm<sup>2</sup></p> <p>f<sub>m,d</sub> = 16,25 N/mm<sup>2</sup></p>																		
<p>CTE-DB-SE-M Pto. 6.1.6 (flexión simple)</p>	<p><b>C) Índice de agotamiento</b></p> $I_{m,y} = \sigma_{m,d} / f_{m,d} \leq 1$ $I_{m,y} = 8,55 / 16,25 = 0,52 < 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$	<p>I<sub>m,y</sub>=0,52 &lt; 1  <b>CUMPLE</b>  (52%)</p>																		

<p><b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Pto. 6.1.8</b> <b>(cortante)</b></p> <p><math>V = q \cdot l / 2</math> ( viga biapoyada con carga repartida)</p> <p><math>V = Q / 2</math> ( viga biapoyada con carga puntual)</p> <p>M. aserrada Kcr=0,67</p> <p><b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Tabla 2.4 (Kmod)</b> Madera aserrada, Duracion media, Clase servicio 1.</p> <p><b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Tabla 2.3 (<math>\gamma_M</math>)</b></p> <p><b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Anejo E (tabla E1)</b></p>	<p align="center"><b>3.2 ESTADOS LIMITE ÚLTIMO A CORTANTE</b></p> <p align="center"><b><math>l_{v,y} = T_d / f_{v,d} \leq 1</math></b></p> <p align="right"><b>A) Tensión máxima de calculo</b> <b><math>T_d = 1,5 \cdot V_d / b_{ef} \cdot h</math> (N/mm<sup>2</sup>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Calcular <math>V_d</math> (N)</b></li> </ul> <p><i>Cortante máximo cálculo para <math>G_k</math></i>  <math>V_{Gk} = q_{Gk} \cdot l / 2</math>  <math>V_{Gk} = 0,91 \cdot 3,25 / 2 = 1,48 \text{ kN} = 1478,7 \text{ N}</math></p> <p><i>Cortante máximo cálculo para <math>Q_{k1}</math></i>  <math>V_{Qk1} = q_{Qk1} \cdot l / 2</math>  <math>V_{Qk1} = 0,8 \cdot 3,25 / 2 = 1,3 \text{ kN} = 1300 \text{ N}</math></p> <p><i>Combinacion 2 para Cortante maximo (<math>V_d</math>)</i>  <math>V_d = 1,35 \cdot V_{Gk} + 1,5 \cdot V_{Qk1}</math>  <math>V_d = 1,35 \cdot 1478,7 + 1,5 \cdot 1300 = 2778,7 \text{ N}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Ancho eficaz de la viga a cortante (<math>b_{ef}</math>)</b>  <math>b_{ef} = k_{cr} \cdot b</math>  <math>b_{ef} = 0,67 \cdot 100 = 67 \text{ mm}</math></li> </ul> <p align="right"><b><math>T_d = 1,5 \cdot V_d / b_{ef} \cdot h</math></b>  <math>T_d = 1,5 \cdot 2778,7 / 67 \cdot 150 = 0,415 \text{ N/mm}^2</math></p> <p align="right"><b>B) Resistencia de calculo a cortante</b>  <b><math>f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M</math> (N/mm<sup>2</sup>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Factor de modificacion (<math>k_{mod}</math>)</b>  Para madera maciza, CS1 y carga media duración (menor de la combinación), <math>k_{mod} = 0,8</math></li> <li><b>Coficiente parcial de seguridad (<math>\gamma_M</math>)</b>  Para madera aserrada, <math>\gamma_M = 1,30</math></li> <li><b>Valor característico a cortante (<math>f_{v,k}</math>)</b>  Para C24, <math>f_{v,k} = 4 \text{ N/mm}^2</math></li> </ul> <p align="right"><b><math>f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M</math></b>  <math>f_{v,d} = 0,8 \cdot 4 / 1,30 = 2,46 \text{ N/mm}^2</math></p> <p align="right"><b>C) Indice de agotamiento</b></p> <p><b><math>l_{v,y} = T_d / f_{v,d} \leq 1</math></b>  <math>l_{v,y} = 0,42 / 2,46 = 0,17 &lt; 1 \rightarrow \text{CUMPLE}</math></p>	<p><math>V_d = 2778,7 \text{ N}</math></p> <p><math>b_{ef} = 67 \text{ mm}</math></p> <p><math>T_d = 0,42 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>K_{mod} = 0,8</math></p> <p><math>\gamma_M = 1,30</math></p> <p><math>f_{v,k} = 4 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><b><math>f_{v,d} = 2,46 \text{ N/mm}^2</math></b></p> <p><b><math>l_{v,y} = 0,17 &lt; 1</math></b> <b>CUMPLE</b> <b>(17%)</b></p>
--	--	---

#### 4. ESTADOS LIMITE DE SERVICIO

Coefficientes correctores ( $K_{def}$ )

Tabla 7.1 Valores de  $K_{def}$  para madera y productos derivados de la madera

Material	Tipo de producto	Clase de servicio		
		1	2	3
Madera maciza		0,60	0,80	2,00
Madera laminada encolada		0,60	0,80	2,00
Madera microlaminada (LVL)		0,60	0,80	2,00

Coefficientes de simultaneidad ( $\psi$ )

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad ( $\psi$ )

	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

(1) En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

Límite de flecha relativa según CTE

Tipo de flecha	Exigencias (1)	Combinación (2)	Daños
$u_{int}$	I/500	Característica considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento	Forjados y cubiertas con tabiques o pavimentos frágiles
	I/400		Forjados y cubiertas con tabiques o pavimentos ordinarios
	I/300		Resto de los casos
$u_{con}$	I/350	Característica considerando solamente las acciones de corta duración	Confort
$u_{apa}$	I/300	casi permanente	Apariencia

(1) En los voladizos la luz  $l$  se sustituye por dos veces la luz del voladizo  
(2) Véanse ecuaciones anteriores

CTE-DB-SE-M  
Pto. 7 (tabla 7.1)  
 $K_{def} = 0,6$

CTE-DB-SE  
Tabla 4.2  
 $\psi_2 = 0,3$

\*Incluido el efecto del cortante sobre

<p>la flecha.</p> <p><math>G_k=0,91</math> N/mm <math>Q_{k2}=2000</math> N</p> <p>Para C24 <math>E_{o,medjo}=11000</math> N/mm<sup>2</sup></p> <p>Para C24 <math>G_{medjo}=690</math> N/mm<sup>2</sup></p> <p><b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Pto. 7 (tabla 7.1)</b> <math>K_{def} = 0,6</math></p> <p><b>Tabla 4.2</b> <math>\psi_2=0,3</math></p>	<p><i>Flecha debida a carga permante (<math>G_k</math>)*</i></p> <p><math>u_{Gk}=5/384 \cdot G_k \cdot L^4 / E \cdot I (1+E/G (h/L)^2)</math> ; donde <math>I=b \cdot h^3/12=100 \cdot 150^3/12=28125000</math>mm<sup>4</sup> <math>u_{Gk}=5/384 \cdot 0,91 \cdot 3250^4 / 11000 \cdot 28125000 (1+ 11000/690 (150/3250)^2)</math> <math>u_{Gk}= 4,42</math> mm</p> <p><i>Flecha debida a sobrecarga de uso puntual (<math>Q_{kq}</math>)*</i></p> <p><math>u_{Qk2}=1/48 \cdot Q_{k2} \cdot L^3 / E \cdot I (1+ 6/5 \cdot E/G (h/L)^2)</math> ; donde <math>I=b \cdot h^3/12=100 \cdot 150^3/12=28125000</math>mm<sup>4</sup> <math>u_{Qk2}=1/48 \cdot 2000 \cdot 3250^3 / 11000 \cdot 28125000 (1+ 6/5 \cdot 11000/690 (150/3250)^2)</math> <math>u_{Qk2}= 4,81</math> mm</p> <p><b>A) Integridad de los elementos constructivos (<math>u_{int}</math>)</b></p> <p><math>U_{int} = u_{Gk} \cdot k_{def} + u_{Qki} + \psi_2 \cdot u_{Qki} \cdot k_{def}</math></p> <p>Para la combinación de acciones características considerando sólo las deformaciones que se producen despues de la puesta en obra del elemento. Flecha relativa es menor que 1/300 (resto de casos)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Flecha debida a la fluencia de la carga permanente</b> <math>u_{Gk} \cdot k_{def} = 4,42 \cdot 0,6 = 2,65</math> mm</li> <li>• <b>Flecha debida a la carga variable dominante</b> <math>u_{Qk2} = 4,81</math> mm</li> <li>• <b>Flecha debida a la fluencia de la parte cuasi permanente de la carga variable</b> <math>\psi_2 \cdot u_{Qki} \cdot k_{def} = 0,3 \cdot 4,81 \cdot 0,6 = 0,86</math> mm</li> </ul> <p><math>U_{int} = u_{Gk} \cdot k_{def} + u_{Qki} + \psi_2 \cdot u_{Qki} \cdot k_{def}</math> <math>U_{int} = 2,65 + 4,81 + 0,86 = 8,32</math> mm <math>L/300 = 3250 / 300 = 10,83</math> mm <b><math>U_{int} = 8,32</math> mm &lt; <math>L/300 = 10,83</math> mm</b></p>	<p><b>Flecha permanente</b> <math>u_{Gk}= 4,42</math> mm</p> <p><b>Flecha Sobrecarga</b> <math>u_{Qk2}= 4,81</math>mm</p> <p><math>U_{int} = 8,32</math> mm &lt; <math>L/300</math> <b>CUMPLE (77%)</b></p>
---	---	---

	<p style="text-align: center;"><b>B) Confort de los usuarios (<math>u_{conf}</math>)</b>  <math>U_{conf} = u_{Qki}</math></p> <p>Para la combinación de acciones características, considerando solamente las acciones de corta duración. Flecha relativa es menor que 1/350</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Flecha debida a la carga variable dominante</b>  <math>u_{Qk2} = 4,81 \text{ mm}</math></li> </ul> <p style="text-align: right;"> <math>U_{conf} = u_{Qki}</math>  <math>U_{conf} = 4,81 \text{ mm}</math>  <math>L/350 = 3250 / 350 = 9,29 \text{ mm}</math>  <math>U_{conf} = 4,81 \text{ mm} &lt; L/350 = 9,29 \text{ mm}</math> </p> <p style="text-align: center;"><b>C) Apariencia de la obra (<math>u_{tot}</math>)</b>  <math>U_{tot} = u_{Gk} + u_{Gk} \cdot k_{def} + \psi_2 \cdot u_{Qki} + \psi_2 \cdot u_{Qki} \cdot k_{def}</math></p> <p>Para la combinación de acciones casi permanentes. Flecha relativa es menor que 1/300.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Flecha debida a la carga permanente</b>  <math>u_{Gk} = 4,42 \text{ mm}</math></li> <li><b>Flecha debida a la fluencia de la carga permanente</b>  <math>u_{Gk} \cdot k_{def} = 4,42 \cdot 0,6 = 2,65 \text{ mm}</math></li> <li><b>Flecha debida a la parte cuasi permanente de la carga variable</b>  <math>\psi_2 \cdot u_{Qki} = 0,3 \cdot 4,81 = 1,44 \text{ mm}</math></li> <li><b>Flecha debida a la fluencia de la parte cuasi permanente de la carga variable</b>  <math>\psi_2 \cdot u_{Qki} \cdot k_{def} = 0,3 \cdot 4,81 \cdot 0,6 = 0,86 \text{ mm}</math></li> </ul> <p style="text-align: right;"> <math>U_{tot} = u_{Gk} + u_{Gk} \cdot k_{def} + \psi_2 \cdot u_{Qki} + \psi_2 \cdot u_{Qki} \cdot k_{def}</math>  <math>U_{tot} = 4,42 + 2,65 + 1,44 + 0,86 = 9,37 \text{ mm}</math>  <math>L/300 = 3250 / 300 = 10,83 \text{ mm}</math>  <math>U_{tot} = 9,37 \text{ mm} &lt; L/300 = 10,83 \text{ mm}</math> </p>	<p style="text-align: center;"><math>U_{conf} = 4,81 \text{ mm}</math>  <math>&lt; L/350</math>  <b>CUMPLE (52%)</b></p> <p style="text-align: center;"><math>U_{tot} = 9,37 \text{ mm}</math>  <math>&lt; L/300</math>  <b>CUMPLE (87%)</b></p>
--	--	--

CTE-DB-SI  
Anejo E

## 5. COMPROBACIÓN A FUEGO

### A) Resistencia al fuego

Tabla 3.1 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales

Uso del sector de incendio considerado <sup>(1)</sup>	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante altura de evacuación del edificio		
		≤15 m	≤28 m	>28 m
Vivienda unifamiliar <sup>(2)</sup>	R 30	R 30	-	-
Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120 <sup>(3)</sup>	R 90	R 120	R 180
Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)		R 90		
Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)		R 120 <sup>(4)</sup>		

<sup>(1)</sup> La resistencia al fuego suficiente R de los elementos estructurales de un suelo que separa sectores de incendio es función del uso del sector inferior. Los elementos estructurales de suelos que no delimitan un sector de incendios, sino que están contenidos en él, deben tener al menos la resistencia al fuego suficiente R que se exija para el uso de dicho sector.

<sup>(2)</sup> En viviendas unifamiliares agrupadas o adosadas, los elementos que formen parte de la estructura común tendrán la resistencia al fuego exigible a edificios de uso Residencial Vivienda.

<sup>(3)</sup> R 180 si la altura de evacuación del edificio excede de 28 m.

<sup>(4)</sup> R 180 cuando se trate de aparcamientos robotizados.

Vivienda unifamiliar altura de evacuación < 15M = R 30 (minutos)

R 30

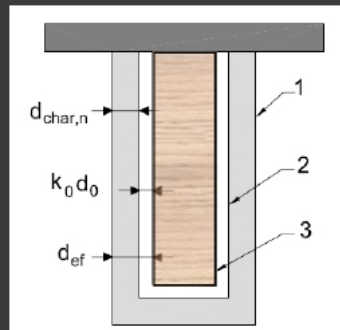
CTE-DB-SI  
Anejo E- pto E2.

### B) Cálculo de la sección reducida

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0$$

La sección reducida es el resultado de eliminar de la sección inicial la profundidad eficaz de carbonización ( $d_{ef}$ ) en las caras expuestas, alcanzada durante el periodo de tiempo considerado.

**Sección reducida:** resultado de eliminar de la sección inicial la profundidad eficaz de carbonización,  $d_{ef}$ , en las caras expuestas, alcanzada durante el periodo de tiempo considerado.



$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0$$

$d_{char,n}$ : profundidad carbonizada nominal de cálculo

$d_0$ : de valor 7 mm

$K_0$ :

Para superficies no protegidas:

$t \geq 20$  min  $\rightarrow K_0 = 1$

$t < 20$  min  $\rightarrow K_0 = t/20$

Para superficies protegidas:

$t_{ch} \leq 20$  min  $\rightarrow K_0 = t/20$

$t_{ch} \geq 20$  min  $\rightarrow$   $t=0 \rightarrow K_0=0$

$t_{ch} \geq 20$  min  $\rightarrow$   $t \geq t_{ch} \rightarrow K_0=1$

$t_{ch}$ : tiempo de inicio de carbonización de superficies protegidas

$d_0 = 7$  mm  
 $K_0 = 1$

CTE-DB-SI  
 Tabla E.1  
 $\beta_n = 0,8$   
 mm/min

- **Profundidad de carbonación nominal ( $d_{char,n}$ )**  
 $d_{char,n} = \beta_n \cdot t$

Tabla E.1. Velocidad de carbonación nominal de cálculo, $\beta_n$ , de maderas sin protección	
	$\beta_n$ (mm/min)
<b>Coníferas y haya</b>	
Madera laminada encolada con densidad característica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,70
Madera maciza con densidad característica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,80
<b>Frondosas</b>	
Madera maciza o laminada encolada de frondosas con densidad característica de $290 \text{ kg/m}^3$ <sup>(1)</sup>	0,70
Madera maciza o laminada encolada de frondosas con densidad característica $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,55
<b>Madera microlaminada</b>	
Con una densidad característica $\geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,70

<sup>(1)</sup> Para densidad característica comprendida entre 290 y 450  $\text{kg/m}^3$ , se interpolará linealmente

$$\beta_n = 0,8 \text{ mm/min}$$

$$t = 30 \text{ min}$$

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot t = 0,8 \cdot 30 = 24 \text{ mm}$$

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0$$

$$d_{ef} = 24 + 1 \cdot 7 = 31 \text{ mm}$$

- **Sección reducida**  
 $b_{red} = b - (2 \cdot d_{ef}) = 100 - (2 \cdot 31) = 38 \text{ mm}$   
 $h_{red} = h - d_{ef} = 150 - 31 = 119 \text{ mm}$

### 5.1 ELU CALCULO A FLEXION EN SITUACION INCENDIO

$$I_{m,y} = \sigma_{m,d} / f_{m,d} \leq 1$$

#### A) Tensión máxima de calculo

$$\sigma_{m,d} = M_d / W_y \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

- **Calcular  $M_d$  (N·mm)**

Momento máximo cálculo para  $G_k$

$$M_{Gk} = q_{Gk} \cdot l^2 / 8$$

$$M_{Gk} = 0,91 \cdot 3,25^2 / 8 = 1,20 \text{ kN} \cdot \text{m} = 1201484,4 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Momento máximo cálculo para  $Q_{k1}$

$$M_{Qk1} = q_{Qk1} \cdot l^2 / 8$$

$$M_{Qk1} = 0,8 \cdot 3,25^2 / 8 = 1,04 \text{ kN} \cdot \text{m} = 1056250,0 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Combinacion 2 para Momento maximo ( $M_d$ )

$$M_d = M_{Gk} + \psi_1 \cdot M_{Qk1}$$

$$M_d = 1201484,4 + 0,5 \cdot 1056250 = 1729609,4 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

CTE-DB-SE  
 Tabla 4.2  
 $\psi_1 = 0,5$

$d_{char,n} = 24 \text{ mm}$

$d_{ef} = 31 \text{ mm}$

**Sección reducida (38x119mm)**

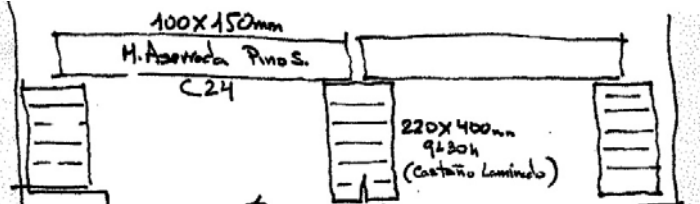
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Calcular <math>W_y</math> (<math>\text{mm}^3</math>)</b></li> </ul> <p><i>Módulo resistente</i>  <math>W_y = b_{\text{red}} \cdot h_{\text{red}}^2 / 6</math>  <math>W_y = 38 \cdot 119^2 / 6 = 89686,3 \text{ mm}^3</math></p> <p style="text-align: right;"><math>\sigma_{m,d} = M_d / W_y</math></p> <p style="text-align: center;"><math>\sigma_{m,d} = 1729609,4 / 89686,3 = 19,29 \text{ N/mm}^2</math></p> <p style="text-align: center;"><b>B) Resistencia de calculo a flexión</b>  <math>f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot k_{\text{sys}} \cdot k_h \cdot k_{fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_M \text{ (N/mm}^2\text{)}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Coeficiente parcial de seguridad (<math>\gamma_M</math>)</b></li> </ul> <p style="text-align: center;"><small>Tabla 2.3 Coeficientes parciales de seguridad para el material, <math>\gamma_M</math>.</small></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; border-bottom: 1px solid black;">Situaciones persistentes y transitorias:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>- Madera maciza</td><td style="text-align: right;">1,30</td></tr> <tr><td>- Madera laminada encolada</td><td style="text-align: right;">1,25</td></tr> <tr><td>- Madera microlaminada, tablero contrachapado, tablero de virutas orientadas</td><td style="text-align: right;">1,20</td></tr> <tr><td>- Tablero de partículas y tableros de fibras (duros, medios, densidad media, blandos)</td><td style="text-align: right;">1,30</td></tr> <tr><td>- Uniones</td><td style="text-align: right;">1,30</td></tr> <tr><td>- Placas clavo</td><td style="text-align: right;">1,25</td></tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black;">Situaciones extraordinarias:</th> </tr> <tr><td></td><td style="text-align: right;">1,0</td></tr> </tbody> </table> <p>Para situaciones extraordinarias (fuego) <math>\gamma_M = 1,0</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Factor de modificacion (<math>k_{\text{mod}}</math>)</b> En situación de incendio se tomará <math>k_{\text{mod}} = 1</math></li> <li>• <b>Factor de carga compartida (<math>k_{\text{sys}}</math>)</b> <math>k_{\text{sys}} = 1,1</math></li> <li>• <b>Factor de altura (<math>k_h</math>)</b></li> </ul> <p><i>Madera aserrada</i></p> <p>Si <math>h \leq 150\text{mm}</math>,  <math>K_h = (150 / h)^{0,2} \leq 1,3</math>  <math>K_h = (150 / 119)^{0,2} = 1,05</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Factor incendio (<math>k_{fi}</math>)</b> Madera aserrada <math>k_{fi} = 1,25</math></li> <li>• <b>Valor característico a flexión (<math>f_{m,k}</math>)</b></li> </ul> <p>Para C24, <math>f_{m,k} = 24 \text{ N/mm}^2</math></p> <p style="text-align: right;"><math>f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot k_{\text{sys}} \cdot k_h \cdot k_{fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_M</math></p> <p style="text-align: center;"><math>f_{m,d} = 1 \cdot 1,1 \cdot 1,05 \cdot 1,25 \cdot 24 / 1 = 34,65 \text{ N/mm}^2</math></p> <p style="text-align: center;"><b>C) Indice de agotamiento</b></p> <p style="text-align: center;"><math>I_{m,y} = \sigma_{m,d} / f_{m,d} \leq 1</math>  <math>I_{m,y} = 19,29 / 34,65 = 0,56 &lt; 1 \rightarrow \text{CUMPLE}</math></p>	Situaciones persistentes y transitorias:		- Madera maciza	1,30	- Madera laminada encolada	1,25	- Madera microlaminada, tablero contrachapado, tablero de virutas orientadas	1,20	- Tablero de partículas y tableros de fibras (duros, medios, densidad media, blandos)	1,30	- Uniones	1,30	- Placas clavo	1,25	Situaciones extraordinarias:			1,0	<p style="text-align: center;"><math>\sigma_{m,d} = 19,29 \text{ N/mm}^2</math></p> <p style="text-align: center;"><math>\gamma_M = 1,0</math></p> <p style="text-align: center;"><math>k_{\text{mod}} = 1</math></p> <p style="text-align: center;"><math>k_{\text{sys}} = 1,1</math></p> <p style="text-align: center;"><math>K_h = 1,05</math></p> <p style="text-align: center;"><math>k_{fi} = 1,25</math></p> <p style="text-align: center;"><math>f_{m,k} = 24 \text{ N/mm}^2</math></p> <p style="text-align: center;"><math>f_{m,d} = 34,65 \text{ N/mm}^2</math></p> <p style="text-align: center;"><math>I_{m,y} = 0,52 &lt; 1</math>  <b>CUMPLE</b>  <b>(56%)</b></p>
Situaciones persistentes y transitorias:																				
- Madera maciza	1,30																			
- Madera laminada encolada	1,25																			
- Madera microlaminada, tablero contrachapado, tablero de virutas orientadas	1,20																			
- Tablero de partículas y tableros de fibras (duros, medios, densidad media, blandos)	1,30																			
- Uniones	1,30																			
- Placas clavo	1,25																			
Situaciones extraordinarias:																				
	1,0																			



<p>CTE-DB-SE-M Pto. 6.1.8 (cortante)</p> <p><math>V = q \cdot l / 2</math> (viga biapoyada con carga repartida)</p> <p><math>V = Q / 2</math> (viga biapoyada con carga puntual)</p> <p>CTE-DB-SE Tabla 4.2 <math>\psi_1 = 0.5</math></p> <p>M. aserrada <math>K_{cr} = 0.67</math></p> <p>CTE-DB-SE-M Tabla 2.4 (Kmod) Madera aserrada, Duracion media, Clase servicio 1.</p> <p>CTE-DB-SE-M Tabla 2.3 (<math>\gamma_M</math>)</p> <p>CTE-DB-SE-M Anejo E (tabla E1)</p>	<p><b>5.2 ELU CALCULO A CORTANTE EN SITUACION INCENDIO</b></p> <p><b><math>l_{v,y} = T_d / f_{v,d} \leq 1</math></b></p> <p><b>A) Tensión máxima de calculo</b> <b><math>T_d = 1,5 \cdot V_d / b_{ef} \cdot h</math> (N/mm<sup>2</sup>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Calcular <math>V_d</math> (N)</b></li> </ul> <p><i>Cortante máximo cálculo para <math>G_k</math></i>  <math>V_{Gk} = q_{Gk} \cdot l / 2</math>  <math>V_{Gk} = 0,91 \cdot 3,25 / 2 = 1,48 \text{ kN} = 1478,7 \text{ N}</math></p> <p><i>Cortante máximo cálculo para <math>Q_{k1}</math></i>  <math>V_{Qk1} = q_{Qk1} \cdot l / 2</math>  <math>V_{Qk1} = 0,8 \cdot 3,25 / 2 = 1,3 \text{ kN} = 1300 \text{ N}</math></p> <p><i>Combinacion 2 para Cortante maximo (<math>V_d</math>)</i>  <math>V_d = V_{Gk} + 0,5 \cdot V_{Qk1}</math>  <math>V_d = 1478,7 + 0,5 \cdot 1300 = 2128,7 \text{ N}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Ancho eficaz de la viga a cortante (<math>b_{ef}</math>)</b>  <math>b_{ef} = K_{cr} \cdot b</math>  <math>b_{ef} = 0,67 \cdot 38 = 25,46 \text{ mm}</math></li> </ul> <p><b><math>T_d = 1,5 \cdot V_d / b_{ef} \cdot h</math></b>  <math>T_d = 1,5 \cdot 2128,7 / 25,46 \cdot 119 = 1,053 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><b>B) Resistencia de calculo a cortante</b>  <b><math>f_{v,d} = K_{mod} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_M</math> (N/mm<sup>2</sup>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Factor de modificacion (<math>K_{mod}</math>)</b> Para situación incendio <math>K_{mod} = 1</math></li> <li><b>Coficiente parcial de seguridad (<math>\gamma_M</math>)</b> Para madera aserrada en situación incendio, <math>\gamma_M = 1</math></li> <li><b>Factor incendio (<math>k_{fi}</math>)</b> Madera aserrada <math>k_{fi} = 1,25</math></li> <li><b>Valor característico a cortante (<math>f_{v,k}</math>)</b> Para C24, <math>f_{v,k} = 4 \text{ N/mm}^2</math></li> </ul> <p><b><math>f_{v,d} = K_{mod} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_M</math></b>  <math>f_{v,d} = 1 \cdot 1,25 \cdot 4 / 1 = 5 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><b>C) Indice de agotamiento</b></p> <p><b><math>l_{v,y} = T_d / f_{v,d} \leq 1</math></b>  <math>l_{m,y} = 1,05 / 5 = 0,21 &lt; 1 \rightarrow \text{CUMPLE}</math></p>	<p><math>V_d = 2128,7 \text{ N}</math></p> <p><math>b_{ef} = 25,46 \text{ mm}</math></p> <p><math>T_d = 1,05 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>K_{mod} = 1</math></p> <p><math>\gamma_M = 1</math></p> <p><math>K_{fi} = 1,25</math></p> <p><math>f_{v,k} = 4 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>f_{v,d} = 5 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><b><math>l_{v,y} = 0,21 &lt; 1</math></b>  <b>CUMPLE</b>  <b>(21%)</b></p>
---	--	---

## 2. VIGAS

Madera laminada castaño GL30h; L=5 m; Sección = 220x400mm; Intereje 3,25m; CS 1; Vivienda.

Notas	Cálculos	Valor
<p><b><math>G_k</math> = peso propio + cargas muertas</b></p> <p><b>CTE-DB-M</b> Madera C24 <math>\rho=0,42</math> kN/m<sup>3</sup></p> <p><b>F.tecn.Garnica</b> Tablero garnica <math>\rho=0,42</math> kN/m<sup>3</sup></p> <p><b>CTE-DB-AE Anejo C</b> Losa hormigón <math>\rho=15</math> kN/m<sup>3</sup></p> <p>Tarima madera + rastrel + aislante <math>\rho=0,5</math> kN/m<sup>2</sup></p> <p>Tabiquería <math>\rho=1</math> kN/m<sup>2</sup></p> <p><b><math>Q_{k1}</math> = sobrecarga de uso repartida</b></p> <p><b>CTE-DB-AE Tabla 3.1</b> Cat.A1 (vivienda) <math>q=2</math> kN/m<sup>2</sup></p> <p><b><math>Q_{k1}</math> = sobrecarga de uso puntual</b></p> <p><b>CTE-DB-AE Tabla 3.1</b> Cat.A1 (vivienda) <math>Q=2</math> kN</p>	<p style="text-align: center;"><b>1. ACCIONES VALORES CARACTERÍSTICOS</b></p> <p style="text-align: right;"><b><math>G_k</math>. Carga permanente</b> (duración permanente)</p> <p><math>G_k = G_{k1} + G_{k2}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>G_{k1}</math> (Peso propio) <math>0.54 \cdot 0.22 \cdot 0.4 = 0.0475</math> kN/m</li> <li>• <math>G_{k2}</math> (cargas muertas) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Viguetas = <math>0.42 \cdot 0.1 \cdot 0.15 \cdot 3,25 \cdot 3 = 0,0614</math> kN/m</li> <li>- Tablero chopo Garnica = <math>0.015 \cdot 3,25 \cdot 0.42 = 0.0205</math> kN/m</li> <li>- Losahormigonaligerado = <math>0.05 \cdot 3,25 \cdot 15 = 2,44</math> kN/m</li> <li>- Tarima madera+rastrel+aislam. = <math>0.5 \cdot 3,25 = 1,624</math> kN/m</li> <li>- Tabiquería = <math>1 \cdot 3,25 = 3,25</math> kN/m</li> </ul> </li> </ul> <div style="text-align: center;">  </div> <p><math>H1 = (0.0475) + (0.0614 + 0.0205 + 2,44 + 0,624 + 3,25) = 7,44</math> kN/m</p> <p style="text-align: right;"><b><math>Q_{k1}</math>. Sobrecarga uso uniforme (<math>Q_{k1}</math>)</b> (duración media)</p> <p>Uso vivienda (Cat. A1) <math>H2 = 2 \cdot 3,25 = 6,5</math> kN/m</p> <p style="text-align: right;"><b><math>Q_{k2}</math>. Sobrecarga uso puntual (<math>Q_{k2}</math>)</b> (duración corta)</p> <p>Uso vivienda (Cat. A1) <math>H3 = 2</math> kN</p>	<p><math>G_k = 7,44</math> kN/m</p> <p><math>Q_{k1} = 6,5</math> kN/m</p> <p><math>Q_{k2} = 2</math> kN</p>

**Coefficientes seguridad**

CTE-DB-SE

Tabla 4.1

Permanentes

$Y=1.35$

Variables

$Y=1.50$

CTE-DB-SE

Tabla 4.2

$\Psi_0=0.7$

$M = q \cdot l^2 / 8$   
(viga biapoyada con carga repartida)

$M = Q \cdot l / 4$   
(viga biapoyada con carga puntual)

$M_d = 1,35 \cdot M_{Gk} + 1,5 \cdot M_{Qk1}$

$W_y = b \cdot h^2 / 6$

**2. COMBINACIONES DE CARGAS**

ELU

$$S_d = \sum \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_{k1} + \sum \gamma_{Qi} \cdot \Psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

Combinación	C. permanente $G_{k1}$	S.Uso Uniforme $Q_{k1}$	S.Uso Puntual $Q_{k2}$	Duración
1	1.35			Permanente
2	1.35	1.5		Media
3	1.35		1.5	Corta
...				

ELU

**Combinación 2** ->  $S_d = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_{k1}$

**3. ESTADOS LIMITE ÚLTIMO**

**3.1 ESTADOS LIMITE ÚLTIMO A FLEXIÓN**

**$l_{m,y} = \sigma_{m,d} / f_{m,d} \leq 1$**

**A) Tensión máxima de cálculo**

$\sigma_{m,d} = M_d / W_y$  (N/mm<sup>2</sup>)

- **Calcular  $M_d$  (N·mm)**

Momento máximo cálculo para  $G_k$

$M_{Gk} = q_{Gk} \cdot l^2 / 8$

$M_{Gk} = 7,44 \cdot 3,25^2 / 8 = 9,82$  kN·m = 9823125 N·mm

Momento máximo cálculo para  $Q_{k1}$

$M_{Qk1} = q_{Qk1} \cdot l^2 / 8$

$M_{Qk1} = 6,5 \cdot 3,25^2 / 8,58 =$  kN·m = 8582031,25 N·mm

Combinacion 2 para Momento maximo ( $M_d$ )

$M_d = 1,35 \cdot M_{Gk} + 1,5 \cdot M_{Qk1}$

$M_d = 1,35 \cdot 9823125 + 1,5 \cdot 8582031,25 = 26134265,63$  N·mm

- **Calcular  $W_y$  (mm<sup>3</sup>)**

Módulo resistente

$W_y = b \cdot h^2 / 6$

$W_y = 220 \cdot 400^2 / 6 = 5866666,66$  mm<sup>3</sup>

$\sigma_{m,d} = M_d / W_y$

$\sigma_{m,d} = 26134265,63 / 5866666,66 = 4,45$  N/mm<sup>2</sup>

$M_d = 26134265,63$  N·mm

$W_y = 5866666,66$  mm<sup>3</sup>

**$\sigma_{m,d} = 4,45$  N/mm<sup>2</sup>**

<p><b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Tabla 2.4 (K<sub>mod</sub>)</b></p> <p>Madera laminada, Duración media, Clase servicio 1.</p> <p><b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Pto. 2.2.1.2 (4)</b> <b>(K<sub>sys</sub>)</b></p> <p><b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Pto. 2.2.1.2 (1)</b> <b>(K<sub>h</sub>)</b></p> <p>Siendo <b>h</b> el canto a flexión o mayor dimensión de la sección a tracción (mm)</p> <p><b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Tabla 2.3 (γ<sub>M</sub>)</b></p> <p><b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Anejo E (tabla E1)</b></p> <p>VER Sello CE Sierolam</p> <p><b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Pto. 6.1.6 (flexión simple)</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>B) Resistencia de cálculo a flexión</b></p> <p style="text-align: center;"><math>f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_{sys} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M</math> (N/mm<sup>2</sup>)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Factor de modificación (k<sub>mod</sub>)</b> Para madera laminada, CS1 y carga media duración, <math>K_{mod} = 0,8</math></li> <li>• <b>Factor de carga compartida (K<sub>sys</sub>)</b> Separación = 3.25 m ; no aplicable el factor de carga compartida. <math>k_{sys} = 1,0</math></li> <li>• <b>Factor de altura (K<sub>h</sub>)</b> <i>Madera laminada</i> Si <math>h \leq 600\text{mm}</math>, <math>K_h = (600 / h)^{0,1} \leq 1,1</math> <math>K_h = (600 / 400)^{0,1} = 1,04</math></li> <li>• <b>Coficiente parcial de seguridad (γ<sub>M</sub>)</b> Para madera laminada, <math>\gamma_M = 1,25</math></li> <li>• <b>Valor característico a flexión (f<sub>m,k</sub>)</b> Según sello CE fabricante Sierolam para madera laminada de castaño, <math>f_{m,k} = 30 \text{ N/mm}^2</math></li> </ul> <p style="text-align: center;"><math>f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_{sys} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M</math> <math>f_{m,d} = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,04 \cdot 30 / 1,25 = 19,97 \text{ N/mm}^2</math></p> <p style="text-align: center;"><b>C) Índice de agotamiento</b></p> <p style="text-align: center;"><math>I_{m,y} = \sigma_{m,d} / f_{m,d} \leq 1</math> <math>I_{m,y} = 4,45 / 19,97 = 0,22 &lt; 1 \rightarrow \text{CUMPLE}</math></p>	<p><math>K_{mod} = 0,8</math></p> <p><math>k_{sys} = 1,0</math></p> <p><math>k_h = 1,04</math></p> <p><math>\gamma_M = 1,25</math></p> <p><math>f_{m,k} = 30 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>f_{m,d} = 19,97 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>I_{m,y} = 0,22 &lt; 1</math> <b>CUMPLE</b> <b>(22%)</b></p>
---	---	--

<p><b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Pto. 6.1.8</b> <b>(cortante)</b></p> <p><math>V = q \cdot l / 2</math> ( viga biapoyada con carga repartida)</p> <p><math>V = Q / 2</math> ( viga biapoyada con carga puntual)</p> <p>M. aserrada Kcr=0,67</p> <p><b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Tabla 2.4 (Kmod)</b> Madera laminada, Duracion media, Clase servicio 1.</p> <p><b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Tabla 2.3 (γ<sub>M</sub>)</b></p> <p><b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Anejo E (tabla E1)</b> VER Sello CE Sierolam</p>	<p align="center"><b>3.2 ESTADOS LIMITE ÚLTIMO A CORTANTE</b></p> <p align="center"><b><math>I_{v,y} = T_d / f_{v,d} \leq 1</math></b></p> <p align="right"><b>A) Tensión máxima de calculo</b> <b><math>T_d = 1,5 \cdot V_d / b_{ef} \cdot h</math> (N/mm<sup>2</sup>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Calcular V<sub>d</sub> (N)</b> <p><i>Cortante máximo cálculo para G<sub>k</sub></i>  <math>V_{Gk} = q_{Gk} \cdot l / 2</math>  <math>V_{Gk} = 7,44 \cdot 5 / 2 = 18,6 \text{ kN} = 18600 \text{ N}</math></p> <p><i>Cortante máximo cálculo para Q<sub>k1</sub></i>  <math>V_{Qk1} = q_{Qk1} \cdot l / 2</math>  <math>V_{Qk1} = 6,5 \cdot 5 / 2 = 16,25 \text{ kN} = 16250 \text{ N}</math></p> <p><i>Combinacion 2 para Cortante maximo (V<sub>d</sub>)</i>  <math>V_d = 1,35 \cdot V_{Gk} + 1,5 \cdot V_{Qk1}</math>  <math>V_d = 1,35 \cdot 18600 + 1,5 \cdot 16250 = 49485 \text{ N}</math></p> </li> <li><b>Ancho eficaz de la viga a cortante (b<sub>ef</sub>)</b> <p><math>b_{ef} = k_{cr} \cdot b</math>  <math>b_{ef} = 0,67 \cdot 220 = 147,4 \text{ mm}</math></p> </li> </ul> <p align="right"><b><math>T_d = 1,5 \cdot V_d / b_{ef} \cdot h</math></b>  <math>T_d = 1,5 \cdot 49485 / 147,4 \cdot 400 = 1,26 \text{ N/mm}^2</math></p> <p align="right"><b>B) Resistencia de calculo a cortante</b>  <b><math>f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M</math> (N/mm<sup>2</sup>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Factor de modificacion (k<sub>mod</sub>)</b> <p>Para maderalaminada, CS1 y carga media duracion (menor de la combinacion), <math>K_{mod} = 0,8</math></p> </li> <li><b>Coficiente parcial de seguridad (γ<sub>M</sub>)</b> <p>Para madera laminada, <math>\gamma_M = 1,25</math></p> </li> <li><b>Valor característico a cortante (f<sub>v,k</sub>)</b> <p>Según sello CE fabricante Sierolam para madera laminada de castaño,  <math>f_{v,k} = 5 \text{ N/mm}^2</math></p> </li> </ul> <p align="right"><b><math>f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M</math></b>  <math>f_{v,d} = 0,8 \cdot 5 / 1,25 = 3,2 \text{ N/mm}^2</math></p> <p align="right"><b>C) Indice de agotamiento</b></p> <p align="center"><b><math>I_{v,y} = T_d / f_{v,d} \leq 1</math></b>  <math>I_{m,y} = 1,26 / 3,2 = 0,39 &lt; 1 \rightarrow \text{CUMPLE}</math></p>	<p><math>V_d = 49485 \text{ N}</math></p> <p><math>b_{ef} = 147,4 \text{ mm}</math></p> <p><math>T_d = 1,26 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>K_{mod} = 0,8</math></p> <p><math>\gamma_M = 1,25</math></p> <p><math>f_{v,k} = 5 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>f_{v,d} = 3,2 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><b><math>I_{v,y} = 0,39 &lt; 1</math></b> <b>CUMPLE</b> <b>(39%)</b></p>
--	---	---

<p><b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Pto. 7 (tabla 7.1)</b> <math>K_{def} = 0,6</math></p> <p><b>CTE-DB-SE</b> <b>Tabla 4.2</b> <math>\Psi_2=0.3</math></p> <p>*Incluido el efecto del cortante sobre la flecha.</p> <p><math>G_k=7,44\text{N/mm}</math> <math>Q_{k1}=6,5\text{N/mm}</math></p> <p>Para GL30h <math>E_{o,medio}=13000\text{N/mm}^2</math></p> <p>Para GL30h <math>G_{medio}=810\text{N/mm}^2</math></p> <p>VER Sello CE Sierolam</p>	<p style="text-align: center;"><b>4. ESTADOS LIMITE DE SERVICIO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coeficientes correctores (<math>K_{def}</math>) <math>K_{def} = 0,6</math></li> <li>• Coeficientes de simultaneidad (<math>\psi</math>) <math>\Psi_2=0.3</math></li> <li>• Limite de flecha relativa según CTE</li> </ul> <table border="1" data-bbox="411 633 1259 1173"> <thead> <tr> <th>Tipo de flecha</th> <th>Exigencias <sup>(1)</sup></th> <th>Combinación <sup>(2)</sup></th> <th>Daños</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3"><math>u_{int}</math></td> <td>I/500</td> <td rowspan="3">Característica considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento</td> <td>Forjados y cubiertas con tabiques o pavimentos frágiles</td> </tr> <tr> <td>I/400</td> <td>Forjados y cubiertas con tabiques o pavimentos ordinarios</td> </tr> <tr> <td>I/300</td> <td>Resto de los casos</td> </tr> <tr> <td><math>u_{con}</math></td> <td>I/350</td> <td>Característica considerando solamente las acciones de corta duración</td> <td>Confort</td> </tr> <tr> <td><math>u_{apa}</math></td> <td>I/300</td> <td>casi permanente</td> <td>Apariencia</td> </tr> </tbody> </table> <p><sup>(1)</sup> En los voladizos la luz l se sustituye por dos veces la luz del voladizo <sup>(2)</sup> Véanse ecuaciones anteriores</p> <p><i>Flecha debida a carga permante (<math>G_k</math>)*</i></p> <p><math>u_{Gk}=5/384 \cdot G_k \cdot L^4 / E \cdot I (1+E/G (h/L)^2)</math> ; donde <math>I=b \cdot h^3/12=220 \cdot 400^3/12=1173333333\text{ mm}^4</math> <math>u_{Gk}=5/384 \cdot 7.44 \cdot 3250^4 / 13000 \cdot 1173333333 (1+ 13000/810 \cdot (400/3250)^2)</math> <math>u_{Gk}= 7,085\text{ mm}</math></p> <p><i>Flecha debida a sobrecarga de uso puntual (<math>Q_{kq}</math>)*</i></p> <p><math>u_{Qk2}=5/384 \cdot G_k \cdot L^4 / E \cdot I (1+E/G (h/L)^2)</math> ; donde <math>I=b \cdot h^3/12=220 \cdot 400^3/12=1173333333\text{ mm}^4</math> <math>u_{Qk1}=5/384 \cdot 6,5 \cdot 3250^4 / 13000 \cdot 1173333333 (1+13000/810 \cdot (400/3250)^2)</math> <math>u_{Qk1}= 6,18\text{ mm}</math></p>	Tipo de flecha	Exigencias <sup>(1)</sup>	Combinación <sup>(2)</sup>	Daños	$u_{int}$	I/500	Característica considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento	Forjados y cubiertas con tabiques o pavimentos frágiles	I/400	Forjados y cubiertas con tabiques o pavimentos ordinarios	I/300	Resto de los casos	$u_{con}$	I/350	Característica considerando solamente las acciones de corta duración	Confort	$u_{apa}$	I/300	casi permanente	Apariencia	<p><b>Flecha permanente</b> <math>u_{Gk}= 7,085\text{ mm}</math></p> <p><b>Flecha Sobrecarga</b> <math>u_{Qk1}= 6,18\text{ mm}</math></p>
Tipo de flecha	Exigencias <sup>(1)</sup>	Combinación <sup>(2)</sup>	Daños																			
$u_{int}$	I/500	Característica considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento	Forjados y cubiertas con tabiques o pavimentos frágiles																			
	I/400		Forjados y cubiertas con tabiques o pavimentos ordinarios																			
	I/300		Resto de los casos																			
$u_{con}$	I/350	Característica considerando solamente las acciones de corta duración	Confort																			
$u_{apa}$	I/300	casi permanente	Apariencia																			

<p><b>CTE-DB-SE-M</b>  <b>Pto. 7 (tabla 7.1)</b>  <math>K_{def} = 0,6</math></p> <p><b>Tabla 4.2</b>  <math>\psi_2 = 0,3</math></p>	<p style="text-align: center;"><b>A) Integridad de los elementos constructivos (<math>u_{int}</math>)</b></p> <p style="text-align: center;"><math>U_{int} = u_{Gk} \cdot k_{def} + u_{Qk1} + \psi_2 \cdot u_{Qki} \cdot k_{def}</math></p> <p>Para la combinación de acciones características considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento. Flecha relativa es menor que 1/300 (resto de casos)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Flecha debida a la fluencia de la carga permanente</b>  <math>u_{Gk} \cdot k_{def} = 7,085 \cdot 0,6 = 4,25 \text{ mm}</math></li> <li>• <b>Flecha debida a la carga variable dominante</b>  <math>u_{Qk1} = 6,18 \text{ mm}</math></li> <li>• <b>Flecha debida a la fluencia de la parte cuasi permanente de la carga variable</b>  <math>\psi_2 \cdot u_{Qki} \cdot k_{def} = 0,3 \cdot 7,085 \cdot 0,6 = 1,27 \text{ mm}</math></li> </ul> <p style="text-align: right;"> <math>U_{int} = u_{Gk} \cdot k_{def} + u_{Qk1} + \psi_2 \cdot u_{Qki} \cdot k_{def}</math>  <math>U_{int} = 4,25 + 6,18 + 1,27 = 11,7 \text{ mm}</math>  <math>L/300 = 5000 / 300 = 16,6 \text{ mm}</math> </p> <p style="text-align: center;"><b><math>U_{int} = 11,7 \text{ mm} &lt; L/300 = 16,6 \text{ mm}</math></b></p> <p style="text-align: center;"><b>B) Confort de los usuarios (<math>u_{conf}</math>)</b></p> <p style="text-align: center;"><math>U_{conf} = u_{Qk1}</math></p> <p>Para la combinación de acciones características, considerando solamente las acciones de corta duración. Flecha relativa es menor que 1/350</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Flecha debida a la carga variable dominante</b>  <math>u_{Qk1} = 6,18 \text{ mm}</math></li> </ul> <p style="text-align: right;"> <math>U_{conf} = u_{Qk1}</math>  <math>U_{conf} = 6,18 \text{ mm}</math>  <math>L/350 = 5000 / 350 = 14,28 \text{ mm}</math> </p> <p style="text-align: center;"><b><math>U_{conf} = 6,18 \text{ mm} &lt; L/350 = 14,28 \text{ mm}</math></b></p>	<p><math>U_{int} = 11,7 \text{ mm}</math>  <math>&lt; L/300</math>  <b>CUMPLE</b>  <b>(71%)</b></p> <p><math>U_{conf} = 6,18 \text{ mm}</math>  <math>&lt; L/350</math>  <b>CUMPLE</b>  <b>(43%)</b></p>
---	--	--

**C) Apariencia de la obra ( $u_{tot}$ )**

$$U_{tot} = u_{Gk} + u_{Gk} \cdot k_{def} + \psi_2 \cdot u_{Qki} + \psi_2 \cdot u_{Qki} \cdot k_{def}$$

Para la combinación de acciones casi permanentes. Flecha relativa es menor que 1/300.

- **Flecha debida a la carga permanente**  
 $u_{Gk} = 7,085 \text{ mm}$
- **Flecha debida a la fluencia de la carga permanente**  
 $u_{Gk} \cdot k_{def} = 7,085 \cdot 0,6 = 4,25 \text{ mm}$
- **Flecha debida a la parte cuasi permanente de la carga variable**  
 $\psi_2 \cdot u_{Qki} = 0,3 \cdot 6,18 = 1,85 \text{ mm}$
- **Flecha debida a la fluencia de la parte cuasi permanente de la carga variable**  
 $\psi_2 \cdot u_{Qki} \cdot k_{def} = 0,3 \cdot 6,18 \cdot 0,6 = 1,11 \text{ mm}$

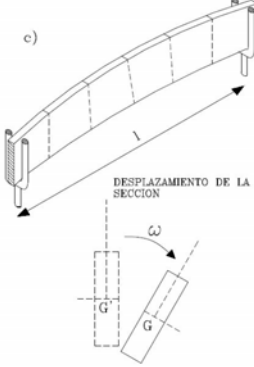
$$U_{tot} = u_{Gk} + u_{Gk} \cdot k_{def} + \psi_2 \cdot u_{Qki} + \psi_2 \cdot u_{Qki} \cdot k_{def}$$
$$U_{tot} = 7,085 + 4,25 + 1,85 + 1,11 = 14,29 \text{ mm}$$
$$L/300 = 5000 / 300 = 16,66 \text{ mm}$$

$$U_{tot} = 14,29 \text{ mm} < L/300 = 16,66 \text{ mm}$$

$U_{tot} = 14,29$   
mm  
< L/300

**CUMPLE**  
**(85%)**



<p><b>NOTA: Muy importante en vigas laminadas de gran luz (y canto).</b></p>	<h3 style="text-align: center;">5. COMPROBACIÓN A VUELCO LATERAL</h3> <p>En una viga biapoyada se produce por efecto del momento una zona traccionada y una comprimida. Bajo ciertas condiciones particulares (carga alta, gran canto, falta de arriostramiento,...) la zona comprimida de la viga puede provocar un fenómeno de inestabilidad denominado vuelco lateral, semejante al fenómeno de pandeo en los pilares.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center; color: red;"><b><math> v _z = \sigma_{m,d} / k_{crit} \cdot f_{m,d} \leq 1</math></b></p> <p style="text-align: right;"><b>A) Tensión máxima de calculo</b>  <math>\sigma_{m,d} = M_d / W_y \text{ (N/mm}^2\text{)}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Calcular <math>M_d</math> (N·mm)</b></li> </ul> <p><i>Momento máximo cálculo para <math>G_k</math></i>  <math>M_{Gk} = q_{Gk} \cdot l^2 / 8</math>  <math>M_{Gk} = 7,44 \cdot 3,25^2 / 8 = 9,82 \text{ kN} \cdot \text{m} = 9823125 \text{ N} \cdot \text{mm}</math></p> <p><i>Momento máximo cálculo para <math>Q_{k1}</math></i>  <math>M_{Qk1} = q_{Qk1} \cdot l^2 / 8</math>  <math>M_{Qk1} = 6,5 \cdot 3,25^2 / 8,58 = \text{kN} \cdot \text{m} = 8582031,25 \text{ N} \cdot \text{mm}</math></p> <p><i>Combinacion 2 para Momento maximo (<math>M_d</math>)</i>  <math>M_d = 1,35 \cdot M_{Gk} + 1,5 \cdot M_{Qk1}</math>  <math>M_d = 1,35 \cdot 9823125 + 1,5 \cdot 8582031,25 = 26134265,63 \text{ N} \cdot \text{mm}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Calcular <math>W_y</math> (mm<sup>3</sup>)</b></li> </ul> <p><i>Módulo resistente</i>  <math>W_y = b \cdot h^2 / 6</math>  <math>W_y = 220 \cdot 400^2 / 6 = 5866666,66 \text{ mm}^3</math></p> <p style="text-align: right;"><b><math>\sigma_{m,d} = M_d / W_y</math></b>  <math>\sigma_{m,d} = 26134265,63 / 5866666,66 = 4,45 \text{ N/mm}^2</math></p>	<p><math>M_d =</math> 26134265,63 N·mm</p> <p><math>W_y =</math>5866666,66 mm<sup>3</sup></p> <p><b><math>\sigma_{m,d} = 4,45</math></b> N/mm<sup>2</sup></p>
--	--	---

<p>En este caso, donde tenemos viguetas cada 40cm, las vigas están correctamente arriostradas y podemos directamente considerar <math>k_{crit}=1</math>. No obstante, planteamos el cálculo...</p> <p>(6.36)</p> <p>(6.37)</p>	<p style="text-align: center;"><b>B) Resistencia de calculo a flexión vuelco lateral</b>  <math>f_{m,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M</math> (N/mm<sup>2</sup>)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Factor de modificacion (<math>k_{mod}</math>)</b>  Para madera laminada, CS1 y carga media duración, <math>k_{mod} = 0,8</math></li> <li><b>Coficiente parcial de seguridad (<math>\gamma_M</math>)</b>  Para madera laminada, <math>\gamma_M = 1,25</math></li> <li><b>Valor característico a flexión (<math>f_{m,k}</math>)</b>  Según sello CE fabricante Sierolam para madera laminada de castaño,  <math>f_{m,k} = 30</math> N/mm<sup>2</sup></li> </ul> <p style="text-align: right;"><math>f_{m,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M</math>  <math>f_{m,d} = 0,8 \cdot 30 / 1,25 = 19,20</math> N/mm<sup>2</sup></p> <p style="text-align: center;"><b>C) Factor corrector <math>K_{crit}</math></b>  <math>K_{crit} \leq 1</math></p> <div style="border: 1px solid black; background-color: yellow; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <math display="block">k_{crit} = 1 \quad \lambda_{rel,m} \leq 0,75</math> <math display="block">k_{crit} = 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} \quad 0,75 &lt; \lambda_{rel,m} \leq 1,4</math> <math display="block">k_{crit} = 1/\lambda_{rel,m}^2 \quad 1,4 &lt; \lambda_{rel,m}</math> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Esbeltez relativa en flexión (<math>\lambda_{rel,m}</math>)</b>  <math>\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})</math></li> </ul> <p>donde,  <math>\sigma_{m,crit} = M_{crit} / W_y</math></p> <p>a su vez,  <math>M_{crit} = \Pi / L_{ef} \cdot (E_{0,05} \cdot I_z \cdot G_{0,05} \cdot I_{tor})^{1/2}</math></p> <p>Con lo que  <math>\sigma_{m,crit} = M_{crit} / W_y</math>  <math>\sigma_{m,crit} = [ \Pi \cdot (E_{0,05} \cdot I_z \cdot G_{0,05} \cdot I_{tor})^{1/2} ] / ( \beta_v \cdot L \cdot W_y )</math></p> <p>donde para vigas de sección rectangular,  <math>W_y = b \cdot h^2 / 6</math>  <math>W_y = 220 \cdot 400^2 / 6 = 5866666.6</math> mm<sup>3</sup>  <math>I_z = h \cdot b^3 / 12</math>  <math>I_z = 400 \cdot 220^3 / 12 = 354933333.3</math> mm<sup>4</sup>  <math>I_{tor} = (h \cdot b^3 / 3) \cdot (1 - 0.63 \cdot b/h)</math>  <math>I_{tor} = (400 \cdot 220^3 / 3) \cdot (1 - 0.63 \cdot 220/400) = 927795733.1</math> mm<sup>4</sup> </p>	<p><math>k_{mod} = 0,8</math></p> <p><math>\gamma_M = 1,25</math></p> <p><math>f_{m,k} = 30</math> N/mm<sup>2</sup></p> <p><math>f_{m,d} = 19,20</math> N/mm<sup>2</sup></p>
--	---	--

Tabla 6.2  
 $\beta_v = 0,95$

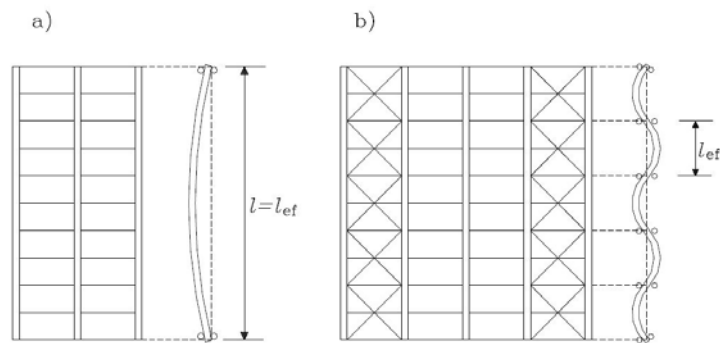


Tabla 6.2 Valores del coeficiente  $\beta_v$  para vigas de sección constante con diferentes condiciones de carga y de restricción en los extremos.

Tipo de carga y viga	$\beta_v = l_{ef} / L$
	$\beta_v = 1,00$
	$\beta_v = 0,95$
	$\beta_v = 0,8/\alpha$ $\alpha = 1,35 - 1,4 \cdot x(L - x)/L^2$
	$\beta_v = 2,00$
	$\beta_v = 1,20$
	$\beta_v = 1,70$
	$\beta_v = 0,40$
	$\beta_v = 0,25$

Los valores que se dan en esta tabla son válidos para una viga cargada en su centro de gravedad y con la torsión impedida en los apoyos. Si la carga se aplica en el borde comprimido la longitud eficaz  $l_{ef}$  se incrementará en  $2h$  y si es aplicada en el borde traccionado se reducirá en  $0,2h$ , siendo  $h$  el canto de la pieza.  
 T: sección central con desplazamiento lateral impedido en el borde superior.

$$\sigma_{m,crit} = [ \pi \cdot ( E_{0,05} \cdot I_z \cdot G_{0,05} \cdot I_{tor} )^{1/2} ] / ( \beta_v \cdot L \cdot W_y )$$

$$\sigma_{m,crit} = [ \pi \cdot ( 9300 \cdot 354.93 \cdot 10^6 \cdot 0.81 \cdot 927.79 \cdot 10^6 )^{1/2} ] / ( 0.95 \cdot 0.4 \cdot 5866666.6 )$$

$$\sigma_{m,crit} = 70187 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{rel,m} = ( f_{m,k} / \sigma_{m,crit} )$$

$$\lambda_{rel,m} = ( 30 / 70187 )$$

$$\lambda_{rel,m} = 0,0004 < 0,75 , \text{ luego...}$$

$$K_{crit} = 1 \quad K_{crit} = 1$$

$$|v|_{z} = \sigma_{m,d} / k_{crit} \cdot f_{m,d} \leq 1$$

$$|v|_{z} = 4.45 / 1 \cdot 19,20 = 0.22 \leq 1 \text{ CUMPLE}$$

$$\sigma_{m,crit} = 70187 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{rel,m} = 0,0004 < 0,75$$

$$I_{m,y} = 0,22 < 1$$

**CUMPLE (22%)**

CTE-DB-SI  
Anejo E

## 6. COMPROBACIÓN A FUEGO

### A) Resistencia al fuego

Tabla 3.1 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales

Uso del sector de incendio considerado <sup>(1)</sup>	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante altura de evacuación del edificio		
		≤15 m	≤28 m	>28 m
Vivienda unifamiliar <sup>(2)</sup>	R 30	R 30	-	-
Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120 <sup>(3)</sup>	R 90	R 120	R 180
Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)		R 90		
Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)		R 120 <sup>(4)</sup>		

<sup>(1)</sup> La resistencia al fuego suficiente R de los elementos estructurales de un suelo que separa sectores de incendio es función del uso del sector inferior. Los elementos estructurales de suelos que no delimitan un sector de incendios, sino que están contenidos en él, deben tener al menos la resistencia al fuego suficiente R que se exija para el uso de dicho sector

<sup>(2)</sup> En viviendas unifamiliares agrupadas o adosadas, los elementos que formen parte de la estructura común tendrán la resistencia al fuego exigible a edificios de uso Residencial Vivienda.

<sup>(3)</sup> R 180 si la altura de evacuación del edificio excede de 28 m.

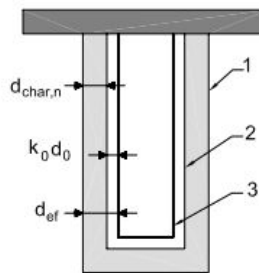
<sup>(4)</sup> R 180 cuando se trate de aparcamientos robotizados.

Vivienda unifamiliar altura de evacuación < 15M = R 30 (minutos)

CTE-DB-SI  
Anejo E- pto E2.

### B) Cálculo de la sección reducida

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0$$



- 1 Superficie inicial del elemento
- 2 Límite de la sección residual
- 3 Límite de la sección eficaz

- **Profundidad de carbonación nominal ( $d_{char,n}$ )**

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot t$$

$$\beta_n = 0,8 \text{ mm/min}$$

$$t = 30 \text{ min}$$

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot t = 0,8 \cdot 30 = 24 \text{ mm}$$

$$d_0 = 7 \text{ mm}$$

$$K_0 = 1$$

$$d_{char,n} = 24 \text{ mm}$$

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0$$

$$d_{ef} = 24 + 1 \cdot 7 = 31 \text{ mm}$$

$$d_{ef} = 31 \text{ mm}$$

- **Sección reducida**

$$b_{red} = b - (2 \cdot d_{ef}) = 220 - (2 \cdot 31) = 158 \text{ mm}$$

$$h_{red} = h - d_{ef} = 400 - 31 = 369 \text{ mm}$$

**Sección reducida (158x369 mm)**

CTE-DB-SI  
Tabla E.1  
 $\beta_n = 0,8$   
mm/min

<p><math>G_k=7,44\text{N/mm}</math> <math>Q_{k1}=6,5\text{ N/mm}</math></p> <p><b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Tabla 4.2</b> <math>\psi_1=0.5</math></p> <p><b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Tabla 2.3 (<math>\gamma_M</math>)</b></p> <p><b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Tabla 2.4 (<math>K_{mod}</math>)</b></p> <p><b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Pto. 2.2.1.2 (4)</b> <b>(<math>K_{sys}</math>)</b></p> <p><b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Pto. 2.2.1.2 (1)</b> <b>(<math>K_h</math>)</b></p>	<p align="center"><b>6.1 ELU CALCULO A FLEXION EN SITUACION INCENDIO</b></p> <p align="center"><b><math>l_{m,y} = \sigma_{m,d} / f_{m,d} \leq 1</math></b></p> <p align="right"><b>A) Tensión máxima de calculo</b> <b><math>\sigma_{m,d} = M_d / W_y</math> (N/mm<sup>2</sup>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Calcular <math>M_d</math> (N·mm)</b></li> </ul> <p><i>Momento máximo cálculo para <math>G_k</math></i>  <math>M_{Gk} = q_{Gk} \cdot l^2 / 8</math>  <math>M_{Gk} = 7,44 \cdot 3,25^2 / 8 = 9,82\text{ kN}\cdot\text{m} = 9823125\text{ N}\cdot\text{mm}</math></p> <p><i>Momento máximo cálculo para <math>Q_{k1}</math></i>  <math>M_{Qk1} = q_{Qk1} \cdot l^2 / 8</math>  <math>M_{Qk1} = 6,5 \cdot 3,25^2 / 8,58 = \text{kN}\cdot\text{m} = 8582031,25\text{ N}\cdot\text{mm}</math></p> <p><i>Combinacion 2 para Momento máximo fuego (<math>M_d</math>)</i>  <math>M_d = 1,0 \cdot M_{Gk} + \psi_1 \cdot M_{Qk1}</math>  <math>M_d = 9823125 + 0,5 \cdot 8582031,25 = 14114140.63\text{ N}\cdot\text{mm}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Calcular <math>W_y</math> (mm<sup>3</sup>)</b></li> </ul> <p><i>Módulo resistente</i>  <math>W_y = b_{red} \cdot h_{red}^2 / 6</math>  <math>W_y = 158 \cdot 369^2 / 6 = 3585573\text{ mm}^3</math></p> <p align="right"><b><math>\sigma_{m,d} = M_d / W_y</math></b>  <math>\sigma_{m,d} = 14114140.63 / 3585573 = 3,93\text{ N/mm}^2</math></p> <p align="right"><b>B) Resistencia de calculo a flexión</b>  <b><math>f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_{sys} \cdot k_h \cdot k_{fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_M</math> (N/mm<sup>2</sup>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Coeficiente parcial de seguridad (<math>\gamma_M</math>)</b></li> </ul> <p>Para situaciones extraordinarias (fuego) <math>\gamma_M = 1,0</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Factor de modificacion (<math>k_{mod}</math>)</b></li> </ul> <p>En situación de incendio se tomará <math>k_{mod} = 1</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Factor de carga compartida (<math>K_{sys}</math>)</b></li> </ul> <p>Separación entre vigas <math>5\text{ m} &gt; 0,6\text{ m}</math>  <math>k_{sys} = 1,0</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Factor de altura (<math>K_h</math>)</b></li> </ul> <p><i>Madera laminada</i>  Si <math>h \leq 600\text{mm}</math>,  <math>K_h = (600 / h)^{0,1} \leq 1,1</math>  <math>K_h = (600 / 369)^{0,1} = 1,05</math></p>	<p><math>M_d =</math> 14114140.63 N·mm</p> <p><math>W_y = 3585573</math> mm<sup>3</sup></p> <p><b><math>\sigma_{m,d} = 3,93</math></b> <b>N/mm<sup>2</sup></b></p> <p><math>\gamma_M = 1,0</math></p> <p><math>k_{mod} = 1</math></p> <p><math>k_{sys} = 1,0</math></p> <p><math>K_h = 1,05</math></p>
---	--	--

<p>CTE-DB-SI Anejo E pto E2.1b</p> <p>CTE-DB-SE-M Anejo E (tabla E1)</p> <p>VER Sello CE Sierolam</p> <p>CTE-DB-SE Tabla 4.2 <math>\psi_1=0.5</math></p> <p>M. laminada Kcr=0,67</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Factor incendio (<math>k_{fi}</math>)</b> Madera laminada <math>k_{fi} = 1,15</math></li> <li>• <b>Valor característico a flexión (<math>f_{m,k}</math>)</b> Según sello CE fabricante Sierolam para madera laminada de castaño, <math>f_{m,k} = 30 \text{ N/mm}^2</math></li> </ul> $f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_{sys} \cdot k_h \cdot k_{fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$ $f_{m,d} = 1 \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 1,15 \cdot 30 / 1 = 36,22 \text{ N/mm}^2$ <p><b>C) Índice de agotamiento</b></p> $I_{m,y} = \sigma_{m,d} / f_{m,d} \leq 1$ $I_{m,y} = 3,93 / 36,22 = 0,11 < 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$ <p><b>6.2 ELU CALCULO A CORTANTE EN SITUACION INCENDIO</b></p> $I_{v,y} = T_d / f_{v,d} \leq 1$ <p><b>A)Tensión máxima de calculo</b> <math>T_d = 1,5 \cdot V_d / b_{ef} \cdot h \text{ (N/mm}^2\text{)}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Calcular <math>V_d</math> (N)</b></li> </ul> <p><i>Cortante máximo cálculo para <math>G_k</math></i>  <math>V_{Gk} = q_{Gk} \cdot l / 2</math>  <math>V_{Gk} = 7,44 \cdot 5 / 2 = 18,6 \text{ kN} = 18600 \text{ N}</math></p> <p><i>Cortante máximo cálculo para <math>Q_{k1}</math></i>  <math>V_{Qk1} = q_{Qk1} \cdot l / 2</math>  <math>V_{Qk1} = 6,5 \cdot 5 / 2 = 16,25 \text{ kN} = 16250 \text{ N}</math></p> <p><i>Combinacion 2 para Cortante maximo (<math>V_d</math>)</i>  <math>V_d = 1,0 V_{Gk} + \psi_1 \cdot V_{Qk1}</math>  <math>V_d = 18600 + 0,5 \cdot 16250 = 26725 \text{ N}</math> <li>• <b>Ancho eficaz de la viga a cortante (<math>b_{ef}</math>)</b>  <math>b_{ef} = K_{cr} \cdot b_{reducida}</math>  <math>b_{ef} = 0,67 \cdot 158 = 105,86 \text{ mm}</math></li> <math display="block">T_d = 1,5 \cdot V_d / b_{ef} \cdot h</math> <math display="block">T_d = 1,5 \cdot 26725 / 105,86 \cdot 369 = 1,026 \text{ N/mm}^2</math> </p>	<p><math>k_{fi} = 1,15</math></p> <p><math>f_{m,k} = 30 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>f_{m,d} = 36,22 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>I_{m,y} = 0,11 &lt; 1</math> <b>CUMPLE</b> <b>(11%)</b></p> <p><math>V_d = 26725 \text{ N}</math></p> <p><math>b_{ef} = 105,86 \text{ mm}</math></p> <p><math>T_d = 1,026 \text{ N/mm}^2</math></p>
--	--	---

<p>CTE-DB-SI Anejo E- pto E2/b.</p>	<p style="text-align: center;"><b>B) Resistencia de calculo a cortante</b>  <math>f_{v,d} = k_{mod} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_M \quad (\text{N/mm}^2)</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Factor de modificacion (<math>k_{mod}</math>)</b> Para situación incendio <math>k_{mod} = 1</math></li> <li>• <b>Coeficiente parcial de seguridad (<math>\gamma_M</math>)</b> Para madera aserrada en situación incendio, <math>\gamma_M = 1</math></li> <li>• <b>Factor incendio (<math>k_{fi}</math>)</b> Madera laminada <math>k_{fi} = 1,15</math></li> <li>• <b>Valor característico a cortante (<math>f_{v,k}</math>)</b> Según sello CE fabricante Sierolam para madera laminada de castaño, <math>f_{v,k} = 5 \text{ N/mm}^2</math></li> </ul> <p style="text-align: right;"> <math>f_{v,d} = k_{mod} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_M</math>  <math>f_{v,d} = 1 \cdot 1,15 \cdot 5 / 1 = 5,75 \text{ N/mm}^2</math> </p> <p style="text-align: center;"><b>C) Indice de agotamiento</b></p> <p style="text-align: center;"><b><math>I_{v,y} = T_d / f_{v,d} \leq 1</math></b></p> <p><math>I_{v,y} = 1,026 / 5,75 = 0,178 &lt; 1 \rightarrow \text{CUMPLE}</math></p>	<p><math>K_{mod} = 1</math></p> <p><math>\gamma_M = 1</math></p> <p><math>K_{fi} = 1,15</math></p> <p><math>f_{v,k} = 5 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><b><math>f_{v,d} = 5,75 \text{ N/mm}^2</math></b></p> <p><b><math>I_{v,y} = 0,21 &lt; 1</math></b> <b>CUMPLE</b> <b>(18%)</b></p>
<p>CTE-DB-SE-M Pto. 6.1.8 (cortante)</p>		

# 3. PILAR

Madera aserrada eucalipto D40; L=3 m; Sección = 150x150mm;CS 1;Uso Vivienda.

Notas	Cálculos	Valor																
<p><b>G<sub>k</sub> = peso propio + cargas muertas</b></p> <p><i>CTE-DB-M</i> Madera C24ρ=0,42 kN/m<sup>3</sup></p> <p><i>F.tecn.Garnica</i> Tablero garnica ρ=0,42 kN/m<sup>3</sup></p> <p><i>CTE-DB-AE</i> <b>Anejo C</b> Losa hormigón ρ=15kN/m<sup>3</sup></p> <p>Tarima madera + rastrel + aislante ρ=0,5 kN/m<sup>2</sup></p> <p>Tabiquería ρ=1 kN/m<sup>2</sup></p> <p><b>Q<sub>k1</sub>= sobrecarga de uso repartida</b></p> <p><i>CTE-DB-AE</i> <b>Tabla 3.1</b> Cat.A1 (vivienda) q=2kN/m<sup>2</sup></p> <p><b>Q<sub>k1</sub>= sobrecarga de uso puntual</b></p> <p><i>CTE-DB-AE</i> <b>Tabla 3.1</b> Cat.A1 (vivienda) Q=2 kN</p>	<p align="center"><b>1. ACCIONES VALORES CARACTERÍSTICOS</b></p> <p align="right"><b>G<sub>k</sub>. Carga permanente</b> (duración permanente)</p> <p><math>G_k = G_{k1} + G_{k2}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gk1 (Peso propio) <math>0.54 \cdot 0.22 \cdot 0.4 = 0.0475 \text{ kN/m}</math></li> <li>Gk2 (cargas muertas) <ul style="list-style-type: none"> <li>Viguetas = <math>0.42 \cdot 0.1 \cdot 0.15 \cdot 3,25 \cdot 3 = 0,0614 \text{ kN/m}</math></li> <li>Tablero chopo Garnica = <math>0.015 \cdot 3,25 \cdot 0.42 = 0.0205 \text{ kN/m}</math></li> <li>Losahormigonaligerado = <math>0.05 \cdot 3,25 \cdot 15 = 2,44 \text{ kN/m}</math></li> <li>Tarima madera+rastrel+aislam. = <math>0.5 \cdot 3,25 = 1,624 \text{ kN/m}</math></li> <li>Tabiquería = <math>1 \cdot 3,25 = 3,25 \text{ kN/m}</math></li> </ul> </li> </ul> <p><math>H1 = (0.0475) + (0.0614 + 0.0205 + 2,44 + 0,624 + 3,25) = 7,44 \text{ kN/m}</math></p> <p align="right"><b>Q<sub>k1</sub>. Sobrecarga uso uniforme (Q<sub>k1</sub>)</b> (duración media)</p> <p>Uso vivienda (Cat. A1) <math>H2 = 2 \cdot 3,25 = 6,5 \text{ kN/m}</math></p> <p align="right"><b>Q<sub>k2</sub>. Sobrecarga uso puntual (Q<sub>k2</sub>)</b> (duración corta)</p> <p>Uso vivienda (Cat. A1) <math>H3 = 2 \text{ kN}</math></p> <p align="center"><small>Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso</small></p> <table border="1" data-bbox="418 1630 1252 1780"> <thead> <tr> <th colspan="2">Categoría de uso</th> <th colspan="2">Subcategorías de uso</th> <th>Carga uniforme [kN/m<sup>2</sup>]</th> <th>Carga concentrada [kN]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">A</td> <td rowspan="2">Zonas residenciales</td> <td>A1</td> <td>Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>A2</td> <td>Trasteros</td> <td>3</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]	A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2	A2	Trasteros	3	2	<p><math>G_k = 7,44 \text{ kN/m}</math></p> <p><math>Q_{k1} = 6,5 \text{ kN/m}</math></p> <p><math>Q_{k2} = 2 \text{ kN}</math></p>
Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]													
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2													
		A2	Trasteros	3	2													



<b>Coefficientes seguridad</b>  <b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Tabla 4.1</b> Permanentes $\gamma = 1.35$ Variables $\gamma = 1.50$  <b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Tabla 4.2</b> $\psi_0 = 0.7$  <b>CTE-DB-SE-M</b> <b>Apartado 6.3</b>  *Obtenido al calcular el cortante de la viga en el apoyo. Pag.6 (pto. 1.4_A)  (6.32)  (6.33)	<b>2. COMBINACIONES DE CARGAS</b>  ELU $S_d = \sum \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_{k1} + \sum \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Combinación</th> <th>C. permanente <math>G_{k1}</math></th> <th>S.Uso Uniforme <math>Q_{k1}</math></th> <th>S.Uso Puntual <math>Q_{k2}</math></th> <th>Duración</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1.35</td> <td></td> <td></td> <td>Permanente</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1.35</td> <td>1.5</td> <td></td> <td>Media</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1.35</td> <td></td> <td>1.5</td> <td>Corta</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>  ELU <b>Combinación 2</b> -> $S_d = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_{k1}$  <b>3. COMPROBACION PANDEO</b>  <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <b>Eje y</b>  <math>l_{c,y} = \sigma_{c,d} / k_{cz} \cdot f_{c,0,d} \leq 1</math> </div> <div style="text-align: center;"> <b>Eje z</b>  <math>l_{c,z} = \sigma_{c,d} / k_{cz} \cdot f_{c,0,d} \leq 1</math> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> </div> <p>Carga* (cortante viga) <math>N_d = 49485</math> N          Propiedades D40  <math>f_{c,0,k} = 26</math> N/mm<sup>2</sup>  <math>E_{0,05} = 10900</math> N/mm<sup>2</sup>          Sección 150x150</p> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> <b>A) Eje y</b>  <math>l_{c,y} = \sigma_{c,d} / \chi_{cy} \cdot f_{c,0,d} \leq 1</math> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Tensión máxima de calculo (<math>\sigma_{c,d}</math>)</b>  <math>\sigma_{c,d} = N_d / \text{Area}</math>  <math>\sigma_{c,d} = 49485 / (150 \times 150) = 2,20</math> N/mm<sup>2</sup> </li> <li>• <b>Resistencia de cálculo a compresión (<math>f_{c,0,d}</math>)</b>  <math>f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M</math>  <math>f_{c,0,d} = 0,8 \cdot 26 / 1,3 = 12</math> N/mm<sup>2</sup> </li> <li>• <b>Coefficiente de minoración por pandeo (<math>k_{cy}</math>)</b>  <math>\chi_{cy} = 1 / (k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{1/2})</math>             donde  <math>k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]</math>             siendo <math>\beta_c</math> un factor corrector de la desviación del de la pieza            Aserrada <math>\beta_c = 0,1</math>            Laminada <math>\beta_c = 0,2</math> </li> </ul>	Combinación	C. permanente $G_{k1}$	S.Uso Uniforme $Q_{k1}$	S.Uso Puntual $Q_{k2}$	Duración	1	1.35			Permanente	2	1.35	1.5		Media	3	1.35		1.5	Corta	...					$\sigma_{c,d} = 2,20$ N/mm <sup>2</sup>  $k_{mod} = 0,8$ $\gamma_M = 1,30$  $f_{c,0,d} = 12$ N/mm <sup>2</sup>
	Combinación	C. permanente $G_{k1}$	S.Uso Uniforme $Q_{k1}$	S.Uso Puntual $Q_{k2}$	Duración																						
1	1.35			Permanente																							
2	1.35	1.5		Media																							
3	1.35		1.5	Corta																							
...																											
<b>Estructuras de Madera (2016)</b>																											

<p>(6.26)</p> <p>(6.22)</p>	<p>En cuanto a <math>\lambda_{rel}</math> determina la esbeltez relativa de la pieza,  <math>\lambda_{rel} = \lambda / \pi \cdot (f_{c,o,k} / E_{0,05})^{1/2}</math></p> <p>donde <math>\lambda</math> es la esbelted mecánica,  <math>\lambda = L / i</math></p> <p>donde <math>i</math> es radio de giro mínimo de la sección,  <math>i = (I_y / \text{Área})^{1/2}</math></p> <p>CALCULAMOS...</p> $i_y = ((b \cdot h^3 / 12) / (b \cdot h))^{1/2}$ $i_y = ((150 \cdot 150^3 / 12) / (150 \cdot 150))^{1/2}$ $i_y = 43,30$ <p><math>\lambda_y = L / i_y</math>  <math>\lambda_y = 3000 / 43,30</math>  <math>\lambda_y = 69,28</math></p> <p><math>\lambda_{rel} = \lambda_y / \pi \cdot (f_{c,o,k} / E_{0,05})^{1/2}</math>  <math>\lambda_{rel} = 69,28 / \pi \cdot (26 / 10900)^{1/2}</math>  <math>\lambda_{rel} = 1,077</math></p> <p><math>k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]</math>  <math>k = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (1,077 - 0,3) + 1,077^2]</math>  <math>k = 1,12</math></p> <p><math>\chi_{cy} = 1 / (k + (k^2 - \lambda_{rel}^2)^{1/2})</math>  <math>\chi_{cy} = 1 / (1,12 + (1,12^2 - 1,077^2)^{1/2})</math>  <math>\chi_{cy} = 0,70</math></p>	<p><math>i_y = 43,30</math></p> <p><math>\lambda_y = 69,28</math></p> <p><math>\lambda_{rel} = 1,077</math></p> <p><math>k = 1,12</math></p> <p><math>k_{cy} = 0,70</math></p>
<p>(6.34)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Indice de agotamiento para el eje Y</b></li> </ul> <p><math>I_{c,y} = \sigma_{c,d} / \chi_{cz} \cdot f_{c,0,d} \leq 1</math>  <math>I_{c,y} = 2,20 / 0,70 \cdot 12</math>  <math>I_{c,y} = 0,16 \leq 1</math> CUMPLE</p> <p style="text-align: right;"><b>B) Eje z</b></p> <p><math>I_{c,z} = \sigma_{c,d} / k_{cz} \cdot f_{c,0,d} \leq 1</math></p> <p>Al ser una sección de 150x150 el resultado el idéntico al eje Y.</p>	<p><math>I_{c,y} = 0,16 &lt; 1</math>  <b>CUMPLE</b>  <b>(16%)</b></p> <p><math>I_{c,z} = 0,16 &lt; 1</math>  <b>CUMPLE</b>  <b>(16%)</b></p>





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE ARQUITECTURA DE VALLADOLID



---

**Universidad de Valladolid**