



# CURSO CONSTRUCCIÓN EN MADEIRA

## Setembro - Outubro 2007

Título: ESTADOS LIMITE DE SERVICIO

Ponente: MANUEL GUAITA FERNANDEZ

Organismo/Empresa: U. DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

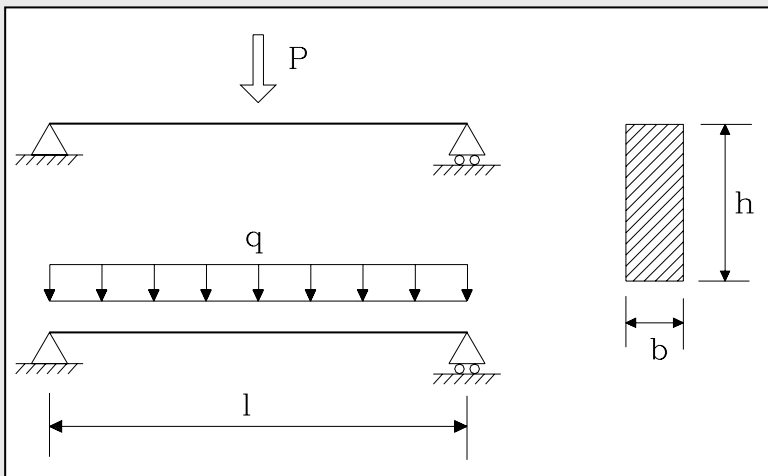
# Cálculo de la deformación

Valor medio del módulo de elasticidad:

$E_{0,medio}$  : deformación por flexión  
 $G_{medio}$  : deformación por cortante

Acciones sin mayorar (valores característicos)

Influencia del cortante:



a)

$$u = \frac{P \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I} \cdot \left( 1 + \frac{6}{5} \cdot \frac{E}{G} \cdot \left( \frac{h}{l} \right)^2 \right)$$

b)

$$u = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I} \cdot \left( 1 + \frac{24}{25} \cdot \frac{E}{G} \cdot \left( \frac{h}{l} \right)^2 \right)$$

$E/G = 16$



Caso b):



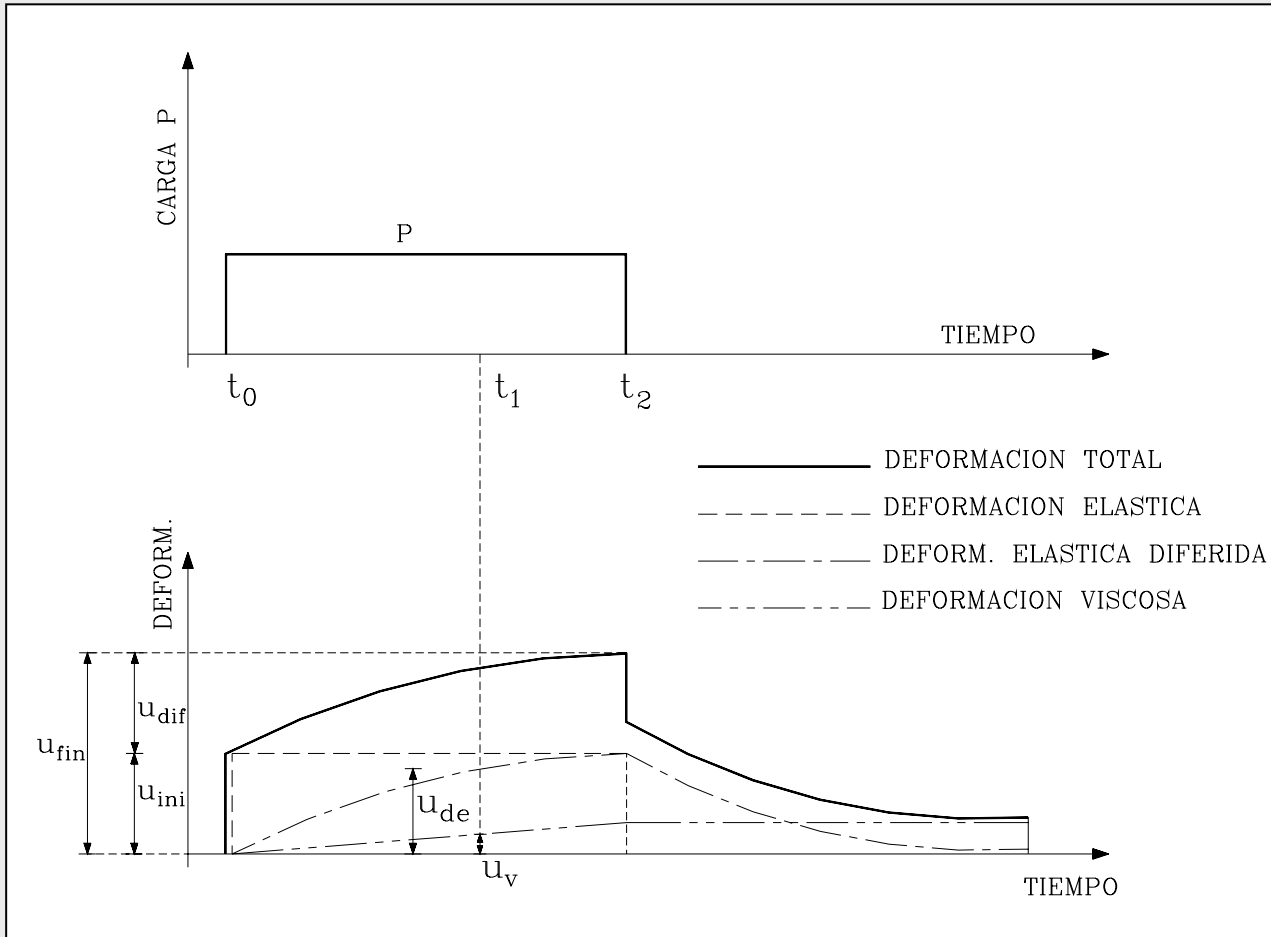
$h / l = 1/10$ , influencia cortante: 15 %



$h / l = 1/17$ , influencia cortante: 5,3 %



# Factor de Fluencia: $k_{def}$



$u_{ini}$  = deformación inicial o instantánea

$u_{dif}$  = deformación diferida

$u_{fin}$  = deformación final  
 $u_{fin} = u_{ini} + u_{dif}$

$k_{def}$  = Factor de fluencia  
 $k_{def} = u_{dif} / u_{ini}$

$u_{fin} = u_{ini} \cdot (1 + k_{def})$

# Factor de Fluencia: $k_{def}$

**Tabla 5.1 Valores de  $k_{def}$  para madera y productos derivados de la madera para acciones cuasi-permanentes (en el resto no se considera)**

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
Tablero contrachapado	UNE EN 636			
	Parte 1	0,80	-	-
	Parte 2	0,80	1,00	-
	Parte 3	0,80	1,00	2,50
Tablero de virutas orientadas (OSB)	UNE EN 300			
	OSB/2	2,25	-	-
	OSB/3, OSB/4	1,50	2,25	-
Tablero de partículas	UNE EN 312			
	Parte 4	2,25	-	-
	Parte 5	2,25	3,00	-
	Parte 6	1,5	-	-
	Parte 7	1,50	2,25	-
Tablero de fibras duro	UNE EN 622-2			
	HB.LA	2,25	-	-
	HB.HLS	2,25	3,00	-
Tablero de fibras semiduro	UNE EN 622-3			
	MBH.LA	3,00	-	-
	MBH.HLS	3,00	4,00	-

Los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado característica, a partir de la expresión

$$\sum_{j=1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

CARACTERISTICA

Los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar reversibles, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado frecuente, a partir de la expresión

$$\sum_{j=1} G_{k,j} + \Psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

FRECUENTE

Los efectos debidos a las acciones de larga duración, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado casi permanente, a partir de la expresión

$$\sum_{j=1} G_{k,j} + \sum_{i=1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

CASI PERMANENTE

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 F)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría G)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría H)	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.

- Flechas

- Flecha relativa:

- Descenso máximo de vano respecto al extremo de la pieza que lo tenga menor, dividida por la luz del tramo.
    - Deben verificarse entre dos puntos cualesquiera de la planta, tomando como luz el doble de la distancia entre ellos

- Criterios de validez

- Integridad de los elementos constructivos, confort de los usuarios y apariencia de la obra

# ESTADOS LIMITE DE SERVICIO

## DB SEGURIDAD ESTRUCTURAL

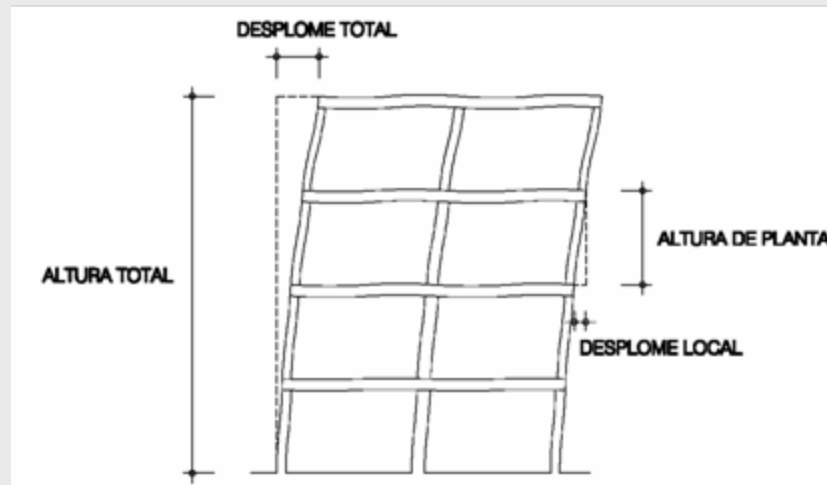
## LIMITES DE FLECHAS

Criterios de validez		Valor límite
Integridad de los elementos constructivos Combinación de acciones característica, considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento	pisos con tabiques frágiles o pavimentos rígidos sin juntas	1/500
	pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas	1/400
	resto de los casos	1/300
Confort de los usuarios Cualquier combinación de acciones característica, considerando solamente las acciones de corta duración		1/350
Apariencia de la obra Cualquier combinación de acciones casi permanente		1/300

# ESTADOS LIMITE DE SERVICIO

## DB SEGURIDAD ESTRUCTURAL

## LIMITES DE FLECHAS

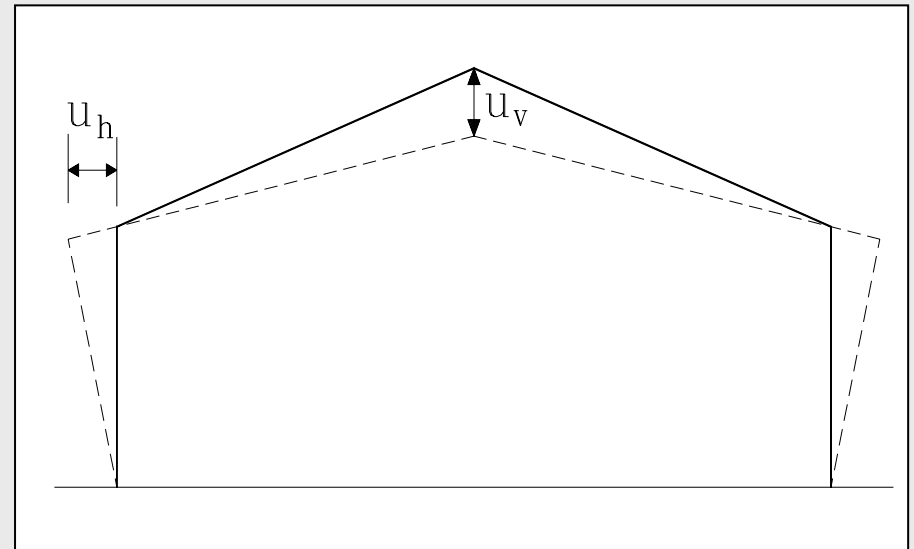
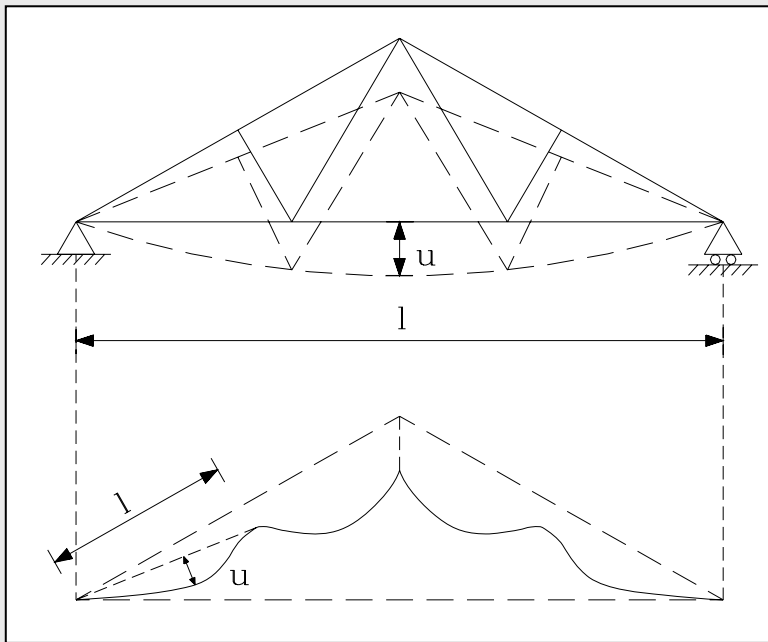


Criterio de validez		Valor límite
Integridad de los elementos constructivos	Desplome total	1/500 de la altura total del edificio
	Desplome local	1/250 de la altura de la planta, en cualquiera de ellas
Apariencia de la obra		1/300

# ESTADOS LIMITE DE SERVICIO

DB SEGURIDAD ESTRUCTURAL

LIMITES DE FLECHAS



# CÁLCULO DE ESTRUCTURA DE FORJADO

## Determinación de E.L.S. Flechas de vigas principales.

Estructura interior: Clase de Servicio 1

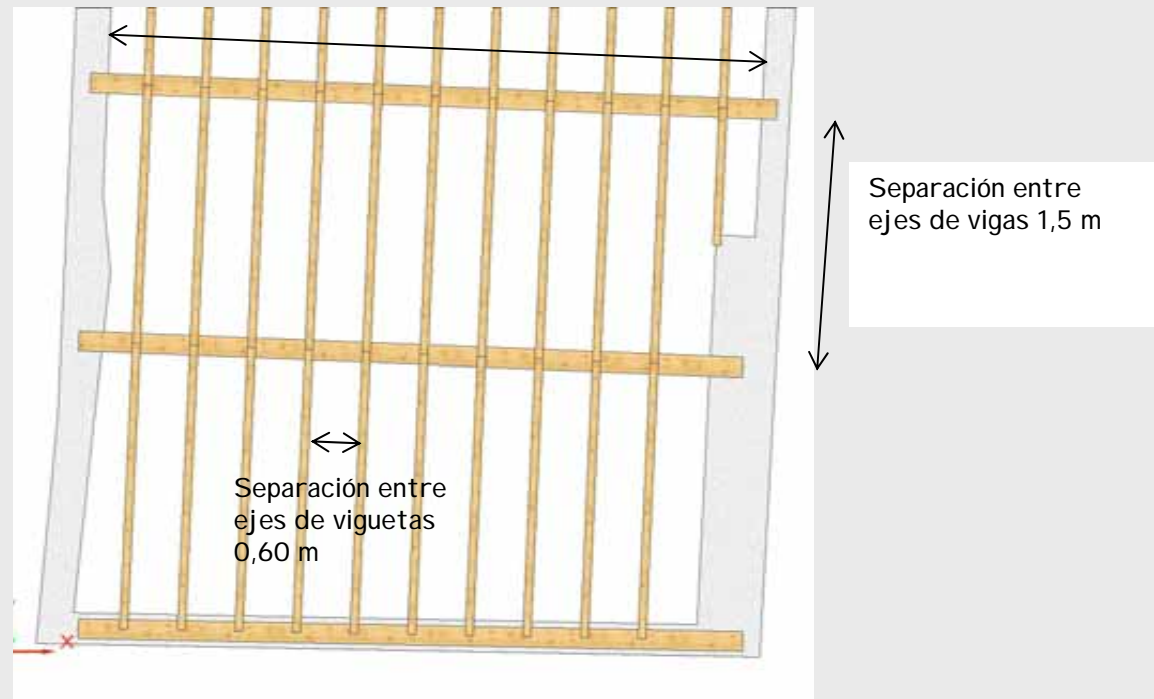
Vigas de sección 200x320 mm

Viguetas de sección 80x120 mm

Clase resistente: C24

$$E_{o,medio} = 11 \text{ kN/mm}^2$$

Luz de cálculo: 6m



## HIPÓTESIS DE CÁLCULO

Hipótesis 1: Cargas permanentes. Duración permanente.

Hipótesis 2: Sobrecarga de uso. Duración media.

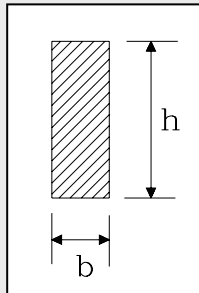
# CÁLCULO DE ESTRUCTURA DE FORJADO

## Determinación de E.L.S. Flechas de vigas principales.

### HIPÓTESIS DE CÁLCULO

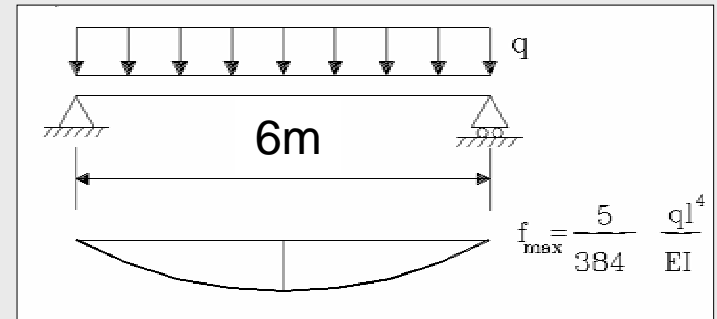
Hipótesis 1: Cargas permanentes.  $q_p = 3,05 \text{ kN/m} = 0,00305 \text{ kN/mm}$   
Duración permanente.

Hipótesis 2: Sobrecarga de uso.  $q_v = 3 \text{ kN/m} = 0,003 \text{ kN/mm}$   
Duración media.



Sección : 200 x 320 mm

$$I = \frac{200 \cdot 320^3}{12} = 546.133.333 \text{ mm}^4$$



$$f_p = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_p \cdot l^4}{E \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,00305 \cdot 6.000^4}{11 \cdot 546.133.333} = 8,6 \text{ mm}$$

$$f_v = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_v \cdot l^4}{E \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,0030 \cdot 6.000^4}{11 \cdot 546.133.333} = 8,4 \text{ mm}$$

Flecha Permanente:

$$f_p = 8,6 \text{ mm}$$

Flecha SobreCarga:

$$f_v = 8,4 \text{ mm}$$

## INTEGRIDAD DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Combinación Característica

Limitación a flecha ( Otros Casos )

$$\sum_{j=1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$L / 300 = 6000 / 300 = 20 \text{ mm}$$

$$u_{int} = 8,6 \cdot k_{def} + 8,4 = 8,6 \cdot 0,60 + 8,4 = 13,56 \text{ mm} < 20 \text{ mm}$$

**VÁLIDO**

## CONFORT DE LOS USUARIOS

Combinación Característica

Limitación a flecha

$$\sum_{j=1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$L / 350 = 6000 / 350 = 17,14 \text{ mm}$$

$$u_{confort} = 8,4 \text{ mm} < 17,14 \text{ mm}$$

**VÁLIDO**

## APARIENCIA DE LA OBRA

Combinación Casi-Permanente

Limitación a flecha

$$\sum_{j=1} G_{k,j} + \sum_{i=1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

$$L / 300 = 6000 / 300 = 20 \text{ mm}$$

**VÁLIDO**

$$u_{tot} = 8,6(1+k_{def}) + 0,3 \cdot 8,4 \cdot (1+k_{def}) = 8,6 \cdot (1+0,60) + 0,3 \cdot 8,4(1+0,6) = 17,79 \text{ mm} < 20 \text{ mm}$$

# DESLIZAMIENTO DE LAS UNIONES $K_{ser}$

---

## UNIONES CON CORONAS DE PERNOS



# DESLIZAMIENTO DE LAS UNIONES $K_{ser}$

Tabla 7.1 Valores de  $K_{ser}$  (=  $k_s$  en la norma UNE EN 26891) para elementos de fijación de tipo clavija en N/mm.

Tipo de elemento de fijación	Madera – madera Tablero - madera
Pasadores Pernos sin holgura <sup>(1)</sup> Tirafondos Clavos con pretaladro	$\rho_m^{1,5} \cdot d / 23$
Clavos sin pretaladro	$\rho_m^{1,5} \cdot d^{0,8} / 30$
Grapas	$\rho_m^{1,5} \cdot d^{0,8} / 80$
Conectores de placa (tipo A según norma UNE EN 912) Conectores de anillo (tipo B según norma UNE EN 912)	$\rho_m \cdot d_c / 2$
Conectores dentados Conectores de una cara (tipos C1 a C9 y C11 según norma UNE EN 912) Conectores de doble cara (tipo C10 según UNE EN 912)	$\rho_m \cdot d_c / 4$ $\rho_m \cdot d_c / 2$

<sup>(1)</sup> La holgura debe añadirse independientemente a la deformación.

Si las densidades medias de las dos piezas unidas derivadas de la madera son diferentes ( $\rho_{m,1}$ ,  $\rho_{m,2}$ ), se tomará como valor de  $\rho_m$  el

siguiente:  $\rho_m = \sqrt{\rho_{m,1} \cdot \rho_{m,2}}$

Para uniones entre madera acero o madera hormigón,  $K_{ser}$ , se multiplicará por 2.

Un tirafondo de 8 mm de diámetro transmitiendo esfuerzos en el interior de una madera C18 tiene un  $K_{ser}$  de:

$$K_{ser} = \rho_m^{1,5} \cdot \frac{d}{23} = 380^{1,5} \cdot \frac{8}{23} = 2577 \text{ N / mm}$$

# VIBRACIONES

---

En las estructuras convencionales, y si se cumplen las condiciones de rigidez bajo carga estática establecidas en el CTE, no será necesario considerar en el análisis el estado límite de vibración.

Para el análisis se emplearán los valores medios de las propiedades de rigidez.



# Bibliografía

---

La documentación presentada se ha obtenido de las siguientes fuentes:

## **CTE- DB SE-M**

### **Estructuras de madera. diseño y cálculo (3ª edición) (2003)**

R. Argüelles y F.Arriaga

AITIM (712 páginas)

( Incluye un Anexo de Actualización )

Presentaciones PowerPoint del curso “ **VI CURSO DE PROYECTO DE ESTRUCTURAS DE MADERA ORIENTADO AL ANALISIS DE LOS TIPOS ESTRUCTURALES MAS FRECUENTES**” organizado por el Colegio Oficial de Ingenieros de Montes celebrado del 18 al 21 de Junio de 2007.

Autores: F. Arriaga, M. Esteban, R. Argüelles, M. Guaita.

[www.infomadera.net](http://www.infomadera.net)