

Anejo Nacional
AN/UNE-EN 1995-1-1

Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera

Parte 1-1: Reglas generales y reglas para
edificación

Índice

AN.1	Objeto y campo de aplicación.....	5
AN.2	Parámetros de determinación nacional (NDP).....	6
AN.3	Decisión sobre la aplicación de los anexos informativos	10
AN.4	Información complementaria no contradictoria (NCCI)	10

AN.1 Objeto y campo de aplicación

Este anexo nacional define las condiciones de aplicación en el territorio español de la Norma UNE-EN 1995-1-1.

En el capítulo AN.2 se fijan los valores de los Parámetros de Determinación Nacional (NDP)⁵⁾, de aplicación a edificación, que la Norma UNE-EN 1995-1-1 deja abiertos para ser establecidos a nivel nacional.

Este anexo nacional contiene además *Información Complementaria No Contradictoria* (NCCI)⁶⁾ cuyo objetivo es facilitar la aplicación de la norma en España. Tienen carácter de *información complementaria no contradictoria*:

- Todo el capítulo AN.4.
- Los documentos cuya referencia está recogida en el capítulo AN.4.

En el capítulo AN.3 se indica si los anexos informativos de la Norma UNE-EN 1995-1-1 se convierten en normativos, mantienen su carácter informativo o no son de aplicación en España.

Las referencias a capítulos y apartados dentro de los capítulos de este anexo se refieren a los de la Norma UNE-EN 1995-1-1.

Los capítulos de la Norma UNE-EN 1995-1-1 que contienen parámetros de determinación nacional de aplicación a edificación son los que se indican a continuación.

Tabla 1.1 – Parámetros de determinación nacional

2.3.1.2(2)P	Asignación de las cargas a las clases de duración de la carga
2.3.1.3(1)P	Asignación de estructuras a las clases de servicio
2.4.1(1)P	Coeficientes parciales para las propiedades del material
6.1.7(2) (A1)	Cortante
6.4.3(8)	Vigas a dos aguas, vigas curvas y curvas a dos aguas
7.2(2)	Valores límites para las deformaciones
7.3.3(2)	Valores límites para las vibraciones
8.3.1.2(4)	Uniones clavadas entre madera y madera: Reglas para clavos en testa
8.3.1.2(7)	Uniones clavadas entre madera y madera: Especies sensibles a la hienda
9.2.4.1(7)	Método de cálculo para los diafragmas de muros
9.2.5.3(1)	Factores de modificación de arriostamiento para vigas o sistemas de celosía
10.9.2(3)	Montaje de cerchas con uniones mediante placas metálicas dentadas: Máxima combadura
10.9.2(4)	Montaje de cerchas con uniones mediante placas metálicas dentadas: Máxima desviación

5) Las siglas corresponden a su traducción en inglés "Nationally Determined Parameters" (NDP).

6) Las siglas corresponden a su traducción en inglés "Non-contradictory complementary information" (NCCI).

AN.2 Parámetros de determinación nacional (NDP)

Capítulo 2 Bases de proyecto

2.3.1.2(2)P Asignación de las cargas a las clases de duración de la carga

Tabla 2.2 – Ejemplos de asignación de duración de la carga

Clase de duración de la carga	Ejemplos de carga
Permanente	Peso propio, cargas permanentes (material de cubrición, cerramientos, tabiquería, pavimentos), almacenamiento (categoría E)
Larga	Apeos, cargas en estructuras provisionales no itinerantes
Media	Sobrecarga de uso en zonas de actividades domésticas y residenciales (categoría A), de oficinas (B), de pública concurrencia (C), comerciales (D), de tráfico y aparcamiento de vehículos ligeros (F) y medios (G) y cubiertas accesibles con ocupación de las categorías A a D. Nieve en localidades con una altitud topográfica > 1 000 msnm
Corta	Nieve en localidades con una altitud topográfica ≤ 1 000 msnm Sobrecarga de uso en cubiertas no accesibles excepto para su mantenimiento normal y reparación (categoría H), zonas de escaleras, descansillos y rampas en categorías A, B
Instantánea	Viento ¹⁾ , sismo, carga de impacto, explosión
1) La acción del viento en el DB SE-AE se considera de duración corta. Se deja a criterio del proyectista la elección de una u otra.	

2.3.1.3(1)P Asignación de estructuras a las clases de servicio

Tabla – Ejemplos de asignación a las clases de servicio

Tipo de construcción	Clase de servicio	
Estructura de una cubierta cuyo espacio bajo techo sólo es accesible para mantenimiento y no tiene calefacción. Por ejemplo almacenes, buhardillas y trasteros	2	
Estructura de una cubierta cuyo espacio bajo techo es habitable, está aislado térmicamente y suele contar con calefacción	1	
Piscinas cubiertas	2	
Forjados intermedios entre espacios habitables	1	
Forjados de planta baja sobre local o espacio sin calefacción. Por ejemplo garajes sin calefacción y cámaras sanitarias bajo forjado de planta baja	2	
Muros entramados interiores (situados dentro de la construcción)	1	
Muros entramados de cerramiento de la construcción con revestimiento	Con la estructura en el interior del espacio aislado térmicamente	1
	Con la estructura al exterior del espacio aislado térmicamente	2
Uso al exterior cuando la pieza está protegida de la caída directa del agua. Por ejemplo: cobertizos sin paredes, estructura de pasarelas y puentes con cubierta y protegida del agua de lluvia, frontones abiertos y cubiertos	2	
Uso al exterior totalmente expuesto (pérgolas sin cubierta, pasarelas y puentes con estructura expuesta directamente al agua de lluvia)	3	

2.4.1(1) Coeficientes parciales para las propiedades del material

Se adoptan los valores recomendados en la Norma EN 1995-1-1 para los coeficientes parciales del material, γ_M .

Tabla 2.3 – Coeficientes parciales recomendados γ_M para las propiedades del material y las resistencias

Combinaciones fundamentales:	
Madera maciza	1,3
Madera laminada encolada	1,25
LVL, tablero contrachapado, OSB	1,2
Tablero de partículas	1,3
Tablero de fibras, duro	1,3
Tablero de fibras, medio	1,3
Tablero de fibras, MDF	1,3
Tablero de fibras, blando	1,3
Uniones	1,3
Herrajes de placas dentadas	1,25
Combinaciones accidentales	1,0

Capítulo 6 Estados límite últimos

6.1.7(2) Cortante

Se adoptan los siguientes valores recomendados para el coeficiente k_{cr} :

$k_{cr} = 0,67$ para la madera maciza;

$k_{cr} = 0,67$ para la madera laminada encolada;

$k_{cr} = 1,0$ para otros productos derivados de la madera de acuerdo con las Normas UNE-EN 13986 y UNE-EN 14374.

6.4.3(8)P Vigas a dos aguas, vigas curvas y curvas a dos aguas

Se adopta la expresión (6.55):

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \frac{6M_{p,d}}{bh_{ap}^2} - 0,6 \cdot \frac{Pd}{b}$$

Capítulo 7 Estados límite de servicio

7.2(2) Valores límite para las deformaciones

Tabla 7.2a – Valores límite de flecha en vigas¹⁾

Criterio		Limitación	
Integridad de elementos constructivos	Elementos frágiles	$w_{act} \leq l/500$	
	Elementos ordinarios	$w_{act} \leq l/400$	
	Resto de los casos	Con cielo raso o falso techo de yeso o escayola	$w_{act} \leq l/300$
		Sin cielo raso o falso techo de yeso o escayola	$w_{act} \leq l/200$
Confort de los usuarios	Forjados y vigas de piso	$w_{inst} \leq l/350$	
Apariencia de la obra		$w_{net,fin} \leq l/300$	
1) Las definiciones de las deformaciones en vigas pueden encontrarse en el apartado AN.4.1.			

Tabla 7.2b – Valores límite de desplazamiento horizontal²⁾

Criterio		Limitación
Integridad de los elementos constructivos		$u_{act} \leq h_t/500$
		$u_{act} \leq h_p/250$
Apariencia de la obra		$u_{t,fin} \leq h_t/250$
		$u_{p,fin} \leq h_p/250$
h_t	altura total del edificio	
h_p	altura de la planta considerada	
2) Las definiciones de las deformaciones horizontales pueden encontrarse en el apartado AN.4.2.		

7.3.3(2) Valores límite para las vibraciones

Para la determinación de los parámetros a y b , se permite el empleo del método expuesto en el apartado AN.4.3.

Capítulo 8 Uniones

8.3.1.2(4) Uniones clavadas madera-madera: reglas para clavos en la testa

Se adopta la regla de aplicación recomendada en el párrafo 8.3.1.2(3):

“Los clavos colocados en la testa no deberían considerarse con capacidad de transmitir cargas laterales.”

8.3.1.2(7) Uniones clavadas madera-madera: especies sensibles a la hienda

Se acepta la recomendación del punto 8.3.1.2(7):

"La madera de especies especialmente sensibles a la hienda deberían pretaladrarse cuando el espesor de las piezas de madera sea menor que

$$t = \text{máx.} \left\{ \begin{array}{l} 14d \\ (13d - 30) \frac{\rho_k}{200} \end{array} \right. \quad (8.19)$$

La expresión (8.19) puede sustituirse por la expresión (8.18) para distancias a los bordes dadas por:

$$\begin{array}{ll} a_4 \geq 10d & \text{para } \rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3 \\ a_4 \geq 14d & \text{para } 420 \text{ kg/m}^3 \leq \rho_k \leq 500 \text{ kg/m}^3 \end{array}$$

NOTA Ejemplos de especies sensibles a la hienda son el abeto (*Abies alba*), Pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*) y el falso abeto (*Picea abies*). Es recomendable aplicar lo indicado en el párrafo (7) del apartado 8.3.1.2 para las especies de abeto (*Abies alba*) y pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*).

Capítulo 9 Componentes y sistemas

9.2.4.1(7) Método de cálculo para los diafragmas de muros

Se aceptan los métodos A y B de la Norma UNE-EN 1995-1-1. Se recomienda el empleo del método A.

9.2.5.3(1) Factores de modificación de arriostramiento para vigas o sistemas de celosía

Se adoptan los valores propuestos en la Norma UNE-EN 1995-1-1. Estos valores se recogen en la tabla 9.2. Se recomienda el empleo de los valores subrayados.

Tabla 9.2 – Valores recomendados de los factores de modificación

Factor de modificación	Rango
k_s	<u>4</u> a 1
$k_{f,1}$	<u>50</u> a 80
$k_{f,2}$	<u>80</u> a 100
$k_{f,3}$	<u>30</u> a 80

Capítulo 10 Detalles constructivos y control

10.9.2(3) Montaje de cerchas con uniones mediante placas metálicas dentadas: máxima combadura

Se adopta el valor recomendado $a_{\text{dev,perm}} = 10$ mm.

10.9.2(4) Montaje de cerchas con uniones mediante placas metálicas dentadas: máxima desviación

El máximo desplome de una cercha después del montaje no debe exceder el valor de $10 + 5 \cdot (H-1)$ mm, donde H es la altura (diferencia de cota entre apoyos y punto más alto) expresada en metros, con un valor máximo de desplome de 25 mm.

AN.3 Decisión sobre la aplicación de los anexos informativos

Anexo A Fallo de cortante en bloque y por desgarro en uniones acero-madera con varios elementos de fijación de tipo clavija

El anexo A mantiene el carácter informativo para la aplicación de la Norma UNE-EN 1995-1-1.

Anexo B Vigas con uniones mecánicas

El anexo B mantiene el carácter informativo para la aplicación de la Norma UNE-EN 1995-1-1.

Anexo C Columnas compuestas

El anexo C mantiene el carácter informativo para la aplicación de la Norma UNE-EN 1995-1-1.

Anexo D Bibliografía

El anexo D mantiene el carácter informativo para la aplicación de la Norma UNE-EN 1995-1-1.

AN.4 Información complementaria no contradictoria (NCCI)

AN.4.1 Símbolos y definiciones para el cálculo de flechas de vigas, viguetas y elementos de cubierta

w_G	<i>flecha instantánea debida a las cargas permanentes;</i>
$w_{Q,1}$	<i>flecha instantánea debida a una carga variable. Esta carga debe rotarse con las restantes cargas variables para determinar la situación más desfavorable;</i>
$w_{Q,i}$	<i>flecha instantánea debida a las restantes cargas variables, con $i > 1$;</i>
$k_{def} \cdot w_G$	<i>flecha diferida debida a las cargas permanentes;</i>
$\psi_{2,i} \cdot w_{Q,i}$	<i>parte casi permanente de una carga variable;</i>
$k_{def} \cdot \psi_{2,j} \cdot w_{Q,j}$	<i>flecha diferida debida a una carga variable (se calcula a partir de la parte casi permanente de la carga variable);</i>
w_c	<i>contraflecha de ejecución (cuando la viga o estructura se fabrica dotada de una deformación contraria a la que tendrá bajo carga). Normalmente suele darse una contraflecha del orden de 1,35 a 1,45 veces la flecha instantánea debida a las cargas permanentes (w_G).</i>
w_{act}	<i>flecha activa, igual a la instantánea de las cargas variables más la diferida de las permanentes y variables. Se considera el efecto de una de las cargas variables con su valor característico y las restantes reducidas por sus correspondientes coeficientes de combinación $\psi_{0,i}$. La primera carga debe rotarse con las restantes cargas variables para determinar la situación más desfavorable.</i>

$$w_{act} = k_{def} \cdot w_G + w_{Q,1} + k_{def} \cdot \psi_{2,1} \cdot w_{Q,1} + \sum \psi_{0,i} \cdot w_{Q,i} + \sum k_{def} \cdot \psi_{0,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot w_{Q,i}$$

w_{inst}	<i>flecha instantánea de las cargas variables. Se considera el efecto de una de las cargas variables con su valor característico y las restantes reducidas por sus correspondientes coeficientes de combinación $\psi_{0,i}$. La primera carga debe rotarse con las restantes cargas variables para determinar la situación más desfavorable.</i>
------------	--

$$w_{\text{inst}} = w_{Q,1} + \sum \psi_{0,i} \cdot w_{Q,i}$$

$w_{\text{net,fin}}$ *flecha neta final o flecha a largo plazo.* Es igual a la suma de la flecha instantánea y de la diferida de las cargas permanentes y de las cargas variables, descontando, en su caso, la contraflecha. En este caso las cargas variables se toman con su valor casi permanente.

$$w_{\text{net,fin}} = w_G (1+k_{\text{def}}) + \sum \psi_{2,i} \cdot w_{Q,i} (1+k_{\text{def}}) - w_c$$

AN.4.2 Definiciones para el cálculo de desplazamientos horizontales

u_{act} *desplome activo,* igual al desplazamiento instantáneo debido a las cargas variables más la diferida de las permanentes y variables. Se considera el efecto de una de las cargas variables con su valor característico y las restantes reducidas por sus correspondientes coeficientes de combinación $\psi_{0,i}$. La primera carga debe rotarse con las restantes cargas variables para determinar la situación más desfavorable.

$$u_{\text{act}} = k_{\text{def}} \cdot u_G + u_{Q,1} + k_{\text{def}} \cdot \psi_{2,1} \cdot u_{Q,1} + \sum \psi_{0,i} \cdot u_{Q,i} + \sum k_{\text{def}} \cdot \psi_{0,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot u_{Q,i}$$

$u_{\text{t,fin}}$ *desplome final o a largo plazo de la altura total del edificio* debido al desplazamiento instantáneo y diferido de las cargas permanentes y de las cargas variables. En este caso, las cargas variables se toman con su valor casi permanente.

$$u_{\text{t,fin}} = u_G (1 + k_{\text{def}}) + \sum \psi_{2,i} \cdot u_{Q,i} (1 + k_{\text{def}})$$

$u_{\text{p,fin}}$ *desplome final o a largo plazo de una planta del edificio* debido al desplazamiento instantáneo y diferido de las cargas permanentes y de las cargas variables. En este caso, las cargas variables se toman con su valor casi permanente.

$$u_{\text{p,fin}} = u_G (1 + k_{\text{def}}) + \sum \psi_{2,i} \cdot u_{Q,i} (1 + k_{\text{def}})$$

AN.4.3 Valores límites para las vibraciones

En el caso de forjados con uso residencial con una frecuencia fundamental mayor que 8 Hz ($f_1 > 8$ Hz) deben cumplirse los siguientes requisitos:

a) *Rigidez*

$$\frac{w}{F} \leq a \text{ mm/kN} \quad (\text{AN.4.1})$$

donde

w es el desplazamiento vertical máximo instantáneo causado por una fuerza estática concentrada, F , aplicada en cualquier punto del forjado, teniendo en cuenta la distribución de la carga.

El valor de w/F puede obtenerse a partir de la expresión de la flecha de una viga biapoyada con carga puntual, F , en el centro del vano, incluyendo algunos factores de ajuste:

$$\frac{w}{F} = k_{dist} \cdot k_{fv} \frac{l_{eq}^3}{48 (EI)_{vig}} \quad (\text{AN.4.2})$$

donde

k_{dist} es un factor que tiene en cuenta que parte de la carga se distribuye a las viguetas adyacentes, y que por tanto mejora el comportamiento del forjado. Su valor se define en la siguiente expresión:

$$k_{dist} = \text{máx.} \left\{ k_{strut} \left[0,38 - 0,08 \cdot \ln \left(\frac{14 \cdot (EI)_b}{s^4} \right) \right], 0,30 \right\} \quad (\text{AN.4.3})$$

donde

k_{strut} es un coeficiente que depende del arriostramiento transversal. Es igual a 0,97 sólo en el caso de viguetas de madera maciza que tienen una rigidez transversal garantizada por una o varias líneas de aspas de arriostramiento, o codales con un canto de al menos el 75% del canto de las viguetas, además del efecto producido por el tablero de cerramiento superior o el falso techo. En otros casos es igual a 1,0;

$(EI)_b$ es la rigidez del forjado en la dirección perpendicular a la dirección de las viguetas por metro de anchura, en $\text{N} \cdot \text{mm}^2/\text{m}$. Este valor se calcula utilizando el valor medio del módulo de elasticidad del tablero de cerramiento superior despreciando el efecto de las discontinuidades de las juntas entre las piezas que forman el tablero de cerramiento. Cuando los falsos techos de tableros de cartón yeso estén fijados directamente a la cara inferior de las viguetas, la rigidez a flexión del tablero de cartón yeso puede añadirse. Se puede suponer que el módulo de elasticidad del cartón yeso es de 2000 N/mm^2 . En el caso de viguetas de celosía que se encuentren unidas con un elemento continuo transversal asegurado a todas las viguetas dentro de la zona central del vano con longitud igual a $0,1 \cdot l$, la rigidez $(EI)_b$ puede incrementarse añadiendo la rigidez a flexión del elemento transversal (en N/mm^2) dividida por la luz l (en metros);

s es la separación entre ejes de viguetas, en mm;

k_{fv} es el factor de amplificación de la flecha por efecto de la deformación debida al cortante. En el caso de viguetas de madera maciza y de viguetas en doble T con alma delgada encolada o de viguetas con alma de celosía con uniones mecánicas, puede tomarse de los casos siguientes:

- 1,05 para viguetas de madera maciza biapoyadas;
- 1,10 para viguetas de madera maciza continuas;
- 1,15 para viguetas con sección en doble T con alma delgada encolada y biapoyadas;
- 1,30 para viguetas con sección en doble T con alma delgada encolada y continuas;
- 1,30 para viguetas con alma de celosía con uniones mecánicas y biapoyadas;
- 1,45 para viguetas con alma de celosía con uniones mecánicas y continuas.

- l_{eq} luz equivalente de las viguetas, en mm:
 para viguetas biapoyadas se toma igual a la luz de cálculo, l ;
 para viguetas de vano extremo de vigas continuas se toma $0,9 \cdot l$;
 para viguetas de vanos internos de vigas continuas se toma $0,85 \cdot l$.
- $(EI)_{vig}$ es la rigidez a flexión de una vigueta, en $N \cdot mm^2$, calculada utilizando el valor medio del módulo de elasticidad de la vigueta.
- a es un valor expresado en mm/kN , que se define en la figura A.1.

b) *Velocidad de vibración*

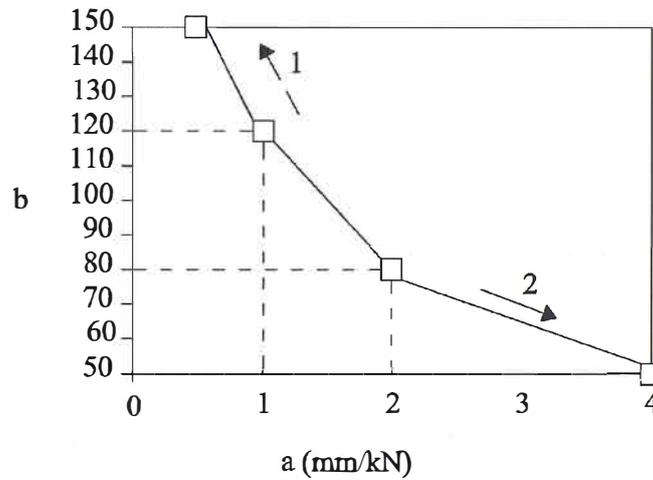
$$v \leq b^{(f_1 \zeta - 1)} \quad (\text{AN.4.4})$$

donde

- v es la respuesta de la velocidad al impulso unitario, es decir, el valor máximo inicial de la velocidad vertical de vibración del forjado (en m/s) provocado por un impulso unitario ideal (1 Ns) aplicado en el punto del forjado en el que se obtenga la máxima respuesta. Pueden despreciarse las componentes por encima de los 40 Hz;
- b es un valor que se obtiene de la figura A.1, donde se encuentra ligado al valor de a ;
- f_1 es la frecuencia fundamental del forjado, en Hz;
- ζ es el coeficiente de amortiguamiento modal. Para los forjados de entramado ligero habituales se propone adoptar para el valor del coeficiente de amortiguamiento modal, $\zeta = 0,02$.

El rango de los valores límite recomendados de a y b viene dada en la figura AN.4.1. La relación entre ambos puede expresarse de la forma siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Para } a \leq 1 & \quad b = 180 - 60 \cdot a \\ \text{Para } 1 \leq a \leq 2 & \quad b = 160 - 40 \cdot a \\ \text{Para } 2 \leq a \leq 4 & \quad b = 110 - 15 \cdot a \end{aligned} \quad (\text{AN.4.5})$$



Leyenda

- 1 Mejor comportamiento
2 Peor comportamiento

Figura AN.4.1 – Rango recomendado en el Eurocódigo 5 de los valores a y b y de la relación entre sí

Los cálculos anteriores deberían realizarse bajo la hipótesis de que el forjado se encuentra descargado, es decir, sólo bajo la masa correspondiente al peso propio del forjado y a otras acciones permanentes.

En el caso de forjados de planta rectangular con unas dimensiones $l \times b$, simplemente apoyado a lo largo de los cuatro bordes y con vigas de madera con una luz l , la frecuencia fundamental f_1 puede calcularse aproximadamente mediante la siguiente expresión:

$$f_1 = \frac{\pi}{2 \cdot l^2} \sqrt{\frac{(EI)_l}{m}} \quad (\text{AN.4.6})$$

donde

m es la masa por unidad de superficie en kg/m^2 . Corresponde a las cargas permanentes sin incluir la carga de tabiquería;

l es la luz del forjado, en m;

$(EI)_l$ es la rigidez a flexión del forjado respecto a un eje perpendicular a la dirección de las vigas, en $\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{m}$. Normalmente corresponde a la rigidez a flexión de las viguetas. Únicamente, en el caso de forjados contruidos o fabricados como elementos mixtos (tablero de cerramiento encolado adecuadamente, o capa colaborante de hormigón) se debe tomar la rigidez del conjunto.

En el caso de forjados de planta rectangular con dimensiones $b \times l$, simplemente apoyados a lo largo de los cuatro bordes, el valor de v puede, como una aproximación, calcularse mediante la siguiente expresión:

$$v = \frac{4(0,4 + 0,6 \cdot n_{40})}{mb l + 200} \quad (\text{AN.4.7})$$

donde

- v es la respuesta de la velocidad frente a un impulso unitario, en $\text{m}/(\text{N s}^2)$;
- n_{40} es el número de modos de primer orden con frecuencias naturales de hasta 40 Hz;
- b es la anchura del forjado, en m;
- m es la masa, en kg/m^2 ;
- l es la luz del forjado, en m.

El valor de n_{40} puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$n_{40} = \left\{ \left(\left(\frac{40}{f_1} \right)^2 - 1 \right) \left(\frac{b}{l} \right)^4 \frac{(EI)_l}{(EI)_b} \right\}^{0,25} \quad (\text{AN.4.8})$$

donde

- $(EI)_b$ es la rigidez a flexión de placa equivalente, en $\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{m}$, del forjado respecto a un eje paralelo a las vigas;
- $(EI)_l$ es la rigidez a flexión equivalente del forjado respecto a un eje perpendicular a las viguetas, en $\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{m}$, donde $(EI)_b < (EI)_l$.