



Software de análisis y dimensionamiento de estructuras

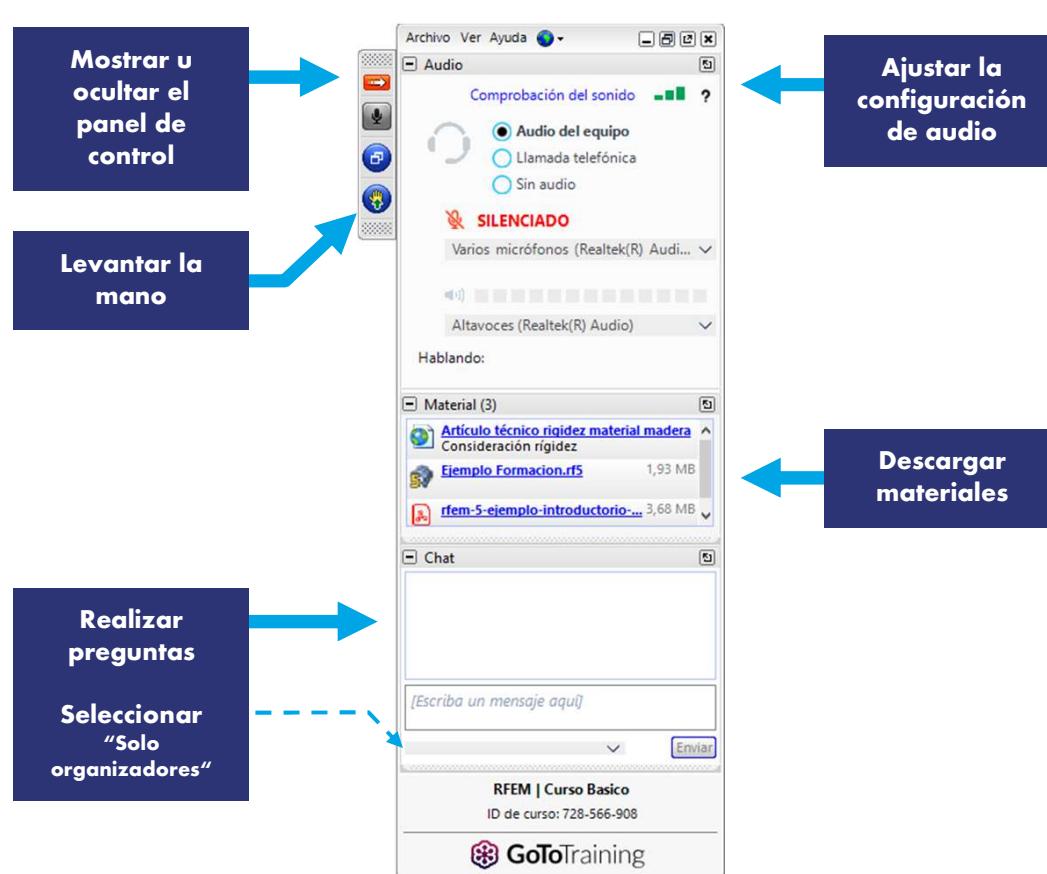


www.dlubal.com

Preguntas durante la presentación



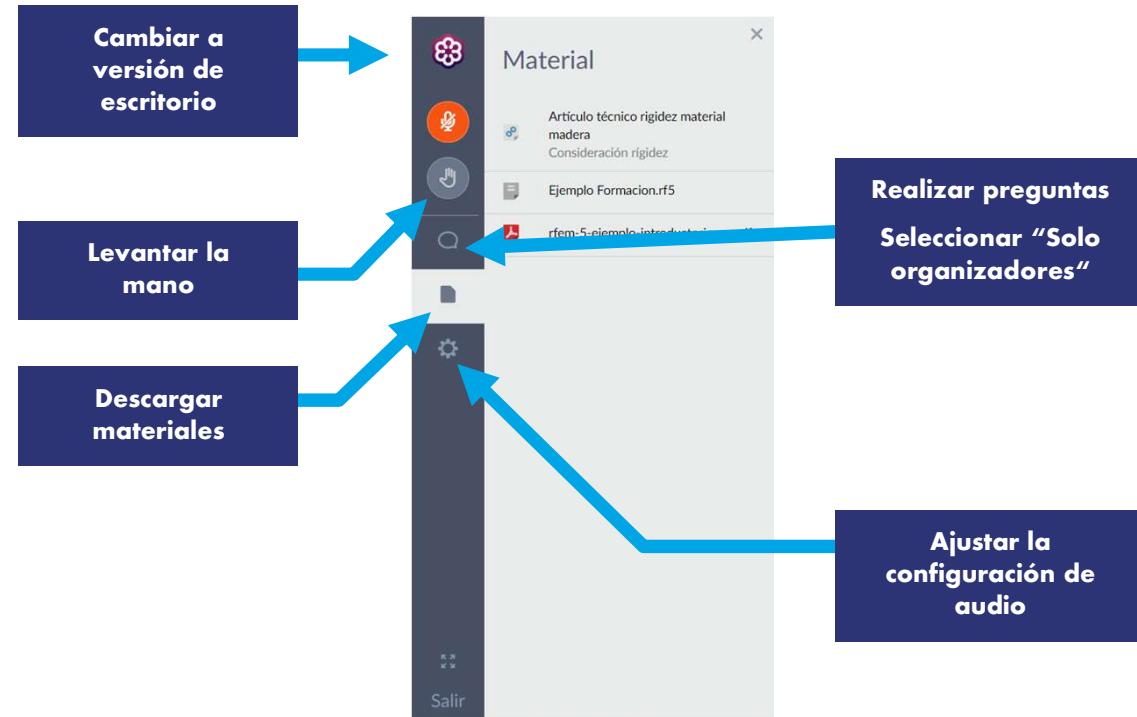
Panel de control de GoToTraining
Escritorio



— Preguntas durante la presentación



Panel de control de GoToTraining
Web



Cursos de formación en línea

FORMACIÓN EN LÍNEA

Eurocódigo 3



Ing. Manuel Ballesta
Organizador

Desarrollo producto y Soporte técnico
Dlubal Software

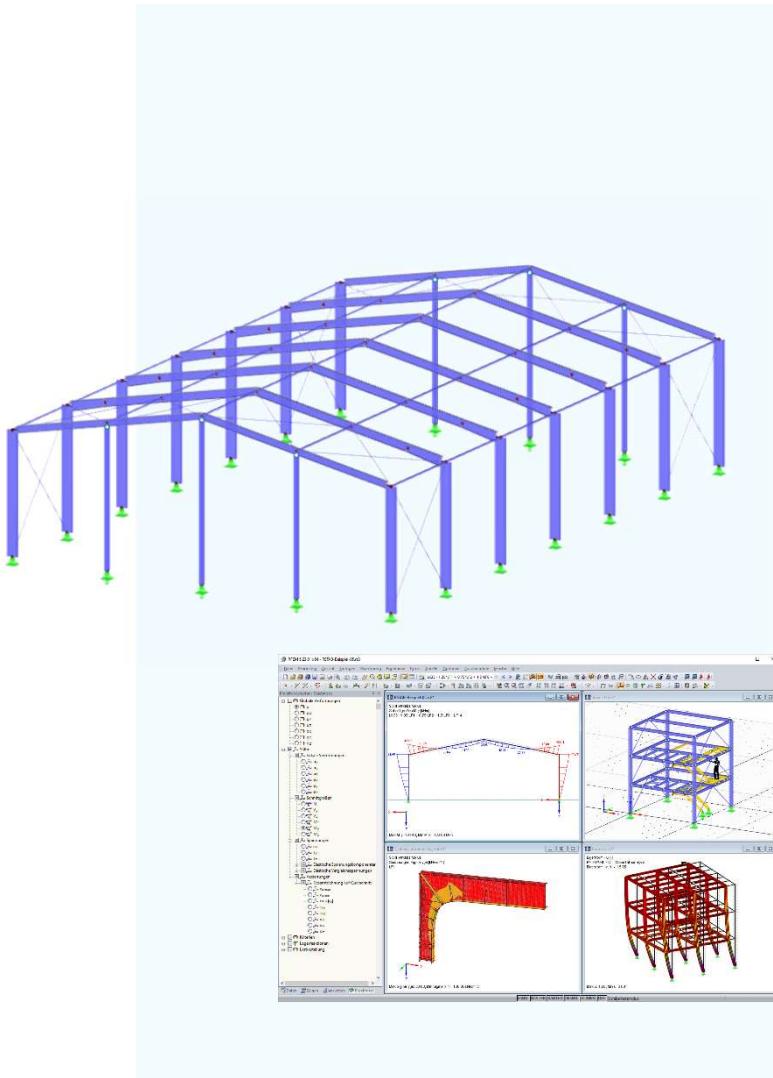


4

CONTENIDO



- 01 Normativa**
- 02 Fundamentos**
- 03 Análisis estructural**
- 04 Diseño resistente de secciones ELU**
- 05 Diseño a estabilidad de piezas ELU**
- 06 Comprobaciones de servicio ELS**



FORMACIÓN EN LÍNEA



— Normativa Europea

**EN 1990 – EC0**

Bases de diseño estructural

**EN 1991 – EC1**

Acciones sobre las estructuras

**EN 1992 – EC2**

Diseño de estructuras de hormigón

**EN 1993 – EC3**

Diseño de estructuras de acero

**EN 1994 – EC4**

Diseño de estructuras mixtas de acero y hormigón

**EN 1995 – EC5**

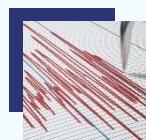
Diseño de estructuras de madera

**EN 1996 – EC6**

Diseño de estructuras de mampostería

**EN 1997 – EC7**

Diseño geotécnico

**EN 1998 – EC8**

Diseño sísmico de estructuras

**EN 1999 – EC9**

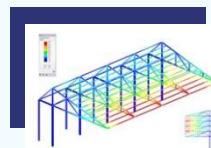
Diseño de estructuras de aluminio





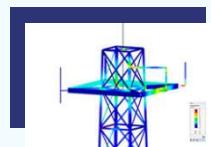
— Capítulos de la normativa EN 1993

- **EN 1993-1:** Reglas generales y especificaciones para edificios convencionales
- **EN 1993-2:** Puentes de acero
- **EN 1993-3:** Torres, mástiles y chimeneas
- **EN 1993-4:** Dépositos, silos y tuberías
- **EN 1993-5:** Pilotes y tablestacas de acero
- **EN 1993-6:** Vigascarril



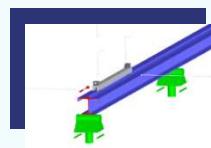
RF-/STEEL EC3

RFEM-/RSTAB Módulo adicional



RF-/TOWER

RFEM-/RSTAB Módulo adicional



CRANEWAY

Programa independiente de Dlubal





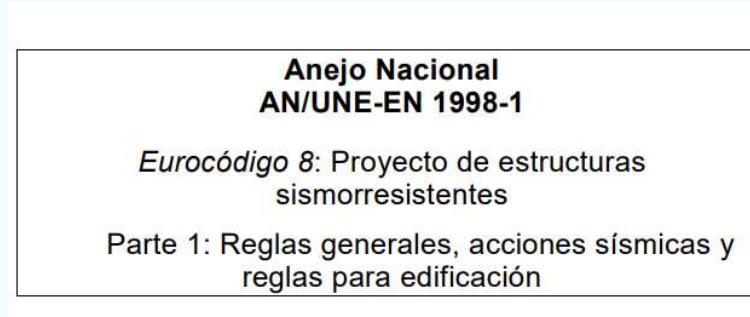
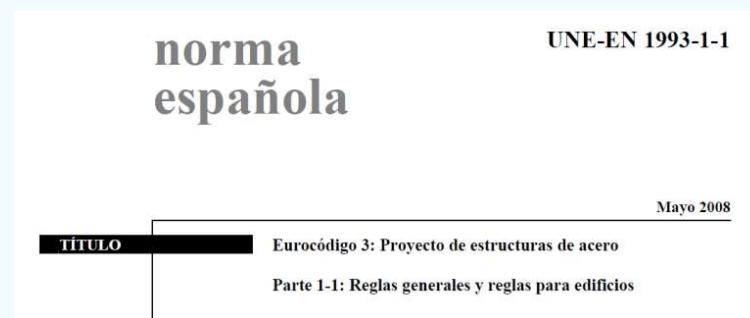
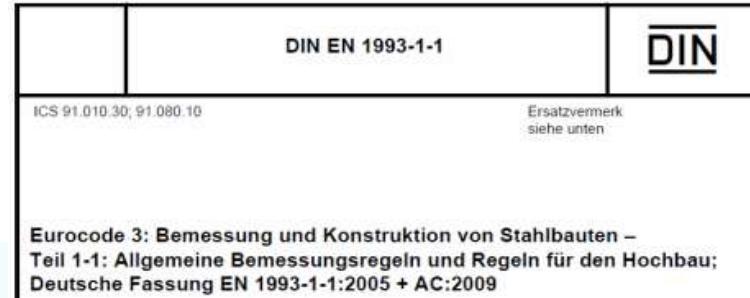
— Subcapítulos de la norma EN 1993-1

- **EN 1993-1-1:** Reglas generales de diseño y especificaciones para edificios convencionales
- **EN 1993-1-2:** Reglas generales del diseño estructural en acero contra incendios
- **EN 1993-1-3:** Reglas generales para el diseño de perfiles de pared delgada
- **EN 1993-1-4:** Reglas generales para el diseño de estructuras de acero inoxidable
- **EN 1993-1-5:** Placas planas cargadas en su plano
- **EN 1993-1-6:** Resistencia y estabilidad de membranas
- **EN 1993-1-7:** Placas planas cargadas transversalmente
- **EN 1993-1-8:** Diseño de uniones y conexiones
- **EN 1993-1-9:** Diseño a fatiga
- **EN 1993-1-10:** Tenacidad a la fractura y delaminación transversal
- **EN 1993-1-11:** Cables y tirantes
- **EN 1993-1-12:** Reglas adicionales para la aplicación de EN 1993 hasta aceros de grado S700



— Anejos nacionales

- **Portada norma nacional**
- **Denominación nacional**
DIN EN 1993-1-1:2010-12
UNE EN 1993-1-1:2010-12
- **Anejo nacional**
DIN EN 1993-1-1/NA:2018-12
AN/UNE-EN 1998-1
Parametros de Determinación Nacional
Información Complementaria **No** contradictoria





— Concepto de seguridad

- **Comprobaciones de estados límite**
- $E_d < R_d$
- R_k – **Resistencia característica**
- R_d – **Resistencia de diseño**

EQU ELU (EQU) - Permanente / transitoria	
ACC ELU (EQU) - Accidental - psi-1,1	
ACC' ELU (EQU) - Accidental - psi-2,1	
SEIS ELU (EQU) - Sísmica	
STR ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10	
STR ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10a y 6.10b	
ULS" ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10a-mod y 6.10b	
ACC ELU (STR/GEO) - Accidental - psi-1,1	
ACC' ELU (STR/GEO) - Accidental - psi-2,1	
SEIS ELU (STR/GEO) - Sísmica	
S.Ch ELS - Característica	
S.Fr ELS - Frecuente	
S.Qp ELS - Cuasipermanente	

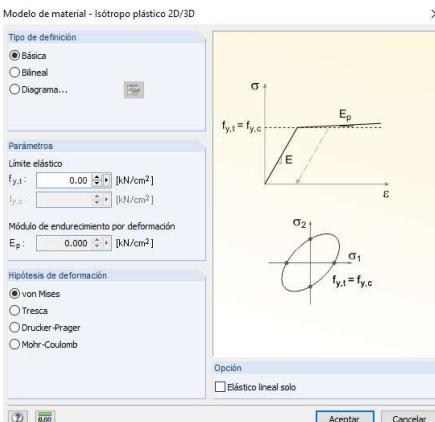


Beiwert	Verwendung	UNE EN 1993-1-1 *		EAE - 11	
		GR	AU	GR	AU
γ_{M0}	Comprobación de secciones	1,0	-	1,05	1,0
γ_{M1}	Diseño a estabilidad	1,0	-	1,05	1,0
γ_{M2}	Desgarro laminar o uniones	1,25	-	1,25	1,15



— Material

- **Otros tipos de acero según EC 3-1-1, Tabla 3.1**
- **Límite elástico** $f_{y,k}$
- **Límite rotura** $f_{u,k}$
- **Módulo Elasticidad $E = 210\,000\text{ N/mm}^2$**
- **Módulo def. Trans. $G = 81\,000\text{ N/mm}^2$**



Biblioteca de materiales

Filtro

Grupo de categoría de material: Metal

Categoría de material: Acero

Grupo de normas: UNE EN

Norma: Todo

Induir no válidas...

Grupo de favoritos:

AMATA

Buscar:

Material para seleccionar

Descripción del material	Norma
Acero S 235	UNE EN 10025-2:2004-11
Acero S 275	UNE EN 10025-2:2004-11
Acero S 355	UNE EN 10025-2:2004-11
Acero S 450	UNE EN 10025-2:2004-11
Acero S 185	UNE EN 10025-2:2004-11
Acero S 235 JR	UNE EN 10025-2:2004-11
Acero S 235 J0	UNE EN 10025-2:2004-11
Acero S 235 J2	UNE EN 10025-2:2004-11
Acero S 275 JR	UNE EN 10025-2:2004-11
Acero S 275 J0	UNE EN 10025-2:2004-11
Acero S 275 J2	UNE EN 10025-2:2004-11
Acero S 355 JR	UNE EN 10025-2:2004-11
Acero S 355 J0	UNE EN 10025-2:2004-11
Acero S 355 J2	UNE EN 10025-2:2004-11
Acero S 355 K2	UNE EN 10025-2:2004-11
Acero S 450 J0	UNE EN 10025-2:2004-11
Acero E 295	UNE EN 10025-2:2004-11
Acero F 335	INF FN 10025-2:2004-11

Propiedades del material

Propiedades principales

Módulo de elasticidad	$E = 21000.00\text{ kN/cm}^2$
Módulo de constante	$G = 8076.92\text{ kN/cm}^2$
Coeficiente de Poisson	$\nu = 0.300$
Peso específico	$\gamma = 78.50\text{ kN/m}^3$
Coeficiente de dilatación térmica	$\alpha = 1.2000E-05\text{ 1/C}$

Propiedades adicionales

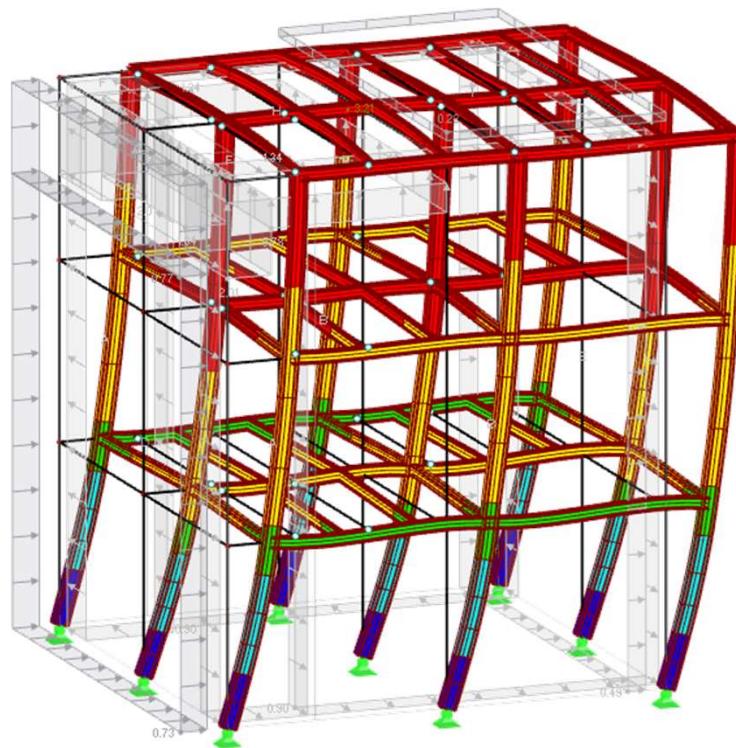
Intervalos de espesor $t \leq 16.0\text{ mm}$	
Límite elástico	$f_y = 23.50\text{ kN/cm}^2$
Resistencia última a tracción	$f_u = 36.00\text{ kN/cm}^2$
Intervalos de espesor $t > 16.0\text{ mm y }t \leq 40.0\text{ mm}$	
Límite elástico	$f_y = 22.50\text{ kN/cm}^2$
Resistencia última a tracción	$f_u = 36.00\text{ kN/cm}^2$
Intervalos de espesor $t > 40.0\text{ mm y }t \leq 100.0\text{ mm}$	
Límite elástico	$f_y = 21.50\text{ kN/cm}^2$
Resistencia última a tracción	$f_u = 36.00\text{ kN/cm}^2$
Intervalos de espesor $t > 100.0\text{ mm y }t \leq 150.0\text{ mm}$	
Límite elástico	$f_y = 19.50\text{ kN/cm}^2$
Resistencia última a tracción	$f_u = 35.00\text{ kN/cm}^2$
Intervalos de espesor $t > 150.0\text{ mm y }t \leq 200.0\text{ mm}$	
Límite elástico	$f_y = 18.50\text{ kN/cm}^2$

Otros aceros disponibles según AN



— Análisis estructural - Generalidades

- Procedimiento predimensionamiento secciones
- Influencia de la translacionalidad estructural
- Aplicación de imperfecciones
- Aignación y comprobacion de conexiones
- Clasificación seccional





— Capacidad de la sección en función de la clase

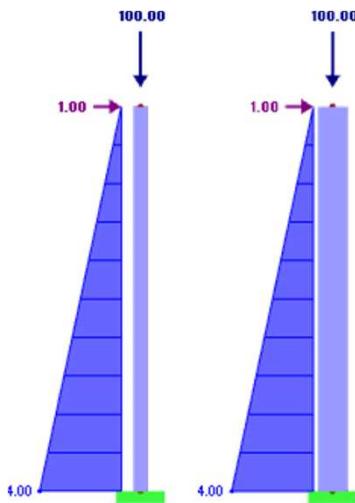
CLASE	1	2	3	4
Diagrama momento rotación				
Capacidad de rotación	alta	pequeña	-	-
Análisis estructural	P	E	E	E
Diseño seccional	P	P	E	E*





— Influencia de la rigidez lateral - translacionalidad

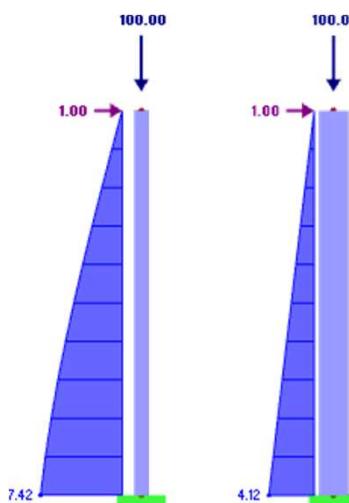
Teoría I. Orden



$$\alpha_{cr,1} = 1,96$$

$$\alpha_{cr,2} = 27,65$$

Teoría II. Orden



> 10 análisis estructural global elástico

> 15 análisis estructural global plástico

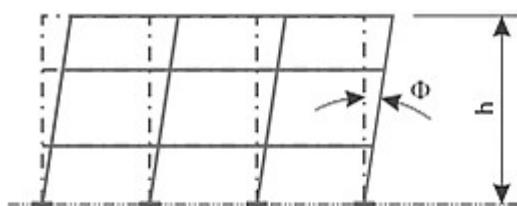
- Criterio para $\alpha_{cr} = F_{cr} / F_{ed}$





— Imperfecciones geométricas equivalentes

Desplome

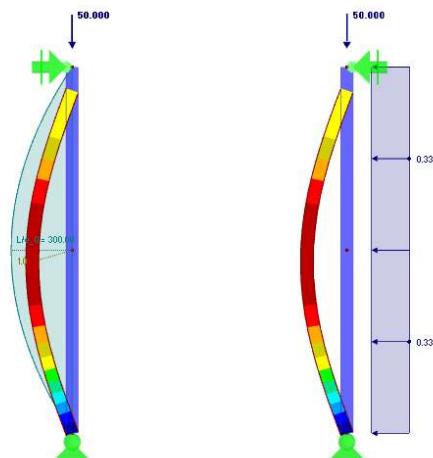


$$\Phi = \Phi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m$$

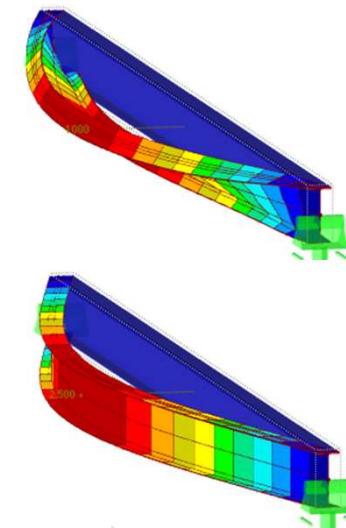
$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} \geq \frac{2}{3} \leq 1,0$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m} \right)}$$

Curvatura



Geometría escalada afín



=> Se realiza por medio de cargas equivalentes

=> Modelo estructural predeformado

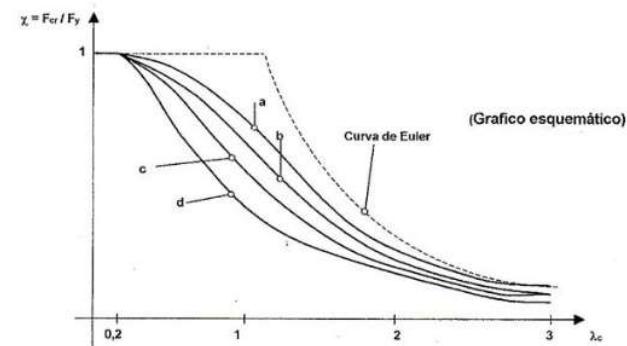




— Curvatura

EAE 11 tabla 22.3.2

Tipos de curvas de pandeo	Análisis global estructura elástico $e_{0,d} / L$	Análisis global estructura plástico $e_{0,d} / L$
a_0	1/350	1/300
a	1/300	1/250
b	1/250	1/200
c	1/200	1/150
d	1/150	1/100



Las expresiones analíticas de las curvas $F_{cr} = \chi \cdot F_y$

$$\chi = \frac{1}{\phi + [\phi^2 - \lambda_c^2]^{1/2}} \quad y \quad \chi \leq 1$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha(\lambda_c - 0,2) + \lambda_c^2]$$

Valores de α

Curva a	= 0,21
Curva b	= 0,34
Curva c	= 0,49
Curva d	= 0,76



— Métodos para el diseño a estabilidad

<p>Método A Imperfecciones globales y locales junto con un análisis en Teoría II orden.</p>		<p>Diseño seccional sin comprobaciones de estabilidad</p>
<p>Método B Sólo imperfecciones globales y análisis en Teoría II orden.</p>		<p>Comprobaciones de estabilidad de barra según 6.3 utilizando como longitud de pandeo $s_k=L_{\text{barra}}$</p>
<p>Método C Análisis estructural en Teoría de I Orden en una estructura idealizada</p>		<p>Diseño de estabilidad de barras o piezas según apartado 6.3 longitud com método Beta.</p>





— Comprobaciones de estabilidad e imperfecciones

- Las comprobaciones de estabilidad de 6.3 ya incluyen los efectos de las imperfecciones
- Asignación adicional de curvatura en función de los esfuerzos internos si el sistema resulta sensible:

cuando $\lambda > 0,5 \cdot \sqrt{(A \cdot f_y / N_{Ed})}$
- El diseño de pandeo lateral-torsional o de flexo compresión solamente en perfiles abiertos y con un análisis local con 7 grados de libertad (incluye alabeo)
- Imperfecciones para pandeo lateral: Curvatura en la dirección del eje débil de valor $k^* e_0, d$:

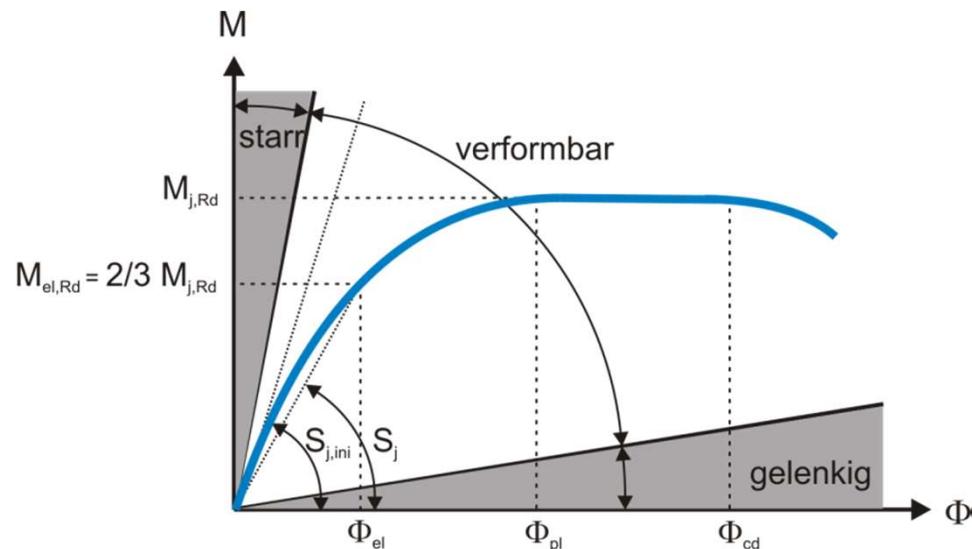
Sección transversal	Dimensiones	Diseño elástico de la sección e_0 / L	Diseño plástico de la sección e_0 / L
Laminado en caliente	$h/b \leq 2,0$	1/500	1/400
Perfil-I	$h/b > 2,0$	1/400	1/300
Perfil armado	$h/b \leq 2,0$	1/400	1/300
Perfil-I	$h/b > 2,0$	1/300	1/200





— Comprobaciones de uniones y conexiones

Diagrama momento rotación característico



Φ_{cd} = Capacidad de rotación

$M_{j,Rd}$ = Resistencia a momento de la unión

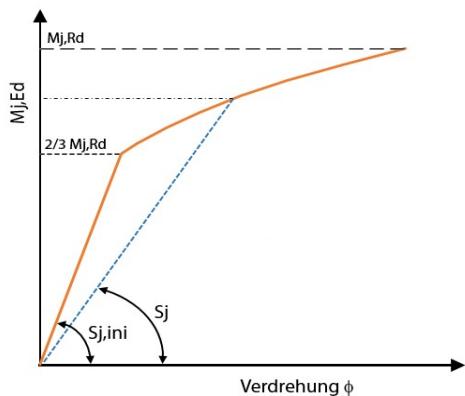
$S_{j,ini}$ = Rígidez elástica inicial



— Comprobación de conexiones

**Asignación de la rigidez rotacional para una conexión deformable
(Análisis estructural elástico)**

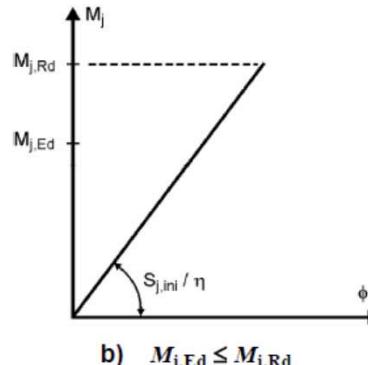
■ **Según 5.1.2 (3)**



cuando $M_{j,Ed} < 2/3 M_{j,Rd}$ entonces $S_{j,ini}$
cuando $M_{j,Ed} > 2/3 M_{j,Rd}$ entonces S_j según 6.3.1



■ **Según 5.1.2 (4) (Simplificación)**



b) $M_{j,Ed} \leq M_{j,Rd}$

El valor de ajuste de rigidez η según Tabla 5.2
($\eta=2$ für Uniones viga columna convencionales)



Dlubal Software

Café- pausa



FORMACIÓN EN LÍNEA



— Clasificación de secciones

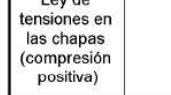
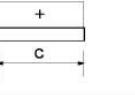
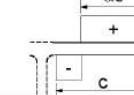
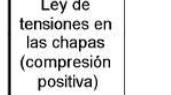
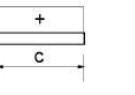
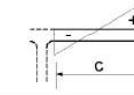
Comparación de valores de esbeltez de partes de una sección, c/t , con los valores límite.

Los valores límite de esbeltez dependen de:

- **Tipo de elemento (fijo-libre) (fijo-fijo)**
- **Límite elástico del material**
- **Distribución tensional en la sección**
- **Grado de compresión compresión**



Tabla 5.2 (hoja 2 de 3) – Relaciones máximas anchura/espesor para los elementos comprimidos

Clase	Chapa comprimida	Alas en vuelo					
		Extremo comprimido	Extremo traccionado				
		Secciones laminadas					
Ley de tensiones en las chapas (compresión positiva)							
1	$c/t \leq 9\epsilon$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$				
2	$c/t \leq 10\epsilon$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$				
Ley de tensiones en las chapas (compresión positiva)							
3	$c/t \leq 14\epsilon$	$c/t \leq 21\epsilon\sqrt{k_\alpha}$					
Para k_α , véase la Norma Europea EN 1993-1-5							
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$		f_y	235	275	355	420	460
ϵ		$1,00$	$0,92$	$0,81$	$0,75$	$0,71$	



— Diseño de secciones para ELU

Diseño elástico (Clase 1 – 4)

- Criterion tensional de punto en la sección

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right) + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 \leq 1,0$$

- Interacción lineal de esfuerzos

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{ely,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{elz,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} \cdot f_y/\gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{W_{eff,y,min} \cdot f_y/\gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{W_{eff,z,min} \cdot f_y/\gamma_{M0}} \leq 1,0$$



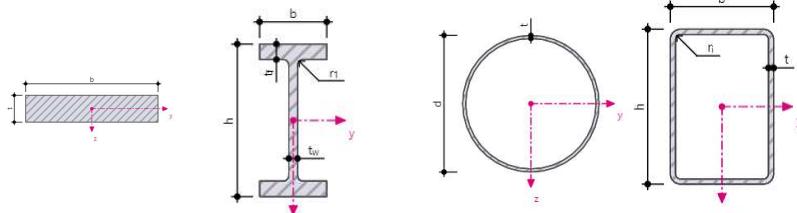
Dado el caso, existen consideraciones correctoras por torsión y corte que se deben considerar.

Diseño plástico (Clase 1 y 2)

- Interacción lineal

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{ply,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{plz,Rd}} \leq 1,0$$

- Las formulaciones de interacción según 6.2.9 están ligadas a la forma de la sección transversal:





Dlubal Software

Café- pausa



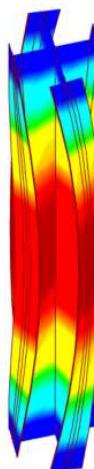
FORMACIÓN EN LÍNEA



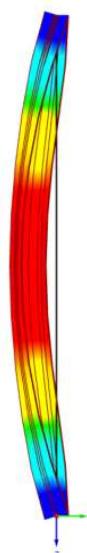
— Comprobaciones de estabilidad $\alpha_{cr} = N_{Ed}/N_{cr,min}$ o bien $\alpha_{cr} = M_{Ed}/M_{cr}$



Pandeo por compresión
en flexión (PCeF)
 $N_{cr,y/z}$; $N_{cr,u/v}$



Pandeo por compresión
en torsión (PCeT)
 $N_{cr,T}$



Pandeo por flexión c/s compresión en
flexión y torsión (PFCeFT)
 $N_{cr,LTB}$; M_{cr}





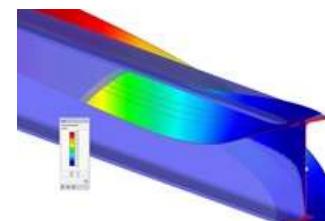
— Comprobación estabilidad – Procedimiento

- 1) Imperfecciones Globales (desplome) y locales (curvatura) así como la comprobación de todos los efectos por medio del análisis estructural.

=> Diseño seccional con esfuerzos internos reales según Teoría II orden

- 2) Obtención de esfuerzos internos „ideales“ sin o con consideración parcial de imperfecciones así como influencia de la traslacionalidad lateral de la estructura

=> Todas las comprobaciones y factores de influencia se introducen en el procedimiento de diseño





— Comprobación estabilidad – Procedimiento

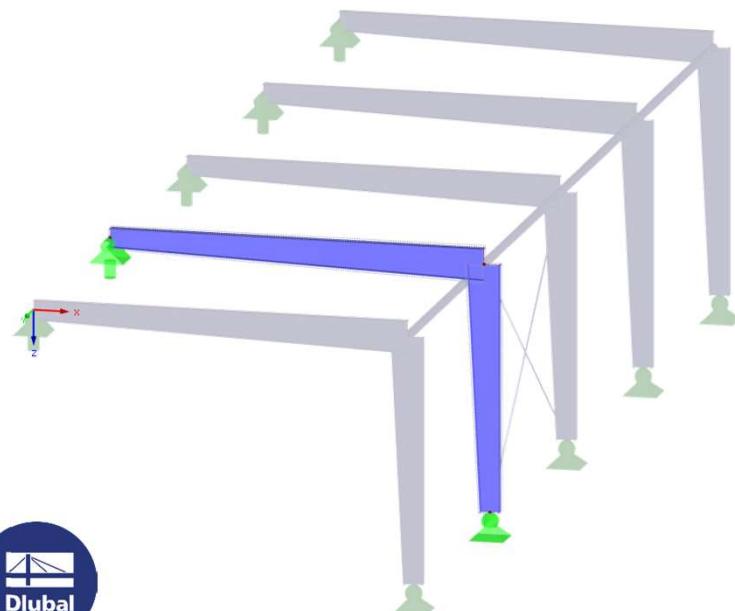
Procedimiento	Bauteil		Secciones			Esfuerzos				Observaciones
						?	N-	M ₁	M ₂	
Barra equivalente según 6.3.1	X		X	X	X	X	X			PCeF, PCeT, PFCeFT con sólo compresión
Barra equivalente según 6.3.2	X		X	X	X	X		X		PFCeFT, reglas especiales para perfiles en I
Barra equivalente según 6.3.3	X		X				X	X	X	PCeF, PCeT, PFCeFT
Procedimiento general 6.3.4	X	X	X	.	.		X	X	.	Ampliación para flexión biaxial según Naumes solamente perfiles I
Comprobación con teoría II orden y 7 g.d.l	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Imperfecciones locales y globales tienen que asignarse así como realizar un análisis en Teoría II orden



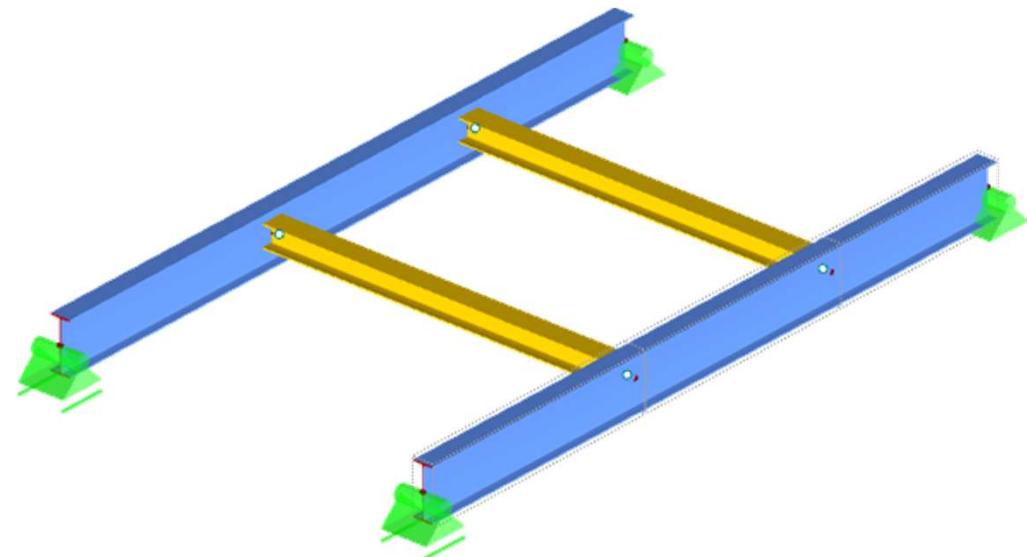


— Ejemplos prácticos

Nave industrial con barras sección variable



Entramado de forjado





— Comprobaciones de servicio ELS

Límite de deformaciones => Valores límite en función de criterio proyecto según CTE DB SE

Parámetros del Anexo Nacional - CEN

Base Acero inoxidable (EN 1993-1-4) Conformación en frío (EN 1993-1-3)

Coeficientes parciales según 6.1, nota 2B	
Para la resistencia de secciones	γ_{M0} : 1.000
Para la resistencia de barras al fallo de estabilidad (cálculo de barras), así como la resistencia de la sección al fallo de estabilidad (cálculo de la sección según la teoría de 2º orden)	γ_{M1} : 1.000
Para la resistencia de las secciones a rotura por tracción	γ_{M2} : 1.250

Límites en servicio (flechas) según 7.2

Combinación de acciones (tabla A1.4 UNE EN 1990):

Voladizos		
Característica	$L /$	$L_c /$
Frecuente	400	200
Cuasipermanente	350	175
	300	150

Detalles

Estado límite último Estabilidad Servicio Resistencia al fuego Torsión de alabeo Plasticidad Conformación en frío General

Deformación relacionada con

Extremos de barras / conjuntos de barras desplazados

Sistema no deformado

Deformaciones locales - u_z [mm]

Detalles - Barra 45 - x: 2.400 m - CO16

Propiedades del material - Acero S 275 DIN EN 1993-1-1:2010-12		
Propiedades de la sección - IPE 120		
Flechas		
<input checked="" type="checkbox"/> Razón de tensiones	$W_{tot,z}$	8.6 mm
— Flecha	W_c	0.0 mm
— Contraflecha	$W_{tot,z} - W_{c,x}$	8.6 mm
— Flecha menos contraflecha	l	4.800 m
— Longitud de referencia	$l / W_{\text{flecha},z}$	200.00
— Criterio del valor límite	$W_{\text{flecha},z}$	24.0 mm
— Valor límite de flecha	η	0.36
— Razón de tensiones	$W_{\text{flecha},z} / W_{tot,z}$	≤ 1
<input type="checkbox"/> Fórmula de cálculo	EN 1990 (6.1)	
$W_{\text{max},z} / W_{\text{limit},z} = 0.36 \leq 1 \text{ EN 1990 (6.13)}$		



— Aquí encuentra más información sobre el Software Dlubal



Visite nuestra web
www.dlubal.com

- Vídeos y seminarios grabados
- Boletines
- Eventos, Ferias y seminarios
- Artículos técnicos



Vea las funcionalidades y capacidades en un seminario en línea

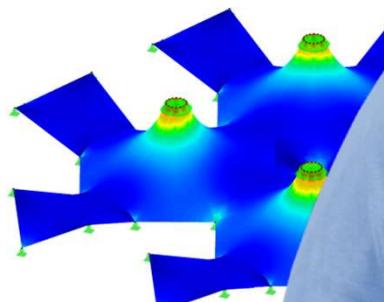


Descargar versiones gratuitas



Dlubal Software GmbH
Am Zellweg 2, 93464 Tiefenbach
Germany

Teléfono: +34 911 438 160
E-Mail: info@dlubal.com





www.dlubal.com