



**Software de análisis
y dimensionamiento
de estructuras**

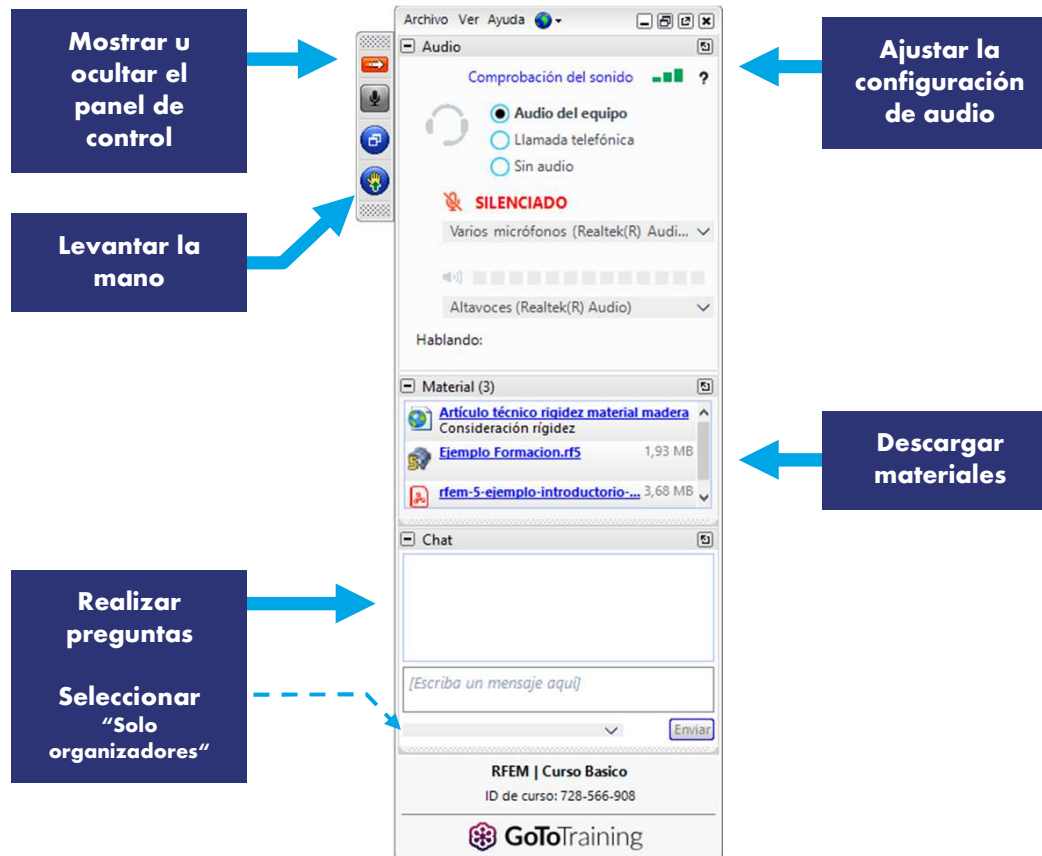


www.dlubal.com

Preguntas durante la presentación



Panel de control de GoToTraining
Escritorio

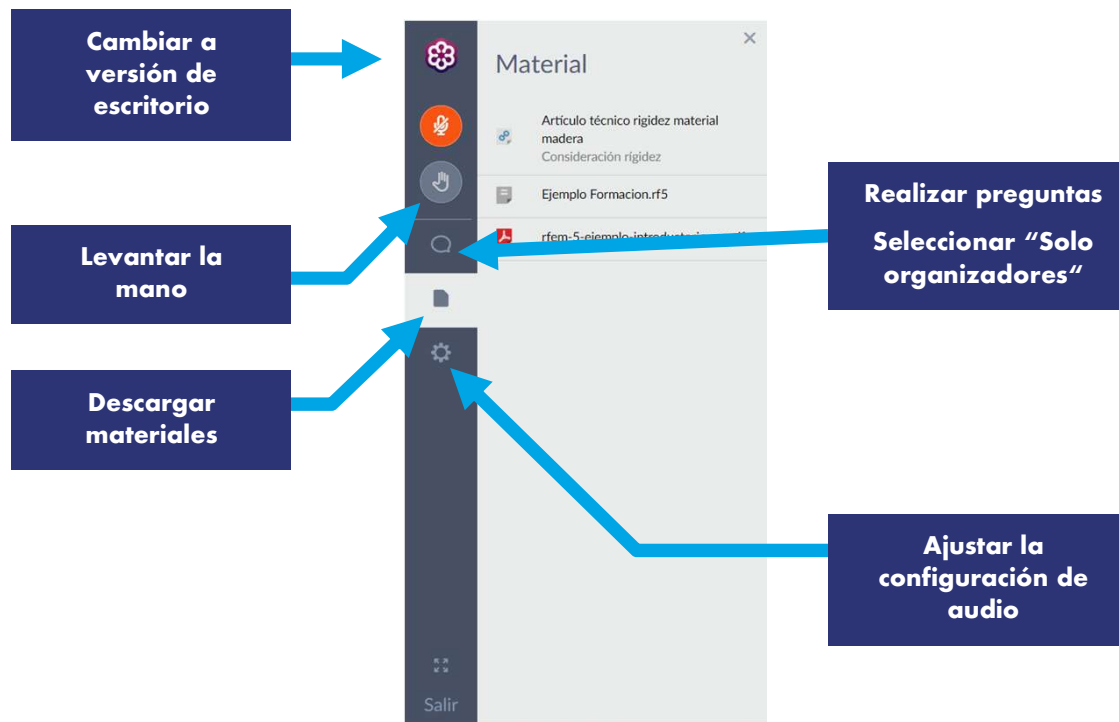


Cursos de formación en línea

Preguntas durante la presentación



Panel de control de GoToTraining
Web



Cursos de formación en línea

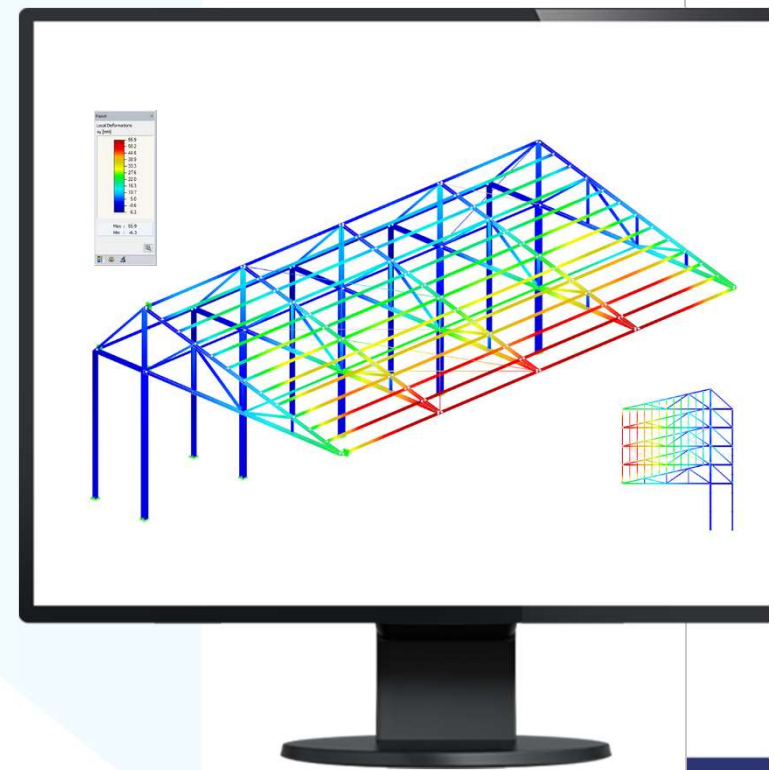
FORMACIÓN EN LÍNEA

Eurocódigo 3



Ing. Manuel Ballesta
Organizador

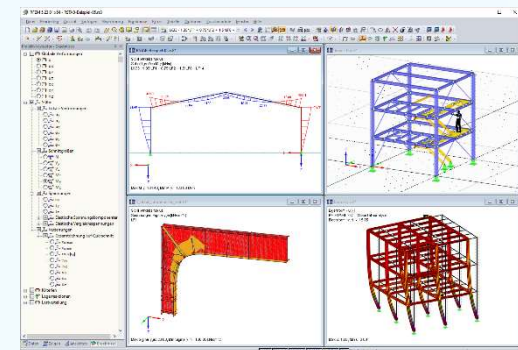
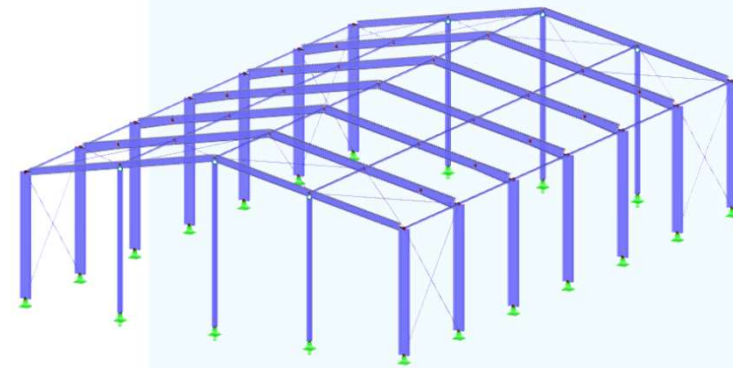
Desarrollo producto y Soporte técnico
Dlubal Software



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





— Normativa Europea



EN 1990 – EC0

Bases de diseño estructural



EN 1991 – EC1

Acciones sobre las estructuras



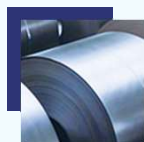
EN 1992 – EC2

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



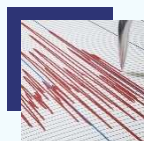
EN 1996 – EC6

Diseño de estructuras de mampostería



EN 1997 – EC7

Diseño geotécnico



EN 1998 – EC8

Diseño sísmico de estructuras



EN 1999 – EC9

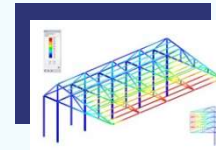
Diseño de estructuras de aluminio





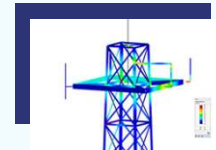
— Capítulos de la normativa EN 1993

- **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:** Depósitos, silos y tuberías
- **EN 1993-5:** Pilotes y tablestacas de acero
- **EN 1993-6:** Vigascarril



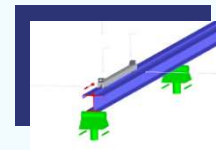
RF-/STEEL EC3

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
Parámetros de **D**eterminación **N**acional
Información **C**omplementaria **N**o contradictoria



	DIN EN 1993-1-1	
ICS 91.010.30; 91.080.10	Ersatzvermerk siehe unten	
<p>Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009</p>		

norma española		UNE-EN 1993-1-1
		Mayo 2008
TÍTULO	Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificios	

Anejo Nacional AN/UNE-EN 1998-1
<i>Eurocódigo 8: Proyecto de estructuras sismorresistentes</i>
Parte 1: Reglas generales, acciones sísmicas y reglas para edificación





— 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

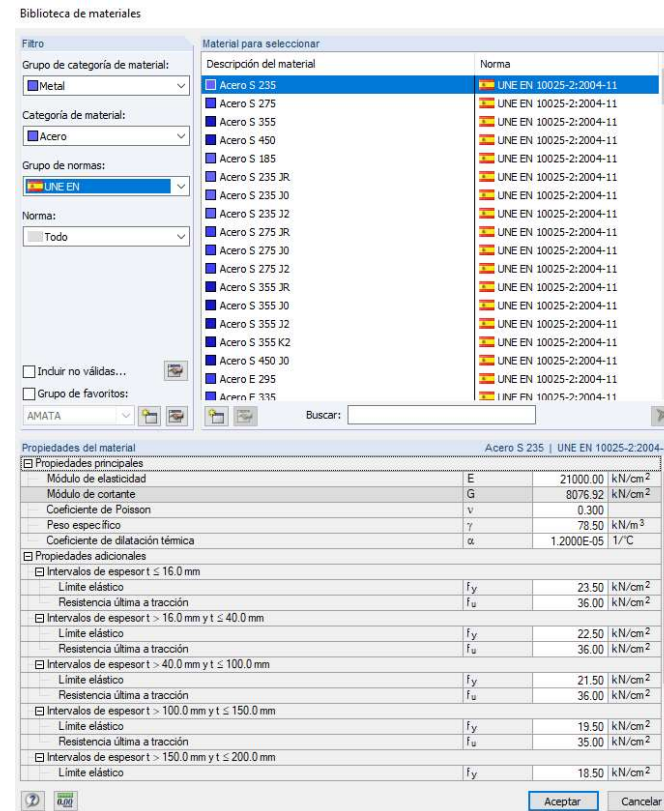
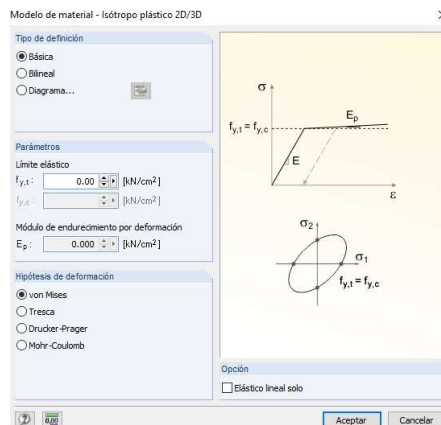
Beiwert	Verwendung	UNE EN 1993-1-1 *		EAE - 11	
		GR	AU	GR	AU
γ_{M0}	Comprobación de secciones	1,0	-	1,05	1,0
γ_{M1}	Diseño a estabilidad	1,0	-	1,05	1,0
γ_{M2}	Desgarro laminar o uniones	1,25	-	1,25	1,15





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. $G = 81\,000\text{ N/mm}^2$



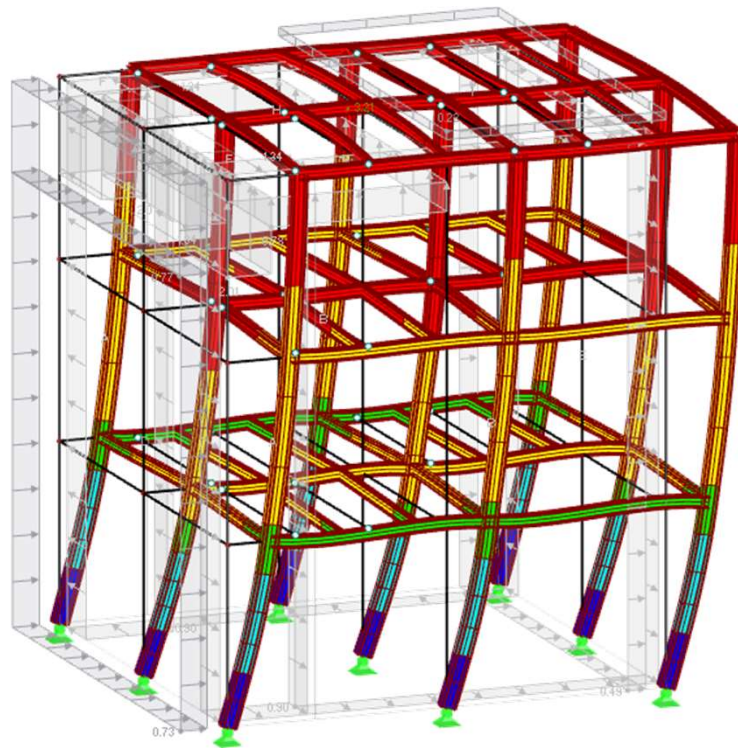
Otros aceros disponibles según AN





— Análisis estructural - Generalidades

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





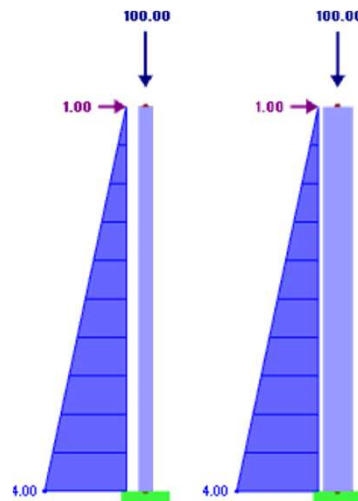
— Capacidad de la sección en función de la clase

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*

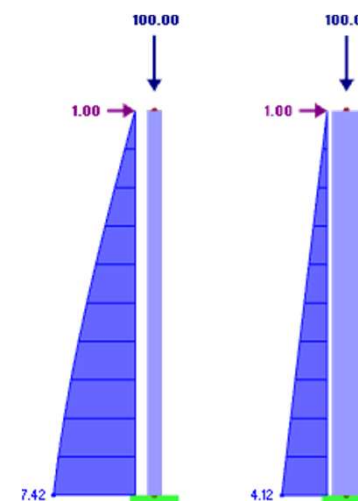


— Influencia de la rigidez lateral - traslacionalidad

Teoria I. Orden



Teoria II. Orden



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

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

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

> 10 análisis estructural global elástico

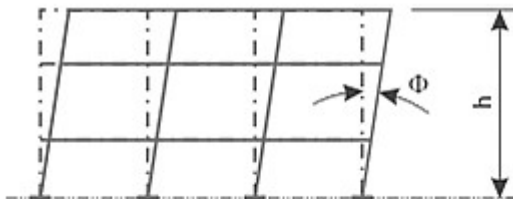
> 15 análisis estructural global plástico





— Imperfecciones geométricas equivalentes

Desplome

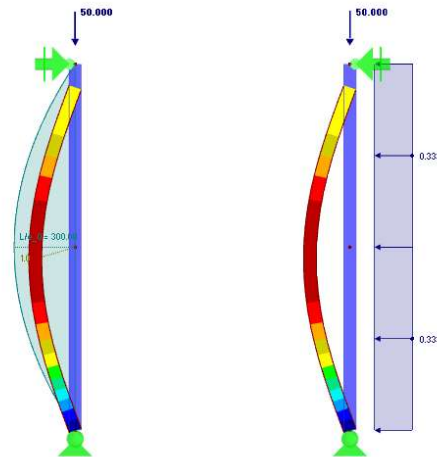


$$\Phi = \Phi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m$$

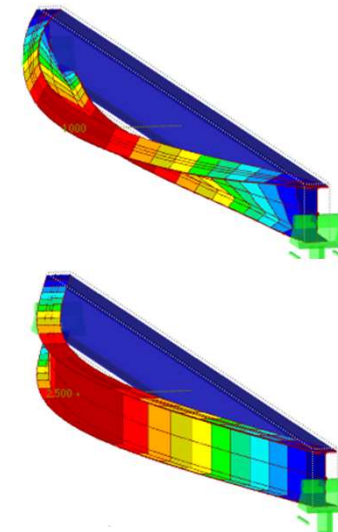
$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} \begin{matrix} \geq \frac{2}{3} \\ \leq 1,0 \end{matrix}$$

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

Curvatura



Geometría escalada afín



⇒ Se realiza por medio de cargas equivalentes

⇒ Modelo estructural predeformado

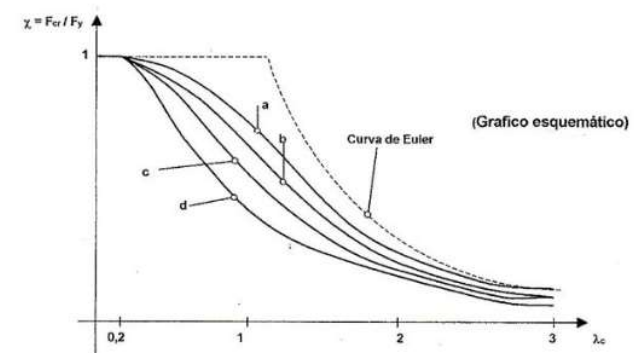




— Curvatura

EAE 11 tabla 22.3.2

Tipos de curvas de pandeo	Análisis global estructura	
	elástico $e_{0,d} / L$	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 $F_{cr} = \chi \cdot F_y$

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

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

Valores de α

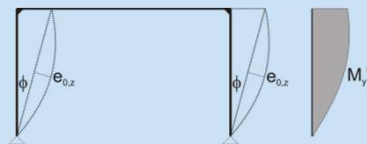
Curva a	= 0,21
Curva b	= 0,34
Curva c	= 0,49
Curva d	= 0,76



— Métodos para el diseño a estabilidad

Método A

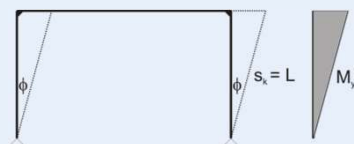
Imperfecciones globales y locales junto con un análisis en Teoría II orden.



Diseño seccional sin comprobaciones de estabilidad

Método B

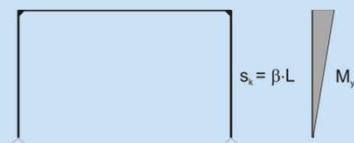
Sólo imperfecciones globales y análisis en Teoría II orden.



Comprobaciones de estabilidad de barra según 6.3 utilizando como longitud de pandeo $s_k = L_{\text{barra}}$

Método C

Análisis estructural en Teoría de I Orden en una estructura idealizada



Diseño de estabilidad de barras o piezas según apartado 6.3 longitud de pandeo con método Beta.





— 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:

$$\text{cuando } \lambda > 0,5 \cdot \sqrt{(A \cdot f_y / N_{Ed})}$$

- 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)
- Imperfecções para pandeo lateral: Curvatura en la dirección del eje débil de valor $k^* e_{0,d}$:

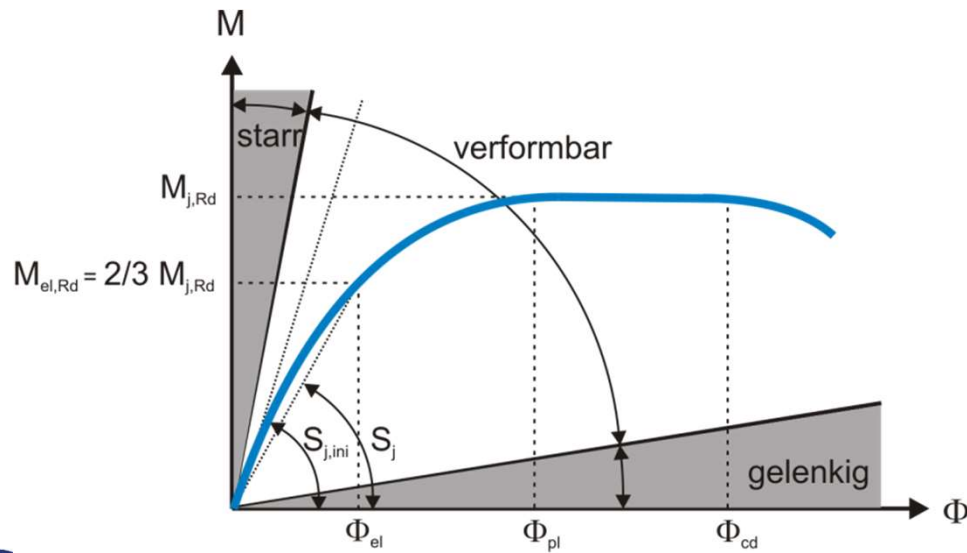
Sección transversal	Dimensiones	Diseño elástico de la sección e_0 / L	Diseño plástico de la sección e_0 / L
Laminado en caliente	$h/b \leq 2,0$	1/500	1/400
Perfil-I	$h/b > 2,0$	1/400	1/300
Perfil armado	$h/b \leq 2,0$	1/400	1/300
Perfil-I	$h/b > 2,0$	1/300	1/200





Comprobaciones de uniones y conexiones

Diagrama momento rotación característico



Φ_{cd} = Capacidad de rotación

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

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

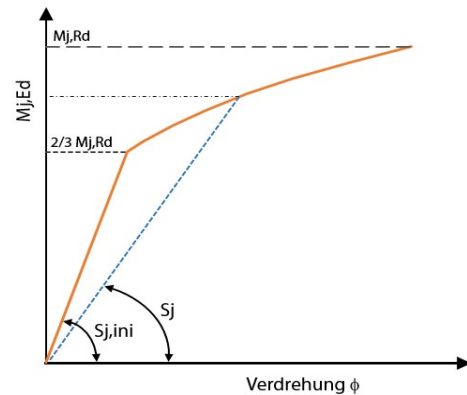




Comprobación de conexiones

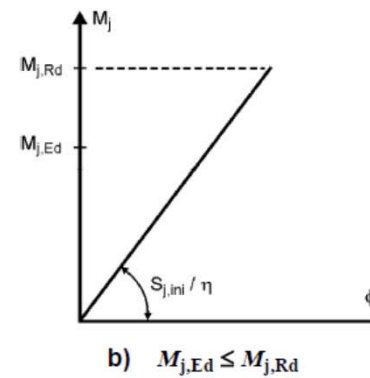
Asignación de la rigidez rotacional para una conexión deformable
(Análisis estructural elástico)

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)



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



Dlubal Software

Café- pausa





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



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

Alas en vuelo					
Secciones laminadas			Secciones soldadas		
Clase	Chapa comprimida	Chapa flexo-comprimida		Extremo traccionado	
		Extremo comprimido			
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	$c/t \leq 14\epsilon$	$c/t \leq 21\epsilon\sqrt{k_\sigma}$ Para k_σ , véase la Norma Europea EN 1993-1-5			
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75



— Diseño de secciones para ELU

Diseño elástico (Clase 1 – 4)

■ Criterio 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

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

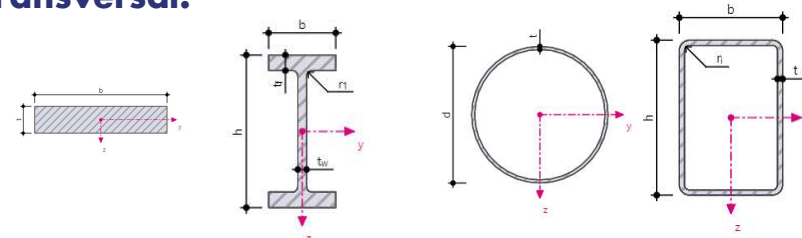
$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} \cdot f_y/\gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{W_{eff,y,min} \cdot f_y/\gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{W_{eff,z,min} \cdot f_y/\gamma_{M0}} \leq 1,0$$

Diseño plástico (Clase 1 y 2)

■ Interacción lineal

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

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



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

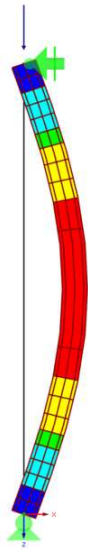
Dlupal Software

Café- pausa



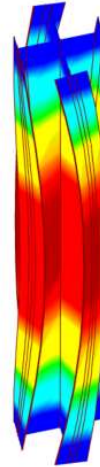


— Comprobaciones de estabilidad $\alpha_{cr} = N_{Ed}/N_{cr,min}$ o bien $\alpha_{cr} = M_{Ed}/M_{cr}$



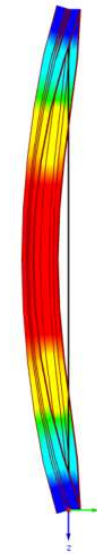
**Pandeo por compresión
en flexión (PCeF)**

$N_{cr,y/z}$; $N_{cr,u/v}$



**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}





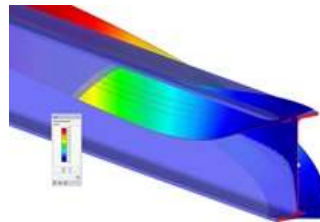
— Comprobación estabilidad – Procedimiento

- 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





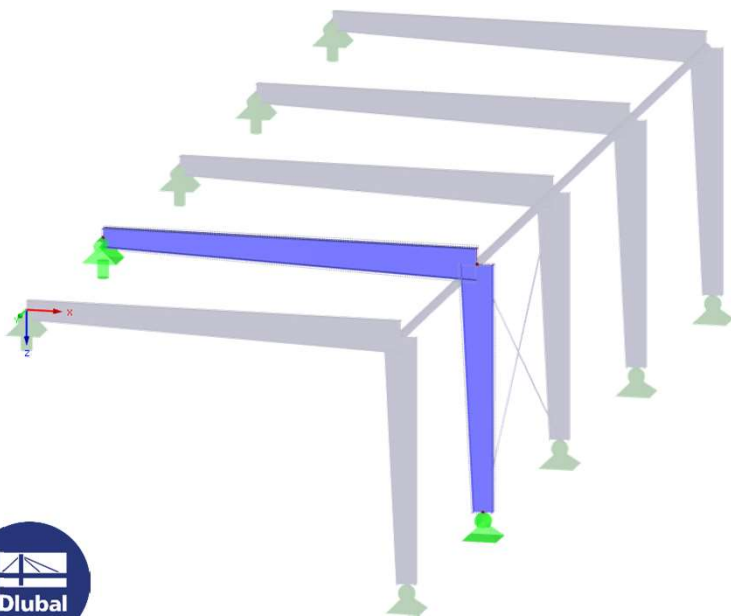
— Comprobación estabilidad – Procedimiento

Procedimiento	Bauteil		Secciones				Esfuerzos				Observaciones
							N-	M ₁	M ₂	M _T	
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	X	Imperfecciones locales y globales tienen que asignarse así como realizar un análisis en Teoría II orden

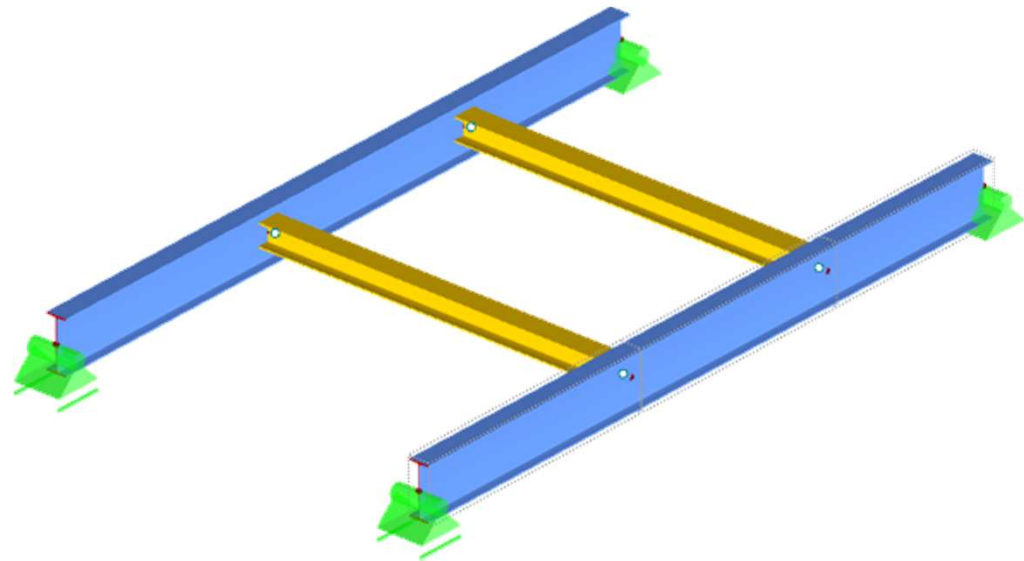


— Ejemplos prácticos

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 Anejo Nacional - CEN

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

Coefficientes 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):

Característica	L /	L _c /
Frecuente	350	175
Cuasipermanente	300	150

Voladizos

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 - C016

Propiedades del material - Acero S 275 I DIN EN 1993-1-1:2010-12

Propiedades de la sección - IPE 120

Flechas

Razón de tensiones

	W _{tot,z}	W _s	W _{tot,z} - W _{s,x}	l / W _{límite,z}	W _{límite,z}	η	
Flecha	8.6	0.0	8.6	200.00	24.0	0.36	≤ 1
Contraflecha							
Flecha menos contraflecha							
Longitud de referencia							
Criterio del valor límite							
Valor límite de flecha							
Razón de tensiones							

Fórmula de cálculo

W_{max,z} / W_{límite,z} = 0.36 ≤ 1 EN 1990 (6.13)



— Aquí encuentra más información sobre el Software Dlubal



Visete nuestra web
www.dlubal.com

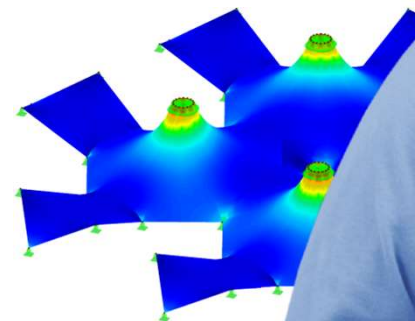
- Vídeos y seminarios grabados
- Boletines
- Eventos, Ferias y seminarios
- Artículos técnicos



Vea las
funcionalidades
y capacidades
en un seminario
en línea



Descargar
versiones
gratuitas



Dlubal Software GmbH
Am Zellweg 2, 93464 Tiefenbach
Germany

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



www.dlubal.com