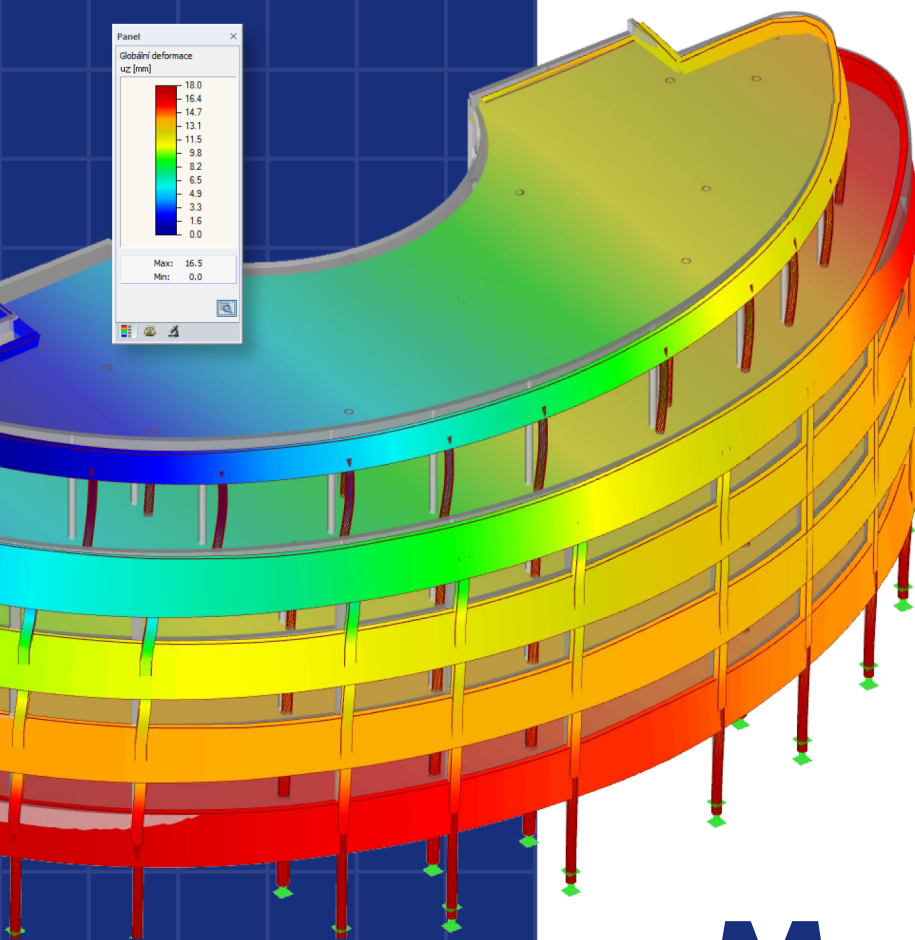


RF-/STEEL EC3

Cálculo del estado límite último y del estado límite de servicio, cálculo de la resistencia frente al fuego y análisis de estabilidad según el Eurocódigo 3



Manual de usuario

Versión

Agosto de 2018



Dlubal Software

Información general breve

1	Introducción	4
2	Datos de entrada	7
3	Cálculo	46
4	Resultados	60
5	Evaluación de resultados	71
6	Copia impresa	80
7	Funciones generales	83
8	Ejemplos	91
A	Bibliografía	106



Dlubal Software GmbH
Am Zellweg 2
93464 Tiefenbach
Alemania

Teléfono: +34 911 438 160
Fax: +49 9673 9203-51
Correo electrónico:
info@dlubal.com

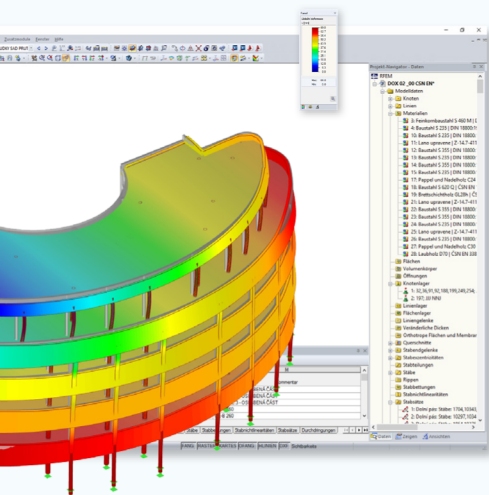
Dlubal Software, Inc.
The Graham Building
30 South 15th Street
15th Floor
Philadelphia, PA 19102
Estados Unidos

Teléfono: +1 267 702-2815
Correo electrónico:
info@dlubal.com

Todos los derechos reservados, incluidos los de traducción. El contenido de esta publicación no podrá reproducirse ni parcialmente, ni por procedimientos mecánicos, ni electrónicos o por cualquier otro medio, incluyendo la fotocopia sin el permiso previo de Dlubal Software GmbH.

i Uso del manual

La descripción del programa está organizada en capítulos para seguir el orden y la estructura de las tablas de entrada de datos y de resultados. Los capítulos presentan las tablas individuales columna por columna. Estas ayudan a comprender mejor el funcionamiento del módulo adicional. Las funciones generales se describen en los manuales de los programas principales RFEM o RSTAB.



Consejo

El texto del manual muestra los botones descritos entre corchetes, por ejemplo [Aceptar]. Además, estos se ilustran también a la izquierda. Las expresiones que aparecen en cuadros de diálogo, tablas y menús se escriben en *cursiva* para facilitar la explicación. También puede utilizar la función de búsqueda en la *base de datos de conocimientos* y *preguntas más frecuentes* para encontrar una solución en los artículos sobre los módulos adicionales.



Actualidad

Las altas exigencias de calidad establecidas en el software están garantizadas por un desarrollo continuo de las versiones de los programas. Esto puede resultar en diferencias entre la descripción del programa y la versión del software actual que esté utilizando. Gracias por comprender que no se pueden hacer reclamaciones por las figuras y descripciones. Siempre intentamos adaptar la documentación al estado actual del software.

Contenidos

1	Introducción	4		
1.1	Módulo adicional RF-/STEEL EC3	4		
1.2	El uso del manual	5		
1.3	Abrir el módulo adicional RF-/STEEL EC3	5		
2	Datos de entrada	7		
2.1	Datos generales	7		
2.1.1	Estado límite último	9		
2.1.2	Estado límite de servicio	11		
2.1.3	Resistencia al fuego	12		
2.1.4	Anejo Nacional (AN)	12		
2.2	Materiales	15		
2.3	Secciones	18		
2.4	Coacciones laterales intermedias	22		
2.5	Longitudes eficaces - Barras	24		
2.6	Longitudes eficaces - Conjuntos de barras	27		
2.7	Apoyos en nudos - Conjuntos de barras	28		
2.8	Articulaciones en barra - Conjuntos de barras	33		
2.9	Parámetros de servicio	34		
2.10	Resistencia al fuego - Barras	35		
2.11	Resistencia al fuego - Conjuntos de barras	36		
2.12	Parámetros - Barras	37		
2.13	Parámetros - Conjuntos de barras	44		
3	Cálculo	46		
3.1	Configuración detallada	46		
3.1.1	Estado límite último	46		
3.1.2	Estabilidad	48		
3.1.3	Servicio	51		
3.1.4	Resistencia al fuego	52		
3.1.5	Torsión de alabeo	54		
3.1.6	Plasticidad	55		
3.1.7	General	57		
3.2	Iniciar el cálculo	59		
4	Resultados	60		
4.1	Cálculo por caso de carga	61		
4.2	Cálculo por sección	62		
4.3	Cálculo por conjunto de barras	63		
4.4	Cálculo por barra	64		
4.5	Cálculo por posición x	64		
4.6	Esfuerzos internos determinantes por barra	65		
4.7	Esfuerzos internos determinantes por conjunto de barras	66		
4.8	Esbeltetes de barra	67		
4.9	Lista de piezas por barra	67		
4.10	Lista de piezas por conjunto de barras	69		
5	Evaluación de resultados	71		
5.1	Resultados en el modelo de RFEM/RSTAB	72		
5.2	Diagramas de resultados	75		
5.3	Filtro para resultados	76		
5.4	Deformadas del modo	78		
6	Copia impresa	80		
6.1	Informe	80		
6.2	Copia impresa gráfica	81		
7	Funciones generales	83		
7.1	Casos de cálculo	83		
7.2	Optimización de la sección	85		
7.3	Unidades y decimales	87		
7.4	Transferencia de datos	88		
7.4.1	Exportar materiales a RFEM/RSTAB	88		
7.4.2	Exportar longitudes eficaces a RFEM/RSTAB	88		
7.4.3	Exportar resultados	89		
8	Ejemplos	91		
8.1	Estabilidad	91		
8.2	Resistencia al fuego	102		
9	Bibliografía	106		

1 Introducción



1.1

Módulo adicional RF-/STEEL EC3



La Norma Europea Eurocódigo 3 [1] describe el diseño, el análisis y la construcción de estructuras de acero en los estados miembros de la Unión Europea. Con los módulos adicionales RF-STEEL EC 3 (para RFEM) y STEEL EC3 (para RSTAB), Dlubal Software proporciona unas herramientas potentes para el cálculo de estructuras de acero. Los diferentes Anejos Nacionales (AN) tienen en cuenta la reglamentación específica de cada país. Además de los parámetros que incluye el programa, puede definir sus propios valores límite o crear nuevos Anejos Nacionales.

A partir de ahora, los módulos adicionales para ambos programas principales se describirán en un manual que se denomina **RF-/STEEL EC3**.

RF-/STEEL EC3 realiza todos los cálculos típicos de los estados límite últimos, así como también los análisis de estabilidad y deformaciones. En el cálculo del estado límite último, el módulo adicional considera el efecto de varias cargas. Es posible elegir entre las fórmulas de interacción que figuran en la norma. Una parte esencial de la verificación según el Eurocódigo 3 es la clasificación de las secciones para calcularlas en las clases 1 hasta 4. De esta forma, se comprueba tanto el límite de la capacidad para resistir tensiones como el límite de la capacidad de giro debido al pandeo local de las partes de la sección. RF-/STEEL EC3 determina las relaciones anchura-espesor (c/t) de las partes de la sección sometidas a compresión y realiza la clasificación automáticamente.

En el análisis de estabilidad, puede especificar por separado para cada barra o conjunto de barras la posibilidad de pandeo por flexión en dirección y y/o z . También puede definir coacciones laterales adicionales con el fin de representar un modelo más realista. Además, es posible considerar el efecto estabilizador de las correas y las chapas mediante coacciones al giro y paneles de cortante. Basado en las condiciones de contorno, RF-/STEEL EC3 determina las esbelteces y las cargas críticas elásticas de pandeo. Es posible determinar automáticamente o especificar de forma manual el momento crítico elástico para pandeo lateral que es necesario para el análisis de pandeo lateral. El programa tiene en cuenta el punto de aplicación de carga de las cargas transversales, que tienen un efecto decisivo sobre la resistencia a torsión.

RF-/STEEL EC3 realiza el cálculo de resistencia frente al fuego según EN 1993-1-2 [2]. Se realiza el cálculo por el nivel de capacidad al aplastamiento según el método de cálculo simplificado. Es posible seleccionar las precauciones frente al fuego en forma de revestimientos con propiedades físicas distintas.

El estado límite de servicio representa un cálculo importante para estructuras con secciones esbeltas. Es posible asignar casos de cargas, combinaciones de carga y combinaciones de resultados para varias situaciones de proyecto. Los Anejos Nacionales predeterminan deformaciones límite que llegado el caso se podrían ajustar. Además, es posible especificar longitudes de referencia y contraflechas que se consideran como corresponde en el cálculo.

RF-/STEEL EC3 le permite también calcular componentes estructurales de acero inoxidable según EN 1993-1-4 [3].

El módulo adicional proporciona una optimización de secciones automática con la posibilidad de exportación de secciones modificadas a RFEM o RSTAB. Los casos de cálculo independientes permiten la flexibilidad para analizar componentes estructurales individuales en estructuras complejas.

Al igual que otros módulos adicionales, RF-/STEEL EC3 se encuentra integrado por completo en RFEM y RSTAB. De este modo, al iniciar el módulo adicional se predeterminan los datos de entrada del cálculo relevante. Después del cálculo, puede utilizar la interfaz gráfica de usuario del programa principal para evaluar los resultados y presentar toda la verificación de manera uniforme y atractiva, ya que también se incluyen en el informe global.



Este manual también describe las siguientes extensiones de módulo para RF-/STEEL EC3:

- **RF-/STEEL Warping Torsion**
- **RF-/STEEL Plasticity**

Le deseamos éxito y un trabajo cómodo con RF-/STEEL EC3.

Su equipo de Dlubal Software

1.2

El uso del manual

Temas como la instalación, interfaz gráfica de usuario, evaluación de resultados y copia impresa se describen en detalle en los manuales de los programas principales RFEM y RSTAB. El presente manual se centra en las características típicas del módulo adicional RF-/STEEL EC3.



Las descripciones en este manual siguen la secuencia y estructura de las ventanas de entrada y de resultados del módulo. El texto del manual muestra los **botones** descritos entre corchetes, por ejemplo [Modo de visualización]. Al mismo tiempo, se ilustran a la izquierda. Las expresiones que aparecen en cuadros de diálogos, ventanas y menús se disponen en *cursiva* para aclarar la explicación.

En el manual PDF es posible realizar una búsqueda de texto completo con la combinación de teclas [Ctrl]+[F]. Sin embargo, en caso de no encontrar lo que está buscando, también puede ir a la [base de datos de conocimientos](#) en nuestro sitio web para buscar artículos relacionados con los módulos adicionales de acero. o consultar en nuestro sitio web las preguntas más frecuentes.

1.3

Abrir el módulo adicional RF-/STEEL EC3

RFEM y RSTAB proporcionan las siguientes opciones para abrir el módulo adicional RF-/STEEL EC3.

Menú

Para iniciar el programa en la barra de menús de RFEM o RSTAB, seleccione

Módulos adicionales → **Proyectos de acero** → **RF-/STEEL EC3**.

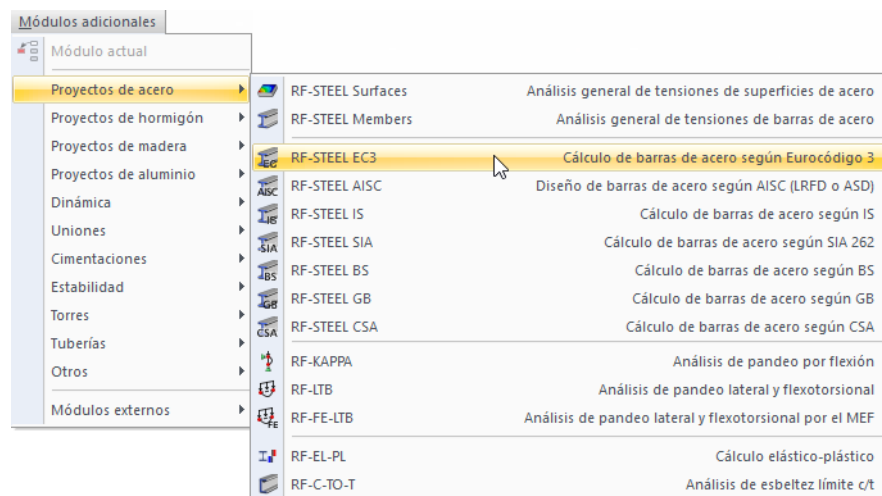


Figura 1.1 Menú Módulos adicionales → Proyectos de acero → RF-STEEL EC3

Navegador

Para iniciar RF-/STEEL EC3 en el navegador Datos, seleccione

Módulos adicionales → RF-/STEEL EC3.

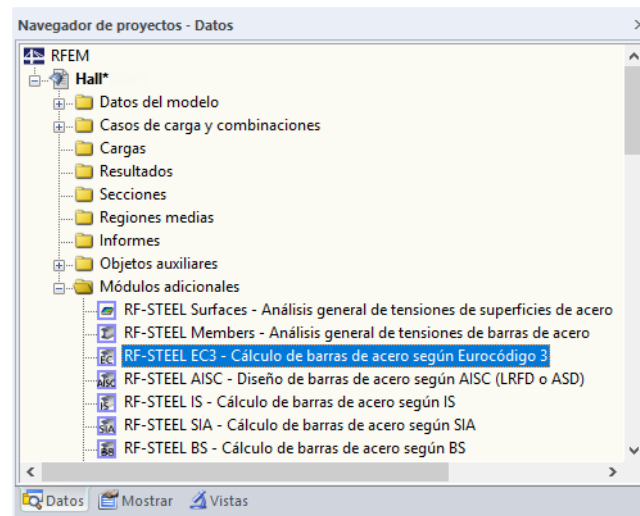
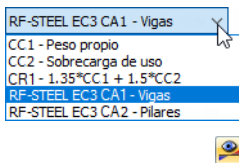


Figura 1.2 Navegador Datos: Módulos adicionales → RF-/STEEL EC3

Panel

Si los resultados de RF-/STEEL EC3 ya están disponibles en el modelo, también puede abrir el módulo de cálculo en el panel:



RF-/STEEL EC3

Asigne el caso de cálculo relevante en la lista de casos de carga de la barra de menús. Haga clic en el botón [Mostrar resultados] para mostrar el criterio de cálculo gráficamente sobre las barras.

Al activar la visualización de resultados, aparece el panel que muestra el botón [RF-/STEEL EC3] que puede pulsar para abrir el módulo adicional.

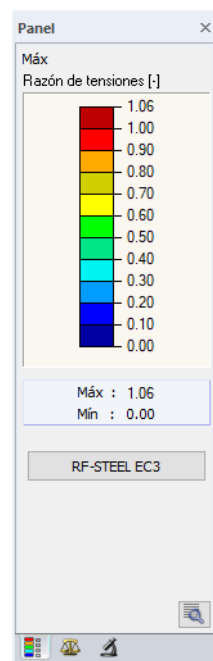



Figura 1.3 Panel con el botón [RF-/STEEL EC3]

2 Datos de entrada



Al iniciar el módulo adicional, aparece una nueva ventana donde se visualiza un navegador a la izquierda que gestiona las ventanas del módulo disponibles. La lista desplegable encima del navegador contiene los casos de cálculo (véase el [capítulo 7.1](#) .

Hay que definir los datos relevantes del cálculo en varias ventanas de entrada. Al abrir por primera vez RF-/STEEL EC3, se importarán los siguientes parámetros de forma automática:

- Barras y conjuntos de barras
- Casos de carga, combinaciones de carga y combinaciones de resultados
- Materiales
- Secciones
- Longitudes de pandeo
- Esfuerzos internos (en segundo plano - si se calculan)

Para seleccionar una ventana, haga clic en la entrada correspondiente en el navegador. Para poner la tabla anterior o siguiente, use los botones que se muestran a la izquierda. También puede usar las teclas de función para seleccionar la ventana siguiente [F2] o la ventana anterior [F3].

Haga clic en [Aceptar] para guardar los datos introducidos. De este modo, sale de RF-/STEEL EC3 y vuelve al programa principal. Haga clic en [Cancelar] para salir del módulo sin guardar los datos nuevos.



Aceptar

Cancelar

2.1

Datos generales

En la *ventana 1.1 Datos generales*, selecciona las barras, los conjuntos de barras y las acciones que desea calcular. Las tres pestañas gestionan los casos de carga, las combinaciones de carga y las combinaciones de resultados para el cálculo del estado límite último, del estado límite de servicio y de la resistencia al fuego.

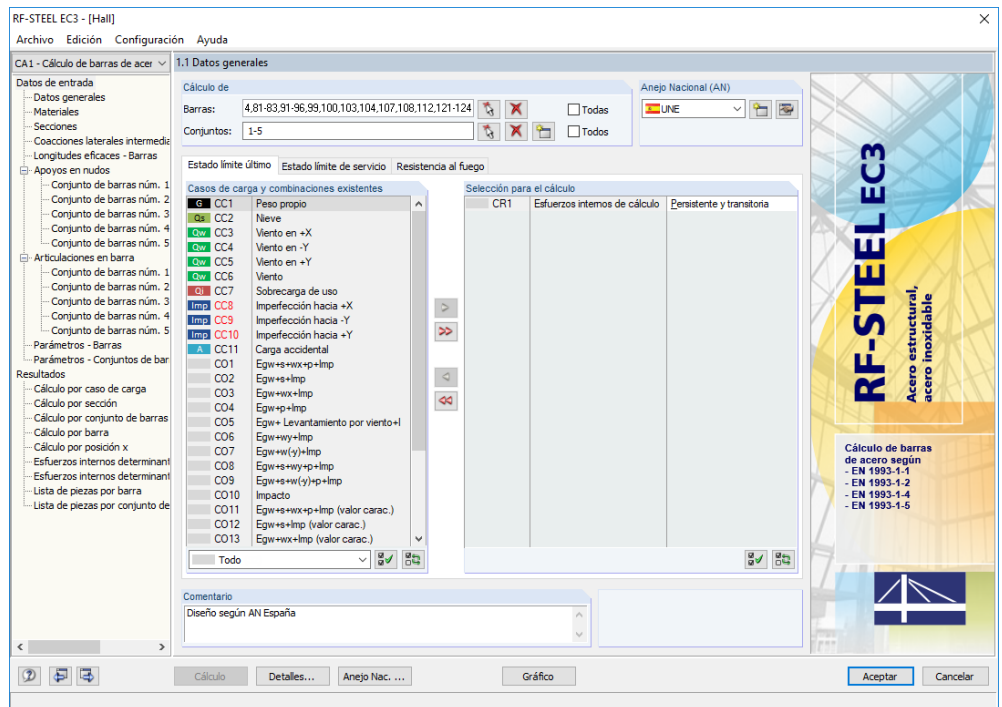


Figura 2.1 Ventana 1.1 Datos generales

Cálculo de

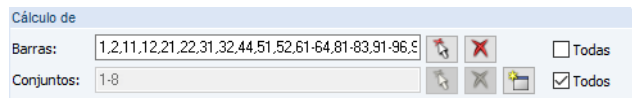


Figura 2.2 Cálculo de barras y conjuntos de barras

Puede calcular tanto *Barras* como *Conjuntos* de barras. Si solo desea calcular objetos seleccionados, vacíe la casilla *Todas* las barras o *Todos* los conjuntos de barras: entonces, podrá acceder a los cuadros de texto para introducir los números de las barras o conjuntos de barras relevantes. Use el botón [Eliminar] para vaciar la lista de números preestablecidos en el cuadro. Use el botón [Seleccionar] para definir los objetos gráficamente en la ventana de trabajo de RFEM o RSTAB.

Al calcular un conjunto de barras, el programa determina los valores extremos de los cálculos de todas las barras contenidas en este conjunto de barras y considera las condiciones de contorno debido a las barras conectadas para el análisis de estabilidad. En las ventanas de resultados 2.3 *Cálculo por conjunto de barras*, 3.2 *Esfuerzos internos determinantes por conjunto de barras* y 4.2 *Lista de piezas por conjunto de barras* se muestran los resultados.

Haga clic en el botón [Nuevo] para definir un nuevo conjunto de barras. Aparece el conocido cuadro de diálogo de RFEM o RSTAB donde puede introducir los parámetros para el conjunto de barras.

Anejo Nacional (AN)

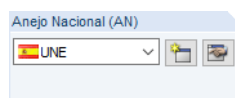


Figura 2.3 Anejo Nacional

En la lista de menú desplegable en la esquina superior derecha de la ventana, puede seleccionar el Anejo Nacional cuyos parámetros se aplican al cálculo y a los valores límite de deformación.

Use el botón [Editar] para abrir un cuadro de diálogo donde puede comprobar y, en caso necesario,

ajustar los parámetros del Anejo Nacional actual. El cuadro de diálogo se describe en el capítulo 2.1.4 [\[4\]](#).

Comentario



Figura 2.4 Comentario definido por el usuario

En este cuadro de texto, es posible escribir notas definidas por el usuario que describan, por ejemplo, el caso de cálculo actual.

2.1.1 Estado límite último

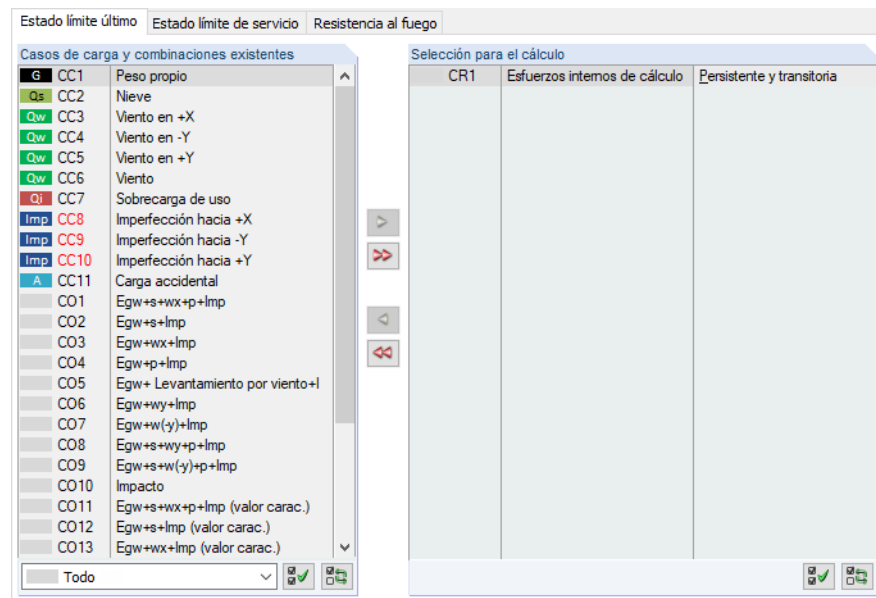


Figura 2.5 Ventana 1.1 Datos generales, pestaña Estado límite último

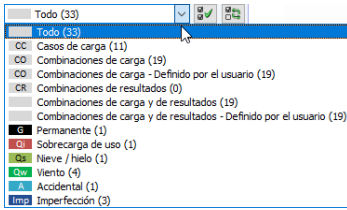
Casos de carga y combinaciones existentes

Esta columna enumera todos los casos de carga, combinaciones de carga y combinaciones de resultados que se han creado en RFEM o RSTAB.

Para transferir las entradas seleccionadas a la lista de *Selección para el cálculo* a la derecha, haga clic en el botón . Como alternativa, puede hacer doble clic en las entradas. Para transferir toda la lista a la derecha, use el botón .

Tal como es común para aplicaciones de Windows, es posible la selección de varios casos de carga haciendo clic sobre cada uno de ellos mientras presiona la tecla [Ctrl]. De este modo, puede transferir varios casos de carga al mismo tiempo.

Si aparece un número de caso de carga en rojo tal como el CC8 en la [figura 2.5 \[4\]](#), no podrá calcularlo: indica un caso de carga sin datos de carga o un caso de carga que contiene imperfecciones. Cuando transfiere un caso de carga así, aparece un aviso correspondiente.



Debajo de la lista, hay varias opciones de filtro disponibles. Le ayudarán a asignar las entradas ordenadas por caso de carga, combinación de carga o categoría de acción. Los botones tienen las siguientes funciones:

	Selecciona todos los casos de carga en la lista
	Invierte la selección de casos de carga

Tabla 2.1 Botones en la pestaña *Estado límite último*

Selección para el cálculo

La columna de la derecha enumera los casos de carga, así como las combinaciones de carga y de resultados, que se han seleccionado para el cálculo. Haga clic en o doble clic en las entradas para quitar los elementos seleccionados de la lista. Haga clic en para vaciar toda la lista.

Puede asignar los casos de carga, así como las combinaciones de carga y de resultados, a las siguientes situaciones de proyecto :

- *Persistente y transitoria*
- *Accidental*

Esta clasificación controla los coeficientes parciales γ_{M0} , γ_{M1} y M_2 que se incluyen en la determinación de las resistencias R_d para los análisis de secciones y estabildades (véase la [figura 2.10](#)).

Use la lista para modificar la situación de proyecto. El acceso a esta lista es posible haciendo clic en el botón al final del cuadro de texto.

Selección para el cálculo		
CO2	Egw+s+Imp	Persistente y transitoria
CO3	Egw+wx+Imp	Persistente y transitoria
CO4	Egw+p+Imp	Accidental
CO6	Egw+wy+Imp	Persistente y transitoria
CO8	Egw+s+wy+p+Imp	Persistente y transitoria
CO10	Impacto	Accidental

Figura 2.6 Asignar la situación de proyecto

Para una selección múltiple, presione la tecla [Ctrl] y haga clic en las entradas correspondientes. De este modo, puede modificar varias entradas a la vez.

Si bien se calcula antes una combinación de resultados (CR) de la envolvente máx./mín. que todos los casos de carga y combinaciones de carga, el análisis de una combinación de resultados también tiene sus desventajas: en primer lugar, la complejidad para distinguir la influencia de las acciones que contiene. En segundo lugar, para determinar el momento crítico elástico M_{cr} para pandeo lateral, se analiza la envolvente de las distribuciones del momento, tomándose la distribución más desfavorable (máx. o mín.). Sin embargo, rara vez esta distribución refleja la distribución disponible del momento en las combinaciones de cargas individuales. De este modo, para calcular CR se esperan valores más desfavorables para M_{cr} , con un predominio de coeficientes más elevados.

Solo se deberán seleccionar combinaciones de resultados para el cálculo en caso de combinaciones dinámicas. Para combinaciones "habituales", debido a la aplicación de distribuciones del momento actual aquí para determinar M_{cr} , se recomienda el uso de combinaciones de carga.

En la pestaña *General* del cuadro de diálogo *Detalles*, puede definir la forma en la que se tratan en el cálculo las combinaciones de resultados de tipo "O" (véase el [capítulo 3.1.7](#)).



Combinación de resultados

Detalles...

2.1.2 Estado límite de servicio

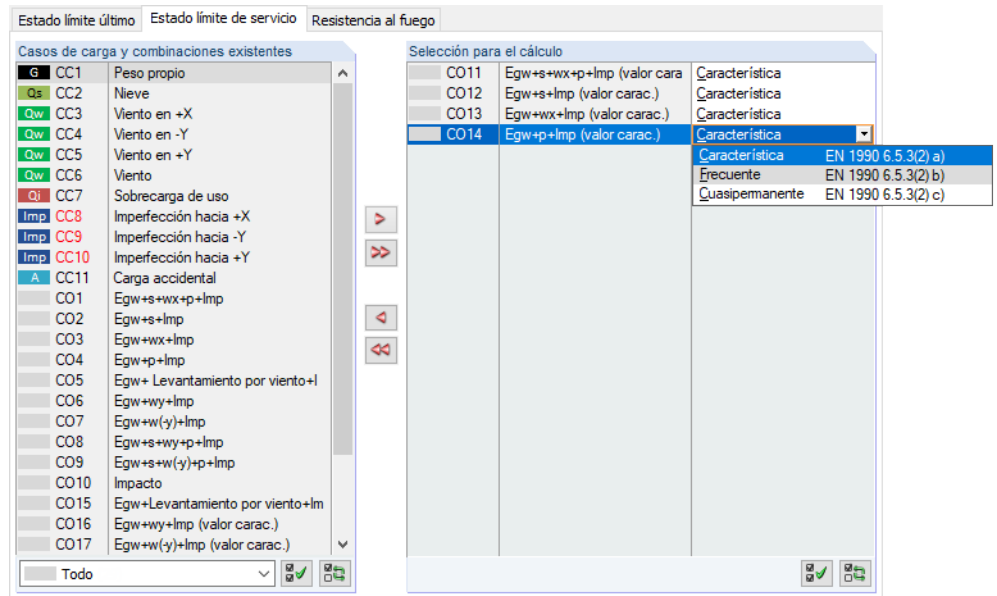


Figura 2.7 Ventana 1.1 Datos generales, pestaña Estado límite de servicio

Casos de carga y combinaciones existentes


Esta columna enumera todos los casos de carga y combinaciones que se han creado en RFEM o RSTAB.

Selección para el cálculo

Puede añadir o quitar casos de carga, combinaciones de carga y combinaciones de resultados como se describe en el capítulo 2.1.1 [2].

Es posible asignar valores límite distintos para flecha a casos de carga, combinaciones de carga y combinaciones de resultados, así como seleccionar una de las situaciones de proyecto que se muestran a continuación:

- *Característica*
- *Frecuente*
- *Cuasipermanente*

Use la lista para modificar la situación de proyecto. El acceso a esta lista es posible haciendo clic en el botón  al final del cuadro de texto (véase la figura 2.6 [2]).

En el Anejo Nacional se definen los valores límite de las deformaciones. Su ajuste para las situaciones de proyecto es posible en el cuadro de diálogo *Parámetros del Anejo Nacional* (véase la figura 2.10 [2]) que puede abrir con el botón [Anejo Nac.].

En la ventana 1.9 *Datos de servicio*, se gestionan las longitudes de referencia que se aplican al análisis de deformaciones (véase el capítulo 2.9 [2]).

Anejo Nac. ...

2.1.3 Resistencia al fuego

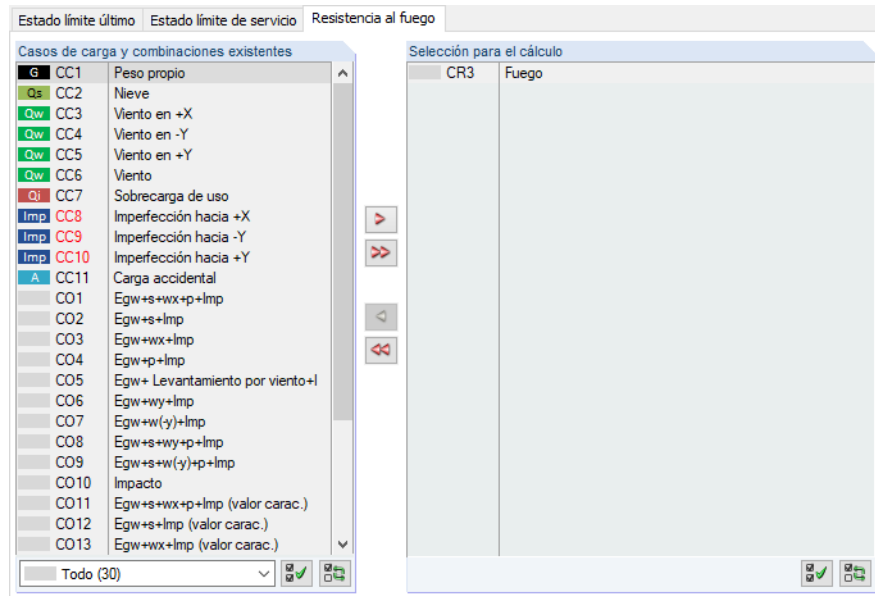


Figura 2.8 Ventana 1.1 Datos generales, pestaña Resistencia al fuego

Casos de carga y combinaciones existentes

Esta columna enumera todos los casos de carga y combinaciones que se han creado en RFEM o RSTAB.

Selección para el cálculo

Puede añadir o quitar casos de carga, combinaciones de carga y combinaciones de resultados como se describe en el capítulo 2.1.1. Aquí, debería seleccionar las acciones que se han determinado según EN 1991-1-2 [2].

También son posibles los cálculos de resistencia al fuego para secciones combinadas.



2.1.4 Anejo Nacional (AN)

En la lista en la esquina superior derecha de la ventana 1.1 Datos generales, puede seleccionar el Anejo Nacional cuyos parámetros desea aplicar en el cálculo y los valores límite de deformación.



Figura 2.9 Selección del Anejo Nacional

Anejo Nac. ...

Llegado el caso, para comprobar y ajustar los parámetros predeterminados, haga clic en el botón  (véase la figura 2.10 [\[1\]](#)). Utilice el botón  para crear un Anejo definido por el usuario.

Además, encontrará en cada ventana de entrada el botón [Anejo Nac.], el cual podrá utilizar también para abrir el cuadro de diálogo *Parámetros del Anejo Nacional*, que consta de dos pestañas.

Base

Figura 2.10 Cuadro de diálogo *Parámetros del Anejo Nacional* - CEN, pestaña Base

En las secciones individuales de esta pestaña, puede comprobar y ajustar, llegado el caso, los *Coeficientes parciales*, los *Límites de servicio (flechas)* y los *Parámetros para pandeo lateral*.



En el *Método general según la sección 6.3.4*, puede especificar si los análisis de estabilidad se realizan siempre según el apartado 6.3.4 de [\[1\]](#) [\[2\]](#). Según el Anejo Nacional alemán, el método general solo se permite para secciones en I. La opción *Habilitar también para secciones que no sean I* le permite utilizar el método también para otras secciones.

Además, puede realizar un análisis de estabilidad utilizando la curva de pandeo lateral de Naumes [\[4\]](#) [\[5\]](#). En su disertación [\[5\]](#) [\[6\]](#), Naumes desarrolló el "Método general para análisis de pandeo y pandeo lateral de componentes estructurales" según el apartado 6.3.4 de [\[1\]](#) [\[2\]](#) para flexión transversal adicional y torsión. El método adaptado también está disponible para calcular tanto secciones asimétricas como barras de sección variable y conjuntos de barras con flexión biaxial (actualmente no se considera la torsión en RF-/STEEL EC3).

Según el punto (4) del apartado 6.3.4 de [\[1\]](#) [\[2\]](#), el coeficiente de reducción χ_{op} se ha de calcular

(a) como valor mínimo de los valores para pandeo según 6.3.1 o χ_{LT} para pandeo lateral según 6.3.2 utilizando la relación de esbeltez λ_{op} , o bien

(b) como un valor que se interpola entre χ y χ_{LT} - véase también la ecuación (6.66) de [\[1\]](#) [\[2\]](#).

Debido a que el método de Naumes se basa en la curva europea de pandeo lateral normalizada y considera el factor de imperfección modificado α^* , se podrá omitir la interacción entre el pandeo por

flexión y el pandeo lateral según la ecuación (6.66) de [1]

Cálculo	
Plano principal	Plano secundario
$\alpha_{Ed}(x) = \frac{\chi_{LT}(x) \cdot \alpha_{ult,k}(x)}{\gamma_{M1}} \geq 1$	$\beta_z(x) = \frac{M_{z,Ed}(x)}{M_{z,Rd}(x)} \cdot (1 - q_{Mz})$
Diseño	
simplificado	exacto
$\Delta n_R = 0.9$	$\Delta n_R = 1 - \frac{1}{\alpha_{Ed}(x)} \cdot \left[1 - \frac{1}{\alpha_{Ed}(x)} \right] \cdot \chi_{LT}^2(x) \cdot \bar{\chi}_{LT}^2(x)$
$\frac{1}{\alpha_{Ed}(x)} + \beta_z(x) \leq \Delta n_R$	

Figura 2.11 El cálculo se ejecuta para el método de Naumes

En la primera etapa se ejecuta por separado el cálculo para los planos principal y secundario que soportan la carga. A la vez se determina el factor de momento q_{Mz} según la [figura 2.12](#) .

En la segunda etapa se determina el criterio de cálculo Δn_R .

Por último, se realiza el cálculo mediante la evaluación de las razones de tensiones de los planos principal y secundario que soportan la carga y mediante la comparación de las mismas con los criterios de cálculo Δn_R .

Diagrama de momentos M_z	q_{Mz}
	$q_{Mz} = 0.21 \cdot (1 - \psi_z) + 0.36 \cdot (0.33 - \psi_z) \cdot \frac{1}{\alpha_{crit}} \leq \frac{1}{\alpha_{crit}}$
	$q_{Mz} = \frac{1}{\alpha_{crit}} \cdot \left(1 - \frac{\pi^2 EI_z \cdot \max \delta_y }{l^2 \cdot \max M_{z,Ed} } \right)$
	$\max \delta_y $ es la distribución de flexión transversal principal $\max M_{Ed} $ es la distribución de flexión transversal principal a lo largo del eje longitudinal del componente
	$q_{Mz} = 0.18 \cdot \frac{1}{\alpha_{crit}}$
	$q_{Mz} = 0.03 \cdot \frac{1}{\alpha_{crit}}$

Figura 2.12 Determinación del factor de momento q_{Mz}

En el cuadro de diálogo *Parámetros del Anejo Nacional* los botones tienen las siguientes funciones:

Botón	Función
	Restaura la configuración previa del programa




	Importa la configuración predeterminada definida por el usuario
	Guarda la configuración modificada como predeterminada
	Elimina el Anejo Nacional definido por el usuario

Tabla 2.2 Botones en el cuadro de diálogo *Parámetros del Anejo Nacional*

Acero inoxidable (EN 1993-1-4)

RF-/STEEL EC3 le permite también calcular componentes estructurales de acero inoxidable según EN 1993-1-4 [3] [\[3\]](#).

En la segunda pestaña del cuadro de diálogo *Parámetros del Anejo Nacional*, encuentra los *Coefficientes parciales* y los *Parámetros para análisis de estabilidad*.

Parámetros del Anejo Nacional - UNE

Base Acero inoxidable (EN 1993-1-4)

Coefficientes parciales según 5.1

- Para resistencia de secciones γ_{M0} : 1.100
- Para resistencia de barras a pandeo (evaluado para comprobaciones en el apartado 6.3) γ_{M1} : 1.100
- Para resistencia de secciones a rotura por tracción γ_{M2} : 1.250

Cortante según 5.6(2) y abolladura por tensiones tangenciales

Factor η : 1.200

Parámetros para análisis de estabilidad

Coefficientes de imperfección α y valores λ_0 para compresión central según la tabla 5.3

	Coefficiente de imperfección α	Parámetro para Φ λ_0
Pandeo		
- Secciones abiertas conformadas en frío:	0.490	0.400
- Secciones huecas (soldadas o sin soldar):	0.490	0.400
- Secciones abiertas soldadas (respecto al eje mayor):	0.490	0.200
- Secciones abiertas soldadas (respecto al eje menor):	0.760	0.200
Pandeo torsional y lateral		
- Todas las barras estructurales:	0.340	0.200
Coefficientes de imperfección α_{LT} para pandeo lateral según 5.4.3.1(1)		
- Secciones conformadas en frío y secciones huecas (soldadas y sin soldar):	0.340	
- Secciones abiertas soldadas y otras secciones:	0.760	







Botones:       Aceptar Cancelar

Figura 2.13 Cuadro de diálogo *Parámetros del Anejo Nacional - CEN*, pestaña *Acero inoxidable (EN 1993-1-4)*

2.2

Materiales

Esta ventana del módulo se subdivide en dos partes. La parte superior enumera todos los materiales creados en RFEM o RSTAB. La sección *Propiedades del material* muestra las propiedades del material actual, es decir, la fila de la tabla que está seleccionada en este momento en la parte superior.

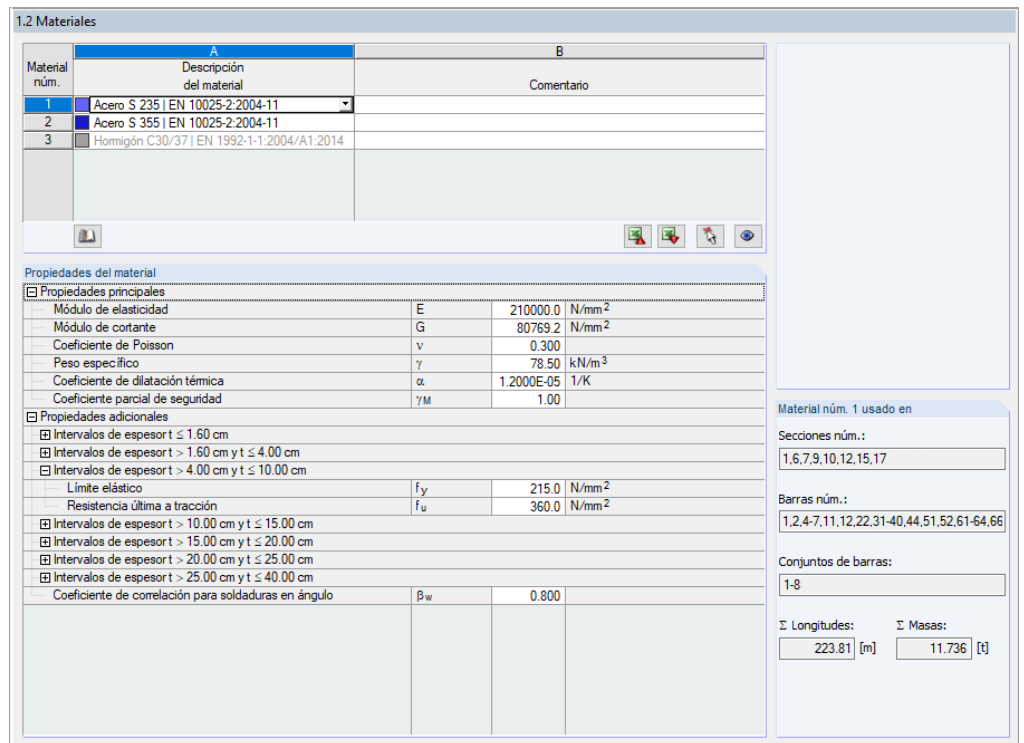


Figura 2.14 Ventana 1.2 Materiales

Los materiales que no se van a usar en el cálculo aparecen en letra gris, los que no se admiten se resaltan en rojo y los modificados se visualizan en azul.

El capítulo 4.3 del manual de RFEM o el capítulo 4.2 del manual de RSTAB describe las propiedades del material utilizadas para la determinación de los esfuerzos internos (*Propiedades principales*). En la biblioteca de materiales global se guardan las propiedades de los materiales requeridas para el cálculo. Se trata de valores predeterminados (*Propiedades adicionales*).

Para ajustar las unidades y decimales de las propiedades y tensiones, seleccione en el menú del módulo **Configuración** → **Unidades y decimales** (véase el capítulo 7.3 [4]).

Descripción del material

Si bien los materiales que se definen en RFEM o RSTAB han sido fijados de antemano, puede modificarlos en cualquier momento: haga clic en el material en la columna A para activar el campo, luego haga clic en el botón o presione la tecla de función [F7] para abrir la lista de materiales.

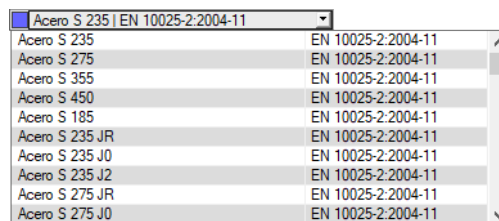


Figura 2.15 Lista de materiales

De acuerdo con el concepto de cálculo de la norma [1] [4], solo se pueden seleccionar los materiales de la categoría Acero.

Después de la transferencia de material, se actualizan las *Propiedades del material* del cálculo pertinente.

Si modifica a mano la descripción del material y la biblioteca de materiales incluye en su lista esa

nueva entrada, RF-/STEEL EC3 también importará las propiedades del material.

Por lo general, las propiedades del material no son editables en el módulo adicional RF-/STEEL EC3.

Biblioteca de materiales

En la base de datos se almacenan muchos materiales. Para abrir la biblioteca, seleccione

Edición → **Biblioteca de materiales**

o use el botón que se muestra a la izquierda.

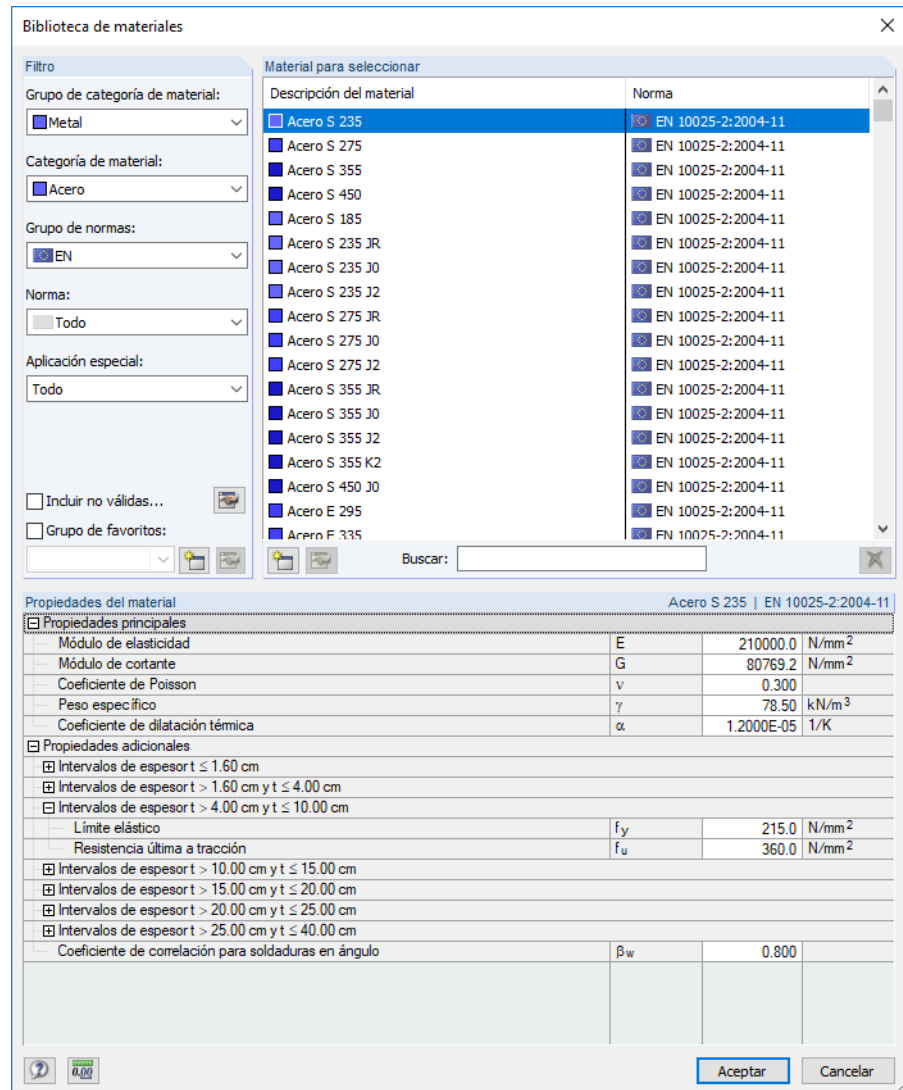


Figura 2.16 Cuadro de diálogo Biblioteca de materiales

En la sección *Filtro* ya se encuentra prefijada la categoría *Acero*. Puede seleccionar la clase de material que desee de la lista *Material para seleccionar* y luego comprobar sus propiedades en la sección inferior del diálogo.

Haga clic en [Aceptar] o utilice [↵] para transferir el material seleccionado a la ventana 1.2 de RF-/STEEL EC3.

Aceptar

El capítulo 4.3 del manual de RFEM o el capítulo 4.2 del manual de RSTAB describe cómo filtrar, agregar o reorganizar materiales.

En la biblioteca, también puede seleccionar materiales de las categorías *Fundición de hierro* y *Acero inoxidable*. Sin embargo, verifique que el concepto de cálculo de la norma [1] admite estos materiales.

2.3

Secciones

Esta ventana enumera las secciones que se usan para el cálculo. Puede además especificar los parámetros de optimización.

1.3 Secciones

Sección num.	A	B	C	D	E	F	G
	Material num.	Descripción de la sección	Tipo de sección	Clasificación de la sección	Optimizar	Nota	Comentario
1	1	IPE 400 Euronorm 19-	Sección en laminad	Automáticamente	No	5)	
2	1	IPE 300 Euronorm 19-	Sección en laminad	Automáticamente	De la serie actual	2)	
3	1	ICU IPE 300 + IPE 300	General	Automáticamente	No	3)	
4	1	ICU IPE 300 + IPE 300	General	Automáticamente	De la serie actual	5)	
5	2	IPE 300 Euronorm 19-	Sección en laminad	Automáticamente	De favoritos "Euronorm"	2)	
6	1	HE A 140 Euronorm 5	Sección en laminad	Automáticamente	No	5)	
7	1	HE A 200 Euronorm 5	Sección en laminad	Automáticamente	No	5)	
8	1	RO 101.6x5 (conforma)	Tubo	Automáticamente	No	5)	
9	1	IPE 200 Euronorm 19-	Sección en laminad	Automáticamente	No	5)	
10	1	RD 20	General	Automáticamente	No	5)	

2) La sección se optimizará, utilizando la mejor sección de la tabla.

Propiedades de la sección - IPE 300 | Euronorm 19-57

Tipo de sección	Sección en laminada	
Altura de la sección	h	300.0 mm
Ancho de la sección	b	150.0 mm
Espesor del alma	t _w	7.1 mm
Espesor del ala	t _f	10.7 mm
Radio de la raíz	r	15.0 mm
Área de la sección	A	53.80 cm ²
Área eficaz a cortante	A _{v,y}	33.67 cm ²
Área eficaz a cortante	A _{v,z}	25.67 cm ² ≥ η _h t _w 6.2.6(3)a)
Momento de inercia	I _y	8360.00 cm ⁴
Momento de inercia	I _z	604.00 cm ⁴
Módulo de torsión	I _t	20.20 cm ⁴
Radio de giro	i _y	125.0 mm
Radio de giro	i _z	33.5 mm
Módulo resistente elástico	W _{el,y}	557.00 cm ³
Módulo resistente elástico	W _{el,z}	80.50 cm ³
Módulo resistente plástico	W _{pl,y}	628.00 cm ³

Sección num. 2 usada en

Barras num.: 4,8,9,11-13,17,21,30,34,43,47,57-60

Conjuntos de barras num.: 1-4

Σ Longitudes: 45.86 [m] Σ Masas: 1.937 [t]

Material: 1 - Acero S 235 | EN 10025-2:2004-11

Figura 2.17 Ventana 1.3 Secciones

Descripción de la sección

Las secciones que se han definido en RFEM o RSTAB se prefijan junto con los números de materiales asignados.



Para modificar una sección, haga clic en la entrada en la columna B y quede activo este campo. Luego, abra la tabla de secciones del campo de entrada actual haciendo clic en el botón [Biblioteca de secciones] o en el botón al final del cuadro. También es posible utilizar la tecla de función [F7] (véase la figura 2.18).



En este cuadro de diálogo, puede escoger otra sección o incluso una tabla de secciones distinta. Si desea seleccionar otra categoría de secciones completamente diferente, haga clic en el botón [Volver a la biblioteca de secciones] para que se abra entonces la biblioteca de secciones general.

El capítulo 4.13 del manual de RFEM o el capítulo 4.3 del manual de RSTAB describe cómo seleccionar secciones de la biblioteca.

También puede introducir una descripción nueva de la sección directamente en el campo de entrada en la columna B. RF-/STEEL EC3 importará las propiedades de la sección si la base de datos ya incluye esta entrada. Una sección modificada se resalta en azul.

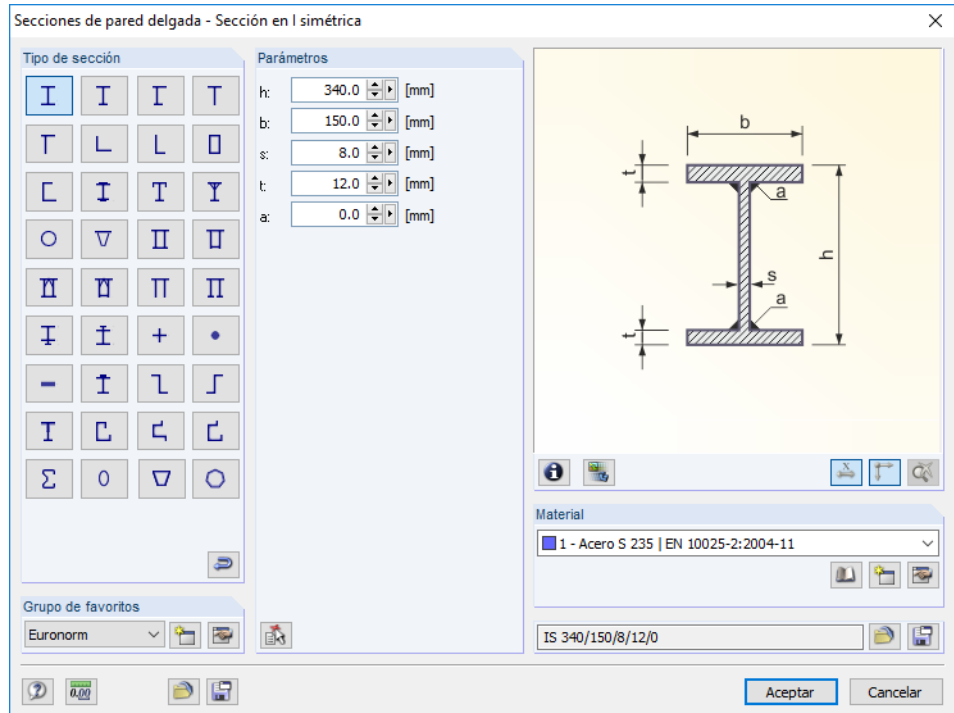
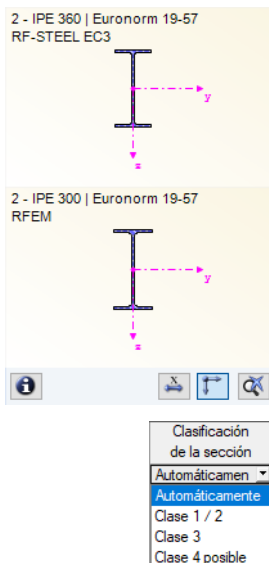


Figura 2.18 Tipos de secciones en I simétricas de la biblioteca de secciones



Si los grupos de secciones en RF-/STEEL EC3 difieren de aquellos que se han utilizado en RFEM o RSTAB, se visualizarán ambas secciones en el gráfico a la derecha. Se realizarán los cálculos con los esfuerzos internos de RFEM o RSTAB para la sección seleccionada en RF-/STEEL EC3.

Tipo de sección

Esta columna muestra el tipo de sección que se utiliza para la clasificación. Será posible el cálculo de la plasticidad o elasticidad de las secciones enumeradas en [1] [\[1\]](#), tabla 5.2, en función de la clase. Las clasificaciones que no se incluyen en esta tabla se clasifican como *General* y solo es posible un cálculo elástico, lo que significa de clase 3 o 4.

Clasificación

RF-/STEEL EC3 realiza la clasificación *Automáticamente*. En caso de que no lo quiera así, puede definir de forma manual la clase de la sección en la lista desplegable. Por ejemplo, como no es posible que una sección en I empotrada en hormigón se doble en la zona, una clasificación manual dentro de la clase 2 posibilitaría la realización del cálculo sin tener que considerar las anchuras eficaces.

Razón de tensiones máx.

Esta columna se muestra después del cálculo y pretende ser de ayuda para decidir en la optimización: mediante un vistazo a las razones de tensiones y sus escalas de relación en color, puede ver de forma clara el poco uso de una sección y, de este modo, si se encuentra sobredimensionada o ha sido sometida a una tensión en extremo, siendo demasiado pequeña.

Optimizar

Cada sección de la biblioteca puede pasar por un proceso de optimización: para los esfuerzos internos de RFEM o RSTAB, el programa busca la sección que más se aproxima a la razón máxima definida por el usuario, cuya definición es posible en la pestaña *General* del cuadro de diálogo *Detalles* (véase la [figura 3.11](#) [\[1\]](#)).

Para optimizar una sección, abra la lista desplegable en la columna E o F y seleccione la entrada

Detalles...

relevante: *De la serie actual* o, si está disponible, *De las "Descripciones" favoritas*. Es posible encontrar recomendaciones para optimizar secciones en el [capítulo 7.2](#).

Nota

Esta columna muestra notas en forma de notas al pie que se explican debajo de la lista de esta sección.




Si antes del cálculo aparece la advertencia *¡Tipo incorrecto de sección!*, se fija una sección que no esté enumerada en la base de datos. Es posible que se trate de una sección definida por el usuario o de una sección de SHAPE-THIN que no se haya calculado aún. Para seleccionar una sección adecuada para el cálculo, haga clic en el botón [Biblioteca] (véase la descripción debajo de la [figura 2.17](#)).

Barra de sección variable

Para barras de sección variable con secciones distintas al inicio y al final de la barra, se muestran ambos números de secciones en dos filas, de conformidad con su definición en RFEM o RSTAB.

RF-/STEEL EC3 calcula también barras acarteladas, siempre y cuando la sección al inicio de la barra tenga el mismo número de puntos de tensión que la sección al final de la misma. Las tensiones normales, por ejemplo, se determinan a partir de los momentos de inercia y las distancias al centro de gravedad de los puntos de tensión. Si las secciones al inicio y al final de una barra de sección variable tienen números distintos de puntos de tensión, no se podrán interpolar los valores intermedios y su cálculo no será posible en RFEM, RSTAB ni RF-/STEEL EC3.

Es posible comprobar gráficamente los puntos de tensión de la sección que incluyen numeración: seleccione la sección en la ventana 1.3 y luego haga clic en el botón . Aparece el cuadro de diálogo que se muestra en la [figura 2.19](#).

Información de la sección



Debajo del gráfico de la sección encuentra el botón [Información]. Haga clic sobre el mismo para abrir el cuadro de diálogo *Información de la sección*, donde puede ver las propiedades de la sección, los puntos de tensión y las partes c/t.

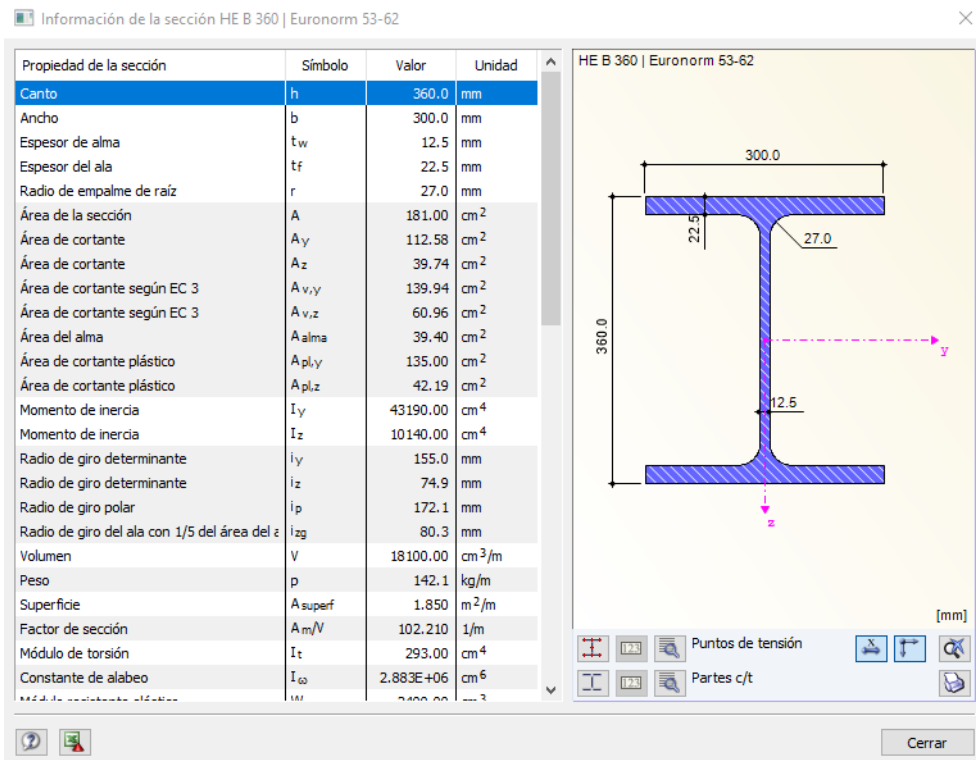


Figura 2.19 Cuadro de diálogo Información de la sección

Los botones debajo del gráfico de la sección tienen las siguientes funciones:

Botón	Función
	Muestra u oculta los puntos de tensión
	Muestra u oculta las partes c/t
	Muestra u oculta los números de los puntos de tensión o las partes c/t
	Muestra los detalles de los puntos de tensión o las partes c/t (véase la figura 2.20)
	Muestra u oculta las dimensiones de la sección
	Muestra u oculta los ejes principales de la sección
	Restablece la vista completa del gráfico de la sección

Tabla 2.3 Botones del gráfico de la sección



Utilice el botón [Detalles] para acceder a información específica sobre puntos de tensión (distancias al centro de gravedad, momentos estáticos del área, ordenadas de alabeo, etc.) y partes c/t.

Puntos de tensión de HE B 260 | Euronorm 53-62

Pto tens. n.º	Coordenadas		Momentos estáticos		Espesor t [mm]	Alabeo	
	y [mm]	z [mm]	S_y [cm ³]	S_z [cm ³]		ω [cm ²]	S_{ω} [cm ⁴]
1	-130.0	-130.0	0.00	0.00	17.5	157.63	0.00
2	-29.0	-130.0	-214.31	-140.37	17.5	35.16	-1703.76
3	0.0	-130.0	-279.51	-148.62	17.5	0.00	-1792.98
4	29.0	-130.0	-214.31	140.37	17.5	-35.16	1703.76
5	130.0	-130.0	0.00	0.00	17.5	-157.63	0.00
6	-130.0	130.0	0.00	0.00	17.5	-157.63	0.00
7	-29.0	130.0	-214.31	140.37	17.5	-35.16	-1703.76
8	0.0	130.0	-279.51	148.62	17.5	0.00	-1792.98
9	29.0	130.0	-214.31	-140.37	17.5	35.16	-1703.76
10	130.0	130.0	0.00	0.00	17.5	157.63	0.00
11	0.0	-88.5	-602.29	0.00	10.0	0.00	0.00
12	0.0	88.5	-602.29	0.00	10.0	0.00	0.00
13	0.0	0.0	-641.47	0.00	10.0	0.00	0.00

HE B 260

Cerrar

Figura 2.20 Cuadro de diálogo Puntos de tensión de HE B 260

Curvas de pandeo de la sección



Si la situación lo requiere, puede modificar las curvas de pandeo en la tabla *Propiedades de la sección* (parte inferior de la ventana 1.3 Secciones).

Curva de pandeo	BC _y	a	Tab. 6.2
Curva de pandeo	BC _z	a0	Tab. 6.2

a
b
c
d

Figura 2.21 Modificación de la curva de pandeo BC_y

2.4

Coacciones laterales intermedias

En la ventana 1.4, puede definir las coacciones laterales intermedias para las barras. RF-/STEEL EC3 siempre adopta esta clase de apoyo perpendicular al eje z débil de la sección (véase la figura 2.19), de modo que sea posible influir en las longitudes eficaces de la barra (solo para el tipo de coacción *Lateral y torsional*), importantes para los análisis de estabilidad en lo que a pandeo por flexión y lateral se refiere.

1.4 Coacciones laterales intermedias

Barra núm.	A Coacciones laterales	B Tipo de coacción	C Longitud L [m]	D Número	Coacciones laterales intermedias [-]												
					E x ₁	F x ₂	G x ₃	H x ₄	I x ₅	J x ₆	K x ₇	L x ₈	M x ₉				
14	<input type="checkbox"/>		3.262														
15	<input checked="" type="checkbox"/>	Lateral y torsional	6.274	2	0.400	0.750											
33	<input type="checkbox"/>		3.000														
34	<input type="checkbox"/>		3.546														
35	<input type="checkbox"/>		3.000														
36	<input checked="" type="checkbox"/>	Lateral (ala superior)	4.094	1	0.500												
41	<input type="checkbox"/>		3.011														
42	<input type="checkbox"/>		3.262														
43	<input checked="" type="checkbox"/>	Definido por el u...	6.274	1	0.500												
51	<input type="checkbox"/>		3.000														

Relativo (0 ... 1)

Configuración - Barra núm. 43

Sección: 2 - IPE 300 | Euronorm 19-57

Coacciones laterales:

Tipo de coacción: Definido por el usuario

Coacción lateral en y:

Fijo en x:

Excentricidad: e_z = -124.3 mm

Longitud de barra: L = 6.274 m

Número de coacciones laterales intermedias: n = 1

Posición de la coacción lateral núm.1: x₁ = 0.500

Establecer entrada para las barras núm.: Todas

Figura 2.22 Ventana 1.4 Coacciones laterales intermedias

En la parte superior de la ventana puede asignar hasta nueve apoyos laterales a cada barra. La sección *Configuración* muestra la entrada que se visualiza en una vista de columna para la barra que se seleccionó arriba.

Para definir las coacciones intermedias de una barra, marque la casilla para *Coacciones laterales* en la columna A. Con el botón puede seleccionar la barra gráficamente para activar su fila en la tabla. Una vez se marca la casilla, las otras columnas se vuelven disponibles y puede introducir los parámetros.

En la columna B, puede seleccionar el *Tipo de coacción* de la lista desplegable. Se prefiere una coacción lateral y torsional. También es posible colocar coacciones intermedias en el ala inferior o superior. La opción *Definido por el usuario* le permite especificar los parámetros de coacción en la sección *Configuración* por separado (apoyo en dirección del eje y de la barra, coacción respecto al eje x de la barra longitudinal y excentricidad del apoyo).

En la columna D puede definir el *Número* de coacciones intermedias. En función de la configuración, podrá acceder a una o más de las siguientes columnas de *Coacciones laterales intermedias* para definir las posiciones de x.

Si se marca la casilla para *Relativo (0 ... 1)*, será posible la definición de los puntos del apoyo mediante una entrada relativa: las posiciones de los apoyos intermedios son la consecuencia de la longitud de la barra y las distancias relativas hasta el inicio de la barra. Si se desmarca la casilla *Relativo (0 ... 1)*, también se podrán definir las distancias a mano en la tabla.

En caso de que se calculen los conjuntos de barras de acuerdo con el método de la barra equivalente (véase el capítulo 3.1.2 [\[2\]](#)), deberán definirse aquí los apoyos del tipo de coacción lateral y torsional dentro del conjunto de barras. ¡Las longitudes eficaces **no** deberán describir regiones coaccionadas como estas en la ventana 1.6!

Tipo de coacción

Lateral y torsional

Lateral y torsional

Lateral (ala inferior)

Lateral (ala superior)

Definido por el usuario

Relativo (0 ... 1)


Conjunto de barras



2.5

Longitudes eficaces - Barras

Esta ventana del módulo se subdivide en dos partes. La tabla en la parte superior muestra información resumida sobre los factores de la longitud de pandeo y longitudes de barra equivalentes para el pandeo y pandeo lateral de todas las barras que se van a calcular. Se prefijan las longitudes eficaces que se han definido en RFEM o RSTAB. En la sección *Configuración* puede ver la información adicional de la barra cuya fila de la tabla esté seleccionada en la parte superior.

Con el botón  puede seleccionar una barra gráficamente para activar su fila en la tabla.

Es posible modificar tanto las entradas en la tabla como en el árbol de *Configuración*.

1.5 Longitudes eficaces - Barras

Barra número	Pandeo respecto al eje y				Pandeo respecto al eje z			Pandeo lateral y pandeo flexotorsional				Comentario	
	Pandeo posible	Posible	$k_{cr,y}$	$L_{cr,y}$ [m]	Posible	$k_{cr,z}$	$L_{cr,z}$ [m]	Posible	k_z	k_w	L_w [m]		L_T [m]
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	6.000	6.000	
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	6.000	6.000	
11	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4.040	24.240	<input checked="" type="checkbox"/>	1.086	3.258	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	3.000	3.000	
12	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3.855	23.130	<input checked="" type="checkbox"/>	1.036	3.108	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	3.000	3.000	
21	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0			
22	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0			
31	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	3.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	3.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	3.000	3.000	
32	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	3.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	3.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	3.000	3.000	
44	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.274	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.274	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	6.274	6.274	
51	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	3.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	3.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	3.000	3.000	

Configuración - Barra número 1

Sección	2 - IPE 300 Euronorm 19-57		
Longitud	L	6.000	m
Pandeo posible		<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Pandeo respecto al eje y posible		<input checked="" type="checkbox"/>	
Factor de longitud eficaz	$k_{cr,y}$	1.000	
Longitud eficaz	$L_{cr,y}$	6.000	m
<input type="checkbox"/> Pandeo respecto al eje z posible		<input checked="" type="checkbox"/>	
Factor de longitud eficaz	$k_{cr,z}$	1.000	
Longitud eficaz	$L_{cr,z}$	6.000	m
<input type="checkbox"/> Pandeo lateral posible		<input checked="" type="checkbox"/>	
Factor de longitud eficaz (tipo de coacción)	k_z	1.0	
Coefficiente de longitud de deformación (tipo de coacción)	k_w	1.0	
Longitud de deformación	L_w	6.000	m
Longitud torsional	L_T	6.000	m
Comentario			

Establecer entrada para las barras número: Todas

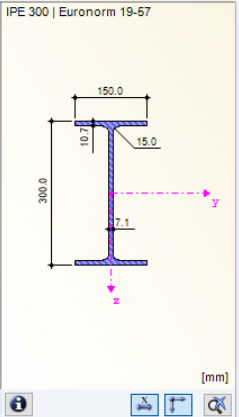




Figura 2.23 Ventana 1.5 Longitudes eficaces - Barras

Las longitudes eficaces para pandeo respecto al eje z débil se alinean automáticamente con la ventana 1.4 *Coacciones laterales intermedias*. Si los apoyos intermedios dividen la barra en segmentos de longitudes distintas, no se visualizan valores en las columnas G, K y L de la ventana 1.5.

Puede introducir las longitudes eficaces a mano en la tabla y el árbol de *Configuración*. También puede definir las gráficamente en la ventana de trabajo mediante el botón , que se vuelve activo al colocar el cursor en el cuadro de texto (véase la figura 2.23 ).

El árbol de *Configuración* incluye los siguientes parámetros:

- Sección
- Longitud de barra
- Pandeo posible para la barra (se corresponde con las columnas B, E y H)
- Pandeo respecto al eje y (se corresponde con las columnas C y D)
- Pandeo respecto al eje z (se corresponde con las columnas F y G)
- Pandeo lateral (se corresponde con las columnas I hasta K)

Puede definir para la barra seleccionada si por lo general se va a realizar un análisis de pandeo o pandeo lateral. Además, puede ajustar el *Factor de longitud eficaz* y el *Coefficiente de longitud de deformación* para las direcciones respectivas. Al modificar un factor, se ajustará automáticamente la

longitud de barra equivalente y viceversa.

También es posible definir la longitud eficaz de una barra en un cuadro de diálogo que puede abrir con el botón [Seleccionar factor de longitud eficaz]. El botón lo encuentra debajo de la tabla.

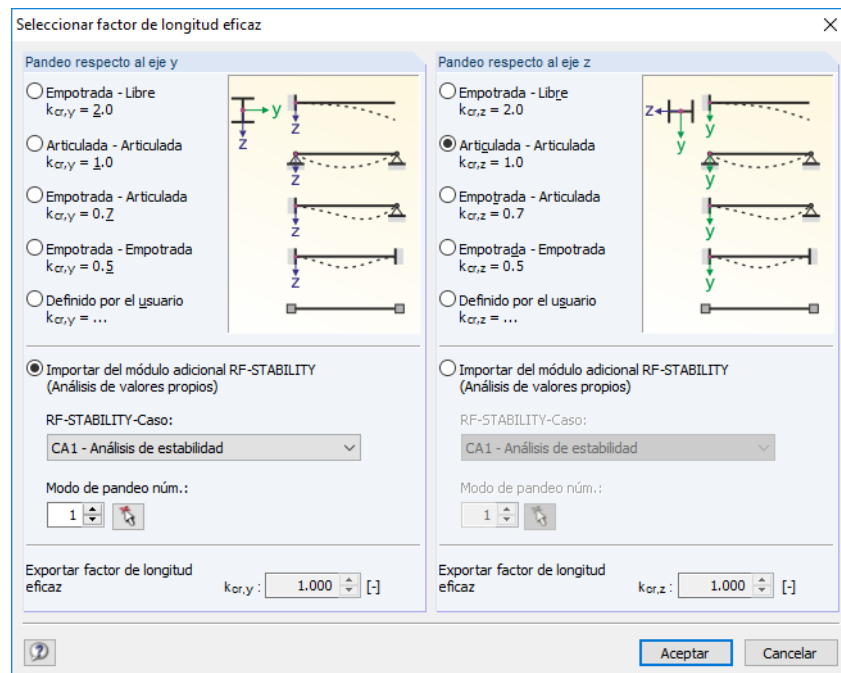


Figura 2.24 Cuadro de diálogo Seleccionar factor de longitud eficaz

Puede seleccionar para cada dirección uno de los cuatro modos de pandeo de Euler. También puede fijar un factor de longitud eficaz *Definido por el usuario*. Si se ha realizado un análisis de valores propios mediante el módulo adicional RF-STABILITY o RSBUCK, también se podrá definir un *Modo de pandeo* para la determinación del factor.

Pandeo posible

Los análisis de estabilidad para pandeo por flexión y lateral requieren la capacidad de absorción de esfuerzos de compresión. Por lo que desde el principio se van a excluir las barras que debido al tipo de barra no tengan esa capacidad de absorción, siendo un ejemplo de ello las barras de tracción, los apoyos elásticos o las conexiones rígidas. Las filas aparecen en gris en la tabla y se muestra una nota correspondiente en la columna *Comentario*.

Las casillas del *Pandeo posible* en la columna A de la tabla y el árbol de *Configuración* ofrecen una opción de control para el análisis de estabilidad: determinan si se van a realizar u omitir estos análisis para la barra.

Pandeo respecto al eje y o eje z

Con la casilla en la columna *Posible* decide si una barra corre el riesgo de sufrir pandeo respecto al eje y y/o z. Estos ejes representan los ejes locales de la barra, siendo el eje y el eje principal de mayor inercia de la barra y el eje z el eje débil. Es posible seleccionar con libertad los factores de longitud eficaz $k_{cr,y}$ y $k_{cr,z}$ para pandeo respecto al eje principal de mayor inercia o respecto al eje débil.

En la ventana 1.3 Secciones puede comprobar la posición de los ejes de la barra en el gráfico de la sección (véase la figura 2.17). Con el botón [Pasar al gráfico] también puede acceder a la ventana de trabajo de RFEM o RSTAB, donde puede visualizar los ejes locales de la barra mediante el uso del menú contextual de la barra o el navegador *Mostrar*.

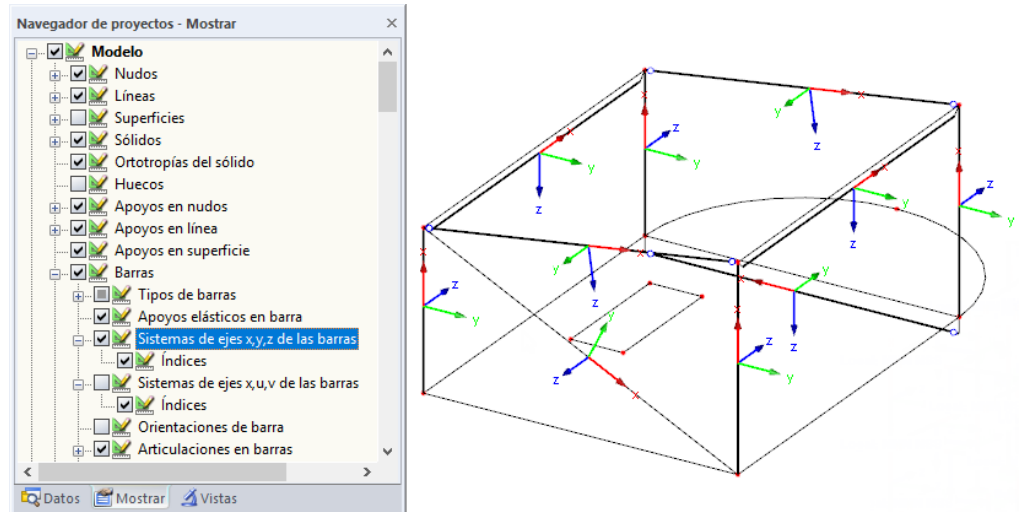


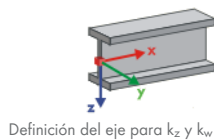


Figura 2.25 Activación de los sistemas de ejes de la barra en el navegador *Mostrar* de RFEM

En caso de que pueda ocurrir pandeo respecto a uno o ambos ejes de la barra, tendrá la posibilidad de introducir factores de longitudes eficaces en las columnas C y F, así como longitudes eficaces en las columnas D y G. Del mismo modo puede utilizar el árbol de *Configuración*.

Para definir gráficamente las longitudes eficaces en la ventana de trabajo, utilice el botón , que se vuelve disponible al colocar el cursor en un campo de entrada de L_{cr} (véase la figura 2.23 ).

Una vez especifique el factor de longitud eficaz k_{cr} , el programa determinará la longitud eficaz L_{cr} al multiplicar la longitud L de la barra por este factor. Los campos de entrada k_{cr} y L_{cr} son interactivos.



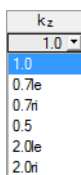
Pandeo lateral y pandeo flexotorsional posibles

La columna H muestra qué barras se incluyen en el análisis del pandeo lateral.

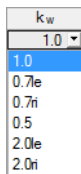
Para determinar M_{cr} mediante el método de cálculo de valores propios, se creará un modelo interno de barras con cuatro grados de libertad. Los factores k_z y k_w son los que van a definir estos grados. Con la interacción de ambos factores se pueden determinar las condiciones del apoyo para pandeo lateral (un ejemplo es la coacción lateral y torsional).

Factor de longitud eficaz k_z

El factor k_z controla el desplazamiento lateral u_y y el giro φ_z en los extremos de la barra.



- $k_z = 1,0$ coaccionado en contra del desplazamiento lateral u_y en ambos extremos de la barra
- $k_z = 0,7le$ coaccionado en contra del desplazamiento u_y en ambos extremos y coacción respecto a la z izquierda
- $k_z = 0,7ri$ coaccionado en contra del desplazamiento u_y en ambos extremos y coacción respecto a la z derecha
- $k_z = 0,5$ coaccionado en contra del desplazamiento u_y y coacción respecto a la z en ambos extremos de la barra
- $k_z = 2,0le$ coaccionado en contra del desplazamiento u_y y coacción respecto a la z izquierda; extremo derecho libre
- $k_z = 2,0ri$ coaccionado en contra del desplazamiento u_y y coacción respecto a la z derecha; extremo izquierdo libre



Factor de longitud para alabeo k_w

El factor k_w controla la torsión respecto al eje longitudinal x y el alabeo ω de la barra.

- $k_w = 1,0$ coaccionado contra el giro alrededor de x en ambos extremos de la barra; libre para el alabeo en ambos lados
- $k_w = 0,7le$ coaccionado contra el giro alrededor de x en ambos extremos y coacción al alabeo a la izquierda
- $k_w = 0,7ri$ coaccionado contra el giro alrededor de x en ambos extremos y coacción al alabeo a la derecha
- $k_w = 0,5$ coacción a torsión y al alabeo en ambos extremos de la barra
- $k_w = 2,0le$ coaccionado contra el giro alrededor de x y alabeo ω a la izquierda; extremo derecho libre
- $k_w = 2,0ri$ coaccionado contra el giro alrededor de x y alabeo ω a la derecha; extremo izquierdo libre



Las abreviaturas le y ri hacen referencia al lado izquierdo y derecho. La abreviatura le siempre describe las condiciones del apoyo al inicio de la barra.



Puede modelar una coacción lateral y torsional mediante el uso de los factores $k_z = 1,0$ (apoyo en y con giro libre alrededor de z) y $k_w = 1,0$ (coaccionado en contra de la torsión respecto a x con alabeo libre). La definición de otras condiciones de contorno no es necesaria debido a que solo hacen falta cuatro grados de libertad para el modelo interno de la barra.

Si la longitud de pandeo lateral L_w o la longitud de pandeo torsional L_T difiere de la longitud de la barra o de la longitud de pandeo, también puede definir las longitudes L_w y L_T a mano en las columnas K y L o gráficamente con el botón

Comentario

En la última columna, el usuario puede definir notas para, por ejemplo, describir las longitudes de barras equivalentes.

Establecer entrada para las barras núm.

Debajo de la tabla *Configuración*, encuentra la casilla *Establecer entrada para las barras núm.*, que cuando la marca, se aplica **posteriormente** la configuración a *Todas las barras* o a las barras seleccionadas (introduzca los números de las barras a mano o selecciónelas gráficamente con

Esta opción es útil si desea asignar las mismas condiciones de contorno a varias barras. Puede encontrar un ejemplo en la [base de datos de conocimientos](#) en nuestro sitio web.



No es posible cambiar en un momento posterior la configuración que ya se ha definido con esta función.

2.6

Longitudes eficaces - Conjuntos de barras

Detalles...

Esta ventana solo aparece si se establece al menos un conjunto de barras para el cálculo en la ventana 1.1 *Datos generales* y se selecciona el *Método de la barra equivalente* para los conjuntos de barras en el cuadro de diálogo *Detalles* (véase la [figura 3.2](#)). Entonces no se visualizan las ventanas 1.7 y 1.8. En este caso, es posible definir los apoyos intermedios laterales en la ventana 1.4 mediante el uso de puntos de división.

1.6 Longitudes eficaces - Conjuntos de barras

Conjunto num.	A	B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L	M
	Pandeo posible	Pandeo posible	k _{or,y}	L _{or,y} [m]	Pandeo posible	k _{or,z}	L _{or,z} [m]	Pandeo posible	k _z	k _w	L _w [m]	L _T [m]	Comentario										
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	6.000	6.000											
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	12.548	<input type="checkbox"/>	1.000	12.548	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	12.548	12.548											
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	12.548	<input type="checkbox"/>	1.000	12.548	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	12.548	12.548											
4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.546	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.546	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	6.546	6.546											
5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	7.094	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	7.094	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	7.094	7.094											

Configuración - Conjunto de barras núm. 4

Conjunto de barras		Conjunto de barras 4	
Sección		10 - HE A 140 Euronorm 53-62	
Longitud	L	6.546	m
Pandeo posible		<input checked="" type="checkbox"/>	
Pandeo respecto al eje y posible		<input checked="" type="checkbox"/>	
Factor de longitud eficaz	k _{or,y}	1.000	
Longitud eficaz	L _{or,y}	6.546	m
Pandeo respecto al eje z posible		<input checked="" type="checkbox"/>	
Factor de longitud eficaz	k _{or,z}	1.000	
Longitud eficaz	L _{or,z}	6.546	m
Pandeo lateral posible		<input checked="" type="checkbox"/>	
Factor de longitud eficaz (tipo de coacción)	k _z	1.0	
Coefficiente de longitud de deformación (tipo de coacción)	k _w	1.0	
Longitud de deformación	L _w	6.546	m
Longitud torsional	L _T	6.546	m
Comentario			

Establecer entrada para los conjuntos núm.:

Todas

Figura 2.26 Ventana 1.6 Longitudes eficaces - Conjuntos de barras

El concepto de esta ventana es similar al de la ventana anterior 1.5 Longitudes eficaces - Barras. Aquí puede introducir las longitudes eficaces para pandeo respecto a ambos ejes principales del conjunto de barras, como se describe en el capítulo 2.5, las cuales definen las condiciones de contorno del conjunto de barras que se trata en su totalidad como una barra equivalente.

2.7

Apoyos en nudos - Conjuntos de barras

Esta ventana se muestra cuando se selecciona al menos un conjunto de barras para el cálculo en la ventana 1.1 Datos generales y se realiza el análisis de estabilidad mediante el método general según el apartado 6.3.4 de [1] (configuración predeterminada).

Cuando se selecciona el Método de la barra equivalente para conjuntos de barras en el cuadro de diálogo Detalles (véase la figura 3.2), no se muestra la ventana 1.7. En este caso, es posible definir los apoyos intermedios laterales en la ventana 1.4 mediante el uso de puntos de división.

Detalles...

1.7 Apoyos en nudos - Conjunto de barras núm. 1 - Conjunto de barras 1

Apoyo núm.	Nudo núm.	Apoyo lat. u _y '	Coacción al giro		Alabeo ω [kNm ²]	Giro del apoyo β [°]	Excentricidad		Comentario
			ϕ_x	ϕ_z			e _x ' [mm]	e _z ' [mm]	
1	29	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	14.418	0.00	200.0	0.0	Muelle de alabeo determinado automáticamente
2	34	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	14.418	0.00	200.0	0.0	
3	38	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14.418	0.00	200.0	0.0	
4	32	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14.418	0.00	200.0	0.0	
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Configuración - Apoyo en nudo núm. 29

Conjunto de barras	Conjunto de barras 1	
Sección	15 - HE A 2001 Euronorm 53-62	
Nudo con apoyo núm.	29	
Apoyo lateral en Y'	u _y '	<input checked="" type="checkbox"/>
Fijo en X'	ϕ_x	<input checked="" type="checkbox"/>
Fijo en Z'	ϕ_z	<input checked="" type="checkbox"/>
Coacción al alabeo	ω	14.418 kNm ²
Giro del apoyo	β	0.00 °
Excentricidad	e _x '	200.0 mm
Excentricidad	e _z '	0.0 mm
Comentario	Muelle de alabeo determinado automáticamente	

Establecer entrada para los apoyos núm.:

Todas

Figura 2.27 Ventana 1.7 Apoyos en nudos - Conjunto de barras



La tabla actual gestiona las condiciones de contorno del conjunto de barras que se selecciona a la izquierda en el navegador.

Los apoyos que se definen en RFEM o RSTAB (por ejemplo, en Z para una viga continua) no son relevantes en esta ventana: las distribuciones de los momentos y esfuerzos cortantes para la determinación del coeficiente de amplificación se importan automáticamente desde RFEM/RSTAB. Aquí, define las condiciones del apoyo que afectan al fallo de estabilidad (pandeo, pandeo lateral).

Se prefijan los apoyos en los nudos inicial y final del conjunto de barras. Otros apoyos, por ejemplo debido a barras conectadas, se tienen que agregar a mano. Utilice el botón para seleccionar nudos gráficamente en la ventana de trabajo de RFEM/RSTAB.



Según el punto (1) del apartado 6.3.4 de [1] , es posible calcular individualmente las secciones simétricas que están sometidas a tensión solamente en su plano principal. Para este método de análisis, es necesario conocer el coeficiente de amplificación $\alpha_{cr,op}$ de todo el conjunto de barras. Con el fin de determinar este coeficiente, el programa crea una estructura plana con cuatro grados de libertad para cada nudo.



Es importante la orientación de los ejes en el conjunto de barras para la definición del apoyo. El programa comprueba la posición de los nudos y define internamente los ejes de los apoyos en nudos para la ventana 1.7 según la figura 2.28 hasta la figura 2.31 . El botón [Sistema de coordenadas local] debajo del gráfico del modelo le puede servir de ayuda con la orientación: utilícelo para mostrar el conjunto de barras en una vista parcial donde los ejes se vean con claridad. Puede encontrar un ejemplo en la base de datos de conocimientos en nuestro sitio web.

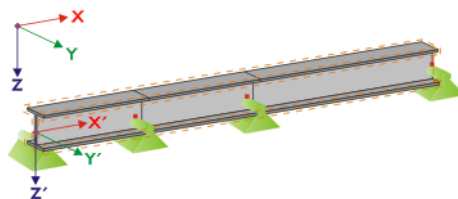


Figura 2.28 Sistema de coordenadas auxiliar para los apoyos en nudos - conjunto de barras recto

Si todas las barras de un conjunto de barras se encuentran en una línea recta, como se muestra en la figura 2.28, el sistema de coordenadas local de la primera barra en el conjunto de barras se corresponde con el sistema de coordenadas equivalente de todo el conjunto de barras.

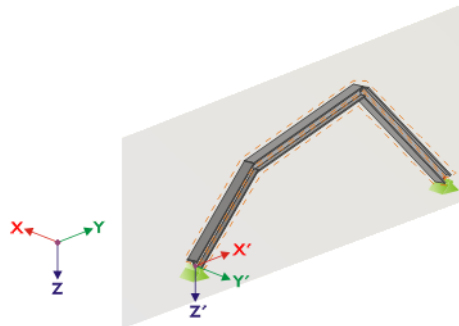


Figura 2.29 Sistema de coordenadas auxiliar para los apoyos en nudos - conjunto de barras en el plano vertical

En caso de que las barras de un conjunto de barras no se encuentren en una línea recta, todavía se tienen que situar en el mismo plano. En la figura 2.29, las barras se encuentran en un plano vertical, en cuyo caso, el eje X' además de ser horizontal, está orientado en la dirección del plano. El eje Y' , además de ser horizontal, se ha definido perpendicular al eje X' . El eje Z' se ha orientado perpendicular hacia abajo.

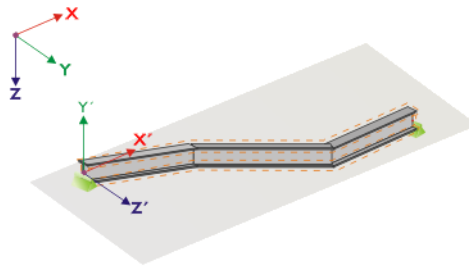


Figura 2.30 Sistema de coordenadas auxiliar para los apoyos en nudos - conjunto de barras en el plano horizontal

Si las barras de un conjunto de barras dobladas se encuentran en un plano horizontal, se define el eje X' paralelo al eje X del sistema global de coordenadas. De este modo, se orienta el eje Y' en dirección contraria al eje Z global y el eje Z' se orienta paralelo al eje Y global.

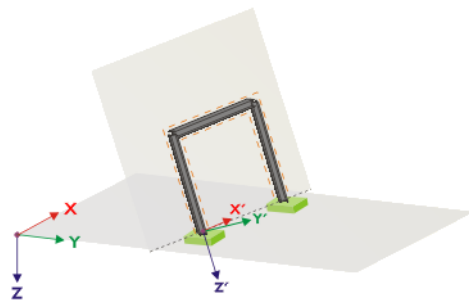


Figura 2.31 Sistema de coordenadas auxiliar para los apoyos en nudos - conjunto de barras en el plano inclinado

La figura 2.31 muestra el caso general de un conjunto de barras dobladas: las barras no se encuentran en una línea recta, sino en un plano inclinado. La definición del eje X' es el resultado de la línea de intersección entre el plano inclinado y el horizontal. De este modo, el eje Y' es perpendicular al eje X' y está orientado vertical al plano inclinado. El eje Z' se ha definido perpendicular al eje X' y al eje Y' .

Los botones debajo del gráfico tienen las siguientes funciones:










Botón	Función
	Muestra el modelo o el dibujo del sistema
	Muestra las barras a modo de renderizado en 3D o el modelo de alambre
	Muestra el conjunto de barras actual o el modelo completo
	Muestra las barras irrelevantes del modelo transparentes u opacas
	Muestra el conjunto de barras con el sistema local de coordenadas o el modelo completo
	Muestra la vista en dirección del eje X
	Muestra la vista en dirección contraria al eje Y
	Muestra la vista en dirección del eje Z
	Muestra la vista isométrica

Tabla 2.4 Botones para el gráfico de la sección



Con el botón [Editar rigidizador de alabeo], es posible determinar mediante el programa la constante de un muelle de alabeo.

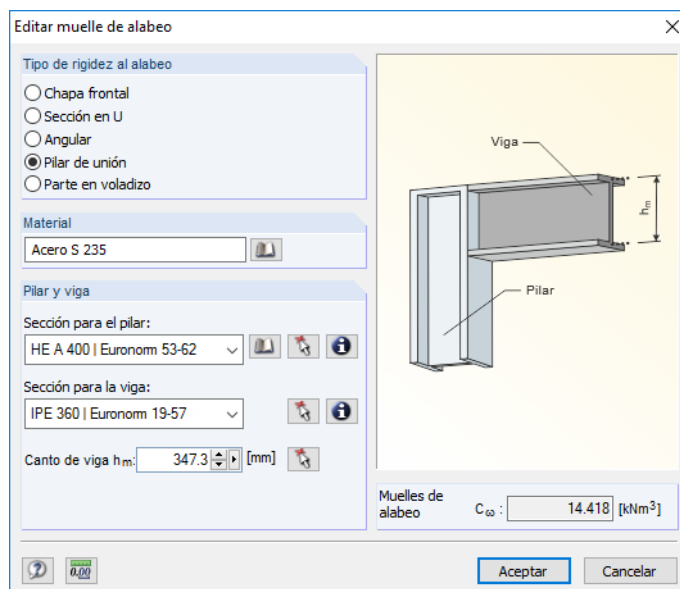



Figura 2.32 Cuadro de diálogo *Editar muelle de alabeo*

En el cuadro de diálogo *Editar muelle de alabeo* se encuentran disponibles los siguientes tipos de rigidizadores de alabeo:


- Chapa frontal
- Sección en U

- Angular
- Pilar de unión
- Parte en voladizo

Es posible seleccionar materiales y secciones mediante el uso de listas y botones [Biblioteca]. Con el botón  también puede seleccionarlos gráficamente en el modelo de RFEM/RSTAB.

En base a los parámetros, RF-/STEEL EC3 determina el *Muelle de alabeo resultante* C_{ω} que puede luego importarse al [Aceptar] en la ventana 1.7.

Análisis de alabeo con siete grados de libertad

Para analizar conjuntos de barras según el análisis de segundo orden para pandeo flexotorsional con torsión de alabeo, marque la casilla correspondiente en la pestaña *Torsión de alabeo* del cuadro de diálogo *Detalles* (véase la figura 3.9 ). Los títulos de la tabla de la ventana 1.7 se ajustan en consecuencia.

El análisis de alabeo requiere una licencia de la extensión de módulo **RF-/STEEL Warping Torsion**.

1.7 Apoyos en nudos - Conjunto de barras núm. 5 - Cordón superior

Apoyo núm.	Nudo núm.	Apoyo			Coacción al giro			Alabeo ω [kNm ²]	Giro del apoyo			Excentricidad			Comentario
		u_x	u_y	u_z	ϕ_x [kNm/rad]	ϕ_y	ϕ_z		β_x [°]	β_y [°]	β_z [°]	e_x [mm]	e_y [mm]	e_z [mm]	
1	39	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	31.545	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2	45	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	31.545	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	41	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12.300	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	42	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12.300	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	43	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12.300	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
6					Si										
7					No										
8					Muelle										
9															
10															

Configuración - Apoyo en nudo núm. 43

Conjunto de barras		Cordón superior
Sección		15 - HE A 200 Euronom 53-62
Nudo con apoyo	núm.	43
Sistema de coordenadas del apo		Local por la bar
Apoyo en x	u_x	<input type="checkbox"/>
Apoyo en y	u_y	<input checked="" type="checkbox"/>
Apoyo en z	u_z	<input type="checkbox"/>
Fijo en x	ϕ_x	12.300 kNm/rad
Fijo en y	ϕ_y	<input type="checkbox"/>
Fijo en z	ϕ_z	<input type="checkbox"/>
Coacción al alabeo		ω
Giro del apoyo	β_x	0.00 °
Giro del apoyo	β_y	0.00 °
Giro del apoyo	β_z	0.00 °
Excentricidad	e_x	0.0 mm
Excentricidad	e_y	0.0 mm
Excentricidad	e_z	0.0 mm
Comentario		

Establecer entrada para los apoyos núm.:

Todas

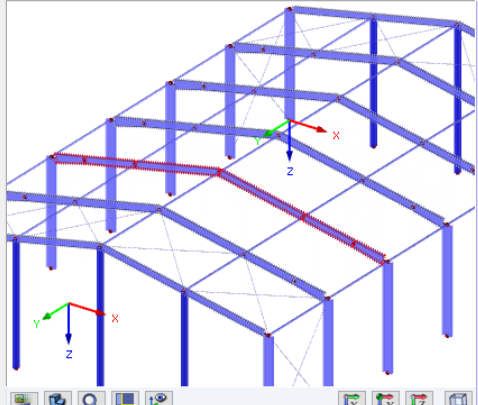



Figura 2.33 Ventana 1.7 Apoyos en nudos - Conjunto de barras para el análisis de alabeo con siete grados de libertad

Aquí, define las condiciones del apoyo del conjunto de barras al margen del sistema, que se encuentran disponibles en los nudos de las barras involucradas. Se fijan a priori tanto los apoyos en nudos que se definen en RFEM o RSTAB como los apoyos en ambos extremos del conjunto de barras.

Es necesario agregar los apoyos laterales del conjunto de barras en forma de apoyos adicionales, lo cual hace posible que pueda representar, por ejemplo, el efecto de una correa que figure en el modelo espacial de RFEM o RSTAB. En caso de que no se encuentre este apoyo en el modelo del conjunto de barras seleccionado, es posible que se produzcan inestabilidades.

Con el botón , también es posible la definición de los nudos del apoyo gráficamente en la ventana de trabajo de RFEM/RSTAB.

En las columnas B hasta N especifica las condiciones del apoyo de los nudos seleccionados. Haga clic en las casillas para activar o desactivar los apoyos y las coacciones para los grados de libertad

correspondientes. Como alternativa, puede introducir las constantes de los muelles a traslación y a torsión a mano.

Los parámetros del *Giro del apoyo* y la *Excentricidad* permiten un modelado de las condiciones del apoyo lo más realista posible.

Puede encontrar un ejemplo que describe el análisis de torsión de alabeo de una viga simple de un vano de canto variable en un artículo de nuestra [base de datos de conocimientos](#) en nuestro sitio web.



2.8

Articulaciones en barra - Conjuntos de barras

Esta es una ventana que se visualiza en caso de que se seleccione para el cálculo al menos un conjunto de barras en la ventana 1.1 *Datos generales* y es donde puede definir articulaciones para barras dentro del conjunto de barras que, por razones estructurales, no transfieren los grados de libertad bloqueados en la ventana 1.7 como esfuerzos internos. Asegúrese de que no se generan articulaciones dobles en concomitancia con la ventana 1.7.

Si no se selecciona el *Método de la barra equivalente* para los conjuntos de barras, no se visualiza la ventana 1.8 en el cuadro de diálogo *Detalles* (véase la [figura 3.2](#)).

La tabla gestiona los parámetros de las articulaciones del conjunto de barras que se selecciona en el navegador a la izquierda.

Detalles...



1.8 Articulaciones en barra - Conjunto de barras núm. 1 - Conjunto de barras 1

Articul. núm.	A Barra núm.	B Lado de la barra	C Articulación a cortante V_y	D Articulación de momento M_T	E M_z [kNm/rad]	F Articulación de alabeo M_{ω}	G Comentario
1	15	Inicio	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
2	13	Fin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15.000	<input type="checkbox"/>	
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Configuración - Barra núm. 13

Conjunto de barras		Conjunto de barras 1	
Sección		núm.	15 - HE A 200 Euronorm 53-62
Barra con articulación en el extremo		núm.	13
Lado de la barra		Lado	Fin
Articulación a cortante en dirección y		V_y	<input type="checkbox"/>
Articulación a torsión		M_T	<input type="checkbox"/>
Articulación de momento respecto al eje z		M_z	15.000 kNm/rad
Articulación de alabeo		M_{ω}	<input type="checkbox"/>
Comentario			

Establecer entrada para la articulación núm:

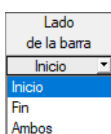
Todas

Figura 2.34 Ventana 1.8 Articulaciones en barra - Conjunto de barras

En la columna B, especifica el *Lado de la barra* donde se coloca la articulación o si hay articulaciones en ambos lados de la barra.

En las columnas C hasta F, puede definir las liberaciones o constantes elásticas de acuerdo con las condiciones del apoyo que se han definido en la ventana 1.7.

Si se selecciona el análisis de alabeo con siete grados de libertad en la pestaña *Torsión de alabeo*



Detalles...

del cuadro de diálogo *Detalles* (requiere licencia de extensión de módulo **RF-/STEEL Warping Torsion**), se amplían las columnas según las opciones de entrada correspondientes.

1.8 Articulaciones en barra - Conjunto de barras núm. 5 - Cordón superior

Articul. núm.	A		D			G			I	Comentario
	Barra núm.	Lado de barra	N _x	V _y	V _z	M _T	M _y	M _z	M _ω	
1	38	Inicio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Figura 2.35 Ventana 1.8 Articulaciones en barra - Conjunto de barras para un análisis de alabeo con siete grados de libertad

2.9

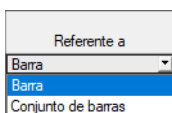
Parámetros de servicio

Esta ventana controla varios ajustes para el cálculo del estado límite de servicio y se visualiza cuando se hayan seleccionado los datos correspondientes en la pestaña *Estado límite de servicio* de la ventana 1.1 (véase el capítulo 2.1.2).

1.9 Datos de servicio

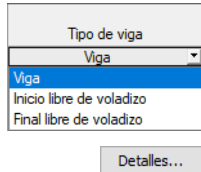
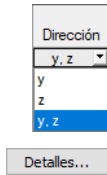
Núm.	A		C		E		G		Comentario
	Referido a	Conjunto de barras núm.	Longitud de referencia Manualmente	L [m]	Dirección	Contraflecha w _{c,z} [mm]	Tipo de viga		
1	Conjunto de barras	2	<input type="checkbox"/>	12.548	y, z	0.0	Viga		
2	Conjunto de barras	5	<input type="checkbox"/>	7.094	y, z	0.0	Viga		
3	Barra	82	<input type="checkbox"/>	7.094	y, z	0.0	Viga		
4	Barra	81	<input checked="" type="checkbox"/>	4.546	y, z	0.0	Final libre de voladizo		
5	Barra	83	<input checked="" type="checkbox"/>	4.546	y, z	0.0	Final libre de voladizo		
6	Barra	15	<input type="checkbox"/>	6.274	y, z	0.0	Viga		
7	Barra	16	<input type="checkbox"/>	6.274	y/u, z/v	0.0	Viga		
8	Barra	25	<input type="checkbox"/>	6.274	y/u, z/v	0.0	Viga		
9	Barra	26	<input type="checkbox"/>	6.274	y/u, z/v	0.0	Viga		
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									

Figura 2.36 Ventana 1.9 Datos de servicio



En la columna A, decide si la deformación se refiere a barras simples o a un conjunto de barras. Para un conjunto de barras, es necesario que se proporcione una orientación y un giro de barra uniformes de todas las barras que se incluyen. Solo así se determinarán los componentes de la deformación de forma correcta.

En la columna B, introduce los números de las barras o conjuntos de barras que desea calcular. También puede utilizar el botón para seleccionarlos gráficamente en la ventana de trabajo de RFEM/RSTAB. Luego aparece la *Longitud de referencia* automáticamente en la columna D. La columna prefija longitudes de barras y conjuntos de barras. Puede ajustar los valores *Manualmente* tras marcar la casilla en la columna C.



En la columna E, define la *Dirección* determinante para el análisis de deformaciones. Puede seleccionar las direcciones del eje y local y del eje z local de la barra (o u y v para secciones asimétricas).

En la columna F, es posible considerar la *Contraflecha*. La dirección general de la contraflecha se define en la pestaña *Servicio* del cuadro de diálogo *Detalles* (véase la [figura 3.4](#)). Si la contraflecha se encuentra relacionada con el eje y o u principal de mayor inercia, el título de la columna cambia a $w_{c,y}$ o $w_{c,u}$. Si la dirección es **contraria** al eje z local de la barra (como regla cuando el eje Z global tiene orientación descendente), hay que introducir un valor positivo de contraflecha. ¡Solo se considera la contraflecha para situaciones de proyecto cuasipermanentes (véase el [capítulo 2.1.2](#))!

Para una aplicación correcta de las deformaciones límite, también es importante el *Tipo de viga*. En la columna G, puede especificar si se va a calcular una viga o un voladizo, así como qué extremo queda libre de apoyo.

La configuración en la pestaña *Servicio* del cuadro de diálogo *Detalles* indica si las deformaciones se corresponden al sistema no deformado o a los extremos de barras/conjuntos de barras desplazados (véase la [figura 3.4](#)).

2.10

Resistencia al fuego - Barras

Esta ventana gestiona los parámetros de protección contra incendios para barras. Se visualiza cuando se hayan fijado los datos correspondientes en la pestaña *Resistencia al fuego* de la ventana 1.1 (véase el [capítulo 2.1.3](#)).

El cálculo de resistencia al fuego que se realiza con RF-/STEEL EC3 se describe en el siguiente artículo de la [base de datos de conocimientos](#) en nuestro sitio web. En el [capítulo 8.2](#), puede encontrar un ejemplo que describe el cálculo de protección contra incendios de un pilar de acero.

1.10 Resistencia al fuego - Barras

Núm.	A Barras núm.	B Tiempo requerido $t_{fi,requ}$ [min]	C Exposición al fuego	D Protección contra incendios	E Tipo de protección	F Masa unitaria ρ_p [kg/m ³]	G Conductividad térmica λ_p [W/m·K]	H Calor específico c_p [J/(kg·K)]	I Espesor d_p [mm]	J Comentario
1	64	15	Todos los lados	<input type="checkbox"/>	Contorno	300.00	0.12	1200.00	10.00	
2	81-83	15	3 lados	<input checked="" type="checkbox"/>	Contorno	300.00	0.12	1200.00	10.00	
3	39,59,60,109	15	3 lados	<input checked="" type="checkbox"/>	Hueco	300.00	0.12	1200.00	10.00	
4	1,11	15	Todos los lados	<input type="checkbox"/>	Contorno	300.00	0.12	1200.00	10.00	
5	21,31	15	Todos los lados	<input checked="" type="checkbox"/>	Contorno	300.00	0.12	1200.00	10.00	
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										

Figura 2.37 Ventana 1.10 Resistencia al fuego - Barras

En la columna A, decide para qué barras desea realizar un cálculo de resistencia al fuego. Con el



Detalles...

Exposición al fuego

Todos los lados

3 lados

Todos los lados

Tipo de protección

Contorno

Hueco

Detalles...

botón puede seleccionar las barras gráficamente en la ventana de trabajo de RFEM o RSTAB.

El cálculo solo es posible para barras que ya han sido seleccionadas para el cálculo en la ventana 1.1 Datos generales (véase la figura 2.2 [\[2\]](#)).

El *Tiempo requerido* $t_{fi,requ}$ de la resistencia al fuego se fija de acuerdo con el requisito en el cuadro de diálogo *Detalles* (véase la figura 3.5 [\[3\]](#)). Si se ha fijado ahí la opción *Definir por separado para cada barra*, los campos de la columna B se vuelven accesibles para las duraciones del fuego definidas por el usuario.

En la columna C, define el número de lados de la sección que se exponen al fuego. La *Exposición al fuego* afecta a la determinación de los factores de la sección según [\[2\]](#) [\[4\]](#), tabla 4.2 y tabla 4.3.

El siguiente artículo en la [base de datos de conocimientos](#) [\[5\]](#) describe cómo es posible considerar el efecto sombra.

En caso de que haya un revestimiento para la protección contra incendios, puede seleccionar el *Tipo de protección* en la columna E. Puede escoger entre un revestimiento de tipo contorno siguiendo la geometría de la sección (capas de yeso o paneles, por ejemplo) y uno de tipo hueco recubriendo la misma con tableros. Después, se deben especificar los parámetros en las columnas F hasta I.

Los parámetros generales para el cálculo de la resistencia al fuego se gestionan en la pestaña *Resistencia al fuego* del cuadro de diálogo *Detalles* (véase la figura 3.5 [\[3\]](#)).

2.11

Resistencia al fuego - Conjuntos de barras

Esta ventana gestiona los parámetros de protección contra incendios para conjuntos de barras. Se visualiza en caso de que se haya seleccionado al menos un conjunto de barras en la ventana 1.1 *Datos generales* y se hayan fijado los datos correspondientes en la pestaña *Resistencia al fuego* (véase el capítulo 2.1.3 [\[6\]](#)).

1.11 Resistencia al fuego - Conjuntos de barras										
Núm.	A Conjuntos de barras núm.	B Tiempo requerido $t_{fi,requ}$ [min]	C Exposición al fuego	D Protección contra incendios	E Tipo de protección	F Masa unitaria ρ_p [kg/m ³]	G Conductividad térmica λ_p [W/m·K]	H Calor específico c_p [J/(kg·K)]	I Espesor d_p [mm]	J Comentario
1	1	15	Todos los lados	<input type="checkbox"/>	Contorno	300.00	0.12	1200.00	10.00	
2	2	15	3 lados	<input checked="" type="checkbox"/>	Contorno	300.00	0.12	1200.00	10.00	
3	3,4	15	Todos los lados	<input checked="" type="checkbox"/>	Hueco	300.00	0.12	1200.00	10.00	
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										

Figura 2.38 Ventana 1.11 Resistencia al fuego - Conjuntos de barras

El concepto de esta ventana es similar al de la ventana anterior *1.10 Resistencia al fuego - Barras*. Aquí, puede introducir los parámetros de protección contra incendios de los conjuntos de barras relevantes que se describen en el capítulo 2.10 [\[6\]](#).

2.12

Parámetros - Barras

Esta ventana permite que introduzca requisitos para vigas que se han apoyado lateralmente mediante chapas o correas (véanse los apartados 10.1 y 10.3 de [\[6\]](#)).

La sección superior enumera las barras seleccionadas para el cálculo junto a los parámetros que afectan al análisis de pandeo lateral. Los parámetros son interactivos con los requisitos en la sección inferior *Configuración - Barra núm.*

A la derecha de la tabla *Configuración*, puede ver información u opciones para una selección en forma de gráfico facilitando la definición de las condiciones de contorno. El gráfico se alinea con el parámetro actual.

1.12 Parámetros - Barras

Barra núm.	A Panel de cortante	B Coacción al giro	C Área de la sección	D Comentario
1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Correa
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Chapa trapezoidal
14	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Chapa trapezoidal
15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
22	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Correa
27	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
28	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Configuración - Barra núm. 14

Sección: 2 - IPE 300 | Euronorm 19-57

Panel de cortante

Tipo de panel de cortante: Chapa trapezoidal

Longitud del panel de cortante: l_s 20.000 m

Separación de vigas: s 5.000 m

Posición en la sección: En el ala superior

Descripción de la chapa trapezoidal

Descripción de la chapa trapezoidal: FI + 100/275 - 1.00

Coefficiente del panel de cortante: K_1 0.190 m/kN

Coefficiente del panel de cortante: K_2 16.560 m²/kN

Disposición de la sujeción: Cada nervio

Coacción al giro

Tipo de coacción al giro: Continua (p.ej. Chapa)

Materiales: Acero S 235 | DIN 18800:1990-11

Módulo de elasticidad: E 210000.0 N/mm²

Descripción del componente: FI + 100/275 - 1.00

Espesor de la chapa: t 1.000 mm

Posición de la chapa: Posición positiva


Momento de inercia de área: I_s 198.00 cm⁴/m

Distancia de nervios: b_R 275.0 mm

Establecer entrada para las barras núm.: Todas

Panel de cortante de chapa trapezoidal

Figura 2.39 Ventana 1.12 Parámetros - Barras

Debajo de la tabla *Configuración*, encuentra la casilla *Establecer entrada para las barras núm.*, que cuando la marca, se aplica **posteriormente** la configuración a *Todas* las barras o a las barras seleccionadas (introduzca los números de las barras a mano o selecciónelas gráficamente con ). Esta opción es útil si desea asignar las mismas condiciones de contorno a varias barras.

En la columna *Comentario*, puede introducir notas definidas por el usuario, por ejemplo, para describir los parámetros de una barra que sean relevantes para el pandeo lateral.

Sección

Esta fila muestra la descripción de la sección a modo informativo. Para una barra de sección variable, se visualizan las descripciones de la sección inicial y final.

Panel de cortante

Para introducir los parámetros del panel de cortante, marque la casilla en la columna A o en la tabla *Configuración*.

Puede seleccionar el tipo de panel de cortante en la lista desplegable.

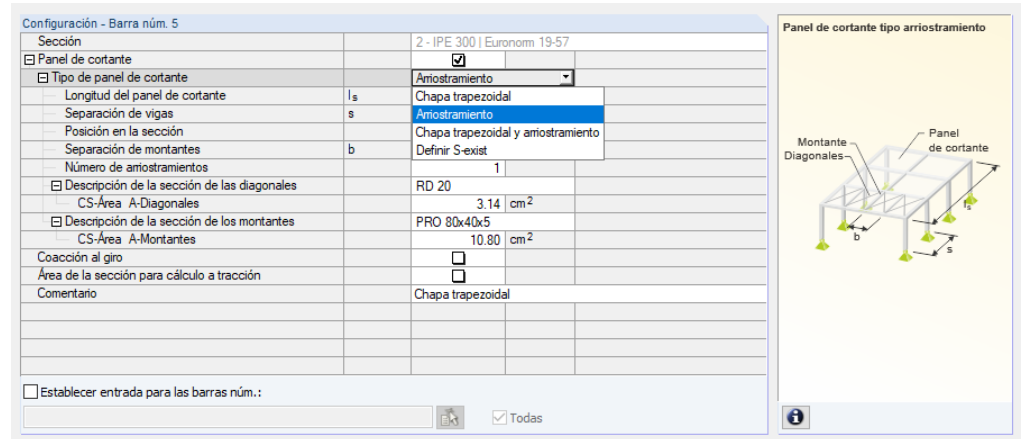
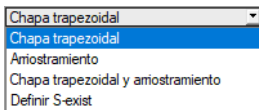


Figura 2.40 Selección del tipo de panel de cortante

Chapa trapezoidal

La aplicación de un apoyo lateral continuo se describe en el anexo BB.2.1 de EN1993-1-1 [1] y en el apartado 10.1.5.1 de EN1993-1-3 [6].

Para determinar la rigidez del panel de cortante de una chapa trapezoidal (placa grecada), se requieren los siguientes requisitos (véase la figura 2.39):

- Longitud del panel de cortante l_s
- Separación de vigas s
- Posición de la chapa trapezoidal en la sección
- Descripción de la chapa trapezoidal
- Disposición de la sujeción

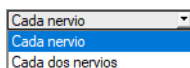
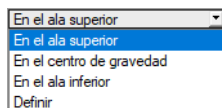
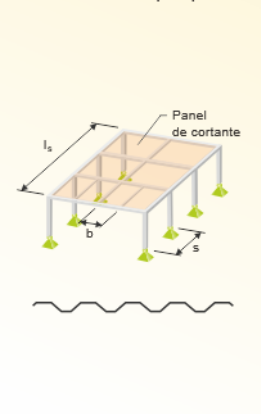
Puede introducir la *Longitud del panel de cortante* y la *Separación de vigas* manualmente. También puede seleccionarlos gráficamente con . Este botón se vuelve disponible tan pronto como se posiciona el cursor en uno de estos cuadros de texto. Entonces, puede seleccionar dos puntos de acoplamiento en la ventana de trabajo de RFEM/RSTAB, definiendo el panel de cortante o la separación de vigas.

Es posible considerar la *Posición en la sección* de la chapa trapezoidal de varias formas mediante la lista que se muestra a la izquierda. Si los datos introducidos los ha definido el usuario, la distancia d se refiere al centro de gravedad; el signo es el resultado de la orientación del eje z de la sección.

Para acceder a la biblioteca de placas grecadas, haga clic en el botón que se vuelve disponible después de hacer clic en el cuadro de texto *Descripción de la chapa trapezoidal* (véase la figura 2.39). Aparece la biblioteca de secciones de RFEM o RSTAB (véase la figura 2.41) donde puede seleccionar la chapa trapezoidal con un doble clic o al [Aceptar]. De este modo, se introducen automáticamente los *coeficientes del panel de cortante* K_1 y K_2 (según el certificado de aprobación) en la tabla *Configuración*. El ancho básico b de la chapa trapezoidal que se indica en la base de datos de secciones no influye sobre estos coeficientes.

La *Disposición de la sujeción* para la sección trapezoidal afecta a la rigidez a cortante que le proporciona la chapa a la viga. Si la chapa trapezoidal solo se sujeta cada dos nervios, se reduce la rigidez a cortante que se aplica mediante el factor 5.

Panel de cortante de chapa trapezoidal



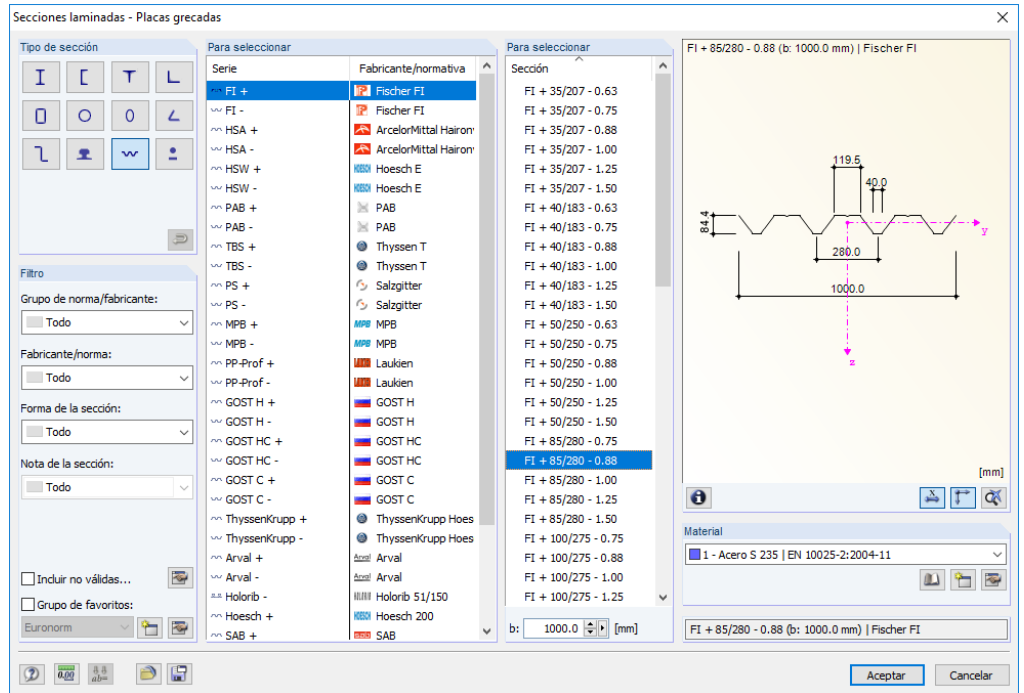


Figura 2.41 Biblioteca de secciones para Secciones laminadas - Placas grecadas

Arriostramiento

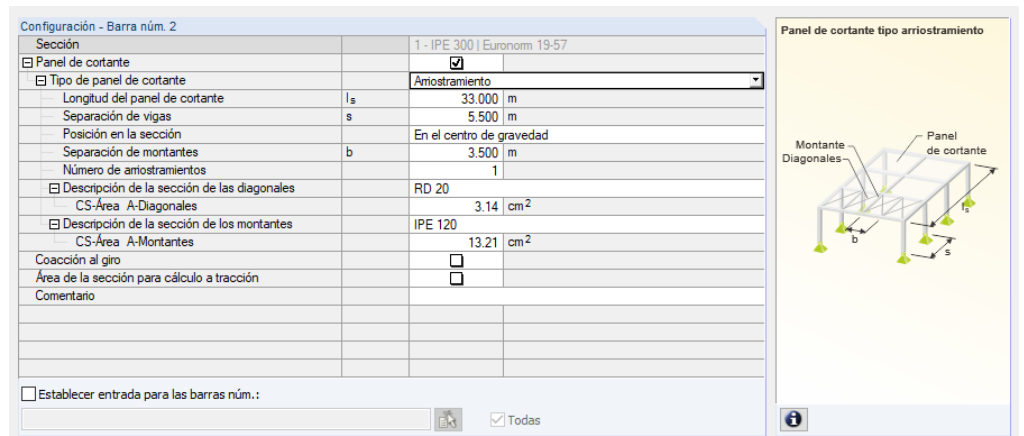

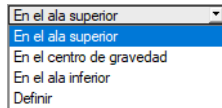


Figura 2.42 Tipo de panel de cortante Arriostramiento

Para determinar la rigidez del panel de cortante existente, hacen falta una serie de requisitos que se enumeran a continuación:


- Longitud del panel de cortante l_s
- Separación de vigas s
- Posición del arriostramiento en la sección
- Separación de montantes b
- Número de arriostramientos
- Sección de las diagonales
- Sección de los montantes

Puede introducir la *Longitud del panel de cortante*, la *Separación de vigas* y la *Separación de montantes* manualmente. También puede seleccionarlas gráficamente con . Este botón se vuelve



disponible tan pronto como se posiciona el cursor en uno de estos cuadros de texto. Luego, puede seleccionar dos puntos en la ventana de trabajo de RFEM/RSTAB, definiendo el panel de cortante o las separaciones.

La consideración de la *Posición en la sección* del arriostamiento es posible de varias formas mediante la lista que se muestra a la izquierda. Si los datos introducidos los ha definido el usuario, la distancia *d* se refiere al centro de gravedad; el signo es el resultado de la orientación del eje *z* de la sección.

La forma más sencilla para definir las áreas de la sección de las diagonales y los montantes es la selección de la *Descripción de la sección* en la biblioteca de secciones de RFEM/RSTAB. Puede acceder a esta biblioteca con el botón  disponible al final del cuadro de texto. Luego, el *Área de la sección* se importa automáticamente. Pero también puede introducir el valor directamente.

Chapa trapezoidal y arriostamiento

Configuración - Barra núm. 5		
Sección	2 - IPE 300 Euronorm 19-57	
<input checked="" type="checkbox"/> Panel de cortante	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/> Tipo de panel de cortante	Chapa trapezoidal y arriostamiento	
Longitud del panel de cortante	l_s	33.000 m
Separación de vigas	s	5.500 m
Posición en la sección	En el centro de gravedad	
<input checked="" type="checkbox"/> Descripción de la chapa trapezoidal	FI + 85/280 - 1.00	
<input type="checkbox"/> Coeficiente del panel de cortante	K_1	0.170 m/kN
<input type="checkbox"/> Coeficiente del panel de cortante	K_2	8.710 m ² /kN
Disposición de la sujeción	Cada dos nervios	
Separación de montantes	b	3.500 m
Número de arriostamientos	1	
<input checked="" type="checkbox"/> Descripción de la sección de las diagonales	RD 20	
<input type="checkbox"/> CS-Área A-Diagonales	3.14 cm ²	
<input checked="" type="checkbox"/> Descripción de la sección de los montantes	IPE 120	
<input type="checkbox"/> CS-Área A-Montantes	13.21 cm ²	
Coacción al giro	<input type="checkbox"/>	
Área de la sección para cálculo a tracción	<input type="checkbox"/>	
Comentario		
<input type="checkbox"/> Establecer entrada para las barras núm.:		
		<input checked="" type="checkbox"/> Todas

Panel de cortante tipo arriostamiento/
chapa de acero

Figura 2.43 Tipo de panel de cortante *Chapa trapezoidal y arriostamiento*

Para determinar la rigidez del panel de cortante existente, hacen falta una serie de requisitos que se enumeran a continuación:

- Longitud del panel de cortante l_s
- Separación de vigas s
- Posición del panel de cortante en la sección
- Descripción de la chapa trapezoidal
- Disposición de la sujeción
- Separación de montantes b
- Número de arriostamientos
- Sección de las diagonales
- Sección de los montantes

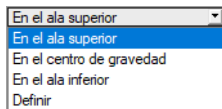
Esta forma de definir el panel de cortante combina los parámetros de las opciones ya mencionadas *Chapa trapezoidal y arriostamiento*.

Definir S-exist

Figura 2.44 Rigidez del panel de cortante Definir S-exist

También es posible introducir el valor de la Rigidez del panel de cortante S_{exist} directamente.

Además, se debe especificar la Posición en la sección del panel de cortante.



Coacción al giro

Para introducir los parámetros de la coacción al giro, marque la casilla en la columna B o en la tabla Configuración.

Puede seleccionar el tipo de coacción al giro en la lista desplegable.

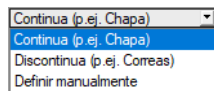


Figura 2.45 Selección del tipo de coacción al giro

Coacción al giro continua


Para determinar los componentes de la rigidez de una placa grecada y la deformación de la conexión, hacen falta una serie de requisitos que se enumeran a continuación (véase la figura 2.45):

- Materiales y descripción de la placa grecada
- Método para determinar $C_{D,A}$
- Separación de vigas s
- Efecto de la viga continua

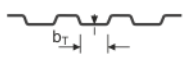


Para acceder a la biblioteca de placas grecadas, haga clic en el botón que se visualiza tras hacer clic en el cuadro de texto Descripción del componente (véase la figura 2.43). Aparece la biblioteca



de secciones de RFEM o RSTAB (véase la [figura 2.41](#)) donde puede seleccionar la placa grecada con un doble clic o al [Aceptar]. Los parámetros de la sección del *Espesor de la chapa* t , de la *Posición de la chapa*, del *Momento de inercia de área* para una dirección de carga hacia abajo, de la *Distancia de nervios* b_R (ancho de corrugación) y del *Ancho del ala* b_T se importan automáticamente.

Cuando se fija continua la coacción al giro, también se tiene que considerar la deformación de la conexión. En la entrada del *Método para determinar* $C_{D,A}$, puede introducir la rigidez elástica C_{100} para los casos de carga individuales y las combinaciones. También es posible determinarla mediante el programa según [\[6\]](#), tabla 10.3. Para determinarla de forma automática, utilice el botón  que aparece tras hacer clic en el cuadro de texto de la fila C_{100} , abriéndose un cuadro de diálogo donde puede seleccionar el coeficiente adecuado.

Importar coeficiente C-100 de la tabla 10.3, EN 1993-1-3


Posición de la chapa		Chapa fijada por		Separación de medios de fijación		Diámetro de la arandela [mm]	C_{100} [kNm/m]	$b_{T,max}$ [mm]	
Positivo 1)	Negativo 1)	Canalón	Cresta	$e=b_R$	$e=2b_R$				
Para cargas gravitatorias:									
<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		22	5.2	40	
<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	22	3.1	40	
	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		K_a	10.0	40	
	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	K_c	5.2	40	
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		22	3.1	120	
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	22	2.0	120	
Para cargas ascendentes:									
<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		16	2.6	40	
<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	16	1.7	40	
Explicación:									
b_R es el ancho de corrugación									
b_T es el ancho del ala de la chapa a través del cual está sujeta a la correa.									
K_a indica la arandela de acero de sujeción como se muestra debajo con $t \geq 0,75$ mm						Chapa fijada: - por el canalón: 			
						- por la cresta: 			
Los valores en esta tabla son válidos para: - tirafondos para medios de fijación de chapas de diámetro: $\varnothing = 6.3$ mm; - arandelas de acero de espesor: $t_w \geq 1.0$ mm; - chapa de espesor nominal del núcleo: $t \geq 0.66$ mm;									
1) La posición de la chapa en positivo cuando el ala estrecha está en la correa, y en negativo cuando lo está el ala ancha.									
							C_{100}	<input type="text" value="3.1"/>	[kNm/m]

Nota: Seleccionar mediante el ratón las líneas necesarias en la tabla e importar el coeficiente haciendo clic en [Aceptar].

Aceptar Cancelar

Figura 2.46 Cuadro de diálogo Importar coeficiente C-100 de la tabla 10.3, EN 1993-1-3

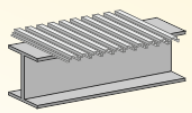
Una vez hace clic en [Aceptar], se asigna este valor a todos los casos y combinaciones de carga que se han seleccionado para el cálculo. Si desea asignar el coeficiente por caso de carga, tiene que abrir el cuadro de diálogo *Importar coeficiente* mediante los cuadros de texto de C_{100} para cada caso de carga y combinación particulares.

También puede definir la *Separación de vigas* manualmente o gráficamente con el botón . En la ventana de trabajo de RFEM o RSTAB, haga clic en dos nudos para definir la distancia que hay entre las vigas.

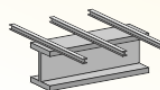
El *Efecto de la viga continua* afecta al coeficiente k de la coacción al giro $C_{D,C}$, cuyo control es posible mediante la lista de esta fila de tabla (*Panel extremo*: $k = 2$, *Panel interior*: $k = 4$).

Coacción al giro discontinua

Configuración - Barra núm. 11			
Sección	1 - IPE 300 EuroNorm 19-57		
Panel de cortante	<input type="checkbox"/>		
Coacción al giro	<input checked="" type="checkbox"/>		
Tipo de coacción al giro	Discontinua (p.ej. Correas)		
Materiales	Acero S 235		
Módulo de elasticidad	E	210000.0	N/mm ²
Descripción de la sección	IPE 180		
Momento de inercia de área	I _y	1317.00	cm ⁴
Separación de correa	e	3.250	m
Separación de vigas	s	5.200	m
Efecto de la viga continua	Panel extremo		
Rigidez al giro	C _{D,A}	Infinitamente	
Deformación de la sección	C _{D,B}	<input type="checkbox"/>	
Área de la sección para cálculo a tracción	<input type="checkbox"/>		
Comentario			
<input type="checkbox"/> Establecer entrada para las barras núm.:			
<input type="checkbox"/> Todas			



Coacción al giro continua





Coacción al giro discontinua

Figura 2.47 Tipo de coacción al giro *Discontinua*

Para determinar la componente de la rigidez a partir de apoyos individuales, por ejemplo correas, se requieren los siguientes requisitos:

- Material y descripción de la sección
- Separación de correas e
- Separación de vigas s
- Efecto de la viga continua

Es posible seleccionar el *Material* y la *Descripción de la sección* en la biblioteca de RFEM o RSTAB, a la cual puede acceder con el botón . Primero hace falta activar con un clic el cuadro de texto relevante.

Puede introducir la *Separación de correas* y la *Separación de vigas* a mano o gráficamente con el botón . En la ventana de trabajo de RFEM/RSTAB, haga clic en dos nudos para definir la distancia entre correas o vigas horizontales.

El *Efecto de la viga continua* repercute en el coeficiente k de la coacción al giro $C_{D,C}$ que es posible controlar mediante la lista de esta fila de tabla (*Panel extremo*: $k = 2$, *Panel interior*: $k = 4$).

Panel extremo	▼
Panel extremo	
Panel interno	

Definir manualmente

Configuración - Barra núm. 2			
Sección	1 - IPE 300 DIN 1025-5:1994		
Panel de cortante	<input type="checkbox"/>		
Coacción al giro	<input checked="" type="checkbox"/>		
Tipo de coacción al giro	Definir manualmente		
Rigidez de muelle a torsión total	C _D	18.50	kNm/m
Área de la sección para cálculo a tracción	<input type="checkbox"/>		
Comentario			

Figura 2.48 Definir manualmente la rigidez elástica al giro

También puede introducir directamente el valor de la *Rigidez elástica al giro total* C_D .

Área de la sección para cálculo a tracción

Configuración - Barra núm. 52		
Sección		15 - HE A 200 DIN 1025-3:1994
Panel de cortante		<input type="checkbox"/>
Coacción al giro		<input type="checkbox"/>
Área de la sección para cálculo a tracción		<input checked="" type="checkbox"/>
Inicio (x=0 m)		15 - HE A 200
Área de la sección	A	53.8 cm ²
Área de sección neta	A _{net}	53.80 cm ²
Fin (x=l)		15 - HE A 200
Área de la sección	A	53.8 cm ²
Área de sección neta	A _{net}	53.80 cm ²
Comentario		
<input type="checkbox"/> Establecer entrada para las barras núm.:		

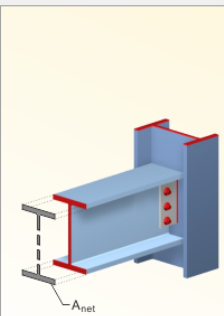



Figura 2.49 Definición del Área de la sección para cálculo a tracción

Según el apartado 6.2.3 de [1] , se debe considerar en el cálculo de tensiones de tracción las reducciones de la sección debido a huecos. Puede definir el Área de la sección neta A_{net} por separado para el Inicio y Fin de la barra, por lo general, los medios de fijación se colocan en estas dos posiciones de x. La tabla también muestra el área de la sección bruta A.

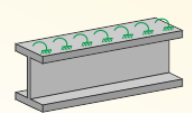
2.13

Parámetros - Conjuntos de barras

Esta ventana aparece si al menos se selecciona un conjunto de barras para el cálculo en la ventana 1.1 Datos generales.

1.13 Parámetros - Conjuntos de barras			
Conjunto núm.	A Panel de cortante	B Coacción al giro	C Comentario
1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Configuración - Conjunto de barras núm. 1		
Conjunto de barras		Viga de techo B-B
Sección		15 - HE A 200 Euronorm 53-62
Panel de cortante		<input type="checkbox"/>
Coacción al giro		<input checked="" type="checkbox"/>
Tipo de coacción al giro		Continua (p.ej. Chapa)
Materiales		Acero S 235
Módulo de elasticidad	E	210000.0 N/mm ²
Descripción del componente		HSW + E 135 - 1.00
Espesor de la chapa	t	1.000 mm
Posición de la chapa		Posición negativa
Momento de inercia de área	I _s	387.00 cm ⁴ /m
Distancia de nervios	b _R	310.0 mm
Ancho del ala	b _T	43.0 mm
Método para determinar C _{D,A}		Según EN 1993-1-3, tabla 10.3
Rigidez del muelle	C ₁₀₀	kNm/m
Separación de vigas	s	6.000 m
Efecto de la viga continua		Panel extremo
Deformación de la sección	C _{D,B}	<input checked="" type="checkbox"/>
Comentario		
<input type="checkbox"/> Establecer entrada para los conjuntos núm.:		



Viga estabilizada a través de una coacción elástica al giro (p.ej. chapa trapezoidal, correas)

Figura 2.50 Ventana 1.13 Parámetros - Conjuntos de barras

El concepto de esta ventana es similar al de la ventana anterior 1.12 Parámetros - Barras. Puede definir aquí los parámetros para el panel de cortante y la coacción al giro para cada conjunto de

barras como se describe en el capítulo 2.12 [\[1\]](#).

Análisis de alabeo con siete grados de libertad

Si se analizan los conjuntos de barras según el análisis de segundo orden para pandeo flexotorsional con torsión de alabeo (véase la pestaña *Torsión de alabeo* del cuadro de diálogo *Detalles*), puede además definir contraflechas en esta ventana: la forma propia causa un fuerte impacto en el análisis de alabeo que se realiza al considerar siete grados de libertad. Por lo tanto la ventana 1.13 se amplía para esta entrada.

El análisis de alabeo necesita una licencia de extensión de módulo de **RF-/STEEL Warping Torsion**.

Detalles...



1.13 Parámetros - Conjuntos de barras

Conjunto num.	A Panel de cortante	B Coacción al giro	C Imperfección de arco local inicial		E L [m]	F Comentario
			L /	L manualmente		
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	150	<input checked="" type="checkbox"/>	6.000	
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	150	<input checked="" type="checkbox"/>	12.548	
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	150	<input type="checkbox"/>		
4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	150	<input checked="" type="checkbox"/>	6.548	
5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	150	<input checked="" type="checkbox"/>		

Configuración - Conjunto de barras num. 2

Conjunto de barras		Conjunto de barras 2
Barra 13		
Inicio		3 - IPE 400 Euronorm 19-57
Fin		2 - IPE 300 Euronorm 19-57
Barra 14 - Sección		2 - IPE 300 Euronorm 19-57
Barra 15 - Sección		2 - IPE 300 Euronorm 19-57
<input checked="" type="checkbox"/> Panel de cortante		<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Coacción al giro		<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Imperfección de arco local inicial	L /	150
Determinar L manualmente		<input checked="" type="checkbox"/>
Longitud de referencia para imperfección inicial	L	12.548 m
Comentario		

IPe 400 | Euronorm 19-57

Figura 2.51 Ventana 1.13 Parámetros - Conjuntos de barras para análisis de alabeo con siete grados de libertad

Basado en las condiciones de contorno, RF-/STEEL EC3 determina las formas propias de los conjuntos de barras antes de que se realice el cálculo propiamente dicho. Se consideran como corresponde para los análisis siguientes.



En la columna C, introduce la *Imperfección local inicial en arco* en relación con la longitud de los conjuntos de barras. Se fija de forma predeterminada el valor de $L/150$ más desfavorable según [\[1\]](#) [\[2\]](#) Tabla 5.1. Es posible ajustar este valor a la curva de pandeo de la sección mediante la consideración del coeficiente k para imperfecciones de barras según [\[1\]](#) [\[2\]](#), 5.3.4 (3).

Se fija la longitud de todo el conjunto de barras de forma predeterminada como la longitud de referencia. Después de marcar la casilla *L manualmente*, el usuario puede definir la longitud en la columna E, para considerar, por ejemplo, apoyos laterales.

Es posible encontrar más información sobre la aplicación de imperfecciones en arco en el [Manual de RF-FE-LTB](#) [\[2\]](#), cuya versión inglesa está disponible en nuestro sitio web.



3 Cálculo



3.1

Detalles...

Configuración detallada

El cálculo está basado en los esfuerzos internos que se determinan en RFEM o RSTAB.

Antes de que ejecute el cálculo, se recomienda la comprobación de los detalles del cálculo. Puede acceder al cuadro de diálogo correspondiente en todas las ventanas del módulo adicional mediante el uso del botón [Detalles].

El cuadro de diálogo *Detalles* está constituido por las siguientes pestañas:

- Estado límite último
- Estabilidad
- Servicio
- Resistencia al fuego
- Torsión de alabeo
- Plasticidad
- General

3.1.1 Estado límite último

Detalles

Estado límite último | Estabilidad | Servicio | Resistencia al fuego | Torsión de alabeo | Plasticidad | General

Clasificación de secciones

Tipo de determinación de ψ y α según la tabla 5.2:

NEd fijo, incrementar MEd para alcanzar f_{yd}

Incrementar NEd y MEd uniformemente

Para el límite c/t de clase 3, incrementar el factor de material ϵ según 5.5.2(9)

Usar SHAPE-THIN para la clasificación de todos los tipos de sección apoyadas (sólo son posibles las clases 3 y 4)

Determinar anchuras eficaces según EN 1993-1-5, anexo E

Calcular la sección eficaz según EN 1993-1-5, apartado 4.5 Elementos planos de chapa con rigidización longitudinal

Omitir clasificación de partes curvas si $c/t \leq 5.000$

Opciones

Cálculo elástico (también para secciones de clase 1 y clase 2)

Análisis de estabilidad con esfuerzos internos de segundo orden

Usar γ_{M1} para la determinación de la resistencia de la sección

Comprobación de la sección para M+N

Usar interacción lineal según 6.2.1(7)

Cálculos de sección y torsión

Tensión tangencial límite para cálculos de sección:

Torsión $\tau_{t,Ed} / \tau_{t,Rd} \leq 0.050$

0.00 | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20

Aceptar Cancelar

Figura 3.1 Cuadro de diálogo *Detalles*, pestaña *Estado límite último*

Clasificación de secciones

Si en una sección se producen tensiones de compresión y flexión a la vez, puede determinar la relación tensión-deformación ψ mediante la consideración del factor de la zona comprimida α de dos formas (se requiere el factor ψ para la determinación de la razón c/t según [1] [↗](#), tabla 5.2):

- N_{Ed} , fijo, incrementar M_{Ed} para alcanzar f_{yd}
Para alcanzar el límite elástico solo se incrementa el componente de la tensión por flexión.
- Incrementar N_{Ed} y M_{Ed} uniformemente
Hasta que no se alcance el límite elástico f_{yd} se incrementarán los componentes de la tensión por esfuerzo axial y por flexión de manera uniforme.

Puede acceder a la casilla *Para el límite c/t de clase 3, incrementar el factor de material ϵ según 5.5.2(9)* si el análisis de estabilidad en la pestaña *Estabilidad* no está activado. Esto se fundamenta en los requisitos de clasificación que recoge el punto (10) del apartado 5.5.2 de [1] [↗](#). Con el análisis de estabilidad desactivado, es posible gestionar secciones clasificadas con clase 4 como secciones de clase 3 mediante el incremento del factor ϵ .

Si selecciona la opción *Usar SHAPE-THIN para la clasificación de todos los tipos de sección apoyadas*, se calcularán los valores de la sección eficaz de las secciones de clase 4 mediante el método que se utiliza en el programa de secciones SHAPE-THIN. Para las secciones que se clasifican como "General" (que no pertenecen ni a la tabla de secciones parametrizadas ni laminadas) se realizará, por lo general, la clasificación con SHAPE-THIN. Puede calcular estas secciones solo elásticamente como secciones de clase 3 o clase 4.

De manera opcional, puede *Determinar anchuras eficaces según EN 1993-1-5, anexo E*. El anexo E de [7] [↗](#) describe procedimientos alternativos para la determinación de secciones eficaces para tensiones inferiores al límite elástico (véase la [base de datos de conocimientos](#) [↗](#) en nuestro sitio web cuyo artículo puede ser de su interés).

Las relaciones anchura/espesor de relevancia para la clasificación pueden causar problemas para las secciones con elementos curvos de SHAPE-THIN. La casilla *Omitir clasificación de partes curvas* le permite excluir arcos de empalme cortos de la clasificación tan pronto como la razón c/t que ha definido el usuario sea inferior al límite (véase el artículo en la [base de datos de conocimientos](#) [↗](#)). Entonces, los nervios longitudinales o las chapas delgadas curvas no ejercen influencia sobre el cálculo.

Opciones

Las secciones que se asignan a la clase 1 o 2 se calculan plásticamente mediante RF-/STEEL EC3. Si no se quiere, también puede activar el *Cálculo elástico* para esas clases de sección.

Análisis de estabilidad con esfuerzos internos de segundo orden

Si los análisis de estabilidad no se realizan con el método de la barra equivalente según el apartado 6.3 de [1] [↗](#), sino con los esfuerzos internos calculados según la teoría de segundo orden, puede utilizar esta casilla para decidir si se utiliza el factor γ_{M1} (en lugar de γ_{M0}) para los cálculos de la sección.

El coeficiente parcial de seguridad γ_{M1} es relevante para la determinación de la resistencia en caso de inestabilidad (comprobación del componente estructural). Puede comprobarlo y modificarlo, en caso necesario, en el cuadro de diálogo *Parámetros del Anejo Nacional* (véase el [capítulo 2.10](#) [↗](#)).

En un artículo de la [base de datos de conocimientos](#) [↗](#) en nuestro sitio web puede encontrar más recomendaciones para análisis estructural.

Comprobación de la sección para M+N

La casilla *Usar interacción lineal según 6.2.1(7)* determina si hay que utilizar una suma lineal de razones de utilización para los momentos y esfuerzos axiales según [1] [↗](#), Ec. (6.2) o Ec. (6.44) como aproximación conservadora para verificar la resistencia de la sección.

Anejo Nac. ...



Sección con clase 4 y torsión

En el campo de entrada, puede definir el componente de la tensión tangencial por torsión hasta que se omitan las tensiones de torsión en el cálculo de la sección. Por lo que es posible suprimir advertencias de tensiones de torsión sobredimensionadas para secciones de clase 4.

3.1.2 Estabilidad

Figura 3.2 Cuadro de diálogo *Detalles*, pestaña *Estabilidad*

Análisis de estabilidad

La casilla *Ejecutar análisis de estabilidad* controla la ejecución de un análisis de estabilidad como complemento a los cálculos de la sección. El desmarque de la casilla supone la no visualización de las ventanas 1.4 hasta 1.8.

Si la casilla está marcada, puede definir los ejes relevantes para el análisis de *Pandeo por flexión según 6.3* de [1] [↗](#).

Además, es posible considerar *efectos de segundo orden según 5.2.2(4)* mediante un factor para momentos flectores que se puede definir manualmente. De este modo, al calcular por ejemplo una estructura con su modo de pandeo determinante representado mediante desplazamiento lateral, tiene la posibilidad de determinar los esfuerzos internos según el análisis estático lineal e incrementarlos mediante factores apropiados. El incremento de momentos flectores no afecta al análisis de pandeo por flexión según el apartado 6.3.1 de [1] [↗](#), el cual se realiza con esfuerzos axiales.

Determinación del momento crítico elástico para pandeo lateral

De forma predeterminada, RF-/STEEL EC3 determina el momento crítico elástico *Automáticamente por el método de los valores propios*. Para el cálculo, el programa utiliza un modelo de barra finita para determinar M_{cr} considerando los siguientes puntos:

- Dimensiones de la sección bruta
- Tipo de carga y posición del punto de aplicación de carga
- Distribución de momentos eficaz
- Coacciones laterales (mediante condiciones del apoyo)
- Condiciones de contorno eficaces

Puede especificar los grados de libertad mediante los factores k_z y k_w (véase el capítulo 2.5).



Cuando se determina el momento crítico elástico *Automáticamente por comparación de la distribución de momentos*, el factor C_1 se determina por medio de la distribución de momentos. Haga clic en el botón [Información] para abrir un cuadro de diálogo que muestre las distribuciones de cargas y momentos.

Coeficientes de momento C1 para la determinación de momentos de pandeo lateral

Núm.	Viga	Distribución de momentos	C_1	Intervalo
1			$1.75 + 1.05\psi + 0.3\psi^2$ 2.5	$-1 \leq \psi \leq 0.6$ $0.6 \leq \psi \leq 1$
2			$1.0 + 0.35(1 - 2a/L)^2$	$0 \leq 2a/L \leq 1$
3			$1.35 + 0.4(2a/L)^2$	$0 \leq 2a/L \leq 1$
4			$1.35 + 0.15\psi$ $-1.2 + 3.0\psi$	$0 \leq \psi \leq 0.9$ $0.9 \leq \psi \leq 1$
5			$1.35 + 0.36\psi$	$0 \leq \psi \leq 1$
6			$1.13 + 0.10\psi$ $-1.25 + 3.5\psi$	$0 \leq \psi \leq 0.7$ $0.7 \leq \psi \leq 1$
7			$1.13 + 0.12\psi$ $-2.38 + 4.8\psi$	$0 \leq \psi \leq 0.75$ $0.75 \leq \psi \leq 1$
8	General		$\frac{1.75M_{max}}{\sqrt{(M_{1/4}^2 + M_{1/2}^2 + M_{3/4}^2)}} \leq 2.5$	

Tolerancia para distribución de momentos:

Los coeficientes de momento C2 y C3, si es necesario, serán determinados por el método de valores propios.

Bibliografía:
[2] Trahair, N.S., Bradford, M.A., Nethercot, D.A., Gardner, L.: The Behaviour and Design of Steel Structures to EC3

Figura 3.3 Cuadro de diálogo Coeficientes de momento C1 para la determinación de momentos de pandeo lateral

La *Tolerancia para distribución de momentos* en este cuadro de diálogo le permite el control del punto hasta que las desviaciones sean aceptables para las distribuciones de momentos.

Los coeficientes C_2 y C_3 se determinan automáticamente mediante el método de valores propios, en caso necesario.

H	I	J	K	L
Pandeo lateral y pandeo flexotorsional				
Posible	k_z	M_{cr} [kNm]	L_w [m]	L_T [m]
<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	100.00	6.059	6.059
<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	100.00	3.843	3.843
<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	100.00	6.700	6.700
<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	100.00	6.700	6.700

M_{cr} definido por el usuario

Con la opción *Definición manual en la ventana 1.5*, el título de la columna J en la ventana 1.5 se cambia a M_{cr} de forma que pueda introducir directamente el momento crítico elástico para pandeo lateral.

Si hay *cargas transversales* disponibles, es importante definir la posición donde estas fuerzas actúen en la sección: en función de la aplicación de la carga, se podrán estabilizar o desestabilizar las cargas transversales y tener de este modo un impacto mayor en el momento crítico elástico.

Los signos de las excentricidades están relacionados con el centro de cortante de la sección M. Un artículo en nuestra [base de datos de conocimientos](#) le ofrece más información acerca del convenio de signos para cargas transversales.

Tipo de modelo según la tabla B.3

Según la tabla B.3 del anexo B de [1], el factor de momento equivalente para los componentes estructurales con pandeo en forma de flecha lateral debe asumirse como $C_{my} = 0,9$ o $C_{mz} = 0,9$. De forma predeterminada se desactivan ambas casillas. Si están marcadas, el programa determina los factores C_{my} y C_{mz} según el criterio definido en la tabla B.3.

Valores límite para casos especiales

Para calcular secciones asimétricas con la compresión axial prevista según el apartado 6.3.1 de [1], puede omitir *momentos pequeños* respecto al eje principal de mayor inercia y al eje débil en la configuración definida en esta sección del diálogo.

De forma análoga, para la comprobación pura de la flexión según el apartado 6.3.2 de [1], es posible omitir los *esfuerzos de compresión pequeños* mediante la definición de una relación límite de $N_{c,Ed} / N_{pl}$.

Según el apartado 6.3.4 de [1], el método general se admite para secciones asimétricas o barras de sección variable solo si se encuentran sometidas a compresión y/o flexión simple en el plano principal. Con el fin de omitir una carga de momento menor con respecto al eje débil, puede definir un límite para la relaciones de momentos $M_{z,Ed} / M_{pl,z,Rd}$.

La *Torsión* prevista no se especifica con claridad en [1]. Si no hay una tensión de torsión que sobrepase el 5% de la relación de tensiones tangenciales prefijada de forma predeterminada, se omite para el cálculo de estabilidad; solo se visualizan resultados para pandeo por flexión y lateral.

Si se sobrepasa uno de los límites de esta sección de diálogo, aparece una nota en la ventana de resultados y el programa no realiza ningún análisis de estabilidad. Sin embargo, los cálculos de la sección se realizan de forma independiente. Estos parámetros límite **no** forman parte ni de la Norma Europea [1] ni de ningún anexo nacional. La modificación de los límites es responsabilidad del usuario.

Método de análisis de estabilidad de conjuntos de barras

Según 6.3.1 ... 6.3.3 (*Método de la barra equivalente*), es posible tratar conjuntos de barras como una gran barra simple. Para esto, defina los factores k_z y k_w en la ventana 1.6 *Longitudes eficaces - Conjuntos de barras*. Se utilizan para determinar las condiciones del apoyo β , u_y , φ_x , φ_z y ω . En este caso, no se visualizan las ventanas 1.7 y 1.8. Tenga en cuenta que los factores k_z y k_w son idénticos para cada sección o barra parcial del conjunto de barras. Por eso, el método de la barra equivalente solo se debería utilizar para conjuntos de barras rectos.

Con la configuración predeterminada de 6.3.4 (*Método general*), el programa realiza un análisis general según el apartado 6.3.4 de [1], en función del coeficiente α_{cr} . En las ventanas 1.7 *Apoyos en nudos* y 1.8 *Articulaciones en barra*, se deben definir las condiciones de contorno con respecto al fallo de estabilidad (pandeo y pandeo lateral) por separado para cada conjunto de barras. No se utilizan los factores k_z y k_w de la ventana 1.5.

En un artículo de la [base de datos de conocimientos](#) puede encontrar más información acerca del método general.

Si se fija el análisis de estabilidad con torsión de alabeo, se bloquean las opciones (véase el



capítulo 3.1.5 [↗](#)).

3.1.3 Servicio

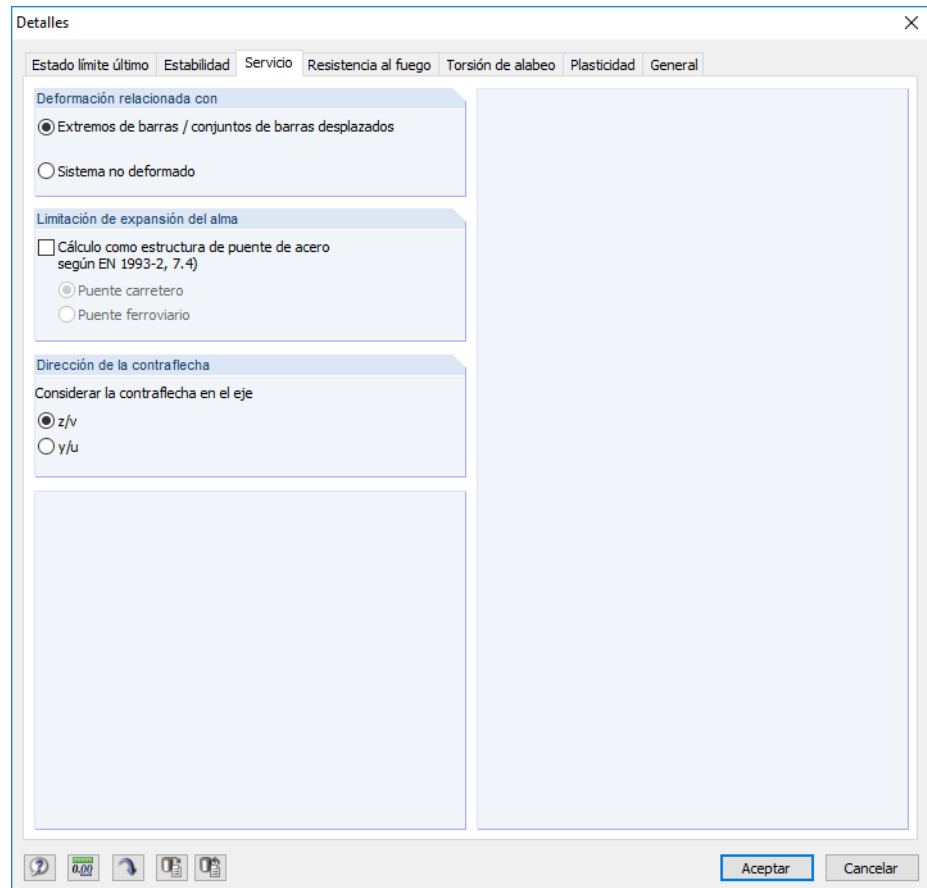


Figura 3.4 Cuadro de diálogo *Detalles*, pestaña *Servicio*

Deformación relacionada con

Las opciones controlan si las deformaciones máximas están relacionadas con los extremos de barras o conjuntos de barras desplazados (línea de conexión entre los nudos iniciales y finales del sistema deformado) o con el sistema inicial sin deformar. Por lo general, se calculan las deformaciones en relación con los desplazamientos en todo el sistema estructural.



Anejo Nac. ...

Un artículo de la [base de datos de conocimientos](#) [↗](#) en nuestro sitio web presenta un ejemplo que describe la relación de deformaciones.

Puede comprobar y ajustar, si se requiere, las deformaciones límite en el cuadro de diálogo *Parámetros del Anejo Nacional* (véase la [figura 2.10](#) [↗](#)).

Limitación de expansión del alma

En el cálculo del estado límite de servicio de puentes de acero, hace falta comprobar la relación de esbeltez de las placas del alma con el fin de evitar una ondulación excesiva de las placas ("expansión del alma") así como reducciones de rigidez por abolladura de la placa. La casilla *Cálculo como estructura de puente de acero según EN 1993-2, 7.4* [\[8\]](#) [↗](#) le permite analizar la expansión (deformación repetida fuera del plano), que puede derivar en problemas de fatiga en las conexiones entre alma y alas.

Puede especificar si se va a calcular un *Puente carretero* o un *Puente ferroviario*, debido a la

diferencia de criterios que existen para cada uno de ellos.

Dirección de la contraflecha

Con las dos opciones puede decidir en cuál de los ejes de barra locales se aplica la imperfección en arco ("flecha"), en caso de estar disponible. En función de la configuración, la columna F de la ventana 1.9 muestra $w_{c,v}$ o $w_{c,u}$ como título (véase la figura 2.36 [2]).

3.1.4 Resistencia al fuego

Esta pestaña gestiona la configuración detallada para el cálculo de la resistencia al fuego.

Figura 3.5 Cuadro de diálogo Detalles, pestaña Resistencia al fuego

Además del *Tiempo necesario de resistencia al fuego* y el *Intervalo de tiempo necesario* para la determinación de la variación de temperatura, tiene que definir la *Curva de temperatura* para determinar la temperatura de los gases. Hay tres curvas disponibles que se pueden seleccionar (véase la figura 3.6 [2] hasta la figura 3.8 [2]).

Se fijan de forma predeterminada los *Factores para la determinación del flujo de calor neto* según [9] [2] y [2] [2]. Sin embargo, puede adaptarlos a condiciones específicas.

Si marca la casilla para *Definir la temperatura final manualmente*, puede definir la temperatura Θ_a en las ventanas 1.10 y 1.11 por separado.

1.10 Resistencia al fuego - Barras

Núm.	A	B
	Barras núm.	Temperatura Θ_a [°C]
1	1	300.00

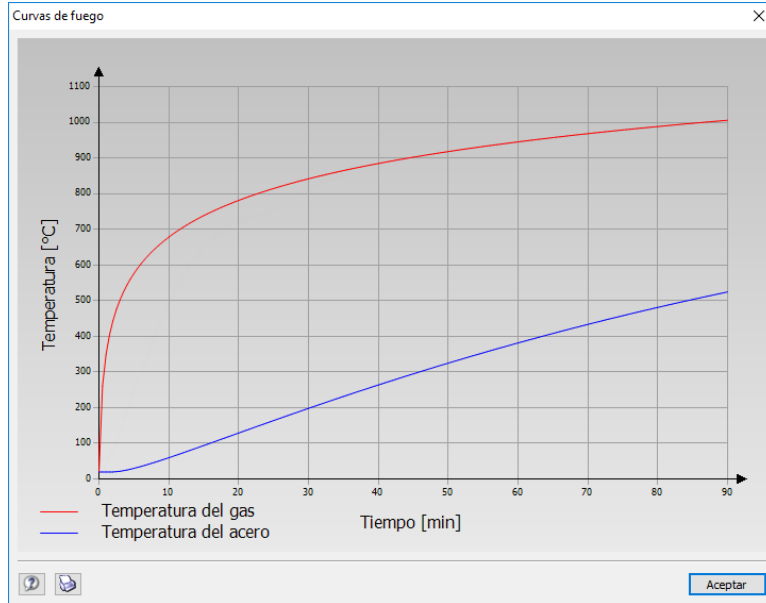


Figura 3.6 Curva normalizada tiempo-temperatura

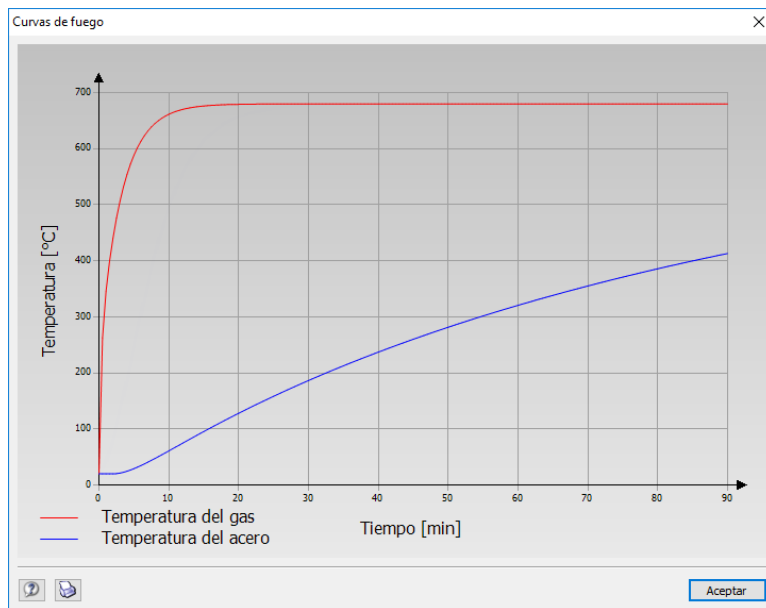


Figura 3.7 Curva de fuego exterior

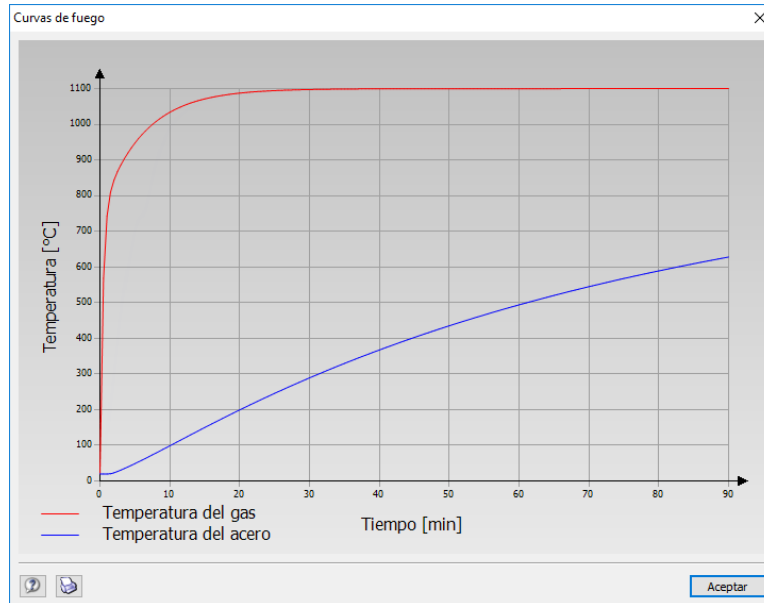


Figura 3.8 Curva de hidrocarburos

3.1.5 Torsión de alabeo

Esta pestaña permite la configuración del análisis de alabeo para conjuntos de barras. Puede acceder a las entradas si dispone de la licencia de la extensión de módulo **RF-STEEL Warping Torsion**.

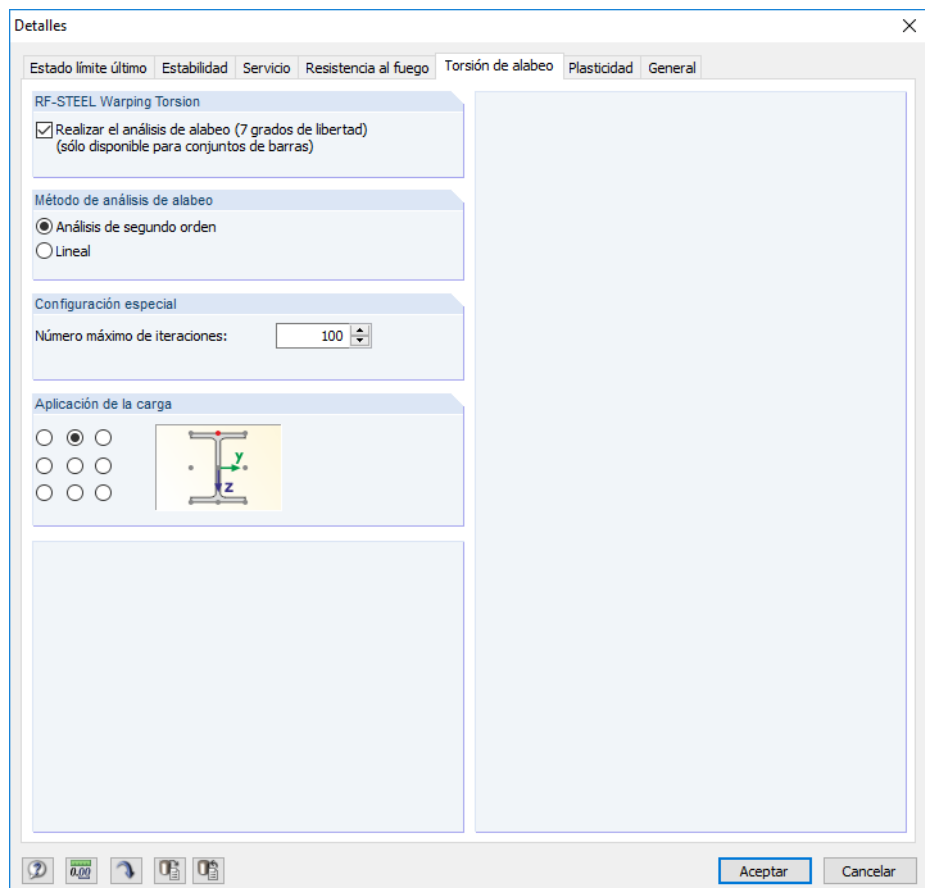


Figura 3.9 Cuadro de diálogo Detalles, pestaña Torsión de alabeo



Si desea RF-/STEEL EC3 para *Realizar el análisis de alabeo*, marque dicha casilla. De este modo, las otras secciones del diálogo se vuelven accesibles. Al mismo tiempo, se bloquean las opciones correspondientes para el análisis de estabilidad de los conjuntos de barras en la pestaña *Estabilidad*.

En el método con siete grados de libertad, el cálculo de estabilidad se realiza de acuerdo con el análisis de segundo orden para pandeo flexotorsional con la consideración de la torsión de alabeo y las imperfecciones afines a las deformadas del modo. El usuario puede definir los grados de libertad de los desplazamientos y giros en y sobre los ejes X' , Y' y Z' , así como el alabeo, en las ventanas 1.7 y 1.8 (véase la [figura 2.33](#) y la [figura 2.35](#)). En la ventana 1.13, tiene que definir la flecha de la imperfección en arco (véase la [figura 2.51](#)).

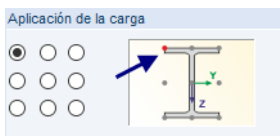
Puede encontrar una descripción detallada del análisis de segundo orden para pandeo flexotorsional en el [Manual de RF-/FE-LTB](#), cuya versión inglesa está disponible en nuestro sitio web.

Puede encontrar algunos ejemplos que describen los principios de este método en los artículos siguientes:

- <https://www.dlubal.com/es/soporte-y-formacion/soporte/base-de-datos-de-conocimientos/001298>
- <https://www.dlubal.com/es/soporte-y-formacion/soporte/base-de-datos-de-conocimientos/001377>

Además del análisis de segundo orden, el *Método de análisis de alabeo* puede ser un cálculo lineal. Entonces, el conjunto de barras se analiza según el análisis estático lineal. De esta manera, es posible, por ejemplo, analizar efectos de alabeo y deducir consecuencias sobre el comportamiento de la estabilidad.

El análisis de alabeo se realiza de manera iterativa, con la matriz de rigidez K que se modifica debido a los esfuerzos internos y deformaciones que ya se han calculado. El *Número máximo de iteraciones* evita la introducción de bucles infinitos en el cálculo cuando hayan problemas de convergencia.



La *Aplicación de la carga* desempeña un papel importante para el análisis de estabilidad con siete grados de libertad. En función del punto de aplicación, la carga tiene un efecto estabilizador o desestabilizador en el comportamiento de la estabilidad. Utilice las nueve opciones de configuración para definir la posición donde actúa la carga en la sección. El punto actual se resalta en rojo en el dibujo de la sección.

Determinación de la carga en RF-/STEEL Warping Torsion

Las cargas que se aplican para el análisis de alabeo se basan en los resultados de RFEM o RSTAB. La extensión de módulo utiliza las deformaciones de la barra con el fin de determinar las distribuciones de momentos y por consiguiente las cargas. Por lo que, al definir las condiciones de contorno en la ventana 1.7, es necesario asegurarse de que las condiciones del modelo de barras fijado que se ha seleccionado se corresponden con las del modelo de RFEM/RSTAB. Por ejemplo, el hecho de que estén activos los giros para un nudo de viga horizontal, que se encuentra limitada en el modelo mediante un pilar conectado, dará como resultado distribuciones de esfuerzos internos distintas en RFEM o RSTAB y RF-/STEEL EC3.



El siguiente artículo describe cómo se determina la carga en RF-/STEEL Warping Torsion: <https://www.dlubal.com/es/soporte-y-formacion/soporte/base-de-datos-de-conocimientos/001417>

3.1.6 Plasticidad

Esta pestaña permite una configuración avanzada del análisis plástico para secciones. Puede acceder a las entradas si dispone del módulo adicional **RF-/STEEL Plasticity** con licencia.

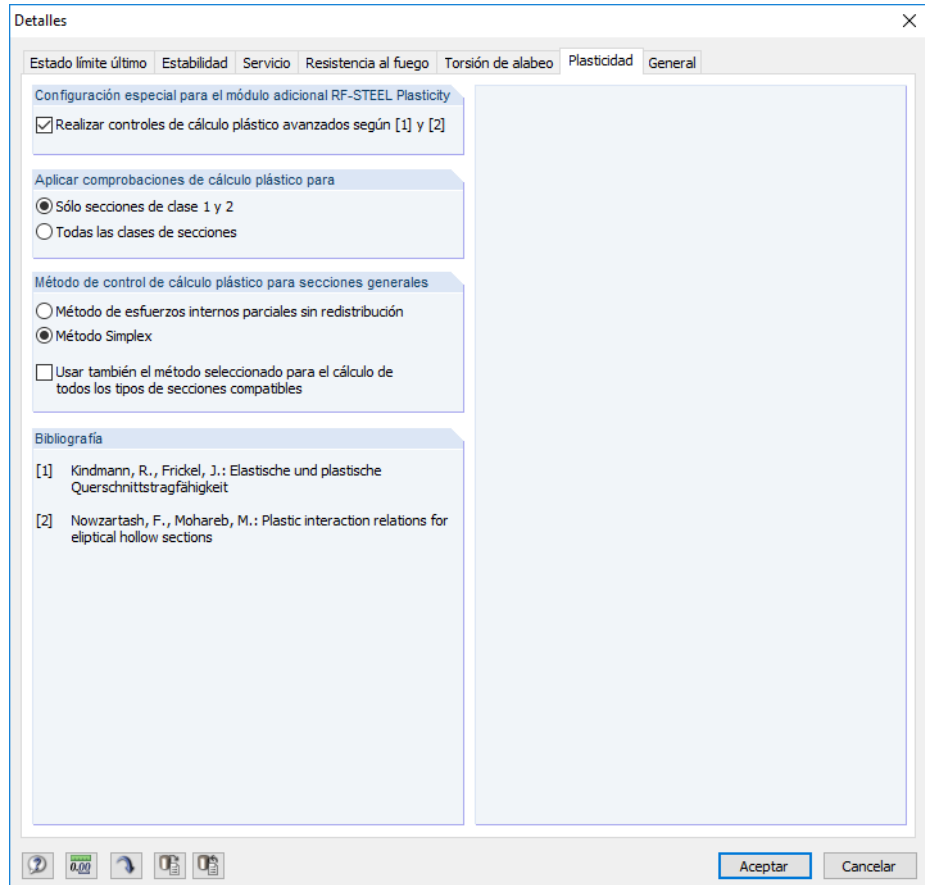


Figura 3.10 Cuadro de diálogo *Detalles*, pestaña *Plasticidad*

En el cálculo de la sección que se realiza mediante el método de cálculo elástico-plástico, se presupone un comportamiento elástico lineal del material para el cálculo de los esfuerzos internos S_d , así como un comportamiento elástico lineal perfectamente plástico del material para el cálculo de las resistencias R_d . Por lo que, aunque no se consideren las reservas plásticas posibles que se disponen del sistema, se utilizan las reservas de la sección. Una vez se alcanzan los esfuerzos internos límite en el estado plástico total, se alcanza el estado límite último.

Marcando la casilla, RF-/STEEL EC3 puede *Realizar controles de cálculo plástico avanzados según [1] y [2]*, si lo desea (bibliografía en el manual: [10] [↗](#) y [11] [↗](#)). Luego, se vuelven accesibles las demás secciones del diálogo.



Puede encontrar una descripción detallada del cálculo plástico de secciones en el manual para RF-/STEEL Plastic [↗](#) disponible en inglés en nuestro sitio web.

3.1.7 General

Figura 3.11 Cuadro de diálogo *Detalles*, pestaña *General*

Cálculo de combinaciones de resultados con tipo O

Si se crean las combinaciones de forma automática se producen, por lo general, muchas combinaciones de carga (CO). En líneas generales, estas combinaciones se sintetizan en una combinación de resultados (CR) como alternativa que actúa en una conexión "O" que proporciona la envolvente: CO1/p o CO2/p o CO3/p o CO4/p etc. Para el cálculo de estas combinaciones de resultados tiene dos posibilidades en RF-/STEEL EC3.

Los componentes de carga de las combinaciones que contienen pueden analizarse *por separado*. Así, se determinan por separado los momentos críticos elásticos para pandeo lateral para cada constelación y se realizan los cálculos en consecuencia. Si bien este enfoque proporciona resultados exactos, conlleva mucho tiempo y necesita un esfuerzo computacional elevado.

Como alternativa, es posible *Usar esfuerzos internos de la combinación de resultados*. Este cálculo se ejecuta mucho más rápido debido a que RF-/STEEL EC3 utiliza solo valores extremos con los esfuerzos internos correspondientes para el cálculo. Sin embargo, es posible que dé un resultado incorrecto si la CR incluye una combinación donde varios esfuerzos internos (tales como N y M_y) existan a la vez justo por debajo de los valores extremos.

Optimización de la sección

De forma predeterminada, se fija como objetivo una optimización con una razón de tensiones máxima admisible del 100%. Si es necesario, puede fijar una razón distinta en este cuadro de texto.

Comprobación de esbelteces de barra

En ambos cuadros de texto, puede especificar los valores límite $\lambda_{\text{límite}}$ para definir las esbelteces de barra. Es posible especificarlos de forma independiente solo para barras con esfuerzos de tracción, así como para barras con flexión y compresión.

En la ventana 3.3, se comparan los valores límite con las esbelteces de la barra real. Esta ventana está disponible después del cálculo (véase el [capítulo 4.8](#)) si se marca la casilla correspondiente en la sección *Mostrar ventanas de resultados* a la derecha.

Cálculo de soldaduras

Si marca la casilla, se realizan cálculos de soldadura durante el análisis. El programa realiza cálculos típicos según EN 1993-1-8 [12]. Después del cálculo, puede encontrar los resultados entre los cálculos de la sección (véase también el artículo en la [base de datos de conocimientos](#) en nuestro sitio web).

Mostrar ventanas de resultados

En esta sección del diálogo, puede seleccionar no solo las ventanas de resultados sino también la lista de piezas que desea representar. Estas ventanas se describen en el [capítulo 4](#).

La ventana 3.3 *Esbelteces de barra* se encuentra desactivada de forma predeterminada.

3.2

Cálculo

Iniciar el cálculo

En todas las ventanas de entrada del módulo adicional RF-/STEEL EC3, puede iniciar el cálculo haciendo clic en el botón [Cálculo].

RF-/STEEL EC3 busca los resultados de los casos de carga, combinaciones de carga y combinaciones de resultados para el cálculo. En caso de que no se puedan encontrar, el programa inicia el cálculo de RFEM o RSTAB para determinar los esfuerzos internos relevantes del cálculo.

También puede iniciar el cálculo en la interfaz de usuario de RFEM o RSTAB: el cuadro de diálogo *Para calcular* (menú **Cálculo** → **Para calcular**) enumera los casos de cálculo de los módulos adicionales como los casos de carga o las combinaciones de carga.

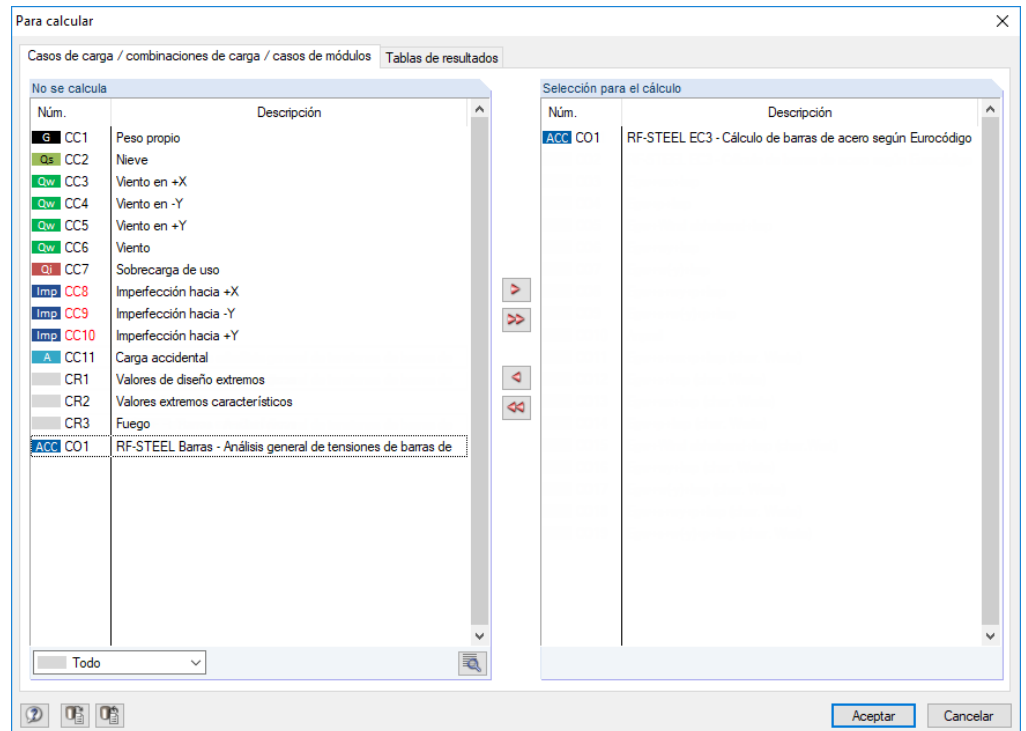



Figura 3.12 Cuadro de diálogo *Para calcular*

Si los casos de cálculo de RF-/STEEL EC3 no se encuentran en la sección *No se calcula*, seleccione *Todo* o *Módulos adicionales* en la lista desplegable debajo de la lista.

Para transferir los casos de RF-/STEEL EC3 seleccionados a la lista de la derecha, utilice el botón . Luego, haga clic en [Aceptar] para iniciar el cálculo.

También puede calcular un caso de cálculo directamente mediante la lista en la barra de herramientas: fije el caso de RF-/STEEL EC3 y haga clic en el botón [Mostrar resultados].

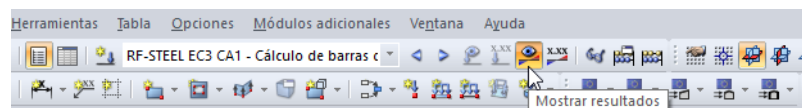
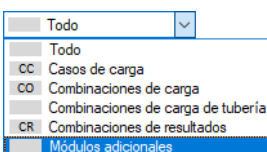


Figura 3.13 Cálculo directo de un caso de cálculo de RF-STEEL EC3 en RFEM

Posteriormente, puede observar el proceso de cálculo en el cuadro de diálogo del solucionador.



4 Resultados



La ventana 2.1 Cálculo por caso de carga aparece de inmediato después del cálculo.

Carga	Descripción	Barra núm.	Posición x [m]	Tensiones Razón	Cálculo según fórmula	Situación de proyecto
Cálculo del estado límite último						
CC3	Viento en +X	21	0.000	0.20 ≤ 1	CS111) Comprobación de la sección - Flexión respecto al eje y, según 6.2.5 - Clase 1 ó 2	PT
CC4	Viento en +Y	82	0.000	0.36 ≤ 1	ST331) Análisis de estabilidad - Pandeo lateral según 6.3.2.1 y 6.3.2.3 - Sección en I	PT
CC5	Viento en +Y	124	0.000	0.26 ≤ 1	CS101) Comprobación de la sección - Tracción según 6.2.3	PT
Cálculo del estado límite de servicio						
CC2	Nieve	15	2.689	0.66 ≤ 1	SE401) Servicio - Combinación de acciones "Característica" - Dirección z	SC

Razón de tensiones	
Altura de la sección	h = 152.0 mm
Ancho de la sección	b = 160.0 mm
Criterio	h/b = 0.95 ≤ 2 Tab. 6.5
Curva de pandeo	CP,LT = b Tab. 6.5
Coefficiente de imperfección	α _{LT} = 0.340 Tab. 6.3
Módulo de elasticidad	E = 210000.0 N/mm ²
Módulo de cortante	G = 80769.2 N/mm ²
Coefficiente de longitud	k _z = 1.000
Coefficiente de longitud	k _w = 1.000
Longitud	L = 7.094 m
Momento de inercia	I _z = 616.00 cm ⁴
Constante de alabeo de la sección	I _w = 31410.00 cm ⁶
Módulo de torsión	I _t = 12.30 cm ⁴
Momento crítico elástico para pandeo lateral	M _{cr} = 113.37 kNm
Módulo resistente	W _y = 246.00 cm ³
Límite elástico	f _y = 235.0 N/mm ²
Esbeltez	λ _{LT} = 0.714 6.3.2.2(1)
Parámetro	λ _{LT,0} = 0.400 6.3.2.3(1)
Parámetro	β = 0.750 6.3.2.3(1)
Coefficiente auxiliar	ϕ _{LT} = 0.745 6.3.2.3(1)

Figura 4.1 Ventana de resultados con cálculos y valores intermedios

Los cálculos se muestran en las ventanas de resultados de 2.1 hasta 2.5, clasificados según diversos criterios.

Las ventanas 3.1 y 3.2 enumeran los esfuerzos internos determinantes; la ventana 3.3 facilita información de esbelteces de barra.

Las ventanas 4.1 y 4.2 muestran las listas de piezas por barras y conjuntos de barras.

Es posible seleccionar cada ventana haciendo clic en la entrada correspondiente en el navegador. Para poner la ventana anterior o la siguiente, utilice los botones que se muestran a la izquierda. También puede utilizar las teclas de función [F2] y [F3] para pasar de una ventana a otra.

Haga clic en [Aceptar] para guardar los resultados. Luego, salga de RF-/STEEL EC3 y vuelva al programa principal.

El capítulo 4 describe las ventanas de resultados de una en una. La evaluación y comprobación de resultados se describe en el capítulo 5.



Aceptar

4.1



Cálculo por caso de carga

La parte superior de la ventana muestra un resumen de cálculos determinantes, clasificados por caso de carga, combinación de carga y combinación de resultados. Además, la tabla se subdivide en cálculo del estado límite último, cálculo del estado límite de servicio y cálculo de la resistencia frente al fuego.

La parte inferior incluye información detallada de las propiedades de la sección, esfuerzos internos analizados y parámetros de cálculo para el caso de carga que se seleccionó arriba.

2.1 Cálculo por caso de carga

Carga	A	B	C	D	E	F	G
	Descripción	Barra núm.	Posición x [m]	Tensiones	Razón	Cálculo según fórmula	Situación de proyecto
Cálculo del estado límite último							
CC3	Viento en +X	21	0.000	0.20	≤ 1	CS111) Comprobación de la sección - Flexión respecto al eje y, según 6.2.5 - Clase 1 ó 2	PT
CC4	Viento en +Y	82	0.000	0.36	≤ 1	ST331) Análisis de estabilidad - Pandeo lateral según 6.3.2.1 y 6.3.2.3 - Sección en I	PT
CC5	Viento en +Y	124	0.000	0.26	≤ 1	CS101) Comprobación de la sección - Tracción según 6.2.3	PT
Cálculo del estado límite de servicio							
CC2	Nieve	15	2.689	0.66	≤ 1	SE401) Servicio - Combinación de acciones "Característica" - Dirección z	SC

Máx.: 0.66 ≤ 1

Detalles - Barra 82 - x: 0.000 m - CC4

Clasificación de la sección - Clase 1

Razón de tensiones

Altura de la sección	h	152.0	mm		
Ancho de la sección	b	160.0	mm		
Criterio	h/b	0.95		≤ 2	Tab. 6.5
Curva de pandeo	C _{PLT}	b			Tab. 6.5
Coefficiente de imperfección	α _{LT}	0.340			Tab. 6.3
Módulo de elasticidad	E	210000.0	N/mm ²		
Módulo de cortante	G	80769.2	N/mm ²		
Coefficiente de longitud	k _z	1.000			
Coefficiente de longitud	k _w	1.000			
Longitud	L	7.094	m		
Momento de inercia	I _z	616.00	cm ⁴		
Constante de alabeo de la sección	I _w	31410.00	cm ⁶		
Módulo de torsión	I _t	12.30	cm ⁴		
Momento crítico elástico para pandeo lateral	M _{cr}	113.37	kNm		
Módulo resistente	W _y	246.00	cm ³		
Límite elástico	f _y	235.0	N/mm ²		3.2.1
Esbeltez	λ _{LT}	0.714			6.3.2.2(1)
Parámetro	λ _{LT,0}	0.400			6.3.2.3(1)
Parámetro	β	0.750			6.3.2.3(1)
Coefficiente auxiliar	ϕ _{LT}	0.745			6.3.2.3(1)

6 - HE A 160 | Euronorm 53-62

Figura 4.2 Ventana 2.1 Cálculo por caso de carga

Descripción

Esta columna muestra las descripciones de los casos de carga, de las combinaciones de carga y de las combinaciones de resultados para las que se realizan los cálculos.

Barra núm.

Esta columna muestra el número de la barra con la razón de tensiones máxima para la acción calculada.

Posición x

Esta columna muestra la posición x respectiva de la barra donde se produce la razón de tensiones máxima. Las posiciones x de las barras siguientes se utilizan para la tabla de salida:

- Nudo inicial y final
- Puntos de división según la división de barra definida posible (véase la tabla 1.16 de RFEM o la tabla 1.6 de RSTAB)
- División de barra según requisitos para resultados de barra (cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo* de RFEM/RSTAB, pestaña *Parámetros de cálculo global*)
- Valores extremos de esfuerzos internos

Máx.: 0.98 ≤ 1



Razón de tensiones

Las columnas D y E muestran las condiciones de cálculo según [1], [2] y [3].

La longitud de la barra de color representa gráficamente la razón de tensiones respectiva.

Cálculo según fórmula

Esta columna muestra las ecuaciones de la norma que se han utilizado en el cálculo.

En la tabla *Detalles*, se muestran las fórmulas del cálculo con las condiciones de cálculo que son relevantes para el cálculo seleccionado.

Detalles - Barra 12 - x: 0.923 m - CC1	
<input type="checkbox"/>	Propiedades del material - Acero S 235 EN 10025-2:2004-11
<input type="checkbox"/>	Propiedades de la sección - IPE 300 Euronorm 19-57
<input type="checkbox"/>	Esfuerzos internos de cálculo
<input type="checkbox"/>	Clasificación de la sección - Clase 1
<input type="checkbox"/>	Razón de tensiones
<input type="checkbox"/>	Fórmula de cálculo
<input type="checkbox"/>	$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) = 0.64 \leq 1$ (6.61)
<input type="checkbox"/>	$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) = 1.13 > 1$ (6.62)

Figura 4.3 En la tabla *Detalles* se muestra la *Fórmula de cálculo*

Esta función también se describe en la [base de datos de conocimientos](#) en nuestro sitio web.

Situación de proyecto

La columna G ofrece información sobre las situaciones de proyecto relevantes: *PT* o *AC* para el estado límite último o una de las tres situaciones de proyecto para servicio (*SC*, *SF*, *SQ*) según las especificaciones en la ventana 1.1 *Datos generales* (véase la [figura 2.1](#)).

4.2

Cálculo por sección

2.2 Cálculo por sección

Sección num.	Barra num.	Posición x [m]	Carga	Tensiones Razón	F
2	IPE 300 Euronorm 19-57				Cálculo según fórmula
	45	3.262	CC1	0.04 ≤ 1	CS102) Comprobación de la sección - Compresión según 6.2.4
	28	0.000	CC1	0.05 ≤ 1	CS121) Comprobación de la sección - Esfuerzo cortante en el eje z según 6.2.6
	3	0.000	CC1	0.00 ≤ 1	CS126) Comprobación de la sección - Abolladura según 6.2.6(6)
	23	0.000	CC1	0.30 ≤ 1	CS181) Comprobación de la sección - Flexión, cortante y esfuerzo axial según 6.2.9.1
	45	0.816	CC1	0.00 ≤ 1	CS201) Comprobación de la sección - Flexión respecto al eje z, cortante y esfuerzo axial según 6.2.9.1
	28	3.011	CC1	0.11 ≤ 1	CS221) Comprobación de la sección - Flexión biaxial, cortante y esfuerzo axial según 6.2.10 y 6.2.9
	15	3.585	CC1	0.97 ≤ 1	CS272) Comprobación de la sección - Cálculo elástico con análisis de torsión por alabeo
	16	6.274	CC1	0.54 ≤ 1	ST364) Análisis de estabilidad - Flexión y compresión según 6.3.3, método 2
	3	1.004	CC1	0.45 ≤ 1	ST371) Análisis de estabilidad - Flexión y compresión según 6.3.4, método general

Máx.: 0.80 ≤ 1

Detalles - Barra 23 - x: 0.000 m - CC1

Propiedades del material - Acero S 235 EN 10025-2:2004-11	
Propiedades de la sección - IPE 400 Euronorm 19-57	
Esfuerzos internos de cálculo	
Clasificación de la sección - Clase 1	
Razón de tensiones	
Momento	$M_{y,Ed}$ 90.86 kNm
Límite elástico	f_y 235.0 N/mm ²
Coefficiente parcial	γ_{M1} 1.000
Momento resistente	$M_{pl,y,Rd}$ 307.38 kNm Ec (6.13)
Esfuerzo cortante	$V_{z,Ed}$ 22.87 kN
Área eficaz a cortante	$A_{v,z}$ 42.73 cm ²
Resistencia a esfuerzo cortante	$V_{pl,z,Rd}$ 579.76 kN Ec (6.18)
Criterio $V_{z,Ed} / V_{pl,z,Rd}$	v_z 0.039 ≤ 0.5 6.2.10(2)
Esfuerzo axial	N_{Ed} -27.67 kN
Área de la sección	A 84.50 cm ²
Resistencia a esfuerzo axial	$N_{pl,Rd}$ 1985.75 kN Ec (6.6)
Alturas de almas	h_w 373.0 mm
Espesor del alma	t_w 8.6 mm
Criterio 1	n 0.014 ≤ 0.25 (6.33)
Criterio 2	n_w 0.037 ≤ 0.50 (6.34)
Momento resistente	$M_{pl,y,Rd}$ 307.38 kNm Ec (6.13)
Componente de cálculo para M_y	η_{My} 0.30 ≤ 1 (6.31)

3 - 2: IPE 400 | Euronorm 19-57 - IPE 300

Figura 4.4 Ventana 2.2 Cálculo por sección

En esta ventana de resultados, se enumeran por sección las razones de tensiones máximas de todas las barras y acciones que se han seleccionado para el cálculo. Se clasifican los resultados por el cálculo y el análisis de estabilidad de la sección, así como también por el cálculo del estado límite de servicio y el cálculo de la resistencia frente al fuego.

Si hay una barra de sección variable, se enumeran por separado las secciones del inicio y final de la barra.

4.3

Cálculo por conjunto de barras

2.3 Cálculo por conjunto de barras

Conjunto núm.	A Barra núm.	B Posición x [m]	C Carga	D Tensiones Razón	E	F Cálculo según fórmula
2	Conjunto de barras 2 (Barra núm. 13-15)					
	14	0.000	CC1	0.02	≤ 1	CS102) Comprobación de la sección - Compresión según 6.2.4
	13	3.011	CC1	0.04	≤ 1	CS121) Comprobación de la sección - Esfuerzo cortante en el eje z según 6.2.6
	13	0.000	CC1	0.00	≤ 1	CS126) Comprobación de la sección - Abolladura según 6.2.6(6)
	13	0.000	CC1	0.28	≤ 1	CS181) Comprobación de la sección - Flexión, cortante y esfuerzo axial según 6.2.9.1
	15	6.274	CC1	0.08	≤ 1	CS221) Comprobación de la sección - Flexión biaxial, cortante y esfuerzo axial según 6.2.10 y 6.2.9
	15	3.585	CC1	0.97	≤ 1	CS272) Comprobación de la sección - Cálculo elástico con análisis de torsión por alabeo
	15	0.000	CC1	0.53	≤ 1	ST364) Análisis de estabilidad - Flexión y compresión según 6.3.3, método 2
	13	0.000	CC1	0.38	≤ 1	ST371) Análisis de estabilidad - Flexión y compresión según 6.3.4, método general

Máx.: 0.98 ≤ 1

Detalles - Barra 15 - x: 6.274 m - CC1

Razón de tensiones

Momento	$M_{y,Ed}$	39.08	kNm		
Módulo resistente plástico	$W_{pl,y}$	628.00	cm ³		
Límite elástico	f_y	235.0	N/mm ²		3.2.1
Coefficiente parcial	γ_{M1}	1.000			6.1
Momento resistente	$M_{pl,y,Rd}$	147.58	kNm		Ec. (6.13)
Esfuerzo cortante	$V_{z,Ed}$	1.20	kN		
Área eficaz a cortante	$A_{v,z}$	25.67	cm ²		6.2.6(3)
Resistencia a esfuerzo cortante	$V_{pl,z,Rd}$	348.28	kN		Ec. (6.18)
Criterio $V_{z,Ed} / V_{pl,z,Rd}$	v_z	0.003		≤ 0.5	6.2.10(2)
Esfuerzo axial	N_{Ed}	-21.53	kN		
Área de la sección	A	53.80	cm ²		
Resistencia plástica de cálculo al esfuerzo axial	$N_{pl,Rd}$	1264.30	kN		(6.6)
Alturas de almas	h_w	278.6	mm		
Espesor del alma	t_w	7.1	mm		
Criterio 1	n	0.017		≤ 0.25	(6.33)
Criterio 2	n_w	0.046		≤ 0.50	(6.34)
Momento	$M_{z,Ed}$	0.22	kNm		
Módulo resistente plástico	$W_{pl,z}$	125.22	cm ³		
Momento resistente	$M_{pl,z,Rd}$	29.43	kNm		Ec. (6.13)
Esfuerzo cortante	$V_{y,Ed}$	0.05	kN		
Área eficaz a cortante	$A_{v,y}$	33.67	cm ²		6.2.6(3)

2 - IPE 300 | Euronorm 19-57

Figura 4.5 Ventana 2.3 Cálculo por conjunto de barras

Si se selecciona al menos uno de los conjuntos de barras para el cálculo, se muestra esta ventana de resultados. La ventana enumera las razones de tensiones máximas que clasifica por conjunto de barras.

La columna *Barra núm.* muestra el número de la barra dentro del conjunto de barras que soporta la razón máxima según el criterio de cálculo individual.

El que la salida sea por conjunto de barras le permite una presentación con claridad del cálculo de todo un grupo de estructuras (un pórtico, por ejemplo).

4.4

Cálculo por barra

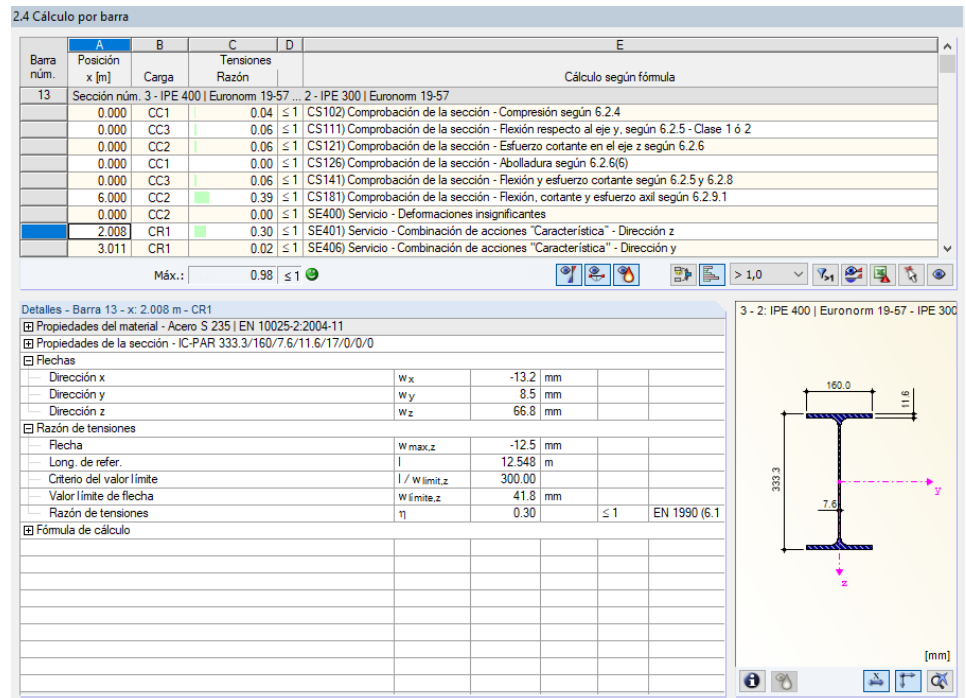


Figura 4.6 Ventana 2.4 Cálculo por barra

Esta ventana de resultados muestra las razones de tensiones máximas para los cálculos individuales clasificados por número de barra. En el capítulo 4.1 se describen las columnas en detalle.

4.5

Cálculo por posición x

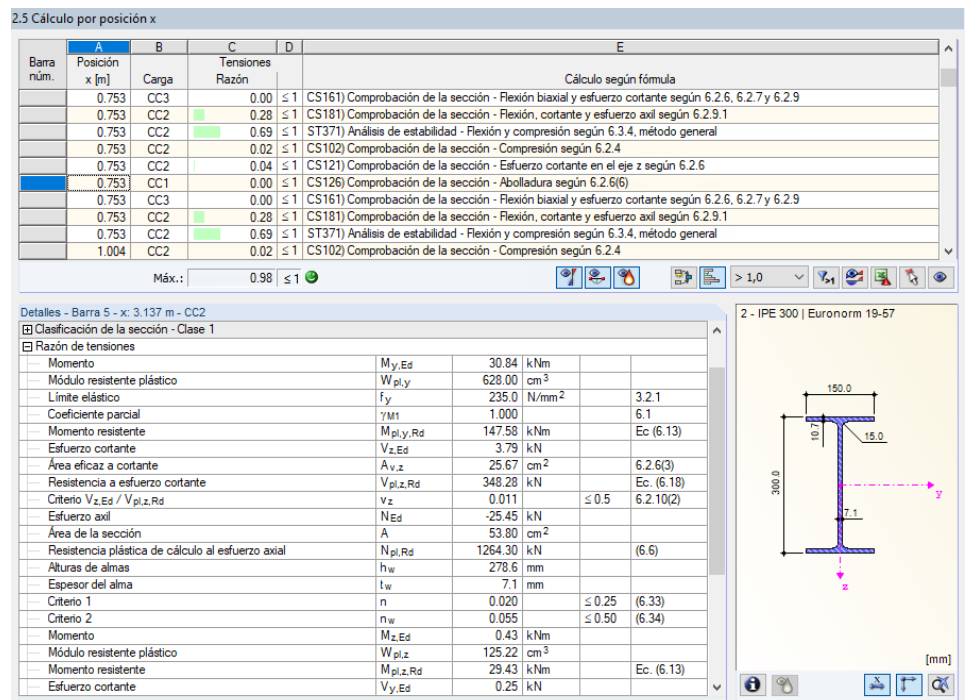


Figura 4.7 Ventana 2.5 Cálculo por posición x

Esta ventana de resultados enumera los valores máximos para cada barra en todas las posiciones x , resultado de los puntos de división que se definen en RFEM o RSTAB:

- Nudo inicial y final
- Los puntos de división según la posible división de barras definida (véase la tabla 1.16 de RFEM o la tabla 1.6 de RSTAB)
- División de barras según los requisitos para los resultados de barras (cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo* de RFEM/RSTAB, pestaña *Parámetros de cálculo global*)
- Valores extremos de esfuerzos internos

4.6

Esfuerzos internos determinantes por barra

3.1 Esfuerzos internos determinantes por barra

Barra num.	A Posición x [m]	B Carga	D Fuerzas [kN]			G Momentos [kNm]			I Cálculo según fórmula
			C N_{Ed}	D $V_{y,Ed}$	E $V_{z,Ed}$	F T_{Ed}	G $M_{y,Ed}$	H $M_{z,Ed}$	
	0.000	CC1	-71.96	-0.01	15.61	0.00	0.00	0.00	ST322) Análisis de estabilidad - Pandeo torsional según 6.3.1.4
	3.429	CC3	-0.19	0.00	0.26	0.00	8.25	0.01	ST331) Análisis de estabilidad - Pandeo lateral según 6.3.2.1 y 6.3.2.2
	0.000	CC2	-44.85	-0.01	28.16	0.00	0.00	0.00	ST364) Análisis de estabilidad - Flexión y compresión según 6.3.1.4
13	Sección núm. 3 - IPE 400 Euronorm 19-57 ... 2 - IPE 300 Euronorm 19-57								
	3.011	CC2	-43.12	-0.01	26.62	-0.02	-63.23	0.03	CS102) Comprobación de la sección - Compresión según 6.2.4
	3.011	CC3	0.04	-0.04	-0.36	0.00	4.07	-0.03	CS111) Comprobación de la sección - Flexión respecto al eje y , cortante y momento
	3.011	CC2	-43.12	-0.01	26.62	-0.02	-63.23	0.03	CS121) Comprobación de la sección - Esfuerzo cortante en el eje y y momento
	0.000	CC1	-24.90	-0.01	19.25	-0.01	-86.78	-0.03	CS126) Comprobación de la sección - Abolladura según 6.2.6(6)
	3.011	CC3	0.04	-0.04	-0.36	0.00	4.07	-0.03	CS141) Comprobación de la sección - Flexión y esfuerzo cortante
	0.000	CC3	0.04	-0.04	-0.36	0.00	5.14	-0.17	CS161) Comprobación de la sección - Flexión biaxial y esfuerzo cortante
	0.000	CC2	-43.61	-0.01	32.23	-0.02	-151.83	-0.01	CS181) Comprobación de la sección - Flexión, cortante y esfuerzo
	3.011	CC1	-1.65	-2.25	15.19	-0.91	-34.27	-5.10	CS272) Comprobación de la sección - Cálculo elástico con análisis de estabilidad
	0.753	CC2	-43.49	-0.01	30.83	-0.02	-128.10	0.00	ST371) Análisis de estabilidad - Flexión y compresión según 6.3.1.4
	0.000	CC2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	ER059) ¡Error en el análisis de estabilidad con torsión de alabeo!
14	Sección núm. 2 - IPE 300 Euronorm 19-57								
	0.000	CC2	-43.14	-0.01	26.59	-0.02	-63.23	0.03	CS102) Comprobación de la sección - Compresión según 6.2.4
	0.000	CC3	0.04	-0.04	-0.36	0.00	4.07	-0.03	CS111) Comprobación de la sección - Flexión respecto al eje y , cortante y momento
	0.000	CC2	-43.14	-0.01	26.59	-0.02	-63.23	0.03	CS121) Comprobación de la sección - Esfuerzo cortante en el eje y y momento
	0.000	CC1	-24.57	-0.01	15.36	-0.01	-34.80	0.01	CS126) Comprobación de la sección - Abolladura según 6.2.6(6)
	0.000	CC3	0.04	-0.04	-0.36	0.00	4.07	-0.03	CS141) Comprobación de la sección - Flexión y esfuerzo cortante
	3.262	CC3	0.04	-0.04	-0.36	0.00	2.90	0.11	CS161) Comprobación de la sección - Flexión biaxial y esfuerzo cortante
	0.000	CC2	-43.14	-0.01	26.59	-0.02	-63.23	0.03	CS181) Comprobación de la sección - Flexión, cortante y esfuerzo
	3.262	CC2	-42.61	-0.01	20.52	-0.02	13.63	0.07	CS221) Comprobación de la sección - Flexión biaxial, cortante y momento
	0.000	CC1	-1.66	-2.25	15.19	-0.88	-34.27	-5.10	CS272) Comprobación de la sección - Cálculo elástico con análisis de estabilidad
	0.000	CC3	0.04	-0.04	-0.36	0.00	4.07	-0.03	ST331) Análisis de estabilidad - Pandeo lateral según 6.3.2.1 y 6.3.2.2
	0.000	CC2	-43.14	-0.01	26.59	-0.02	-63.23	0.03	ST364) Análisis de estabilidad - Flexión y compresión según 6.3.1.4
	0.000	CC2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	ER059) ¡Error en el análisis de estabilidad con torsión de alabeo!
15	Sección núm. 2 - IPE 300 Euronorm 19-57								
	0.000	CC2	-39.94	0.11	20.68	-0.01	13.32	0.18	CS102) Comprobación de la sección - Compresión según 6.2.4
	0.965	CC3	0.67	-0.02	-0.32	0.00	2.58	-0.05	CS111) Comprobación de la sección - Flexión respecto al eje y , cortante y momento

Figura 4.8 Ventana 3.1 Esfuerzos internos determinantes por barra

Esta ventana muestra los esfuerzos internos determinantes para cada barra, es decir, las fuerzas y momentos resultantes de los cálculos individuales con la utilización máxima.

Posición x

Esta columna muestra la posición x respectiva de la barra donde se presenta la razón de tensiones máxima.


Carga

Esta columna muestra los números del caso de carga, así como de la combinación de cargas o de resultados, cuyos esfuerzos internos dan como resultado la razón de tensiones máxima.

Fuerzas / Momentos

Esta columna muestra los esfuerzos axiales y esfuerzos cortantes para cada barra, así como los momentos torsores y flectores que producen razones máximas en los cálculos de las secciones respectivas, en el análisis de estabilidad, en los cálculos del estado límite de servicio y en los cálculos de la resistencia frente al fuego.

Cálculo según fórmula

La última columna ofrece información sobre los tipos y las ecuaciones de cálculo que se utilizan para la realización de cálculos según [1] , [2]  o [3] .

4.7

Esfuerzos internos determinantes por conjunto de barras

3.2 Esfuerzos internos determinantes por conjunto de barras

Conjunto número	A Posición x [m]	B Carga	C N _{Ed}	D Fuerzas [kN]			G Momentos [kNm]			I Cálculo según fórmula
				V _{y,Ed}	V _{z,Ed}	T _{Ed}	M _{y,Ed}	M _{z,Ed}		
	3.585	CC1	0.90	0.88	3.85	-0.93	34.18	-7.48	CS272) Comprobación de la sección - Cálculo elástico con aná	
	0.000	CC1	-22.58	0.05	10.81	0.00	8.93	0.07	ST364) Análisis de estabilidad - Flexión y compresión según 6.3	
	0.000	CC1	-24.90	-0.01	19.25	-0.01	-86.78	-0.03	ST371) Análisis de estabilidad - Flexión y compresión según 6.3	
3	Conjunto de barras 3 (Barra número: 41-43)									
	0.000	CC1	-45.18	0.00	15.06	0.02	-30.60	-0.02	CS102) Comprobación de la sección - Compresión según 6.2.4	
	3.011	CC1	-45.17	0.00	15.09	0.02	-30.60	-0.02	CS121) Comprobación de la sección - Esfuerzo cortante en el e	
	0.000	CC1	-45.71	0.00	21.22	0.02	-85.12	-0.01	CS126) Comprobación de la sección - Abolladura según 6.2.6(f	
	0.000	CC1	-45.71	0.00	21.22	0.02	-85.12	-0.01	CS181) Comprobación de la sección - Flexión, cortante y esfue	
	5.309	CC1	-43.88	-0.09	-1.86	0.01	25.30	0.32	CS221) Comprobación de la sección - Flexión biaxial, cortante y	
	3.585	CC1	0.17	-0.21	1.43	0.41	25.48	2.42	CS272) Comprobación de la sección - Cálculo elástico con aná	
	0.000	CC1	-44.77	-0.09	8.31	0.01	8.18	-0.17	ST364) Análisis de estabilidad - Flexión y compresión según 6.3	
	0.000	CC1	-45.71	0.00	21.22	0.02	-85.12	-0.01	ST371) Análisis de estabilidad - Flexión y compresión según 6.3	
	6.274	CO9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	SE401) Servicio - Combinación de acciones "Característica" - [
	0.000	CO9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	SE412) Servicio - Combinación de acciones "Frecuente" - Direc	
	0.000	CO9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	SE417) Servicio - Combinación de acciones "Frecuente" - Direc	
4	Conjunto de barras 4 (Barra número: 33,34)									
	2.659	CC1	-0.22	-0.04	-0.04	0.00	0.04	-0.04	CS100) Esfuerzos internos insignificantes	
	0.000	CC1	-73.40	0.06	-0.08	0.00	0.17	0.03	CS102) Comprobación de la sección - Compresión según 6.2.4	
	1.773	CC1	-0.44	-0.04	-0.04	0.00	0.08	-0.08	CS116) Comprobación de la sección - Flexión respecto al eje z	
	1.773	CC1	-0.44	-0.04	-0.04	0.00	0.08	-0.08	CS151) Comprobación de la sección - Flexión respecto al eje z	
	0.000	CC1	-0.87	-0.04	-0.04	0.00	0.16	-0.16	CS161) Comprobación de la sección - Flexión biaxial y esfuerzo	
	0.000	CC1	-73.40	0.06	-0.08	0.00	0.17	0.03	CS181) Comprobación de la sección - Flexión, cortante y esfue	
	3.000	CC1	-72.66	0.06	-0.08	0.00	-0.07	-0.15	CS201) Comprobación de la sección - Flexión respecto al eje z,	
	1.941	CC1	-39.22	0.00	-0.09	0.00	0.01	-0.67	CS272) Comprobación de la sección - Cálculo elástico con aná	
	0.000	CC1	-73.40	0.06	-0.08	0.00	0.17	0.03	ST301) Análisis de estabilidad - Pandeo por flexión respecto al	
	0.000	CC1	-73.40	0.06	-0.08	0.00	0.17	0.03	ST312) Análisis de estabilidad - Pandeo por flexión respecto al	
	0.000	CC1	-73.40	0.06	-0.08	0.00	0.17	0.03	ST321) Análisis de estabilidad - Pandeo torsional según 6.3.1.4	
	3.546	CO9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	SE401) Servicio - Combinación de acciones "Característica" - [
	0.000	CO9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	SE412) Servicio - Combinación de acciones "Frecuente" - Direc	
	1.059	CO9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	SE417) Servicio - Combinación de acciones "Frecuente" - Direc	
5	Conjunto de barras 5 (Barra número: 35,36)									

Figura 4.9 Ventana 3.2 Esfuerzos internos determinantes por conjunto de barras

Esta ventana muestra, para cada conjunto de barras, los esfuerzos internos que resultan en las razones máximas para los cálculos individuales.

4.8

Esbelteces de barra

3.3 Esbelteces de barra

Barra n.º	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Bajo tensión	Longitud L [m]	k_y [-]	Eje mayor y i_y [mm]	λ_y [-]	k_z [-]	Eje menor z i_z [mm]	λ_z [-]	
1	Compresión / flexión	6.000	1.000	149.0	40.275	1.000	38.6	155.504	
2	Compresión / flexión	6.000	1.000	149.0	40.275	1.000	38.6	155.504	
3	Compresión / flexión	3.011	1.000	124.7	24.157	1.000	33.5	89.873	
4	Compresión / flexión	3.262	1.000	124.7	26.172	1.000	33.5	97.369	
5	Compresión / flexión	6.274	1.000	124.7	50.330	1.000	33.5	187.247	
6	Compresión / flexión	6.274	1.000	124.7	50.330	1.000	33.5	187.247	
7	Compresión / flexión	3.262	1.000	124.7	26.172	1.000	33.5	97.369	
8	Compresión / flexión	3.011	1.000	124.7	24.157	1.000	33.5	89.873	
11	Compresión / flexión	6.000	1.000	149.0	40.275	1.000	38.6	155.504	
12	Compresión / flexión	6.000	1.000	149.0	40.275	1.000	38.6	155.504	
13	Compresión / flexión	3.011	1.000	124.7	24.157	1.000	33.5	89.873	
14	Compresión / flexión	3.262	1.000	124.7	26.172	1.000	33.5	97.369	
15	Compresión / flexión	6.274	1.000	124.7	50.330	1.000	33.5	187.247	
16	Compresión / flexión	6.274	1.000	124.7	50.330	1.000	33.5	187.247	
17	Compresión / flexión	3.262	1.000	124.7	26.172	1.000	33.5	97.369	
18	Compresión / flexión	3.011	1.000	124.7	24.157	1.000	33.5	89.873	
21	Compresión / flexión	6.000	1.000	149.0	40.275	1.000	38.6	155.504	
22	Compresión / flexión	6.000	1.000	149.0	40.275	1.000	38.6	155.504	
23	Compresión / flexión	3.011	1.000	124.7	24.157	1.000	33.5	89.873	
24	Compresión / flexión	3.262	1.000	124.7	26.172	1.000	33.5	97.369	
25	Compresión / flexión	6.274	1.000	124.7	50.330	1.000	33.5	187.247	
26	Compresión / flexión	6.274	1.000	124.7	50.330	1.000	33.5	187.247	
27	Compresión / flexión	3.262	1.000	124.7	26.172	1.000	33.5	97.369	
28	Compresión / flexión	3.011	1.000	124.7	24.157	1.000	33.5	89.873	
31	Compresión / flexión	3.000	1.000	149.0	20.138	1.000	38.6	77.752	
32	Compresión / flexión	3.000	1.000	149.0	20.138	1.000	38.6	77.752	
33	Compresión / flexión	3.000	1.000	57.3	52.380	1.000	35.2	85.234	
34	Compresión / flexión	3.546	1.000	57.3	61.913	1.000	35.2	100.746	
35	Compresión / flexión	3.546	1.000	57.3	52.380	1.000	35.2	85.234	
36	Compresión / flexión	4.094	1.000	57.3	71.482	1.000	35.2	116.316	

Barras con compresión / flexión:

Máx λ_y : 162.221 ≤ 200

Máx λ_z : 187.247 ≤ 200

Figura 4.10 Ventana 3.3 Esbelteces de barra

Detalles...

Detalles...

Es posible ver la ventana de resultados si se marca la casilla correspondiente en la pestaña *General* del cuadro de diálogo *Detalles* (véase la figura 3.11).

La tabla enumera las esbelteces eficaces de las barras calculadas para ambas direcciones de los ejes principales. Se han determinado como una función del tipo de carga. Debajo de la lista, puede ver una comparación con los valores límite que se definieron en la pestaña *General* del cuadro de diálogo *Detalles* (véase la figura 3.11).

En esta ventana no se muestran las barras de tipo "Tracción" o "Cable".

Esta ventana tiene un carácter meramente informativo, no aporta ningún análisis de estabilidad de esbelteces.

4.9

Lista de piezas por barra

Por último, es posible encontrar un resumen de todas las secciones que se incluyen en el caso de cálculo.

4.1 Lista de piezas por barra

Pieza núm.	A Descripción de la sección	B Número de barras	C Longitud [m]	D Longitud total [m]	E Área de superficie [m ²]	F Volumen [m ³]	G Peso unitario [kg/m]	H Peso [kg]	Peso total [t]
1	1 - IS 360/170/8/12.7/0	6	6.00	36.00	49.82	0.25	54.91	329.46	1.977
2	2 - IPE 300 Euronorm 19-57 ... 3 - IPE 400	8	3.01	24.09	31.63	0.17	54.28	163.46	1.308
3	2 - IPE 300 Euronorm 19-57	8	3.26	26.10	30.25	0.14	42.23	137.78	1.102
4	2 - IPE 300 Euronorm 19-57	8	6.27	50.19	58.17	0.27	42.23	264.97	2.120
5	1 - IS 360/170/8/12.7/0	4	3.00	12.00	16.61	0.08	54.91	164.73	0.659
6	10 - HE A 140 Euronorm 53-62	3	3.00	9.00	7.15	0.03	24.65	73.95	0.222
7	10 - HE A 140 Euronorm 53-62	2	3.55	7.09	5.63	0.02	24.65	87.41	0.175
8	10 - HE A 140 Euronorm 53-62	1	4.09	4.09	3.25	0.01	24.65	100.91	0.101
9	15 - HE A 200 Euronorm 53-62	4	3.00	12.00	13.68	0.06	42.23	126.70	0.507
10	6 - HE A 160 Euronorm 53-62	2	3.00	6.00	5.44	0.02	30.46	91.37	0.183
11	6 - HE A 160 Euronorm 53-62	2	3.55	7.09	6.43	0.03	30.46	108.00	0.216
12	6 - HE A 160 Euronorm 53-62	1	4.09	4.09	3.71	0.02	30.46	124.70	0.125
13	16 - Rectángulo 200/200	1	3.00	3.00	2.40	0.12	314.00	942.00	0.942
14	7 - HE A 120 Euronorm 53-62	4	6.27	25.10	16.99	0.06	19.86	124.60	0.498
15	9 - IPE 360 Euronorm 19-57	8	6.25	50.00	67.65	0.36	57.07	356.68	2.853
16	6 - HE A 160 Euronorm 53-62	2	6.55	13.09	11.86	0.05	30.46	199.38	0.399
17	6 - HE A 160 Euronorm 53-62	1	7.09	7.09	6.43	0.03	30.46	216.07	0.216
18	12 - QRO 80x4 EN 10210-2:2006	25	5.00	125.00	38.75	0.15	9.42	47.10	1.178
19	13 - RD 24 ArcelorMittal (EN 10060:2003)	4	7.81	31.24	2.36	0.01	3.55	27.71	0.111
20	13 - RD 24 ArcelorMittal (EN 10060:2003)	8	8.02	64.18	4.84	0.03	3.55	28.47	0.228
Total		102		516.46	383.04	1.93			15.118

Figura 4.11 Ventana 4.1 Lista de piezas por barra

Detalles...

De forma predeterminada, esta lista solo incluye las barras calculadas. Si necesita una lista de piezas para todas las barras del modelo, puede especificarlo en la pestaña *General* del cuadro de diálogo *Detalles* (véase la figura 3.11 [\[2\]](#)).

Pieza núm.

El programa asigna números de piezas para barras similares.

Descripción de la sección

Esta columna enumera los números y las descripciones de las secciones.

Número de barras

Esta columna muestra la cantidad de barras similares que se utiliza para cada pieza.

Longitud

Esta columna muestra la longitud respectiva de una barra individual.

Longitud total

Los valores en esta columna son el producto de las dos columnas anteriores.

Área de superficie

Para cada pieza, el programa muestra las áreas de superficie en relación con la longitud total. El área de superficie se determina a partir de la *Superficie* de la sección que se puede encontrar en las ventanas 1.3 y 2.1 hasta 2.5 en la información de la sección (véase la figura 2.19 [\[2\]](#)).



Volumen

El volumen de una pieza se determina a partir del área de la sección y de la longitud total.

Peso unitario

El *Peso unitario* representa el peso de la sección en relación con un metro de longitud. Para secciones de canto variable, el programa calcula la media de entre ambos pesos de la sección.

Peso

Se determinan los valores de esta columna a partir del producto de las entradas en las columnas C y G.

Peso total

La última columna indica el peso total de cada pieza.

Total

En la parte inferior de la lista es posible encontrar un resumen de los valores que se muestran en las columnas B, D, E, F e I. La última fila de la columna *Peso total* muestra la cantidad total de acero que hace falta.

4.10

Lista de piezas por conjunto de barras

4.2 Lista de piezas por conjunto de barras

Pieza núm.	A Descripción del conjunto de barras	B Núm. de conjuntos	C Longitud [m]	D Longitud total [m]	E Área de superficie [m ²]	F Volumen [m ³]	G Peso unitario [kg/m]	H Peso [kg]	I Peso total [t]
1	Conjunto de barras 1	1	6.00	6.00	6.84	0.03	42.23	253.40	0.253
2	Conjunto de barras 2	1	12.55	12.55	15.01	0.07	45.12	566.22	0.566
3	Conjunto de barras 3	1	12.55	12.55	15.01	0.07	45.12	566.22	0.566
4	Conjunto de barras 4	1	6.55	6.55	5.20	0.02	24.65	161.35	0.161
5	Conjunto de barras 5	1	7.09	7.09	5.63	0.02	24.65	174.86	0.175
Total		5		44.74	47.68	0.22			1.722

Figura 4.12 Ventana 4.2 Lista de piezas por conjunto de barras

Si para el cálculo se ha seleccionado al menos un conjunto de barras, se muestra la última ventana de resultados. Ofrece una visión general de las piezas de acero de todos los grupos de estructuras tales como vigas horizontales.

En el capítulo anterior se describen las columnas. Si existen secciones diferentes dentro de un conjunto de barras, el programa calcula el promedio del área de superficie, del volumen y del peso de la sección.

5 Evaluación de resultados



Puede evaluar los resultados del cálculo de distintas maneras. Es posible que le sirvan de ayuda los botones debajo de la tabla superior.

2.4 Cálculo por barra

Barra núm.	A	B	C	D	E
	Posición x [m]	Carga	Tensiones Razón		Cálculo según fórmula
4	Sección núm. 2 - IPE 300 Euronorm 19-57				
	0.000	CC1	0.01 ≤ 1	CS102) Comprobación de la sección - Compresión según 6.2.4	
	0.000	CC1	0.03 ≤ 1	CS121) Comprobación de la sección - Esfuerzo cortante en el eje z según 6.2.6	
	0.000	CC1	0.00 ≤ 1	CS126) Comprobación de la sección - Abolladura según 6.2.6(6)	
	0.000	CC1	0.14 ≤ 1	CS181) Comprobación de la sección - Flexión, cortante y esfuerzo axial según 6.2.9.1	
	0.816	CC1	0.01 ≤ 1	CS221) Comprobación de la sección - Flexión biaxial, cortante y esfuerzo axial según 6.2.10 y 6.2.9	
	0.000	CC1	0.18 ≤ 1	ST364) Análisis de estabilidad - Flexión y compresión según 6.3.3, método 2	
5	Sección núm. 2 - IPE 300 Euronorm 19-57				
	0.000	CC1	0.01 ≤ 1	CS102) Comprobación de la sección - Compresión según 6.2.4	

Máx.: 0.94 ≤ 1

Propiedades del material - Acero S 235 | EN 10025-2:2004-11
 Propiedades de la sección - IPE 300 | Euronorm 19-57
 Esfuerzos internos de cálculo

Esfuerzo axial	N _{Ed}	-17.06	kN
Esfuerzo cortante	V _{y,Ed}	-0.03	kN
Esfuerzo cortante	V _{z,Ed}	10.13	kN
Momento torsor	T _{Ed}	-0.02	kNm
Momento	M _{y,Ed}	-20.60	kNm
Momento	M _{z,Ed}	0.05	kNm

Clasificación de la sección - Clase 1
 Razón de tensiones

Carga crítica elástica para pandeo torsional	N _{cr,T}	1328.09	kN	
Esbeltez	λ _T	0.976		> 0.2 6.3.1.2(4)
Curva de pandeo	BC _z	b		Tab. 6.2
Coefficiente de imperfección	α _z	0.340		Tab. 6.1
Coefficiente auxiliar	ϕ _T	1.108		6.3.1.2(1)
Coefficiente de reducción	χ _T	0.613		Ec. (6.49)
Módulo de elasticidad	E	210000.0	N/mm ²	
Momento de inercia	I _y	8360.00	cm ⁴	
Longitud eficaz de la barra	L _{cr,y}	3.262	m	
Fuerza elástica de pandeo por flexión	N _{cr,y}	16279.20	kN	
Área de la sección	A	53.80	cm ²	

2 - IPE 300 | Euronorm 19-57

Figura 5.1 Botones para evaluación de resultados

Los botones tienen las siguientes funciones:

Botón	Descripción	Función
	Deformadas del modo	Abre la ventana <i>Vista de la deformada del modo</i> → capítulo 5.4
	Estado límite último	Muestra u oculta resultados de cálculo del estado límite último
	Servicio	Muestra u oculta resultados de cálculo del estado límite de servicio
	Resistencia al fuego	Muestra u oculta resultados de cálculo de la resistencia frente al fuego
	Combinación de resultados	Crea una combinación de resultados nueva a partir de los casos de carga y las combinaciones de carga determinantes


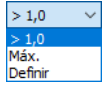





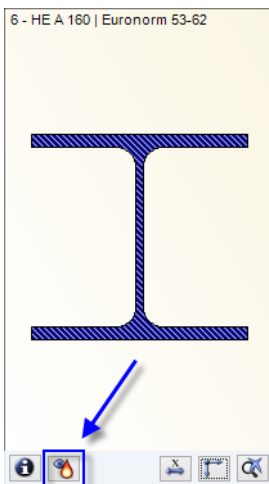

	Barras de colores	Muestra u oculta las escalas de referencia en color en las ventanas de resultados
	Parámetros de filtro	Describe el criterio mediante el cual se filtran resultados en tablas: razones superiores a 1, el valor máximo o el límite definido por el usuario
	Aplicar filtro	Solo muestra las filas a las que se aplican los parámetros de filtro (razón > 1, valor máximo, valor definido)
	Diagramas de resultados	Abre la ventana <i>Diagrama de resultados en la barra</i> -> capítulo 5.2
	Exportar a Excel	Exporta la tabla a MS Excel -> capítulo 7.4.3
	Seleccionar barra	Permite la selección gráfica de una barra para visualizar sus resultados en la tabla
	Modo de visualización	Pasa a la ventana de trabajo de RFEM o RSTAB para cambiar la vista

Tabla 5.1 Botones en las ventanas de resultados 2.1 hasta 2.5



5.1

Al evaluar los cálculos de la resistencia frente al fuego, es posible consultar la curva de temperatura-tiempo que se ha utilizado: haga clic en el botón  bajo el gráfico de la sección para abrir el diagrama de *Curvas de fuego*, como se muestra en la [figura 3.6](#) hasta la [figura 3.8](#).

Resultados en el modelo de RFEM/RSTAB

También puede evaluar los resultados del cálculo en la ventana de trabajo de RFEM o RSTAB.

Gráfico de fondo y modo de visualización

La ventana de trabajo de RFEM/RSTAB en segundo plano resulta útil cuando desea buscar la posición de una barra particular en el modelo: en el gráfico de fondo resalta la barra seleccionada en la ventana de resultados de RF-/STEEL EC3. Además, una flecha indica la posición x de la barra que se encuentra seleccionada en la fila de la tabla activa.

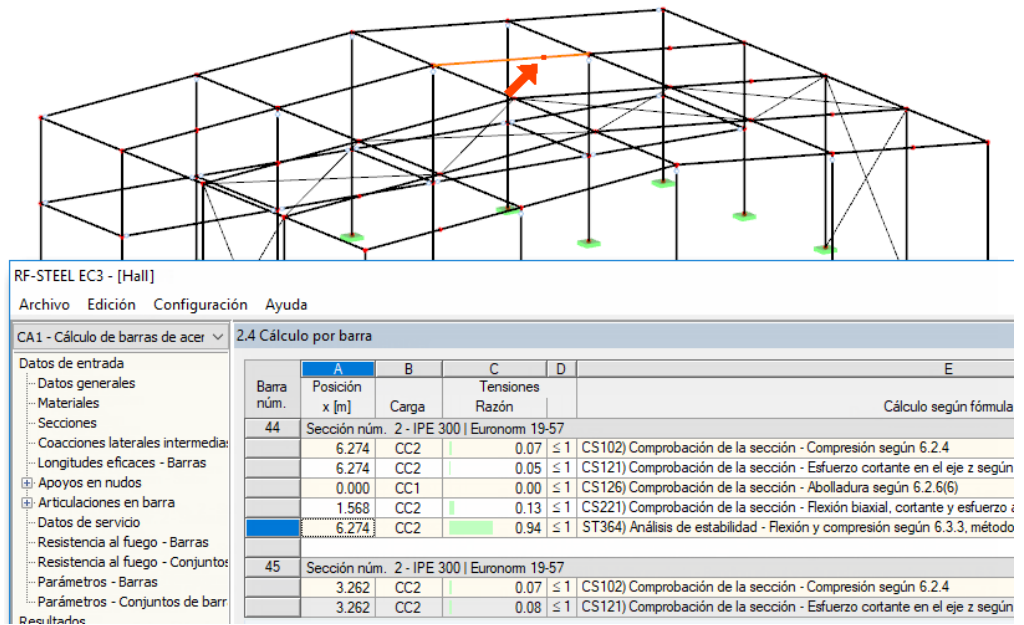
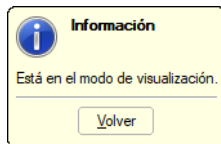


Figura 5.2 Indicación de la barra y la Posición x actual en el modelo de RFEM



En caso de que no pueda mejorar la representación del modelo moviendo la ventana del módulo RF-/STEEL EC3, haga clic en el botón [Pasar al gráfico] para activar el modo de visualización: el programa oculta la ventana del módulo para que usted pueda ajustar la vista en la ventana de trabajo de RFEM/RSTAB. El modo de visualización proporciona las funciones del menú Ver, como por ejemplo hacer zoom, mover o girar la vista del modelo. La flecha de indicación permanece visible.

Haga clic en [Volver] para regresar al módulo adicional RF-/STEEL EC3.

Ventana de trabajo de RFEM/RSTAB

También puede comprobar las razones de tensiones gráficamente en el modelo: haga clic en el botón [Gráfico] para salir del módulo de cálculo. En la ventana de trabajo de RFEM o RSTAB, ahora es posible visualizar las razones de tensiones como esfuerzos internos de un caso de carga.

En el navegador Resultados, puede seleccionar las razones de tensiones por separado para el cálculo del estado límite último y de servicio, así como para el cálculo de la resistencia frente al fuego. También es posible la representación de las clasificaciones de secciones.

Gráfico

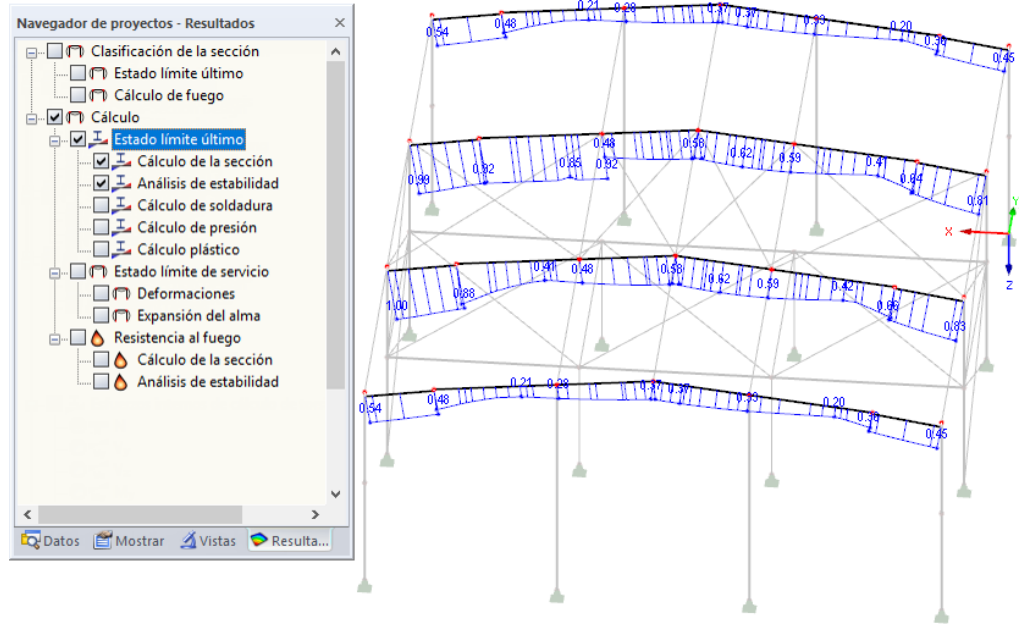


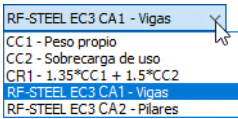
Figura 5.3 Navegador Resultados para RF-STEEL EC3



Para mostrar u ocultar los resultados del cálculo, puede hacer clic en el botón [Mostrar resultados] que conoce de la visualización de esfuerzos internos en RFEM/RSTAB. Para visualizar los valores resultantes, haga clic en el botón [Mostrar valores resultantes] a la derecha.

Las tablas de RFEM/RSTAB carecen de relevancia para la evaluación de los resultados del cálculo.

En la lista desplegable de la barra de menú de RFEM/RSTAB puede fijar los casos de cálculo.



Para ajustar la representación gráfica de resultados puede utilizar la entrada **Resultados** → **Barras** en el navegador **Mostrar**. La visualización de razones de tensiones es De dos colores de forma predeterminada.

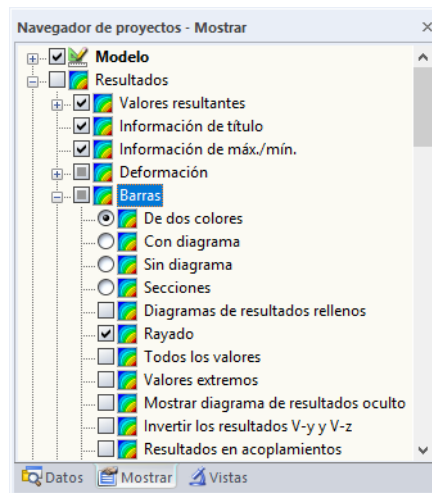


Figura 5.4 Navegador Mostrar: Resultados → Barras



Cuando selecciona una representación multicolor (opciones *Con/Sin diagrama* o *Secciones*), el panel de escala de colores se vuelve disponible y proporciona funciones de control comunes. Las funciones se describen en el capítulo 3.4.6 del manual de RFEM o RSTAB.

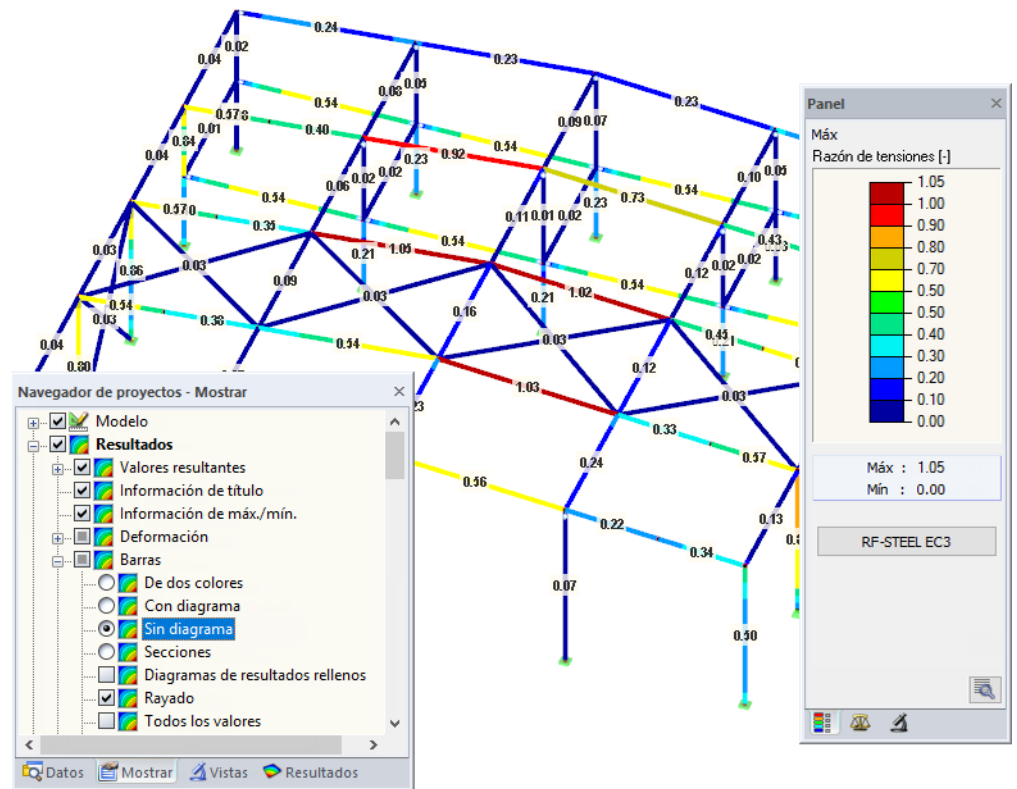


Figura 5.5 Razones de tensiones con la opción de visualización Sin diagrama

Es posible transferir los gráficos de los resultados de cálculo al informe (véase el capítulo 6.2 [\[2\]](#)).

Para volver al módulo adicional, haga clic en el botón [RF-/STEEL EC3] en el panel.

RF-STEEL EC3

5.2

Diagramas de resultados

También puede evaluar los resultados de las barras gráficamente en los diagramas de resultados.



Seleccione la barra (o conjunto de barras) en la ventana de resultados RF-/STEEL EC3 haciendo clic en la fila de tabla de la barra. Luego, abra el cuadro de diálogo *Diagrama de resultados en la barra* haciendo clic en el botón que se muestra a la izquierda. Puede encontrarlo debajo de la tabla de resultados superior (véase la figura 5.1 [\[2\]](#)).

Para acceder a los diagramas de resultados en el gráfico de RFEM/RSTAB, seleccione en el menú

Resultados → **Diagramas de resultados para barras seleccionadas**



o utilice el botón correspondiente en la barra de herramientas de RFEM o RSTAB.

Se abre una ventana que muestra gráficamente la distribución de los valores de cálculo en la barra o en los conjuntos de barras.

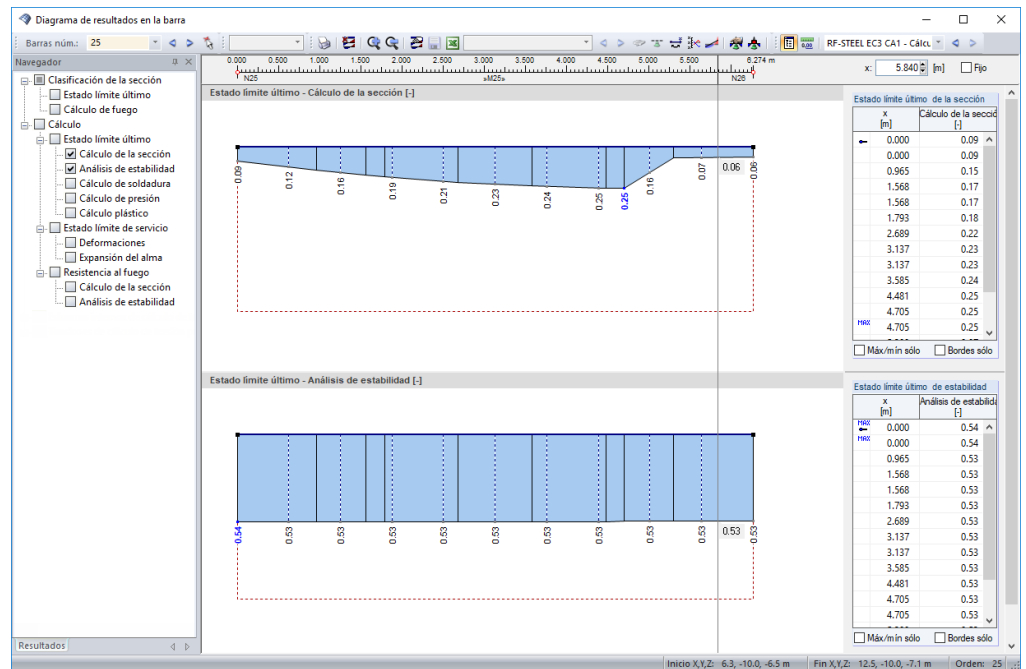
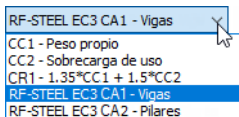


Figura 5.6 Cuadro de diálogo Diagrama de resultados en la barra

De nuevo, el navegador *Resultados* permite una selección específica entre clasificaciones y cálculos del estado límite último y de servicio, así como cálculos de la resistencia frente al fuego.

Utilice la lista en la barra de herramientas para cambiar entre los casos de cálculo de RF-/STEEL EC3.

En el capítulo 9.5 del manual de RFEM o RSTAB se describe el cuadro de diálogo del *Diagrama de resultados en la barra*.



5.3

Filtro para resultados

La disposición de las ventanas de resultados de RF-/STEEL EC3 ya proporciona una selección mediante varios criterios. Asimismo, existen opciones de filtro para las tablas (véase la figura 5.1) para limitar la salida numérica por razones de tensiones. También se encuentra la descripción de esta función en la base de datos de conocimientos en nuestro sitio web.

Es más, puede utilizar las opciones de filtro que se describen en el capítulo 9.9 del manual de RFEM, o en el capítulo 9.7 del manual de RSTAB, para evaluar los resultados gráficamente.

Las posibilidades que ofrece la función *Visibilidad* (véase el capítulo 9.9.1 en el manual de RFEM o el capítulo 9.7.1 en el manual de RSTAB) también están disponibles para RF-/STEEL EC3 para filtrar las barras para la evaluación.

Filtrar cálculos

Es posible utilizar de manera sencilla las razones de tensiones como criterio de filtro en la ventana de trabajo de RFEM o RSTAB accediendo con el botón [Gráfico]. Para aplicar esta función de filtro, se debe visualizar el panel. Si no se encuentra activa, seleccione en el menú de RFEM/RSTAB **Ver** → **Panel de control (escala de colores, factores, filtro)** o utilice el botón en la barra de herramientas.

El panel se describe en el capítulo 3.4.6 del manual de RFEM o RSTAB. La configuración del filtro para los resultados debe definirse en la primera pestaña del panel (Escala de colores). Como esta pestaña no se encuentra disponible para la visualización de resultados en dos colores, tiene que fijar en el navegador *Mostrar* las opciones de visualización *Con/Sin diagrama* o *Secciones*.



Gráfico

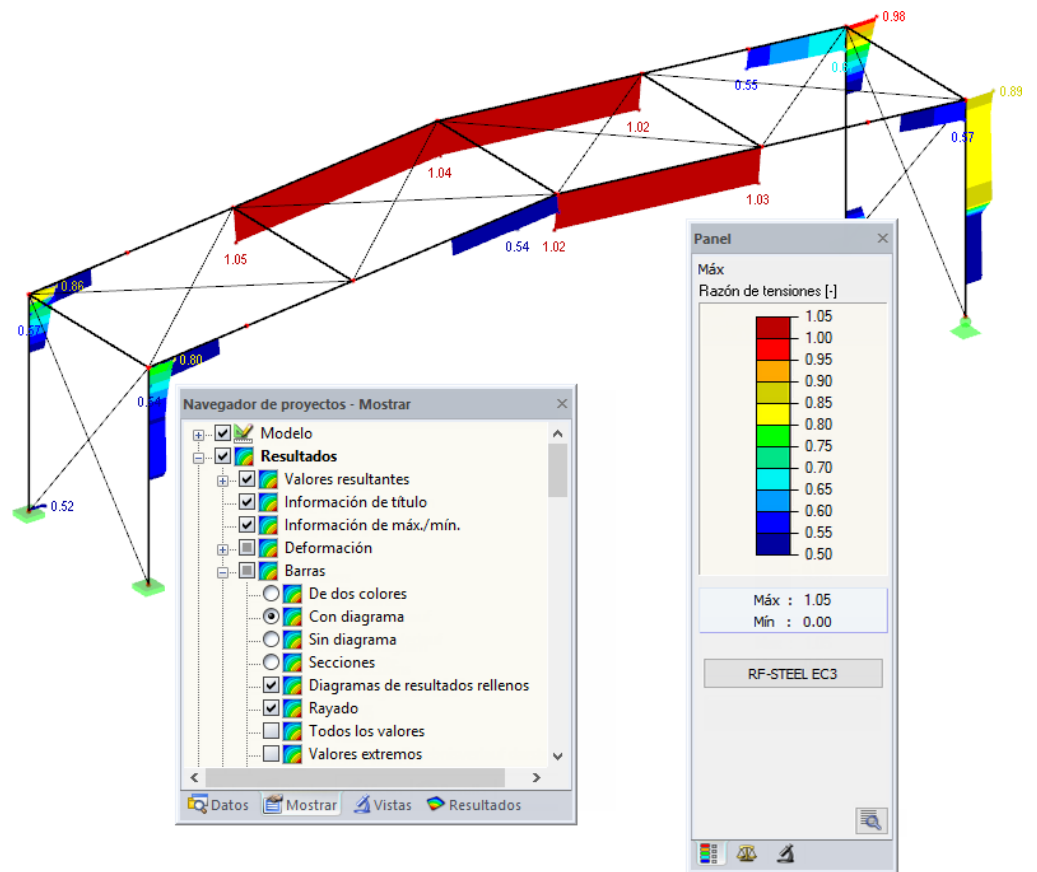


Figura 5.7 Filtro de razones de tensiones con la escala de color ajustada

Como se muestra en la [figura 5.7](#), es posible fijar la escala de valores del panel de modo que se visualicen solo las razones de tensiones superiores a 0.50 en un rango de colores entre azul y rojo.

La función *Mostrar diagrama de resultados oculto* en el navegador **Mostrar (Resultados → Barras)** muestra todas las razones de tensiones que quedan fuera del espectro de valores. Esos diagramas se representan mediante líneas de puntos.

Filtrar barras



En la pestaña *Filtro* del panel de control, puede especificar los números de barras concretas para que muestren sus resultados filtrados. La función se describe en el capítulo 9.9.3 del manual de RFEM o en el capítulo 9.7.3 del manual de RSTAB.

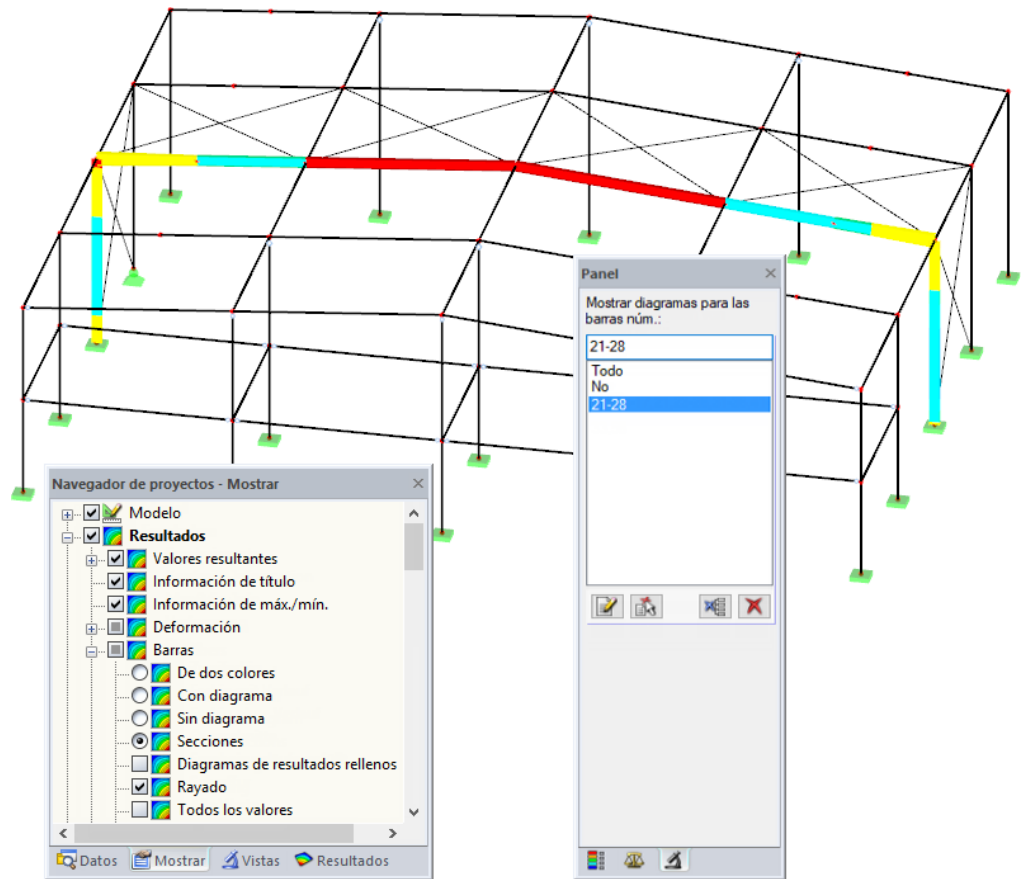


Figura 5.8 Filtro de barras para razones de tensiones del pórtico de una nave.

Al contrario de la función de visibilidad, el modelo se mostrará completamente en el gráfico. La figura anterior muestra las razones de tensiones de un pórtico de una nave. El resto de barras se visualizan en el modelo, pero se muestran sin razones de tensiones.

5.4

Deformadas del modo



Es posible realizar una comprobación gráfica de las deformadas del modo de los conjuntos de barras en otra ventana: seleccione el conjunto de barras relevante en la ventana de resultados y luego haga clic en el botón [Deformadas del modo].

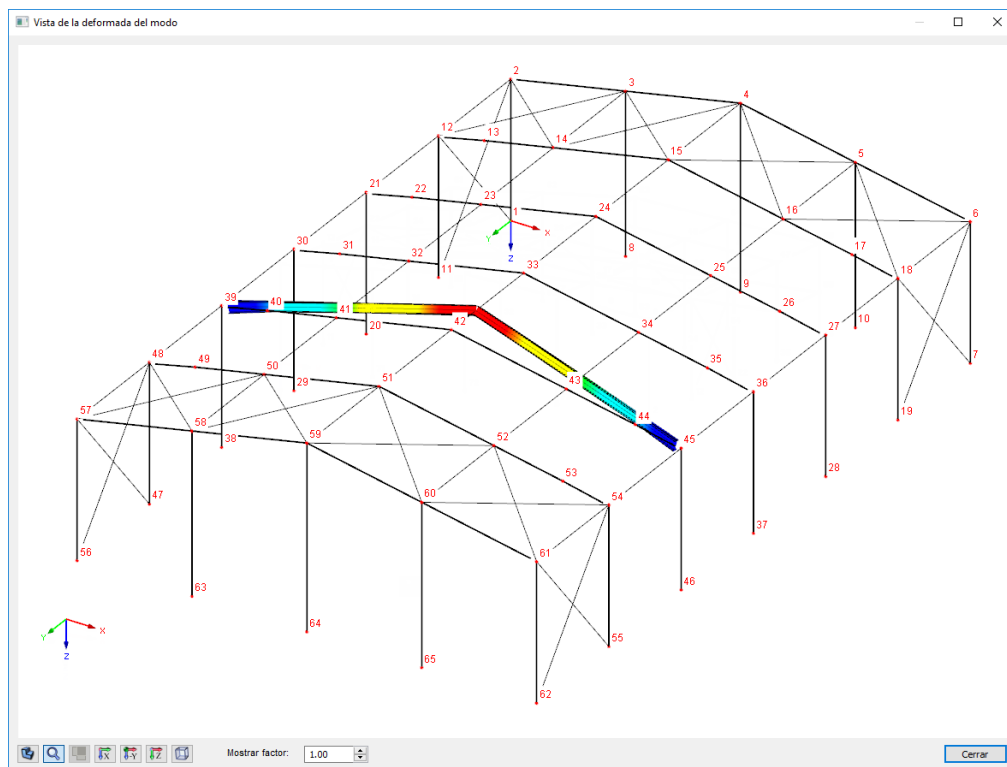


Figura 5.9 Deformada del modo de un conjunto de barras

Las deformadas del modo de los conjuntos de barras se crean de forma automática cuando se determina el factor crítico α_{cr} . Si se ha seleccionado el *análisis de alabeo* con siete grados de libertad (véase el [capítulo 3.1.5](#)), se han considerado las deformadas del modo en el cálculo con la flecha de la imperfección en arco que se ha fijado en la ventana 1.13 (véase la [figura 2.51](#)).

Las deformadas del modo no están disponibles en forma numérica.

Los botones debajo del gráfico se describen en la [tabla 2.4](#).

Utilice el *Factor de visualización* para mostrar la deformada del modo en una representación gráfica exagerada.



El siguiente artículo presenta un ejemplo para la deformada del modo de un pórtico de acero acartelado:
<https://www.dlubal.com/es/soporte-y-formacion/soporte/base-de-datos-de-conocimientos/001156>

6 Copia impresa

6.1 Informe

Se genera un informe para los datos del módulo adicional RF-/STEEL EC3, como en RFEM o RSTAB, al cual puede añadir gráficos y descripciones. La selección en el informe determina qué datos del módulo de cálculo se incluirán en el informe final.

El informe se describe en el manual de RFEM o RSTAB. El capítulo 10.1.3.4 *Selección de datos de módulos adicionales* explica cómo preparar datos de entrada y salida de módulos adicionales para la copia impresa.

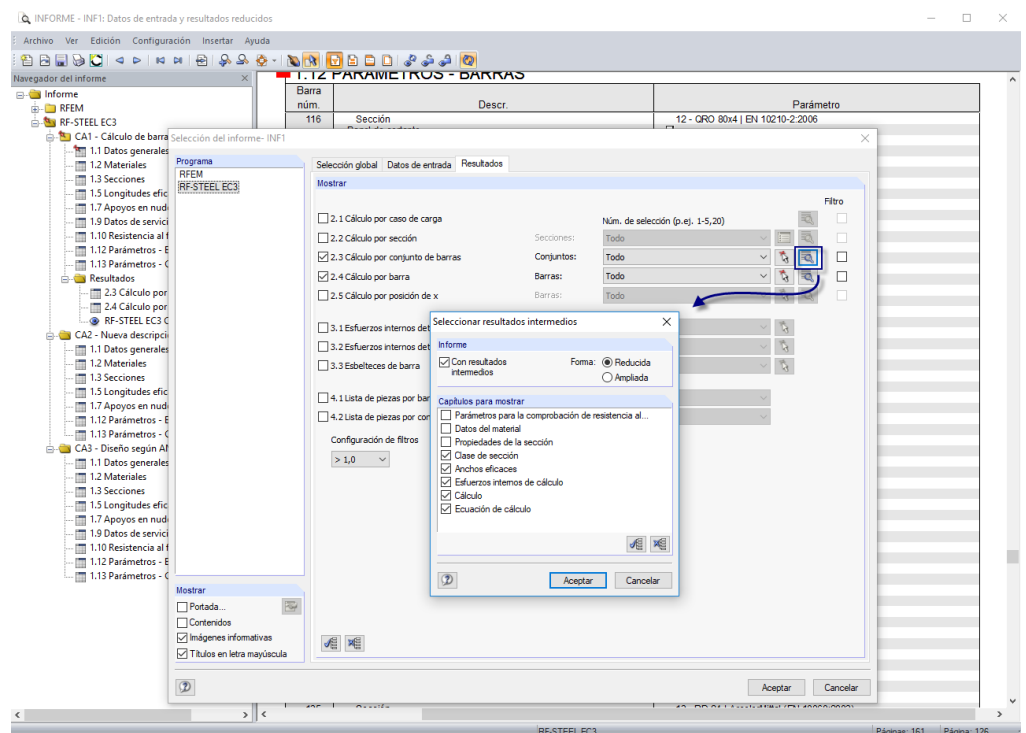


Figura 6.1 Selección de cálculos y resultados intermedios en el informe



Haga clic en el botón [Detalles] para especificar si la copia impresa también incluye resultados intermedios. Su definición es posible en una lista y su documentación en una forma *Reducida* (representación breve) o en una forma *Ampliada* (representación de lista).

Para sistemas estructurales complejos con muchos casos de cálculo, se recomienda separar los datos en varios informes para permitir así que la copia impresa esté organizada con claridad.

6.2

Copia impresa gráfica

En RFEM y RSTAB puede transferir al informe cada imagen que se visualice en la ventana de trabajo o enviarla directamente a la impresora. Así, también es posible preparar para la copia impresa las razones de tensiones que se visualizan en el modelo.

La impresión de gráficos se describe en el capítulo 10.2 del manual de RFEM o RSTAB.

Cálculos en el modelo de RFEM/RSTAB

Para imprimir el gráfico de razones de tensiones actual, seleccione en el menú

Archivo → **Imprimir gráfico**

o utilice el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.

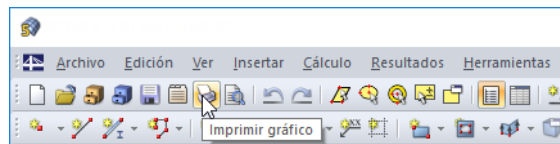


Figura 6.2 Botón *Imprimir gráfico* en la barra de herramientas de RFEM

Diagramas de resultados

El envío del gráfico con valores de cálculo al informe también es posible en el cuadro de diálogo *Diagrama de resultados en la barra* haciendo clic en el botón [Imprimir]. Como alternativa, es posible su impresión directa.

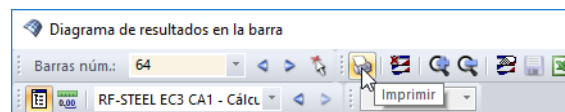


Figura 6.3 Botón *Imprimir* en el cuadro de diálogo *Diagrama de resultados en la barra*

Se abre el siguiente cuadro de diálogo:

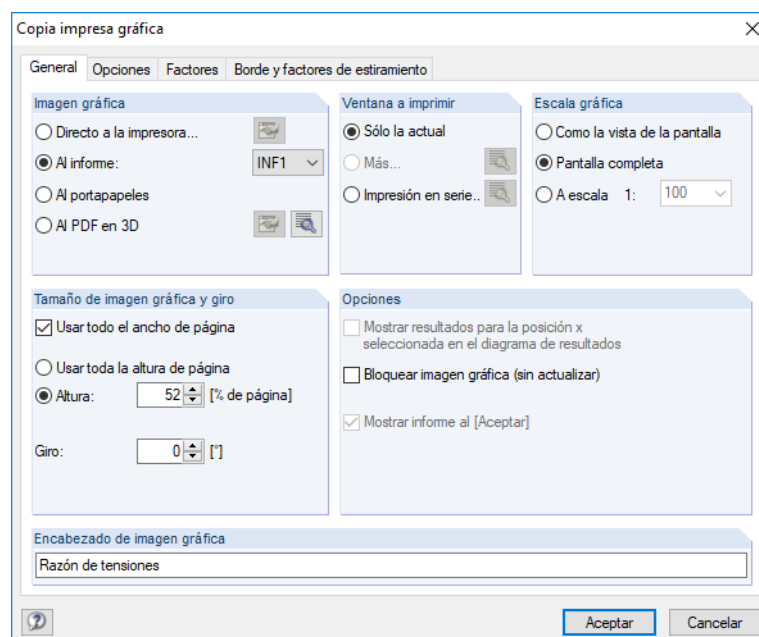


Figura 6.4 Cuadro de diálogo *Copia impresa gráfica*, pestaña *General*

El cuadro de diálogo *Copia impresa gráfica* se describe en el capítulo 10.2 del manual de RFEM o RSTAB, donde también se describen las demás pestañas del diálogo.

Para desplazar un gráfico dentro del informe, utilice la función arrastrar y soltar.

Para luego ajustar un gráfico en el informe, haga clic con el botón secundario del ratón sobre la entrada relevante en el navegador del informe. La opción *Propiedades* en el menú contextual abre de nuevo el cuadro de diálogo *Copia impresa gráfica* y ofrece varias opciones de ajuste.

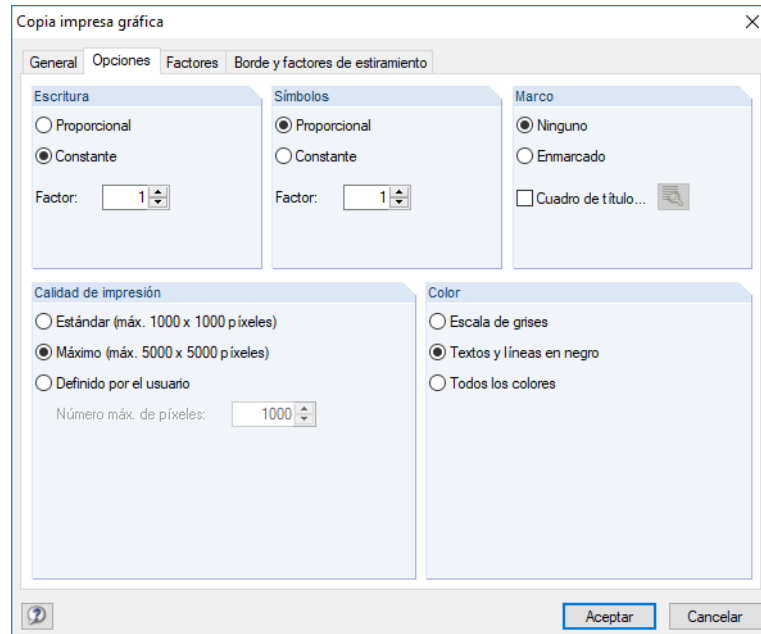
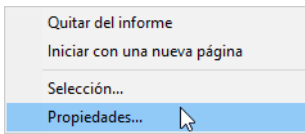


Figura 6.5 Cuadro de diálogo *Copia impresa gráfica*, pestaña *Opciones*

7 Funciones generales



Este capítulo no solo describe funciones de menú útiles sino también opciones de exportación para los cálculos.

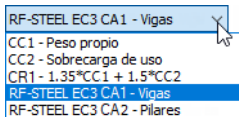
7.1

Casos de cálculo

Los casos de cálculo le permiten agrupar barras para los cálculos. De esta forma, puede considerar grupos de componentes estructurales o bien analizar barras con especificaciones de cálculo particulares (por ejemplo: materiales modificados, coeficientes parciales de seguridad y la optimización).

El análisis de la misma barra o el mismo conjunto de barras en varios casos de cálculo no supone un problema.

El acceso a los casos de cálculo de RF-/STEEL EC3 también es posible en RFEM o RSTAB con la lista de casos de carga de la barra de herramientas.



Crear un nuevo caso de cálculo

Para crear un nuevo caso de cálculo, seleccione en el menú de RF-/STEEL EC3

Archivo → **Nuevo caso**.

Aparece el siguiente cuadro de diálogo.

Núm.	Descripción
2	Cálculo de barras de acero según Eurocódigo 3

Figura 7.1 Cuadro de diálogo Nuevo caso de RF-STEEL EC3

En este cuadro de diálogo, introduzca un *Núm.* (uno que aún no se haya asignado) para el nuevo caso de cálculo. Una *Descripción* facilitará la selección en la lista de casos de carga.

Después de hacer clic en [Aceptar], se abre la ventana de RF-/STEEL EC3 *1.1 Datos generales* para introducir los datos de cálculo.

Cambiar el nombre de un caso de cálculo

Para cambiar la descripción de un caso de cálculo, seleccione en el menú de RF-/STEEL EC3

Archivo → **Cambiar nombre de caso**.

Aparece el siguiente cuadro de diálogo.

Núm.	Descripción
2	Nueva descripción

Figura 7.2 Cuadro de diálogo Cambiar nombre del caso de RF-STEEL EC3

En este cuadro de diálogo, puede especificar una *Descripción* distinta, así como un *Núm.* diferente para el caso de cálculo.

Copiar un caso de cálculo

Para copiar los datos de entrada del caso de cálculo actual, seleccione en el menú de RF-/STEEL EC3

Archivo → **Copiar caso**.

Aparece el siguiente cuadro de diálogo.

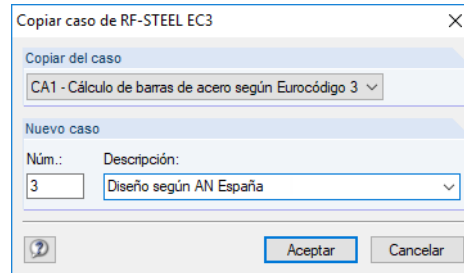


Figura 7.3 Cuadro de diálogo Copiar caso de RF-STEEL EC3

Defina el *Núm.* y, si es necesario, una *Descripción* para el nuevo caso.

Eliminar un caso de cálculo

Para eliminar un caso de cálculo, seleccione en el menú de RF-/STEEL EC3

Archivo → **Eliminar caso**.

Aparece el siguiente cuadro de diálogo.

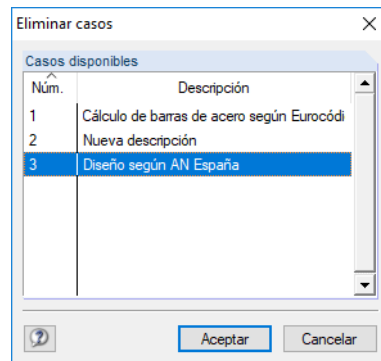
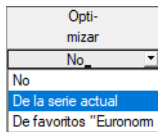


Figura 7.4 Cuadro de diálogo Eliminar casos

Puede seleccionar el caso de cálculo en la lista de *Casos disponibles*. Para eliminar el caso seleccionado, haga clic en [Aceptar].

7.2

Optimización de la sección



El módulo de cálculo le ofrece la posibilidad de optimizar las secciones con sobrecarga o que se han utilizado poco: defina las secciones relevantes en la ventana 1.3 Secciones abriendo la lista desplegable en la columna E o F donde puede decidir si las secciones se van a determinar *De la serie actual* o a partir de los *Favoritos* definidos por el usuario (véase la [figura 2.17](#)). También puede iniciar la optimización en las ventanas de resultados mediante el uso del menú contextual.

2.2 Cálculo por sección

Sección núm.	A Barra núm.	B Posición x [m]	C Carga	D Tensiones Razón	E	F
1	IPE 300	Euronorm 19-57				Cálculo según fórmula
39					$0.98 \leq 1$	Comprobación de la sección - Compresión según 6.2.4
40						Comprobación de la sección - Esfuerzo cortante en el eje z según 6.2.6
1						Comprobación de la sección - Abolladura según 6.2.6(6)
22						Comprobación de la sección - Flexión, cortante y esfuerzo axil según 6.2.9.1
2						Comprobación de la sección - Flexión biaxial, cortante y esfuerzo axil según 6.2.10
12						Análisis de estabilidad - Pandeo por flexión respecto al eje y, según 6.3.1.1 y 6.3.1.2
12						Análisis de estabilidad - Pandeo por flexión respecto al eje z según 6.3.1.1 y 6.3.1.2
12	2.258	CC1		$0.59 \leq 1$		ST322) Análisis de estabilidad - Pandeo torsional según 6.3.1.4 y 6.3.1.2
12	3.011	CC1		$0.43 \leq 1$		ST364) Análisis de estabilidad - Flexión y compresión según 6.3.3, método 2

Máx.: 0.98 ≤ 1

Figura 7.5 Menú contextual para la optimización de la sección

Durante el proceso de optimización, RF-/STEEL EC3 determina la sección que cumple con el cálculo del estado límite último de la forma más "óptima", esto es, que se acerque lo más posible a la razón de tensiones máxima admisible que se especifica en el cuadro de diálogo *Detalles* (véase la [figura 3.11](#)). Las propiedades de la sección que se requieren se determinan con los esfuerzos internos que hay disponibles de RFEM o RSTAB. En caso de que haya otra sección que resulte ser más favorable, se utilizará para el cálculo. Entonces, el gráfico en la ventana 1.3 mostrará dos secciones: la sección original de RFEM o RSTAB y la sección optimizada (véase la [figura 7.7](#)).

Si selecciona la opción *Optimizar* para una sección paramétrica, aparece el siguiente cuadro de diálogo.

Secciones de pared delgada - Sección en I simétrica : Optimizar

Parámetros de optimización de la sección

Optimizar	Actual	Mínimo	Máximo	Incremento	
<input checked="" type="checkbox"/>	h:	72.0	792.0	36.0	[mm]
<input type="checkbox"/>	b:	170.0			[mm]
<input type="checkbox"/>	s:	8.0			[mm]
<input type="checkbox"/>	t:	12.7			[mm]
<input type="checkbox"/>	a:	0.0			[mm]

Mantener las proporciones de los lados actuales

IS 360/170/8/12.7/0

Aceptar Cancelar

Figura 7.6 Cuadro de diálogo Secciones de pared delgada - Sección en I simétrica : Optimizar

Marcando la(s) casilla(s) de *Optimizar*, puede determinar el/los parámetro(s) que desea modificar, lo cual habilita las columnas *Mínimo* y *Máximo* para poder definir los límites superior e inferior del parámetro. La columna *Incremento* controla el intervalo en el cual el tamaño del parámetro varía durante el proceso de optimización.

Si desea *Mantener las proporciones de los lados actuales*, active la casilla correspondiente. Asimismo, tiene que seleccionar al menos dos parámetros para la optimización.

No es posible optimizar las secciones que se componen de secciones laminadas.



Tenga en cuenta que durante la optimización no se calcularán de nuevo los esfuerzos internos con las secciones que se han modificado. La decisión de qué secciones se deberían transferir a RFEM o RSTAB para volver a ejecutar el cálculo de nuevo depende de usted. Por efecto de las secciones optimizadas, es posible que los esfuerzos internos difieran de manera significativa debido a las rigideces que se han modificado en el sistema estructural. Por tanto, se recomienda recalcular los esfuerzos internos con las secciones modificadas tras la primera optimización y volver luego a optimizar las secciones una vez más.

Puede exportar las secciones modificadas a RFEM o RSTAB: vaya a la ventana 1.3 Secciones y seleccione en el menú

Edición → Exportar todas las secciones a RFEM/RSTAB.

También puede utilizar el menú contextual en la ventana 1.3 para exportar secciones optimizadas a RFEM o RSTAB.

Sección num.	Material num.	Descripción de la sección	Tipo de sección	Clasificación de la sección	Optimizar	Nota	Comentario
1	1	IS 360/170/8	Sección en I soldad	Automáticamente	No	1)	
2	1	Ipe 300 Euronorm 19-57	Sección en I laminada	Automáticamente	No	1)	
3	1	IPE 400 Euronorm 19-57	Sección en I laminada	Automáticamente	No	1)	
6	1	HE A 160 Euronorm 19-57	Sección en I laminada	Automáticamente	No	1)	
7	1	HE A 120 Euronorm 19-57	Sección en I laminada	Automáticamente	No	1)	
9	1	IPE 360 Euronorm 19-57	Sección en I laminada	Automáticamente	No	1)	
10	1	HE A 140 Euronorm 19-57	Sección en I laminada	Automáticamente	No	1)	
12	1	QRO 80x4 Euronorm 19-57	Sección en I laminada	Automáticamente	No	1)	
13	1	RD 24 Arcelormittal	Sección en I laminada	Automáticamente	No	1)	
15	1	HE A 200 Euronorm 19-57	Sección en I laminada	Automáticamente	No	1)	
16	1	Rectángulo 2	Sección en I laminada	Automáticamente	No	1)	

Propiedades de la sección - IPE 300 Euronorm 19-57	
Tipo de sección	Sección en I laminada
Altura de la sección	h 300.0 mm
Ancho de la sección	b 150.0 mm
Espesor del alma	t _w 7.1 mm
Espesor del ala	t _f 10.7 mm
Radio de la raíz	r 15.0 mm
Área de la sección	A 53.80 cm ²
Área eficaz a cortante	A _{v,y} 33.67 cm ²
Área eficaz a cortante	A _{v,z} 25.67 cm ² ≥ η _h t _w 6.2.6(3)a
Momento de inercia	I _y 8360.00 cm ⁴
Momento de inercia	I _z 604.00 cm ⁴
Módulo de torsión	I _t 20.20 cm ⁴
Radio de giro	i _y 125.0 mm
Radio de giro	i _z 33.5 mm
Módulo resistente elástico	W _{el,y} 557.00 cm ³
Módulo resistente elástico	W _{el,z} 80.50 cm ³
Módulo resistente plástico	W _{pl,y} 628.00 cm ³

Figura 7.7 Menú contextual en la ventana 1.3 Secciones

Antes de que se transfieran las secciones modificadas, aparece una consulta sobre si se deberían eliminar los resultados de RFEM o RSTAB.

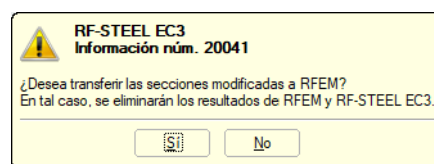


Figura 7.8 Consulta antes de la transferencia de las secciones modificadas a RFEM

Cálculo



Una vez se inicia el [Cálculo] en RF/STEEL EC3, se determinan los esfuerzos internos y las razones de tensiones en una ejecución de cálculo.

Si aún no se han exportado las secciones modificadas a RFEM o RSTAB, puede reimportar las secciones originales al módulo de cálculo con las opciones que se muestran en la [figura 7.7](#). Tenga en cuenta que esta opción solo está disponible en la ventana 1.3 Secciones.

En caso de que optimice una barra de sección variable, el programa modifica el inicio y el final de la barra e interpola de manera lineal los momentos de inercia de área para las posiciones intermedias. Existe la posibilidad de que los cálculos sean inexactos desde que se consideren estos momentos al cuadrado y los cantos de la sección inicial y final difieran bastante. En cuyo caso se recomienda dividir el tramo de canto variable en varias barras, de modo que sea posible el modelado manual de la disposición de ese tramo de canto variable.

7.3

Unidades y decimales

Las unidades y decimales para RFEM/RSTAB y los módulos adicionales se gestionan en un cuadro de diálogo. En RF/STEEL EC3, puede acceder a este cuadro de diálogo para ajustar las unidades seleccionando en el menú

Configuración → Unidades y decimales

Aparece el ya conocido cuadro de diálogo de RFEM o RSTAB. El módulo adicional de RF/STEEL EC3 se preajusta en la lista *Programa / Módulo*.

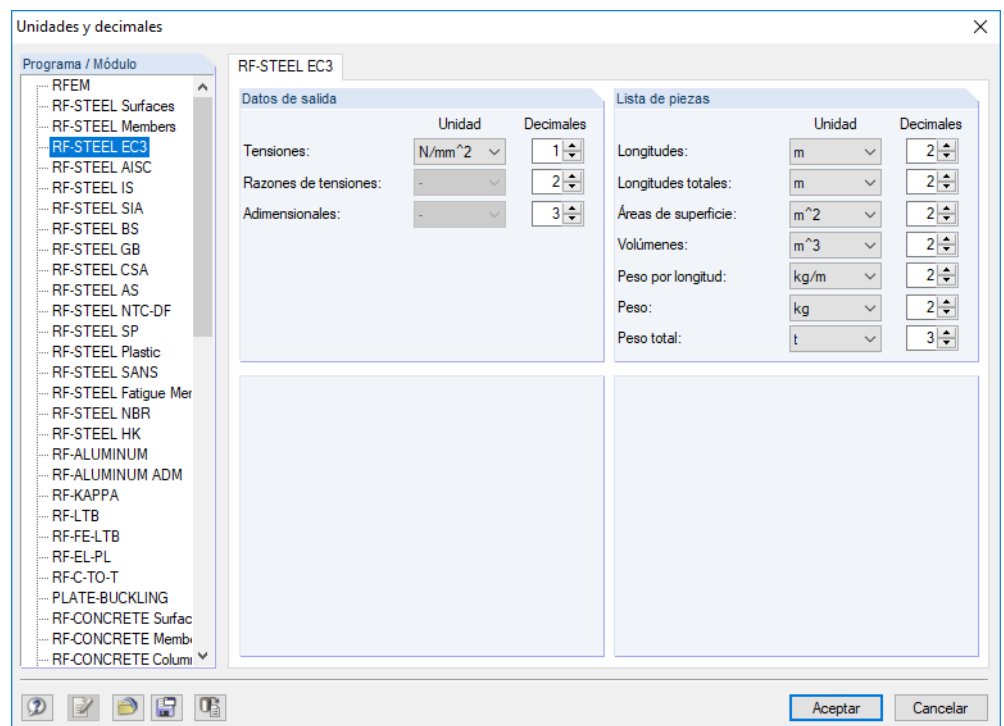


Figura 7.9 Cuadro de diálogo *Unidades y decimales*



Es posible guardar la configuración modificada como perfil de usuario para reutilizarla en otros modelos. Las funciones se describen en el capítulo 11.1.3 del manual de RFEM o RSTAB.

7.4

Transferencia de datos

7.4.1 Exportar materiales a RFEM/RSTAB

Si los materiales se han ajustado en RF-/STEEL EC3 para el cálculo, puede exportar los materiales modificados a RFEM o RSTAB de una forma similar a la exportación de secciones: abra la ventana 1.2 *Materiales* y luego seleccione en el menú

Edición → **Exportar todos los materiales a RFEM/RSTAB.**

También puede utilizar el menú contextual en la ventana 1.2 para exportar materiales a RFEM o RSTAB.

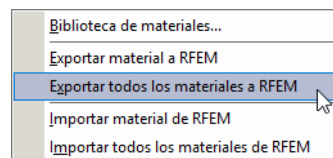


Figura 7.10 Menú contextual de la ventana 1.2 *Materiales*

Cálculo

Antes de que se transfieran las secciones modificadas, aparece una consulta sobre si se deberían eliminar los resultados de RFEM o RSTAB. Una vez se inicia el [Cálculo] en RF-/STEEL EC3, se determinan los esfuerzos internos y las razones de tensiones en una ejecución de cálculo.

Si aún no se han exportado los materiales modificados a RFEM o RSTAB, puede reimportar los materiales originales al módulo de cálculo con las opciones que se muestran en la [figura 7.10](#). Tenga en cuenta que esta opción solo está disponible en la ventana 1.2 *Materiales*.

7.4.2 Exportar longitudes eficaces a RFEM/RSTAB

Si se han ajustado las longitudes eficaces en RF-/STEEL EC3 para los cálculos, es posible la exportación de longitudes eficaces modificadas a RFEM o RSTAB: vaya a la ventana 1.5 *Longitudes eficaces - Barras* y seleccione en el menú

Edición → **Exportar todas las longitudes eficaces a RFEM/RSTAB.**

También puede utilizar el menú contextual en la ventana 1.5 para exportar longitudes eficaces a RFEM/RSTAB.

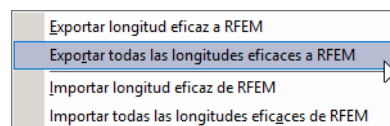


Figura 7.11 Menú contextual de la ventana 1.5 *Longitudes eficaces - Barras*

Antes de que se transfieran las longitudes eficaces modificadas, aparece una consulta sobre si se deberían eliminar los resultados de RFEM/RSTAB.

Si aún no se han exportado las longitudes eficaces modificadas a RFEM o RSTAB, puede reimportar las longitudes eficaces originales al módulo de cálculo con las opciones que se muestran en la [figura 7.11](#).

7.4.3 Exportar resultados

Otros programas pueden utilizar los resultados de RF-/STEEL EC3.

Portapapeles

Para copiar al portapapeles las celdas que se han seleccionado en las ventanas de resultados, use las teclas [Ctrl]+[C]. Presione [Ctrl]+[V] para insertar las celdas, por ejemplo en un programa de procesamiento de texto. Los encabezados de las columnas de tabla no se transferirán.

Informe

Es posible imprimir los datos de RF-/STEEL EC3 al informe (véase el [capítulo 6.1](#)) donde se pueden exportar. Entonces, en el informe, seleccione en el menú

Archivo → **Exportar a RTF.**

Esta función se describe en el capítulo 10.1.11 del manual de RFEM o RSTAB.

Excel

RF-/STEEL EC3 ofrece una función para exportar datos directamente a MS Excel o al formato de archivo CSV. Para acceder a esta función, seleccione en el menú

Archivo → **Exportar tablas.**

Se abre el siguiente cuadro de diálogo de exportación.

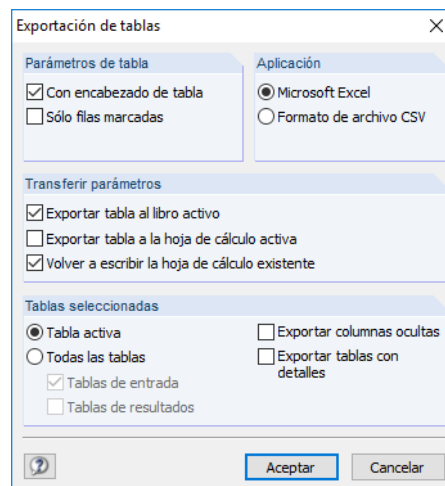


Figura 7.12 Cuadro de diálogo *Exportación de tablas*

Cuando haya seleccionado los datos relevantes, puede iniciar la exportación al [Aceptar]. Excel se inicia automáticamente sin necesidad de abrir el programa de antemano.

Tabla1 - Microsoft Excel

Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Acrobat

Calibri 10 Fuente Alineación Número Estilos Celdas Modificar

B3 f_x IS 360/170/8/12.7/0

1	A	B	C	D	E	F	G	
2	Sección núm.	Barra núm.	Posición x[m]	Carga	Tensiones Razón		Cálculo según fórmula	
3	1	IS 360/170/8/12.7/0						
4		31	0,000	CC1	0,07	≤1	CS102) Comprobación de la sección - Compresión según 6.2.4	
5		40	0,000	CC1	0,10	≤1	CS121) Comprobación de la sección - Esfuerzo cortante en el eje z según 6.2.6	
6		12	0,000	CC1	0,05	≤1	CS122) Comprobación de la sección - Esfuerzo cortante en el eje z según 6.2.6(4) - Clase 3 ó 4	
7		1	0,000	CC1	0,00	≤1	CS126) Comprobación de la sección - Abolladura según 6.2.6(6)	
8		22	6,000	CC1	0,44	≤1	CS181) Comprobación de la sección - Flexión, cortante y esfuerzo axil según 6.2.9.1	
9		2	6,000	CC1	0,07	≤1	CS221) Comprobación de la sección - Flexión biaxial, cortante y esfuerzo axil según 6.2.10 y 6.2.9	
10		12	0,000	CC1	0,05	≤1	ST301) Análisis de estabilidad - Pandeo por flexión respecto al eje y, según 6.3.1.1 y 6.3.1.2(4)	
11		12	0,000	CC1	0,16	≤1	ST312) Análisis de estabilidad - Pandeo por flexión respecto al eje z según 6.3.1.1 y 6.3.1.2	
12		12	0,000	CC1	0,08	≤1	ST322) Análisis de estabilidad - Pandeo torsional según 6.3.1.4 y 6.3.1.2	
13		2	6,000	CC1	0,75	≤1	ST331) Análisis de estabilidad - Pandeo lateral según 6.3.2.1 y 6.3.2.3 - Sección en I	
14		22	0,000	CC1	1,34	>1	ST364) Análisis de estabilidad - Flexión y compresión según 6.3.3, método 2	

2.1 Cálculo por caso de carga 2.2 Cálculo por sección

Listo 100%

Figura 7.13 Resultados en Excel

8 Ejemplos



Este capítulo presenta dos ejemplos que describen el cálculo con RF-/STEEL EC3. Es posible encontrar la descripción de otros ejemplos en los siguientes artículos de nuestro sitio web:

- <https://www.dlubal.com/es/soporte-y-formacion/soporte/base-de-datos-de-conocimientos/001377>
- <https://www.dlubal.com/es/soporte-y-formacion/soporte/base-de-datos-de-conocimientos/001447>

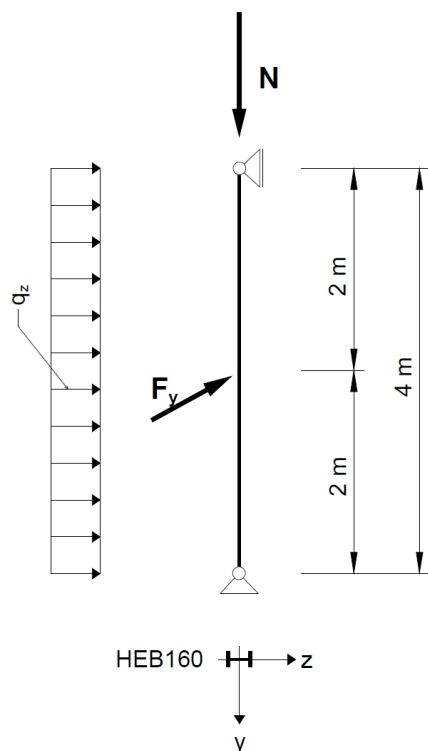
8.1

Estabilidad

Se realizan varios análisis de estabilidad para pandeo por flexión y pandeo lateral para un pilar con flexión doble teniendo en cuenta las condiciones de interacción.

Valores de cálculo

Sistema y cargas



Valores de cálculo de las cargas estáticas

$$N_d = 300 \text{ kN}$$

$$q_{z,d} = 5 \text{ kN/m}$$

$$F_{y,d} = 7,5 \text{ kN}$$

Figura 8.1

Esfuerzos internos según el análisis estático lineal

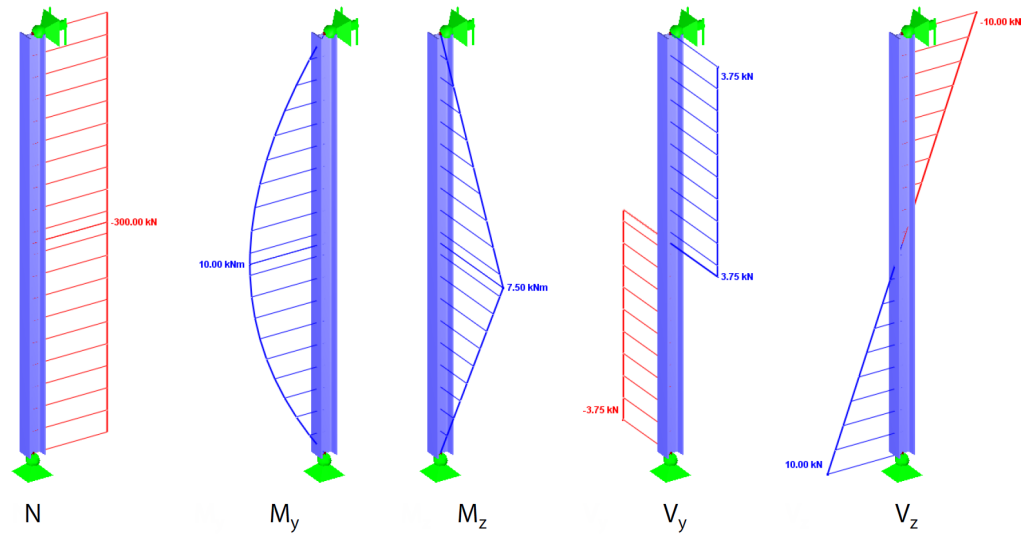


Figura 8.2 Esfuerzos internos

Posiciones de cálculo (posición x determinante)

Se realiza el cálculo para todas las posiciones de x (véase el [capítulo 4.5](#)) de la barra equivalente. La posición determinante es $x = 2,00$ m. RFEM o RSTAB determina los esfuerzos internos siguientes:

N	M	M_z	V_y	V_z
-300,00 kN	10,00 kNm	7,50 kNm	3,75 kN	0,00 kN

Tabla 8.1 Esfuerzos internos

Propiedades de la sección HE-B 160, S 235

Propiedad	Símbolo	Valor	Unidad
Área de la sección	A	54,30	cm ²
Momento de inercia	I_y	2490,00	cm ⁴
Momento de inercia	I_z	889,00	cm ⁴
Radio de giro	i_y	6,78	cm
Radio de giro	i_z	4,05	cm
Radio de giro polar	i_p	7,90	cm
Radio de giro polar	$i_{p,M}$	41,90	cm
Peso de la sección	G	42,63	kg/m

Módulo de torsión	I_T	31,40	cm^4
Constante de alabeo	I_ω	47940,00	cm^6
Módulo resistente elástico	W_y	311,00	cm^3
Módulo resistente elástico	W_z	111,00	cm^3
Módulo resistente plástico	$W_{pl,y}$	354,00	cm^3
Módulo resistente plástico	$W_{pl,z}$	169,96	cm^3
Curva de pandeo	BC_y	b	
Curva de pandeo	BC_z	c	

Tabla 8.2 Propiedades de la sección HE-B 160, S 235

Pandeo por flexión respecto al eje débil (\perp al eje z-z)

$$N_{cr,z} = \frac{21000 \cdot 889,00 \cdot \pi^2}{400,00^2} = 1151,60 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{54,30 \cdot 23,5}{1151,60}} = 1,053 > 0,2$$

→ Debe efectuarse el cálculo para pandeo por flexión.

Geometría de la sección: $h/b = 1,00 \leq 1,2$; acero estructural S 235; $t \leq 100 \text{ mm}$

[1] Tabla 6.2, fila 3, columna 4: curva de pandeo c

⇒ $\alpha_z = 0,49$ ([1] Tabla 6.1)

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,053 - 0,2) + 1,053^2] = 1,263$$

$$\chi_z = \frac{1}{1,263 + \sqrt{1,263^2 - 1,053^2}} = 0,510$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} = \frac{300}{0,510 \cdot 54,30 \cdot 23,5 / 1,0} = 0,461$$

Resultados del cálculo de RF-/STEEL EC3

Momento de inercia de la sección	I_z	889,00	cm^4		
Longitud eficaz de la barra	$L_{cr,z}$	4,000	m		

Fuerza elástica de pandeo por flexión	$N_{cr,z}$	1151,60	kN		
Esbeltez	λ_z	1,053		> 0,2	6.3.1.2(4)
Curva de pandeo	BCz	c			Tab. 6.2
Coefficiente de imperfección	α_z	0,490			Tab. 6.1
Coefficiente auxiliar	Φ_z	1,263			6.3.1.2(1)
Coefficiente de reducción	χ_z	0,510			Ec. (6.49)

Tabla 8.3 Resultados del cálculo de RF-/STEEL EC3

Pandeo por flexión respecto al eje principal de mayor inercia (\perp al eje y-y)


$$N_{cr,y} = \frac{21000 \cdot 2490,00 \cdot \pi^2}{400,00^2} = 3225,51 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{54,30 \cdot 23,5}{3225,51}} = 0,629 > 0,2$$

→ Debe efectuarse el cálculo para pandeo por flexión.

Geometría de la sección: $h/b = 1,00 \leq 1,2$; acero estructural S 235; $t \leq 100 \text{ mm}$

[1]  Tabla 6.2, fila 3, columna 4: curva de pandeo b

⇒ $\alpha_y = 0,34$ ([1]  Tabla 6.1)

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,629 - 0,2) + 0,629^2] = 0,771$$

$$\chi_y = \frac{1}{0,771 + \sqrt{0,771^2 - 0,629^2}} = 0,822$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} = \frac{300}{0,822 \cdot 54,30 \cdot 23,5 / 1,0} = 0,286$$

Resultados del cálculo de RF-/STEEL EC3

Momento de inercia de la sección	I_y	2490,00	cm ⁴		
Longitud eficaz de la barra	$L_{cr,y}$	4,000	m		
Fuerza elástica de pandeo por flexión	$N_{cr,y}$	3225,51	kN		

Área de la sección	A	54,30	cm ²		
Límite elástico	f _y	23,50	kN/cm ²		3.2.1
Esbeltez	λ _y	0,629		> 0,2	6.3.1.2(4)
Curva de pandeo	BC _y	b			Tab. 6.2
Coefficiente de imperfección	α _y	0,340			Tab. 6.1
Coefficiente auxiliar	Φ _y	0,771			6.3.1.2(1)
Coefficiente de reducción	χ _y	0,822			Ec. (6.49)

Tabla 8.4 Resultados del cálculo de RF-/STEEL EC3

Pandeo lateral

Momento crítico elástico ideal

En este ejemplo, se determina el momento crítico elástico para pandeo lateral según el anexo nacional austriaco suponiendo que los apoyos articulados tengan libertad de alabeo.

Se supone que el punto de aplicación de carga está en el centro de cortante (puede ajustar el punto de aplicación para cargas transversales en el cuadro de diálogo *Detalles*, véase el [capítulo 3.1.2](#)).

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{\ell^2} \cdot \sqrt{\frac{I_\omega}{I_z} + \frac{\ell^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}}$$

$$M_{cr} = 1.13 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 889}{400^2} \cdot \sqrt{\frac{47940}{889} + \frac{400^2 \cdot 8100 \cdot 31,40}{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 889}} = 215,71 \text{ kNm}$$

El programa también representa el $M_{cr,0}$, que se determina partiendo de la distribución de momentos constante.



Para los resultados por la posición de x, el programa también representa los valores de $M_{cr,x}$, es decir, los momentos críticos elásticos en las posiciones de x en relación con el momento crítico elástico en la posición del momento máximo. Entonces el programa utiliza el $M_{cr,x}$ para el cálculo de las esbelteces relativas $\bar{\lambda}_{LT}$.

Esbelteces para pandeo lateral

Cálculo según el apartado 6.3.2.2 de [1] para la posición con el momento máximo en $x = 2,00$ m:

HEB-160, sección de clase 1: $W_y = W_{pl,y} = 354,00 \text{ cm}^3$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{354 \cdot 23,5}{215,71}} = 0,621$$

Coefficiente de reducción χ_{LT}

Cálculo según el apartado 6.3.2.3 de [1] [↗](#)

HEB-160: $h/b = 1,0 < 2,0 \Rightarrow$ curva de pandeo b según [1] [↗](#) Tabla 6.5

Coefficiente auxiliar:

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,621 - 0,40) + 0,75 \cdot 0,621^2] = 0,682$$

Esbeltez límite:

$$\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,40$$

Parámetro (valor mínimo):

$$\beta = 0,75$$

Coefficiente de imperfección según [1] [↗](#) Tabla 6.3:

$$\alpha_{LT} = 0,34$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,682 + \sqrt{0,682^2 - 0,75 \cdot 0,621^2}} = 0,908$$

Según el apartado 6.3.2.3 de [1] [↗](#), existe la posibilidad de modificación del coeficiente de reducción como se indica:

$$\chi_{LT,mod} = \frac{\chi_{LT}}{f} \quad \text{donde } f = 1 - 0,5 \cdot (1 - k_c) \cdot [1 - 2,0 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,8)^2]$$

$$\chi_{LT,mod} = \frac{0,908}{0,972} = 0,934$$

Coefficiente de corrección k_c según [1] [↗](#) Tabla 6.6 para un diagrama de momentos parabólico:

$$k_c = 0,94$$

$$f = 1 - 0,5 \cdot (1 - 0,94) \cdot [1 - 2,0 \cdot (0,621 - 0,8)^2] = 0,972$$

Coefficientes de interacción k_{yy} y k_{yz}

La determinación según [4] [↗](#), anexo B, tabla B.2, para componentes estructurales es susceptible a las deformaciones por torsión.

El factor de momento equivalente C_{mLT} se obtiene según la tabla B.3 para $\psi = 0$ como:

$$C_{my} = C_{mLT} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_h = 0,95 \quad \text{donde } \alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = \frac{0}{10} = 0$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot (1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}}) \leq C_{my} \cdot (1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}})$$

$$k_{yy} = 0,95 \cdot (1 + (0,629 - 0,2) \cdot 0,286) \leq 0,95 \cdot (1 + 0,8 \cdot 0,286) = \underline{1,067} \leq 1,167$$

$$k_{yz} = 0,60 \cdot k_{zz} = 0,60 \cdot 1,481 = \underline{0,888}$$

Coefficientes de interacción k_{zy} y k_{zz}

La determinación según [1] ², anexo B, tabla B.2, para componentes estructurales es susceptible a las deformaciones por torsión.

El factor de momento equivalente C_{mLT} se obtiene según la tabla B.3 para $\psi = 0$ como:

$$C_{mz} = 0,90 + 0,01 \cdot \alpha_h = 0,90 \quad \text{donde} \quad \alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = \frac{0}{10} = 0$$

$$k_{zy} = (1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}}) \geq (1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}})$$

$$k_{zy} = (1 - \frac{0,1 \cdot 1,053}{0,95 - 0,25} \cdot 0,461) \geq (1 - \frac{0,1}{0,95 - 0,25} \cdot 0,461) = \underline{0,892} \leq 0,934$$

$$k_{zy} = \underline{0,934}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot (1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}}) \leq C_{mz} \cdot (1 + 1,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}})$$

$$k_{zz} = 0,90 \cdot (1 + (2 \cdot 1,053 - 0,6) \cdot 0,461) \leq 0,90 \cdot (1 + 1,4 \cdot 0,461) = \underline{1,525} \geq 1,481$$

$$k_{zz} = \underline{1,481}$$

Cálculo de la interacción del pandeo respecto al eje principal de mayor inercia y el pandeo lateral

Según [1] ² Ec. (6.61) se debe cumplir el siguiente requisito:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} \leq 1$$

donde

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y = 354 \cdot 23,5 = 8319 \text{ kNcm} = 83,19 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y = 169,96 \cdot 23,5 = 3994,1 \text{ kNcm} = 39,94 \text{ kNm}$$

$$\frac{300}{0,822 \cdot 1276,05 / 1,0} + 1,067 \cdot \frac{10,0}{0,908 \cdot 83,19 / 1,0} + 0,888 \cdot \frac{7,50}{39,94 / 1,0} = 0,594 \leq 1$$

Cálculo de la interacción del pandeo respecto al eje débil y el pandeo lateral

Según EN1993-1-1 Ec. (6.62) se debe cumplir el siguiente requisito:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} \leq 1$$

$$\frac{300}{0,510 \cdot 1276,05 / 1,0} + 0,934 \cdot \frac{10,0}{0,908 \cdot 83,19 / 1,0} + 1,481 \cdot \frac{7,50}{39,94 / 1,0} = 0,863 \leq 1$$

Resultados del cálculo de RF-/STEEL EC3

Canto de la sección	h	160,0	mm		
Anchura de la sección	b	160,0	mm		
Criterio	h/b	1,00		≤ 2	Tab. 6.5
Curva de pandeo	BC _{LT}	b			Tab. 6.5
Coefficiente de imperfección	α _{LT}	0,340			Tab. 6.3
Módulo de cortante	G	8100,00	kN/cm ³		
Factor de longitud	k _z	1,000			
Factor de longitud	k _w	1,000			
Longitud	L	4,000	m		
Constante de alabeo	I _w	47940,00	cm ⁶		
Módulo de torsión	I _t	31,40	cm ⁴		
Momento elástico crítico para el pandeo lateral en la determinación de la esbeltez relacionada	M _{cr,0}	190,90	kNm		
Distribución de momentos	Diagr M _y	δ) parábola			
Momento positivo máximo	M _{y,máx.}	10,00	kNm		
Momento límite	M _{y,A}	0,00	kNm		
Relación de momentos	ψ	0,000			
Coefficiente del momento	C ₁	1,130			[2]

Momento crítico elástico ideal	M_{cr}	215,71	kNm		
Módulo resistente elástico	W_y	354,00	cm ³		
Esbeltez	λ_{LT}	0,621			6.3.2.2(1)
Parámetro	$\lambda_{LT,0}$	0,400			6.3.2.3(1)
Parámetro	β	0,750			6.3.2.3(1)
Coefficiente auxiliar	φ_{LT}	0,682			6.3.2.3(1)
Coefficiente de reducción	χ_{LT}	0,908			Ec. (6.57)
Coefficiente de corrección	k_c	0,940			6.3.2.3(2)
Factor de modificación	f	0,972			6.3.2.3(2)
Coefficiente de reducción	$\chi_{LT,mod}$	0,934			Ec. (6.58)
Distribución de momentos	Diagr M_y	3) máx. en el vano			Tab. B.3
Coefficiente del momento	ψ_y	1,000			Tab. B.3
Momento	$M_{h,y}$	0,00	kNm		Tab. B.3
Momento	$M_{s,y}$	10,00	kNm		Tab. B.3
Relación- $M_{h,y} / M_{s,y}$	$\alpha_{h,y}$	0,000			Tab. B.3
Tipo de carga	Carg. z	carga uniforme			Tab. B.3
Coefficiente del momento	C_{my}	0,950			Tab. B.3
Distribución de momentos	Diagr M_z	3) máx. en el vano			Tab. B.3
Coefficiente del momento	ψ_z	1,000			Tab. B.3
Momento	$M_{h,z}$	0,00	kNm		Tab. B.3
Momento	$M_{s,z}$	7,50	kNm		Tab. B.3
Relación- $M_{h,z} / M_{s,z}$	$\alpha_{h,z}$	0,000			Tab. B.3

Tipo de carga	Carg. y	carga puntual			Tab. B.3
Coefficiente del momento	C_{mz}	0,900			Tab. B.3
Distribución de momentos	Diagr $M_{y,LT}$	3) máx. en el vano			Tab. B.3
Coefficiente del momento	$\psi_{y,LT}$	1,000			Tab. B.3
Momento	$M_{h,y,LT}$	0,00	kNm		Tab. B.3
Momento	$M_{s,y,LT}$	10,00	kNm		Tab. B.3
Relación $M_{h,y,LT} / M_{s,y,LT}$	$\alpha_{h,y,LT}$	0,000			Tab. B.3
Tipo de carga	Carg. z	carga uniforme			Tab. B.3
Coefficiente del momento	C_{mLT}	0,950			Tab. B.3
Tipo de componente	Componen.	débil frente a la torsión			
Coefficiente de interacción	k_{yy}	1,067			Tab. B.2
Coefficiente de interacción	k_{yz}	0,888			Tab. A.1
Coefficiente de interacción	k_{zy}	0,934			Tab. A.1
Coefficiente de interacción	k_{zz}	1,481			Tab. A.1
Esfuerzo axial (compresión)	N_{Ed}	300,00	kN		
Área de la sección determinante	A_i	54,30	cm ²		Tab. 6.7
Resistencia a compresión	N_{Rk}	1276,05	kN		Tab. 6.7
Coefficiente parcial de seguridad	γ_{M1}	1,000			6.1
Componente de cálculo para N	γ_{Ny}	0,29		≤ 1	Ec. (6.61)
Componente de cálculo para N	h_{Nz}	0,46		≤ 1	Ec. (6.62)
Momento	$M_{y,Ed}$	10,00	kNm		

Momento resistente	$M_{y,Rk}$	83,19	kNm		Tab. 6.7
Componente del momento	η_{My}	0,13			Ec. (6.61)
Momento	$M_{z,Ed}$	7,50	kNm		
Módulo resistente elástico	W_Z	169,96	cm ³		
Momento resistente	$M_{z,Rk}$	39,94	kNm		Tab. 6.7
Componente del momento	η_{Mz}	0,19			Ec. (6.61)
Cálculo 1	η_1	0,59		≤ 1	Ec. (6.61)
Cálculo 2	η_2	0,86		≤ 1	Ec. (6.62)

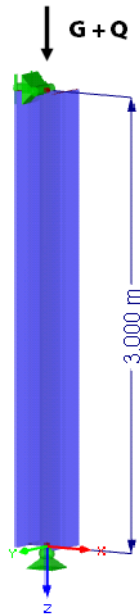
Tabla 8.5 Resultados del cálculo de RF-/STEEL EC3

8.2

Resistencia al fuego

Este ejemplo describe el cálculo de resistencia frente al fuego para un pilar de acero mediante el uso del anexo nacional de Alemania.

Sistema y cargas



Sección del pilar: HE-B 300, acero S 235
 Sistema: pilar articulado, $\beta = 1,0$
 Altura del sistema: 3 m
 Cargas: $G_K = 1200$ kN, $Q_K = 600$ kN

Figura 8.3

Cálculo del estado límite último a temperatura ambiente

Pandeo por flexión respecto al eje débil (\perp al eje z-z)

$$N_{cr,z} = \frac{21000 \cdot 8560,00 \cdot \pi^2}{300,00^2} = 19712,90 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{149,0 \cdot 23,5}{19712,90}} = 0,422 > 0,2$$

→ Debe efectuarse el cálculo para pandeo por flexión.

Geometría de la sección: $h/b = 1,00 \leq 1,2$; acero estructural S 235; $t \leq 100$ mm

[1] Tabla 6.2, fila 3, columna 4: curva de pandeo c

$$\Rightarrow \alpha_z = 0,49 \text{ ([1] Tabla 6.1)}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,422 - 0,2) + 0,422^2] = 0,643$$

$$\chi_z = \frac{1}{0,643 + \sqrt{0,643^2 - 0,422^2}} = 0,886$$

$$N_{Ed} = 1,35 \cdot G_K + 1,5 \cdot Q_K = 1,35 \cdot 1200 + 1,5 \cdot 600 = 2520 \text{ kN}$$

Razón de tensiones

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} = \frac{2520}{0,886 \cdot 149,0 \cdot 23,5 / 1,1} = 0,894 \leq 1,0$$

Resultados del cálculo de RF-/STEEL EC3

Momento de inercia de la sección	I_z	8560,00	cm ⁴		
Longitud eficaz de la barra	$L_{cr,z}$	3,000	m		
Fuerza elástica de pandeo por flexión	$N_{cr,z}$	19712,9	kN		
Esbeltez	λ_z	0,4215		> 0,2	6.3.1.2(4)
Curva de pandeo	BC_z	c			Tab. 6.2
Coefficiente de imperfección	α_z	0,490			Tab. 6.1
Coefficiente auxiliar	Φ_z	0,643			6.3.1.2(1)
Coefficiente de reducción	χ_z	0,886			Ec. (6.49)
Resistencia al pandeo por flexión	$N_{b,z,Rd}$	2821,80	kN		Ec. (6.47)
Razón de tensiones	η	0,893		≤ 1,0	Ec. (6.46)

Tabla 8.6 Resultados del cálculo de RF-/STEEL EC3

Cálculo de la resistencia al fuego

La temperatura media del acero es de 524 °C tras una exposición al fuego de 90 minutos según la curva estándar temperatura-tiempo.

Como material resistente al fuego se utiliza un revestimiento con forma de cajón de plástico reforzado con vidrio (GRP) cuyas propiedades son:

Peso específico: $\rho_p = 945 \text{ kg/m}^3$

Conductividad térmica: $\lambda_p = 0,2 \text{ W/K}$

Capacidad de calor específico: $c_p = 1700 \text{ J/kgK}$

Espesor: $d_p = 18 \text{ mm}$

Determinación de coeficientes de reducción

$$k_{y,\theta} = 0,704 \quad [10] \text{ Tabla 3.1}$$

$$k_{E,\theta} = 0,528 \quad [10] \text{ Tabla 3.1}$$

Cálculo en situación de fuego según el apartado 4.2.3.2 de [2]

Coefficiente de imperfección α :

$$\alpha = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{235}{235}} = 0,65$$

Esbeltez adimensional relativa $\bar{\lambda}_{\theta}$:

$$\bar{\lambda}_{\theta} = \bar{\lambda} \cdot \left[\frac{k_{y,\theta}}{k_{E,\theta}} \right]^{0,5} = 0,422 \cdot \left[\frac{0,704}{0,528} \right]^{0,5} = 0,486$$

Coefficiente auxiliar:

$$\Phi_{\theta} = \frac{1}{2} \cdot [1 + \alpha \cdot \bar{\lambda}_{\theta} + \bar{\lambda}_{\theta}^2] = \frac{1}{2} \cdot [1 + 0,65 \cdot 0,486 + 0,486^2] = 0,776$$

Coefficiente de reducción para pandeo por flexión en situación de fuego:

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\Phi_{\theta} + \sqrt{\Phi_{\theta}^2 - \bar{\lambda}_{\theta}^2}} = \frac{1}{0,776 + \sqrt{0,776^2 - 0,486^2}} = 0,724$$

Resistencia a pandeo del componente estructural sometido a compresión:

$$N_{b,fi,Rd} = \frac{\chi_{fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y}{\gamma_{M,fi}} = \frac{0,724 \cdot 149,0 \cdot 0,704 \cdot 23,5}{1,0} = 1784,7 \text{ kN}$$

Carga en caso de fuego:

$$N_{fi,Ed} = 1,0 \cdot G_K + 0,9 \cdot Q_K = 1,0 \cdot 1200 + 0,9 \cdot 600 = 1740 \text{ kN}$$

Razón de tensiones

$$\eta = \frac{N_{fi,Ed}}{N_{b,fi,Rd}} = \frac{1740}{1784,7} = 0,975 \leq 1,0$$

Resultados del cálculo de RF-/STEEL EC3

Coef. de reducción	$k_{y,\theta}$	0,704			[2] Tab. 3.1
Coef. de reducción	$k_{E,\theta}$	0,528			[2] Tab. 3.1
Esbeltez	$\bar{\lambda}_{z,\theta}$	0,486			[2] Ec. (4.7)
Coef. de imperfección	α	0,650			[2] 4.2.3.2(2)






Coeficiente auxiliar	$\Phi_{z,\theta}$	0,776			[2]  , 4.2.3.2(2)
Coef. de reducción	$\chi_{z,fi}$	0,724			[2]  , Ec. (4.6)
Coeficiente parcial de seguridad	$\gamma_{M,fi}$	1,000			[2]  , 2.3 (1)
Resistencia al pandeo por flexión	$N_{b,fi,z,\theta,Rd}$	1784,4	kN		[2]  , Ec. (4.5)
Razón de tensiones	η	0,975		$\leq 1,0$	[2]  , Ec. (4.1)

Tabla 8.7 Resultados del cálculo de RF-/STEEL EC3

9 Bibliografía



- [1] Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero - Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificios; EN 1993-1-1:2010-12
- [2] Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero - Parte 1-2: Reglas generales. Estructuras expuestas al fuego; EN 1993-1-2:2005
- [3] Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero - Parte 1-4: Reglas generales. Reglas adicionales para los aceros inoxidables; EN 1993-1-4:2006
- [4] Johannes Naumes, Isabell Strohmann, Dieter Ungermann and Gerhard Sedlacek. Die neuen Stabilitätsnachweise im Stahlbau nach Eurocode 3. Stahlbau, 77, 2008.
- [5] Johannes Naumes, Markus Feldmann and Gerhard Sedlacek. Biegeknicken und Biegedrillknicken von Stäben auf einheitlicher Grundlage, Band 70, Shaker Verlag 2010
- [6] Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero - Parte 1-3: Reglas generales. Reglas adicionales para perfiles y chapas de paredes delgadas conformadas en frío; EN 1993-1-3: 2006
- [7] Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero - Parte 1-5: Placas planas cargadas en su plano; EN 1993-1-5:2006 + AC:2009
- [8] Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero - Parte 2: Puentes; EN 1993-2:2006
- [9] Eurocódigo 1: Acciones en estructuras - Parte 1-2: Acciones generales. Acciones en estructuras expuestas al fuego; EN 1991-1-2:2002
- [10] Kindmann, R.; Frickel, J.: Elastische und plastische Querschnittstragfähigkeit. Berlin: Ernst & Sohn, 2002
- [11] F. Nowzartash and M. Mohareb. Plastic interaction relations for elliptical hollow sections. Thin-Walled Structures, 47, 2009.
- [12] Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero - Parte 1-8: Uniones; EN 1993-1-8:2005 + AC:2009